



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO

COMUNICACIONES DIGITALES

0109

6

10

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

INGENIERÍA ELÉCTRICA

INGENIERÍA  
EN TELECOMUNICACIONES

INGENIERÍA  
EN TELECOMUNICACIONES

División

Departamento

Licenciatura

**Asignatura:**

Obligatoria ☒

Optativa ☐

**Horas/semana:**

Teóricas

Prácticas

Total

**Horas/semestre:**

Teóricas

Prácticas

Total

**Modalidad:** Curso teórico-práctico

**Seriación obligatoria antecedente:** Fundamentos de Sistemas de Comunicaciones

**Seriación obligatoria consecuente:** Ninguna

**Objetivo(s) del curso:**

El alumno analizará los principales procesos que se llevan a cabo con las señales que contienen la información para su transmisión en sistemas de comunicaciones digitales modernas y evaluará su desempeño cuando se tienen problemas de ruido e interferencias.

**Temario**

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Introducción	4.0
2.	Modulación de pulso y detección de señales (banda base)	14.0
3.	Modulación, demodulación y detección digitales (pasa banda)	14.0
4.	Aplicaciones de códigos correctores. Compromiso entre la modulación y la codificación	8.0
5.	Técnicas de espectro disperso y CDMA	10.0
6.	Multiplexación y acceso múltiple: TDM, FDM, TDMA, FDMA, OFDM	14.0
		64.0
	Actividades prácticas	32.0
	Total	96.0

## 1 Introducción

**Objetivo:** El alumno definirá las diversas etapas de procesamiento que hay en un sistema de comunicación digital y las ventajas de este tipo de sistema con respecto a los analógicos.

**Contenido:**

- 1.1 Señales digitales. Ventajas de una transmisión digital con respecto a una transmisión analógica.
- 1.2 Estructura de un sistema de comunicación digital.
- 1.3 Evolución y estado actual de los sistemas de comunicación digitales.
- 1.4 Fuentes de señales digitales.
  - 1.4.1 Señales analógicas digitalizadas (voz, audio, video, etc.).
- 1.5 Textos. Códigos de intercambio de información (Baudot, ASCII, EBCDIC, Hollerith).

## 2 Modulación de pulso y detección de señales (banda base)

**Objetivo:** El alumno aplicará los conceptos relativos a los procesos que se llevan a cabo con las señales digitales durante su transmisión a través de un sistema de comunicación digital de banda base.

**Contenido:**

- 2.1 Señales de banda base.
- 2.2 Estructura general de un sistema de comunicación digital de banda base.
- 2.3 Códigos de línea.
  - 2.3.1 Función de la codificación de línea.
  - 2.3.2 Consideraciones para la selección de un código de línea.
  - 2.3.3 Clasificación y características en tiempo y frecuencia de los diversos códigos de línea empleados en los sistemas de comunicaciones.
- 2.4 Tasas de transmisión.
  - 2.4.1 Tasa de bits en serie (bits/seg).
  - 2.4.2 Tasa en Baud.
  - 2.4.3 Comparación de la tasa en Baud con la tasa en bits para diferentes códigos de línea.
- 2.5 Señalización multinivel.
- 2.6 Conformación de pulsos.
  - 2.6.1 Interferencia intersimbólica (ISI).
  - 2.6.2 Estructura de un sistema de conformado de pulsos para reducir la interferencia intersimbólica.
  - 2.6.3 Teorema de Nyquist de la simetría residual y formas de onda de Nyquist.
  - 2.6.4 Primer criterio de Nyquist, ISI nula. Conformación de pulsos mediante formas de onda de Nyquist de coseno alzado.
  - 2.6.5 Segundo criterio de Nyquist, señalización de respuesta parcial. Técnicas duobinarias y codificación correlativa.
  - 2.6.6 Relación entre la tasa de transmisión y el ancho de banda al emplear conformación de pulsos.
- 2.7 Cálculo de la tasa de símbolos y bits en error (SER y BER).
  - 2.7.1 Detección mediante umbral y regeneración de pulsos en un receptor digital.
  - 2.7.2 Probabilidad de error de símbolos y bits para ruido blanco gaussiano, considerando una señalización binaria.
  - 2.7.3 Probabilidad de error de símbolos y bits para ruido blanco gaussiano, considerando una señalización multinivel.
  - 2.7.4 Filtrado óptimo. Detección mediante filtrado acoplado. Detección mediante correlación.

**2.8** Diagrama o patrón de ojo.

**2.9** Redes de igualación (ecualizadores).

**2.9.1** Características típicas de los canales de transmisión. Función de la red de igualación.

**2.9.2** Redes de igualación mediante filtros transversales de forzado a cero y de error cuadrático mínimo.

**2.9.3** Redes de igualación automáticas (preajustadas y adaptables).

**2.10** Repetidores regenerativos.

**2.10.1** Función del repetidor regenerativo. Estructura de un repetidor regenerativo.

**2.10.2** Probabilidad de error en un sistema de comunicación con repetidores regenerativos. Ventaja con respecto a un sistema de repetidores simples de amplificación.

**2.11** Recuperación del reloj en el receptor y repetidores regenerativos.

### **3 Modulación, demodulación y detección digitales (pasa banda)**

**Objetivo:** El alumno utilizará las diversas técnicas de modulación empleadas en los sistemas de comunicación digital pasa banda.

**Contenido:**

**3.1** Estructura general de un sistema de comunicación digital pasa banda. Necesidad de emplear un proceso de modulación.

**3.2** Tipos de técnicas modulación en sistemas de comunicaciones digitales. El modulador I y Q.

**3.3** Técnicas de modulación de señalización binaria.

**3.3.1** De amplitud (ASK). Encendido apagado (OOK).

**3.3.2** De fase (PSK). Inversión de fase (PRK).

**3.3.3** De frecuencia (FSK). BFSK. FSK de Sunde.

**3.3.4** Detección coherente para señales ASK.

**3.3.5** PSK y FSK.

**3.3.6** Detección no coherente para señales de ASK, FSK y DPSK.

**3.4** Técnicas de modulación de señalización multinivel.

**3.4.1** Técnicas M-arias (M-ASK, M-FSK y M-PSK). Eficiencia espectral.

**3.4.2** Técnicas M-PSK: QPSK (4-PSK) y 8-PSK.

**3.4.3** Modulación de amplitud-fase. APK y QAM.

**3.4.4** Detección para señales M-PSK, APK y QAM.

**3.5** Conformación de pulsos y modulación.

**3.5.1** Conformación de pulsos para señales pasa banda surgidas de los procesos de modulación.

**3.5.2** Relación entre anchos de banda y tasa de transmisión para la conformación de pulsos y modulación.

**3.6** Variaciones de QPSK y FSK.

**3.6.1** Modulación desplazada (offset) OQPSK.

**3.6.2** Modulación diferencial DQPSK y  $\pi/4$  DQPSK.

**3.6.3** FSK de fase continua CPFSK y MSK.

**3.7** Comparación de las diversas técnicas de modulación.

**3.7.1** Ancho de banda. Eficiencia espectral.

**3.7.2** Requerimientos de potencia.

**3.7.3** Inmunidad a las alteraciones en el canal.

3.7.4 Tasa de bits en error (BER).

3.7.5 Complejidad del equipo.

3.8 Análisis de constelaciones y diagramas de ojo para las técnicas de modulación.

3.9 Sincronización.

3.9.1 Sincronización de portadora (recuperación de portadora).

3.9.2 Sincronización de símbolo (recuperación de reloj).

#### 4 Aplicaciones de códigos correctores. Compromiso entre la modulación y la codificación

**Objetivo:** El alumno analizará el funcionamiento de las técnicas de control de errores en aplicaciones que tienen éstas en los sistemas de comunicación modernos.

**Contenido:**

4.1 Códigos lineales de bloque y convolucionales.

4.1.1 Conceptos básicos.

4.1.2 Distancia de Hamming y capacidad de corrección.

4.2 Códigos de Hamming.

4.2.1 Matrices generadora y de paridad. Propiedades.

4.2.2 Procedimientos de codificación y decodificación.

4.3 Códigos BCH e introducción a los códigos de Reed-Solomon (RS).

4.3.1 Introducción a los códigos cíclicos.

4.3.2 Polinomios generadores.

4.4 Capacidad de corrección y probabilidad de error.

4.4.1 Algoritmos de codificación. Ejemplos.

4.4.2 Algoritmos de decodificación. Ejemplos.

4.5 Códigos convolucionales. Algoritmo de decodificación de Viterbi.

4.5.1 Distancia libre y longitud de restricción.

4.5.2 Representación con un diagrama de estados y un enrejado trellis.

4.6 Capacidad de corrección y probabilidad de error.

4.6.1 Algoritmos de codificación. Ejemplos.

4.6.2 Algoritmos de decodificación. Ejemplos.

#### 5 Técnicas de espectro disperso y CDMA

**Objetivo:** El alumno examinará el funcionamiento de las técnicas de transmisión de espectro disperso en aplicaciones que tienen éstas en los sistemas de comunicación modernos.

**Contenido:**

5.1 Secuencias de pseudo ruido. Códigos Barker.

5.2 Fundamentos de la técnica de espectro disperso.

5.3 Espectro disperso de secuencia directa (DS-SS).

5.3.1 Definición y propiedades. Ejemplos.

5.4 Espectro disperso por salto de frecuencia (FH-SS).

#### 5.4.1 Definición y propiedades. Ejemplos.

### 5.5 Espectro disperso por salto en el tiempo (TH-SS).

#### 5.5.1 Conceptos básicos.

### 5.6 Consideraciones contra interferencias (Hamming).

### 5.7 Aplicaciones.

#### 5.7.1 Multiplexación por división de código (CDM).

#### 5.7.2 Acceso múltiple por división de código (CDMA).

#### 5.7.3 El receptor RAKE.

## 6 Multiplexación y acceso múltiple: TDM, FDM, TDMA, FDMA, OFDM

**Objetivo:** El alumno comparará las características de las diversas variantes de la multiplexación por división de tiempo y de frecuencia ortogonal de señales digitales, considerando sus aplicaciones en los sistemas de comunicación digital modernos.

**Contenido:**

### 6.1 Multiplexación por División de Tiempo (TDM).

#### 6.1.1 Principio básico de operación.

6.1.2 Características de una jerarquía digital plesiócrona, PDH (primer nivel de multiplexación síncrono. Arreglo de tramas y multitramas. Niveles superiores de multiplexación cuasi síncronos. Intercalado de bits y relleno de bits).

### 6.2 Jerarquías PDH para canales telefónicos: norteamericana y europea.

### 6.3 Principios de operación de la jerarquía digital síncrona, SDH y de SONET.

### 6.4 TDM asíncrono. Intercalado de caracteres (o palabras) y relleno de palabras.

### 6.5 Multiplexación por División de Tiempo Estadística (STDM).

### 6.6 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).

### 6.7 Historia de OFDM.

### 6.8 Ortogonalidad y generación de subportadoras mediante IFFT.

### 6.9 Parámetros de OFDM.

### 6.10 Procesamiento de señales OFDM.

### 6.11 Complejidad de OFDM contra modulaciones de una sola portadora.

### 6.12 OFDM codificada, COFDM.

### 6.13 Aplicaciones.

#### 6.13.1 Radiodifusión sonora digital.

#### 6.13.2 Televisión digital.

#### 6.13.3 Redes inalámbricas.

#### 6.13.4 ADSL.

---

---

## Bibliografía básica

COUCH, Leon  
*Digital and Analog Communication Systems*  
 8th edition  
 Pearson, 2013

## Temas para los que se recomienda:

Todos

GLOVER, Ian And, GRANT, Peter

*Digital Communications*

Todos

3rd edition

Pearson Education Limited, 2010

HAYKIN, Simon

*Digital communication systems*

Todos

3rd edition

Wiley, 2013

MUTAGI, R.

*Digital communications: theory, techniques, and applications*

Todos

2nd edition

Oxford University Press, 2012

PROAKIS, John, SALEHI, Masoud

*Fundamentals of Communications Systems.*

Todos

2nd edition

Pearson Higher, 2013

#### **Bibliografía complementaria**

#### **Temas para los que se recomienda:**

BATEMAN, Andy

*Comunicaciones digitales*

Todos

2da edición

Marcombo, 2003

HAYKIN, Simon

*Digital Communications*

Todos

John Wiley & Sons, 1988

MILLER, Michael

*Digital Transmission Systems and Networks, Vol.1 & Vol.2*

Todos

Computer Science Press, 1987

PROAKIS, John, SALEHI, Masoud, BAUCH, Gerhard

*Contemporary Communications Systems Using MATLAB.*

Todos

3rd edition

2013

PURSLEY, Michael

*Introduction to Digital Communications*

Todos

Pearson-Prentice Hall, 2005

SKLAR, Bernard

*Digital Communications: Fundamentals and Applications*

2nd edition

Prentice Hall PTR, 2001

Todos

SMITH, David

*Digital Transmission Systems*

3rd edition

Kluwer Academic Publishers, 2004

Todos