UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0117 : Programación Bajo Plataformas Abiertas		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso de programación bajo plataformas abiertas está diseñado para enseñar a los estudiantes de Ingeniería Eléctrica, un conjunto de conocimientos de tipo teórico-prácticos, con el fin de prepararlos para abordar y resolver problemas ingenieriles, mediante el uso de herramientas y el desarrollo de programas de aplicación utilizando plataformas abiertas.

El curso se enfoca hacia dos objetivos. Por un lado, la instalación, utilización y administración de plataformas abiertas, en particular, sistemas operativos GNU/Linu Debian. En segunda instancia, el aprendizaje de lenguajes de programación multipropósito, en particular C y Python.

Al finalizar el curso, los estudiantes estarán preparados para incursionar en temas más avanzados de programación que les permitirá desarrollar soluciones a problemas afines a la carrera.

Objetivo general

Brindar al estudiante los conocimientos y herramientas que le permitan resolver problemas ingenieriles mediante la instalación, utilización, administración y desarrollo de aplicaciones de software bajo plataformas abiertas.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este curso son:

1. Conocer las características principales de las plataformas abiertas.
2. Instalar y configurar sistemas operativos GNU/Linux.
3. Desarrollar destrezas básicas del sistema operativo GNU/Linux.
4. Administrar y utilizar sistemas operativos GNU/Linux.
5. Desarrollar habilidades de programación en entornos de redes de computadoras
6. Aprender diferentes paradigmas de programación y sus respectivos nichos de aplicación.
7. Desarrollar la habilidad de programación en el lenguaje Python.

8. Desarrollar la habilidad de programación en el lenguaje C.
9. Implementar aplicaciones de software mediante el uso de diversas bibliotecas.
10. Desarrollar la capacidad para trabajar en equipo.
11. Desarrollar la capacidad para presentar oralmente.

Contenidos

1. **Módulo 1: Plataformas abiertas: GNU/Linux**

   a) Introducción: Historia, comunidad, filosofía y distribuciones
   b) Instalación y configuración básica de GNU/Linux como una máquina virtual y/o real usando distintas distribuciones (Debian, Ubuntu, entre otras).
   c) Herramientas: firefox, gimp, gedit, libreoffice, etc.
   d) Sistema de archivos, manejo de medios de almacenamiento y particiones.
   e) Uso del shell y otras herramientas de línea de comandos.
   f) Administración de usuarios, grupos y permisos.
   g) Manejo de procesos.
   h) Servicios.
   i) Conceptos básicos de redes de computadoras.
   j) Instalación de programas a partir de su código fuente.
   k) Documentación de código (Doxygen, L A TEX, Wiki). *Estudio individual*
   l) Control de versiones (git, svn, cvs, entre otras). *Estudio individual*

2. **Módulo 2: Programación en C**

   a) Introducción al lenguaje de programación C: historia, filosofía, compilador, entre otros.
   b) Características de C: tipos de datos, estructuras de control, etc.
   c) Entorno de programación: Compiladores y herramientas para el desarrollo de aplicaciones (gcc, g++, IDEs, etc.).
   d) Automatización de proyectos: make, cmake, autotool, ...
   e) Funciones y recursión.
   f) Entrada y salida de archivos, manejo de archivos, funciones de sistema.
   g) Punteros, punteros dobles, y manejo de memoria dinámica.
   h) Structs.

3. **Módulo 4: Programación en Python**

   a) Introducción al lenguaje de programación Python: historia, filosofía, intérprete, entre otros.
   b) Características de Python: tipos de datos, estructuras de control, etc.
   c) Entrada y salida, manejo de archivos, funciones de sistema.
   d) Funciones y recursión.
   e) Python como lenguaje orientado a objetos.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0209 : Circuitos Lineales I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso introductorio a la ingeniería eléctrica, donde se estudian las principales herramientas y teoremas para el análisis y diseño de circuitos eléctricos lineales. Se definen los conceptos fundamentales de la teoría de circuitos y se presentan los elementos almacenadores de energía y su efecto en la respuesta temporal de los circuitos.

Objetivo general

Al finalizar el curso, el estudiante deberá estar en capacidad de resolver problemas de circuitos eléctricos lineales de forma analítica y mediante la utilización de herramientas de simulación. Además, tendrá una mejor perspectiva de la ingeniería eléctrica, mientras que desarrollará destrezas básicas de investigación y presentación de informes técnicos.

Objetivos específicos

1. Reconocer los elementos eléctricos lineales y las leyes particulares que los modelan.
2. Aplicar las técnicas fundamentales para el análisis y diseño de circuitos eléctricos lineales.
3. Utilizar herramientas computacionales como apoyo en la solución de problemas.
4. Aplicar técnicas para el análisis de circuitos de primer y segundo orden en régimen permanente y transitorio para entradas tipo escalón, rampa e impulso.

Contenidos

1. **Introducción**
   a) Reseña histórica de la Ingeniería Eléctrica y sus campos de actividad.

b) Definiciones y unidades según el sistema internacional, nomenclatura, medición de las variables eléctricas.
c) Carga eléctrica, corriente eléctrica, tensión, resistencia, potencia y energía.
d) Circuitos de elementos concentrados. Elementos eléctricos. Introducción a los elementos lineales pasivos, fuentes de tensión y corriente, fuentes dependientes.
e) Circuito eléctrico. Definición de circuito eléctrico, convención pasiva de signos, potencial de referencia, definición de nodos y mallas.

2. **Análisis de circuitos resistivos**

a) Ley de Ohm. Relación corriente tensión en la resistencia eléctrica. La resistencia ideal, circuito abierto y cortocircuito, la resistencia real, conductancia.
b) Introducción a las técnicas de análisis de las redes eléctricas. Ley de corrientes de Kirchhoff, Ley de tensiones de Kirchhoff.
c) Cálculo de resistencias equivalentes. Resistencias en serie, resistencias en paralelo, transformación delta – estrella, circuitos resistivos con fuentes dependientes.
d) Análisis de fuentes múltiples. Fuentes en serie, fuentes en paralelo.
e) Divisores de tensión y corriente.
f) Teorema de transformación de fuentes. Modelo de las fuentes de tensión y corriente.
g) Introducción a los programas de simulación de circuitos eléctricos.

3. **Técnicas para el análisis de los circuitos lineales**

a) Teorema de superposición.
b) Teorema de Téllegen.
c) Análisis de nodos y mallas.
d) Teoremas de Thévenin y Norton.
e) Teoremas de máxima transferencia de potencia. Concepto de eficiencia. 3.6. Redes de dos puertos.

4. **Elementos almacenadores de energía**

a) El capacitor ideal. Almacenamiento de energía, capacitores en serie, capacitores en paralelo. Modelos del capacitor real.
b) El inductor ideal. Almacenamiento de energía, inductores en serie, inductores en paralelo. Modelos del inductor real.

5. **El circuito de primer orden**

a) Respuesta completa del circuito RC a entradas tipo escalón, rampa e impulso. Respuesta natural del circuito RC, respuesta forzada del circuito RC.
b) Respuesta completa del circuito RL a entradas tipo escalón, rampa e impulso. Respuesta natural del circuito RL, respuesta forzada del circuito RL.

6. **El circuito de segundo orden**

a) Obtención de la ecuación diferencial de un circuito eléctrico RLC con dos elementos almacenadores de energía independientes.
b) Solución de la ecuación diferencial de un circuito eléctrico RLC con dos elementos almacenadores de energía independientes para entradas tipo escalón, rampa e impulso.

c) Efecto de los parámetros RLC (respuesta sobre amortiguada, críticamente amortiguada y subamortiguada) y su relación con las raíces de la ecuación característica del circuito, respuesta natural, forzada y completa.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0217 : Estructuras Abstractas de Datos y Algoritmos para Ingeniería		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso de Estructuras Abstractas de Datos y Algoritmos para Ingeniería tiene la finalidad de ahondar en conceptos de programación, lo que le permite a los estudiantes enfrentarse sistemáticamente al desarrollo de soluciones computacionales a problemas, mediante la selección de las estructuras de datos y algoritmos apropiados en cada situación.

Al finalizar el curso, los estudiantes comprenderán los fundamentos teóricos y prácticos del uso de estructuras de datos y algoritmos más utilizados. Además estarán en capacidad de proponer nuevas estructuras de datos y algoritmos para la resolución de problemas específicos.

Objetivo general

Aprender sobre las capacidades, el uso y el análisis de estructuras de datos abstractas y algoritmos para la resolución integral de problemas ingenieriles.

Objetivos específicos

1. Aprender a utilizar herramientas de desarrollo de software: repositorios (git, svn, cvs,...), documentación automática (doxygen), compilación automatizada (make, cmake), entre otras.
2. Desarrollar la habilidad de programación en el lenguaje C++.
3. Desarrollar la habilidad en el paradigma de programación orientada a objetos.
4. Aprender a utilizar las bibliotecas STL y Boost.
5. Conocer las características de las principales estructuras de datos: arreglos, vectores, listas, secuencias, hash, pila, cola, doble cola, mapa, multimapa, conjuntos, árboles, heap, grafos.
6. Aprender conceptos de contenedores como iteradores y otras estructuras de datos. Conocer las características de los algoritmos de ordenamiento y búsqueda.
7. Desarrollar la capacidad de análisis de eficiencia de algoritmos. Desarrollar la capacidad de análisis de correctitud de algoritmos.

Contenidos

Módulo 1: C++

1. Entorno de programación, compilador de C++.
2. Herramientas de automatización de compilación.
3. Herramientas de documentación automática.
4. Herramientas de control de versiones.
5. Introducción al lenguaje de programación C++:
   a) Características
   b) Tipos de datos y estructuras de control
   c) Punteros
   d) Memoria dinámica
6. Programación orientada a objetos.
7. Definición de clases y nuevos tipos de datos.
8. Sobrecarga de operadores.
9. Herencia y polimorfismo.
10. Programación genérica.

Módulo 2: Estructuras de Datos y Algoritmos

1. Complejidad computacional y eficiencia dealgoritmos.
2. Correctitud de algoritmos.
3. Tipos de datos abstractos.
4. Estructuras de datos:
   - Arreglo
   - Vector
   - Lista
   - Pila
   - Colas
   - Secuencias
   - Conjuntos
   - Árboles
   - Grafos
5. Búsquedas
6. Ordenamientos
7. Bibliotecas:
   a) Standard C++ Library
   b) Boost

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0281 : Termofluidos		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
	IE0303 : Electrotecnia	

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0303l : Laboratorio de Electrotecnia		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

Las prácticas se realizan utilizando como guía el libro "Experimentos con Equipo Eléctrico" de Wildi y DeVito. La guía es solo un borrador que se usa durante el experimento. La práctica abarca muchos más temas. Todos los temas incluidos en el marco teórico se exponen durante la práctica.

Objetivo general

El laboratorio tiene como meta que el alumno aprenda aspectos de la electricidad con los cuales va a enfrentarse en el ejercicio profesional, independientemente del contexto laboral que desempeñe. Es importante entender que el ingeniero, en un ambiente productivo, se va a enfrentar con problemas que no necesariamente serán de su especialización profesional y precisamente por ello, deben tener la preparación y capacidad suficiente para resolverlos.

Contenidos

Lista de Experimentos.
Experimento N 1. Circuitos Eléctricos C. D. Se utiliza como guía la N 6, 7, 8 y 9.
Motivación:

El estudiante en esta etapa aprenderá a armar circuitos eléctricos básicos y utilizar instrumentos de medición, como introducción en el uso cotidiano que eventualmente tendrá en su ambiente laboral como profesional en ingeniería, con especial énfasis en la seguridad en la manipulación de equipo eléctrico y de medición. Adicionalmente el laboratorio ayudará al estudiante a comprender conceptos básicos de los sistemas eléctricos como son: voltaje, corriente, potencia, resistencia, conexión de elementos en serie y paralelo, conductores eléctricos, aislantes, protecciones eléctricas, etc.

Objetivo: Aprender el uso correcto del instrumental de medición, así como el armado de circuitos eléctricos de una forma adecuada, así como su análisis matemático.

Marco Teórico: Previo a la realización de este laboratorio, el estudiante deberá investigar sobre los siguientes temas: circuitos eléctricos(Ley de Ohm, circuitos en serie y paralelo, análisis de mallas y nodos), fuentes y cargas eléctricas en CD, corriente directa, concepto de voltaje, corriente

y potencia, conductores, concepto de neutro y tierra, protecciones eléctricas (magnética y térmica) y aparatos de medición (como se conectan, como es su resistencia interna y porque, como funciona el amperímetro, el voltímetro, el vatímetro, amperímetro de gancho y ohmímetro) .

Cálculos Teóricos: Traer la guía 6 y 8 hechas a la práctica. Se debe adjuntar al reporte.

Resultados prácticos: Se arman los circuitos de la Guía 7 y 9 y se toman todos datos pertinentes.

Discusión de Resultados: Se comparan y se analizan los resultados teóricos con los prácticos y se justifican debidamente las diferencias.

Conclusiones: Estos deben ser aspectos más generales que el alumno puede concluir sobre el desarrollo de la práctica, los resultados y el impacto que esto tiene sobre su percepción del tema tratado.

Prueba de Conocimientos: La prueba de conocimientos de cada guía debe adjuntarse llena en un apéndice.

Experimento N 2 Circuitos Eléctricos C. A. Se utilizan las guías N 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

Motivación: En el inicio de la industria eléctrica, los sistemas de generación y distribución de la energía eléctrica se desarrollaron en CD, sin embargo posteriormente los sistemas de CA tomaron su lugar. Investigue ¿porqué se dio esto?

Traer las guías 13 y 16 hechas a clase.

Objetivo: Armar, calcular y medir circuitos en corriente alterna.

Marco Teórico: De previo a realizar este laboratorio, el estudiante debe investigar sobre los siguientes temas: cargas en corriente alterna, concepto de frecuencia ,ciclo, período, valor pico - pico, valor RMS o efectivo , potencia instantánea y media, cargas que se dan en CA en el hogar y la industrias , porque se dan estas cargas, potencia real y aparente, factor de potencia, formulación matemática para describir estos fenómenos (números complejos), las diferentes formas de generar corriente alterna, etc.

Cálculos Teóricos: Traer a clase las guías N 13 y 16 hechas. Realizar teóricamente todos los cálculos teóricos necesarios para compararlos con los resultados experimentales de las guías 14, 15 17 y 18.

Resultados Experimentales: Armar y obtener todos los resultados experimentales de las guías N 14, 15,17 y 18.

Discusión de resultados: Ídem Experimento N 1.

Conclusiones: Ídem Experimento N 1.

Prueba de Conocimientos: Se deben adjuntar al Reporte las pruebas de conocimientos de las guías N 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

Experimento N 3. Fasores en C. A. Se utilizan las guías N 20, 21 y 22.

Motivación: Los "fasores" son la herramienta matemática fundamental para el análisis de los circuitos en CA, de ahí la importancia de afianzar en el estudiante el conocimiento del comportamiento de circuitos complejos de "c-a" usando "fasores". Adicionalmente, el estudiante debe dominar los conceptos de potencia real, reactiva y aparente y el concepto de mejoramiento de factor de potencia y el porqué de ello.

Objetivo: Determinar la potencia real y reactiva en un circuito en corriente alterna, utilizar vectores en circuitos de corriente alterna y resolver circuitos complejos de corriente alterna utilizando ecuaciones de impedancia.

Marco Teórico: Investigar como se compensa el factor de potencia en una industria, relación de trabajo con potencia activa, como se usan los reactores y capacitores en un sistema eléctrico.

Cálculos Teóricos: Realizar todos los cálculos teóricos de las guías N 20, 21 y 22.

Resultados Experimentales: Realizar las guías N 20, 21 y 22.

Discusión de Resultados: Ídem Experimento N 1.

Conclusiones: Ídem Experimento N 1.

Prueba de Conocimientos: Contestar las pruebas de conocimiento de las Guías N 20, 21 y 22.

Experimento N 4 Circuito Trifilar. Guía N 44.

Motivación: En este experimento el estudiante entenderá como llega la electricidad a su casa por medio de una descripción general de un sistema eléctrico desde los centro de producción (generación) hasta los centros de carga para su uso final. Específicamente entenderá los conceptos de generación, transmisión y distribución de potencia, el porqué de la existencia de diferentes niveles de voltaje, que es y como se logra un circuito trifilar a partir de un sistema monofásico, como llega el servicio trifilar a una vivienda, estudiar conceptos básicos del diseño eléctrico en un hogar, el concepto de neutro y tierra, cargas desbalanceadas, que pasa cuando se pierde el neutro en un circuito trifilar.

Objetivo: Armar un circuito trifilar con diferentes cargas, observar las ventajas y desventajas de este tipo de conexión en diferentes situaciones.

Marco Teórico: Investigar sobre circuitos trifilares, ventajas, desventajas, como se obtiene un circuito trifilar en una zona residencial, y en una industria, sistemas de aterrizamiento.

Cálculos Teóricos: Realizar todos los cálculos teóricos para comparar con los resultados experimentales.

Resultados Experimentales: Hacer la Guía N 44.

Discusión de Resultados: Ídem Experimento N 1.

Conclusiones: Ídem Experimento N 1.

Prueba de Conocimientos: Adjuntar prueba de conocimientos de la guía N 44.

Experimento N 5 Sistemas Trifásicos. Utilizar Guías N 45, 46 y 47.

Motivación: Para entender un sistema eléctrico de potencia en el cual se desarrolla la industria eléctrica es necesario

Objetivo: Aprender brevemente como se calculan corrientes, voltajes, potencias y factor de potencia en un sistema t

Marco Teórico: Recopilar información sobre sistemas trifásicos, investigar las conexiones trifásicas de transformadore

Resultados Experimentales: Hacer las Guías N 45, 46, y 47.

Discusión de Resultados: Idem Experimento N 1.

Conclusiones: Idem Experimento N 1.

Prueba de Conocimientos: Adjuntar las pruebas de conocimientos de las Guías N 45, 46 y 47.

Experimento N 6 Transformadores. Guías N 39, 40, 41 y 48.

Motivación: El transformador es uno de los equipos más importantes en un sistema eléctrico. En este experimento el estudiante entenderá su funcionamiento, su construcción y estructura física. Al existir un enlace magnético entre primario y secundario se introduce el concepto de pérdidas magnéticas además de las eléctricas: El estudiante entenderá los conceptos de saturación y regulación de voltaje en un transformador y su relación con sus pérdidas. Comprenderá el concepto de circuito equivalente de un transformador y su relación con las pérdidas. Aprenderá sobre las pruebas de corto circuito y circuito abierto .También se deben investigar tipos de transformadores por su aislamiento y por su relación de voltaje.

Objetivo: Conocer las relaciones de voltaje y de corriente en un transformador. Determinar la polaridad en un transformador y su importancia. Estudiar la regulación de voltaje en un transformador bajo diferentes tipos de carga.

Marco Teórico: El estudiante deberá investigar sobre las funciones de los transformadores en un sistema eléctrico, como opera un transformador, estructura del transformador, pérdidas en los transformadores, regulación de voltaje, saturación, prueba de corto circuito y circuito abierto, clasificación de transformadores por su aislamiento y relación de voltaje.

Cálculos Teóricos: Realizar todos los cálculos teóricos que sean necesarios para corroborar los resultados experimentales.

Resultados Experimentales: Realizar las guías N 39, 40 y 41.

Discusión de resultados: Debe comparar las tres curvas de regulación de voltaje para los tres tipos de cargas y explicar por qué son diferentes, utilizando el diagrama equivalente de un transformador. Comparar las curvas teóricas con las prácticas y explicar diferencias entre estas.

Conclusiones: Idem Experimento N 1.

Prueba de Conocimientos: Adjuntar las Pruebas de Conocimientos de las guías 39, 40, 41 y 48.

Experimento N 7 Motores de Inducción. Utilizar Guías N 49, 50, 51 y 52.

Motivación: Los motores de inducción son de los más usados en la industria por lo que es importante que el estudia

Objetivo: Analizar la estructura de un motor de inducción de rotor devanado y Jaula de Ardilla. Analizar como infl

Marco Teórico: Investigar el funcionamiento de los motores de inducción, tipos de motores, estructura de los motore

Cálculos teóricos: No hay.

Resultados Experimentales: Hacer las Guías N 49, 50, 51 y 52.

Discusión de resultados: Idem Experimento N 1.

Prueba de Conocimientos: Adjuntar las pruebas de conocimientos de las Guías N 49, 50, 51 y 52.

Experimento N 8 Motores Síncronos. Utilizar Guías N 53, 54 y 55. motor desde el punto de vista de energías. Además la virtud de este motor de comportarse como inductancia o capacitancia.

Objetivo: Analizar la estructura de un motor síncrono, investigar las características de arranque de un motor síncro

Marco Teórico: Investigar el funcionamiento, su estructura, par de arranque velocidad, comportamiento capacitivo e

Cálculos teóricos: No hay.

Resultados experimentales: Realizar las Guías N 53, 54 y 55

Discusión de resultados: Ídem Experimento N 1.

Conclusiones: Ídem Experimento N 1.

Prueba de Conocimientos: Adjuntar prueba de conocimientos de las Guías N 53, 54 y 55.

Semana 16: Reposición de alguna práctica de laboratorio.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0305 : Matemática Superior		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Éste es un curso de matemática para ingeniería que trata algunas herramientas matemáticas utilizadas en ingeniería eléctrica para modelar fenómenos físicos y sus transformaciones, como señales y sistemas de variables continua y discreta. Así, este curso complementa la formación matemática desarrollada en los cursos de cálculo, álgebra lineal y ecuaciones diferenciales mientras introduce la formación ingenieril propuesta para cursos siguientes.

Objetivo general

Dar una visión comprensiva de herramientas matemáticas comunes utilizadas en ingeniería eléctrica para modelar señales y sistemas de variables continua y discreta, de forma que puedan ser aplicadas adecuadamente en el futuro.

Objetivos específicos

1. POR DEFINIR

Contenidos

1. Señales y sistemas en tiempo continuo
1.1. Clasificación de señales
1.2. Transformaciones de la variable independiente
1.3. Señales elementales
1.4. Clasificación de sistemas
1.5. Sistemas lineales e invariantes con el tiempo
2. Variable compleja
2.1. Números complejos
2.2. Funciones complejas y de variable compleja
2.3. Límites y derivación

2.4. Integración
2.5. Series infinitas
2.6. Teorema de residuos
3. Series de Fourier
3.1. Series compleja y trigonométrica de Fourier
3.2. Series de Fourier de señales de duración finita
3.3. Propiedades del desarrollo en serie de Fourier
3.4. Aplicaciones en ingeniería
4. Transformada de Fourier
4.1. Definición y propiedades
4.2. Teorema de Parseval, espectros de potencia y energía
4.3. Aplicaciones en ingeniería
5. Transformada de Laplace
5.1. Definición y propiedades
5.2. Transformada de Laplace inversa
5.3. Aplicaciones en ingeniería
6. Señales y sistemas en tiempo discreto
6.1. Señales en tiempo discreto
6.2. Sistemas en tiempo discreto
6.3. Introducción al análisis de Fourier en tiempo discreto
6.4. Introducción a la transformada Z

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0307 : Electromagnetismo I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Se presentan los fundamentos de los sistemas eléctricos y magnéticos mediante el uso de las leyes del electromagnetismo.

Objetivo general

Brindar al estudiante los conocimientos para entender, explicar y modelar sistemas electromagnéticos a través de las ecuaciones de Maxwell.

Objetivos específicos

1. Comprender las cuatro leyes fundamentales del electromagnetismo y su aplicación.
2. Describir la propagación de ondas electromagnéticas en medios dieléctricos y conductores.
3. Analizar líneas de transmisión mediante el concepto de propagación de la onda electromagnética.

Contenidos

Análisis vectorial (1/2 semana)

El estudiante debe repasar y dominar el tema de análisis vectorial: escalares y vectores, algebra vectorial, sistemas de coordenadas, componentes vectoriales, vectores unitarios, campo vectorial, producto punto, producto cruz.

Ley de Coulomb e intensidad de campo eléctrico (1/2 semana).

Ley experimental de Coulomb, intensidad de campo eléctrico, campo eléctrico en distribuciones de carga eléctrica volumétrica, lineal y superficial, líneas de flujo y esquemas de campo eléctrico.

Densidad de flujo eléctrico, ley de Gauss y divergencia (1 semana).

Densidad de flujo eléctrico, ley de Gauss y aplicaciones en distribuciones simétricas de carga eléctrica, aplicaciones de la ley de Gauss en elemento diferencial de volumen, divergencia y primera ecuación de Maxwell, operador DEL y teorema de la divergencia.

Energía y potencial eléctrico (1 semana).

Energía para una carga eléctrica puntual, definición de diferencia de potencial y potencial eléctrico, potencial eléctrico de una carga eléctrica puntual y un sistema de cargas eléctricas, gradiente de potencial eléctrico, dipolo eléctrico, densidad de energía eléctrica en campo electrostático, condiciones de frontera para materiales dieléctricos perfectos.

Conductores y dieléctricos (1 semana).

Corriente y densidad de corriente eléctrica, continuidad de la corriente eléctrica, conductores metálicos, propiedades de los conductores y condiciones de frontera, método de imágenes, semiconductores, materiales dieléctricos.

Capacitancia (1 semana).

Definición de capacitancia, capacitor de placas paralelas, ejemplos de capacitancia, capacitancia de línea bifilar, ecuaciones de Poisson y Laplace, ecuación de Poisson para determinar capacitancia en unión p-n.

**** I examen parcial SABADO 6 DE MAYO 2017 (8:00 h – 11:00 h) ****

Campo magnético estable (2 semanas).

Ley de Biot-Savart, ley de Ampere, rotacional, teorema de Stokes, flujo magnético y su densidad, potenciales magnéticos escalares y vectoriales.

Fuerzas magnéticas, materiales e inductancia (2 semanas).

Fuerza sobre una carga eléctrica móvil, fuerza sobre elemento con corriente eléctrica, fuerza entre elementos diferenciales de corriente eléctrica, fuerza y torque sobre un circuito cerrado, naturaleza de los materiales magnéticos, magnetización y permeabilidad, condiciones con magnetismo, circuito magnético, energía potencial y fuerza en materiales magnéticos, inductancia e inductancia mutua.

Campos variantes con el tiempo y ecuaciones de Maxwell (1 semana).

Ley de Faraday, corriente de desplazamiento, ecuaciones de Maxwell.

**** II examen parcial SABADO 3 DE JUNIO 2017 (8:00 h – 11:00 h) ****

Líneas de transmisión (2.5 semanas)

Descripción física de la propagación en líneas de transmisión, ecuaciones de una línea de transmisión, propagación sin pérdidas, propagación sin pérdidas de ondas senoidales, análisis complejo de ondas senoidales, soluciones fasoriales, propagación sin pérdidas o con bajas pérdidas, transmisión de potencia y uso de dB para caracterizar pérdidas, reflexión de ondas en discontinuidades, SWR Razón de onda estacionaria, líneas de transmisión de longitud finita y casos, carta de Smith, análisis de transitorios.

Ondas plana uniforme (2.5 semanas)

Propagación de ondas en el espacio libre, propagación de ondas en dieléctricos, vector de Poynting y potencia de las ondas, propagación en buenos conductores: efecto piel, polarización de ondas.

Reflexión y dispersión de ondas (1 semana)

Reflexión de ondas planas con incidencia normal, razón de onda estacionaria, reflexión de ondas sobre interfaces múltiples.

**** III examen parcial VIERNES 14 DE JULIO DEL 2017 (8:00 h – 11:00 h) ****

**** Examen ampliación LUNES 24 DE JULIO DEL 2017 (8:00 h – 11:00 h) ****

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0308 : Laboratorio Eléctrico I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso práctico en el que se aplican los conceptos aprendidos en los cursos de teoría de Electrónica I y Circuitos Lineales I y II.

Objetivo general

Que los estudiantes adquieran la capacidad de analizar, diseñar, simular e implementar circuitos electrónicos analógicos basados en componentes discretos, desarrollando destrezas en el manejo de equipo de laboratorio y formulando anteproyectos y reportes que concentren toda esta información.

Objetivos específicos

1. Desarrollar destrezas de trabajo y solución de problemas típicos de laboratorio.
2. Dominar el uso de equipo de laboratorio, entre ellos: el medidor multifunción, el osciloscopio digital, las fuentes de alimentación, los generadores de ondas, las tarjetas de prototipos y otros.
3. Utilizar efectivamente herramientas de adquisición de datos experimentales y herramientas de simulación de circuitos electrónicos.
4. Formular correctamente un anteproyecto y un reporte de laboratorio.
5. Conocer y respetar las normas de seguridad de un laboratorio.
6. Desarrollar habilidades básicas de diseño.

Contenidos

- **Experimento 1:** Introducción al manejo de equipo de laboratorio, tecnologías de construcción y caracterización de componentes, respuesta en frecuencia, filtros pasivos, impedancias de entrada y salida, simuladores de circuitos y programas de adquisición de datos, sistema internacional de unidades.

- **Experimento 2:** Conversión AC/DC, fuentes reguladas lineales, razón de rechazo de rizado, fuentes pasivas, respaldo con baterías, regulación de línea y de carga, consumo y disipación de potencia de componentes, protecciones de circuitos electrónicos.
- **Experimento 3:** Amplificadores de tensión y corriente con transistores BJT y JFET, acoples de impedancias: máxima transferencia de potencia y efecto de carga, caracterización y pruebas de transistores, transistores en operación de corte y saturación.
- **Experimento 4:** Elementos optoelectrónicos, elementos no lineales, manejo de cargas mediante relevadores mecánicos y de estado sólido, protecciones de circuitos electrónicos.
- **Experimento 5:** Proyecto final.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0309 : Circuitos Lineales II		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

N/A

Objetivo general

Al finalizar el curso el estudiante deberá estar en capacidad de analizar circuitos en corriente alterna en estado estacionario, tanto con fuentes monofásicas como trifásicas.

Objetivos específicos

1. Comprender los conceptos fundamentales del análisis de circuitos lineales con fuentes en corriente alterna, respetando las definiciones de la norma IEEE 1459-2000.
2. Dominar las técnicas de análisis de circuitos eléctricos.
3. Poder representar las tensiones y corrientes eléctricas de un circuito, en forma fasorial y temporal.
4. Conocer y pueda aplicar las técnicas para caracterizar la respuesta de frecuencia de circuitos eléctricos.
5. Poder realizar el análisis de circuitos eléctricos por métodos computacionales, utilizando las herramientas de simulación disponibles en la Escuela.

Contenidos

Características de la onda sinusoidal (2h)

- Frecuencia y periodo (rad/s, Hz), conceptos de amplitud, fase, valor promedio y valor RMS.

Análisis sinusoidal temporal en estado estacionario (2h)

- Solución a la ecuación diferencial con entrada sinusoidal, caso general respuesta natural y forzada.
- Solución a la ecuación aplicada a circuitos R, L, C, RL y RLC.

Análisis general de circuitos en el dominio de la frecuencia (2h)

- El operador s y su aplicabilidad.
- Modelado físico del elemento RLC en el domino s.
- Solución a circuitos R, L, C, RL y RLC en dominio del operador s.

Análisis sinusoidal en estado estacionario a entradas sinusoidales. (2h)

- Análisis en el dominio de la frecuencia para entradas de tipo sinusoidal.
- Teorema de Euler y excitación compleja.
- Impedancia y admitancia como función de jw.
- Solución de la ecuación aplicada a circuitos R, L, C, RL y RLC en dominio de la frecuencia, caso jw.

Relación de fase entre variables eléctricas y elementos R, L y C (4h)

- Fasores: concepto de fasor como representación de una variable eléctrica sinusoidal en estado estacionario, fasor en representación cartesiana (aplicando leyes de Euler).
- Diagramas fasoriales: Algebra de fasores aplicada a circuitos de corriente alterna, representación fasorial de tensiones, corrientes e impedancias en corriente alterna.

Ondas con componentes armónicos (2h)

- Concepto de ondas compuestas a partir del teorema de Fourier.
- Valor RMS de ondas alternantes no sinusoidales.
- Interpretación gráfica de la transformada rápida de Fourier (FFT).
- Análisis de circuitos con fuentes sinusoidales compuestas de varias armónicas.

Energía y potencia en circuitos de corriente alterna (6h)

- Solución de la integral de la energía transmitida por ciclo con armónicas, deducción de las expresiones para potencia activa y reactiva como función temporal.
- Deducción a partir de la integral del factor de potencia aparente y desplazado por componentes armónicos.
- Cálculo de la potencia considerando solamente 1a frecuencia fundamental, empleando los diagramas fasoriales y el triángulo de potencias.

Teoremas de máxima transferencia de potencia, corrección de factor de potencia. Técnicas de análisis de redes, aplicación en corriente alterna (4h)

- Leyes de Kirchhoff, reducción de impedancias, impedancias en serie y en paralelo, transformación delta - estrella, divisores de tensión y corriente de la sección conectada a su impedancia característica.
- Ánalisis de nodos y mallas, teorema de superposición, transformación de fuentes, teoremas de Thévenin y Norton.

Conceptos de respuesta en frecuencia (6h)

- Comportamiento de la impedancia de un circuito ante diferentes frecuencias de excitación sinusoidal en estadoestable.
- Diagramas polares y diagramas de cambio de magnitud y fase, para el análisis del comportamiento de la impedancia, la tensión y la corriente de un circuito, ante cambios en la frecuencia de excitación sinusoidal en estado estacionario.
- Resonancia, frecuencia de resonancia, factor de calidad Q y utilización en los sistemas.

Introducción al uso de programas de simulación de circuitos eléctricos (2h)

- Utilización de los paquetes de software para la simulación de circuitos eléctricos disponibles en la Escuela.

Introducción a filtros(4h)

- Concepto de función de transferencia de un sistema como su relación entrada/salida. Caso específico de los sistemas con excitación sinusoidal como función de H(jw).
- Elementos de análisis de la función de H(jw): constante de transmisión, ganancia, concepto de decibel.
- El problema general del filtro, concepto de filtro y caracterización de su respuesta en el diagrama de magnitud y fase. Filtros paso alto, paso bajo, pasa banda, rechaza banda.
- Frecuencia de media potencia como frecuencia de corte.
- Análisis de la respuesta de las configuraciones RLC aplicado a filtros de señales.

Introducción de sistemas trifásicos (1h)

- Concepto del sistema trifásico, diagramas vectoriales y notación de doble subíndice, ejemplos de sistemas de dos fases, sistema de tres fases. Sistema trifilar.

Sistemas trifásicos balanceados (5h)

- Fuentes de tensiones trifásicas, concepto de secuencia de fase.
- Sistemas trifásicos balanceados estrella, tensión y corriente de línea y fase, diagrama fasorial.
- Sistemas trifásicos balanceados delta, tensión y corriente de línea y fase, diagrama fasorial.
- Potencia trifásica de sistemas balanceados.
- Estructura general de sistemas trifásicos, sistemas de cuatro hilos, sistemas con impedancia de línea, conversión delta-estrella, armónicos en esquemas estrella, armónicos en esquemas delta.

Sistemas trifásicos desbalanceados (6h)

- Diagramas fasoriales de sistemas desbalanceados, balance de cargas.
- Sistemas trifásicos desbalanceados estrella, sistemas de cuatro hilos y puestos a tierra, sistemas con impedancia de línea desbalanceados.
- Cálculo de potencia por fase, cálculo del factor de potencia desbalanceado.
- Corrección del factor de potencia en sistemas desbalanceados.
- Desplazamiento del neutro en sistemas no puestos a tierra.

Introducción al uso de programas de simulación de circuitos eléctricos trifásicos (2h)

- Utilización de los paquetes de software para simulación de sistemas de potencia disponibles por la Escuela.

Componentes simétricas (6h)

- Concepto de componentes simétricas como transformación lineal.
- Secuencia positiva, negativa, cero; operador a, componentes simétricas del caso trifásico.
- Transformación de tensiones y corrientes desbalanceadas, conversión de impedancias a componentes de secuencia.
- Análisis de sistemas en delta, análisis de redes de secuencia.
- Análisis mediante redes de secuencia.

Topología de redes eléctricas (6h)

- Concepto de gráfica. Topología de redes, definiciones.
- Gráfica de un circuito eléctrico. Árbol, conjuntos cortados y vinculados de la gráfica de una red. Número de corrientes de lazo independientes. Número de tensiones entre pares de nodos independientes.
- Ley de incidencia de las corrientes y Ley de contorno de las tensiones. Modelado de las redes eléctricas
- Aplicaciones del análisis topológico de las redes eléctricas.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0311 : Dispositivos Semiconductores		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

POR DEFINIR

Objetivo general

Familiarizar al estudiante con el diseño de circuitos basados en transistores MOSFET construidos en procesos de fabricación de muy alto grado de integración (VLSI).

Objetivos específicos

1. Familiarizar al estudiante con las características, el comportamiento, las aplicaciones y las limitaciones de operación de los dispositivos semiconductores.
2. Introducir al estudiante a los procesos de fabricación de dispositivos semiconductores.
3. Familiarizar al estudiante con los detalles de la operación de transistores MOSFET y el diseño de circuitos utilizando lógica CMOS.
4. Comprender los pasos involucrados en el diseño de sistemas complejos en un circuito integrado, desde la arquitectura lógica, selección de una topología, dimensionamiento de los transistores y consideraciones de layout.
5. Extraer de un diagrama de layout la topología de un circuito particular.
6. Completar un diseño simple de un circuito con transistores MOSFET, desde su comportamiento, hasta su diagrama de layout.

Contenidos

POR DEFINIR

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0313 : Electrónica I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este curso permite introducir los principios y fundamentos de la electrónica analógica, aplicados al análisis y diseño de circuitos electrónicos.

Objetivo general

Presentar al estudiante las principales características, principio de funcionamiento y aplicaciones de los dispositivos semiconductores básicos con el fin de que puedan utilizarlas en el desarrollo
de circuitos eléctricos.

Objetivos específicos

1. Entender la teoría general de los semiconductores y las configuraciones generales de los sistemas electrónicos.
2. Comprender el diodo, el transistor bipolar de unión y el transistor de efecto de campo, como elementos básicos de la electrónica, en aplicaciones como rectificador, regulador, amplificador y conmutador.
   Diseñar y analizar circuitos rectificadores y de filtrado capacitivo, reguladores de voltaje con diodos Zener.
3. Diseñar reguladores lineales integrados, cálculo y selección de radiadores de calor, cálculo y selección de fusibles.
4. Diseñar y analizar circuitos amplificadores de pequeña señal acoplados en CA y CD utilizando transistores en varias etapas del tipo BJT y JFET, con el cálculo de Zi, Zo, Av así como el cálculo y análisis de la respuesta en baja frecuencia.
5. Utilizar simuladores de circuitos como apoyo en el diseño de sistemas electrónicos.

Contenidos

1. Introducción (0.5 semana)

Historia de la electrónica: del tubo al vacío a los circuitos integrados.
Aspectos generales de los sistemas electrónicos.
Repaso de simulaciones por computador.

2. Diodos semiconductores y aplicaciones (2 semanas)

Propiedades eléctricas de los materiales semiconductores.
Modelo ideal y simplificado del diodo semiconductor. Curva característica.
Circuito equivalente y capacitancias.
Características y especificaciones eléctricas de diversos tipos de diodos.
Análisis con recta de carga.
Configuraciones con diodos.
Circuitos de rectificación en media onda y en onda completa con etapa de filtrado capacitivo.
El diodo Zener como regulador de tensión. Diseño de fuentes reguladas con diodo Zener considerando su resistencia interna. Regulación de línea y de carga.
Introducción a los reguladores lineales de tensión integrados (positivos y negativos) y a las fuentes de alimentación reguladas.
Efectos de la temperatura, cálculo y selección de radiadores de calor u de fusibles.

3. Transistores de unión bipolar (BJT) (2.5 semanas)

Construcción, funcionamiento y características eléctricas. Acción de amplificación.
Configuración de emisor común, base común y colector común.
Efecto de la temperatura en Vbe, Icbo, Iceo. Especificaciones eléctricas de transistores.
******* Primer examen parcial 23 de Setiembre de 9:00 a 12:00 *******

4. Polarización de CD de transistores de unión bipolar (BJT) (1.5 semana)

Punto de operación. Diversas configuraciones de polarización. Operaciones de diseño.

5. Análisis de CA de transistores de unión bipolar (BJT) (2 semanas)

Amplificación en CA. Modelo de un transistor. Configuraciones de polarización. Ganancia de corriente. Conexión Darlington. Modelos equivalentes.

6. Transistor de efecto de campo (FET) (1.5 semana)

Construcción, funcionamiento y características eléctricas.
Características de transferencia.
Relaciones importantes.
Otras configuraciones.
******* Segundo examen parcial 28 de Octubre de 9:00 a 12:00 *******

7. Polarización de FET (1.5 semana)

Configuraciones de polarización. Casos especiales. MOSFET.

8. Amplificadores con FET (1.5 semana)

Modelo de FET de pequeña señal. Configuraciones de polarización. Configuraciones por MOSFET.
Diseño de redes de amplificación con FET. Configuración en cascada.

9. Respuesta en frecuencia de BJT y FET (1.5 semana)

Consideraciones generales sobre la frecuencia. Respuesta en baja y alta frecuencia con BJT y FET.

10. Dispositivos Optoelectrónicos (1.5 semana)

Diodos Emisores de Luz (LED). Fotodiodos. Fototransistores. Fotoresistores. Optoacopladores.
******* Tercer examen parcial 1 de Diciembre de 9:00 a 12:00 *******
******* Examen ampliación 8 de Diciembre de 9:00 a 12:00 *******

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0315 : Máquinas Eléctricas I		

Número de Créditos: 4
Requisitos:

Descripción

El curso procura familiarizar a los estudiantes, con las máquinas eléctricas estacionarias y giratorias, que se encuentran en la industria y en los sistemas eléctricos de potencia.

Con base en los conocimientos adquiridos en los cursos de Teoría de Campo I y Circuitos Lineales II, se estudiarán los circuitos electromagnéticos, y las máquinas eléctricas.

Los siguientes temas, corresponden al análisis en régimen permanente, de los transformadores eléctricos y las máquinas de inducción trifásicas.

Objetivo general

Desarrollar en el estudiante las habilidades que lo hagan capaz de comprender el funcionamiento, la construcción y la aplicación de distintas máquinas eléctricas, tales como los transformadores y los motores y generadores de inducción trifásicos.

Objetivos específicos

1. N/A

Contenidos

1. Electromagnetismo aplicado a máquinas eléctricas
2. Circuitos magnéticos
3. Modelado de transformadores
4. Transformadores trifásicos
5. Elementos prácticos de transformadores

6. Máquina de Inducción Trifásica Balanceada
7. Elementos Prácticos de Motores de Inducción
8. Generador de Inducción

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0315l : Laboratorio de Máquinas Eléctricas I		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

N/A

Objetivo general

Desarrollar en el estudiante las habilidades que lo hagan capaz de comprender el funcionamiento, la construcción y la aplicación de distintas máquinas eléctricas, tales como los transformadores y los motores de inducción trifásicos.

Objetivos específicos

1. N/A

Contenidos

- Circuitos y elementos lineales, monofásicos y trifásicos (balanc. - desbalanc.)
- Núcleos ferromagnéticos y reactor con núcleo de hierro
- Transformador monofásico y trifásico
- Motor de inducción trifásico
- Arranque de motores a voltaje reducido

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica** **Escuela de Ingeniería Eléctrica** **Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0321 : Estructuras de Computadoras Digitales I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso de Estructuras de Computadores Digitales estudia la interfaz entre el sistema físico y el de programación de un computador. El curso se basa en el procesador MIPS. En este curso el estudiante aprenderá técnicas básicas de programación en el lenguaje ensamblador del MIPS, su estructura, de forma que se adquieren los conocimientos necesarios para aplicar estos conceptos a cualquier otro procesador.

Objetivo general

Obtener los fundamentos de Arquitectura de Computadores.

Objetivos específicos

1. Aprender el modelo de programación de un procesador MIPS
2. Aprender los conceptos de sistemas de almacenamiento y jerarquía de memorias
3. Comprender la estructura del datapath en un procesador RISC como el MIPS

Contenidos

1. Historia.
2. Principios fundamentales
3. Lenguaje ensamblador MIPS.
   - Secciones 2.1 hasta 2.9 (exceptuando recursividad).
   - 2.4 y 2.9 Estudio individual
4. Aritmética en MIPS.
5. Todas las secciones del capítulo 3.
6. Datapath en un procesador RISC.
   - Iniciando desde la sección 4.3.
   - 4.6 solamente la nomenclatura de las 5 etapas de RISC
   - 4.7 y 4.8 No
   - 4.9 Exceptions hasta la página 386, hasta antes de "Exceptions in a pipelined implementation".
7. Sistemas de almacenamiento, Jerarquías de Memoria: Caché.
8. Entrada y salida.
9. Temas avanzados: multinúcleos.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0323 : Circuitos Digitales I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso que enseña las herramientas y desarrolla las destrezas para el análisis y diseño de circuitos digitales combinacionales y secuenciales.

Objetivo general

Dar una introducción a la teoría y tecnologías de Circuitos Digitales. Aprender sobre el análisis y diseño de circuitos combinacionales y secuenciales y la simbología normalizada.

Objetivos específicos

Al finalizar el curso los estudiantes dominarán las herramientas y tendrá las habilidades para:

1. Manejar operaciones algebraicas en cualquier base numérica.
2. Reconocer y utilizar los principales códigos binarios.
3. Utilizar el álgebra de conmutación.
4. Analizar y diseñar circuitos electrónicos digitales en tecnología CMOS.
5. Leer e intepretar especificaciones del fabricante de circuitos electrónicos digitales SSI y MSI.
6. Obtener la función mínima de una función combinacional con la técnica de Mapas de Karnaugh.
7. Analizar y diseñar circuitos digitales con las unidades lógicas combinacionales.
8. Analizar y diseñar circuitos digitales basados en flip-flops.
9. Analizar y diseñar máquinas de estado sincrónicas.

Contenidos

1. Introducción general a los Sistemas Digitales
   a) Señales analógicas y contenido de información en las señales.
   b) Muestreo de señales analógicas. Teorema de muestreo (frecuencia de muestreo).

   c) Cuantización de señales muestreadas, error de cuantización, resolución y exactitud. Señales digitales.
   d) Elementos binarios: bit, Palabra, Byte y nibble.

2. Sistemas de Numeración y Códigos Digitales
   a) Sistema de Numeración.
   b) Cambios de base: de una base menor a una base mayor y de una base mayor a una base menor.
   c) Operaciones aritméticas en bases distintas de la base 10.
   d) Representación de números negativos: magnitud y signo, complemento de base.
   e) Operaciones de suma y resta en complemento de base. Reglas de suma y resta de números con signo. Rebase y acarreo.
   f) Códigos: BDC, Octal, hexadecimal, ASCII. Suma en BCD.
   g) Ejemplos de conversión analógica a digital para números binarios con y sin signo.

3. Álgebra Booleana
   a) Conectivas lógicas: Y, 0, 0 exclusiva, Operador NO.
   b) Propiedades fundamentales:
      1) Proposiciones elementales: complemento, elemento 0, elemento 1, Idempotencia.
      2) Leyes fundamentales: asociativa, conmutativa, distributiva, Teorema de De Morgan.
      3) Reducción de expresiones Booleanas por manipulación algebraica.
      4) Otras conectivas lógicas que son un conjunto completo en sí mismas: NOO, NOY.
      5) Representaciones alternas de las conectivas Y, O y NO con con conectivas NOY y NOO.

4. Tecnologías de Circuitos Integrados (CI) Digitales
   a) Circuitos integrados: SSI, MSI, LSI, VLSI.
   b) Lógica MOS Complementaria (CMOS):
      1) Aspectos generales de la tecnología CMOS. - Funcionamiento de los transistores de canal N y canal P. - Circuito Inversor CMOS básico. - Compuertas NOY y NOO. - Circuito separador (Buffer).
      2) Especificaciones del fabricante para circuitos integrados CMOS.
      3) Comportamiento eléctrico en estado estable CMOS: Niveles lógicos y márgenes de ruido. Abanico de salida (Fanout).
      4) Efectos de carga. Entradas no usadas.
      5) Comportamiento eléctrico dinámico CMOS: Tiempos de transición. Trayectoria de señal, tiempo de trayectoria, Tiempos de Retardo de propagación. Consumo de potencia.
      6) Otras estructuras de entrada y salida CMOS: Entradas con disparo Schmmitt. Salidas de tres estados. Salidas de drenaje abierto. Buses de fuente múltiple. Lógica alambrada.

5. Mapas de Karnaugh y Redes Iterativas
   a) Descomposición en mintérminos y maxtérminos.
   b) Determinación de las 8 formas estándar: Y/O, NOY/NOY, O/NOY, NOO/O, Y/NOO,NOY/Y, O/Y, NOO/NOO.

c) Construcción y propiedades del mapa de Karnaugh: Algebra de conjuntos y su isomorfismo con el algebra de Boole. Del diagrama de Venn al mapa de Karnaugh. Mapas de Karnaugh de 2, 3 y 4 variables.
d) Concepto de implicante, implicantes primos, implicantes esenciales.
e) Definición de función mínima.
f) Minimización de funciones Booleanas empleando el mapa de Karnaguh.
g) Mapas de 5 y de 6 variables.
h) Funciones parcialmente especificadas: condiciones "no importa" y no pueden ocurrir.
i) Forma de producto de sumas (PDS) simplificada.
j) Ejemplo de diseño combinacional: decodificador BCD a 7 segmentos: Tipos de dígitos de 7 segmentos.
k) Diseño de redes iterativas basadas en el concepto de propagación de estado y tablas de transición de estado. Desarrollo de ejemplos de redes iterativas.

6. Temas Avanzados en Circuitos Combinacionales

a) Mapas de dimensión reducida. Mapas de una y dos variables ingresadas para funciones completamente especificadas.
b) Expresiones mínimas para mapas con una y dos variables ingresadas para funciones completamente especificadas.
c) Mapas de dimensión reducida para funciones parcialmentes especificadas. Obtención de la función mínima.
d) Unidad lógica combinacional: Diseño de Multiplexores.
e) Realización de funciones lógicas con multiplexores.
f) Mapas de variable ingresada y funciones de N variables con Multiplexores: i) 2N X 1, ii) 2N-1 X 1, iii) 2N-2 X 1.
g) Árboles de multiplexores (Realización en N niveles de multiplexación).
h) Unidad lógica combinacional: El comparador de magnitud, 74HC85.

7. Flip Flops

a) Biestable R-S con compuertas NOO y NOY.
b) Descripción funcional por medio de diagramas de tiempo.
c) Biestrables RS con habilitador de entrada. Latch tipo D transparente.
d) Flip-Flops RS; Flip-Flop tipo D Maestro-Esclavo, Flip-Flops JK maestro-esclavo; Flip-flop T, disparados por transición, por pulso y por nivel. Ejemplo de análisis por Diagramas de tiempos.
e) Metaestabilidad: Causas y efectos.
f) Ejemplo de diseño con FF: Contadores de rizo y Contadores sincrónicos.

8. Máquinas de Estado

a) Máquinas de estados: Tablas de estado, diagramas de estado, diagramas de estado algorítmico.
b) Máquinas en modo de reloj (máquinas sincrónicas).
c) Estructura de las máquinas de estado sincrónicas: memoria de estado, lógica combinacional de próximo estado, lógica combinacional de salidas.
d) Relación entre el diagrama ASM y el diagrama de temporización.
e) Pasos en el diseño de una máquina secuencial: Definición, descripción, evaluación, síntesis y prueba.

f) Primera etapa de diseño: Definición, evaluación y descripción: Ejemplo de semáforo peatonal.
g) Eliminación de estados redundantes: métodos de las particiones.
h) Segunda etapa de diseño: Síntesis y prueba.

1) Declaración de estados, Asignación de estados y Tabla de excitación de F.F.
2) Estructura y síntesis de máquinas clase 1.
3) Registros de desplazamiento izquierda/derecha con carga en paralelo.
4) Determinación de la función de próximo estado: Transición de estado incondicional y Transición de estado condicional.
5) Cálculo de la función de salidas: Salidas incondicionales y salidas condicionales.
6) Determinación del tipo de flip-flop que reduce la función de próximo estado: un método heurístico.
7) La función de salidas: Modos de activación y Acondicionamiento de salidas.
8) Síntesis de máquinas clase 2: contadores sincrónicos y secuenciadores.
9) Síntesis de máquinas Clases 3 y 4. Ejemplos de diseño de máquinas clase 3 y 4.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica** **Escuela de Ingeniería Eléctrica** **Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0365 : Transmisión de Potencia		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso Transmisión de Potencia, presenta los elementos fundamentales para analizar y modelar los sistemas de transporte en corriente alterna en régimen permanente y ante fallas.

Objetivo general

Brindar al estudiante sólidos conocimientos para entender, explicar y modelar la Transmisión de Potencia en régimen permanente y ante fallas.

Objetivos específicos

1. Modelar las líneas de transmisión.
2. Analizar la transmisión de potencia por líneas de alta tensión.
3. Representar al SEP en p.u.
4. Estudiar los conceptos de fallas simétricas y asimétricas.

Contenidos

1. Modelado de líneas de transmisión
- Resistencia serie y efecto piel
- Inductancia serie
- Admitancia en derivación

2. Transmisión de potencia
- Potencia natural de la línea
- Modelo de la línea según su longitud
- Límites de la transmisión de potencia
- Compensación de potencia reactiva

3. Estructura de un SEP
- Elementos de un SEP
- El sistema en p.u.

4. Análisis de fallas
- Fallas simétricas
- Componentes simétricas
- Fallas asimétricas

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0379 : Teoría Económica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso es una introducción a los fundamentos de la teoría microeconómica y macroeconómica, su metodología y sus herramientas. El curso está dirigido a estudiantes que ingresan al programa de Bachillerato en Ingeniería Eléctrica con poco o ningún conocimiento de la Teoría Económica. Se realiza un análisis crítico de los principios teóricos fundamentales de la microeconomía y de la macroeconomía. En microeconómica se cubren, entre otros, los siguientes temas: demanda y oferta, comportamiento del consumidor y del productor, funcionamiento del mercado, fallas de mercado y teoría de la regulación. En macroeconómica se cubren temas tales como cuentas nacionales, equilibrio macroeconómico, consumo-inversión-ahorro, función del dinero y el mercado monetario.

Objetivo general

Brindar al estudiante las herramientas y conceptos esenciales para la comprensión del entorno económico en general y del país.

Objetivos específicos

1. Comprender la relación existente entre las Ciencias Económicas y el quehacer del profesional en Ingeniería Eléctrica.
2. Analizar el funcionamiento y lógica del mercado como instrumento de asignación de recursos escasos.
3. Comprender los conceptos de oferta, demanda, elasticidad, equilibrio de mercado, así como la lógica del comportamiento del consumidor y del productor.
4. Analizar el fenómeno de las "fallas del mercado" y los instrumentos para su corrección.
5. Comprender los conceptos básicos de la Macroeconomía y el comportamiento de las principales variables macroeconómicas en el entorno costarricense.

Contenidos

Introducción a la Ciencia Económica

- Principio de escasez y el problema económico
- La economía como ciencia social
- Los modelos económicos
- La escuela neoclásica
- El mercado como elemento central de la economía
- Los agentes económicos
- Modelo de Michael Porter para la caracterización de un sector industrial

Las fuerzas del mercado

- El precio
- Incentivos
- La función de demanda
- La función de oferta
- Equilibrio del mercado

Desequilibrios del mercado

- Desplazamientos de las curvas de oferta y de demanda
- Exceso de oferta y exceso de demanda
- Microeconomía y economía de mercado

Elasticidad, Elasticidad de la demanda, Elasticidad de la oferta

- Elasticidad-precio de la demanda y de la oferta
- Determinantes de la elasticidad-precio de la demanda
- Elasticidad-ingreso de la demanda
- Elasticidad cruzada de la demanda
- Elasticidad-precio de la oferta
- Horizonte temporal de la elasticidad de la oferta

Comportamiento del Consumidor

- Supuestos del modelo
- Curvas de indiferencia
- Relación marginal de sustitución
- La función de utilidad del consumidor
- Demanda de mercado
- Excedente del consumidor

Teoría de la empresa

- La función de producción
- Productividad total, media y marginal del trabajo
- La ley de rendimientos decrecientes
- Sustitución entre factores
- Relación marginal de sustitución técnica
- Función isocoste

- Minimización del costo total de producción
- Curvas de costos
- Costos explícitos y costo de oportunidad
- Costos hundidos o irrecuperables
- La función de costo a largo plazo

Mercado y Estado

- Visión neoclásica de la función del Estado
- Supuestos de la competencia perfecta
- Características de un mercado competitivo
- Comportamiento de una empresa competitiva
- Resultados de un mercado perfectamente competitivo
- Fallas del mercado
- Condiciones que determinan si un mercado es o no es competitivo
- Formas de intervención del Estado ante fallas del mercado

Introducción a la Macroeconomía

- Concepto de macroeconomía
- Objetivos del sistema económico
- El crecimiento económico
- Las posibilidades de producción de la economía
- Cuentas nacionales
- El equilibrio macroeconómico
- Consumo, ahorro e inversión
- Gastos de gobierno e impuestos
- El sector monetario
- El dinero y sus funciones
- El mercado del dinero
- El papel del Banco Central
- Mercado de Valores (Mercado Primario; Mercado segundario)
    - Mercado primario
    - Mercado secundario
- La política monetaria y fiscal
- Vínculo entre la política monetaria y la actividad económica
- Equilibrio en el mercado del dinero
- Indicadores Macroeconómicos y sus efectos en la ciudadanía.
    - Tasas de interés y su comportamiento.
    - Devaluación y revaluación
    - Diferencial cambiario.
    - Tasa de redescuento.
    - Inflación sus efectos en la economía y a los ciudadanos.
    - Encaje Legal.
    - Reservas Monetarias.
    - Exportaciones e importaciones.

- Balanza comercial.
- Impuestos y sus efectos en la economía.

La problemática del sub-desarrollo

- Conceptos de desarrollo y subdesarrollo.
- Desarrollo sostenible.
- Opciones de Costa Rica para salir del subdesarrollo

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0381 : Ciencia de los Materiales		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El conocimiento de los principios físicos que gobiernan el comportamiento de las características de los materiales es indispensable para cualquier área de la ingeniería. En la ingeniería eléctrica de potencia el uso de los materiales es tan variado que sería imposible mencionar la totalidad de los mismos. En el curso de Ciencia de los Materiales se brinda a los estudiantes las principales herramientas para el análisis de los distintos materiales utilizados que van desde un acero para soporte de estructuras hasta cobres aleados para conducción de energía con la menor cantidad de pérdidas posible. Adicionalmente se incursionará al estudiante en el estudio de temas de actualidad relacionados con la ciencia de materiales.

Objetivo general

Brindar al estudiante conocimiento sobre los principales conceptos relacionados con los materiales utilizados en ingeniería eléctrica.

Objetivos específicos

1. Estudiar la composición de los materiales desde la comprensión de las características del átomo y la manera en que se unen para formar redes cristalinas o no cristalinas que definen las características de los materiales.
2. Conocer las propiedades eléctricas, magnéticas y mecánicas de los materiales, la manera en que se pueden medir, las principales pruebas y métodos para variar esas propiedades.
3. Estudiar las principales características de metales, cerámicas y plásticos utilizados en los sistemas eléctricos y los procesos más comunes para la fabricación y formado.
4. Desarrollar un trabajo de investigación relacionado con los temas tratados en el curso y la aplicación de los distintos materiales en la ingeniería eléctrica propiciando el estudio y uso de normas utilizadas a nivel nacional e internacional.

Contenidos

1. Estructura atómica y enlaces. Estructura atómica, enlaces en sólidos, características del átomo, características químicas de los materiales, tabla periódica, emisión de rayos X, enlaces de los átomos y sus propiedades.
2. Estructuras cristalinas. Materiales cristalinos y amorfos, estructuras metálicas y covalentes, direcciones y planos cristalinos, sistemas de deslizamiento en los metales e imperfecciones en las estructuras cristalina.
3. Difusión en sólidos. Movimientos macroscópicos de los átomos, movimientos atómicos microscópicos.
4. Diagramas de fase en equilibrio. Conceptos, solubilidad en estado sólido, sistemas eutécticos, sistema hierro-carbono.
5. Propiedades mecánicas de los materiales. Propiedades sensibles e insensibles a la microestructura, esfuerzo, deformación, otras propiedades, métodos de ensayo y normas aplicables.
6. Propiedades eléctricas y magnéticas de los materiales. Metales y no metales, conductividad eléctrica, superconductividad, semiconductividad, propiedades magnéticas, inducción magnética, permeabilidad magnética, tipos de magnetismo, dominios ferromagnéticos, magnetización y desmagnetización.
7. Deformación plástica y recocido. Procesos de deformación, trabajado en frío, recocido y trabajado en caliente.
8. Cerámicas y vidrios. Principales características, estructuras, procesos de elaboración y propiedades.
9. Plásticos. Procesos de polimerización, propiedades, tipos, clasificación y materiales compuestos.
10. Corrosión y control de la corrosión. Formas de corrosión, características, efectos de la corrosión, control de la corrosión.
11. Temas especiales (trabajo de investigación):

- Proceso de extracción y fabricación de acero. Tipos y clasificación.
- Proceso de extracción y fabricación de aluminio. Fabricación de conductores.
- Proceso de extracción y fabricación de cobre. Fabricación de conductores.
- Recubrimiento de metales: inmersión en caliente y electrodeposición.
- Pruebas no destructivas: aplicaciones a sistemas de potencia.
- Arco eléctrico y fluidos aislantes.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0405 : Modelos Probabilísticos de Señales y Sistemas		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este curso constituye una introducción a los conceptos de la probabilidad que son utilizados en el análisis de señales y diseño de sistemas en diversas áreas de la Ingeniería Eléctrica. Está enfocado a que el estudiante aprenda a usar tales conceptos mediante su uso directo en ejemplos extraídos de la práctica normal del ingeniero electricista.

Objetivo general

1. Familiarizarse con los conceptos fundamentales de la probabilidad.
2. Comprender el concepto de variable aleatoria discreta y continua y de las funciones de densidad probabilística.
3. Saber definir un proceso estocástico y conceptos elementales asociados.
4. Conocer los elementos básicos de la estadística tal y como son empleados en la Ingeniería.

Objetivos específicos

1. Definir en lenguaje común los conceptos de probabilidad, probabilidad conjunta, probabilidad condicional, independencia estadística, variable aleatoria, proceso estocástico, valor esperado, varianza, correlación, densidad espectral de potencia, estacionaridad, ergodicidad, detección de señales, estimación de parámetros, intervalos de confianza, test de hipótesis, regresión lineal y cadenas de Markov, utilizando a lo más dos líneas de escritura.
2. Aplicar los conceptos anteriores en aplicaciones básicas en Ingeniería Eléctrica y resolver tales problemas sin recurrir a notas de clase o referencias.
3. Calcular probabilidades de eventos y los valores esperados de variables aleatorias para problemas elementales, usando para ello la definición correspondiente o tablas de probabilidad.
4. Dada una situación donde ha sido aplicado un muestreo, formular una hipótesis y llevar a cabo tests apropiados para probar su aceptabilidad.

Contenidos

Teoría de la probabilidad (dos semanas):

Significado de la probabilidad, definición axiomática de la probabilidad, definición estadística de la probabilidad, probabilidad conjunta, probabilidadcondicional, independencia estadística, relación entre la probabilidad conjunta y la probabilidad condicional (teorema de Bayes), pruebas repetidas (pruebas de Bernoulli).

Variables aleatorias (tres semanas):

Concepto de variable aleatoria (discreta y continua), distribución de probabilidad y función de distribución de variables aleatorias discretas, densidad de probabilidad y función de distribución de variables aleatorias continuas, valor esperado, momentos, función característica, funciones de una variable aleatoria y sus distribuciones.

Ejemplo: variables aleatorias gaussianas.

Variables aleatorias múltiples (cuatro semanas):

Variables aleatorias vectoriales, densidad y distribución conjunta, densidad y distribución condicional, densidad y distribución de una suma de variables aleatorias, teorema del límite central, desigualdad de Chebyshev y ley de los grandes números; valor esperado y momentos de variables aleatorias múltiples, funciones características conjuntas, funciones de variables aleatorias múltiples y sus distribuciones. Ejemplo: variables aleatorias gaussianas múltiples.

Procesos estocásticos (cuatro semanas):

Concepto de proceso estocástico; estacionaridad y ergodicidad; autocorrelación, correlación cruzada, espectro de densidad de potencia y sus propiedades, relación entre el espectro de potencia y la autocorrelación, espectro de densidad de potencia cruzada y sus propiedades. Ejemplos: procesos aleatorios gaussianos y de Poisson. Aplicaciones: sistemas lineales excitados por un proceso estocástico.

Cadenas de Markov de tiempo continuo y tiempo discreto (tres semanas):

Dos propiedades de la distribución exponencial, cadenas de Markov de tiempo continuo (procesos de vida y muerte), colas, cadenas de Markov de tiempo discreto.

Fundamentos de estadística (opcional):

Detección de señales (detección de máxima verosimilitud, máximo a posteriori y bayesiana); sesgo, varianza de los valores estimados y los errores de estimación; consistencia; estimación de parámetros (estimación del valor esperado, valor cuadrático medio y varianza; estimación bayesiana, de máxima verosimilitud y de mínimos cuadrados); prueba de hipótesis; regresión lineal y ajuste de curvas.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0407 : Electromagnetismo II		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

POR DEFINIR

Objetivo general

Proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios sobre la propagación de radiación a frecuencias de microondas.

Objetivos específicos

1. Analizar la naturaleza y la propagación de ondas electromagnéticas planas en el espacio libre.
2. Describir la propagación de ondas electromagnéticas planas en medios guiados.
3. Analizar el fenómeno de las cavidades resonantes en microondas.
4. Conocer sobre radiación electromagnética con antenas lineales.
5. Complementar los conocimientos con prácticas en el laboratorio.

Contenidos

Propagación de ondas electromagnéticas planas (12 lecciones).
Generalidades de propagación de ondas planas y ecuación de onda en el espacio libre. Polarización de una onda. Repaso de reflexión, refracción, interferencia y difracción.

Guías de onda y resonadores (26 lecciones).
Comparación de guías de onda y líneas de transmisión. Modo TE en guía de onda plana infinita. Guía de onda rectangular hueca y modos de transmisión. Atenuación y frecuencia de corte. Dispositivos de guías de onda. Resonadores de cavidad. Emisores activos de microondas.

Antenas y radiación (26 lecciones).
Parámetros básicos de antenas. Antena de dipolo corto y resistencia de radiación. Abertura eficaz, directividad y ganancia. Tipos de antenas generales y para microondas (bocina).

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0408 : Laboratorio Eléctrico II		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso Laboratorio Eléctrico II es un curso práctico en el que se aplican los conceptos aprendidos en el curso de Electrónica II (IE0413) sobre amplificadores operacionales, aplicaciones lineales y no lineales de los amplificadores operacionales, realimentación y respuesta en frecuencia, generadores y procesadores de señales, y filtros activos.

Objetivo general

Adquirir destrezas en el análisis, diseño e implementación de circuitos electrónicos analógicos con amplificadores operacionales. De esta manera, se busca aplicar los conocimientos adquiridos en el curso de Electrónica II y continuar el proceso de aprendizaje iniciado en Laboratorio Eléctrico I.

Objetivos específicos

1. Estimular la habilidad de los estudiantes para analizar, diseñar e implementar circuitos electrónicos analógicos con amplificadores operacionales.
2. Evaluar la creatividad de los estudiantes en el manejo de los conocimientos prácticos sobre amplificadores operacionales, aplicaciones lineales y no lineales de los amplificadores operacionales, realimentación y respuesta en frecuencia, generadores y procesadores de señales, filtros activos y temas afines.
3. Poner a prueba la capacidad de los estudiantes para solucionar problemas de diseño de sistemas analógicos multietapa con el trabajo en grupo.
4. Fortalecer los conocimientos previos adquiridos por los estudiantes en la elaboración de anteproyectos, reportes finales y presentación de exposiciones.

Contenidos

El curso está dividido en dos partes: la primera que consiste en el desarrollo de varias prácticas presentadas por la cátedra y una segunda con el desarrollo de un proyecto final (previa autorización

del profesor) que será propuesto por los estudiantes. Los experimentos regulares que se realizarán en el laboratorio contemplarán los tres temas siguientes:

1. Características de los amplificadores operacionales y sus aplicaciones básicas.
2. Osciladores, multivibradores y filtros activos.
3. Procesamiento de señales y topologías para la transmisión de datos.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0409 : Análisis de Sistemas		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este curso introduce al estudiante en el modelado y análisis matemático de sistemas físicos lineales mediante el uso de diversas herramientas teóricas y experimentales. Así mismo, se hace uso de software especializado para la simulación de estos modelos de manera que sea un complemento para el análisis de la respuesta de los sistemas tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia.

Objetivo general

Al finalizar el curso el estudiante tenga las destrezas para modelar, representar y analizar diferentes tipos de sistemas lineales, usando técnicas matemáticas y experimentales, con fundamento en herramientas analíticas y de simulación digital.

Objetivos específicos

1. Describir los conceptos básicos sobre la teoría de análisis de sistemas.
2. Representar un sistema lineal invariante con el tiempo en sus distintos modelos matemáticos.
3. Modelar sistemas de tipo eléctrico, mecánico, electromecánico, hidráulico y térmico mediante principios físicos y también mediante pruebas experimentales utilizando la curva de reacción.
4. Analizar la respuesta de los sistemas lineales tanto en el dominio del tiempo (especificación de la respuesta, etc.) como en el de la frecuencia (estabilidad, ganancia y fase, etc.) mediante representa- ciones matemáticas adecuadas.
5. Simular los modelos utilizando paquetes de software como MATLAB, Simulink y Modelica.

Contenidos

I Fundamentos
(3h) Introducción al modelado y análisis de sistemas

1. (1h) Introducción a la teoría general de sistemas

2. (0.5h) Concepto de sistema: Defini- ción de sistema, Variables de un sistema
3. (0.5h) Concepto de modelo de un sistema: Tipos de modelo
4. (1h) Introducción al Software de simulación

(18h) Introducción al espacio de estados

1. (4h) Concepto de estado: Definición, Propiedades del espacio de estados, Linealidad e invarianza
2. (1h) Sistemas eléctricos como prototipos de sistemas lineales
3. (7h) Modelado en variables de es- tado: Definición, Selección de estados a partir de ecuación diferencial, Matriz de transición de estados, La ecuación de estados y salidas, Respuesta a entrada cero y respuesta a estado cero
4. (4h) La función de transferencia: La función de transferencia desde la respuesta a estado cero, Ecuación característica, Función de transferencia para sistemas multivariables, Circuitos eléctricos utilizando funciones de transferencia
5. (2h) Relaciones entre los modelos matemáticos: La función de transferencia desde el modelo en variables de estado El modelo en variables de estado desde la función de transferencial
6. (6h) Representación gráfica de modelos y sistemas
7. (3h)Diagramas de bloques: Creación de un diagrama de bloques, La función de transferencia a partir del diagrama de bloques, El modelo en variables de estado a partir del diagrama de bloques
8. (3h) Diagramas de flujo (reogramas): Creación de un diagrama de flujo, Teorema de Mason

(6h) Caracterización en el dominio del tiempo

1. (2h) Análisis de estabilidad: Estabilidad BIBO, asintótica
2. (2h) Respuesta de los sistemas de primer y segundo orden a entradas escalón: Función de transferencia de un sistema de primer y segundo orden, Efecto de la ubicación de los polos y ceros de la función de transferencia
3. (1h) Especificaciones de la respuesta transitoria subamortiguada
4. (1h) Concepto de polos dominantes: método del Half Rule

II Modelado de Sistemas
(21h) Modelado analítico de sistemas

1. (1h) Sistemas eléctricos
2. (3h) Sistemas mecánicos traslacionales
3. (3h) Sistemas mecánicos rotacionales
4. (3h) Sistemas electromecánicos
5. (3h) Sistemas térmicos
6. (3h) Sistemas hidráulicos
7. (1h) Modelos estáticos
8. (2h) Linealización

(6h) Identificación de sistemas en el dominio del tiempo

1. (0.5h) Definiciones: Curvas de reacción, Sistemas autorregulados y no autorregulados

2. (0.5h) Modelos utilizados en la identificación: Modelos integradores, Modelos de primer orden más tiempo muerto, Modelos de segundo orden más tiempo muerto sobreamortiguados, Modelos de segundo orden más tiempo muerto subamortiguados
3. (2h) Métodos de identificación experimental: Métodos de recta tangente, Métodos de dos puntos, Métodos de tres puntos, Métodos por minimización de una función de error de predicción
4. (3h) Obtención de la curva de reac- ción de un sistema: Consideraciones prácticas, Caso particular: sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas

II Análisis de Sistemas
(18h) Análisis en el dominio de la frecuencia

1. (3h) La función de transferencia en frecuencia: Magnitud y fase de una función de transferencia en frecuencia, Polos y ceros de fase no mínima, Tiempo muerto o retardo de transporte
2. (9h) Diagramas de Bode: Definición, Construcción del diagrama de Bode mediante pruebas experimentales, Construcción del diagrama de Bode mediante la función de transferencia, Identificación de la función de transferencia a partir del diagrama de Bode
3. (6h) Gráfica polar: La función de transferencia en frecuencia como un vector, Construcción de la gráfica polar

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0411 : Microelectrónica: Sistemas en Silicio		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Con este curso se pretende familiarizar al estudiante con el diseño de circuitos basados en transistores MOSFET construidos en procesos de fabricación de muy alto grado de integración (VLSI).

Objetivo general

Familiarizar al estudiante con las nuevas tecnologías del mercado de circuitos integrados y con la realidad nacional de esta industria.

Objetivos específicos

1. Explicar en forma detallada la operación de transistores MOSFET.
2. Comprender la jerarquía de diseño para sistemas digitales complejos desde su especificación en alto nivel hasta la descripción física del circuito integrado.
3. Comprender en forma general los pasos del proceso de fabricación de circuitos integrados.
4. Diseñar circuitos lógicos utilizando tecnología CMOS.
5. Comprender las topologías de distintas familias lógicas realizadas con transistores MOSFET.
6. Dimensionar los transistores en un diseño particular, para optimizar el retardo a través de una compuerta.
7. Extraer de un diagrama de distribución física (layout) la topología de un circuito particular y saber cómo simular su comportamiento eléctrico.
8. Completar un diseño simple de un circuito con transistores MOSFET, desde su comportamiento, hasta su diagrama de distribución física (layout).

Contenidos

Temas de investigación

Empezando en la semana 8, se van a revisar y discutir temas en clase que requieren una investigación previa por parte del estudiante. Estos temas de investigación se van a calificar por medio de ensayos que deberán ser entregados el día de la discusión de dicho tema.

Temas de investigación I

De la semana 8 a la semana 21 se discutirá de temas generales de la industria del VLSI. El estudiante deberá presentar al menos 5 ensayos de 2 páginas en el transcurso de estas 13 semanas. El formato de los ensayos deberá seguir el template de la IEEE .

Temas de investigación II

De la semana 22 a las semana 35 se discutirá de temas actuales de la industria. En estas 13 semanas los estudiantes deberán presentar al menos 8 ensayos de una página utilizando el formato IEEE. Estos ensayos al ser cortos deberán de estar enfocados en aspectos de valor tales como "impacto de esta tecnología en la industria", "tecnologías emergentes que aprovechen esto", "impacto en el estilo de vida de los usuarios" entre otras.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0413 : Electrónica II		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Éste es un curso de electrónica analógica muy basado en el análisis y diseño de circuitos con amplificadores operacionales.

Objetivo general

Que el estudiante sea capaz de comprender y aplicar conceptos fundamentales y herramientas matemáticas básicas necesarios para analizar y diseñar circuitos electrónicos analógicos basados en amplificadores operacionales.

Objetivos específicos

1. N/A

Contenidos

N/A

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0424 : Laboratorio de Circuitos Digitales		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso Laboratorio de Circuitos Digitales I pretende que el estudiante ponga en práctica lo aprendido en el curso IE524 en el diseño y desarrollo de sistemas digitales reales .

Objetivo general

Realizar prácticas de diseño y desarrollo de sistemas digitales reales. .

Objetivos específicos

1. Poner en práctica lo aprendido referente al diseño y desarrollo de sistemas digitales reales.
2. Medir y analizar los parámetros físicos de dispositivos digitales comerciales.
3. Desarrollar máquinas de estados finitos para la solución de problemas ingenieriles, utilizando diferentes
   técnicas y arquitecturas.
4. Implementar sistemas de control automático utilizando sistemas digitales.
5. Utilizar dispositivos lógicos programables en particular FPGA para la implementación de sistemas
   digitales complejos.
6. Comprender y ejecutar el flujo de diseño basado en FPGA.

Contenidos

El curso se desarrollará a través de 6 experimentos. Las guías para los mismos se entregaran conforme se avance en el curso. De estos 6 experimentos, el último es un experimento especial. En este el estudiante tiene la libertad de desarrollar un proyecto, de acuerdo a los intereses o afinidades que ha desarrollado durante el curso. Este se desarrollará en parejas escogidas por los mismos estudiantes. Se debe entregar una propuesta del mismo en la fecha estipulada en el cronograma, y esta puede o no ser aprobada por el profesor del curso.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0425 : Redes de Computadoras		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

POR DEFINIR

Objetivo general

POR DEFINIR

Objetivos específicos

1. Dar al estudiante una introducción de la estructura de diferentes redes de computadores
2. Conocer los parámetros básicos a considerar en diseño de redes de computadores.
3. Analizar el funcionamiento de los protocolos en la subred de comunicaciones.

Contenidos

Introducción

- Uso y estructura de redes de computadores
- Modelo de referencia OSI y TCP/IP

Nivel Físico

- Capacidad de un canal
- Diferentes medios de transmisión y multiplexación
- Sistema telefónico tradicional
- Conmutación de circuitos y conmutación de paquetes
- Introducción de nuevas redes de datos

Nivel de Enlace de datos y Mecanismos de Acceso al Medio

- Control de errores
- Protocolos de enlace de datos
- Protocolos tipo Aloha
- Protocolos de LANs (redes ethernet)

Nivel de Red de Internet

- Introducción Algoritmos de enrutamiento
- Protocolo IP
- Direccionamiento IP
- Protocolos de Control en Internet

Nivel de Transporte

- Introducción a protocolos de transporte
- UDP
- TCP

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0431 : Sistemas de Control		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Se introduce el concepto de realimentación aplicado a sistemas de control, el algoritmo de control proporcional integral derivativo (PID), los índices de desempeño temporal, la medición de la estabilidad de los lazos de control realimentado y la medición de su robustez ante cambios en las características del proceso controlado. Se presentan las técnicas de identificación de los modelos de orden reducido para representar el proceso controlado, los métodos analíticos y las reglas para el ajuste del algoritmo de control a partir de estos, y la utilización de las herramientas de análisis y diseño de los sistemas de control.

Objetivo general

Al finalizar el curso, el estudiante deberá estar en capacidad de analizar y diseñar sistemas de control realimentado con controladores con el algoritmo PID, utilizando técnicas en el dominio del tiempo y con base en modelos, con el apoyo de herramientas de diseño de sistemas de control asistido por computadora (CACSD).

Objetivos específicos

1. Identificar los parámetros de un modelo de orden reducido, a partir de la curva de reacción o la información crítica del proceso controlado.
2. Describir las diferencias entre los diferentes modos y estructuras del algoritmo de control PID.
3. Ajustar controladores con algoritmos de control PID, utilizando métodos analíticos y reglas de ajuste.
4. Analizar y determinar el desempeño y la estabilidad absoluta y relativa (robustez), de los lazos de control.

5. Diseñar sistemas de control con modelo interno.
6. Emplear un programa de diseño de sistemas de control asistido por computadora (CACSD).

Contenidos

Introducción

- Sistemas de control, control realimentado.

Proceso controlado

- Característica estática, característica dinámica.

Comportamiento dinámico

- Respuesta de los sistemas sobre amortiguados, integrantes, inestables y con respuesta inversa.

Sistemas de control realimentado

- Servo control, control regulatorio, funciones de sensibilidad.

Controladores con algoritmos de control PID

- Acción del controlador, algoritmos de control P, PI, PD, PID, estructuras PID: estándar, serie, paralelo, conversión de parámetros, modo derivativo ideal y realizable, controladores con algoritmos de control PI/PID de dos grados de libertad; algoritmos de control PID discretos.

Desempeño de los lazos de control

- Desempeño del servo control – respuesta al escalón, indicadores del desempeño de los sistemas sub amortiguados y críticamente amortiguados; error permanente (servo control y control regulatorio), especificaciones de diseño.

Estabilidad absoluta

- Polinomio característico, ubicación de los polos de lazo cerrado, criterio de Routh-Hurwitz, criterio de Liénard - Chipart, lugar geométrico de las raíces (LGR), criterio de Nyquist, efecto de la adición de un cero o un polo.

Robustez (estabilidad relativa)

- Índices de estabilidad: definición de los márgenes de ganancia y fase, sensibilidad máxima; medición en el diagrama de Bode, índices de robustez paramétrica. Índices de fragilidad del controlador. Relación entre el desempeño y la robustez.

Análisis de los sistemas con controladores con algoritmos de control PID

- Control P – plantas de primer y segundo orden, control PI – plantas de primer y segundo orden, control PD – plantas de primer y segundo orden, efecto de la cancelación de polos y ceros. Diseño de servo control utilizando el LGR con MATLAB ("sisotool").

Sintonización analítica

- Síntesis del servo control, plantas sin tiempo muerto, plantas con tiempo muerto; síntesis del control regulatorio; sintonización analítica robusta de controladores PI/PID de dos grados de libertad, plantas con y sin tiempo muerto.

Controlconmodelointerno(IMC)

- Control IMC, diseño; controladores PID-IMC, PI/PID – planta de primer y segundo orden con y sin tiempo muerto, método de "control simple" (SIMC).

Identificación del modelo

- Modelos de interés, modelos de orden reducido a partir de la curva de reacción (métodos de dos y tres puntos), información crítica (oscilación mantenida, realimentación con relé), modelos de orden reducido a partir de la información crítica, aproximaciones de tiempo muerto, Padé, reducción del orden del modelo. Modelos para procesos integrantes, inestables y con respuesta inversa.

Reglas de sintonización

- Método de Ziegler y Nichols, criterios de desempeño de error integral, reglas para PI/PID de uno y dos grados de libertad, servo control y el control regulatorio, sistemas óptimos y robustos.

Control de procesos integrantes e inestables

- Control PI/PID de procesos integrantes, inestables y con respuesta inversa.

Otros esquemas de control

- Áreas de aplicación del control, introducción a otras técnicas de control.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0432 : Laboratorio de Control Automático		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Mediante la utilización de procesos controlados simples, se aplican las técnicas de identificación de modelos, de sintonización de controladores PI y PID y de evaluación del desempeño de los sistemas de control realimentado, vistas con antelación en el curso IE-0431 Sistemas de control.

Objetivo general

Al finalizar el curso, el estudiante deberá estar en capacidad de aplicar las técnicas de identificación experimental de los modelos, los métodos de sintonización de controladores PID y poner en servicio un lazo de control realimentado simple.

Objetivos específicos

1. Obtener la curva característica estática de un proceso.
2. Identificar los parámetros de modelos de orden reducido, utilizando técnicas experimentales de lazo abierto y lazo cerrado.
3. Sintonizar controladores empleando reglas o métodos de sintonización robusta.
4. Evaluar el desempeño de los lazos de control ante cambios en el valor deseado y las perturbaciones de carga.

Contenidos

Las experiencias a realizar cubren aspectos de identificación de procesos mediante técnicas experimentales de lazo abierto y lazo cerrado, estudio del efecto de los modos proporcional, integral y derivativo de los algoritmos de control PID, los métodos de sintonización de controladores (servo control y control regulatorio), y la determinación de las características de los lazos de control ante un cambio en el valor deseado y en la perturbación.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0433 : Control e Instrumentación de Procesos Industriales		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este curso introduce a los y las estudiantes en los aspectos básicos de la instrumentación y control industrial. Inicialmente se presenta una metodología para la puesta en marcha de proyectos de automatización. Se presentan las técnicas empleadas en los instrumentos de medición de presión, nivel, caudal y temperatura, la instrumentación analítica, así como las características de los elementos finales de control. Se introduce la norma para la elaboración de los diagramas de flujo de instrumentos. Se revisan las técnicas para la sintonización de controladores utilizando el algoritmo proporcional, integral y derivativo (PID) y sus variantes. Se describen otros esquemas de control, como el control en cascada, el selectivo y el anticipativo, y se introduce el control de los procesos multivariables. Se realizan pruebas experimentales para el ajuste de los modelos de los procesos y los algoritmos de control, y de funcionamiento de los lazos de control realimentado.

Objetivo general

Al finalizar el curso, los y las estudiantes deberán conocer los aspectos básicos para la puesta en marcha y documentación de un proyecto de automatización industrial, tales como esquemas e instrumentos utilizados, los instrumentos de medición y actuadores necesarios, los controladores con algoritmos de control PID y su ajuste, y la simbología estándar utilizada para elaborar los diagramas de flujo de instrumentos.

Objetivos específicos

1. Seleccionar y diseñar los dispositivos necesarios para la puesta en marcha de proyectos de automatización.
2. Describir las características básicas de los instrumentos de medición y actuadores, empleados en el control de los procesos industriales.

3. Desarrollar diagramas de flujo de instrumentos ("P&ID") empleando la simbología estándar.
4. Analizar el funcionamiento de sistemas de control en cascada, anticipativo y de los procesos multivariables.
5. Realizar pruebas experimentales para ajustar modelos de orden reducido, para representar al proceso controlado.
6. Ajustar los controladores con un algoritmo de control PID.

Contenidos

Teoría

Introducción (3h)

- Perspectiva histórica de la automatización industrial
- Sistemas de control realimentado, control de procesos, instrumentación, actuadores,.
- Señales normalizadas y acondicionamiento de señales
- Control regulador y servo control. Proceso controlado
- Principales variables controladas en la industria
- Conceptos básicos relacionados con instrumentación

Metodología para la puesta en marcha de un proyecto de automatización (3h)

- Necesidades según área productiva
- Etapas de un proyecto de automatización
- Documentación de las etapas
- Modelo de trabajo en "V"
- Otros modelos

Instrumentos de medición, transmisión y actuación (12h)

- Medición de Temperatura
- Medición de Presión
- Medición de Nivel
- Medición de Flujo

- Instrumentación analítica
- Auxiliares
- Elementos finales de control: Válvulas, actuadores, posicionadores, variadores de velocidad, servomotores.

Instalación de los instrumentos y dispositivos (6h)

- El panel de control: características, normas y puesta en marcha
- Instalación de los instrumentos en el campo
- Interconexión de los instrumentos y cableado
- Clasificación de áreas peligrosas y métodos de instalación
- Documentación de los proyectos de instrumentación y control (9h)
- Documentos de un proyecto de instrumentación y control. Normas de simbología estándar (ISA), diagramas de flujo de instrumentos ("P&ID"), diagramas funcionales, diagramas de lazo.
- Deducción de señales de control a partir de diagramas P&ID.

Controladores (9h)

- Selección de controladores
- Métodos de sintonización en campo según el proceso a controlar
- Listado de verificación de un lazo PID

Laboratorio

Introducción al uso del equipo de laboratorio: Sistema Gunt (RT 578) y Feedback (33-042)

Modelado del proceso controlado

- Característica estática y dinámica del proceso,
- Ajuste de los modelos de orden reducido a partir de pruebas a lazo abierto y a lazo cerrado.

Controladores

- Algoritmo de control proporcional, integral y derivativo (PID), estructuras, de uno y dos grados de libertad
- Sintonización de controladores PID basado en modelos
- Otros esquemas de control: en cascada, selectivo, anticipativo, con compensación de tiempo muerto. Introducción al control multivariable (índices de interacción, desacopladores).

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
	IE0437 : Fotónica	

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

POR DEFINIR

Objetivo general

Aprender los fundamentos y las aplicaciones relevantes de la fotónica actual, considerada como el estudio de la radiación óptica en los procesos de emisión, transmisión, amplificación, modulación, procesamiento y detección de señales e información.

Objetivos específicos

1. Los modelos de la radiación óptica.
2. El electromagnetismo a frecuencias ópticas.
3. La óptica de fibra, sus componentes y avances tecnológicos.
4. La aplicación de la polarización y la interferencia para mediciones prácticas con láser.
5. Las características de un dispositivo láser para su uso en aplicaciones diversas.
6. Los fenómenos no lineales en fibras ópticas y sus implicaciones.

Contenidos

1. Modelos para la radiación óptica. Naturaleza de la radiación óptica. Modelos de ondas y de rayos. Ondas electromagnéticas. Espectro electromagnético. Emisión estimulada: introducción al láser. Fotones y partículas materiales.
2. Ondas electromagnéticas ópticas. Ecuaciones de Maxwell. Ondas transversales. Reflexión y transmisión: ecuaciones de Fresnel. Reflexión interna total: ondas evanescentes. Flujo de energía. Momento del fotón y presión de la radiación. Radiación de cuerpo negro.
3. Guías de onda óptica. Ondas guiadas en película dieléctrica. Campos evanescentes. Guías de onda rectangular y cilíndrica. Abertura numérica. Materiales para fibras ópticas. Componentes de fibra óptica. Guías de arreglo hueco. Cristales fotónicos.

4. Polarización. Polarización de ondas transversales. Análisis de ondas polarizadas elípticamente. Polarizadores. Pantallas de cristal líquido Birefringencia en medios anisotrópicos. Polarizadores birrefringentes. Birrefringencia inducida.
5. Interferometría. Interferencia. Experimento de Young. Interferencia en placa plana paralela. Interferencia de múltiples haces. Intererómetros: Michelson, Fabry, Perot, Rayeigh, Twyman Green, Mach-Zehnder, Sagnac. Franjas en cuña y bloques patrón. Patrón de longitud.
6. Principios del láser. Emisión estimulada. Coeficientes de Einstein. Ganancia. Inversión de población. Umbral de ganancia. Resonadores ópticos. Divergencia e irradiancia de haz. Clasificación de sistemas láser.
7. Características de un haz láser. Ancho de línea. Coherencia espacial. Coherencia temporal y longitud de coherencia. Duración de pulso de láser: Q switching, mode-locking. Radiancia. Enfoque de haz. Aplicaciones del momentum del fotón.
8. Optica no lineal. Polarización en medio no lineal. Generación de segundo armónico. Mezclado de frecuencias. Efecto electro óptico, Faraday, acústico óptico. Conjugación de fase óptica. No linealidad en fibra óptica: SRS, SBS, auto modulación de fase, amplificación Raman.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0439 : Optoelectrónica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Curso electivo para estudiantes de Bachillerato/Licenciatura en Ingeniería Eléctrica

Objetivo general

Aprender los fundamentos de dispositivos y sistemas basados en elementos optoelectrónicos.

Objetivos específicos

1. Explicar la naturaleza de la luz, la dualidad onda partícula, magnitudes y unidades de medición óptica y tipos de fuentes de radiación óptica.
2. Aprender los elementos de física de estado sólido para dispositivos optoelectrónicos.
3. Analizar el fenómeno de emisión de luz en semiconductores y elementos (UVED, IRED, LED).
4. Definir los fundamentos del diodo láser y sus aplicaciones.
5. Analizar los principios y técnicas de fotodetección.

Contenidos

Repaso de la naturaleza de la luz

Naturaleza de la luz, dualidad onda partícula, radiación de cuerpo negro, unidades de medición de la luz (radiometría y fotometría), conceptos de sistema internacional de unidades: ISO 80000-7:2008, tipos de fuentes de luz.

Elementos de Fisíca de estado sólido

Conceptos de mecánica cuántica, bandas de energía en sólidos, conductividad, semiconductores, concentración de portadores, función de trabajo, exceso de portadores en semiconducores, uniones, pozo cuántico.

Dispositivos emisores de luz

Luminiscencia (fotoluminiscencia, cátodoluminiscencia, electroluminiscencia), luminiscencia por inyección y el Diodo Emisor de Luz (procesos de emisión radiativa, materiales de LED comerciales, construcción de LED, IRED, UVED, OLED, tiempos de respuesta), características, circuitos de manejo, intensidad luminosa, despliegue (plasma, brillantez, despliegues de cristal líquido, despliegues numéricos).

Láser

Interacción de fotones y átomos (interacción de luz de modo simple con un átomo, emisión espontánea, emisión estimulada y absorción, relaciones de Einstein, ensanchamiento de línea), amplificador láser (ganancia del amplificador, inversión de población), realimentación óptica y oscilador de cavidad óptica, punto de umbral para "lasing", ancho de línea espectral, bombeo e inversión de población en el umbral, características de salida Láser (potencia, distribución espectral, distribución espacial y polarización, tipos de láser), láser semiconductor (densidad de corriente de umbral, potencia de salida, láser de heterounión, construcción y características, circuitos de modulación de intensidad, LD pozo cuántico, VCSEL, láser de longitud de onda corta, LED superbrillante.

Fotodetectores

Parámetros de desempeño de detectores, detectores térmicos, dispositivos de fotones (dispositivos fotoemisivos, efecto fotoeléctrico, PMT, detectores fotoconductivos), detectores de unión semiconductora (detector de unión PN, detector PIN, materiales, tiempo de respuesta, ruido, fotodiodos Schoktty, fotodiodo de avalancha, fototransitores, optoacopladores, detectores en infrarojo cercano y mediano, arreglo de detectores, celda solar), circuitos receptores ópticos (detectores de propósito general, diseño de operación de circuitos y consideraciones prácticas).

Prácticas de laboratorio:

- Práctica de laboratorio 1: pruebas con fuentes de luz y espectrómetro.
- Práctica de laboratorio 2: observación de semiconductores.
- Práctica de laboratorio 3: modulación IM en LED y Láser.
- Práctica de laboratorio 4: modulación electro óptica.
- Práctica de laboratorio 5: mediciones con LED.
- Práctica de laboratorio 6: mediciones con IRED.
- Práctica de laboratorio 7: mediciones con diodo Láser 1.
- Práctica de laboratorio 8: mediciones con diodo Láser 2.
- Práctica de laboratorio 9: sistema con fotodetector.
- Práctica de laboratorio 10: sistema con fotodetectores especiales.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0445 : Metrología en Ingeniería Eléctrica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Lord Kelvin, renombrado científico se refería así a la metrología:

"Cuando se puede medir lo que se está hablando y expresarlo con números, se conoce algo de esto, pero cuando no se puede medir, cuando no se puede expresar con números, el conocimiento es escaso e insatisfactorio".

Las mediciones han sido realizadas por los seres humanos desde que han existido las civilizaciones. Desde las primitivas poblaciones que vivían en cuevas hasta el hombre moderno, la necesidad que siempre ha prevalecido es medir y conocer. Por supuesto, todas estas medidas eran aproximadas.

Con el desarrollo de la civilización, creció la necesidad de una medicion más aceptable. Esto condujo a la evolución de los patrones de medición. Por ejemplo, el patrón de longitud evolucionó desde el pie del "Rey" y el codo egipcio, al metro metálico y finalmente a las fuentes de luz cuasi monocromáticas, altamente estabilizadas. Curiosamente, a pesar de que ahora podemos medir con mucha mayor exactitud y precisión, las medidas son aún "aproximadas" y tendrán siempre un elemento de "incertidumbre".

Actualmente, se requieren mediciones confiables sobre una amplia variedad de actividades. Conforme la industria sufre nuevos desarrollos, con nuevos materiales, técnicas y la miniaturización de los productos, las mediciones se vuelven más críticas.

La creciente tendencia a subcontratar el ensamblado o subsistemas en un proceso de fabricación o actividad, significa que cada ubicación debe contar el mismo sistema de medición; de lo contrario las distintas partes no se ajustan. Se han desarrollado rápidamente nuevas áreas en metrología como nanotecnología, técnicas ópticas, ciencias de materiales y metrología en química, salud, seguridad alimentaria y pruebas para verificación. Los requisitos de cumplimiento de la ley, fraude, análisis forense y ciencias ambientales de hoy, también necesitan mediciones precisas y trazables para poder operar correctamente.

La globalización del comercio cada vez más necesita mediciones trazables, comparables y mutuamente aceptables a través del mundo, no sólo en el comercio de productos manufacturados y materias primas, sino en todos los aspectos del comercio internacional.

La sociedad exige ahora que se pueda tener confianza en los resultados de las mediciones. Las decisiones basadas en los datos que provienen de las mediciones, cada vez más tienen una influencia directa en la economía, la seguridad humana y el bienestar.

La única forma para asegurar las mediciones en todos los ámbitos de la ciencia y tecnología, es contar con un sistema bien definido de unidades y procedimientos de medición verificados.

El SI (Sistema Internacional de Unidades "Systeme International d'Unites") es un sistema acordado globalmente de unidades basadas en el sistema métrico. Existen siete unidades base para las mediciones de las que se derivan las otras unidades de medición: el metro (longitud), el segundo (tiempo), la mol (cantidad de sustancia), la candela (intensidad de la luz), el ampere (corriente eléctrica), el kelvin (temperatura termodinámica) y el kilogramo (masa).

La ciencia de la medición es de vital importancia para el comercio y es la base de la ciencia moderna y la tecnología - Sección de acreditación a la Organización Mundial del Comercio (OMC) y obstáculos técnicos al comercio (OTC).

Son requeridas mediciones confiables y trazables en cada país, para asegurar que sigue siendo un jugador en el mercado mundial, si está vendiendo o comprando bienes y servicios. Es responsabilidad de todos los países del mundo asegurarse de que tienen un sistema práctico, para proporcionar a sus mercados los niveles adecuados de metrología trazable para sostener sus actividades comerciales.

Esto no quiere decir que necesitan para poder realizar las unidades base del SI. Lo que necesitan es la capacidad de proporcionar una solución trazable práctica, que generalmente opera a un nivel superior el que opera la industria.

Varios países han caído en la trampa de planear un laboratorio nacional al más alto nivel, para luego encontrar que son incapaces de prever las necesidades de su propia industria y la academia. La forma correcta de establecer el nivel adecuado para un laboratorio nacional, es con una encuesta de la industria y atender a los requisitos generales.

Siempre habrá un cliente que necesita una calibración trazable por encima del promedio, y deben tratarse como especiales y remitirlo a otro laboratorio que puede proporcionar el servicio, incluso si es en otro país.

La forma correcta de establecer el nivel adecuado para el laboratorio nacional es a la encuesta de la industria y para atender a los requisitos generales. Siempre habrá un cliente que necesita una calibración trazable por encima del promedio, pero estos deben tratarse como especial y envió a otro laboratorio que puede proporcionar el servicio, incluso si es en otro país.

Para satisfacer las demandas de su país, el laboratorio nacional también tiene que evaluar la rentabilidad de mantener el nivel requerido en cada disciplina de metrología. En Europa, varios países han reconocido que, incluso en su entorno, no todos los laboratorios nacionales pueden ser todo para todo el mundo y han acordado tener diferentes áreas de especialidad manteniendo los requisitos generales para su industria.

En algunos países en vías de desarrollo, el laboratorio nacional no es más que una oficina postal, que coordina el flujo de trabajo con laboratorios adecuados acreditados en otros países o economías. El laboratorio nacional debe asegurar que el trabajo que está realizando, es lo requerido por sus clientes y reconocido por los distintos órganos reguladores de su país.

El mayor desafío que enfrentan los laboratorios de metrología, es la disponibilidad de personal cualificado. A menudo se dice que el jefe de un laboratorio nacional debe tener al menos un doctorado, pero esto no es correcto. El nivel de personal debe ser tal que pueden proporcionar resultados de mediciones consistentemente buenos y ser competentes para conocer lo que se requiere para lograr este objetivo.

Así que, si el país tiene sólo una "oficina postal", no necesita mucho más que una persona con una buena comprensión de cómo funcionan las instalaciones acreditadas y la trazabilidad internacional. Por otro lado, si la organización es de nivel de Instituto Nacional de Investigación, necesitará tener a gente con calificaciones adecuadas para gestionar las matemáticas complicadas y los requisitos

del sistema.

Del mismo modo, si la carga de trabajo en el laboratorio nacional es tal que no requiere personal especializado para cada disciplina, es muy fácil de combinar varias de las disciplinas bajo uno o dos campos. Muchos laboratorios de alto nivel agrupan los campos electromagnéticos y mecánicos simplemente como dos secciones con personal capacitado, con entrenamiento cruzado apropiado en cada grupo.

Tres factores de gran importancia en laboratorios de metrologia son el control del medio ambiente, el espacio de trabajo y almacenamiento y el suministro de energía eléctrica. Debe darse un buen cuidado a estos factores, porque incluso el mejor equipo del mundo no funcionará correctamente en las incertidumbres requeridas si éstos no se mantienen correctamente.

El control ambiental no es difícil si está correctamente planificado e instalado, pero es una pesadilla de reparar si se trata de arreglar después de completar la instalación principal. La mayoría de los laboratorios requieren un control de temperatura de +23 C con tolerancia de más/menos 2 grados C para trabajos de alto nivel y más/menos 5 grados C para el trabajo de propósito general. Tradicionalmente, los laboratorios de metrología dimensional han trabajado a +20 C y a veces requieren una especificación más estricta de más/menos 1 grado C. Sin embargo, es mejor tener una buena temperatura estable que el punto ideal. Lo que es de igual importancia es el perfil de temperatura de todo el laboratorio. El uso correcto de los difusores extenderá el aire acondicionado uniformemente alrededor del laboratorio para que no no hay corrientes directas de aire sobre cualquier espacio de trabajo específico.

El control de humedad es de menor importancia, pero tiene que mantenerse en torno al 45 % más/menos 10 % humedad relativa (RH).

Normalmente, el control ambiental requiere de dos etapas con un sistema entrelazado para mantener estas condiciones bien. La primera etapa es que el edificio general aire acondicionado proporciona un ambiente de trabajo cómodo, y la segunda es que el laboratorio es controlado dentro de esa zona. Esto significa que el acondicionador de laboratorio sólo tiene que lidiar con las pequeñas variaciones del sistema ambiental del edificio y no las fluctuaciones completa de las condiciones climáticas externas. En este caso, generalmente no es necesario tener una cámara de aire entre la construcción general y el laboratorio. El laboratorio debe tener también una pequeña cantidad de presión positiva (a través de un sistema de filtro de polvo), para mantener el aire exterior y el polvo fuera del laboratorio.

Contar con el espacio de trabajo correcto facilita mucho el trabajo. Debe prestarse atención a tener superficies de trabajo estable, sin problemas de interferencias y superficie amplia, a un nivel conveniente por encima del suelo (esto varía dependiendo del país y la altura media del personal). Los metrólogos necesitan con frecuencia estar de pie y sentarse, así es requerido el mobiliario adecuado.

Es muy útil transportar el trabajo externo hacia el laboratorio, en un carrito que esté a la misma altura que la superficie de trabajo, para dejar el equipo en el carrito, mientras se está calibrando. Esto obviamente no es posible en todos los casos pero, puede ahorrar mucho tiempo y esfuerzo físico. El área de almacenamiento antes de la calibración, debe estar a la misma temperatura que el laboratorio para estabilización.

La calidad del suministro eléctrico y la iluminación se subestiman frecuentemente, al establecer un laboratorio para metrología. La iluminación en el laboratorio debe ser más de 500 lux sobre las superficies de trabajo y cerca de 300 lux en las áreas de almacenamiento. Algunos laboratorios deben contar con una combinación de lámparas incandescentes y fluorescentes para que, si se realiza una medición eléctrica sensitiva al ruido, se pueden desconctar las lámparas fluorescentes, que generan una gran cantidad de ruido eléctrico.

El suministro de potencia eléctrica debe controlarse para garantizar que todos los puntos de enchufe por estación de trabajo, se alimentan de la misma fase de la red eléctrica. Varias fases pueden causar lazos a tierra, que se traducirá en lecturas erráticas y son difíciles de encontrar.

La tensión eléctrica de corriente alterna debe estar en el nivel de suministro normal 230 V más/menos 10 % y tener suficiente energía disponible para suministrar a todos los equipos sin causar cualquier caídas de tensión eléctrica.

También se debe tener cuidado de conectar equipos como acondicionadores de aire y otros equipos pesados en un circuito diferente de los equipos de laboratorio.

También es esencial verificar y confirmar la conexión de puesta a tierra de la fuente de laboratorio, y si no es suficiente, entonces instalar un sistema adicional de puesta a tierra. Esto es requerido en laboratorios de nivel primario de magnitudes eléctricas y de temperatura.

Así, es necesario establecer las necesidades reales de la industria en cada disciplina de la metrología, y luego las personas, equipos e instalaciones elegidos, pueden atender adecuadamente a la industria. A medida que la industria crece en competencia, el laboratorio nacional tendrá que actualizar sus instalaciones para atender a las nuevas exigencias, pero esto no suele ser un requisito de corto plazo.

La cuestión más importante es que el laboratorio nacional sea capaz de producir calibraciones trazables, con competencia y eficiencia en el nivel requerido por el mercado.

El establecimiento de un laboratorio nacional con el más alto nivel de exactitud y luego ser incapaz de calibrar los productos básicos, significa que la industria pierda la fe en el laboratorio nacional y buscar la calibración trazable de otra fuente.

Aproximadamente la mitad de todos los productos fabricados en el mundo se contabiliza por elementos individuales tales como aviones, automóviles y computadores, junto con sus partes componentes. La otra mitad en su mayoría se compone de bienes manufacturados en grandes cantidades. De esta, la mitad es en la industria del automóvil, otros importantes sectores aeroespacial y de instrumentación. En la mayoría de estos productos su desempeño y calidad percibida, y por lo tanto, su éxito comercial, está determinado por cómo se fabrican.

La tecnología eléctrica es cada vez más utilizada en los productos manufacturados. Por lo tanto, a menudo se evalúa el desempeño de estos productos mediante la medición de hasta qué punto las magnitudes eléctricas se desvían de las especificaciones.

El campo de la metrología eléctrica también es importante en la evaluación del desempeño de la red de transmisión y distribución de energía eléctrica de cada país. Varias magnitudes eléctricas necesitan medirse con trazabilidad para la generación y distribución de energía eléctrica segura, económica y cumpliendo con los requisitos de calidad.

Los sistemas de telecomunicaciones internacionales trabajan confiable y eficientemente, pero para altas razones de transmisión de datos, las escalas de tiempo en todo el mundo deben coordinarse estrechamente y no deben fluctuar de microsegundo a microsegundo, minuto a minuto o día a día.

Además, deben hacerse mediciones trazables de radiofrecuencia para asegurar la seguridad y la calidad de la red de comunicación.

Esto es lo que se denomina metrología eléctrica. Todas las mediciones deben ser confiables y trazables a un Instituto Nacional de Metrología (NMI) en cada país.

Esta trazabilidad está garantizada por la calibración periódica de los patrones de la industria en la red nacional de calibración de cada país. Además, los patrones de la red de calibración son enviados al NMI para calibrarse periódicamente. Con el fin de proporcionar confianza entre las cadenas de trazabilidad de cada país, se llevan a cabo comparaciones internacionales periodicamente en magnitudes eléctricas, entre los NMI de la organización de metrología regional respectiva, entre

ellas el SIM Sistema Interamericano de Metrología.

El Sistema Interamericano de Metrología es el resultado de un amplio acuerdo entre organizaciones nacionales de metrología de todas las Naciones de 34 miembros de la organización de Estados Americanos (OEA). Creado para promover la cooperación internacional, especialmente interamericana y regional en metrología, SIM está comprometido con la implementación de un sistema de medición global en las américas, en la que todos los usuarios pueden tener confianza.

Los objetivos del SIM son: (a) cooperar en el desarrollo de los institutos nacionales de metrología en cada país de la región; (b) contribuir al desarrollo de la infraestructura de medición necesaria para promover la equidad en el comercio; (c) fomentar la competitividad y calidad de la industria manufacturera con el fin de promover empleos y el comercio; (d) identificar los sectores e instituciones que pueden llevar a cabo actividades multinacionales específicas en apoyo de metrología; (e) contribuir al desarrollo de la infraestructura metrológica necesaria para proteger el medio ambiente y promover el bienestar general de la población, incluyendo su salud y seguridad.

El grupo de trabajo en electricidad y magnetismo EM del SIM se interesa en (a) promover una colaboración más estrecha entre los laboratorios del SIM en proyectos relacionados con la metrología eléctrica y medición de servicios, (b) optimizando el uso de EM recursos y servicios de los laboratorios del SIM y fomentar el desarrollo de estos servicios de EM para que puedan satisfacer las demandas regionales, (c) documentar la trazabilidad de los sistemas de medición de EM en laboratorios de SIM y fomentar la aceptación regional de esta trazabilidad, conforme a las definiciones internacionales y tendencias, (d) evaluar el estado actual de las comparaciones internacionales en curso sobre magnitudes eléctricas entre los laboratorios del SIM y estudiar las necesidades futuras de la comparación de EM en laboratorios del SIM, (e) supervisar las comparaciones EM tomando las medidas necesarias para agilizarlos en caso de retrasos, (f) armonización de procedimientos propuestos por SIM para realizar comparaciones de EM de laboratorios y (g) evaluación de capacitación y necesidades de desarrollo de laboratorios.

Se estudian las normas, leyes y reglamentos aplicables a calibración, ensayos y verificaciones, aplicadas al control de calidad, específicamente cubriendo magnitudes que interesan al campo de la Ingeniería Eléctrica, vigentes y en desarrollo.

El estudio de la historia general muestra que el progreso de las naciones ha estado siempre relacionado al progreso de sus mediciones. La metrología es la ciencia de las mediciones y las mediciones son una parte integral de la vida diaria, un hecho que comúnmente se deja de lado.

La metrología mezcla tradición y cambio; los sistemas de medición reflejan las tradiciones de las personas, pero al mismo tiempo siempre se buscan nuevos patrones y formas de medición como parte del progreso y evolución.

Gracias a los instrumentos y aparatos de medición, se pueden realizar pruebas y ensayos para establecer si un producto o servicio conforma con normas de calidad existentes y esto a su vez, brinda la seguridad de la calidad de productos y servicios ofrecidos a los consumidores.

La metrología científica se dedica a la investigación para producir patrones, con una base científica, y promover su aceptación y equivalencia internacional. La metrología legal y la metrología industrial se relacionan con el uso nacional de las normas en comercio y la industria.

Un requerimiento primario para este orden es la adopción y reconocimiento de un sistema internacional de unidades de medición (SI).

En este curso se actualiza al participante en todo lo referente al SI.

Debido a la reconocida importancia de la metrología y a ser mejor entendimiento por grupos de especialistas, los contenidos permiten estudiar el desarrollo de la metrología, las normas, el manejo de herramientas de estimación de incertidumbres, el vocabulario de la metrología y los patrones

para magnitudes eléctricas, tiempo/frecuencia y temperatura.

El objetivo principal del SIM en metrología eléctrica es la formación y capacitación de los representantes del país en el campo de la metrología eléctrica.

La concentración es magnitudes eléctricas en DC/baja frecuencia: tensión eléctrica DC, transferencia tensión y corriente eléctrica AC-DC, resistencia eléctrica en DC, potencia y energía eléctrica.

Otras magnitudes importantes son tiempo/frecuencia y temperatura.

Objetivo general

Aprender los conceptos fundamentales de metrología aplicables en la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Objetivos específicos

1. Explicar los conceptos teóricos y prácticos de la metrología y los sistemas de calidad.
2. Utilizar correctamente el Sistema Internacional de Unidades vigente.
3. Describir los patrones y materiales de referencia de magnitudes eléctricas, tiempo/frecuencia y temperatura.
4. Realizar la estimación de incertidumbres en mediciones prácticas.

Contenidos

1. **Conceptos de calidad:** evolución de las normas ISO 9000, ISO 9001:2008 (identificación de parámetros de medición, capacidad de medición, calibración de la medición y equipo de prueba, intervalo de recalibración, sellado del ajuste, almacenamiento y manejo de equipo de medición, documentación, estatus del equipo), auditorías y requerimientos de la industria.

2. **Conceptos de metrología:** vocabulario internacional de metrología, Sistema Internacional de Unidades (normas ISO 80000), leyes y reglamentos sobre SI en Costa Rica, procedimientos de calibración, trazabilidad, jerarquías de los patrones de calibración, materiales de referencia, parámetros de medición, equipo común de medición, especificaciones de equipo de medición, patrones de calibración por sustitución, intercomparaciones.

3. **Estimación de incertidumbres en las mediciones:** recomendación de la norma ISO (Guía para la estimación de incertidumbre), tipos de evaluación (A y B), identificación de incertidumbres, evaluación y clasificación, de incertidumbre (Tipo A y tipo B), distribuciones asociadas, presupuesto de incertidumbre, incertidumbre combinada, determinación de los grados efectivos de libertad, incertidumbre expandida, reporte de incertidumbres, factores a considerar en estimación de incertidumbres, consideración de coeficientes de sensitividad y coeficientes de correlación. Casos de cálculo.

4. **Metrología básica en magnitudes eléctricas DC y baja frecuencia:** unidades SI de medición: definición, realización, representación, reproducción, diseminación y extensión de unidades. Equipo de medición: patrones secundarios, detectores de nulo, calibradores y sondas

de prueba. Principios de operación: mediciones eléctricas, mediciones electrónicas. Imperfecciones de equipo y configuraciones de prueba. Tipos de mediciones: directas, diferenciales, por transferencia, por razón, indirectas. Mediciones para calibración con ejemplos. Incertidumbre en la medición.

5. **Patrones y trazabilidad de magnitudes eléctricas:** Sistema nacional de medición. Calibración trazable. Patrones de magnitudes eléctricas y la cadena de trazabilidad. Tensión eléctrica directa y corriente eléctrica directa: definiciones de ampere y volt. Representación de tensión eléctrica DC. Patrón de efecto Josephson intrínseco. Arreglo Josephson. Patrones VDC de estado sólido. Celdas saturadas. Valores de tensión eléctrica extendidos: técnicas de razón, patrones de trabajo, corriente eléctrica directa. Consideraciones de conexión. Resistencia eléctrica DC: definición, representación, patrón efecto Hall, patrones de artefactos. Mantenimiento de patrones de resistencia eléctrica. Extensión de valores de resistencia eléctrica. Patrones de trabajo. Consideraciones de conexión. Razón DC. Principios de metrología AC-DC. Patrones de transferencia AC-DC. Inductancia y capacitancia.

6. **Metrología práctica en magnitudes eléctricas:** calibradores multifunción: requerimientos, configuraciones, circuitos del calibrador, aplicaciones, características, calibración, diseños. Calibración de artefactos: proceso de calibración. Calibración de multimedidores digitales: tipos DMM, anatomía DMM, calibración y técnicas simplificadas. Mediciones de potencia eléctrica: potencia en circuitos AC, mediciones de potencia eléctrica monofase y trifase. Alta frecuencia.

7. **Instrumentación para eliminación o reducción de señales de interferencia:** interferencia capacitiva (acoplada eléctricamente), interferencia inductiva y blindaje, interferencia electromagnética y blindaje, interferencia acoplada conductivamente, interferencia de lazo a tierra (modo común), puesta a tierra física (ideal contra real), guarda de entrada para reducción de interferencia de lazo a tierra, amplificadores electrónicos de instrumentación, ruido interno.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0447 : Procesamiento Digital de Señales I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El procesamiento digital de señales es un área de la Ingeniería Eléctrica que se ocupa de traspasar las señales eléctricas percibidas en nuestro alrededor (de naturaleza analógica), al dominio de entendimiento de los microprocesadores (presentes en computadoras, juguetes electrónicos, aparatos de ingeniería biomédica, etcétera), que es el dominio de las señales digitales. Esta transferencia permite el procesamiento en sí, que puede implicar un filtrado, un acondicionamiento de la señal, un encriptado, un análisis, una síntesis u otros procesos diversos. Este curso busca introducir al estudiante al mundo del procesamiento digital de señales, proveyéndole de las herramientas necesarias al efecto.

Objetivo general

1. Conocer los conceptos fundamentales involucrados en el procesamiento digital de señales
2. Saber manipular tales conceptos dentro del ambiente proporcionado por lenguajes o programas afines diseñados para DSP
3. Comprender la posición que ocupa el procesamiento digital dentro de un esquema general de aplicación en Ingeniería Eléctrica

Objetivos específicos

1. Sin hacer uso de sus notas de clase, escribir el teorema del muestreo uniforme y explicar en menos de dos minutos su empleo correcto dentro de un esquema general de aplicación.
2. Usando palabras comunes, explicar conceptos fundamentales de DSP como respuesta en frecuencia, función del sistema, filtro digital, transformada rápida de Fourier y análisis espectral, en ejemplos ilustrativos de su uso en a lo menos dos aplicaciones diferentes.
3. Omitiendo el empleo de referencias bibliográficas, analizar redes de tiempo discreto, tanto configuraciones tipo cascada como en paralelo, así como otras redes de aplicaciones especiales.
4. Diseñar tanto filtros de respuesta infinita al impulso como de respuesta finita empleando para ello la información pertinente.

Contenidos

Sistemas de tiempo discreto

- Propiedades básicas de un sistema
- Caracterización de los sistemas de tiempo discreto
- Redes de sistemas de tiempo discreto
- Suma convolución
- Estabilidad
- Representación en espacio de estados

La aplicación de la transformada Z

- Función de transferencia de tiempo discreto
- Análisis en el dominio del tiempo
- Análisis en el dominio de la frecuencia
- Funciones de transferencia para filtros digitales
- Distorsión de amplitud y retardo

El proceso de muestreo

- Algunas nociones útiles de la transformada de Fourier
- Series de Fourier y transformada de Fourier
- Fórmula de sumatoria de Poisson
- Señales moduladas por impulsos
- El teorema del muestreo
- Traslape
- Procesamiento de señales continuas usando filtros digitales
- Convertidores A/D y D/A en la práctica

La transformada discreta de Fourier (DFT)

- Definición y propiedades
- Relaciones entre la DFT y la transformada Z, transformada continua de Fourier y las series de Fourier
- Técnica de las funciones ventana
- Convoluciones periódicas
- Opcional: Algoritmos de la transformada rápida de Fourier (FFT)
- Opcional: Aplicación de la FFT al procesamiento de señales

Construcción de filtros digitales

- Construcción
- Implementación

Diseño de filtros digitales FIR

- Propiedades de filtros de retardo constante
- Diseño usando las series de Fourier

- Uso de funciones ventana
- Opcional: Diseño con base en fórmulas de análisis numérico

Aproximaciones para filtros analógicos

- Conceptos básicos
- Aproximación Butterworth
- Aproximación Chebyshev
- Aproximación Chebyshev inversa
- Aproximación elíptica
- Aproximación Bessel-Thompson
- Transformaciones

Diseño de filtros digitales IIR

- Constreñimientos de construcción
- Método de la respuesta al impulso invariante
- Opcional: Método de la respuesta al impulso invariante modificada
- Opcional: Método de la transformada Z acoplada
- Método de la transformación bilineal
- Transformaciones de filtros digitales
- Comparación entre los diseños IIR y FIR

Filtros IIR que satisfacen especificaciones dadas

- Procedimiento de diseño
- Fórmulas de diseño
- Diseño usando tablas y fórmulas: repaso del empleo de tablas para el diseño de filtros analógicos
- Retardo constante de grupo
- Ecualización de amplitud

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0449 : Visión por Computador		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Las cámaras digitales de video representan uno de los sensores más baratos y más comúnmente usados en nuestro medio. Se encuentran en teléfonos celulares, así como en las más sofisticadas líneas de producción industrial o robots de exploración planetaria. En este curso se estudirán las herramientas matemáticas básicas de visión por computador, para la extracción automática de la forma, el color, la posición, la orientación y el movimiento, de los objetos presentes en un escena, a partir del análisis de una o más señales digitales de video, capturadas por una o más cámaras alrededor de los objetos. También se estudian técnicas de calibración de cámaras y las herramientas matemáticas básicas de procesamiento digital de imágenes, para la extracción automática de puntos característicos, bordes y regiones de objetos de interés en imágenes digitales, así como de flujo óptico entre imágenes digitales consecutivas. Se le dará especial énfasis a sus aplicaciones en el área de la navegación autónoma de robots terrestres de exploración.

Objetivo general

Estudiar las herramientas matemáticas más frecuentemente utilizadas para el análisis de señales digitales de video para robótica autónoma de exploración.

Objetivos específicos

1. Instalar y usar Ubuntu 14.04.5 Trusty Tahr.
2. Instalar y usar ROS Indigo Igloo.
3. Instalar y usar el simulador de entornos 3D denominado GAZEBO.
4. Instalar y usar el visualizador 3D para mostrar datos de sensores denominado RVIZ.
5. Crear programas en el lenguaje de programación C para controlar el robot Turtlebot 2 y acceder los datos de sus sensores.
6. Crear programas en el lenguaje de programación C para extraer la imagen de intensidad de una imagen de color.
7. Crear programas en el lenguaje de programación C para dibujar figuras geométricas básicas sobre imágenes de intensidad.

8. Crear programas en el lenguaje de programación C para encontrar regiones de interés sobre imágenes de intensidad usando técnicas de umbralización por máxima verosimilitud.
9. Crear programas en el lenguaje de programación C para agrandar imágenes de intensidad por interpolación.
10. Crear programas en el lenguaje de programación C para calcular los gradientes de intensidad en imágenes de intensidad.
11. Crear programas en el lenguaje de programación C para encontrar los bordes en imágenes de intensidad por umbralización de magnitud de gradientes.
12. Crear programas en el lenguaje de programación C para calibrar cámaras digitales de video.
13. Crear programas en el lenguaje de programación C para determinar campos de profundidad por estereoscopía.
14. Crear programas en el lenguaje de programación C para estimar el flujo óptico entre imágenes consecutivas.
15. Crear programas en el lenguaje de programación C para encontrar objetos en movimiento por umbralización de magnitud de flujo óptico o por umbralización de diferencias absolutas de intensidad entre imágenes consecutivas.
16. Crear programas en el lenguaje de programación C para determinar la forma de un objeto mediante el método de corte de siluetas.
17. Crear programas en el lenguaje de programación C para determinar el movimiento de un objeto por máxima verosimilitud de diferencias de intensidad entre imágenes consecutivas.
18. Crear programas en el lenguaje de programación C para determinar la posición y orientación de una objeto por odometría visual.

Contenidos

1. Introducción (1 semana)

- Definición de visión por computador
- Instalación de Ubuntu 14.04.5 Trusty Tahr

2. Descripción de una escena real (2 semanas)

- Componentes de una escena real
- Modelo de iluminación
- Modelo de forma
- Modelo de color
- Modelo de posición
- Modelo de orientación
- Modelo de movimiento
- Modelo de cámara Euclidiano

3. Sistema Operativo Robótico (ROS) (1 semana)

- Definición
- Instalación de ROS Indigo Igloo en Ubuntu 14.04.5
- Robot para interiores de bajo costo (Turtlebot 2)
- Cámara de color con sensor de profundidad infrarrojo (Kinect)

- Odometría de ruedas
- Unidad de Medida Inercial (IMU)
- Simulador de entornos 3D (GAZEBO)
- Visualizador 3D para mostrar datos de sensores (RVIZ)

4. Lenguaje de programación C (2 semanas)

- Variables y estructuras
- Manejo de memoria
- Entrada y salida de datos desde terminal y archivos de texto
- Condicionales
- Lazos
- Funciones
- Primer programa de referencia de acceso a odometría de ruedas e IMU del Turtlebot 2 (nodo ROS)

5. Conceptos básicos de procesamiento digital de imágenes (2 semanas)

- Formación de una señal analógico de video
- Formación de una señal digital de video
- Modelo de color RGB
- Modelo de color YUV
- Acceso lineal de una imagen de color
- Cálculo de la componente de intensidad de una imagen de color
- Dibujo de figuras geométricas sobre imágenes de intensidad
- Campos de profundidad
- Segundo programa de referencia de acceso a imagen RGB y a campo de profundidad del Kinect (nodo ROS)

6. Segmentación de imágenes de intensidad por umbralización (2 semanas)

- Búsqueda heurística del umbral
- Histograma de una imagen de intensidad
- Función de densidad de probabilidad de los valores de intensidad
- Estimación automática del umbral por máxima verosimilitud
- Filtrado de partículas

7. Interpolación, gradientes y detección de bordes (2 semanas)

- Interpolación de valores de intensidad (Vecino más próximo y binomial)
- Gradientes de intensidad y sus aproximaciones (Sobel)
- Detección de bordes por umbralización de magnitud de gradientes

8. Algoritmo de estimación por mínimos cuadrados (1 semana)
9. Calibración de cámaras (1 semana)

- Detección de puntos característicos (Beyer, Harris y Shi-Tomasi)
- Algoritmo de calibración de Tsai

- Estimación de profundidad por estereoscopía
- Estimación de forma por corte de siluetas

10. Estimación de flujo óptico, detección de movimiento y detección de cambios (1 semana)

- Estimación de flujo óptico por búsqueda de correspondencias entre bloques
- Estimación de flujo óptico basado en la ecuación de Horn
- Detección de movimiento por umbralización de flujo óptico
- Detección de cambios por umbralización de diferencias absolutas de intensidad

11. Estimación de movimiento propio y odometría visual (1 semana)

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0457 : Conservación de la Energía Eléctrica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

La condición del sector eléctrico nacional y regional, así como la necesidad de contribuir al desarrollo armonioso de un país más competitivo en un marco que se rige por sistemas globales y con economías de mercado, nos lleva a tomar una actitud de reconocimiento de las ventajas que nos ofrece: el ahorro energético, el manejo de la potencia y la incorporación de fuentes nuevas y renovables.

La intención es que con nuestros aportes se pueda contribuir a mejorar el bienestar social, apoyar el comercio y propiciar un desarrollo de la productividad nacional, todo ello con un fuerte componente de eficiencia energética y el uso adecuado de las fuentes energéticas para afrontar así la gran competitividad en el nuevo panorama de apertura.

El estudiante y principalmente el profesional de ingeniería debe ser parte de esta gestión, y contribuir con su intelecto en el motor de un proceso nacional que se dirige hacia la cultura de eficiencia y uso adecuado de fuentes que estén en armonía con el ambiente.

Objetivo general

El estudiante, conoce la problemática nacional, tiene capacidad para determinar las posibilidades de ahorro y manejo de la demanda eléctrica en sistemas eléctricos de usuarios, principalmente usuarios finales, incursiona en las posibilidades de incorporar las fuentes nuevas, sostenibles, y amigables como elementos complementarios o sustitutivos de las fuentes ya existentes, todo en línea hacia la conservación de la energía disponible.

Objetivos específicos

1. Conocer la realidad del sector eléctrico costarricense.
2. Conocer las estructuras fundamentales de la tarifa eléctrica.
3. Desarrollar auditorías eléctricas de primer grado en la gran mayoría de inmuebles o industrias.
4. Proponer alternativas de mayor eficiencia en algunos procesos industriales y comerciales.
5. Conocer de alternativas tecnológicas para elementos y aparatos eléctricos.

6. Disponer de criterio sobre los impactos y beneficios del empleo de las fuentes nuevas y renovables.

Contenidos

Introducción (3 horas)

- Situación energética mundial
- Situación energética costarricense
- Presentación del Plan nacional de energía 2012-2030

Sector electricidad en Costa Rica (9 horas)

- Potencial de producción.
- Plan de desarrollo eléctrico.
- Políticas Energéticas.
- Capacidad de generación.
- Curva de carga nacional.
- Composición de los Sectores.
- Precios y estructuras tarifarias.
- Potencial de ahorro
- Modelos de Mercados Eléctricos

Energías renovables (12 horas)

- Energía solar térmica (2 horas)
- Energía solar fotovoltaica (2 horas)
- Energía eólica (2 horas)
- Energía hidroeléctrica (2 horas)
- Energía geotérmica (2 horas)
- Energía de la biomasa (2 horas)

Auditorías energéticas eléctricas (12 horas)

- Medición de energía y potencia.
- Transformadores para medición.
- Levantamiento de cargas eléctricas.
- Recolección de datos
- Estadísticas básicas y análisis de datos
- Determinación del potencial de ahorro
- Principios de certificación energética

Equipos eficientes (12 horas)

- Nuevas tecnologías.
- Ahorro de energía.
- Iluminación.
- Ley 7447 Uso racional de la energía

- Programa de etiquetado

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0461 : Centrales y Subestaciones		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este curso contiene los fundamentos básicos de diseño y constitución de centrales, tanto hidroeléctricas como termoeléctricas, así como las subestaciones requeridas para la conexión de dichas centrales, a un sistema eléctrico interconectado.

Objetivo general

Capacitar al estudiante para identificar y describir las principales partes de las centrales térmicas e hidroeléctricas, así como de las subestaciones eléctricas desde el punto de vista constitutivo, funcional y de diseño a nivel básico.

Objetivos específicos

1. Lograr la comprensión por parte del estudiante, de los fundamentos de diseño, operación y constitución de una central hidroeléctrica
2. Lograr la comprensión por parte del estudiante, de los fundamentos de diseño, operación y constitución de los 3 tipos principales de centrales termoeléctricas
3. Lograr la comprensión por parte del estudiante, de los fundamentos de diseño, operación y constitución de las subestaciones eléctricas asociadas a centrales.
4. Inducir en el estudiante los conceptos básicos financieros, requeridos tanto para la evaluación de viabilidad de proyectos de generación, como para la selección de tecnologías de generación y su operación económica.

Contenidos

Panorama Energético a Nivel Mundial

1. Carbón Mineral
2. Gas Natural
3. Uranio

4. Recursos Hidroeléctricos
5. Biomasa
6. Solar
7. Geotérmico
8. Eólico
9. Mareomotriz y Oleajes

Conceptos Generales de Centrales Eléctricas

1. Características de Carga
2. Comportamiento del SEN
3. Curvas Monotonas de Carga y Producción
4. Factores de Servicio
5. Diagramas de Potencias de un SEP
6. Tipos de Centrales Según el servicio
7. Gráficos de Carga y Generación del SEN

Centrales Hidroeléctricas Parte I: Constitución General e Hidrología

1. Salto de agua y perdidas
2. Clasificación de Centrales por tipo de salto
3. Evaluación de Recurso Hídro
4. Clasificación de Plantas según Afluencia de Caudal
5. Potencia de un salto de agua
6. Clasificación de plantas según su potencia
7. Disposición Topográfica de Plantas Hidroeléctricas
8. Aprovechamiento Hidroeléctrico de Ríos

Centrales Hidroeléctricas Parte II: Regulación de Caudal

1. Canales de Derivación
2. Desarenadores
3. Tipos de Presas (escollera, gravedad, contrafuertes, arco, arco multiple)
4. Tipos de Aliviaderos (vertederos de coronación, estructural lateral, pozo)
5. Tipos de compuertas (basculante, segmento, sector deslizante)
6. Tomas de Agua
7. Conducción Forzada (Hormigon precomprimido, Hormigon armado, Acero)
8. Distribución del flujo en una tubería circular: Número de Reynolds

Centrales Hidroeléctricas Parte III: Conducción por Tubería

1. Teorema de Toricelli
2. Teorema de Bernoulli
3. Pérdidas en tuberías (limpia rejas, toma de agua, contracciones, expansiones, fricción, codos y ángulos, derivaciones, válvulas, por altitud respecto al nivel del mar)
4. Tipos de válvulas (mariposa, compuerta, esférica, aguja)
5. Diámetro óptimo de tuberías y espesor
6. Golpe de Ariete (tiempo crítico, cierre brusco, cierre lento)

7. Tanques de Oscilación (rechazos de carga)

Centrales Hidroeléctricas Parte IV:Turbinas

1. Clasificación de turbinas (por velocidad, por tipo de eje, por admisión de agua, por acción de agua, por dirección de agua, por tipo de cámara, por función)
2. Criterios de selección de turbinas (por altura, por caudal, por velocidad de rotación, por velocidad específica)
3. Cavitación en turbinas
4. Turbinas Pelton (calculo diámetro y cantidad de inyectores, velocidades, diseño de palas, regulación, rendimientos, ejemplos de aplicación en costa rica)
5. Turbinas Francis (Cámara y diámetros del caracol, distribuidor, regulación, rodete, rendimiento, tubo de aspiración, disminución de la cavitación, ejemplos de aplicación en costa rica)
6. Turbinas Kaplan (Cámara, distribuidor, regulación, rodete, rendimiento, ejemplos de aplicación en Costa Rica, tipo bulbo y aplicación en centrales mareomotrices)
7. Semejanza de turbinas (Prototipos, velocidad específica, leyes de semejanza para variación de velocidad, caudal, potencia y momento

Centrales Hidroeléctricas Parte V: Generador y Casa de Máquinas

1. Tipo de rotor (polos lisos, polos salientes)
2. Componentes del Generador (anillos colectores, AVR, estator, cojinetes guía, cojinetes empuje, frenos, sistemas de enfriamiento)
3. Secuencia de Arranque y Paro típica de una planta hidroeléctrica
4. Operación y Despacho de Centrales (curva de capacidad de generador, selección del número y capacidad de los generadores, factor de utilización hidráulica, tipos de regulación de embalse, opciones de despacho según embalse)
5. Centrales Termoeléctricas Parte I: Centrales Diesel Reciprocantes
6. Repaso de sistemas termodinámicos
7. Primera Ley de Termodinámica (concepto de entalpía, calores específicos y ciclos termodinámicos)
8. Segunda Ley de Termodinámica (concepto de entropía, irreversibilidad, ciclos Térmicos y ciclo de Carnot)
9. Combustión y Derivados de Petróleo
10. Motor de Plantas Diesel (combustión diesel, elementos de motor, dimensión de motor y cilindrada, razones de compresión y combustión, motor de 4 tiempos y de 2 tiempos)
11. Ciclo Diesel y su eficiencia
12. Plantas Diesel (eficiencia, turbocargadores, balance térmico, equipos auxiliares, distribución del generador y de la planta
13. Ventajas y Desventajas de Plantas Diesel
14. Usos de las plantas Diesel y Ejemplos de Aplicación en el País

Centrales Termoeléctricas Parte II: Centrales Gas

1. Características básicas de la fuente primaria: Gas Natural
2. Turbina de Gas (características, funcionamiento)

3. Ciclo Brayton (funcionamiento, eficiencia, irreversibilidades, Regeneración, Compresión multietapa, Interenfriamiento, Expansión multietapa, recalentamiento, ciclo compuesto
4. Componentes de la turbina de Gas (Compresor, combustores, regeneradores, turbina, eficiencia de los elementos, sistema de regulación y sistema de doble eje, combustión, secuencia de arranque)
5. Clasificación de las turbinas (tipo jet, alto desempeño, medio rango, bajo rango)
6. Ventajas y desventajas de las plantas de turbina de gas
7. Usos de las plantas Diesel y ejemplos de aplicación en el país.

Centrales Termoeléctricas Parte III: Centrales Vapor

1. Combustión Externa
2. Fases de un Fluido y superficies pvt
3. Ciclo Rankine (irreversibilidades, eficiencia, optimización, recalentamiento, regeneración)
4. Centrales de Carbón (circuito combustible, circuito de vapor, circuito eléctrico y distribución física de la planta)
5. Componentes de Centrales de carbón (triturador, almacenamiento de carbón, transportadores, quemadores, generador de vapor, evacuador de cenizas, colector de cenizas, colector de polvo "fly hash", chimeneas, separador de vapor, turbinas de alta y baja presión, condensadores, precalentadores, economizadores, sistema de refrigeración, parámetros del agua y balance energético)
6. Cogeneración y Ciclo combinado
7. Centrales Nucleares (constitución atómica de la materia, fisión nuclear, reacción en cadena, regulación, tipos de reactores)
8. Centrales Geotérmicas (Capas terrestres, magma, yacimientos y temperaturas, aprovechamiento, viabilidad, Evaluación de pozos)
9. Tecnologías usadas en Centrales Geotérmicas (ciclo directo, ciclo flash, ciclo binario)
10. Panorama mundial de la energía geotérmica
11. Usos de Plantas Geotérmicas y ejemplos de aplicación en el país.

Aspectos financieros básicos aplicados a centrales eléctricas

1. Costo de la energía eléctrica (gastos generales, costos de operación y mantenimiento, Gastos del servicio de distribución, Ganancia de los inversionistas proyectos BOT)
2. Calculo de tarifas (costos fijos y costos variables, costos de la energía por fuente, tarifas aplicadas al SEN por empresas distribuidoras y generadores privados)
3. Analisis de viabilidad costo beneficio de un proyecto de generación eléctrica (valor del dinero en el tiempo, método CAUE, método TIR, indicadores financiéros de centrales eléctricas)
4. Análisis comparativos de proyectos de generación (costo anual del kilowatt instalado, costo anual del kilowatt producido, operación de plantas en base a sus costos de producción e instalación, costos nivelados de generación)

Subestaciones Eléctricas Parte I: Constitución y Componentes

1. Función de una subestación y niveles de tensiones
2. Diagrama Unifilar
3. Diagramas de Vista de planta y de elevación

4. Tipos de Subestaciones (elevadoras, reductoras, de enlace, en anillo, radiales, patios de interruptores)
5. Arreglos de Barras (Sencilla, Partida, Barra de Transferencia con bypass y con reserva, Barra en Anillo, Interruptor y Medio, Doble Interruptor)
6. Tecnologías de subestaciones (aisladas al aire, interperie, interior, Hexafloruro de Azufre, Subestaciones Compactas, subestaciones móviles)
7. Especificaciones de Equipo Primario (Disyuntores de potencia, seccionadoras, transformadores de instrumentación, descargadores, trampas de onda, transformador de potencia)
8. Características de Intensidad y Tensión de una subestación
9. Normas aplicables

Subestaciones Eléctricas Parte II: Conceptos Generales de Diseño

1. Sobretensiones (Origen de las sobretensiones, descargas atmosféricas, mapas isoceráunicos, probabilidades de descarga, intensidad de la descarga)
2. Definiciones básicas (Aislamiento, aterrizamiento, sobretensión)
3. Aislamiento eléctrico (distancias mínimas fase a fase y fase a tierra, Sobretensiones de maniobra y de flameo, BIL y BSL, correcciones por factores atmosféricos y geográficos, distancias de seguridad)
4. Blindaje de subestaciones (pararrayos e hilos guarda, cálculo del blindaje por método de ángulos fijos y método de esfera rodante)
5. Descargadores (componentes, coordinación de aislamiento, definición de los parámetros de diseño, cálculo de localización, márgenes de protección)
6. Redes de puesta a tierra (Aplicaciones, Resistividad del terreno, Electrodos, conductores de unión)
7. Parámetros de diseño (corrientes máximas permisibles por el cuerpo, voltajes tolerables, tensión de paso, de toque y transferida)

Subestaciones Eléctricas Parte III: Control y Operación de subestaciones Definición de SAS y sus componentes

1. Medición, indicación y comandos
2. Interpretación de planos de control de subestaciones
3. Estándares de comunicación en subestaciones
4. Arquitectura de control por niveles y jerarquía de mando
5. Equipos de nivel 1 y sus funciones
6. LAN de Subestación (configuraciones, redundancia, VLANs)
7. Sistema de Enclavamientos de módulos
8. Regulación de Tensión (Paralelismo de transformadores por TAP y por reactivo, bancos de capacitores y reactores)
9. Verificación de cierre de líneas.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0465 : Redes de Distribución y Transmisión		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso procura familiarizar a los estudiantes con el diseño mecánico y eléctrico de los sistemas de distribución de mediana tensión, con el fin de que puedan desenvolverse en el industria de la distribución de energía eléctrica nacional.

Objetivo general

Desarrollar en el estudiante las habilidades que lo hagan capaz de comprender el funcionamiento, la construcción y el diseño de los sistemas de distribución de energía eléctrica.

Objetivos específicos

1. Presentar al estudiante con los criterios de diseño mecánico y eléctrico de los sistemas de distribución.
2. Aprender a diferenciar las características que hace diferente el diseño de los sistemas de alta y baja tensión.
3. Enfrentar al estudiante con problemas de aplicación práctica.
4. Desarrollar destrezas y técnicas para la presentación de informes técnicos.

Contenidos

1. Introducción a los sistemas de distribución
2. Cálculo mecánico de conductores y replanteo de una línea aérea de media tensión
3. Cálculo mecánico de apoyos para líneas de MT
4. Cálculo de cimentaciones para apoyos de líneas de MT
5. Cálculo mecánico sobre un poste
6. Coordinación de aislamiento
7. Coordinación de los niveles de aislación

8. La Naturaleza de las cargas
9. Impedancia de Líneas aéreas y subterráneas
10. Regulación de tensión
11. Protección y coordinación

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0467 : Distribución Eléctrica Subterránea		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Los sistemas de distribución de energía eléctrica poseen diversas variaciones en sus esquemas constructivos, las mismas dependen de múltiples factores, los cuales condicionan su ejecución. El curso desarrolla los temas generales de la Distribución Eléctrica Subterránea de Potencia para ser impartido como materia electiva a nivel de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica.

Objetivo general

Dotar al estudiante de Ingeniería Eléctrica de los conocimientos complementarios adecuados para desarrollar un proyecto de distribución eléctrica subterránea, conociendo los múltiples elementos que lo componen así como sus características, normativa vigente, posibles costos y criterios de elección.

Objetivos específicos

1. N/A

Contenidos

1. **Cable para distribución eléctrica subterránea de Baja Tensión.** Desarrollo histórico. Construcción del cable para baja tensión. Normas aplicables. Componentes del cable de baja tensión. Capacidad de transporte de energía. Cálculos mecánicos (Tensión de tiro y esfuerzos laterales en ductos). Impedancias para corto circuito y sus respectivas protecciones.
2. **Planificación de un proyecto y criterios de diseño para Baja Tensión.** Estudios básicos. Demanda. Crecimiento de demanda. Cargabilidad (Cable y Transformador). Criterios de diseño. Selectividad de carga. Cortocircuito secundario. Opciones topológicas. Planos constructivos. Manual CIEMI. Desarrollo de ejemplos prácticos reales.
3. **Elementos de conexión para Baja Tensión.** Conectores para salidas múltiples de transformador (Espiga y Paleta), Conectores para salidas múltiples de cables principales y de acometidas. Normativa aplicable, Concepto de sumergible y resistente al agua.

4. **Transformadores de distribución para sistemas subterráneos.** Generalidades. Definición. Normas aplicables. Principio de funcionamiento. El núcleo. Las bobinas. El tanque. Pruebas. Transformadores para distribución subterránea. Características. Tipos de transformadores para distribución subterránea. Transformadores tipo pedestal. Transformadores sumergibles, Transformadores tipo seco. Accesorios para transformadores. Esquema de protección para transformadores.
5. **Codos y elementos de operación de 200 A.** Generalidades. Normas aplicables. Conectores separables de 200 A. Construcción del codo operable bajo carga de 200 A. Capacidad del codo de 200 A. Aplicación de los dispositivos de 200 A.
6. **Conectores separables de 600 A.** Generalidades. Ventajas de las instalaciones de frente muerto. Sistemas de conectores T de 600 A. Partes de un conector T de 600 A. Sistemas de conexión de 600 A.
7. **Empalmes y terminales de transición para cables de media tensión.** Aplicaciones, normas aplicables, tipos de empalmes, terminales promediados, de porcelana, contraíbles en frío y en caliente, control de esfuerzo de tensión. Empalme de cintas. Empalme premoldeado. Empalme modular. Empalme contraíble en frío.
8. **Cable para distribución eléctrica subterránea de Media Tensión.** Desarrollo histórico. Construcción del cable para media tensión. Normas aplicables. Componentes del cable de media tensión. Capacidad de transporte de energía. Tensión de tiro y esfuerzos laterales en ductos. Cálculo de componentes de secuencia Z0, Z1, Z2 para diferentes configuraciones de cables subterráneos.
9. **Seccionalización y protección de los sistemas de distribución subterránea.** Esquemas de protección contra sobrecorrientes. Coordinación de protecciones. Fusibles. Interruptores de circuito. Interruptores de recierre (reclosers). Seccionadores. Normas aplicables. Equipo de seccionalización y protección en gabinetes de pedestal, subestaciones con celdas Metalclad y Metal Enclosed. Fusibles y cuchillas.
10. **Protección contra sobretensiones en los sistemas de distribución subterránea.** Sobretensiones en sistemas de potencia. Protección de personas y edificios, protección de equipos. Márgenes de protección. Elementos de protección. Criterios de selección, Normativa aplicable.
11. **Puestas a tierra y mallas de puesta a tierra**, NEC, IEEE 142.
12. **Planificación de un proyecto y criterios de diseño Media Tensión.** Red existente a conectar. Demanda. Crecimiento de demanda. Criterios de diseño. Selectividad de carga. Cortocircuito primario. Opciones topológicas. Planos constructivos. Manual CIEMI. Desarrollo de ejemplos prácticos reales.
13. **Obra electromecánica y Civil.** Tendido del conductor. Instalación de equipo. Conexión y puesta en servicio. Esquemas constructivos. Cajas de registro de MT y BT. Canalizaciones, Coexistencia con el resto de la obra civil no eléctrica.
14. **Operación y mantenimiento de los sistemas de distribución subterránea.** Pruebas en cables, transformadores y seccionadoras de distribución subterránea. Justificación de la prueba de cables. Pruebas de aceptación, de garantía, de mantenimiento. Voltajes de prueba. Ejecución de la prueba. Modos de localización de fallas.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0469 : Sistemas de Potencia I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso Sistemas de Potencia, presenta los conceptos básicos, para modelar y analizar los sistemas eléctricos en régimen permanente, transitorio y dinámico.

Objetivo general

Brindar al estudiante sólidos conocimientos para entender, explicar y modelar los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) en el corto y largo alcance, en el ámbito temporal.

Objetivos específicos

1. Modelar las líneas de transmisión, cargas, y generadores eléctricos, en un SEP.
2. Estudiar el comportamiento de un SEP en régimen permanente.
3. Analizar la estabilidad transitoria de un SEP, instantes después de una falla.
4. Introducir al estudiante en el tópico de estabilidad dinámica.
5. Estudiar los conceptos del despacho económico, de unidades de generación térmicas.

Contenidos

1. Estudios en régimen permanente
- Flujos de potencia
- Algoritmos y métodos digitales de solución
2. Estabilidad transitoria
- Criterio de áreas iguales
- Métodos numéricos para la solución de las ecuaciones diferenciales
3. Estabilidad dinámica
- Repaso sobre tópicos del control automático
- Análisis de pequeña señal

- Análisis para una máquina sincrónica, conectada a una barra de potencia infinita

4. Despacho económico

- Tipos de unidades generadoras
- Distribución de carga entre unidades, dentro de una central eléctrica
- Distribución de carga entre centrales
- Pérdidas en la transmisión de potencia
- Despacho económico con pérdidas
- Control automático de la generación

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0471 : Diseño Eléctrico Industrial I		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso de Diseño Eléctrico Industrial I, pretende dotar al estudiante de ingeniería eléctrica de los conocimientos básicos en el campo de diseño de sistemas eléctricos en edificaciones. Es en este curso, donde se adquieren las destrezas necesarias para entender, explicar y modelar sistemas eléctricos, poniendo énfasis en el lenguaje del diseño, normativas y métodos de cálculo. Debido a la importancia de este tema en la práctica de la ingeniería, el curso de Diseño Eléctrico I ha sido incluido dentro del programa de bachillerato.

Objetivo general

Brindar y capacitar al estudiante de Ingeniería Eléctrica los conocimientos básicos, criterios, procedimientos y herramientas para entender, modelar y desarrollar diseños cálculos, control de instalaciones y valoración e inspección de instalaciones eléctricas seguras tanto para la etapa de la construcción como para el mantenimiento de instalaciones.

Objetivos específicos

1. Entender los aspectos éticos de la práctica del diseño.
2. Entender el lenguaje gráfico del diseño eléctrico.
3. Conocer y entender algunos de los estándares, normas y reglamentos que rigen la práctica del diseño.
4. Entender sobre materiales, medios de protección y métodos de alambrado de edificaciones.

Contenidos

1. INTRODUCCION
1.1. Introducción a las instalaciones eléctricas en baja tensión
1.2. Sistema de distribución eléctrica como sistema de seguridad de eléctrica:

1.2.1. Protección para garantizar la seguridad (requerimientos conforme a la IEC-60364 Sec. 131)

1.2.2. Bases de los sistemas de seguridad: Normativa de diseño, normativa de productos e inspección.

1.3. Peligros de un mal diseño y/o instalación eléctrica.

1.3.1. Conceptos fundamentales de prevención de riesgos eléctricos.

1.3.2. Daños producidos por la energía eléctrica.

1.3.3. Factores que determinan los efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano.

2. LEYES, REGLAMENTOS Y NORMAS

2.1. Legislación actual y organización nacional referente a competencias de organizaciones en instalaciones eléctricas.

2.2. El papel del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, CFIA

2.2.1. Reglamento para el trámite de planos y la conexión de los servicios eléctricos, telecomunicaciones y de otros en edificios (Diario oficial la Gaceta No.217).

2.3. Normativas y estándares internacionales.

2.3.1. REGLAMENTO DE LA ARESEP

2.3.2. NPFA 70

2.3.3. IEC 60364

3. PLANEAMIENTO

3.1. Características de los sistemas eléctricos.

3.1.1. Seguridad.

3.1.2. Confiabilidad.

3.1.3. Costo.

3.1.4. Calidad de la energía.

3.1.5. Facilidad de mantenimiento.

3.1.6. Flexibilidad.

3.2. Niveles de tensión y su selección.

3.3. Esquema de sistemas de distribución eléctrica.

3.4. Regulación de tensión.

3.5. Mejoramiento de factor de potencia.

3.5.1. Definición de factor de potencia.

3.5.2. Desventajas de un bajo factor de potencia

3.5.3. Causas (cargas inductivas, armónicas, etc.).

3.5.4. Métodos de mejoramiento de factor de potencia.

4. LENGUAJE GRÁFICO

4.1. Plano eléctrico (elementos e información básica, simbología básica, notas, escalas gráficas, calidad de trazos, líneas, tipos de papel, etc.).

4.2. Memorias de cálculo (uso de hojas electrónicas).

4.3. Herramienta computacional de diseño asistido (AUTOCAD)

5. ACOMETIDAS, CIRCUITOS ALIMENTADORES Y RAMALES (8 lecciones)

5.1. Estimación de cargas.

5.1.1. Grupos de cargas.

5.1.2. Carga continua, no continua y combinada.

5.1.3. Factor de servicio o demanda.

5.1.4. Factor de diversidad.

5.2. Definición de acometida, circuito alimentador, circuito ramal.

6. MATERIALES Y TECNICAS DE ALAMBRADO – basado en el NEC

0.1.

6.1. Conductores
6.1.1. Tipos de conductores.
6.1.2. Conductores para instalaciones fijas.
6.1.2.1. Tipos de aislamiento.
6.1.2.2. Cálculo por ampacidad.
6.1.2.2.1. Ajustes por factor de agrupamiento.
6.1.2.2.2. Ajustes por temperatura.
6.1.2.3. Cálculo por caída de tensión (distancia).
6.1.2.4. Cálculo por cortocircuito.
6.1.3. Cordones y cables flexibles.
6.2. Canalizaciones.
6.2.1. Tuberías
6.2.1.1. Tipos y aplicaciones.
6.2.1.2. Cálculo de volumen de ocupación.
6.2.2. Ductos.
6.2.2.1. Tipos y aplicaciones.
6.2.2.2. Cálculo del volumen ocupación.
6.2.2.3. Factores de ajuste de ampacidad.
6.2.3. Bandejas, canastas o charolas.
6.2.3.1. Tipos y aplicaciones.
6.2.3.2. Tipos de configuración de agrupamiento de conductores.
6.2.3.3. Cálculo del volumen ocupación.
6.2.3.4. Factores de ajuste de ampacidad.
6.2.4. Cajas de registro.
6.2.4.1. Tipos y aplicaciones.
6.2.4.2. Cálculo del volumen de la caja.
6.2.4.3. Cálculo del volumen ocupación.

7. ESPECIFICACION DE EQUIPOS DE DISTRIBUCION Y PROTECCION – basado en el NEC

0.2.

7.1. Interruptores termomagnéticos y fusibles.
7.2. Gabinetes, tableros de distribución y centros de cargas e interruptores de seguridad.
7.3. Dispositivos en el mercado costarricense.

8. MOTORES

8.1. NFPA 70 Artículo 430.
8.1.1. Generalidades.
8.1.2. Cálculo de conductores de alimentación.
8.1.3. Cálculo de conductores de alimentación para varios motores.
8.1.4. Concepto de corriente nominal y corriente a rotor bloqueado.
8.1.5. Protección del dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra.

8.1.6. Protección contra sobrecarga de los motores y circuito derivados.
8.1.7. Circuito de control de motores.
8.1.8. Arrancadores de motores.
8.1.9. Controlador del motor.
8.1.10. Medio de desconexión.
8.1.11. Centro control de motores.

9. A/C, EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

9.1. NFPA 70 Articulo 440

10. GENERADORES Y TRANSFORMADORES

10.1. NFPA 70 Artículo 445 Generadores
10.1.1. Capacidad nominal del grupo electrógeno.
10.1.2. Concepto de capacidad de potencia de arranque (KVA Starting).
10.2. NFPA 70 Artículo 450 Transformadores.
10.2.1. Tipos de transformadores.
10.2.2. Tipos de encerramientos o bóvedas.
10.2.3. Protección contra sobrecorriente.
10.2.3.1. Tensión mayor a 600 VCA.

10.2.3.2. Tensión 600 VCA o menor.
10.2.4. Derivaciones de conductores en lado secundario de un transformador.

11. LOCALIZACIONES PELIGROSAS

11.1. NFPA 70 Artículo 500: Localizaciones peligrosas clases I, II y III, Divisiones 1 y 2.
11.2. NFPA 70 Artículo 501: Localizaciones Clase I.
11.3. NFPA 70 Artículo 502: Localizaciones Clase II.
11.4. NFPA 70 Artículo 503: Localizaciones Clase III.
11.5. NFPA 70 Artículo 504: Sistema intrínsecamente seguros.
11.6. NFPA 70 Artículo 505: Localizaciones Clase I, zona 0, 1 y 2.
11.7. NFPA 70 Artículo 506: Localizaciones zona 20, 21 y 22.
11.8. NFPA 70 Artículo 510: Localizaciones peligrosas.
11.9. NFPA 70 Artículo 511: Garajes comerciales, talleres y almacenes.
11.10. NFPA 70 Artículo 513: Hangares.
11.11. NFPA 70 Artículo 514: Dispensadores de combustibles.
11.12. NFPA 70 Artículo 515: Plantas de almacenamiento de combustibles.

12. BOMBAS CONTRA INCENDIOS

12.1. Generalidades.
12.2. Cálculo de acometida.
12.3. Cálculo de protecciones.
12.4. Cálculo de transformador o generador de respaldo.
12.5. Métodos de alambrado.

13. ATERRIZAMIENTO

13.1. Generalidades y definiciones
13.2. Tolerancia del ser humano a la electricidad, tiempo y niveles máximos de exposición, el tiempo máximo permitido para el funcionamiento de las protecciones
13.3. Principios de la puesta a tierra y operación de las protecciones.
13.4. Puesta a tierras y neutro, conexión según NEC Art.250 y la Tabla 13 IEEE 142-1991.
13.5. Cálculo del conductor de puesta a tierra y del conductor del electrodo de puesta a tierra.

13.6. Principios de sistema de aterrizamiento según concepto de punto único.

14. SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES

Basado en el libro de referencia "Stallcups Electrical Design Book" Capítulos 1, 2, 3 y 5 y la OSHA: Occupational Safety and Health Administration

14.1. ¿Qué es un lugar seguro?
14.2. Peligros eléctricos
14.3. Análisis de riesgos
14.4. Límites de aproximación
14.5. Otros

15. LUGARES DE ATENCION PARA LA SALUD

15.1. Generalidades.
15.2. Áreas de atención general.
15.3. Áreas de atención crítica.

15.4. Locales húmedos.
15.5. Sistema Eléctrico esencial.
15.6. Sistema eléctrico aislado.

16. INSPECCION DE INSTALACIONES

16.1. Generalidades
16.2. Elaboración de bitácora
16.3. Control de cambios
16.4. Pruebas.

17. PRINCIPIOS Y CONCEPTOS DE ILUMINACIÓN

17.1 Terminología.
17.2 Fuentes luminosas.
17.3 Luminarios.
17.4 Niveles de iluminación.
17.5 Metodología de cálculo de Proyecto de Iluminación de Interiores.
17.6 Iluminación de exteriores.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0479 : Ingeniería Económica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

POR DEFINIR

Objetivo general

Familiarización del estudiante de ingeniería con conceptos económicos financieros básicos y de la sociedad costarricense y pueda tomar decisiones financieras simples.

Objetivos específicos

1. Estudiar y obtener conocimiento de la terminología básica financiera.
2. Calculo interés simple.
3. Uso los diagramas de flujo.
4. Deducción de factores de las formulas financieras.
5. Uso de tasas de interés efectivo.
6. Comprensión la utilización de los factores múltiplos.
7. Evaluación del costo capitalizable.
8. Evaluación del costo el costo anual equivalente.
9. Cálculo de la tasa de retorno de proyectos de inversión
10. Estimulo del uso de los análisis financieros.
11. Análisis del problema financiero del estado costarricense.
12. Análisis de las opciones del mercado financiero nacional.
13. Evaluación del impacto de los problemas financieros del estado costarricense en el ejercicio profesional
14. Estimulo al estudiante a la utilización de estudios de mercado, en pequeños negocios.

Contenidos

Tasas de interés

1. Tasas de interés simple y compuesto, tasas de interés efectivo y amortización.
2. Valor del dinero en el tiempo: Valor presente en una serie uniforme, factor de recuperación de capital.
3. Uso de tablas de interés: Notación estándar de los factores y uso de tablas de interés, interpolación en las tablas de interés.

Capitalización:

1. Calculo de los factores de interés utilizando flujos de caja continuos y capitalización continua.

2. Factores múltiples: Localización de valor presente y valor futuro.

Costo Capitalizable:

1. Método del valor presente con vidas útiles iguales y diferentes.
2. Cálculo del costo capitalizable.

Tasas de retorno:

1. Cálculo de tasas de retorno por medio del valor presente.
2. Cálculo de tasas de retorno por el método del costo anual Equivalente.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0483 : Introducción a la Ingeniería Biomédica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este curso consiste en una introducción al amplio y diverso campo de la ingeniería biomédica. A lo largo del curso se busca que el estudiante desarolle la habilidad de resolver por sí mismo problemas aprendiendo cómo se aplican los principios de ingeniería a las áreas de la bioelectricidad, la biomecánica, biomoléculas, biotecnología e imagenología, a través del modelamiento matemático simple de sistemas, así como del estudio introductorio de equipos y tecnologías desarrollados en cada una de las áreas de estudio. Adicionalmente, que el estudiante cuente con un espacio para el análisis acerca del desarrollo actual de estas áreas en sí mismas complejas. Se desarrolla el auto-aprendizaje, la investigación bibliográfica de temas científicos, la capacidad analítica para la resolución de problemas complejos, así como una más clara perspectiva, sobre la carrera de Ingeniería Biomédica. Al final del curso, el estudiante es capaz de identificar los procesos de diseño de equipos, los componentes esenciales de bioinstrumentos y equipos médicos, las características de las señales biomédicas y los sensores que las miden, el uso de biomateriales y sus principales características, entre otras.

Objetivo general

POR DEFINIR

Objetivos específicos

1. POR DEFINIR

Contenidos

- Ingeniería Biomédica: historia, terminología y avances
- Cuestionamientos Morales y Éticos
- Anatomía y Fisiología

- Biomecánica
- Biomateriales
- Ingeniería de Tejidos
- Bioinstrumentación
- Sensores Biomédicos
- Procesamiento de Bioseñales
- Bioelectricidad
- Modelamiento fisiológico
- Imagenología por Radiación
- Imagenología Médica
- Óptica y Lasers
- Otras aplicaciones

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0485 : Bioelectricidad		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

En el curso "Bioelectricidad" se realiza una introducción a la descripción cuantitativa de la actividad eléctrica en células excitables, principalmente en nervio y músculo. Se analizan los mecanismos que generan los potenciales en las membranas, las características de voltaje-corriente de las membranas de las células, soluciones a la ecuación de cable, el modelo Hodgkin-Huxley de las acciones de potencial, la propagación de estas acciones en los axones y potenciales generados en las superficies del cuerpo. Durante el curso se realiza amplio modelamiento fisiológico, para aplicar los modelos teóricos utilizados en los campos de la electrofisiología y la bioelectricidad

Adicionalmente, se estudia la aplicación de la ingeniería a la neurociencia incluyendo áreas tan diversas como los modelos de la función neuronal y las tecnologías de interface entre cerebro y máquina, basándose en el contexto de las interfaces y prótesis neurales. Dentro de los temas del curso se encuentra los principios y tecnologías de aplicaciones neurológicas y clínicas, estimuladores cerebrales, estimulación de la médula espinal, estimulación eléctrica funcional (FES), la interfaz cerebro-computadora para el control motor, prótesis visual artificial y dispositivos auditivos para la percepción sensorial aumentada. A largo del curso los estudiantes resuelven problemas asociados a estas tecnologías, utilizando Matlab, Simulink, y diversos modelos matemáticos que los definen.

Objetivo general

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de describir, modelar, analizar y aplicar los principales modelos cuantitativos que describen el comportamiento eléctrico del cuerpo humano.

Objetivos específicos

1. Identificar los parámetros que afectan el potencial de equilibrio de las membranas.
2. Desarrollar modelos de células excitables.
3. Describir las Corrientes iónicas y su efecto en los acciones de potencial.
4. Analizar mediciones bioeléctricas.
5. Resolver modelos de simulación de acciones de potencial.

Contenidos

Potenciales y corrientes bioeléctricos y canales iónicos de las membranas (8 horas)

- (1h) Ecuación de Nernst-Planck
- (0.5h) Estructura de las membranas
- (1h) Potencial de Nernst
- (1h) Modelo de conductancia paralela
- (0.5h) Estructura de los canales
- (0.5h) Canales iónicos: Métodos biofísicos
- (0.5h) Cinética de los canales
- (3h) Introducción al modelo de la membrana de Hodgkin y Huxley

Acciones de potencial (10 horas)

- (0.5h) Qué es un acción de potencial?
- (1h) Comportamiento no lineal de la membrana
- (1.5h) Origen del acción de potencial, voltajes de reposo y pico
- (2.5h) Ecuaciones de Hodgkin Huxley
- (3h) Simulación del acción de potencial en la membrana
- (1.5h) Características del acción de potencial

Propagación de los acciones de potencial (8 horas)

- (1h) Ecuaciones de Cable
- (1h) Corrientes de circuitos locales durante la propagación
- (2h) Matemáticas de la propagación de los acciones de potencial
- (2h) Soluciones numéricas para la propagación de los acciones de potencial
- (1h) Restricciones de la velocidad de propagación
- (1h) Propagación en fibras nerviosas no mielinizadas

Estimulación eléctrica de tejido exitable (6 horas)

- (1h) Célula esférica única
- (1h) Condiciones lineares pre umbral
- (1h) Constantes de espacio y tiempo
- (1h) Soluciones en equilibrio
- (1h) Soluciones con tiempo variable
- (1h) Respuesta a estímulos de corriente pre y post umbral

Electrofisiología cardiaca (7 horas)

- (1h) Naturaleza eléctrica de la comunicación intracelular.
- (1h) Vector cardiaco.
- (1.5h) Derivaciones y eje eléctrico.
- (2.5h) ECG
- (1h) Potenciales de superficie corporal derivados de la distribución de potenciales cardiacos. Músculo esqueletal (3 horas)

- (1h) Estructura muscular
- (1h) Teoría de desplazamiento de los miofilamentos
- (1h) Excitación – contracción

Estimulaciones eléctricas funcionales (4 horas)

- (1h) Tipos de electrodos.
- (1h) Comportamiento tejido – electrodo
- (1h) Excitación nerviosa
- (1h) Aplicaciones clínicas

EEG y neuro – robótica (8 horas)

- (2h) Interfaces cerebro-computadora
- (2h) Neuro – robótica aplicada
- (2h) EEG
- (2h) Neuro - prótesis (extremidades, retina, coclear)

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0499 : Proyecto Eléctrico		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El Proyecto Eléctrico es un curso integrador, abierto en su temática, y de aplicación de estrategias de diseño e investigación a un problema de la ingeniería eléctrica.

Objetivo general

N/A

Objetivos específicos

1. N/A

Contenidos

N/A

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0501 : Responsabilidades en el Ejercicio Profesional de la Ingeniería Eléctrica		

Número de Créditos: 1
Requisitos:

Descripción

N/A

Objetivo general

Dotar al estudiante de los conocimientos básicos de la Ética (como parte de la Filosofía) y del ordenamiento jurídico en que se desenvolverá profesionalmente. De manera que su conducta se ajuste, en todo momento, a los principios de la Ética Profesional y tenga, asimismo, un cabal conocimiento del grado de responsabilidad moral y legal (entiéndase responsabilidad disciplinaria, civil y penal), que puede derivar de sus actuaciones.

Objetivos específicos

1. Que el estudiante conozca en sus perspectivas fundamentales las principales corrientes de pensamiento que pretenden explicar la naturaleza de la ética y la moralidad y sus relaciones con el ejercicio profesional.
2. Que el estudiante conozca al final de curso, a un nivel básico, los conceptos filosóficos y jurídicos que están en la base de la problemática de la libertad, y que constituyen el punto de partida de la fundamentación racional de la responsabilidad pública y privada del ciudadano y del individuo y, por ende, del quehacer profesional.
3. Que el estudiante conozca el Código de Ética Profesional del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica y haga un análisis comparativo con los códigos de ética de otros colegios profesionales.
4. Que el estudiante haga un análisis crítico de algunos casos y situaciones concretas más comunes, en que suelen presentarse problemas éticos en el marco de la deontología del ingeniero.
5. Que el estudiante examine algunos temas relacionados con el ejercicio de la profesión desde un punto de vista ético jurídico como por ejemplo: relación entre colegas; relación con los empleadores y clientes; naturaleza, consecuencias, límites y alcances de la colegiatura.
6. Que el estudiante tenga noción de la jerarquía de las normas jurídicas según la concepción de Kelsen y que conozca la distinción entre Derecho Público y Derecho Privado.

7. Que el estudiante conozca el marco de Derecho Público en que se desenvolverá cuando sea profesional, sobre todo en lo atinente al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos.
8. Que el estudiante tenga una noción del marco de Derecho Privado en que realizará su trabajo.
9. Que el estudiante conozca cuál es el alcance de las responsabilidades disciplinaria, civil y penal del ejercicio profesional, así como las normas sobre prescripción de dichas responsabilidades.
10. Que el estudiante tenga una noción básica del procedimiento disciplinario que se sigue en el Colegio Federado cuando se presenta una denuncia o el Colegio actúa de oficio contra un profesional por violación al Código de Ética.
11. Que el estudiante conozca cuál es la función del Centro de Resolución de Conflictos del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos.

Contenidos

I.	**La Ética:** conceptos generales.

1. Origen histórico de la ética. Ethica utens (moral pública). Definición, moral formal y moral material. Reglas que constituyen el marco de referencia moral MRM. La costumbre como manifestación de estas reglas. Conducta moral, inmoral y amoral. Automatismo al aplicar estas reglas por parte de la sociedad. Inercia relativa de dichas reglas. ¿Existe un solo MRM a nivel universal? ¿Quién define las reglas del MRM, la sociedad o el operador jurídico? La ethica docens (ética social o stricto sensu) como un concepto diferente, breve introducción. Manual de Carreño y otros libros afines.
2. Votos No. 3550-92 y 7549-94 de la Sala Constitucional. Artículo 28 de la Constitución Política (COPOL) y el concepto de moral pública. El principio de libertad. El sistema de libertad. El principio de autonomía de la voluntad. El principio de legalidad. La pirámide de Kelsen. El Estado de Derecho. El concepto de reserva de ley. Los principios pro libertate y pro homine. Conceptos de moral pública y de la esfera intangible de libertad según la Sala Constitucional. El principio fundamental de igualdad en libertad.
3. Definición de la ethica docens (ética) como un saber analítico y racional. Definición de la ethica docens como un saber normativo. El concepto de marco de referencia ético MRE. ¿Las normas éticas son inmanentes a la naturaleza o son producto del hombre? ¿La ética pertenece a la filosofía o a las ciencias positivas? ¿La ética pertenece al mundo del ser o al mundo del deber ser?
4. El objeto material y el objeto formal de la ética. Diferencia entre el juicio de valor ético y el juicio de valor legal (actos incorrectos frente a actos ilícitos).
5. Diferentes éticas según sea la concepción antropológica en que se sustenten. Ejemplos: ética platónica y el mito del carro alado, ética aristotélica y la doctrina de la aurea mediocritas y ética cristiana y la biblia sacra. ¿Qué es lo correcto en cada caso?
6. El trinomio terminológico: ética social, moral pública y conciencia moral CM. El cuadrinomio de los ordenamientos: ética, derecho, religión y normas sociales (moral pública). Diferencias en cuanto a finalidad y sanciones de estos.

II. **Introducción al tema de la responsabilidad penal. El juicio penal según la teoría del delito. El juicio ético o de moralidad, semejanzas con el juicio penal.**

1. El derecho penal de acto como base del sistema costarricense (en contraposición al derecho penal de autor de los regímenes autoritarios)
2. Distinción entre delito y contravención. Elementos importantes sobre el tema de las contravenciones. El Delito como concepto estratificado: conducta, típica, antijurídica y culpable. Delitos dolosos, delitos culposos (estos últimos son numerus clausus).
3. La conducta y el caso de la vis absoluta. El artículo 18 del Código Penal.
4. Análisis de tipicidad. El tipo penal (y en general los tipos sancionatorios) y su estructura. Tipicidad objetiva (elementos descriptivos y normativos). Tipicidad subjetiva (diferentes tipos de dolo y el concepto genérico de culpa)
5. Antijuridicidad formal y material. Causas de justificación y consideraciones sobre el bien jurídico tutelado. El injusto penal y consecuencias civiles (La acción civil resarcitoria ACR).
6. La culpabilidad. El artículo 42 del Código Penal a contrario sensu. Determinación y comprensión del carácter ilícito del acto, y sus atenuantes.
7. El juicio de moralidad y su relación con el juicio penal.
8. No todo acto humano es un acto moral. Elementos del acto moral (voluntad, libertad y conciencia). Responsabilidad moral al violar una norma ética (acto incorrecto). Comparación con el juicio penal.
9. La voluntad y sus impedimentos: a) la ignorancia (no existe el elemento cognitivo del dolo), puede ser invencible o vencible (en este último caso: faltar al deber de cuidado); b) las pasiones (ira o concupiscencia) no son atenuantes salvo el supuesto de emoción violenta, c) la violencia física y moral. Un caso de excepción: la actio libera in causa, en ambos supuestos no se atenúa la responsabilidad moral ni penal.
10. El binomio voluntad y razón.
11. Actos humanos voluntarios: positivos o negativos. Por acción u omisión, dolosos o culposos.
12. Moralidad de los actos voluntarios directos AVD e indirectos AVI. Conditio sine qua non del AVI para realizar el AVD. La matriz moral y las disyuntivas éticas y morales. Criterios para decidir

III. **Principales teorías éticas. ¿Qué es lo correcto?**

1. El positivismo ético. El subjetivismo como base. Moralidad convencional y relativismo. Ejemplos a través de la historia: el racismo, separate but equal. El subjetivismo sociológico y el positivismo teológico.
2. El naturalismo ético. ¿La naturaleza dicta norma morales? Moralidad objetiva. Naturaleza, pero humana y racional. Ética teleológica (el fin supremo, por encima del hombre, se descubre si y solo si se hace un uso correcto de la razón). Hedonismo, estoicismo y eudemonismo (Aristóteles).
3. El formalismo ético. Crítica al positivismo, a la ética teleológica, etc. El hombre, un ser egoísta e interesado. La forma prima sobre el fondo. Los imperativos categóricos son universales, autónomos y rigurosos. Los imperativos categóricos prevalece sobre los imperativos hipotéticos. El superhombre de Kant (No confundir con el superhombre de Nietzsche).
4. La ética axiológica (absoluta). Fundamento actual de los valores morales. Características de los valores: inherencia, polaridad, trascendencia, apetibilidad y jerarquía. Escalas de valores y su relación con el libre albedrío y la visión antropológica. Ejemplo a discusión: la escala del Dr. Joseph de Finance, profesor de filosofía de la Universidad Gregoriana en Roma. Breve referencia a la casuística como moderación de la ética absoluta.

IV. **La profesión y la ética profesional. El Código de Ética del CFIA.**

1. Derecho y ética. Coincidencias y diferencias. Derecho: exterioridad (recordar los conceptos de dolo y culpa), coactividad, codificación (romano-germánico), bilateralidad, determinación, finalidad, sanciones y heteronomía. La ética tiene características diferentes. Órdenes que no son necesariamente opuestos.
2. Definición y elementos de una profesión. La función social como base jurídica de la intervención del Estado. Diferencia entre salario y honorarios. Los tres elementos que definen una relación laboral. La ingeniería eléctrica como profesión liberal.
3. División de la deontología del profesional entre la ética del profesional y la ética de la profesión.
4. ¿Qué es el IEEE, (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Conocer su código de ética.
5. La responsabilidad profesional trasciende el Código de Ética del CFIA. La responsabilidad disciplinaria, civil y penal. Normas sustantivas y normas procesales que sustentan cada responsabilidad (ubicación en la pirámide de Kelsen). Órganos jurisdiccionalmente competentes en cada caso. El principio non bis in idem. Voto No. 15995-06 de la Sala Constitucional (ejemplo de aplicación de este principio).
6. El Reglamento especial que regula el procedimiento para la exoneración del cobro de honorarios profesionales. Conocer los requisitos de admisibilidad, casos en que procede o no según el grado de consanguinidad y afinidad, y otros supuestos. Sanciones en caso de falsedad y uso de documento falso, en las tres vías.
7. Estructura del Código de Ética del CFIA (normas sustantivas éticas y normas sustantivas legales). Análisis detallado de los artículos más relevantes de dicho código. Normas éticas y su relación con las normas legales. El secreto profesional. Disposiciones generales: sanciones, adecuación, agravantes, atenuantes, reincidencia (genérica), ejecución condicional de la sanción, el curso de actualización profesional, reducción y revocación de la sanción. Concurso ideal y concurso material.

V. **El ordenamiento jurídico y la pirámide de Kelsen.**

1. Breve referencia a lo que es un Estado de Derecho y sus cuatro pilares fundamentales: soberanía popular, separación de poderes, protección de derechos fundamentales (amparo y habeas corpus), y, sobre todo, el principio de legalidad. Normas constitucionales en que se amparan. Corolarios del Principio de Legalidad. Distinción entre Estado de Derecho y Estado con Derecho.
2. Las fuentes formales del Derecho. La pirámide de Kelsen en sede administrativa (jerarquía de las normas). Artículo 7 de la Constitución Política y artículos 6,7 de la LGAP. La Ley Orgánica del CFIA, el Reglamento Interior General y los decretos de aranceles, el decreto del Código Eléctrico y sus reformas, los reglamentos dictados por la Junta Directiva o la Asamblea de Representantes (incluyendo el Código de Ética). Los conceptos de jurisprudencia (ver art. 13 de la LJC), costumbre, principios generales del Derecho (e.g. venire contra factum propium non valet y otro importante como es el de non reformatio in pejus) y la doctrina.
3. Campo de acción del Derecho Público y del Derecho Privado. Distinción. El poder de imperio, la subordinación, el principio de legalidad y la tutela del interés general como características del Derecho Público.

VI. **El Derecho Público y el CFIA**

1. Naturaleza jurídica del CFIA y la colegiatura obligatoria. Voto No. 5645-95 de la Sala Constitucional. El colegio como un ente público no estatal regido por el Derecho Público. El CFIA es una agrupación forzosa de particulares. Las cinco potestades que le reconoce la Sala Constitucional al colegio. La función social del ingeniero hace que se requiera la concesión del Estado para ejercer legalmente la profesión. El colegio actúa por delegación expresa del Estado.
2. Esquema organizacional del CFIA Nivel 1. Asamblea de Representantes (conformación). Junta Directiva General (conformación). Colegios que integran el CFIA, breve referencia historia. Asambleas de cada colegio. Junta Directiva de cada colegio.
3. Esquema organizacional del CFIA Nivel 2. Dirección Ejecutiva. Dirección de Ejercicio Profesional. Dirección de Operaciones. Dirección de Formación Profesional. Dirección de Talento Humano. Dirección Administrativa-Financiera. Departamentos que constituyen cada dirección, en particular los departamentos de Análisis y Verificación, Concertación, Resolución de Conflictos y Tribunales de Honor.
4. Requisitos de incorporación al CFIA Ver links del CFIA. La certificación del Registro Judicial de Delincuentes (hoja de delincuencia) y el principio de legalidad. Artículo 232 del Estatuto Orgánico de la Universidad de Costa Rica en relación con el artículo 322 del Código Penal. El artículo 14 del Reglamento Interior General del CFIA. La importancia de la boleta de beneficiarios del régimen de mutualidad y el monto de dinero a recibir por aquéllos. El breve curso de inducción y ética que se pide en el CFIA. La cuota anual a pagar según cada colegio.
5. El Reglamento especial para el otorgamiento de la condición de miembro ausente.
6. El Reglamento especial que regula el retiro voluntario de los miembros del CFIA.

VII. **El Derecho Privado y el CFIA**

1. Generalidades sobre contratos. Definición: artículos 627 y ss del Código Civil. El consentimiento: artículos 1007 y ss del Código Civil. El concepto de patrimonialidad. Requisitos subjetivos: capacidad jurídica y capacidad de actuar (personas físicas y personas jurídicas), artículo 36 del Código Civil. Requisitos objetivos: artículos 630 y ss del Código Civil. Elementos: la voluntad, la forma y la causa.
2. Contrato machote de servicios profesionales para consultoría (cláusulas orientadoras solamente). Tarifas mínimas que se debe cobrar por cada servicio. Cláusula de conciliación o arbitraje ante el Centro de Resolución de Conflictos CRC del CFIA. Protocolización del contrato ante Notario Público.

VIII. **Responsabilidades en el ejercicio profesional y su prescripción.**

1. Establecer para cada responsabilidad, de dónde se deriva y cómo se manifiesta.
2. Responsabilidad disciplinaria ante el CFIA Conductas que se subsumen en los tipos sancionatorios del Código de Ética del CFIA. Repasar el artículo 21 de dicho código.
3. Responsabilidad penal por delitos o contravenciones. La responsabilidad es siempre personal para (co)autores, cómplices o instigadores. Clases de penas. Principales: prisión, extrañamiento, multa e inhabilitación (absoluta o especial). Otros tipos de penas: artículos 50 y ss del Código Penal.
4. Responsabilidad civil contractual y extracontractual. El concepto de acción civil resarcitoria. La responsabilidad civil contractual y el vínculo previo. La responsabilidad civil extracontractual subjetiva directa o indirecta. La responsabilidad civil extracontractual objetiva. Artículos 1045 y ss del Código Civil. El resarcimiento de daños y perjuicios. Daño patrimonial o material. Daño extra patrimonial o moral. Los perjuicios o lucro cesante. La carga de la prueba.
5. La prescripción de las diferentes responsabilidades. Concepto. Prescripción negativa. Excepción de prescripción y sus efectos. Renuncia de la prescripción. Imposibilidad de declarar la prescripción de oficio. Conceptos de interrupción y suspensión de la prescripción. El problema de determinar el diez a quo. Prescripción y caducidad en la investigación preliminar, el criterio de la Sala Constitucional y el artículo 340 de la LGAP. El caso de los vicios redhibitorios.
6. La prescripción de la acción disciplinaria. El artículo 96 del Reglamento del CFIA de Costa Rica que regula los procedimientos de la aplicación de la ética profesional y sus efectos patrimoniales.
7. La prescripción de la acción civil. Artículo 1185 del Código Civil.
8. La prescripción de la acción penal. Artículo 31 del Código Procesal Penal.

IX. **Proceso disciplinario en sede administrativa. El caso del CFIA**

1. Reglamento del CFIA de Costa Rica que regula los procedimientos de la aplicación de la ética profesional y sus efectos patrimoniales. Centro de Concertación CCO (canalizar y facilitar). Centro de Resolución de Conflictos CRC. Centro de Análisis y Verificación CAF, criterios de oportunidad y justicia restaurativa, el regente (investigación preliminar). Departamento de Tribunales de Honor TH.
2. Procedimiento disciplinario stricto sensu. Diagrama de bloques. Constitución del Tribunal de Honor TH. El acto de intimación debe apegarse a lo dispuesto por la Sala Constitucional. Participación opcional del Centro de Resolución de Conflictos CRC del CFIA. Comparecencia oral y privada ante el TH, finalidad. La Junta Directiva General dicta el acto final. Garantías estrictas según el principio general del debido proceso y el Voto No. 1739-92 de la Sala Constitucional. Recursos ordinarios: revocatoria, apelación y reposición.
3. El Centro de Resolución de Conflictos CRC del CFIA y la Ley 7727 sobre la Resolución Alterna de Conflictos RAC. Mecanismos auto compositivos: Negociación, conciliación (CFIA), y mediación. Mecanismo hetero compositivo: El arbitraje (CFIA), de derecho o de equidad. Concepto de laudo arbitral.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0505 : Técnicas de Optimización		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

N/A

Objetivo general

Estudiar y aplicar diferentes métodos de optimización a problemas con características lineales y no lineales y que contemplen o no restricciones de diferentes tipos, esto, mediante la minimización o maximización de algún criterio o función definida para el problema en cuestión.

Objetivos específicos

1. Conocer los conceptos básicos relacionados con problemas de optimización
2. Revisar conceptos matemáticos utilizados en el campo de la optimización de sistemas
3. Revisión de criterios o funcionales de desempeño utilizados en la optimización
4. Estudio de diferentes métodos de optimización aplicables a problemas lineales o no lineales y que contemplen o no sus limitaciones físicas o restricciones.
5. Aplicar técnicas de optimización a problemas en campos variados tales como Sistemas de Potencia, Control Automático, Transporte, Economía, Operación de Sistemas Eléctricos, etc.
6. Conocer herramientas computacionales comerciales aplicables a problemas de optimización.

Contenidos

1. Introducción al curso de Técnicas de Optimización

2. Revisión de conceptos matemáticos relacionados con el campo de la optimización
3. Revisión y planteamiento de criterios de optimización o Funcionales de Desempeño
4. Funciones Multi-objetivo
5. Programación Lineal, Solución de Problemas de Programación Lineal, Método Primal Simplex, Concepto de Dualidad.
6. Programación No lineal
7. Métodos de búsqueda. Método de Gradiente Proyectada
8. Programación Dinámica Determinística
9. Programación Dinámica Estocástica

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
	IE0509 : Sistemas No Lineales	

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

N/A

Objetivo general

Que el estudiante adquiera el conocimiento de las propiedades y características de los sistemas no-lineales en contraste con aquellas de los sistemas lineales, así como las herramientas matemáticas fundamentales para el análisis de los sistemas dinámicos considerando la teoría de estabilidad de Lyapunov y la simulación digital de problemas específicos.

Objetivos específicos

1. Conocer los conceptos básicos sobre la teoría de sistemas no lineales.
2. Verificar las propiedades de los sistemas no lineales.
3. Aplicar técnicas para el análisis de Sistemas No Lineales.
4. Modelado y simulación de Sistemas No Lineales

Contenidos

Introducción al Analisis de Sistemas No Lineales

- El porque del Control No Lineal
- Comportamiento de Sistemas No Lineales
- Sistemas Lineales vs No lineales
- Modelo de Sistemas No Lineales
- Ejemplo de Sistemas No Lineales

Análisis en el Plano de Fase

- Conceptos del Análisis en el Plano de Fase:

1. Grafico de Fase (Phase Portraits)
2. Puntos Singulares
3. Simetría del Plano de Fase

- Construcción del Gráfico de Fase

1. Determinación del tiempo desde el Gráfico de Fase
2. Análisis de sistemas no lineales en el plano de fase
3. Existencia de Ciclos Limite

Fundamentos de la Teoría de Lyapunov

- Sistemas No Lineales y Puntos de Equilibrio.
- Concepto de Estabilidad
- Linealización y Estabilidad Local
- Método Directo de Lyapunov:

1. Funciones Positiva Definida y Funciones de Lyapunov
2. Teorema sobre Puntos de Equilibrio.
3. Teorema de Conjunto Invariante

- Análisis de Sistemas Basado en el Método Directo de Lyapunov:

1. Análisis de Lyapunov de Sistemas Lineales Invariantes en el tiempo
2. Metodo de Krasovskii
3. Método del Gradiente Variable
4. Interpretación Física de la Función de Lyapunov
5. Análisis de Comportamiento
6. Diseño de Control basado en el Método Directo de Lyapunov

Teoría Avanzada de Estabilidad

- Concepto de Estabilidad de Sistemas No Autónomos
- Análisis de Lyapunov de Sistemas No Autónomos:

1. Método Directo de Lyapunov para Sistemas No Autónomos
2. Análisis de Lyapunov de Sistemas Lineales Variantes en el tiempo
3. Método de Linalización para Sistemas No Autónomos

- Teoremas de Inestabilidad.
- Existencia de Funciones de Lyapunov
- Análisis de Lyapunov Utilizando el Lemma de Barbalat
- Sistemas Lineales Positivos
- Formalismo de Pasividad
- Estabilidad Absoluta, Criterio de Popov y del Circulo
- Establecimiento de Limites en Señales

Método de la Función Descriptiva

- Fundamentos de la Función Descriptiva:

1. Análisis de la Función Descriptiva
2. Aplicación
3. Suposiciones y Definiciones Básicas
4. Calculo de la Función Descriptiva

- No Linealidades Comunes

- Función Descriptiva de No Linealidades Comunes

- Análisis de Sistemas No Lineales con la Función Descriptiva

Lineanización por Retroalimentación

- Conceptos
- Herramientas Matemáticas
- Linealización Entrada – Estado de un SISO
- Linealización Entrada – Salida de un SISO
- Sistemas con Multiples Entradas

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0513 : Electrónica III		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso introductorio de electrónica de potencia cuyo tema eje son las fuentes de poder, tanto lineales como conmutadas. Además, se estudian dispositivos electrónicos de potencia, con énfasis en tiristores, aplicados a convertidores para el control de transferencia de potencia.

Objetivo general

Que el estudiante adquiera conocimientos y destrezas para el análisis y diseño de fuentes reguladas lineales, fuentes conmutadas, protecciones, análisis térmico, circuitos de transferencia de potencia, junto con otros temas de electróncia de potencia y su integración en un proyecto de diseño.

Objetivos específicos

1. Diseñar y analizar fuentes de alimentación reguladas y fuentes conmutadas.
2. Aprender sobre análisis y modelos térmicos en electrónica de potencia.
3. Aprender a analizar y diseñar circuitos electrónicos con tiristores.

Contenidos

1. Fuentes de corriente directa

- Fuentes reguladas lineales
  - Convertidores AC/DC
  - El concepto de regulación de línea y regulación de carga
  - Fuentes reguladas pasivas y fuentes reguladas activas
  - Topología de una fuente de alimentación regulada: análisis de lazo cerrado de control regulatorio
  - Fuentes reguladas lineales en serie y en derivación
  - Fuentes reguladas tipo STD, LDO y Quasi-LDO

    - Protecciones
    - Reguladores monolíticos LM340/LM78XX, LM320/LM79XX, y otros
    - Análisis térmico
    - Estabilidad*

- Fuentes conmutadas
    - Arquitectura de fuentes conmutadas de alta frecuencia: reductor (step-down, buck), elevador
      (step-up, boost) e inversor (buck/boost)
    - Topología y análisis de convertidores asincrónicos en modo continuo
    - Topología y análisis de convertidores asincrónicos en modo discontinuo
    - Selección paramétrica de componentes
    - Topología y análisis de convertidores asincrónicos aislados (flyback)
    - Reguladores PWM
    - Reguladores PWM monolíticos (TL5001, LM1578)

2. Dispositivos electrónicos de potencia

- Dispositivos pnpn: tiristores
    - Modelo de los tiristores, curva característica
    - Técnicas de encendido y apagado
    - Especificaciones del fabricante
    - Aplicaciones
- Otros dispositivos
    - MOSFET
    - IGBT
- Disipación de potencia y análisis de eficiencia
    - Modelo de conmutación para transistores y diodos de potencia
    - Modelo de disipación de potencia para tiristores
    - Cálculo de pérdidas en DC y en AC de las fuentes de corriente directa
    - Cálculo de eficiencia de las fuentes reguladas lineales y conmutadas

3. Otras aplicaciones

- Control de transferencia de potencia en AC
    - Sincronización de disparo de tiristores
    - Sincronizadores monolíticos (TCA785)
- Introducción a convertidores DC/AC (inversores)
    - Definición y arquitecturas básicas
    - Parámetros de desempeño
- Introducción a las tecnologías de baterías*

* Sujeto a disponibilidad de tiempo

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0521 : Estructuras de Computadoras Digitales II		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso orientado a que el estudiante adquiera los conocimientos necesarios para incursionar en el diseño y optimización de sistemas digitales complejos como procesadores y sistemas computacionales.

Objetivo general

Profundizar en temas avanzados de Estructuras de Computadores con el fin de familiarizarse con las técnicas más modernas de la disciplina.

Objetivos específicos

1. Analizar sistemas digitales complejos, que involucren varios módulos independientes y de diferentes
   jerarquías.
2. Diseñar sistemas digitales complejos, incluyendo computadoras y sistemas de control avanzados.
3. Emplear las técnicas más modernas de optimización de sistemas digitales.

Contenidos

1. Fundamentos de análisis y diseño cuantitativo
2. Introducción a la consistencia y coherencia
3. Fundamentos de coherencia
4. Motivación de consistencia de memoria y consistencia secuencial
5. Orden de almacenamiento total y el modelo de memoria x86
6. Consistencia de memoria relajada
7. Protocolos de coherencia
8. Protocolos de coherencia Snooping

9. Protocolos de coherencia de directorios
10. El paralelismo de nivel-instrucción y su explotación
11. Paralelismo de nivel de subproceso

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0523 : Circuitos Digitales II		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Bimodal. La plataforma virtual Metics será utilizada para poner a disposición del estudiante todos los documentos relevantes para el curso. Desde los documentos administrativos como esta carta al estudiante, los enunciados de tareas y proyectos, así como material de referencia y cualquier otro documento que se considere pertinente. De la misma forma, los trabajos y tareas desarrollados por los estudiantes deberán entregarse a través de la plataforma virtual en las fechas indicadas. La plataforma virtual NO sustituye, en ningún caso, las clases presenciales programadas según el horario establecido.

Objetivo general

POR DEFINIR

Objetivos específicos

1. Construir una descripción jerárquica de un sistema a partir de su nivel superior y descomponerla de forma iterativa en módulos cada vez con mayor detalle hasta llegar a módulos suficientemente sencillos que se puedan identificar con componentes disponibles en las tecnologías existentes.
2. Usar una metodología de diseño estructurada que parte de la descripción jerárquica del sistema para desarrollar un conjunto de circuitos digitales interconectados que repliquen el comportamiento funcional del sistema digital de manera verificable.
3. Modelar un sistema, tanto de forma conductual como de forma estructural incluyendo detalles que permitan estimar su desempeño temporal y de consumo de energía, usando un lenguaje de descripción de "hardware", como lo es Verilog.
4. Decidir sobre las distintas alternativas de construcción que ofrece la tecnología disponible para escoger el conjunto de componentes que mejor se ajuste a criterios de velocidad, consumo de energía, costo e impacto ambiental.

Contenidos

Semana	Temas	Entregas / Material de Trabajo
1	**Perspectiva histórica del diseño de sistemas digitales** ▪ Problemas relacionados al diseño de sistemas grandes: • Planeamiento • Necesidad de trabajo en equipo. • Complejidad de diseño: muchos detalles, escala. • Complejidad en la verifica-ción/validación. ▪ Historia (Mapas de Karnaugh, Quine-McClusky, Espresso, SIS, MVSIS, ABC, Yosys) ▪ Jerarquía de diseño / Niveles de descripción	**Martes:** ▪ Profesor entrega Tarea #1 **Viernes:** ▪ Estudiantes entregan Tarea #1 ▪ Profesor entrega Tarea #2 ▪ Profesor da especificaciones Proy#0
2	**Descripción conductual del circuito digital** ▪ Introducción a un lenguaje de descripción de hardware (HDL). ▪ Estructura de Verilog: módulos, procesos concurrentes, alambres y registros. ▪ Temporización básica. ▪ Conceptos de elaboración de pruebas	**Viernes:** ▪ Estudiantes entregan Tarea #2 ▪ Profesor entrega Tarea #3

3	**Construcción de una biblioteca de componentes** ▪ Restricciones al diseño: frecuencia máxima, consumo de energía, y costo. ▪ Parámetros temporales: t pdh , t pdl , t cdh , t cdl , t setup , t hold ▪ Código de instrumentación. ▪ Simulación de dispositivos con parámetros temporales y consumo de energía.	**Viernes:** ▪ Estudiantes entregan Tarea #3 ▪ Profesor entrega Tarea #4
4	**Síntesis manual del circuito** ▪ Estrategias de diseño: top-down, bottom-up ▪ Diseño manual de un sistema digital. ▪ Descripción lógica genérica y mapeo de tecnología. ▪ Segmentación del diseño ▪ Descripción estructural del diseño en Verilog ▪ Más Verificación/validación: el modelo de referencia ▪ Estimación de frecuencia máxima de operación, consumo de potencia y costo del diseño.	**Viernes:** ▪ Estudiantes entregan Tarea #4 ▪ Profesor entrega Tarea #5

5	**Síntesis automática del circuito** ▪ Uso de herramientas de síntesis automáticas ▪ Limitaciones de la síntesis automática. ▪ Descripción lógica genérica y mapeo de tecnología. ▪ Descripción estructural del diseño en Verilog ▪ Estimación de frecuencia máxima de operación, consumo de potencia y costo del diseño. ▪ Comparación con el diseño sintetizado manualmente.	**Viernes:** ▪ Estudiantes entregan Tarea #5 ▪ Estudiantes presentan los resultados del Proy#0 (Parte 1) ▪ Profesor da especificaciones Proy#1
6	**Elaboración de Pruebas** ▪ Modelado de Fallas: funcionales, atado-a (stuck-at) y de puente ▪ Pruebas funcionales. Construcción del verificador en el banco de pruebas. ▪ Pruebas estructurales para circuitos combinacionales.	**Viernes:** ▪ Estudiantes presentan los resultados del Proy#0 (Parte 2) ▪ Estudiantes hacen la presentación de la propuesta de diseño del Proy#1. Ver [1] abajo.

7	**Elaboración de Pruebas** - Introducción a DFT, “design for testability”. - Conceptos de observabilidad y controlabilidad. - Metodología del “Scan Path”. - Inclusión del “Scan Path” a la descripción estructural	**Viernes:** - Estudiantes hacen la presentación dede avance #1 del Proy#1. Ver [2] abajo.
8	**Comunicación entre subsistemas** - Comunicación unidireccional y bidireccional - Comunicación Sincrónica y Asincrónica - Comunicación Serial y Paralelo - Codificación de los datos - Ejemplos de estándares: RS-232, PCIe, USB, DDR, etc.	**Viernes:** - Estudiantes hacen la presentación de de avance #2 del Proy#1. Ver [2] abajo.

9	**Tecnología: Niveles de integración y dispositivos** ▪ Sistemas Complejos ▪ Partición Funcional de Sistemas Complejos ▪ Estrategias top-down y bottom-up ▪ Escalas de integración: SSI, MSI, LSI, VLSI, SOC ▪ Balance entre Hardware y Software / Niveles de Paralelismo ▪ Dispositivos Especiales: muxes, sumadores, memorias, microprocesadores, FPGAs, PLDs, ASICs, dispositivos de interfaz con señales analógicas.	**Viernes:** ▪ Estudiantes hacen la presentación de de avance #3 del Proy#1. Ver [2] abajo.
10	**Tecnología: Niveles de integración y dispositivos** ▪ FPGAs ▪ Memorias Dinámicas	**Martes:** ▪ Profesor da especificaciones Proy#2 **Viernes:** ▪ Estudiantes hacen la presentación final del Proy#1

11	**Descripción de sistemas digitales usando RTL** ▪ Algoritmos y RTL: Similitudes entre un programa y la transferencia entre registros. ▪ Alternativas de solución: Software vs. Hardware ▪ Notación RTL ▪ Partición Ruta de Datos (Data Path) y Control	**Viernes:** ▪ Estudiantes hacen la presentación de la propuesta de diseño del Proy#2. Ver [1] abajo.
12	**Descripción de sistemas digitales usando RTL** ▪ Mapeo de algoritmos a un ruta de datos y control ▪ Tabla de Transferencias entre Registros ▪ Transferencias incondicionales ▪ Transferencias condicionales	**Viernes:** ▪ Estudiantes hacen la presentación de de avance #1 del Proy#2. Ver [2] abajo.
13	**Descripción de sistemas digitales usando RTL** ▪ Esquemas de secuenciamiento con flip flops y latches: • Reloj de una fase • Reloj de dos fases • Reloj de pulsos	**Viernes:** ▪ Estudiantes hacen la presentación de de avance #2 del Proy#2. Ver [2] abajo.

14	**Descripción de sistemas digitales usando RTL**
	- Controladores: 1 ff/estado (one-hot), Richards, y microprogramado
	  - Velocidad de los controladores
	  - Saltos unidimensionales vs saltos multidimensionales
	  - Flexibilidad en la modificación de algoritmos
	- Paralelismo via entubamiento (Pipeline)
		Viernes:
		- Estudiantes hacen la presentación de de avance #3 del Proy#2. Ver [2] abajo.
		- Profesor entrega Tarea #6(controladores y pipeline)

15	**Descripción de sistemas digitales usando RTL**
	- Aprovechamiento de recursos en la ruta de datos
	  - Recursos independientes vs recursos compartidos
	  - Compromiso entre reducción de recursos y velocidad del sistema
		Viernes:
		- Estudiantes hacen la presentación final del Proy#2

16	**Descripción de sistemas digitales usando RTL** ▪ Comentar resultados de tarea sobre controladores / pipeline.	**Viernes:** ▪ Estudiantes entregan la Tarea #6 (controladores y pipeline)

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0527 : Ingeniería de Comunicaciones		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Éste es un curso de introducción a la ingeniería de comunicaciones basado en el análisis y diseño de sistemas de comunicaciones.

Objetivo general

Que el estudiante sea capaz de comprender y aplicar conceptos fundamentales y herramientas matemáticas básicas necesarios para analizar y diseñar sistemas de comunicaciones.

Objetivos específicos

1. POR DEFINIR

Contenidos

Parte 1. Redes de telecomunicaciones

- Introducción a las telecomunicaciones
  - Ejemplos de redes de telecomunicaciones
  - Servicios, redes y enlaces
  - Instituciones, estándares y medidas
- Introducción a las redes de computadoras
  - Hardware de red
  - Software de red
  - Modelos de referencia

Parte 2. Sistemas de comunicaciones

- Repaso de técnicas matemáticas útiles

- Sistemas de comunicaciones
  - Modelo general
  - Modelos de fuente y canal
  - Recursos y parámetros de desempeño
- Repaso de modelos de propagación de ondas electromagnéticas
- Enlaces
  - Modelos de transmisor y receptor
  - Presupuesto de enlace
  - Capacidad de canal
- Multiplexación y acceso múltiple
  - Definición de canales
  - Asignación de canales
  - Administración del espectro

Parte 3. Modulación

- Modulación analógica
  - Modulación de amplitud
  - Modulación angular
  - Ruido en modulación analógica
- Intermezzo: Conversión analógico-digital
  - Muestreo
  - Cuantización
  - Codificación
- Modulación digital
  - Señales banda-base
  - Modulación paso-banda
  - Ruido en modulación digital

Parte 4. Codificación

- Codificación de canal
  - Modelos de canal
  - Códigos lineales de bloques
  - Códigos convolucionales
- Codificación de fuente
  - Modelos de fuente
  - Entropía
  - Compresión sin pérdidas

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0528 : Laboratorio de Transmisión de Datos		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso teórico-práctico, en el cual se contempla: los conceptos y terminología más utilizada en la Transmisión de Datos; así también como la identificación de componentes inherentes, su aplicabilidad y funcionalidad. Se dará especial énfasis a los niveles 1, 2 y 3, del modelo OSI, dando especial énfasis a aspectos de diseño, implementación y detección y resolución de fallas. El enfoque será físico y lógico, este último en lo relacionado a análisis detallado de protocolos de capa 2 y 3. También se verá la transmisión de datos como soporte al tráfico convergente (voz y vídeo). Durante la segunda mitad del curso se dispondrá de la herramienta VIRL (Virtual Internet Routing Lab" de Cisco, para realizar configuraciones y simulaciones de múltiples tecnologías y soluciones en temas relacionados a la transmisión de datos. También se utilizará equipo variado de Routing & Switching, para llevar a cabo demostraciones y prácticas dirigidas, con el fin de reforzar conceptos visto teóricamente.

Objetivo general

Proveer el conocimiento necesario, y las habilidades requeridas para detectar requerimientos, manejar terminología. identificar componentes, diseñar e implementar, poseer elementos y criterio de "troubleshooting"; en el área de la transmisión de datos, como soporte también al tráfico convergente (Vos y vídeo). El participante estará en capacidad de comprender las tecnologías y soluciones aplicadas a la transmisión de datos, a través de demostraciones y prácticas asociadas. Esto se realizará durante la segunda mitad del curso, cuando se cuente con los equipos y soluciones para dicho fin.

Objetivos específicos

1. Evolución de la transmisión de datos: aplicabilidad y funcionalidad
2. Revisar conceptos fundamentales en el campo de la transmisión de datos
3. Identificar terminología utilizada para describir aplicaciones y otros aspectos de la transmisión de datos.

4. Identificar componentes, la funcionalidad de cada uno de ellos, y la interoperabilidad entre los mismos.
5. Entender la integración de soluciones de datos, voz y vídeo a nivel corporativo
6. Conocer los servicios que son ofrecidos en el mercado para Banda Ancha, tanto residencial como corporativo
7. Identificar las diferentes tecnologías de acceso ofrecidos por los proveedores de servicio, conociendo sus características y aplicabilidad, como soporte al tráfico de datos, como también a redes convergentes (datos, voz y vídeo).
8. Dotar de "tips" básicos para el diagnóstico y "troubleshooting" en la transmisión de datos
9. Crear destrezas en el análisis de protocolos de capa 2 y 3, para fines de "troubleshooting".
10. Utilizar equipo variado y simuladores, para reforzar los conceptos teóricos vistos en clase.
11. Entender el "rol" de la transmisión de datos como soporte al tráfico convergente.
12. Redes cableadas vrs Redes Inalámbricas, como soporte a la transmisión de datos, y el tráfico convergente (datos, voz y vídeo).
13. Diseñar básicamente redes de transmisión de datos como soporte a aplicaciones y servicios que demanda el mercado.
14. Tecnologías emergentes aplicadas a la transmisión de datos.

Contenidos

Evolución de la Transmisión de Datos: Aplicabilidad y funcionalidad

- Evolución de las Redes de Comunicación
- Componentes de Transmisión de Datos
- Transmisión de Datos: soporte de Redes Convergentes
- Tareas y Metas de la Interconexión de Redes
- Modelos de Conmutación
- Modelo OSI
- Protocolo
- Funciones de las Capas

Transmisión de Datos

- Conceptos y Terminología
- Transmisión de datos analógicos y digitales
- Multiplexación
- Señalización
- Perturbaciones en la transmisión
- Codificación y decodificación
- Detección y corrección de errores
- Control de flujo
- Ventana deslizante
- Control de Congestión

Redes de Comunicaciones

- Introducción a las comunicaciones en red

- Componentes de red
- Topologías de red de área local
- Tecnologías de red de área extensa
- Redes Inalámbricas
- Routing & Switching

Protocolos

- Introducción a los protocolos de interconexión de redes
- Protocolos de red: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet
- TCP/IP
- Protocolos de enlace: HDLC, PPP, FR, ATM
- Protocolos de enrutamiento

Tecnologías y Servicios de Banda Ancha, para la transmisión de datos

- Fundamentos técnicos de Banda Ancha residencial
- Servicios de Banda Ancha residenciales (Aplicaciones Triple Play, Analog TV, Digital TV, Interactive TV, Video on Demand, www, Datacasting, etc)
- Proveedores de Servicio
- Redes de Acceso de Banda Ancha
- Cable TV
- xDSL
- FTTx
- Wireless (Wi-Fi, WIMAX, 3G/4G/5G)
- VSAT

Redes Convergentes o Multiservicio (datos, voz y vídeo)

- Qué es convergencia?
- Evolución de la tecnología
- Requerimientos Multimedia
- Comunicaciones IP & Servicios en Tiempo Real
- IP Telephony
- Las empresas están construyendo redes convergentes
- Modelos de Telefonía IP
- QoS
- Voice over "X"
- H.323
- Gateways
- Audio (G723.1/G729)
- Video
- Aplicaciones

Integración de Redes de Voz y Datos

- Fundamentos de Telefonía
- La voz sobre el protocolo IP (VoIP)

- Estándares de VoIP
- Introducción a los Voice Gateways
- Llamadas VoIP
- Contact Centers, mensajería unificada, CTI
- Telefonía IP
    - Arquitectura
    - Implementación
    - Administración
- Diseño de redes de voz sobre paquetes

Redes Inalámbricas

- Comprensión de las WLAN
- Componentes y tecnologías WLAN
- Topologías inalámbricas
- Seguridad en WLAN
- Site Survey
- VoIP y voz sobre WLAN
- QoS en WLAN

Tendencias Tecnológicas

- IoT (Internet de las Cosas)
- Cloud Computing

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0529 : Sistemas Móviles en Comunicaciones		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

POR DEFINIR

Objetivo general

Capacitar al estudiante en los principios básicos de la Tecnología Celular Moderna.

Objetivos específicos

1. Dar a Conocer las bases de los modelos de propagación que soportan la tecnología celular, así como los conceptos básicos de tráfico
2. Dar a conocer al estudiante las bases de la tecnología GSM-CDMA.
3. Dar a conocer al estudiante las bases de los estándares de 3G.

Contenidos

TEMA I Principios de Tecnología Celular

- Entorno de los Sistemas Móviles
- Concepto de celda
- Complementos de un sistema celular:
  - Radiobase
  - Controladora
  - Control de Conmutación

- Sistemas radiantes

TEMA II Planeamiento de una red celular

- Modelos de predicción para el Servicio Móvil
- Dimensionamiento de un sistema móvil
- Planeamiento de la cobertura
- Planeamiento de frecuencias
- Análisis de interferencias
- Análisis de errores comunes en la implementación de un sistema celular.
- Roaming y hand-off

TEMA III Tecnología GSM

- Origen de la tecnología GSM
- Arquitectura de red GSM
- Estándares de la tecnología GSM
- Evolución de la tecnología GSM (GPRS)
- Aplicación en Costa Rica

TEMA IV Tecnología

- Origen de la tecnología CDMA
- Aspectos principales de la tecnología CDMA:
- Receptor Rake
- Control de potencia
- Vocoder variables
- Soft-Hand-off
- Softer-Hand-off
- Dimensionamiento del sistema CDMA
- Aplicación de la tecnología CDMA para el servicio fijo.

TEMA V Tercera generación (3G) y LTE

- Orígenes de la tercera generación
- Estándar WCDMA
- Estándar CDMA 2000
- Tecnología LTE

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0530 : Laboratorio de Telecomunicaciones		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Los temas serán variados, tratando de abarcar las principales modulaciones analógicas y digitales, así como también análisis de ruido y de Bit Error Rate (BER), introduciendo conceptos de detección y corrección de errores. Terminando con los patrones de transmisión de los sistemas OFDM.

Objetivo general

Este curso tiene como objetivo presentar herramientas y equipos utilizados para el análisis y diseño de sistemas de comunicaciones. Se estudiarán conceptos teóricos y se realizarán simulaciones en MatLab.

Objetivos específicos

1. Programar pequeños sistemas en MatLab para realizar simulaciones, ya sea por medio de código o en Simulink.
2. Analizar diferentes tipos de modulaciones analógicas y digitales, comparando eficiencias de ancho de banda, relación señal a ruido y potencia.
3. Realizar análisis de ruido e introducir conceptos de detección y corrección de errores generador por el ruido y la distorsión en el canal de transmisión.
4. Analizar los patrones de modulación complejos utilizados en sistemas de comunicaciones actuales, por ejemplo 802.11.

Contenidos

Experimentos:

- Conceptos básicos de la transformada de Fourier, conversión AnalógicaDigital y representación de señales digitales en MatLab.
- Modulación de amplitud analógica. DSB, DSBSC, SSB, I/Q.

- Modulación digital: Codificación por desplazamiento de fase (PSK) y codificación por desplazamiento de amplitud (ASK).
  - Canal simple, ruido aditivo.
  - Taza de Error (BER).
  - Códigos de corrección de errores: Bloques.
- Modulación digital: Modulación en cuadratura (QAM).
  - Canal simple, ruido aditivo.
  - Canal complejo, distorsiones de ruta múltiples.
  - Taza de Error (BER).
  - Códigos de corrección de errores: Bloques y convolución.
- Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM).
- Experimento especial (tema libre).

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0537 : Radiometría y Fotometría		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Curso electivo del programa de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica. Se presenta la teoría y la práctica de la radiometría y la fotometría, que corresponde a la medición normalizada de la radiación óptica. Se estudian los conceptos y la terminología utilizada en el uso de instrumentos de medición de UV, IR y visible, principios de colorimetría, normas, radiación de cuerpo negro y otras fuentes de radiación óptica, detección de la radiación óptica, mediciones de flujo y energía de un haz láser, radiómetros y fotómetros, medidores de irradiancia y radiancia, medidores de iluminancia y luminancia, calibración de fotómetros y control de calidad de la iluminación en sitios de trabajo.

Objetivo general

Analizar los fundamentos de la radiometría, la fotometría y la colorimetría, aplicables en la utilización y calibración de radiómetros y fotómetros, y el uso de normas vigentes en fotometría para el diseño de iluminación.

Objetivos específicos

1. Utilizar adecuadamente los términos y conceptos vigentes en radiometría, fotometría y colorimetría.
2. Describir las características teóricas y prácticas de diversas fuentes y detectores de radiación óptica.
3. Comprender generalidades de diseño, utilización y calibración de radiómetros y fotómetros.
4. Aprender acercar de normas vigentes en fotometría utilizadas en el diseño de iluminación.

Contenidos

1. **Introducción histórica a la radiometría y la fotometría:** inducción conceptual, inducción histórica: propagación rectilínea de la luz, medidores fotoeléctricos de iluminación, historia posterior.

2. **Conceptos fundamentales de radiometría:** terminología y normas, repaso de radiación óptica, terminología, definiciones fundamentales, radiadores lambertianos y ley de coseno de Lambert, relaciones de radiancia, irradiancia, intensidad y flujo, teoría electromagnética, polarización y flujo de fotones.
3. **Cuerpo negro y otras fuentes de radiación óptica:** radiación de cuerpo negro, ley de Planck, ley de desplazamiento de Wien, eficacia luminosa de radiación de cuerpo negro, color y distribución de temperatura, ley de Stefan-Boltzmann, intercambio de radiación, aproximación experimental de cuerpo negro, otras fuentes prácticas de radiación óptica.
4. **Conceptos fundamentales de fotometría:** teoría de la luz, definiciones fotométricas, terminología y normas, intensidad luminosa, luminancia y brillo, luminancia y visión, molestia por resplandor, iluminación e iluminancia.
5. **Detección de la radiación óptica:** conceptos básicos, clasificación de detectores, caracterización de desempeño del detector, acondicionamiento de flujo antes del detector, acondicionamiento de señal después del detector, calibración del detector.
6. **Conceptos fundamentales de colorimetría:** norma CIE 1931, especificaciones, triestímulo, observador patrón, temperatura de color.
7. **Radiómetros y fotómetros:** medidores de irradiancia y radiancia, medidores de iluminancia y luminancia, repeso de mediciones, conceptos de metrología, calibración de fotómetros, norma INTE 31-08-06.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0539 : Comunicaciones por Fibra Óptica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

En este curso electivo se cubren los fundamentos de la comunicación óptica y el análisis para el diseño de sistemas de comunicación por fibra óptica.

Objetivo general

Aprender los principios teóricos y prácticos de las comunicaciones por fibra óptica.

Objetivos específicos

1. Comprender los fundamentos de la transmisión por fibra óptica
2. Entender el funcionamiento de los componentes utilizados en sistemas de comunicación óptica
3. Explicar la operación de dispositivos optoelectrónicos en transmisores y receptores ópticos
4. Analizar la modulación, el ruido y la detección en sistemas ópticos
5. Describir los principios de diseño en sistemas de comunicación for fibra óptica

Contenidos

- Generalidades de los sistemas de comunicación por fibra óptica 1 semana: perspectiva histórica, bloques del sistema básico, sistemas de unidades y constantes, naturaleza de la radiación óptica, aplicaciones de la fibra óptica.
- Fundamentos de comunicaciones ópticas 2 semanas: revisión de óptica geométrica, lentes y óptica física, propagación de ondas, polarización, leyes de Fresnel y ángulo crítico, dispersión.

- Guías de onda óptica 3 semanas: fibra óptica de índice escalonado y de índice gradual, atenuación, modos en fibra óptica, dispersión, distorsión de pulso y razón de información, métodos de fabricación.
- Fuentes ópticas 3 semanas: operación de IRED y diodos Láser (LD), LD sintonizables y de ancho espectral angosto, amplificadores ópticos, formatos de modulación analógica y digital, circuitos transmisores para modulación analógica/digital
- Detectores ópticos 3 semanas: principios de fotodetección, fotodiodo PIN, fotodiodo de avalancha, ruido en detección, razón señal a ruido, razón de error, otros ruidos en emisión y propagación, circuito receptor.
- Redes de distribución 2 semanas: conectores y empalmes, acoples de extremo, redes ópticas, componentes de óptica de fibra, multiplexación por división de longitud de onda.
- Diseño de sistemas ópticos 2 semanas: diseño de sistema analógico, diseño de sistema digital.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0541 : Seguridad Ocupacional		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

La Importancia de la Salud y la Seguridad en el Trabajo, debe ser considerada como algo fundamental, por parte de las autoridades de los países. Debe recordarse que la mitad de la población adulta trabaja en algún tipo de empresa, con frecuencia en condiciones inadecuadas, lo cual tiene relación directa con la capacidad productora de la población y por tanto con la economía nacional.

En definitiva las estadísticas de accidentes y enfermedades que se derivan del trabajo, enmascaran el daño y el sufrimiento que cada suceso de esta índole, trae a los trabajadores y a sus familiares. Además de los costos en vidas humanas, los accidentes y enfermedades derivadas del trabajo, presentan un elevado costo a los trabajadores, a las empresas y a la sociedad en general.

Según la OIT existe una epidemia silenciosa de las enfermedades profesionales que causan el 86 % de las muertes. "La Nueva Epidemia Global Escondida, incluye desórdenes músculo-esqueléticos, estrés ocupacional y enfermedades causadas por tecnologías emergentes"; responsables de ausentismo, hábitos no saludables y relación con enfermedades no transmisibles.

Algunos estudios realizados en países desarrollados, indican que el costo de los incidentes, los accidentes de trabajo y enfermedades derivadas del trabajo, se sitúan aproximadamente entre 5 % y el 10 % de los beneficios brutos de todas las empresas de un país. Además, los costos no asegurados de los accidentes representan entre 8 y 36 veces los costos asegurados. Por lo tanto, además de razones éticas y legales, existen importantes razones económicas para reducir los daños derivados del trabajo.

No solo basta reducir los costos, sino que la aplicación de un sistema eficaz de prevención de riesgos laborales, supone una mejora de la productividad y de la competitividad de las empresas.

Las acciones en prevención de riesgos laborales, implican evitar o minimizar las causas de los accidentes y de las enfermedades derivadas del trabajo; es por ello que las organizaciones deben dar la misma importancia, en lograr un alto nivel en la gestión de la prevención de riesgos laborales, como en otros aspectos fundamentales de la actividad empresarial. Para ello, es preciso adoptar un criterio estructurado para la identificación, evaluación y control de los riesgos laborales.

El trabajo es parte fundamental en la vida de todo, pero la vida moderna y sus múltiples exigencias de productividad y competitividad entre otras, nos enferman y deterioran. El autocuidado y la atención de los riesgos pueden hacer la diferencia, para vivir más y vivir mejor.

Objetivo general

Analizar y valorar la importancia de una cultura de prevención de riesgos laborales, a través del conocimiento de los factores de riesgo y las medidas de intervención para la gestión de riesgos profesionales y la promoción de la Salud y la Seguridad Ocupacional.

Objetivos específicos

1. Contribuir a la formación de profesionales en Ingeniería Eléctrica, que impulsen el desarrollo del conocimiento y la aplicación de este, en las áreas de la Salud y la Seguridad Ocupacional, favoreciendo con ello la Promoción de la Salud en la población laboral.
2. Preparar a los profesionales en Ingeniería Eléctrica para enfrentar los problemas que se presentan, por las malas prácticas laborales y así evitar riesgos y accidentes laborales.
3. Aplicar las medidas de seguridad, para contribuir a evitar accidentes laborales.
4. Generar conocimiento científico en el área de la Salud y la Seguridad Ocupacional, a través de la participación del profesor y la experiencia de los alumnos.
5. Conocer acerca de la legislación y normas existentes en el campo de la Salud y Seguridad Ocupacional.
6. Participar en la elaboración de políticas, planes, programas y proyectos de Salud y Seguridad Ocupacional, en una determinada empresa o institución.

Contenidos

Introducción a la Salud Ocupacional

- Antecedentes históricos de la Salud Ocupacional
  - Mundial Costa Rica
- Generalidades
  - Conceptos: Salud, Trabajo, Ambiente, Salud Ocupacional, Riesgo, Riesgos del Trabajo, Peligro Daños Ocupacionales, Seguridad, Higiene Industrial.
- La Salud Ocupacional como Ciencia Interdisciplinaria
- Relación Salud-Trabajo-Ambiente
  - Agente-Huésped-Ambiente
- Salud Ocupacional y Competitividad

Riesgos del Trabajo

- Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (CyMAT)
- Factores de Riesgo

- Consecuencias – Prevención
- Evaluación de Riesgos

Accidentes e incidentes en el trabajo

- Accidente de trabajo - Incidente en el trabajo
- Enfermedades del trabajo
- Modelo de Causalidad de Frank E. Bird
    - Causas Inmediatas - Actos inseguros
    - Condiciones inseguras - Causas básicas - Falta de control
- Índices estadísticos de siniestralidad

Importancia del consumo de agua para la salud del trabajador
Riesgos Físicos

- Ruido
- Vibraciones
- Iluminación
    - Ambientes térmicos Exposición al calor - Exposición al frío
- Radiaciones
- Equipo de protección

Riesgos Químicos

- Clasificación
- Toxicología laboral
- Equipo de protección

Riesgos Biológicos

- Generalidades de los riesgos biológicos
- Equipo de protección

Factores de Riesgo Tecnológico y Seguridad

- Riesgos eléctricos
- Ley de Ohm
- Equipo de protección

Factores de Riesgo Ergonómico

- Principios de Ergonomía Ergonomía en la oficina

Otros factores de Riesgo

- Carga de trabajo
    - Carga Mental - Síndrome Burnout

Programa 5 S

- Concepto
- Objetivos

Mapeo de riesgos

- Trabajo en espacios confinados
- Señalización de Seguridad

Reglamento de Seguridad en Construcción

- Número 25235 MTSS

Normas OHSAS 18000

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0545 : Mediciones Ópticas		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Curso electivo para estudiantes de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica en Fotónica y Láser sugerido a los estudiantes para realizar proyecto de graduación en estos temas. El curso brinda herramientas para desarrollar proyectos utilizando equipo óptico.

Objetivo general

Aprender diversos métodos de mediciones ópticas aplicando radiación óptica coherente e incoherente y el uso de equipo óptico.

Objetivos específicos

1. Conocer las normas, unidades y símbolos utilizados en la medición de radiación óptica.
2. Aprender las aplicaciones prácticas de la interferometría, la difracción y la espectrometría.
3. Aprender las características de mediciones prácticas con un haz Láser.
4. Comprender las características de los sensores optoelectrónicos
5. Comprender las mediciones en fibra óptica.

Contenidos

1. **Repaso de sistema internacional de unidades:** ISO 31:0, ISO 31:6, RTCR-26:2000.
2. **Interferometría:** longitud, ángulo y rotación: interferómetro de Rayleigh, franjas en cuñas y bloques patrón, interferómetro Twyman Green, patrón de longitud, experimento Michelson Morley, interferómetro en anillo, interferómetro de fibra óptica, giroscopio con Láser, medición de ancho angular, efecto de ancho de la ranura, coherencia. Casos de mediciones de interferometría.
3. **Retícula de difracción y sus aplicaciones:** definición de retícula de difracción, patrón de difracción, efectos de ancho y forma de ranura, transformada de Fourier en la teoría de retícula,

órdenes perdidos y retículas de rayado, retículas cóncavas, retículas especiales, fabricación. Casos de mediciones con retículas de difracción.

4. **Espectrometría:** líneas espectrales, ancho de línea y forma de línea, espectrómetro de prisma, espectrómetro de retícula, potencia de resolución en longitud de onda, potencia de resolución de espectrómetro de prisma, potencia de resolución de espectrómetro de retícula, espectrómetro Fabry Perot, espectrómetro de doble haz, espectrometría de transformada de Fourier.. Casos de mediciones de espectrometría.
5. **Láser:** generación de haz coherente, irradiancia de haz, divergencia y haz gausiano, tipos de dispositivos Láser, establización de frecuencia, frecuencia de referencia y error de señal, ancho de línea, coherencia espacial, speckle, coherencia temporal y longitud de coherencia, duración de pulso, Q switching, mode locking, radiancia, enfoque de haz, momento del fotón: pinzas ópticas y atrapamiento para enfriamiento con Láser, óptica no lineal. Casos de mediciones con Láser.
6. **Sensores optoelectrónicos:** teoría general de fotodiodos semiconductores, fotodiodos de avalancha, ruido, detección espectral. Casos de sensores optoelectrónicos.
7. **Mediciones con fibra óptica:** consideraciones experimentales generales con fibra ótpica. Casos de mediciones de atenuación, perfil de índice de refracción, AN, dispersión de pulso y ancho de banda, longitud de onda de corte, pérdida de curveo, diámetro de campo modal, diámetro de campo de modo gausiano, birrefringencia.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0559 : Energía Solar Fotovoltaica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

En este curso se estudiarán los conceptos fundamentales de la radiación solar y las características técnicas de los componentes que constituyen un sistema fotovoltaico. Este curso se respalda con la experiencia acumulada en la realización de proyectos fotovoltaicos, lo cual propicia tanto el aporte docente como la experiencia técnica de campo.

Objetivo general

Brindar los conocimientos generales sobre las aplicaciones prácticas de la energía solar fotovoltaica de pequeña y mediana potencia, potenciando así las expectativas profesionales dadas las previsiones de demanda de servicios calificados en este nuevo campo de la industria eléctrica, como consecuencia del previsible incremento de este tipo de instalaciones en el futuro cercano.

Objetivos específicos

1. Capacitar al estudiante en la comprensión de esta fuente de energía renovable y en la estimación de su potencial de explotación según las condiciones climáticas del sitio.
2. Capacitar al estudiante a un nivel básico de entendimiento de los conceptos para dimensionar, calcular, presupuestar y desarrollar la instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica.
3. Comprender las regulaciones vigentes que aplican en él aprovechamiento de esta tecnología, así como los aspectos tarifarios que afectan su utilización.
4. Elaboración de un proyecto donde el estudiante aplique los conceptos estudiados.

Contenidos

Introducción a la Energía Solar

- Energía Radiante
- La energía del Sol, radiación solar; la constante solar
- Efecto de la atmósfera.
- Irradiación sobre una superficie.

Conceptos elementales de astronomía de posición solar

- Posición del Sol
- Coordenadas solares
- Las estaciones del año.

Conversión de la energía solar.

- Procesos naturales.
- Procesos tecnológicos de conversión útil de la energía solar.
- Procesos directos de conversión eléctrica.

Electricidad fotovoltaica.

- Historia de la electricidad fotovoltaica
- El efecto fotoeléctrico
- La celda fotoeléctrica.
- Tipos de celdas fotoeléctricas.

El módulo fotovoltaico (panel solar).

- Características eléctricas.
- Interconexión de módulos.
- Características físicas.
- Estructura de soporte y anclaje.
- Mecanismos de seguimiento solar.

Tipos de instalaciones fotovoltaicas.

- Instalaciones fotovoltaicas en isla.
- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Componentes de una instalación fotovoltaica aislada.

- Conceptos fundamentales sobre baterías.
- Descripción, tipos, capacidad y conexión de las baterías.

- Ciclos de carga y descarga del banco de baterías
- Comportamiento del banco de baterías en una instalación fotovoltaica
- Reguladores de voltaje: tipos de reguladores y necesidad del regulador
- Inversores: necesidad del uso del inversor

Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.

- Criterios de partida: estudio de las necesidades a cubrir, cargas y consumo
- Cálculo de la capacidad y determinación de la batería.
- Cálculo de la potencia de los paneles fotovoltaicos.
- Cálculo de los elementos de la instalación, reguladores, dimensionado del inversor, sección del conductor; otros elementos.
- Estudio de viabilidad: caso de ejemplo, definición y proceso de cálculo.

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

- Presentación del proyecto.
- Memoria y Cálculos.
- Planos y Presupuesto.

Ejecución y mantenimiento de una instalación fotovoltaica.

- Procesos previos al inicio de la instalación.
- Fases del proceso de montaje: conexión de los paneles, montaje del banco de las baterías; montaje de los equipos de regulación y control; cableado general de la instalación
- Puesta en marcha y entrega de la instalación.
- Operaciones de mantenimiento
- Localización y reparación de averías
- Seguridad eléctrica
- Casos prácticos: proyectos fotovoltaicos conectados a la red.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0563 : Diseño de Sistemas de Iluminación		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso es una materia electiva que se dirige a estudiantes de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica en general para brindar fundamentos profesionales en la práctica del diseño. El enfoque es aprender la teoría básica de diseño de sistemas de iluminación, basado en los conceptos aprendidos en el curso previo de Radiometría y Fotometría. Se desarrollan técnicas de diseño de iluminación interior, mediante la utilización de software de útima generación que permite la simulación en 3D de los espacios, examinando los resultados y comparándolos con los esperados según la normativa nacional e internacional. También se desarrollan las técnicas de diseño de iluminación exterior para diferentes aplicaciones usando la misma herramienta computacional.

Objetivo general

Por definir

Objetivos específicos

1. Conocer los fundamentos de diseño de iluminación en espacios interiores.
2. Conocer los fundamentos de diseño de iluminación en espacios exteriores.
3. Conocer las normativas aplicables al tema de diseño de sistemas de iluminación.
4. Usar las herramientas computacionales disponibles para llevar a cabo un diseño en forma científica y profesional.

Contenidos

- **Repaso de Conceptos bàsicos:** ISO 31:0, ISO 31:6, RTCR-26:2000, la luz, la visión (fisiología del ojo, proceso de la visión, sensibilidad, adaptibilidad, campo visual), el contraste, la nitidez, el color (el color como fenómeno físico, efecto de luz coloreada sobre objetos con color, el color como fenómeno sensorial, mezclas de colores (sistemas RGB y de Munsell)).

- **Lámparas y Luminarias:** Lámparas incandescentes (el fenómeno de la incandescencia, características fotométricas, características cromáticas (rendimiento en color y temperatura de color) características de duración, factores externos que influyen en el rendimiento de la lámpara incandescente, partes de una lámpara incandescente, tipos de lámparas incandescentes (lámparas no halógenas, lámparas halógenas). Lámparas de descarga (El principio de funcionamiento, elementos auxiliares, eficacia, características cromáticas, características de duración, factores externos que influyen en el funcionamiento de las lámparas de descarga, tipos de lámparas de descarga (lámparas fluorescentes, lámparas de vapor de mercurio, lámparas de luz de mezcla, lámparas con halogenuros metálicos, lámparas de vapor de sodio. Luminarias. Clasificación según las características ópticas (directa, general difusa, semi-directa), clasificación según las características mecánicas, clasificación según las características eléctricas, clasificación según la aplicación.
- **Conceptos fundamentales Diseño de interiores:** Aspectos psicológicos, aspectos estéticos, aspectos de seguridad ocupacional, El deslumbramiento, lámparas y luminarias de aplicación en espacios interiores. El color como parámetro de diseño, (rendimiento del color y temperatura del color), niveles de iluminación en función de la tarea o uso del espacio. Sistemas de alumbrado (iluminación directa, semidirecta e indirecta), métodos de alumbrado (iluminación general e iluminación localizada), depreciación luminosa y mantenimiento. Métodos de Diseño. Punto a Punto y Cavidad Zonal.
- **Conceptos fundamentales de Diseño de Exteriores:** Alumbrado de vías públicas, método de los lúmenes o del factor de utilización, métodos numéricos, el método de los nueve puntos, cálculo de las luminancias. Métodos de posicionamiento de luminarias en vías (tramos rectos, dos o más calzadas, tramos curvos, cruces, pasos peatonales, plazas y rotondas. Alumbrado de áreas residenciales y peatonales, Alumbrado de túneles, Iluminación con Proyectores (alumbrado de áreas industriales, áreas deportivas, iluminación de edificios y monumentos).

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0565 : Ingeniería de Alta Tensión		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

En el presente curso, se brindarán las herramientas para el análisis, comprensión y estudio de sistemas de alta tensión. Se estudiarán temas de ciencia de los materiales, relacionados con materiales dieléctricos, así como el fenómeno de las sobretensiones. Se dará una introducción al tema de la coordinación de aislamiento, para finalizar con el análisis y estudio de la naturaleza de las pruebas dieléctricas de alta tensión. De igual manera, se plantearán las bases para la investigación de los fenómenos de alta tensión presentados en máquinas eléctricas y los sistemas de potencia en general.

Objetivo general

Brindar los conocimientos básicos en ingeniería de alta tensión, a fin que el estudiante tenga las herramientas necesarias para la toma de decisiones, así como los criterios para la selección de materiales, pruebas eléctricas de alta tensión y el estudio de los fenómenos que conllevan este campo.

Objetivos específicos

1. Estudiar los componentes y materiales utilizados en aislamiento eléctrico.
2. Brindar los criterios para el diseño y selección en la coordinación de aislamiento.
3. Comprender el fenómeno de sobretensiones y perturbaciones.
4. Comprender la naturaleza de las pruebas eléctricas de alta tensión.
5. Desarrollar investigación en la ingeniería de alta tensión.

Contenidos

Tema 1: Materiales Dieléctricos (16 horas)
Conceptos afines y generales
Tipos de materiales

Electroconductividad de los dieléctricos
Polarización de los dieléctricos
Pérdidas dieléctricas
Materiales dieléctricos sólidos:

1. Ruptura dieléctrica intrínseca
2. Ruptura dieléctrica por efecto Streamer
3. Ruptura dieléctrica por efectos electromecánicos
4. Ruptura dieléctrica por efectos térmicos
5. Ruptura dieléctrica por efectos de erosión

Materiales dieléctricos líquidos:

1. Ruptura dieléctrica electrónica
2. Mecanismos de partículas sólidas
3. Ruptura dieléctrica por cavitación
4. Modelos de ruptura dieléctrica por electro convección y electro hidrodinámica

Materiales dieléctricos gaseosos:

1. Ley de los gases
2. Ionización y procesos de ruptura
3. Procesos Catódicos y efectos secundariosMecanismos de ruptura dieléctrica
4. Ley de Paschen
5. Ruptura en campos uniformes y no uniformes
6. Efecto de polarización
7. Ruptura dieléctrica bajo tensiones de impulso

Tema 2: Fuente de alta tensión y medición (4 horas)
Fuentes de tensión de corriente directa:

1. Conversión AC a DC
2. Generadores electroestáticos
   a) Fuentes de tensión de corriente alterna:
3. Circuitos resonantes serie

1. Generadores impulsos de alta tensión
2. Generadores de impulsos de alta corriente
3. Medición de tensión de corriente alterna y corriente directa:
   a) Voltímetros electroestáticos
   b) Medición por esferas
   c) Divisores de tensión

Tema 3: Técnicas destructivas y NO destructivas para valoración de dieléctricos (8 Horas)
Prueba de Resistencia al aislamiento:

1. Generalidades de la prueba
2. Circuito de conexión
3. Aplicaciones

Prueba de factor de potencia:

1. Generalidades de la prueba
2. Circuito de conexión
3. Aplicaciones

Prueba de Descargas Parciales:

1. Generalidades de la prueba
2. Circuito de conexión
3. Aplicaciones

Prueba de Potencial Inducido:

1. Generalidades de la prueba
2. Circuito de conexión
3. Aplicaciones

Prueba de Potencial aplicado:

1. Generalidades de la prueba
2. Circuito de conexión
3. Aplicaciones

- Prueba de Espectroscopía dieléctrica:

1. Generalidades de la prueba
2. Circuito de conexión
3. Aplicaciones

Tema 4: Prueba de Impulso Atmosférico (6 horas)

- Generalidades y naturaleza de la prueba. Principio básico del generador de impulsos
- Forma de onda normalizada de la tensión de impulso
- Circuito de carga y Generador de impulsos multietapas y esquema completo del circuito de prueba de impulso
- Métodos de medición de la tensión de impulso y sistema de prueba de impulso y Osciloscopio
- Capacitancia del generador de impulsos
- Introducción al generador de impulsos marca HAEFELY
- Generalidades y características principales
- Conexiones y calibración, rango de operación y condiciones ambientales
- Intervalo de impulsos y dispositivos generales
- Norma IEC 60060, IEC 60076
- Norma IEEE C57.12.90

- Análisis de resultados de la prueba de impulso atmosférico

Tema 5: Prueba de Impulso de Maniobra (6 horas)

- Generalidades y naturaleza de la prueba. Principio básico del generador de impulsos
- Forma de onda normalizada de la tensión de impulso y circuito de carga
- Generador de impulsos multietapas y esquema completo del circuito de prueba de impulso
- Métodos de medición de la tensión de impulso y sistema de prueba de impulso y Osciloscopio
- Capacitancia del generador de impulsos
- Norma IEC 60060, IEC 60076
- Norma IEEE C57.12.90
- Análisis de resultados de la prueba de impulso de maniobra

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0569 : Sistemas de Potencia II		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0571 : Diseño Eléctrico Industrial II		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Los sistemas de distribución de energía eléctrica poseen diversas variaciones en sus esquemas constructivos, las mismas dependen de múltiples factores, los cuales condicionan su ejecución. El curso desarrolla los temas generales de la Distribución Eléctrica Subterránea de Potencia para ser impartido como materia electiva a nivel de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica.

Objetivo general

Dotar al estudiante de Ingeniería Eléctrica de los conocimientos complementarios adecuados para desarrollar un proyecto de distribución eléctrica subterránea, conociendo los múltiples elementos que lo componen así como sus características, normativa vigente, posibles costos y criterios de elección.

Objetivos específicos

1. N/A

Contenidos

1. **Cable para distribución eléctrica subterránea de Baja Tensión.** Desarrollo histórico. Construcción del cable para baja tensión. Normas aplicables. Componentes del cable de baja tensión. Capacidad de transporte de energía. Cálculos mecánicos (Tensión de tiro y esfuerzos laterales en ductos). Impedancias para corto circuito y sus respectivas protecciones.
2. **Planificación de un proyecto y criterios de diseño para Baja Tensión.** Estudios básicos. Demanda. Crecimiento de demanda. Cargabilidad (Cable y Transformador). Criterios de diseño. Selectividad de carga. Cortocircuito secundario. Opciones topológicas. Planos constructivos. Manual CIEMI. Desarrollo de ejemplos prácticos reales.
3. **Elementos de conexión para Baja Tensión.** Conectores para salidas múltiples de transformador (Espiga y Paleta), Conectores para salidas múltiples de cables principales y de acometidas. Normativa aplicable, Concepto de sumergible y resistente al agua.

4. **Transformadores de distribución para sistemas subterráneos.** Generalidades. Definición. Normas aplicables. Principio de funcionamiento. El núcleo. Las bobinas. El tanque. Pruebas. Transformadores para distribución subterránea. Características. Tipos de transformadores para distribución subterránea. Transformadores tipo pedestal. Transformadores sumergibles, Transformadores tipo seco. Accesorios para transformadores. Esquema de protección para transformadores.
5. **Codos y elementos de operación de 200 A.** Generalidades. Normas aplicables. Conectores separables de 200 A. Construcción del codo operable bajo carga de 200 A. Capacidad del codo de 200 A. Aplicación de los dispositivos de 200 A.
6. **Conectores separables de 600 A.** Generalidades. Ventajas de las instalaciones de frente muerto. Sistemas de conectores T de 600 A. Partes de un conector T de 600 A. Sistemas de conexión de 600 A.
7. **Empalmes y terminales de transición para cables de media tensión.** Aplicaciones, normas aplicables, tipos de empalmes, terminales promediados, de porcelana, contraíbles en frío y en caliente, control de esfuerzo de tensión. Empalme de cintas. Empalme premoldeado. Empalme modular. Empalme contraíble en frío.
8. **Cable para distribución eléctrica subterránea de Media Tensión.** Desarrollo histórico. Construcción del cable para media tensión. Normas aplicables. Componentes del cable de media tensión. Capacidad de transporte de energía. Tensión de tiro y esfuerzos laterales en ductos. Cálculo de componentes de secuencia Z0, Z1, Z2 para diferentes configuraciones de cables subterráneos.
9. **Seccionalización y protección de los sistemas de distribución subterránea.** Esquemas de protección contra sobrecorrientes. Coordinación de protecciones. Fusibles. Interruptores de circuito. Interruptores de recierre (reclosers). Seccionadores. Normas aplicables. Equipo de seccionalización y protección en gabinetes de pedestal, subestaciones con celdas Metalclad y Metal Enclosed. Fusibles y cuchillas.
10. **Protección contra sobretensiones en los sistemas de distribución subterránea.** Sobretensiones en sistemas de potencia. Protección de personas y edificios, protección de equipos. Márgenes de protección. Elementos de protección. Criterios de selección, Normativa aplicable.
11. **Puestas a tierra y mallas de puesta a tierra,** NEC, IEEE 142.
12. **Planificación de un proyecto y criterios de diseño Media Tensión.** Red existente a conectar. Demanda. Crecimiento de demanda. Criterios de diseño. Selectividad de carga. Cortocircuito primario. Opciones topológicas. Planos constructivos. Manual CIEMI. Desarrollo de ejemplos prácticos reales.
13. **Obra electromecánica y Civil.** Tendido del conductor. Instalación de equipo. Conexión y puesta en servicio. Esquemas constructivos. Cajas de registro de MT y BT. Canalizaciones, Coexistencia con el resto de la obra civil no eléctrica.
14. **Operación y mantenimiento de los sistemas de distribución subterránea.** Pruebas en cables, transformadores y seccionadoras de distribución subterránea. Justificación de la prueba de cables. Pruebas de aceptación, de garantía, de mantenimiento. Voltajes de prueba. Ejecución de la prueba. Modos de localización de fallas.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0573 : Diseño de Sistemas de Señales en Edificaciones		

Número de Créditos: 4
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0579 : Administración de Sistemas		

Número de Créditos: 4
Requisitos:

Descripción

El profesional en ingeniería eléctrica, se verá, tan pronto se incorpore al mercado laboral, en actividades técnicas que se relacionarán con diferentes tipos de organizaciones o empresas, leyes, reglamentos, normativas y muchos otros condicionantes, cuyo funcionamiento es una responsabilidad conocer.
Por ello, en este curso, se considerará la organización o empresa como la unidad de estudio, sobre la cual se desarrollará el análisis de factores internos y externos tales como geopolítica, evolución tecnológica, globalización de mercados, cambios económicos, transformaciones del mercado, papel del estado, y otros, aspectos que gravitan en el adecuado accionar de estos sistemas.
Si el profesional en ingeniería eléctrica conoce el funcionamiento de estos aspectos, el aporte será el óptimo contribuyendo al éxito particular y el de la organización

Objetivo general

Brindar al estudiante una visión general sobre la administración de las organizaciones a partir del enfoque de sistemas.

Objetivos específicos

1. Conocer la evolución de distintas escuelas del pensamiento administrativo.
2. Aplicar el enfoque de sistemas al estudio de comportamiento administrativo.
3. Comprender la naturaleza de la administración y su vinculación con otras disciplinas.
4. Familiarizarse con el marco jurídico costarricense que sustenta los diferentes tipos de organización.
5. Conocer los distintos mecanismos de financiamiento.
6. Conocer el impacto de la tecnología y la geopolítica en las organizaciones.
7. Comprender las principales técnicas del mejoramiento en las organizaciones.

Contenidos

- El profesional en ingeniería y la administración.
- Vinculación de la administración y el quehacer diario de la sociedad.
- Historia de las escuelas del pensamiento administrativo.
- Conceptos tradicionales de organización y administración.
- Funciones del administrador y ciencias de la conducta.
- El enfoque de sistemas aplicado a la administración.
- Las organizaciones, y su entorno.
- La administración científica y el proceso administrativo.
- Modelos de organización en el marco jurídico costarricense.
- Alcances y responsabilidad social de las organizaciones.
- Visión, misión, valores, metas y objetivos.
- Fuentes y mecanismos de financiamientos típicos y novedosos.
- El aporte de la tecnología en la evolución de las organizaciones.
- La interacción del Estado y las organizaciones.
- Ley de contratación administrativa.
- El compromiso ambiental y sus requerimientos.
- Acreditación, certificación, normalización y calidad total.
- Liderazgo, conducta, motivación, comunicación, alineamiento.
- Mejoramiento organizacional. Cuadro de mando integral. MI.
- Empowerment, Downsizing, Benchmarking, Reingeniería, etc.
- El control interno y la evaluación del riesgo.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0599 : Anteproyecto de Tesis		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso de Anteproyecto de Tesis es un curso orientado a desarrollar en el estudiante las habilidades necesarias para elaborar su propuesta de investigación.

Objetivo general

Que el estudiante de Ingeniería Eléctrica elabore su Anteproyecto de Licenciatura.

Objetivos específicos

1. Que el estudiante sea capaz de utilizar los conocimientos adquiridos durante la carrera para plantear soluciones a problemas específicos.
2. Que el estudiante sea capaz de emplear técnicas y métodos de investigación relativos a su disciplina.
3. Demostrar su capacidad creativa e investigativa, su creatividad científica y su capacidad para la investigación.
4. Preparar la propuesta sobre el tópico relacionado con la investigación.

Contenidos

POR DEFINIR

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0613 : Electrónica Industrial		

Número de Créditos: 4
Requisitos:

Descripción

El curso permite introducir los principios y fundamentos de la electrónica de potencia.

Objetivo general

El estudiante comprenderá la necesidad de manejar los sistemas de potencia eficientemente.

Objetivos específicos

1. Este curso está diseñado para conocer los principios básicos de la electrónica de potencia. Aunque los tópicos son numerosos, los desarrollaremos con suficiente profundidad para exponer los principios, conceptos y métodos fundamentales. Las aplicaciones de la electrónica de potencia son varias, sin
embargo, se ha seleccionado el estudio de los convertidores DC/DC, rectificadores e inversores, ya que ellos encierran las bases comunes de esta misma.

Contenidos

- Convertidores DC-DC en estado estacionario y modo de conducción continuo.
- Modelo Canónico de Pérdidas de los Convertidores DC-DC en estado estacionario.
- Diseño de Switches de Semiconductores.
- Convertidores DC-DC en estado estacionario y modo de conducción discontinuo.
- Convertidores DC-DC con transformadores de aislamiento.
- Choppers.
- Rectificadores monofásicos no controlados.
- Rectificadores trifásicos no controlados.
- Rectificadores monofásicos controlados.
- Rectificadores trifásicos controlados.
- Rectificadores PWM monofásicos.

- Rectificadores PWM trifásicos.
- Inversores multinivel.
- Inversores PWM monofásicos.
- Inversores PWM trifásicos.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0615 : Máquinas Eléctricas II		

Número de Créditos: 4
Requisitos:

Descripción

El curso de Máquinas Eléctricas II es la continuación del curso Máquinas Eléctricas I. Este curso introduce y explica la teoría de las máquinas eléctricas giratorias de aplicación industrial, comercial y residencial. Adicionalmente, el estudiante adquiere las destrezas necesarias para entender, explicar y modelar matemáticamente las máquinas de inducción monofásicas, las máquinas sincrónicas y las máquinas de corriente continua, todas operando en régimen permanente.

El curso IE-0615 está constituido por dos actividades fundamentales, a saber:

1. Clases magistrales, donde el profesor presenta la teoría de máquinas eléctricas y desarrolla ejemplos y ejercicios para ayudar al estudiante a mejorar su desempeño en proyectos y demás evaluaciones.
2. Clases de laboratorio, que pretenden ser un complemento práctico de lo aprendido en las clases teóricas.

Lo anterior hace que el curso de máquinas eléctricas II sea un curso intensivo en horas de dedicación por parte del estudiante.

Objetivo general

Entender el principio de funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas y tener la capacidad de modelar la operación de la máquina de inducción monofásica, la máquina sincrónica y la máquina de corriente continua, todas en régimen permanente.

Objetivos específicos

1. N/A

Contenidos

Máquina de inducción monofásica (4 semanas).

FMM estacionaria y giratoria

- Definición de fuerza magnetomotriz
- Expresión analítica (trigonométrica) de la FMM
- Factor de devanado, factor de paso y distribución.

Tipos de motores monofásicos

- Características del devanado principal y de arranque
- Tipos de motores (características, usos)
    - Fase partida
    - Con condensador de arranque
    - Con condensador de marcha o permanente
    - Con doble condensador

Modelo en régimen permanente

- Componentes simétricas para sistemas de dos fases
- Análisis del motor monofásico a través de componentes simétricas
- Circuito equivalente del motor monofásico de inducción operando con devanado principal únicamente
- Circuito equivalente del motor monofásico de inducción operando con devanado principal y auxiliar
- Motores bifásicos balanceados
- Relaciones de par, potencia y pérdidas de motores de inducción monofásicos y bifásicos
- Eliminación de corrientes de secuencia negativa

Parámetros del modelo de máquina monofásica

- Prueba de rotor bloqueado
- Prueba de vacío
- Cálculo de parámetros a partir de las pruebas

Máquina sincrónica (6 semanas).

a) Generador sincrónico

- Introducción (descripción general)

1. Componentes básicos (devanados en estator y rotor)
2. Tipos de rotor
3. Principio de funcionamiento
4. Sistemas de control asociados a la máquina sincrónica

- Modelo en régimen permanente

1. Repaso circuitos magnéticos (definición inductancia propia y mutua)
2. Ecuaciones para modelo de máquina sincrónica
3. Inductancias en la máquina sincrónica
4. Transformación de Park (modelo d,q,0)
5. Modelo en régimen permanente
6. Diagramas fasoriales
7. Ecuaciones de potencia activa y reactiva
8. Límite de estabilidad de la máquina sincrónica
9. Sistema p.u. de la máquina sincrónica (sistema de inductancias mutuas iguales)
10. Operación de generador sobre-excitado y sub-excitado
11. Saturación de la máquina sincrónica:
    a) Característica de saturación a circuito abierto
    b) Característica del entrehierro y corto circuito
    c) Modelo de saturación en estudios reales (constantes m y n)
12. Modelo en régimen permanente incluyendo saturación
13. Curva de capacidad de un generador sincrónico

- Regulación de tensión según el factor de potencia
- Operación aislada de dos generadores operando en forma paralela.

1. Conexión de generadores en paralelo (proceso de sincronización)
2. Análisis de generadores aislados alimentando una carga
   a) Efecto del ajuste del gobernador
   b) Efecto del ajuste de la excitación
3. Operación conectado a la red de potencia infinita.

b) Motor sincrónico

- Introducción

1. Principio de funcionamiento

- Puesta en operación

1. Arranque del motor sincrónico
2. Modelo en régimen permanente
3. Ecuaciones de potencia activa y reactiva
4. Diagrama fasorial
5. Efecto de los cambios en la carga mecánica
6. Efecto del ajuste de la excitación
7. Corrección del factor de potencia

- Curvas en V

1. Expresión analítica
2. Interpretación

- Condensadores sincrónicos

1. Diagrama fasorial y curva en V

Máquina de corriente continua (5 semanas).

- Introducción

1. Principio de funcionamiento
2. Partes constructivas (estator, rotor, colector, escobillas, etc.)
3. Modelo matemático de flujos y corrientes en devanados
4. Tensión inducida en una espira giratoria
5. Par inducido por una espira giratoria

- Conmutación en máquina de corriente continua

1. El proceso de conmutación
2. Problemas de conmutación en máquinas reales
3. Solución a los problemas de conmutación
   a) Desplazamiento de escobillas
   b) Interpolos

   c) Devanados de compensación

- Generador de corriente continua

1. Tipos de excitación (externa, derivación, serie y compuesta larga, corta, aditiva, sustractiva)
   a) Curva de magnetización
   b) Circuito equivalente
   c) Control de tensión en terminales (regulación de tensión)
2. Operación aislada en forma paralela

- Motor de corriente continua

1. Características par vs velocidad para diferentes tipos de motores
   a) Regulación de velocidad
2. Puesta en operación (externa, derivación, serie y compuesta)
   a) Circuito equivalente
   b) Control de velocidad
3. Eficiencia

Máquinas eléctricas especiales (1 semana).

- Motor universal

1. Usos
2. Principio de funcionamiento
3. Características principales

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0615l : Laboratorio de Máquinas Eléctricas II		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

N/A

Objetivo general

El curso de Laboratorio de Máquinas Eléctricas II le brinda al estudiante las experiencias prácticas que reforzarán los conocimientos adquiridos. Consiste en sesiones prácticas de asistencia obligatoria de los temas vistos en la teoría del curso. La nota final del laboratorio corresponde a un 15 % de la nota final del curso IE-0615.

Objetivos específicos

1. N/A

Contenidos

La máquina monofásica:

- Partes constructivas para los tipos de motores (Capacitor de arranque/Capacitor permanente).
- Parámetros característicos para cada uno de los devanados de ambos tipos de motores (resistencias, reactancias e impedancias).
- Características externas a tensión constante: velocidad en función del par, factor de potencia en función del nivel de carga, corriente de línea en función del nivel de carga.

La máquina sincrónica:

- Partes constructivas de la máquina sincrónica trifásica, la función que desempeña cada parte y

- sus datos técnicos.
- Características de los distintos devanados que conforman la máquina sincrónica (resistencias, reactancias).
- Característica externa de la máquina sincrónica como alternador:

1. Tensión en bornes en función de la corriente de excitación bajo condiciones de vacío y a velocidad constante.
2. Corriente de fase en función de la corriente de excitación bajo condiciones de corto circuito trifásico y velocidad constante.
3. Tensión de línea en función de la corriente de fase para distintos tipos de carga a velocidad y excitación constantes.
4. Corriente de fase en función de la corriente de excitación para tensión, factor de potencia y velocidad constantes. Repetir para al menos cuatro tipos de factor de potencia distintos.
5. Regulación de tensión para distintos tipos de carga.

- Comportamiento del generador sincrónico funcionando en paralelo con una barra de potencia infinita. Condiciones de sincronización, posibles regímenes de operación y aportes de potencias real y reactiva.
- Sincronización de dos o más alternadores entre sí. Condiciones de repartición de carga entre generadores idénticos que funcionan en forma aislada.
- Las curvas en V para la máquina sincrónica operando como motor a distintos niveles de carga.
- Eficiencia para un motor sincrónico en todo su rango de carga con factor de potencia unitario.

La máquina de corriente continua:

- Partes constructivas de la máquina de corriente continua, caracterizando sus distintos devanados y determinando sus funciones operativas.
- Característica de vacío de la máquina de corriente continua con excitación independiente a velocidad constante.
- Característica externa (tensión de bornes en función de la corriente de carga) de la dinamo independiente, manteniendo la excitación y la velocidad constantes. Regulación de tensión.
- Proceso de autoexcitación usando la máquina en conexión paralela y obtención de la curva de excitación a velocidad constante.
- Característica externa para el dínamo paralelo a velocidad constante. Regulación de tensión.
- Dínamo serie autoexcitada. Característica externa para accionamiento a velocidad constante.
- Característica externa a velocidad constante para el dínamo compuesta tanto en versión aditiva como sustractiva. Tipos de conexión (larga y corta). Regulación de tensión.
- Característica externa a excitación constante para el motor de corriente continua con excitación independiente:

1. Velocidad en función del par
2. Corriente en función del par
3. Eficiencia en función del nivel de carga
4. Par en función de la corriente de armadura
5. Regulación de velocidad

- Característica externa a excitación constante para un motor de corriente continua (CC) conautoexcitación en paralelo.

- Identificación de las partes constructivas del motor universal y caracterización de sus devanados.
- Características externas a tensión constante para el motor universal operando en CC, y en AC no compensado y con compensación inductiva.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0619 : Control Eléctrico Industrial		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Por definir

Objetivo general

Por definir

Objetivos específicos

1. Por definir

Contenidos

Introducción:

- Refrescamiento Elect, básica. El NEC. Cableados.
- Potencia, Control e Instrumentación. Jerarquías.

Dispositivos de Potencia

- El interruptor general, el disyuntor, protector al cortocircuito
- El contactor, el arrancador, el protector a la sobrecarga

Diseño del circuito ramal de potencia

- El circuito ramal y sus dispositivos. Normas del NEC.
- Criterios de escogencia. Solución de casos.

Dispositivos de control

- Entradas, salidas, programas, dispositivos varios

- Simbología normas IEC, normas NEMA

Diagramas de control

- Diagrama secuencial horizontal, vertical, ecuaciones Boole
- El diagrama esquemático y de alambrado. Dos y tres alamb

Reversibilidad del sentido de rotación

- Diagramas de potencia y control para motores trifásicos
- Diagramas de potencia y control para motores monofásicos

Reducción de la corriente de arranque

- Justificación. Modelos tradicionales. Modelos electrónicos
- Comparación de curvas de trabajo. Ventajas de cada uno.

Control de velocidad motores jaula de ardilla

- Justificación. Modelos tradicionales. Modelos electrónicos
- Comparación de curvas de trabajo. Ventajas de cada uno.

Control de velocidad motores rotor devanado

- Justificación. Modelos tradicionales. Modelos electrónicos
- Comparación de curvas de trabajo. Ventajas de cada uno.

Temas varios de nueva tecnología

- Un vistazo a los Controladores Programables (PLC)
- Arrancadores suaves de estado sólido
- Dispositivos electrónicos de variación de velocidad (VSD)

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0623 : Microprocesadores		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso de microprocesadores, arquitectura y programación. Se cubren conocimientos sobre arquitectura de microprocesadores, modelos de programación y programación en lenguaje ensamblador. Se utiliza un microntrolador como referencia de implementación de los sistemas incrustados y se aprende el uso de herramientas de desarrollo como IDE y simuladores.

Objetivo general

Que el estudiante adquiera conocimientos el para análisis y diseño de sistemas desarrollados con procesadores incrustados.

Objetivos específicos

1. Conocer y entender el modelo ISA
2. Analizar la arquitectura de un microprocesador.
3. Entender el modelo de programación de un microprocesador.
4. Diseñar programas para aplicaciones con microprocesadores.
5. Programar en lenguaje ensamblador.
6. Utilizar simuladores de microprocesadores.
7. Entender y analizar arquitectura de microcontroladores.

Contenidos

1. Procesadores Incrustados. [6 lecciones]
1.1. Introducción
1.2. Modelo de la Arquitectura ISA
1.2.1. Operaciones
1.2.2. Operandos
1.2.3. Almacenamiento

1.2.4. Modos de direccionamiento.
1.2.5. Interrupciones y excepciones
1.2.6. Modelos ISA de propósito general
1.2.7. Modeos SIMD y Máquina Superescalar.
1.3. Diseño interno del procesador
1.3.1. Arquitecturas de Harvard y Vonn Newman
1.3.2. La CPU
1.3.3. La memoria
1.3.4. Procesamiento de I/O
1.3.5. Los buses del procesador
1.3.6. Desempeño del procesador.
2. Cómo elegir un microcontrolador [2 lecciones]
2.1. Decisiones preliminares
2.2. Cómo elégir el core correcto
2.3. Cuál hardware de desarrollo utilizar.
2.4. Proceso de desarrollo.
2.5. Procesadores incrustados Freescale de Motorola
2.5.1. Familias de Microcontroladores
2.5.2. Recursos de desarrollo.
3. Lenguaje Ensamblador I [3 lecciones]
3.1. Modelo de programación.
3.2. Registro de Banderas.
3.3. Organización de Memoria.
3.4. Formato de las instrucciones en ensamblador.
3.5. Tipos de Instrucciones.
3.6. Instrucciones de Movimiento y manipulación de datos.
3.7. Operaciones lógicas y de bit
3.8. Instrucciones de pruebas de datos.
3.9. Ciclo de Ejecución de Instrucciones
4. Lenguaje Ensamblador II [3 lecciones]
4.1. Modos de direccionamiento.
4.1.1. Direccionamiento Inherente
4.1.2. Direccionamiento Inmediato.
4.1.3. Direccionamiento Directo y Extendido.
4.1.4. Direccionamiento Indexado.
4.1.5. Direccionamiento relativo
4.2. Estructuras de Programación (Secuencial, Iterativa, Selección y Modular).
4.3. Instrucciones de salto y ramificación.
4.3.1. Instrucciones de Salto Incondicional.
4.3.2. Instrucciones de Salto Condicional
4.3.3. Instrucciones de Salto Condicional Largo.
4.3.4. Casos especiales BRSET y BRCLR.
5. Estructura de programación Iterativa y de Selección [2 lecciones]
5.1. Programación Iterativa.
5.1.1. El lazo perenne.
5.1.2. Lazos con Prueba a Posteriori (Post-Test).Ciclos While.

5.1.3. Instrucciones Especiales para lazos.
5.1.4. Lazos con Prueba a Priori (Pre-Test). Ciclos For-Next
5.2. Programación por Control de Selección.
5.2.1. La estructura “IF THEN”
5.2.2. La estructura “IF THEN ELSE”
5.2.3. Árboles de decisión
5.3. Arreglos y Tablas.
6. Programación en Lenguaje Ensamblador. [6 lecciones]
6.1. Fases de desarrollo de un sistema incrustado
6.2. Diagramas de Flujo. Ejemplos.
6.3. Tipos de Lenguajes de Programación
6.4. Ensamblaje de Programas.
6.5. Archivo de Listado .LST
6.6. Archivo Objeto .S19
6.7. Directivas de Ensamblador.
6.8. Ensamblado de programas: Un ejemplo
6.9. IDE Assembler
6.10. El Simulador SimHCS12.
6.11. Ejemplo ORDENE 3.
7. Lenguaje Ensamblador III. [3 lecciones]
7.1. Números binarios con y sin signo.
7.1.1. Números sin signo en base 2.
7.1.2. Números con signo en base 2.
7.1.3. Representación de números con signo en base 2.
7.1.4. Distinción de números con y sin signo.
7.2. Operaciones Artimeticas con signo
7.3. Instrucciones Aritméticas.
7.4. Conversión Binario a BCD.
8. Estructura de Programación Modular: Subrutinas. [3 lecciones]
8.1. La pila: Almacenamiento temporal de datos.
8.2. La Subrutina. Abierta y Cerrada.
8.3. Instrucciones de salto y retorno de subrutina.
8.4. Paso de parámetros a Subrutinas.
8.4.1. Por registros internos de la CPU
8.4.2. Por direccionamiento directo a memoria.
8.4.3. Por direccionamiento indirecto a memoria.
8.4.4. Por Pila
8.4.5. Implícitamente.
8.5. Instrucciones LEA
9. Estructuras de Entrada/Salida: Los puertos paralelos. [4 lecciones]
9.1. E/S mapeada a memoria y por instrucción (acceso directo).
9.2. Registros de Datos, Control y Estatus.
9.3. Capacidades de periféricos del S12
9.4. GPIO y PIM (Port Integration Module) del S12.
9.5. Operación del GPIO.
9.6. Core Port Module y Funciones adicionales.

9.7. Uso de GPIO como Puertos Paralelos Simples (PPS). Uso de bits individuales en GPIO
9.8. Direcciones GPIO.
10. Sistema de Reloj y Excepciones. [6 lecciones]
10.1. Sistema de Reloj.
10.2. Excepciones
10.2.1. Interrupciones
10.2.1.1. Interrupciones No Mascarables.
10.2.1.2. Trampas (Traps) e Interrupciones por Software (SWI).
10.2.1.3. Interrupciones Mascarables.
10.2.1.4. Tabla de Vectores de Excepciones.
10.2.1.5. Prioridad de Interrupciones mascarables
10.2.1.6. Procedimiento de Atención a Interrupciones
10.2.1.7. Interrupción externa Mascarable. Ejemplo con el Simulador
10.2.1.8. Interrupción del Reloj de Tiempo Real (RTI).
10.2.2. Prioridad de las excepciones.
10.2.3. Excepciones de Reestablecimiento (Reset).
10.2.3.1. Clock Monitor Reset.
10.2.3.2. COP Reset.
10.2.3.3. GPIO con Sincrconización
10.2.4. Estructuras de I/O condicional con Strobes.
10.2.4.1.Estructuras de I/O condiconal con Handshaking
10.2.4.2. Key Wakeups.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0624 : Laboratorio de Microcontroladores		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso práctico de solución de problemas ingenieriles utilizando sistemas microcontrolados. Al final del curso los estudiantes estarán preparados para resolver problemas reales de control de equipos y procesos utilizando micro-controladores.

Objetivo general

El curso pretende crear en el estudiante destrezas en el análisis, diseño y desarrollo de circuitos digitales, programación en sistemas reducidos con procesador y periféricos integrados y de bajo costo para implementar soluciones a problemas reales complejos. De esta manera, se busca reforzar y complementar los conocimientos adquiridos en los cursos de teoría de Circuitos Digitales I y Estructuras de Computadoras Digitales I.

Objetivos específicos

1. Promover en el estudiante la capacidad de resolver problemas reales por medio del uso de micro-
controladores.
2. Incentivar en los estudiantes un crecimiento integral por medio de la resolución de proyectos que
aborden alguna problemática práctica.
3. Desarrollar máquinas de estados finitos para la solución de problemas ingenieriles, utilizando dife-
rentes técnicas y arquitecturas.
4. Implementar sistemas de control automático utilizando sistemas digitales.
5. Mejorar la capacidad del estudiante a desarrollar algoritmos e implementaciones en código para la
optimización de las soluciones.

Contenidos

1.Introducción

- Historia de los microcontroladores
- Microcontroladores exitosos (8051, PIC, AVR (Arduino), ARM (STM32), 6800)
- Capacidades típicas
- Usos
- Tarjetas de desarrollo

2. Arduino

- Características técnicas (comprensión hoja de datos)
- Microcontrolador y tarjeta de desarrollo
- Manipulación y cuidados
- Sistema y flujo de desarrollo
- Utilización básica (Utilización de entradas y salidas generales GPIO, captura de datos analógicos, TIMERS)
- Utilización avanzada (Comunicación con un sensor digital I2C, SPI, USART, comunicación con la PC, PWM)

3.STM32

- Características técnicas (comprensión hoja de datos)
- Microcontrolador y tarjeta de desarrollo
- Manipulación y cuidados
- Sistema y flujo de desarrollo
- Utilización básica (Utilización de entradas y salidas generales GPIO, captura de datos analógicos, TIMERS)
- Utilización avanzada (Comunicación con un sensor digital I2C, SPI, USART, comunicación con la PC, PWM)

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0627 : Conmutación Telefónica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este curso constituye una propuesta de formación de postgrado que responde a criterios de calidad académica y de adaptación a las necesidades de la demanda de formación de profesionales del sector.

Objetivo general

El tema se plantea con el objetivo, no tanto de formar expertos en redes telefónicas , si no con el propósito de orientar y formar en un campo en el que abundan los contenidos y que para el futuro ingeniero en la mayoría de los casos es un tema totalmente desconocido.

Objetivos específicos

1. Que el alumno comprenda la arquitectura de una red telefónica y todos aquellos aspectos que son esenciales para conocer como se presta el servicio telefónico en sus diversas modalidades, que elementos se necesitan para poder prestar ese servicio, que tecnologías se utilizan y cual es el grado de desarrollo y estado de implementación de algunos servicios.
2. Profundizar desde un punto de vista ingenieril, en la infraestructura de las centrales de conmutación, aplicaciones software y medios de transmisión, así como de los terminales específicos. Además, se hace especial hincapié en la caracterización del servicio telefónico, con el objetivo de analizar la adecuación de las redes a sus requisitos de calidad de servicio. Por último, se plantean los problemas relacionados con la gestión de esta red y de los servicios.

Contenidos

Introducción a las Redes de Telecomunicaciones

- Tipos de Redes

- Evolución de las Redes
- Medios de transmisión
- Situación de las Redes de Telecomunicaciones en el mundo

Conmutación telefónica, Equipos de conmutación automática.

- Conmutación Digital - Conceptos
- Técnicas de Conmutación
- Centrales telefónicas privadas

Comunicaciones Móviles

- Definición de las nuevas redes móviles
- Espectro y nuevas tecnologías
- Evolución tecnológica

Planes Técnicos Básicos de un sistema de telecomunicaciones

- El plan de numeración
- El plan de señalización
- El plan de sincronismo
- El plan de transmisión
- Teoría de tráfico telefónico

Interconexión de redes públicas

- Principios de acceso e interconexión
- Condiciones técnicas del acceso e interconexión
- Oferta y contrato de acceso e interconexión
- Intervención del Regulador en la interconexión

VoIP

- Aspectos técnicos de la telefonía IP, comparativo con las tecnologías tradicionales de conmutación por circuitos.
- Convergencia voz y datos
- Funcionamiento de la VoIP
- Servidores de telefonía IP y PBX
- Calidad de servicio

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0628 : Laboratorio de Microondas		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0629 : Sistemas de Comunicación		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0633 : Automatización Industrial		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Se introduce el tema de la automatización industrial y los equipos necesarios para realizar la misma, la utilización de los controladores lógico programables de uso industrial (PLC, también llamados autómatas programables), el modelado de los procesos de eventos discretos mediante lenguajes gráficos (SFC y la Guía GEMMA), y la programación de los PLC, complementado con prácticas de laboratorio.

Objetivo general

Al finalizar el curso el y la estudiante deberá estar en capacidad de describir los equi- pos requeridos para automatizar un proceso industrial, diseñar sistemas de control de procesos de eventos discretos utilizando un lenguaje gráfico, programarlo en un autómata (PLC) y verificar su funcionamiento.

Objetivos específicos

1. Describir la estructura y los componentes de un controlador lógico programable industrial (PLC).
2. Modelar procesos de eventos discretos mediante el uso de herramientas gráficas.
3. Programar el modelo del proceso de eventos discretos en un controlador lógico programable.
4. Describir los componentes y el funcionamiento de las redes de comunicaciones industriales para la implementación de sistemas de control distribuidos.
5. Describir las tareas requeridas para el desarrollo de un proceso de automatización industrial.

Contenidos

Introducción (3h)

- Automatización industrial, historia, apli- caciones, componentes, programación, procesos de eventos discretos, funciones del autómata programable

Controladores lógico programables industria- les (PLC) (Autómatas programables) (3h)

- Estructura: Unidad de procesamiento central, fuente de alimentación, memoria, módulos de entrada y salida (discretos, continuos), módulos contadores, otros
- Módulos de comunicaciones
- Programación, lenguaje "escalera" de contactos, bloques de funciones
- Interfaz humano-máquina
- Terminales y software de programación

Sensores y actuadores (6h)

- Interruptores y transductores de nivel, presión, caudal y temperatura
- Detectores de final de carrera, de proximidad
- Electroválvulas, pistones, motores de paso, accionamiento de equipo

Programación (9h)

- Lenguajes estándar (IEC 61131-3)
- Ejecución, ciclo de programa, ele- mentos de programación (pasos, eta- pas/transiciones, variables, entradas/salidas)

Introducción (3h)

- Automatización industrial, historia, apli- caciones, componentes, programación, procesos de eventos discretos, funciones del autómata programable

Controladores lógico programables industria- les (PLC) (Autómatas programables) (3h)

- Estructura: Unidad de procesamiento central, fuente de alimentación, memoria, módulos de entrada y salida (discretos, continuos), módulos contadores, otros
- Módulos de comunicaciones
- Programación, lenguaje "escalera" de contactos, bloques de funciones
- Interfaz humano-máquina
- Terminales y software de programación

Sensores y actuadores (6h)

- Interruptores y transductores de nivel, presión, caudal y temperatura
- Detectores de final de carrera, de proximidad
- Electroválvulas, pistones, motores de paso, accionamiento de equipo

Programación (9h)

- Lenguajes estándar (IEC 61131-3)
- Ejecución, ciclo de programa, ele- mentos de programación (pasos, eta- pas/transiciones, variables, entra- das/salidas)
- Interfaz gráfica de usuario

Control de procesos de eventos discretos (12h)

- Modelado de sistemas de eventos discre- tos mediante gráficos de estado
- Introducción a las redes de Petri
- Gráfico de funciones secuencial (SFC), etapas, transiciones, uniones, reglas de sintaxis, secuencias, programación
- Guía para el estudio de los modos de marcha y parada (Guía GEMMA), pro- ceso de puesta en marcha y de parada, operación normal, proceso en caso de falla

Control de procesos continuos con autómatas programables (6h)

- Algoritmo de control proporcional inte- gral derivativo (PID) en su versión digital
- Técnicas de sintonización de controlado- res PID, autotuning

- Configuración y sintonización de contro- ladores continuos en un PLC

Comunicaciones industriales (6h)

- Redes industriales, topologías
- Buses Profibus, DeviceNet, Ethernet, CAN, As-i y Modbus
- Interfaces humano-máquina

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0715 : Máquinas Eléctricas III		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0724 : Laboratorio de Programación y Microcomputadores		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este curso está orientado para que el estudiante de Ingeniería Eléctrica profundice sus habilidades en programación por medio de proyectos de software de mediana complejidad, tanto en computadoras de escritorio, y en aplicaciones en niveles más altos de abstracción como dispositivos móviles y aplicaciones web.

Objetivo general

Poner en práctica los conocimientos de programación adquiridos en cursos anteriores para elaborar proyectos sofisticados de software.

Objetivos específicos

1. Programar una aplicación en desktop en un lenguaje de alto nivel, con ambiente gráfico, comunicación de datos por internet y con acceso a una base de datos.
2. Programar una aplicación para un dispositivo móvil en el sistema operativo Android
3. Programar una aplicación web

Contenidos

Aplicación para desktop: se desarrollará en el lenguaje C++ una aplicación con ambiente gráfico, que tendrá un enlace con bases de datos, con otras computadoras o dispositivos o con la internet.

1. C++, programación orientada a objetos
2. Librería SDL, OpenGL
3. Data Display Debugger

Aplicación móvil: se desarrollará en la plataforma Android, en lenguaje Java, una aplicación gratuita que se subirá a la página de la Escuela en Google Play. Se trabajará principalmente con

el emulador de Android, pero el curso dispondrá de dos tablets (Nexus 7 y Samsung Galaxy Tab 2 10.1) Android para realizar pruebas.

1. Eclipse-Android Development Toolkit
2. Java
3. Pruebas en tablets

Aplicación web: se creará una aplicación en línea que provea algún servicio y se instalará en un servidor de la Escuela. Se desarrollará en la plataforma Ruby on Rails.

1. Web, Deep Web, páginas estáticas, aplicación web
2. Rails
3. Model View Controller

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0727 : Ingeniería de Radio		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

POR DEFINIR

Objetivo general

Capacitar al estudiante en los Fundamentos Básicos de la Propagación Radioeléctrica y los cálculos de diseño asociados a la Ingeniería de Radiofrecuencia.

Objetivos específicos

1. Capacitar al estudiante en la teoría de Sistemas Radiantes.
2. Capacitar al estudiante en comportamiento de las capas atmosféricas y su influencia en la propagación de campos electromagnéticos.
3. Cálculos de propagación y de diseño de enlaces de radio.
4. Capacitar al estudiante en los principales efectos de los campos electromagnéticos en el ser humano.
5. Capacitar al estudiante en los principios de gestión del espectro electromagnético.

Contenidos

Introducción a las comunicaciones radioeléctricas y repaso de los Fundamentos Electromagnéticos asociados a la Teoría de Radiación.

1. Descubrimiento de las ondas electromagnéticas.
2. Los primeros desarrollos.
3. Pioneros de las Radiocomunicaciones.

Ondas electromagnéticas y sus propiedades.

- Clasificación de las ondas electromagnéticas y radiocomunicación.

- Principales formas de propagación de una onda electromagnética.
- Reflexión y difracción de las ondas electromagnéticas.
- El factor K de curvatura.
- Zonas de Fresnel.
- Desvanecimiento
- Efecto de la polarización.
- Efectos de multitrayecto.

Diseño de enlaces de radio en la banda de VHF, UHF y Microondas.

- Elaboración de un perfil.
- Método de cálculo del factor K.
- Pérdidas de propagación.
- Método de espacio libre.
- Método de tierra plana.
- Cálculo del punto de reflexión.
- Cálculo de pérdidas por difracción.
- Métodos de pérdidas de difracción.
- Atenuación por lluvia.
- Metodología de diseño de un enlace de microonda.
- Desvanecimiento, causas y efectos.
- Desvanecimiento Plano.
- Desvanecimiento Selectivo.
- Técnicas contra el desvanecimiento.

Influencia de los campos magnéticos

- Normativa vigente de la UIT y OMS sobre la influencia de los campos electromagnéticos.
- Cálculos pertinentes para medir el flujo de potencia radiada que afectarían a los usuarios de comunicaciones inalámbricas.

Normativa del Espectro Electromagnético.

- Espectro Electromagnético y Telecomunicaciones.
- Organismos de Normalización.
- Nomenclatura de la UIT-R.
- Otras Nomenclaturas.
- Comportamiento por bandas de R.F.
- Clasificación de los servicios de radiocomunicaciones.
- Tipos de estaciones radioeléctricas.

Sistemas Radiantes y propiedades.

- Principios básicos de radiación
- Radiador isotrópico.
- Parámetros y clasificación de antenas.
- Dipolo

- Monopolo
- Antena parabólica
- Antenas de tipo sectorial
- Antenas de tipo omnidireccional
- Arrays.
- Antenas Inteligentes.

Tendencias Radioeléctricas.

- Sistemas Satelitales y Móviles

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0729 : Redes Telefónicas		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0731 : Sistemas en Tiempo Discreto		

Número de Créditos: 4
Requisitos: IE0431

Descripción

Este curso introduce a las y los estudiantes en el análisis y diseño de sistemas de control, destinados a ser implementados en sistemas digitales como computadoras, microcontroladores, DSP, etc. Muchos de los conceptos que los y las estudiantes ya conocen de cursos anteriores, son ampliados para aplicarse en el dominio temporal discreto. Se hace énfasis especial a la parte teórica, sin dejar de lado los principios básicos de la implementación de controladores digitales.

Objetivo general

Al finalizar el curso el y la estudiante estará en capacidad de analizar y diseñar sis- temas de control en lazo cerrado utilizando un controlador digital para un sistema lineal, determinístico, invariante con respecto al tiempo de una entrada y una salida.

Objetivos específicos

1. Explicar cuáles son todos los componentes involucrados en un sistema de control de datos discretos.
2. Aplicar técnicas para el análisis de sistemas discretos en el dominio del tiempo y de la frecuencia a problemas de control de procesos.
3. Explicar y aplicar diversas técnicas de control con datos discretos.
4. Implementar controladores digitales sencillos, tanto para simulación como para puesta en marcha de prototipos en casos reales.

Contenidos

Introducción a los sistemas en tiempo discreto (8h)

- Elementos básicos de un sistema de control de datos discretos

- Señales continuas y discretas
- Sistemas continuos y discretos
- Cuantización y convertidores A/D y D/A
- Teorema del muestreo
- Retenedores de orden cero, uno y de cre- cimiento continuo
- Equivalente retenedor-planta

Transformada Z y sus aplicaciones a sistemas en tiempo discreto (8h)

- Transformada Z
- Transformada Z inversa
- Solución de ecuaciones en diferencias
- Función de transferencia para sistemas en tiempo discreto

Identificación de sistemas (6h)

- Método de mínimos cuadrados

Estabilidad de los sistemas en tiempo discreto (8h)

- Relación entre el plano s y el plano z
- Lugar de las raíces para sistemas de control digital
- Teoremas y pruebas de estabilidad
- Transformación w, Diagramas de Bode y Gráficas polares
- Diseño de controladores utilizando el lu- gar de las raíces

Implementación de controladores digitales (8h)

- Requisitos temporales de los sistemas de control
- Implementación de controladores en CPU
- Planificabilidad y rendimiento de control
- Gestión de recursos

Diseño de sistemas de control digitales (8h)

- Diseño analítico de controladores digita- les
- Diseño de redes de compensación digita- les
- Controlador PID digital

Espacio de estado en tiempo discreto (8h)

- Ecuaciones de estado
- Matriz de transición de estado
- Ecuación de transición de estados
- Relación entre las ecuaciones de estado y la función de transferencia

- Obtención del modelo en variables de es- tado discreto a partir de sistemas conti- nuos
- Controlabilidad y Observabilidad

Controladores digitales basados en el espacio de estados (8h)

- Posicionamiento de polos
- Observadores de Estado
- Control LQR
- Filtro de Kalman y control LQG

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0769 : Protección del Sistema de Potencia		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Por definir

Objetivo general

Presentar a los ingenieros el estado del arte de las protecciones partiendo de los conceptos tradicionales hasta llegar a los nuevos sistemas que utilizan microprocesadores.

Objetivos específicos

1. Familiarizar al estudiante con los diferentes tipos de protecciones utilizadas en los sistemas de potencia.
2. Revisar las aplicaciones de protección en Plantas de Generación, Sistema de Transformación, Sistema de Transmisión, las Redes de Distribución y Sistemas Industriales.
3. Presentar las técnicas básicas para el cálculo de la coordinación y ajuste de protecciones.

Contenidos

TEMA 1: COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

- Definición de sistema eléctrico
- Sistema de Generación

- Sistema de Transporte
- Subestaciones
- Sistema de Distribución
- Situación del sistema eléctrico de Costa Rica

TEMA 2: FILOSOFIA DE PROTECCION

- Operación en Estado Estable y Estado Transitorio
- Operación del sistema de Protección y Zonas de Protección
- Protección Primaria
- Redundancia de protecciones
- Protección de Respaldo: Local y Remoto
- Propiedades de las protecciones (sensibilidad, Velocidad de Operación, Selectividad, Confiabilidad)
- Tipos de operación (correcta, incorrecta y fallo de operación)
- Evolución de los sistemas de protección (sistemas directos, electromecánicos, electrónicos, microprocesados)
- Estado actual de las protecciones

TEMA 3: ESTADO DE FALLA Y REGIMENES ANORMALES

- Tipos de cortocircuitos balanceados, desbalacenados y sus características (Monofásico, Bifásico y Trifásico con tierra y sin tierra)
- Componentes de Secuencia
- Estadísticas y probabilidades de fallas
- Fallas en sistemas de neutro aislado o neutro resonante
- Aperturas de Fases
- Tipos de regímenes anormales (Sobrecorriente, Oscilación y de potencia, Transitorios de corriente y voltaje)

TEMA 4: ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE PROTECCION

- Fuentes de alimentación DC
- Transformadores de Potencial
- Transformadores de Corriente
- Disyuntores
- Sistemas de Alarmas
- Osciloperturbógrafos
- Recerradores
- Verificador de Sincronismo
- Equipos de Comunicación y Teleprotección

TEMA 5: PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCION

- Funciones de protección según standard IEC C37.2
- Principio de sobrecorriente (Instantánea, tiempo inverso, direccional, no direccional)

- Principio diferencial (características, imprecisiones, curvas y ajustes básicos, corriente diferencial y restricción, aplicaciones)
- Principio de Impedancia (características, imprecisiones, tipo moh y cuadrilateral, zonas de respaldo, teleprotección y zonas de sobrealcance)

TEMA 6: PROTECCIONES APLICADAS EN LA INDUSTRIA

- Consideraciones de aplicación
- Condiciones de operación anormales en una industria (fallas de aislamiento, sobrecargas, cortocircuitos)
- Protección contra fallas de aislamiento
- Protección contra sobrecargas (principio térmico)
- Protección contra cortocircuitos (principio magnético)
- Cortacircuitos fusibles (integral de joule, tiempos de arco y prearco, factor i2t, clasificación de fusibles, standard IEC 269-1 low voltaje fuses)
- Protección de motores

TEMA 7: PROTECCIONES APLICADAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

- Consideraciones de Aplicación
- Standard IEEE 1366 indices de confiabilidad (SAIFI, CAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI)
- Protección de módulos de salida con Disyuntor de Potencia y relés de protección (curvas de daño, funciones de protección aplicados a módulos de distribución)
- Protección por fusibles (tipos de fusible, tiempo mínimo y máximo de fusión, control del arco, relaciones de velocidad)
- Recerradores (ubicación de los recerradores en el sistema de distribución, ciclos de recierre, aplicación de ciclos de recierre)
- Seccionadoras (principios de operación, interacción con recerradores)
- Principios básicos de coordinación (concepto de dispositivo protector y protegido, coordinación fusible-fusible, fusible-recerrador, recerrador- seccionadora)

TEMA 8: PROTECCIONES APLICADAS EN LINEAS DE TRANSPORTE

- Consideraciones de aplicación
- Tiempos críticos de eliminación de fallas
- Aplicación de sistemas primario 1: Impedancia
- Aplicación de respaldos remotos: Zonas Z1,Z2,Z3 y Zona Inversa
- Aplicación de teleprotección (POTT, PUTT, Blocking y Unblocking)
- Aplicación de sistemas primario 2: Diferencial de línea
- Aplicación de respaldos locales: Falla de Interruptor
- Disparo por discrepancia de fases
- Standard IEEE C37.113

TEMA 9: PROTECCIONES APLICADAS EN SUBESTACIONES

- Consideraciones de aplicación

- Protección según esquema de barra (sencilla, partida, simple con transferencia, disyuntor y medio, doble barra doble disyuntor)
- Aplicación diferencial de barras: 87B (sumatoria de corrientes, acoples, corriente diferencial y restricción)
- Aplicación de sistemas primario 1: 87T (errores de transformación, tipos de conexión y cambios de tap, bloqueos de segunda armónica, bloqueos por disparo ANSI 86)
- Aplicación de sistemas primario 2: 51T (curvas de tiempo inverso y constante, corrientes de magnetización)
- Protecciones propias del transformador (térmicas, bucholtz, niveles de aceite)
- Protecciones de bancos de capacitores (sobreintensidad, desbalances, fusibles, cierre con cruce por cero)
- Vigilancia de canal de disparo
- Standard IEEE C37.91 , 97, 99, 109

TEMA 10: PROTECCIONES APLICADAS EN SISTEMAS DE GENERACIÓN

- Consideraciones de aplicación
- Limites eléctricos y electromecánicos de los generadores
- ANSI 32: motorización o potencia inversa
- ANSI 59: Sobre Voltaje
- ANSI 51V: sobrecorriente con retención de voltaje
- ANSI 59GN: falla a tierra estator efectivamente aterrizado
- ANSI 87GN: falla a tierra estator solidamente aterrizado
- ANSI 40: pérdida o reducción de excitación
- ANSI 24: sobreflujo
- ANSI 81: baja frecuencia
- ANSI 27GN: falla a tierra 100 % del estator
- ANSI 61: Cortocircuito entre espiras
- ANSI 46: desbalance del estator
- ANSI 64F: falla a tierra excitación
- ANSI 50/27: conexión inadvertida de generador
- ANSI 79: pérdida de sincronismo
- Standard IEEE C37.102-1995

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0827 : Sistemas de Transmisión en Telecomunicaciones		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0829 : Teoría de Tráfico		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE0869 : Subestaciones		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1003 : Temas Especiales en Ingeniería		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso de Medidores de Energía y Potencia Eléctrica, introduce y explica la teoría de funcionamiento bajo las cuales se lleva a cabo la actividad de medición y registro de la energía y potencia en todas las etapas del negocio eléctrico, generación, transmisión, distribución y comercialización. Adicionalmente, el estudiante adquiere las destrezas necesarias para entender y explicar las configuraciones empleadas para el suministro de la electricidad, los principios de medición, las cantidades que se miden, el propósito de las mediciones, y ¿cómo lograr el binomio exactitud y equidad?, en aras de una toma de conciencia de las cuestiones técnicas que pueden repercutir en la economía de los consumidores y de las empresas eléctricas.

Objetivo general

Entender el principio de funcionamiento de los medidores de energía y potencia eléctrica y su comprensión dentro de la perspectiva de la metrología legal. Debe proporcionar al estudiante una toma de conciencia de las cuestiones técnicas que pueden repercutir en la economía de los consumidores y
las empresas eléctricas.

Objetivos específicos

1. POR DEFINIR

Contenidos

1. Introducción a la Medición dela Electricidad (1 semana).
2. Circuitos de medición de la electricidad asociados al Sistema de Distribución (1 semana).
3. Análisis de cargar monofásicas y polifásicas (1 semana).
4. Conceptos de medición (1 semana).
5. Medición de la demanda (1 semana).

6. Medición de la demanda tensión-corriente (1 semana).
7. Medidor básico de inducción (1 semana).
8. Medición electrónica (1 semana).
9. Aprobación del tipo de medidor de electricidad (1 semana).
10. Métodos de verificación y prueba (1 semana).
11. Intervalos de Re-verificación (1 semana).
12. Programas de cumplimiento en servicio (1 semana).
13. Patrones de medición y equipos de prueba (1 semana).
14. Investigaciones en medición y controversias. (1 semana).

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1014 : Temas Especiales I en Control		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Se introduce el tema de la automatización industrial y los equipos necesarios para realizar la misma, la utilización de los controladores lógico programables de uso industrial (PLC, también llamados autómatas programables), el modelado de los procesos de eventos discretos mediante lenguajes gráficos (SFC y la Guía GEMMA), y la programación de los PLC, complementado con prácticas de laboratorio.

Objetivo general

Al finalizar el curso el y la estudiante deberá estar en capacidad de describir los equi- pos requeridos para automatizar un proceso industrial, diseñar sistemas de control de procesos de eventos discretos utilizando un lenguaje gráfico, programarlo en un autómata (PLC) y verificar su funcionamiento.

Objetivos específicos

1. Describir la estructura y los componentes de un controlador lógico programable industrial (PLC).
2. Modelar procesos de eventos discretos mediante el uso de herramientas gráficas.
3. Programar el modelo del proceso de eventos discretos en un controlador lógico programable.
4. Describir los componentes y el funcionamiento de las redes de comunicaciones industriales para la implementación de sistemas de control distribuidos.
5. Describir las tareas requeridas para el desarrollo de un proceso de automatización industrial.

Contenidos

Introducción (3h)

- Automatización industrial, historia, apli- caciones, componentes, programación, procesos de eventos discretos, funciones del autómata programable

Controladores lógico programables industriales (PLC) (Autómatas programables) (3h)

- Estructura: Unidad de procesamiento central, fuente de alimentación, memoria, módulos de entrada y salida (discretos, continuos), módulos contadores, otros
- Módulos de comunicaciones
- Programación, lenguaje "escalera" de contactos, bloques de funciones
- Interfaz humano-máquina
- Terminales y software de programación

Sensores y actuadores (6h)

- Interruptores y transductores de nivel, presión, caudal y temperatura
- Detectores de final de carrera, de proximidad
- Electroválvulas, pistones, motores de paso, accionamiento de equipo

Programación (9h)

- Lenguajes estándar (IEC 61131-3)
- Ejecución, ciclo de programa, ele- mentos de programación (pasos, eta- pas/transiciones, variables, entra- das/salidas)
- Interfaz gráfica de usuario

Control de procesos de eventos discretos (12h)

- Modelado de sistemas de eventos discre- tos mediante gráficos de estado
- Introducción a las redes de Petri
- Gráfico de funciones secuencial (SFC), etapas, transiciones, uniones, reglas de sintaxis, secuencias, programación
- Guía para el estudio de los modos de marcha y parada (Guía GEMMA), proceso de puesta en marcha y de parada, operación normal, proceso en caso de falla

Control de procesos continuos con autómatas programables (6h)

- Algoritmo de control proporcional inte- gral derivativo (PID) en su versión digital
- Técnicas de sintonización de controlado- res PID, autotuning
- Configuración y sintonización de contro- ladores continuos en un PLC

Comunicaciones industriales (6h)

- Redes industriales, topologías
- Buses Profibus, DeviceNet, Ethernet, CAN, As-i y Modbus
- Interfaces humano-máquina

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1015 : Temas Especiales I en Telecomunicaciones		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1017 : Temas Especiales I en Máquinas Eléctricas		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

En este curso se estudiarán los conceptos fundamentales de la radiación solar y de los componentes que constituyen un generador fotovoltaico. Este curso recoge la experiencia acumulada en proyectos realizados, lo cual representa la posibilidad de obtener tanto el aporte docente, como la experiencia técnica de campo.

Objetivo general

Brindar los conocimientos generales sobre las aplicaciones prácticas de la energía solar fotovoltaica de pequeña y mediana potencia, potenciando las expectativas profesionales, dadas las previsiones de demanda de servicios calificados en este nuevo campo de la industria eléctrica, como consecuencia del previsible incremento de este tipo de instalaciones en el futuro cercano.

Objetivos específicos

1. Capacitar al estudiante en la comprensión de esta fuente de energía renovable y en la estimación de su potencial de explotación según las condiciones climáticas del sitio.
2. Capacitar al estudiante a un nivel básico de entendimiento de los conceptos para diseñar, calcular, presupuestar y desarrollar la instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica.
3. Elaboración de un proyecto donde el estudiante aplique los conceptos estudiados.

Contenidos

Introducción a la Energía Solar

- Energía Radiante
- La energía del Sol, radiación solar; la constante solar
- Efecto de la atmósfera.
- Irradiación sobre una superficie.

Conceptos elementales de astronomía de posición solar

- Posición del Sol
- Coordenadas solares
- Las estaciones del año.

Conversión de la energía solar.

- Procesos naturales.
- Procesos tecnológicos de conversión útil de la energía solar.
- Procesos directos de conversión eléctrica.

Electricidad fotovoltaica.

- Historia de la electricidad fotovoltaica
- El efecto fotoeléctrico
- La celda fotoeléctrica.
- Tipos de celdas fotoeléctricas.

El panel solar.

- Características eléctricas.
- Interconexión de paneles.
- Características físicas.
- Estructura de soporte y anclaje.
- Mecanismos de seguimiento solar.

Tipos de instalaciones fotovoltaicas.

- Instalaciones fotovoltaicas en isla.
- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Componentes de una instalación fotovoltaica aislada.

- Conceptos fundamentales sobre baterías.
- Descripción, tipos, capacidad y conexión de las baterías.
- Ciclos de carga y descarga del banco de baterías
- Comportamiento del banco de baterías en una instalación fotovoltaica
- Reguladores de voltaje: tipos de reguladores y necesidad del regulador
- Inversores: necesidad del uso del inversor

Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.

- Criterios de partida: estudio de las necesidades a cubrir, cargas y consumo
- Cálculo de la capacidad y determinación de la batería.
- Cálculo de la potencia de los paneles fotovoltaicos.
- Cálculo de los elementos de la instalación, reguladores, dimensionado del inversor, sección del conductor; otros elementos.
- Estudio de viabilidad: caso de ejemplo, definición y proceso de cálculo.

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

- Presentación del proyecto.
- Memoria y Cálculos.
- Planos y Presupuesto.

Ejecución y mantenimiento de una instalación fotovoltaica.

- Procesos previos al inicio de la instalación.
- Fases del proceso de montaje: conexión de los paneles, montaje del banco de las baterías; montaje de los equipos de regulación y control; cableado general de la instalación
- Puesta en marcha y entrega de la instalación.
- Operaciones de mantenimiento
- Localización y reparación de averías
- Seguridad eléctrica
- Casos prácticos: proyectos fotovoltaicos conectados a la red de San Antonio, Barranca, Colima y Garabito

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1018 : Temas Especiales I en Sistemas de Potencia		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

En el presente curso, se brindarán las herramientas para la gestión, análisis y programación del mantenimiento asociado a máquinas eléctricas y sistemas eléctricos en general. Se estudiarán aspectos básicos de mantenimiento, análisis de pruebas dirigidas a transformadores eléctricos, motores y generadores de electricidad. De igual manera, se plantearán las bases para la investigación de los fenómenos de vibraciones presentes en máquinas eléctricas así como sus posibles soluciones, entre las que incluyen el mantenimiento basado en inspecciones, en la condición de los equipos y las diversas técnicas para su análisis.

Objetivo general

Brindar los conocimientos básicos en la ingeniería de mantenimiento, a fin que el estudiante obtenga las herramientas necesarias para la gestión eficiente del departamento de mantenimiento, de igual manera los criterios para la toma de decisiones para el análisis de fallas, análisis e interpretación de pruebas eléctricas a máquinas eléctricas y el estudio de los fenómenos que conllevan este campo.

Objetivos específicos

1. Estudiar y analizar los componentes de un departamento de mantenimiento.
2. Brindar los criterios para la creación y planeamiento de un plan de mantenimiento.
3. Crear un plan de mantenimiento preventivo, predictivo.
4. Analizar y comprender los diversos tipos de mantenimiento y estudiar las últimas tendencias.
5. Gestionar diversas tendencias de mantenimiento modernas.
6. Desarrollar investigación en técnicas de mantenimiento basadas en la condición.

Contenidos

Tema 1: Evolución del Mantenimiento (6 horas)

- Historia del Mantenimiento

- Conceptualización del mantenimiento
- Planeamiento del mantenimiento
- Diseño y consecución de un plan de mantenimiento basado en inspecciones
- Desarrollo de procedimientos, códigos y flujogramas

Tema 2: Enfoques del mantenimiento actual (18 horas) Mantenimiento Preventivo

- Historia del mantenimiento preventivo
- Conceptualización del mantenimiento preventivo
- Planeamiento del Mantenimiento Preventivo
- Hojas de inspecciones y Ordenes de trabajo
- GanttAnual
- Mantenimiento Predictivo
- Antecedentes al mantenimiento predictivo
- Conceptualización del mantenimiento predictivo
- Análisis por termografía Infraroja
- Análisisdevibracionesmecánicas
- Análisis por ultrasonido
- Análisis de Aceites dieléctricos y de uso industrial
- Mantenimiento Basado en la Condición
- Introducción al mantenimiento Basado en la condición
- Conceptualización del mantenimiento Basado en la condición
- Caso1:Transformadores de Potencia
- Caso 2:Motores y Generadores eléctricos
- Caso 3:Subestaciones Eléctricas y líneas de Transmisión
- Caso 4:Tableros y otros dispositivos eléctricos en general
- Planeamiento del Mantenimiento Basado en la condición

Tema 3: Tendencias Mundiales del Mantenimiento (9 Horas)

- Introducción
- MCM (Mantenimiento de Clase Mundial)
- RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad)
- 5s
- TPM (Mantenimiento Productivo Total)
- Software de mantenimiento

Tema 4: Análisis y estudio de índices (9 Horas)

- Conceptos básicos
- Índices de confiabilidad
- Índices de disponibilidad
- Estimación de parámetros
- Estimaciones de sistemas o equipos serie paralelo
- Estudio de confiabilidad para máquinas eléctricas
- Costos

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1020 : Temas Especiales I en Electrónica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1021 : Temas Especiales I en Sistemas Digitales		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso práctico en el que se estudiaran los conceptos relacionados con sistemas incrustados, su organización, modelo de programación, periféricos y dispositivos de almacenamiento. Al final de curso los estudiantes tendrán la capacidad de enfrentarse con cualquier sistema incrustado comercial de forma que lo podrán utilizar para la creación de aplicaciones y soluciones comerciales.

Objetivo general

Utilizar distintos tipos de sistemas incrustados para la solución de problemas de la vida cotidiana, enfocados en diferentes tipos de mercados.

Objetivos específicos

1. Familiarizarse con los conceptos referentes a los sistemas incrustados.
2. Analizar la arquitectura y modelos de uso de distintos sistemas incrustados.
3. Desarrollar distintos tipos de soluciones utilizando sistemas incrustados, para los mercados de salud, consumidor y automatización.
4. Familiarizar al estudiante con las técnicas de optimización de sistemas incrustados y las diferentes formas de utilizarlos.
5. Realizar prácticas de laboratorio como vehículo para el aprendizaje.

Contenidos

POR DEFINIR

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1114 : Temas Especiales II en Control		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

El curso teórico-práctico de Control Distribuido ofrece una visión general de control de procesos con estrategias continuas y secuenciales, diseño de interfaz gráfica al operador y manejo de dispositivos de campo. La teoría se complementa con laboratorios con el sistema DeltaV de Emerson.

Objetivo general

Brindar al estudiante los conocimientos para entender y explicar las aplicaciones de los sistemas de control distribuido.

Objetivos específicos

1. Explicar qué es un sistema de control distribuido y su aplicación a procesos industriales.
2. Describir elementos de instrumentación y los protocolos de control más usados en la industria.
3. Conocer sobre los elementos de una red de control distribuido y los sistemas de detección de fallas.
4. Analizar algunas estrategias de control (cascada, rango partido, ganancia programada, selectivo, etc).
5. Diseñar un sistema de control distribuido con el software de simulación DeltaV.

Contenidos

Automatización de Procesos

- Carta al Estudiante y asignación de temas de exposición
- Procesos industriales (continuos y batch)

- Controladores, Fuentes de Alimentación y Tarjetas de Entrada y Salida
- Laboratorio 1. Introducción al Hardware DeltaV.

Introducción a Sistemas de Control Distribuido DCS

- Presentación oral y video: Principio Físico de Funcionamiento de los Transmisores Rosemount del Cactus DeltaV donado por Emerson (Temp y Presion)
- Sistemas de Supervisión y Adquisición de Datos SCADA
- Controladores Lógicos Programables PLC
- Arquitectura de la Red de Control Distribuido
- Laboratorio 2. Introducción al Software DeltaV

Protocolos de Automatización de Procesos

- Presentación oral y video: Principio Físico de Funcionamiento de la Válvula Fisher del Cactus DeltaV donado por Emerson
- Redes LAN Industriales y Buses de Campo
- Laboratorio 3. Algoritmos de control para dispositivos de E/S discretos.

Protocolos de Automatización de Procesos

- Presentación oral y video: Buses de Campo (HART)
- Modelo OSI
- Laboratorio 4. Algoritmos de control para dispositivos de E/S analógicos.

Detección de Fallas en DCS

- Presentación oral y video: Buses de Campo (Modbus)
- Alarmas en la Interfaz Gráfica del Operador
- Datos Históricos
- Laboratorio 5. Alarmas y Diagnósticos para dispositivos de E/S.

Interfaz gráfica de un DCS

- Presentación oral y video: Buses de Campo (Fieldbus)
- Ambiente gráfico de DeltaV
- Enlaces de datos, Dínamos estáticos y animados
- Laboratorio 6. Interfaz gráfica para dispositivos de E/S

Control Discreto: DC

- Presentación oral y video: Buses de Campo (AS-i)
- Control de dispositivos discretos de 2 y 3 estados
- Enclavamiento
- Laboratorio 7. Control DC 2 y 3 estados

Control Analógico: PID

- Presentación oral y video: Buses de Campo (DeviceNet)
- Control PID
- Bloque PID
- Laboratorio 8. Control PID

Control Analógico: PID

- Presentación oral y video: Buses de Campo (Profibus DP)
- Control PID en Cascada
- Sintonización automática de lazos de control
- Laboratorio 9. Sintonizacion de Lazos PID con la herramienta Tune with Insight

Control Analógico: PID

- Presentación oral y video: Buses de Campo (Profibus PA)
- Control PID en Cascada
- Sintonización automática de lazos de control
- Laboratorio 10. Control PID en Cascada (Maestro-Esclavo)

Control Analógico: PID

- Presentación oral y video: Redes LAN Industriales (Ethernet industrial)
- Control Retroalimentado (Feedforward)
- Control de Rango Partido (Split Range)
- Laboratorio 11. Control PID (Feedforward)

Control Analógico: PID

- Presentación oral y video: Diagramas de Tuberías e Instrumentación (P&ID)
- Control con Mecanismos de Seguridad (Override)
- Control por Proporcion Volumétrica (Ratio)
- Laboratorio 12. Control PID (Split Range)

Control Analógico: PID

- Presentación oral y video: Control de Procesos Industriales en CR (Continuos)
- Control de Ganancia Programada (Gain Scheduler)

- Control de Ganancia con Margen de Error (Bias/Gain)
- Laboratorio 13. Control PID (Override y Ratio)

Comunicaciones en DCS

- Presentación oral y video: Control de Procesos Industriales en CR (Batch)
- Diagnósticos y Gestión de Dispositivos de Campo
- Manejo y consideraciones del retardo de comunicación en Sistemas de Control Distribuido
- Laboratorio 14. Gain Scheduler y Bias/Gain)

Proyecto Final: Diseñar un sistema de control distribuido con el software de simulación DeltaV

- Elegir un proceso industrial continuo o batch y explicarlo brevemente.
- Con base en el P&ID del proceso seleccionado, diseñar la interfaz gráfica animada.
- Simular las variables de proceso y configurar los algoritmos de control.
- Activar alarmas y mecanismos de seguridad (enclavamiento)

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1115 : Temas Especiales II en Telecomunicaciones		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Éste es un curso fundamental en el campo de Redes o Telemática, donde se hace referencia a las tecnologías y soluciones dadas en Redes Convergentes o Multiservicio (datos, voz y vídeo). Los nuevos paradigmas de TI, que representan grandes demandas de ancho de banda, han obligado a las empresas a evolucionar sus redes de arquitecturas tradicionales, a modelos convergentes. Existen varios factores que están forzando el cambio en que se diseñan las redes actualmente, los cuales son: virtualización, cómputo de nube, movilidad, contenido multimedia y crecimiento explosivo de datos.

Objetivo general

Proveer el conocimiento necesario, y las habilidades requeridas para detectar requerimientos, manejar terminología. identificar componentes, diseñar e implementar, poseer elementos y criterio de "troubleshooting"; para redes convergentes como soporte al tráfico multiservicio (datos, voz y vídeo). El participante estará en capacidad de comprender las tecnologías utilizadas en redes "Triple Play", así como las técnicas fundamentales, para su puesta en marcha.

Objetivos específicos

1. Revisar conceptos fundamentales en el campo de redes de datos
2. Identificar terminología utilizada para describir aplicaciones y otros aspectos de redes convergentes.
3. Identificar componentes de una red convergente, la funcionalidad de cada uno de ellos, y la interoperabilidad entre los mismos.
4. Percibir los beneficios de la convergencia IP (estándar abierto , escalabilidad, clase y calidad de servicio, pocos elementos de red, eliminación de redes operando en paralelo)
5. Entender la integración de soluciones de datos, voz y vídeo a nivel corporativo
6. Conocer los servicios que son ofrecidos en el mercado para Banda Ancha, tanto residencial como corporativo

7. Identificar las diferentes tecnologías de acceso ofrecidos por los proveedores de servicio, conociendo sus características y aplicabilidad, como soporte al tráfico de redes convergentes
8. Dotar de "tips" básicos para el diagnóstico y "troubleshooting" en redes multiservicio
9. Conocer las necesidades de la calidad de servicios IP (QoS), modelos conceptuales tales como IntServ y DiffServ; y la implementación de IP QoS; todo aplicado en el campo de las redes convergentes
10. Esbozar posibles implementaciones de VoIP y examinar sus beneficios y aplicabilidad. Dotar el conocimiento necesario en el manejo de gateways, gatekeepers, Unified Communications Manager y QoS en arquitectura de red de voz.
11. Identificar señalización clave y protocolos de transporte que son utilizados con VoIP
12. Conocer y describir una solución de "Unified Communications Manager"
13. Entender el concepto y aplicabilidad de IPTV o Televisión a través del Protocolo IP. Requerimientos de ancho de banda, manejo de QoS, video streaming
14. Identificar y entender sobre las Tendencias Tecnológicas: IoT (Internet de las cosas), Mobility, Cloud Computing
15. Diseñar básicamente redes convergentes como soporte a aplicaciones y servicios que demanda el mercado.

Contenidos

Evolución de la Interconexión de Redes y Modelo OSI de Referencia

- Evolución de las Redes de Comunicación
- Redes Convergentes
- Tareas y Metas de la Interconexión de Redes
- Modelos de Conmutación
- Modelo OSI
- Protocolo
- Funciones de las Capas

Review: Fundamentos de Networking

- Cableado Estructurado
- Interconexión de Dispositivos de Red
- Stack de Protocolos TCP/IP
- Switching
- Routing
- WAN
- Switching & Routing Avanzado (Tópicos)
- Security

Tecnologías y Servicios de Banda Ancha

- Fundamentos técnicos de Banda Ancha residencial
- Servicios de Banda Ancha residenciales (Aplicaciones Triple Play, Analog TV, Digital TV, Interactive TV, Video on Demand, www, Datacasting, etc)

- Proveedores de Servicio
- Redes de Acceso de Banda Ancha
- Cable TV
- xDSL
- FTTx
- Wireless (Wi-Fi, WIMAX, 3G/4G/5G)
- VSAT

Redes Convergentes o Multiservicio (datos, voz y vídeo)

- Qué es convergencia?
- Evolución de la tecnología
- Requerimientos Multimedia
- Comunicaciones IP & Servicios en Tiempo Real
- IP Telephony
- Las empresas están construyendo redes convergentes
- Modelos de Telefonía IP
- QoS
- Voice over "X"
- H.323
- Gateways
- Audio (G723.1/G729)
- Video
- Aplicaciones

Calidad de Servicio (QoS)

- Introducción a IP QoS
    - Por qué QoS?
    - Qué afecta QoS?
    - Ancho de Banda disponible
    - Retrasos
    - Pérdida de paquetes
    - Aumento en la disponibilidad de Ancho de Banda
    - Como reducir el retraso
    - Como prevenir el descarte de paquetes
    - Cómo puede aplicarse QoS?
- Modelos: Integrated Services & Differentiated Services
- Construcción de bloques: Funciones del Router
- Acciones IP QoS
- QoS en Redes Empresariales
- QoS en Redes de Proveedores de Servicio (ISPs)
- Clasificación y Etiquetado
- Mecanismos de Encolamiento
- Organización y Vigilancia de Tráfico
- Prevención del Congestionamiento

- Mecanismos para la Eficiencia de Enlaces (Links)
- QoS Signaling

Integración de Redes de Voz y Datos

- Fundamentos de Telefonía
- La voz sobre el protocolo IP (VoIP)
- Estándares de VoIP
- Introducción a los Voice Gateways
- Llamadas VoIP
- Contact Centers, mensajería unificada, CTI
- Telefonía IP
    - Arquitectura
    - Implementación
    - Administración
- Diseño de redes de voz sobre paquetes

Video sobre IP

- Técnicas básicas de vídeo
- Compresión de Vídeo
- Encapsulado y transportes de paquetes de vídeo
- IP Multicasting
- IPTV (infraestructura, tecnología de acceso y red de distribución local)
- Internet Vídeo
- Videoconferencia sobre IP
- Técnicas de diseño

Redes Inalámbricas dentro del marco de la convergencia

- Comprensión de las WLAN
- Componentes y tecnologías WLAN
- Topologías inalámbricas
- Seguridad en WLAN
- Site Survey
- VoIP y voz sobre WLAN
- QoS en WLAN

Tendencias Tecnológicas

- IoT (Internet de las Cosas)
- Mobility
- Cloud Computing

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1116 : Temas Especiales II en Electrónica		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1117 : Temas Especiales II en Máquinas Eléctricas		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

En este curso se estudiarán los conceptos fundamentales de la radiación solar y de los componentes que constituyen un generador fotovoltaico. Este curso recoge la experiencia acumulada en proyectos realizados, lo cual representa la posibilidad de obtener tanto el aporte docente, como la experiencia técnica de campo.

Objetivo general

Brindar los conocimientos generales sobre las aplicaciones prácticas de la energía solar fotovoltaica de pequeña y mediana potencia, potenciando así las expectativas profesionales dadas las previsiones de demanda de servicios calificados en este nuevo campo de la industria eléctrica, como consecuencia del previsible incremento de este tipo de instalaciones en el futuro cercano.

Objetivos específicos

1. Capacitar al estudiante en la comprensión de esta fuente de energía renovable y en la estimación de su potencial de explotación según las condiciones climáticas del sitio.
2. Capacitar al estudiante a un nivel básico de entendimiento de los conceptos para dimensionar, calcular, presupuestar y desarrollar la instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica.
3. Elaboración de un proyecto donde el estudiante aplique los conceptos estudiados.

Contenidos

Introducción a la Energía Solar

- Energía Radiante
- La energía del Sol, radiación solar; la constante solar
- Efecto de la atmósfera.
- Irradiación sobre una superficie.

Conceptos elementales de astronomía de posición solar

- Posición del Sol
- Coordenadas solares
- Las estaciones del año.

Conversión de la energía solar.

- Procesos naturales.
- Procesos tecnológicos de conversión útil de la energía solar.
- Procesos directos de conversión eléctrica.

Electricidad fotovoltaica.

- Historia de la electricidad fotovoltaica
- El efecto fotoeléctrico
- La celda fotoeléctrica.
- Tipos de celdas fotoeléctricas.

El módulo fotovoltaico (panel solar).

- Características eléctricas.
- Interconexión de módulos.
- Características físicas.
- Estructura de soporte y anclaje.
- Mecanismos de seguimiento solar.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1118 : Temas Especiales II en Sistemas de Potencia		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

En la Universidad de Costa Rica, la Escuela de Ingeniería Eléctrica, al igual que otras Escuelas, ha expresado su interés por incursionar en la modalidad de cursos virtuales, como consecuencia del actual auge de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el ámbito educativo, con el fin de beneficiar a sus estudiantes con las bondades de este modalidad, para los cursos de su programa de licenciatura.

El modelo pedagógico del presente curso tendrá un énfasis en los contenidos, priorizándose éstos y la forma en que mejor se pueden transmitir al estudiante, enfocándose en que los mismos sean de la mejor calidad académica posible y que sean impartidos de la mejor manera para lograr la comprensión de éstos por el estudiante. Para lo cual, se incluirá elementos de los énfasis centrados en el aprendizaje y la enseñanza, definiendo el proceso en función a lo que se enseña, pero, centrándose en que lo que se enseña sea bien asimilado y apropiado por el estudiante. Los contenidos se centrarán en el tema de la generación de energía eléctrica de modo eficiente, a partir de una variada cantidad de fuentes de energía renovable y no-renovable, centrándose en las renovables, según la búsqueda de sostenibilidad ambiental y eficiencia energética actual en Costa Rica y Centroamérica.

Objetivo general

1. Que el estudiante desarrollo criticidad ante los riesgos sociales que implica mantener proyectos no-renovables a largo plazo así como de los impactos negativos de un proyecto renovable sin buena gestión.
2. Que el estudiante pueda identificar los distintos tipos de conversión de la energía de fuentes renovables y no-renovables a energía eléctrica.
3. Que el estudiante adquiera habilidades para el uso de los recursos tecnológicos ofrecidos por la Universidad en su formación a través del e-Learning.

Objetivos específicos

1. Analizar las distintas fuentes de energía eléctrica disponibles actualmente.

2. Determinar los métodos de transformación de las distintas fuentes de energía a energía eléctrica.
3. Definir qué hace que un proyecto de generación sea renovable o no-renovable y sus implicacionessocio-ambientales.
4. Analizar los diagramas energéticos en los procesos de trasformación de energía renovable y no-renovable a energía eléctrica.
5. Estudiar las distintas formas de reducción de las pérdidas energéticas en proyectos de generación eléctrica.
6. Impacto económico de los métodos de reducción de pérdidas energéticas en proyectos de generación.

Contenidos

Presentación del curso, sus actividades y los recursos necesarios.

1. Descripción del curso, objetivos y metodología.
2. Recursos tecnológicos y requisitos académicos necesarios.

Introducción al uso de la plataforma:

1. La plataforma Moodle de 4E, el Exelearning y la plataforma de Mediación Virtual.

Realización de Examen de Diagnóstico

Fuentes de energía: solar, hídrica, geotérmica, eólica, biomasa.

1. Distintas formas de la energía.
2. Energía renovable desde 5 fuentes principales: solar, hídrica, geotérmica, eólica, biomasa.

Fuentes de energía: nuclear, térmica: fósil.

1. La energía en fuentes de lenta renovación natural.
2. Aspectos negativos y positivos sobre las fuentes de lenta renovación natural.

Método de la máquina generadora sincrónica y la asincrónica:

1. Método de la máquina sincrónica: características y beneficios.
2. Método de la máquina asíncrona: características y beneficios.
3. Comparación de métodos: ventajas y desventajas.

Método Fotovoltaico y Efecto Peltier:
Tecnología fotovoltaica:

1. Celdas solares.
2. Eficiencia.

Tecnología Termoeléctrica:

1. Efecto Peltier.

2. Desintegración nuclear.

Análisis específico del tratamiento de reducción de pérdidas energéticas en los procesos de transformación:

1. Desde el diseño.
2. Con mantenimiento preventivo.
3. Cambiando de tecnología.

Características de costo económico que vuelven a una fuente de energía: renovable o no renovable:

1. Costo económico de la extracción y transformación de la energía.

2. Eficiencia del proceso de transformación de la fuente de energía a energía eléctrica.

Características de costo ambiental que vuelven a una fuente de energía: renovable o no renovable:

1. Impacto ambiental de proyectos.
2. El tamaño del proyecto de extracción de energía de fuente renovable que pueda hacerlo no-renovable.

Diagramas de transformación de la energía que involucran máquinas sincrónicas.

1. Desde la fuente de energía.
2. En casa de máquinas.
3. En la subestación.

Puntos de pérdidas de energía.
Control eficiente de sistemas de potencia:

1. Desde la subestación a la red de transmisión.
2. Costos económicos de una eficiente estructura de transmisión y distribución.

Centros de Control:

1. Controladores de sistemas de potencia.
2. Controlar sistemas interconectados (audio-conferencia con experto del Instituto Costarricense de Electricidad)
3. Eficiencia y los costos económicos de ser eficiente.

En el diseño:

1. Elección de sistema de generación eléctrica, a partir de la fuente de energía.
2. Equipo electrónico de control del sistema.
3. Equipo humano.

Mejoras y mantenimiento preventivo:

1. El deterioro de los equipos electrónicos de control, extracción y transformación de la energía, y su mantenimiento.
2. El cambio en las tecnologías de equipos y métodos organizacionales.

Reducción de costos asociados con fallas catastróficas por negligencia:

1. Costos económicos.
2. Beneficios económicos para la empresa.

Aumento de ganancias:

1. Ganancias en imagen.

2. Ganancias económicas.

Reducción de costos trasladada a clientes:

1. Reducción de tarifas eléctricas.
2. Reducción de precios de conexión.
3. La generación distribuida de doble sentido.
4. Continuidad en el servicio.

Presentación de trabajos finales:

1. Exposición.
2. Discusión.

Evaluación del curso y el docente:

1. Experiencias.
2. Oportunidades de mejora.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1119 : Temas Especiales II en Sistemas Digitales		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

Este es un curso práctico, 100 % laboratorio, en el que se estudiaran los conceptos relacionados con sistemas incrustados, su organización, modelo de
programación, periféricos y dispositivos de almacenamiento. Al final de curso los estudiantes tendrán la capacidad de enfrentarse con cualquier sistema incrustado comercial de forma que lo podrán utilizar para la creación de aplicaciones y soluciones comerciales.

Objetivo general

Utilizar distintos tipos de sistemas incrustados para la solución de problemas de la vida cotidiana.

Objetivos específicos

1. Familiarizarse con los conceptos referentes a los sistemas incrustados.
2. Analizar la arquitectura y modelos de uso de distintos sistemas incrustados.
3. Desarrollar distintos tipos de soluciones utilizando sistemas incrustados.
4. Familiarizar al estudiante con las técnicas de optimización de sistemas incrustados y las diferentes formas de utilizarlos.
5. Realizar prácticas de laboratorio como vehículo para el aprendizaje.

Contenidos

POR DEFINIR

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE1169 : Sobrevoltajes y Coordinación de Aislamiento		

Número de Créditos: 3
Requisitos:

Descripción

La protección de los sistemas de potencia contra sobretensiones es fundamental para garantizar la calidad en el suministro de la energía eléctrica, aumentar los niveles de confiabilidad y reducir la probabilidad de daño a personas y equipos. En este curso, se establece la base teórica y práctica actual para desarrollar esta labor. Para tal efecto se establecen las siguientes tres secciones. Se inicia con los principios físicos y matemáticos de múltiples tipos de sobretensiones, el modelado de componentes eléctricos y la simulación de transitorios electromagnéticos. Posteriormente, se estudian las técnicas y equipos de protección contra sobretensiones y los métodos de coordinación de asilamiento determinístico y estadístico, los cuales se basan en normativas internacionales y el método de Monte Carlo, respectivamente. Finalmente, se incluye en el programa un apartado especial para analizar técnicas modernas con orientación científica que se desarrollan en esta el área.

Objetivo general

Estudiar integralmente los temas de sobretensiones y coordinación de aislamiento mediante la combinación de aspectos académicos e industriales, el desarrollo de algoritmos computacionales y la utilización de programas especializados, con el fin de que los estudiantes adquieran destrezas para analizar eventos transitorios, determinar la rigidez dieléctrica del aislamiento y establecer esquemas de protección contra sobretensiones, para evitar fallas y daños en sistemas de potencia, considerando el concepto de riesgo

Objetivos específicos

1. Calcular transitorios eléctricos en redes eléctricas, empleando métodos analíticos, técnicas numéricas y programas de simulación.

2. Analizar y modelar estadísticamente el aislamiento eléctrico, estimar la rigidez dieléctrica de los equipos, seleccionar de manera adecuada los dispositivos de protección contra sobretensiones.

3. Estimar el impacto económico vinculado a las fallas de los sistemas debido a sobretensiones.

Contenidos

1. Análisis de sobretensiones (32 h)

1. Sobretensiones temporales
2. Sobretensiones de frente lento
3. Sobretensiones de frente rápido
4. Modelos de componentes
5. Técnicas de simulación
6. Simulación Digital en ATP-EMTP

2. Coordinación de aislamiento (32 h)

1. Aislamiento eléctrico
2. Descargadores de sobretensión
3. Sistemas de puesta a tierra
4. Apantallamiento y pararrayos
5. Método determinístico IEC-IEEE
6. Método estadístico Monte Carlo
7. Evaluación de confiabilidad
8. Investigaciones actuales en el área

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9500 : Investigación Dirigida I		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9501 : Investigación Dirigida II		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9502 : Investigación Dirigida III		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9600 : Seminario de Graduación I		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9601 : Seminario de Graduación II		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9602 : Seminario de Graduación III		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9700 : Práctica Dirigida I		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9701 : Práctica Dirigida II		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA	**Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica Programa del curso**	EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica
IE9702 : Práctica Dirigida III		

Número de Créditos: 0
Requisitos:

Descripción

None

Objetivo general

None

Objetivos específicos

None

Contenidos

None