

ENLACE A RADIO FRECUENCIA

PARA TELECONTROL, RADIOMANDO Y TRANSMISION DE DATOS

HEVER GARCÍA DOMÍNGUEZ

OBJETIVOS

Capacitar a los Ingenieros participantes, en la teoría y en la practica a nivel de instructores, para el Diseño, Aplicación y Desarrollo de cualquier tipo de circuito, sistema electrónico o producto que requiera ser Telecontrolado o Supervisado a Distancia, así como para la transmisión digital y recuperación de datos referentes a cualquier variable física, una vez acondicionada, a distancias de 30, 100 y 500 metros ó más, en comunicación directa por medio de Radio Frecuencia.

RESUMEN

Para alcanzar los objetivos planteados, se inicia dando un panorama general de los alcances del Telecontrol y Radiomando usando diferentes medios físicos, como son el medio alámbrico, luz Infra Roja y Ultrasonido, enfatizando las ventajas y desventajas de cada uno y resaltando la utilidad de la Radio Frecuencia por encima de las otras alternativas y se hace una revisión de la distribución de los diferentes señales oscilatorias, desde la banda de Frecuencias infrasónicas, audio, ultrasónica y frecuencias de Radio (VLF, LF, HF, VHF, UHF), Microondas, etc., para ubicarnos en la banda VHF, objeto de este curso.

A partir de ahí se enumeran los diferentes conceptos y definiciones que se usaran, revisando en particular los referentes al electro magnetismo.

Luego se muestra un panorama general de la transmisión de información de Audio y Video por métodos analógicos, repasando los antecedentes históricos y la teoría fundamental de la Modulación en Amplitud y en Frecuencia que sirven de base para comprender el proceso de transmisión y recepción por métodos digitales, estudiando las características sobresalientes de los métodos de modulación OOK, ASK, FSK, y PSK.

Continuando con ese esquema de haber partido de lo general para centrarnos en lo particular, estudiamos los tipos de Transmisores, repasando la teoría de los osciladores en general y particularmente los de Alta Frecuencia. Ahí nos detendremos a estudiar a profundidad y detalle la estructura general de nuestro transmisor digital, características, especificaciones, métodos de ajuste y sintonía por medio de Bobina, Trimmer, Resonador SAW, y PLL.

Luego un análisis cuidadoso del manejo de energía, desde la selección del suministro, el tipo de respaldo y autonomía de funcionamiento, la selección del tipo de baterías a usar, considerando las ventajas y desventajas de cada tipo de tecnología de baterías para este uso (Alcalina, Litio, Zinc, Nicad, Plomo Acido, etc) y la elección del tipo mas adecuado para estos transmisores incluyendo el de 500 mW ó más de potencia, además de hacer una introducción al método de codificación digital usando uControllers, protocolo de transmisión serie elegido y el procedimiento de 'Bit-Bang' para generar por software cualquier comando, señal o dato que se desee emitir, así como los métodos útiles para introducir datos al transmisor.

Comandos con un botón, combinación de varios botones y teclado en matriz, varios comandos con un solo botón temporizado y varios comandos con un solo botón contando el número de pulsaciones. Aquí se analiza el formato comercial de los circuitos integrados 'encoder' Motorola, National, Holtek y uChip y algunos procedimientos para tomar información desde el puerto serial232 o paralelo de una PC y transmitirlos, así como enviar datos de cualquier variable física, digitalizarla y enviarla por RF.

Llegado a este punto, estamos capacitados para diseñar transmisores con comandos directos por cada botón, comandos introducidos por medio de teclado en matriz de 3x4 y un ejemplo de 128 comandos por teclado usando el C.I. 74C922,

codificados con el PIC16F505, analizando en cada prototipo sus características de potencia, alcance, velocidad de transmisión, y mediante practicas controladas, encontraremos el extremo al que pueden ser llevados en sus capacidades de velocidad, confiabilidad, consumo de energía, modulación, etc. a fin de tener un criterio lo suficiente sólido para elegir el tipo de transmisor mas adecuado para cada necesidad.

✓ **Practica 1:**

Diseño, construcción y análisis en campo, de transmisor de 1 a 4 botones, 15 comandos, 10 mW, 300 Mhz, 9 Volt usando el uController PIC12F629

Y aprovechando el conocimiento y experiencia adquiridos, se hace una aplicación del Modulo comercial de RF modelo 'TX433Boost' para alcanzar distancias de hasta 1000 mts., enfatizando los cuidados necesarios en el diseño del PCB y la codificación adecuada de datos.

✓ **Practica 2:**

Diseño, construcción y análisis en campo, de transmisor 32 botones, 32 comandos directos (ampliable a 128) 500 mW, 433.92 Mhz, 18 Volt usando el uController PIC16F505

En seguida se estudian los Receptores digitales, viendo en panorama general los tipos disponibles (Super Regenerativo, Super Heterodino, Phase Locked Loop y los basados en 'ASICs' de las marcas: RFM, Micrel ChipCon, RF Pics, etc.

Un repaso al tema de Antenas para transmisión y recepción (Monopolo, dipolo, dipolo doblado, yagui, logarítmica, reflector parabólico) estudiando conceptos como patrón de radiación, ganancia, resonancia, efecto de puntas y las líneas de transmisión.

Para el apartado de Radiomando (recepción), se estudian los formatos comerciales de las marcas Motorola, National, Holtek, como antecedente histórico de la forma de decodificar datos, direcciones y comandos y el antiguo método de DIP SW para pre configuración, estudiando por separado la línea HCS de uChip con el Protocolo Keeloq, del cual antes se dio una introducción, y la técnica Code Hopping para transmisiones encriptadas de 66 bits, transmisiones no seguras de 32 bits y mi protocolo Keeloq-M de 16 bits, que nos sirven de referencia para desarrollar un protocolo propio y los métodos a usar en la transmisión/recepción continua mediante paquetes de datos, haciendo ahora una disección al microscopio de cada una de las partes de este protocolo, características y alcances, considerando la técnica para sincronizar el manejo de datos entre emisor-receptor, auto baud rate, tecnología 'Code Learning', transmisión por ráfagas, decodificación redundante, analizando también las limitaciones del protocolo Keeloq en modulación OOK y la codificación Manchester como uno de los métodos para compensar dichas deficiencias.

Hemos llegado al tema central: ***El Receptor Super Regenerativo.***

Estudiamos sus antecedentes históricos y evolución hasta nuestros días y la teoría de funcionamiento, especificaciones, características, limitantes, ventajas sobresalientes y comparación directa con el tipo Super Heterodino.

Estudiaremos con gran detalle cada sección que lo compone:

- Pre Amplificador de RF
- oscilador/mezclador/detector
- amplificador de datos digitales
- sección del 'escuadrador de datos'

Todo ello a nivel componente, además del estudio de los requisitos de cada componente a usar y los procedimientos necesarios para tener un pleno dominio del receptor en cuanto a estabilidad, control de la polarización, y las Técnicas requeridas para llevar el receptor al extremo de funcionamiento optimo.

Y puesto que de Radio Frecuencia se trata, es imprescindible dar un repaso al diseño del circuito impreso (PCB), considerando los cuidados, métodos y estrategias del Layout a usar en las secciones de Potencia, Corriente Directa,

Analógica, Digital y RF, desacoples de Tierra, conexiones de Tierra, uso del Auto Router, Características dieléctricas de diversos materiales como PC75, FR4., planos de tierra en PCB doble cara y técnicas de Microstrip para fabricación de componentes impresos, así como metodología para usar montaje SMT.

Ya podemos dominar el enlace de Radio Frecuencia.

- ✓ **Practica 3:**
Modulo Universal Receptor de RF, 300 Mhz, 9 volt

- ✓ **Practica 4:**
Modulo Receptor de RF con Decodificador integrado de 4 canales On/Off, 300 Mhz, 9 volt, usando el PIC12F629

- ✓ **Practica 5:**
Modulo Receptor de RF con Decodificador integrado de 4 canales, 300 Mhz, 9 volt, usando PIC12F629 (1 canal Biestable, 1 canal monoestable, 1 canal proporcional y 1 canal intermitente)

Teniendo ya dominio pleno del receptor a usar, tenemos también criterio lo suficiente amplio para hacer un análisis de los módulos de RF comerciales Aurel, Linx, Telecontrolli, etc, en cuanto a Rango, consumo, estabilidad, ancho de Banda, selectividad, sensibilidad, manejo del ruido, etc. Y además de poder seleccionar el adecuado para cada aplicación, estamos en condiciones de usar cualquiera de ellos a nivel modulo en cualquiera de nuestros diseños.

- ✓ **Practica 6:**
Receptor de RF a 433.92 Mhz usando el Modulo Aurel RF290 y decodificador con PIC12F629

Finalizando con la presentación de los Métodos para extender el rango de nuestro enlace de RF usando REPETIDORAS Iso frecuencia y Repetidoras tipo Transpondedor y algunas aplicaciones de Telemetría, tecnología TPMS (Tire Pressure Monitoring System) AMR (Automatic Meter Reading), Tecnología Salto de Frecuencia (Frequency Hopping Spread Spectrum) y trancivers tipo PLL .

- ✓ **PRACTICA GENERAL DE REFUERZO**

REVISION, CORRECCION Y PERFECCIONAMIENTO DE LOS DISEÑOS REALIZADOS EN LAS 6 PRACTICAS ANTERIORES:

- **Re-diseño**
- **Revisión de las características de los componentes en el receptor**
- **Compensación de los parámetros afectados**

INDICE TEMATICO

PANORAMA

- ❖ Definición de Telecontrol y Radiomando
- ❖ Qué es la transmisión por RF de Datos digitales
- ❖ Medios de Control
 - Alámbrico
 - 100 Khz sobre 60 Hz
 - Inalámbrico
 - Luz Visible
 - Infrarrojo (RC5)
 - Ultrasónico
 - RADIO FRECUENCIA
- ❖ Espectro Electro Magnético
- ❖ Bandas de Frecuencia de interés
- ❖ Concepto de 'Banda de Frecuencias' de trabajo
- ❖ Transmisión de Datos
 - Analógicos
 - Audio
 - Video
 - Digitales
 - Comandos
 - Direcciones
 - Paquetes
 - Flags
 - Numero de Serie

MODULACION DIGITAL

- ❖ Concepto de Señal Portadora y señal de Modulación
- ❖ Ruido como señal indeseable
- ❖ Tipos de Modulación
 - Analógico
 - AM
 - FM

- Digital
 - OOK
 - ASK
 - FSK

TRANSMISORES

- Oscilador de HF
 - Hartley
 - Colpitts
 - ASK
 - FSK
- Características, y especificaciones
- Análisis a nivel componente y función
- Velocidad Máxima
 - Características que limitan su velocidad
 - Estado Transitorio
 - Delay al encender
 - Delay al apagar
 - Compensación con generación asimétrica
 - El extremo de velocidad empuja a cambiar a FM
- FSK con varicap
- Control de la energía
 - Permanente
 - ◆ Stand By (On al modular)
 - ◆ Sleep/Interrupt
 - Enciende al transmitir
 - ◆ Regulador con Zener
 - ◆ Regulador LDO
- Bobina Impresa
- Circuitos de sintonía
 - LC (bobina Impresa)
 - SAW
 - ajuste fijo
 - ajuste variable
- Potencia de Transmisión
 - Corriente de Emisor

- Patrón de Radiación
- Acoplamiento de antena
- Legislación, Normatividad y registro
 - FCC parte 15
 - SCT México
- Módulos Transmisores Comerciales
 - TX433SAW
 - TX433BOOST
 - Estructura
 - Características y especificaciones
 - Desacople de HF
 - Control de la alimentación
 - ◆ Con Relevador
 - ◆ Por modulación

SOFTWARE PARA CODIFICACIÓN

- Técnica 'Bit-Bang'
- Tipos de 'Comandos'
 - Botón Directo
 - Botón Temporizado
 - Conteo de Pulsaciones
 - Tecla Shift
- Número de Botones y número de canales
- Formatos comerciales usados en Radio Mando
 - Motorola 145026/28 (Binario y Trinario)
 - National MM53200 (Pin Tx/Rx)
 - Holtek 12E y 12D
 - Microchip (Linea HCS)
- Evolución (9 bits, 12 Bits)
 - cortando el PCB
 - usando DIP SW

RECEPTORES PARA USO DIGITAL

- Super Regenerativo
- Super Heterodino
- PLL

- ASICs
 - RFM, MICREL, CHIPCON, RF-PICs

❖ RECEPTOR SUPER REGENERATIVO

- Antecedentes Históricos
- Especificaciones, características y limitaciones
- Diagrama a Bloques
- Disección exhaustiva a nivel componente
 - Pre Amplificador de RF
 - Antena
 - Filtro Resonante de entrada
 - Configuración Base Común
 - Impedancia in. Out
 - Ganancia
 - Ruido
 - Acoplamiento Inter etapa y desacoplamiento de RF
 - Acoplamiento Fuerte y Débil
 - Q
 - Ancho de Banda
 - Etapa Central (Oscilador/Mesclador/Detector)
 - Frecuencia de Trabajo
 - Retro Colector-Emisor
 - Retro sintonizada Colector-Base
 - Retro Base emisor
 - Circuito de Salida
 - Ajuste y Sintonía
 - Trimmer
 - Varicap
 - Bobina
 - Núcleo de aire
 - Núcleo de Latón
 - Núcleo de Ferrita
 - Transistores para VHF
 - Hoja de Datos

- Sustitutos y equivalentes
 - Bobina choke y filtros de ruido a capacitor
 - Recuperación de datos
- Amplificador de AF
 - A Transistor
 - Clase A,B,AB, C
 - Con Polarización Fija
 - Con auto polarización
 - Con Op Amp
 - Referencia Fija
 - Referencia Dinámica
 - Ganancia
 - CMRR
 - Data Slicer
 - Reducción del Ancho de Banda
- Circuito 'Ecuadrador'
 - Comparador Open Loop
 - Comparador Closed Loop
 - Comparador Schmit Trigger
 - Calculo de la Histéresis
 - Sistema Dolby para reducción de ruidos
 - Squelch

ANTENAS

- Concepto General
- Antenas para Transmisión y Recepción
 - Diferencias y similitudes
- Ganancia
- Patrón de Radiación
- Resonancia
- Efecto de Puntas
- Altura de instalación
- Polarización Vertical y Horizontal
- Tipos de Antenas

- Monopolo (marconi) y Plano de Tierra
- Dipolo
- Dipolo Doblado
- Yagui
- Logarítmica
- Reflector Parabólico
- $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ Lambda

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

- Impedancia característica
- Ondas estacionarias
- Carta de Smith

CONTROL REMOTO (Recepción)

- Tipo de Señales en el Receptor
 - On-Off
 - Monoestable
 - Biestable
 - Proporcional
- Formatos comerciales usados en Radio Mando
 - Motorola 145026/28 (Binario y Trinario)
 - National MM53200
 - Holtek 12E y 12D
 - Microchip (Linea HCS)
- Evolución (9 bits, 12 Bits y pre configuración)
 - cortando conexión en el PCB
 - usando DIP SW
- Ejemplo de aplicaciones de Control Remoto
 - Alarmas
 - Puertas de Garage
- Technologic 'Code Hopping'
 - 'Code Rolling'
 - otros nombres comerciales

- **Análisis del Protocolo 'Keeloq'**
 - 66 Bits Encriptado
 - 32 Bits para aplicaciones No Seguras
 - 'Keeloq-M' a 16 Bits
- Estructura de paquetes Binarios para transmisión continua de datos
- **Decodificación del Protocolo Keeloq**
 - Campos que lo componen
 - Auto Baud Rate
 - Sincronización de emisor-receptor
 - Cómo afecta la Deriva térmica
 - Recuperación de Datos en Presencia de Ruido
- Tecnología 'Code Learning'
- Transmisión por Ráfagas
- Transmisión redundante en modo simplex
- Decodificación redundante
- Técnicas para aplicaciones críticas y de alta confiabilidad
 - 'Llave Mágica' (AA-55)
 - Codificación Manchester
 - Supresión de Ruido mediante medios Balanceados
 - ◆ Micrófonos de Audio, alta y baja impedancia
 - ◆ RS232
 - ◆ RS485

DISEÑO DEL PCB

- Estrategias de Diseño por Secciones
 - Potencia
 - CD
 - Análogica
 - Digital
 - RF
- Análisis de la Sección de RF para Receptores
 - Manejo de conexiones a Tierra
 - Estrella, Bus, Cascada
- Desacople a CD y RF

- Criterios para el uso del Auto Router en RF
- Características dieléctricas de los diferentes materiales para PCB
 - PC75
 - FR4
- Uso de Planos de tierra con PCB doble Cara
- Técnica Microstrip para RF
- Técnicas de Layout para SMT

MÓDULOS RECEPTORES COMERCIALES DE RF

- Linx
- Telecontrolli
- Aurel
 - ◆ Tecnología Laser Trimmed
 - ◆ Base Cerámica
 - ◆ Componentes impresos
- Análisis de características
- Tabla comparativa entre modelos, tipos y marcas
- Usos y aplicaciones
- Compatibilidad
- Frecuencias comerciales (Oriente, Asia, Unión Europea, USA, América)
- Demodulación de AM usando la salida RSSI

ANÁLISIS DE LOS DISEÑOS

- ❖ Causas de mal funcionamiento y sus soluciones
 - No oscila o Se bloquea
 - Sintonía Difícil y Perdida de la sintonía
 - Alcance corto
 - Difícil recuperación de datos
 - Manejo de interferencias RFI
 - Decodificación deficiente
- ❖ Perfeccionamiento del Diseño
 - Voltajes de Polarización
 - Selección de componentes
 - Sintonía en Frecuencia Fundamental/armónica
 - ◆ Analizador de Espectro

- Filtros de Ruido en Hardware
 - Re configuración
 - ◆ Data Slicer
 - ◆ Histéresis
 - Revisión de las conexiones de tierra
 - ◆ RF
 - ◆ CD
-