

# **Tecnología de las comunicaciones. Plan de Curso.**

**Joaquín Luque Rodríguez**  
Departamento de Tecnología Electrónica

## **1. Objetivos**

Las metas concretas, dentro del campo de la comunicación entre computadores, que un alumno debería alcanzar al finalizar sus estudios, pueden resumirse en las siguientes capacidades:

- a) Entender las especificaciones y literatura técnica que, sobre comunicaciones, facilitan los fabricantes de equipos y programas.
- b) Trabajar en entornos de redes de computadores en sus vertientes de usuario, gestor de la red, y de desarrollo de aplicaciones que funcionen en dicho entorno.
- c) Resolver los problemas de comunicaciones que se presenten en el uso de una red de computadores ya diseñada.
- d) Evaluar distintas alternativas en el diseño de nuevas redes de comunicaciones, tomando las decisiones más adecuadas a los fines perseguidos, teniendo en cuenta los medios disponibles.
- e) Diseñar e implementar una red de computadores, los programas de comunicaciones dentro de la misma, las herramientas de gestión de la red y las aplicaciones para las que fue diseñada.

Los objetivos mencionados podrían calificarse de funcionales en el sentido de que son un desideratum de las capacidades funcionales que deberán poseer los titulados. Para conseguirlos deben plantearse unos objetivos técnicos o instrumentales de tal forma que la consecución de éstos, garantice en cierta forma la adquisición de las capacidades propuestas. Entre los objetivos instrumentales en el estudio de las comunicaciones pueden señalarse los siguientes:

- Fundamentos de las redes de computadores
- Fundamentos físicos de la comunicación de datos
- Medios y dispositivos físicos para comunicación de datos
- Estructuras y arquitecturas de redes de ordenadores
- Normalización
- Modelo OSI
- Protocolos de enlace de datos, de encaminamiento y de extremo a extremo
- Redes de área local
- Redes públicas
- Aplicaciones actuales en el uso de redes de computadores (transferencia de ficheros, correo electrónico, videotex, ejecución remota, etc.)
- Interconexión de redes

- Diseño e implementación de protocolos y redes de computadores
- Gestión, operación y mantenimiento de redes
- Seguridad, privacidad e integridad de la información en redes de computadores
- Estudio y comparación de diferentes arquitecturas de redes de computadores

## **2. Metodología**

En una asignatura optativa como la que nos ocupa, no se puede saber de forma exacta el número de alumnos que se matricularán, por lo que la metodología propuesta podría sufrir modificaciones si el número de alumnos lo permite. Previendo un número elevado de alumnos por clase y, teniendo en cuenta las limitaciones materiales y humanas existentes, han de proponerse necesariamente metodologías de trabajo de tipo clásico: abundancia de clases teóricas y algunas clases de comentarios y actividades prácticas. No obstante, se intentará dentro de lo posible invertir esa tendencia. Para ello, en las clases teóricas se expondrán los puntos más importantes de los temas, se orientará a los alumnos hacia la bibliografía más adecuada y se resolverán las dudas de carácter general que hayan podido surgir en el estudio del mismo. En las clases de problemas se plantearán un buen número de cuestiones y problemas relacionados con el tema y se resolverán algunos de ellos. Por último, se propondrán una serie de actividades de tipo práctico que complementarán la formación del alumno en ese tema. Durante las clases se darán algunas indicaciones para la realización de dichas actividades y se resolverán las cuestiones más importantes que se hayan planteado en su resolución. Adicionalmente, se potenciará cuantos trabajos, estudios monográficos, actividades prácticas, resolución de casos, etcétera, quieran realizar los alumnos, tanto de modo individual como colectivo, de previo acuerdo con el profesor.

## **3. Método de evaluación**

El aprovechamiento de cada alumno se evaluará mediante un examen único en el que se plantearán cuestiones relativas a las clases teóricas y a las actividades prácticas obligatorias. El número de estos exámenes será el mismo que el de las convocatorias oficiales. No obstante, y de forma excepcional, al final del segundo cuatrimestre, y siempre que la organización del centro lo autorice (fechas y aulas), se estudiará la posibilidad de realizar otro examen que, aún sin carácter oficial, permita a los alumnos aprobar la asignatura en la segunda convocatoria del año sin necesidad de esperar a Septiembre.

Algunas de las actividades prácticas propuestas (que se indicarán en clase a comienzo de curso) tienen carácter obligatorio. El resto de las mismas tendrá carácter voluntario, así como todos aquellos trabajos que el alumno desee realizar y presentar al profesor. Para ello, y siempre que el volumen de los mismos no sea excesivo, se mantendrán entrevistas cortas que permitan orientar los mismos y evaluar el aprendizaje realizado.

Se considera importante la capacidad de expresión y presentación, tanto oral como escrita, de las ideas, conocimientos y actividades de los alumnos dentro del contexto de la asignatura.

Cada examen constará de una parte de teoría y/o problemas (TEOR) y de una parte de prácticas obligatorias de laboratorio (LAB). Cada una de estas partes se evaluará independientemente de 0 a 10. La nota final de cada examen se obtendrá de la expresión:

$$\text{NOTA EXAMEN} = 0.8 * \text{TEOR} + 0.2 * \text{LAB}$$

El examen se considerará aprobado si se obtiene una nota igual o superior a 5. El alumno podrá realizar también un conjunto de prácticas voluntarias (PVOL) y de trabajos voluntarios (TVOL) relacionados con la asignatura. La calificación de estos trabajos y prácticas se realizará de 0 a 10 y podrán afectar de forma positiva a la nota final de la asignatura, siempre que se hayan aprobado los correspondientes exámenes, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{NOTA FINAL} = \text{NOTA EXAMEN} + 0.15 \text{ PVOL} + 0.15 \text{ TVOL}$$

con un máximo de 10.

#### 4. Programa

En este apartado se expone el programa propuesto para la asignatura de "Tecnología de Comunicaciones". Dicho programa toma la forma de una serie de 12 temas, para cada uno de los cuales se detallan la guía didáctica y buena parte del documento de trabajo/estudio. Sin embargo, de este último documento se han omitido, por razones de espacio, la información técnica suministrada a los alumnos, los ejercicios y problemas propuestos y/o resueltos, las referencias bibliográficas a artículos, las preguntas de autoevaluación y el glosario de nuevos términos. Dicha información será facilitada a lo largo del curso.

En cuanto a la guía didáctica conviene señalar que dos de los apartados que contiene, los referidos a las orientaciones metodológicas y a los criterios de evaluación, son comunes a la mayoría de los temas por lo que, a continuación, se recogen de manera general para todos ellos:

a) Orientaciones metodológicas. Para la preparación de cada uno de los temas se recomienda la siguiente metodología:

- Lectura previa del tema de acuerdo con las fuentes básicas de referencia.
- Asistencia a clase planteando las dificultades encontradas.
- Estudio en profundidad de las fuentes básicas de referencia.
- Realización de los ejercicios y prácticas propuestos.
- En caso de disponer de las soluciones a estos ejercicios y prácticas contrastarlos con los elaborados por el propio alumno.
- Consulta de las fuentes complementarias de ampliación.
- Comprobación del nivel alcanzado mediante la realización de las preguntas de autoevaluación y la comprensión de los nuevos términos introducidos en el tema, tal como se recogen en el glosario.

b) Criterios de evaluación. Cada uno de los temas se evaluará mediante:

- Cuestiones y/o temas teóricos relativos a las fuentes básicas de referencia.
- Ejercicios y problemas similares a los propuestos para la preparación del tema o a los que aparecen en las fuentes básicas de referencia.
- Preguntas relativas al desarrollo de los prácticas propuestas.
- Memoria de las prácticas propuestas.

Con estas puntualizaciones no queda sino exponer el temario propuesto, primero de forma global y, a continuación detallando sus aspectos principales:

- 1.- Introducción
- 2.- Transmisión de datos
- 3.- El dominio de la frecuencia
- 4.- Medios físicos
- 5.- Alteraciones de la transmisión
- 6.- Características eléctricas de las interfaces
- 7.- Comunicaciones digitales
- 8.- Modulación de señales analógicas
- 9.- Modulación de señales digitales
- 10.- Los modems y su normativa
- 11.- Caract. mecánicas y funcionales de las interfaces
- 12.- Equipos de transmisión

## **TEMA 1. INTRODUCCIÓN.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. Con este tema se pretende un doble objetivo. Por una parte presentar al alumno una idea panorámica sobre lo que constituye la disciplina de la comunicación de datos y los conceptos fundamentales de la misma. Por otro se presenta la asignatura, tanto en sus contenidos como en su metodología y plan de trabajo.

2) Contenido.

- 1.1.- Concepto de la disciplina
- 1.2.- Historia de la disciplina
- 1.3.- Aplicaciones
- 1.4.- El mercado
- 1.5.- Los organismos normalizadores
- 1.6.- Objetivos y contenido de la asignatura
- 1.7.- Aspectos metodológicos de la asignatura

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Los capítulos introductorios de muchas de las referencias bibliográficas incluyen las cuestiones desarrolladas en este tema. En concreto pueden consultarse los capítulos 1 y 2 de [GAR 89] y el capítulo 1 de [STA 94].

2) Ejercicios y prácticas.

- Reflexionar y manifestar por escrito la opinión que el alumno sostiene sobre el papel de la disciplina dentro del campo de la Informática, sus aplicaciones y las posibles repercusiones sociales y económicas.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Otras referencias útiles son el capítulo 1 de [FRI 87], los capítulos 1 y 12 de [BLA 87], y el apéndice D de [MAC 85]. Para una información actualizada

sobre el estado de la disciplina es preferible referirse a los informes que periódicamente suelen aparecer en las diversas revistas especializadas.

## **TEMA 2. TRANSMISIÓN DE DATOS.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. En este tema se pretende que el alumno adquiriera los primeros conceptos sobre transmisión de datos. Se parte de las comunicaciones internas al propio computador, con las cuales debe tener una cierta familiaridad, para ir ensanchando progresivamente el rango de acción. Al final del tema el alumno deberá ser capaz de realizar un sencillo programa para la transmisión y recepción de caracteres entre 2 ordenadores, mediante el manejo directo de una UART.

2) Contenido.

- 2.1.- Buses
- 2.2.- Transmisión en paralelo
- 2.3.- Transmisión en serie
- 2.4.- El sincronismo en transmisiones serie
- 2.5.- Transmisiones "simplex", "half-duplex" y "full-duplex"
- 2.6.- Funciones y descripción de la UART
- 2.7.- Programación de la UART

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Para los cinco primeros apartados, el capítulo 2 de [NIC 82] constituye una buena referencia. En el capítulo 1 de [MCN 88] también se trata este tema, aunque con menor profundidad, ofreciendo algunos interesantes detalles técnicos. Por otra parte, el capítulo 1 de [FRE 90] constituye una buena referencia en castellano, aunque algo breve, en la que destaca la descripción de la transmisión en paralelo. Para la descripción de la UART 8250 puede consultarse el catálogo de Intel correspondiente. Para la programación del dispositivo se puede consultar [CAM 89], donde también se describen otras UART. El capítulo 2 de [MCN 88] ofrece también la descripción de una UART diferente.

2) Ejercicios y prácticas.

- Construir en hardware generadores y detectores de los códigos de línea utilizados en transmisiones síncronas, particularmente el código Manchester y el código RZ.
- Desarrollar un programa que realice la comunicación en serie asíncrona de dos ordenadores de forma que, todo lo que se escriba en el teclado de uno de ellos (el emisor) aparezca en la pantalla del otro (el receptor). Deberán seleccionarse distintas velocidades de transmisión y configuraciones del carácter enviado. Igualmente se deberán tener en cuenta las situaciones anormales como las de "framing error", "overrun", "break", "buffer lleno", etc. Se acometerá el programa desde enfoques diferentes:
  - 1.- Programación directa de la UART con muestreo periódico o con manejo de interrupciones.
  - 2.- Uso de las facilidades del sistema operativo y del lenguaje de programación con muestreo periódico o con manejo de interrupciones.
- Modificar los programas anteriores para que el funcionamiento sea simétrico, es decir, que

- ambos puedan transmitir y recibir alternativa o simultáneamente (half-duplex y full-duplex)
- Utilizar un paquete de rutinas de comunicaciones para realizar las tareas antes descritas.
  - Utilizar un programa de comunicaciones de propósito general para comunicar dos ordenadores.

3) Fuentes complementarias de ampliación. En los manuales de los sistemas operativos y lenguajes de programación se encuentran con frecuencia valiosas indicaciones sobre cómo programar los dispositivos de comunicaciones en los correspondientes entornos. La descripción de los buses y las entradas salidas en paralelo puede ampliarse en [MOM 83].

### **TEMA 3. EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA.**

#### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. El objetivo de este tema es proporcionar los conocimientos necesarios sobre el estudio de señales y sistemas en el dominio de la frecuencia, de forma que puedan tratarse con el nivel suficiente y el soporte matemático adecuado, muchos de los temas que aparecen más adelante en la asignatura. Si bien este tema podría haberse afrontado anteriormente, se considera conveniente posponerlo hasta que el alumno ha entrado un poco más en contacto con la materia, pues de lo contrario podría producirse una desorientación dada la aridez de las cuestiones aquí tratadas. Aunque se cubre el tema con el rigor matemático exigible, se procura en todo momento darle una interpretación física a los conceptos introducidos, principalmente dentro del campo de las comunicaciones.

2) Contenido.

- 3.1.- Alternativa a la representación de señales
- 3.2.- La serie de Fourier trigonométrica
- 3.3.- La serie de Fourier con exponenciales complejas
- 3.4.- Correspondencia entre la frecuencia y el tiempo
- 3.5.- Espectro de potencia
- 3.6.- Transformada de Fourier
- 3.7.- Propiedades de la transformada de Fourier
- 3.8.- Interpretación del espectro de fase
- 3.9.- Transformada rápida de Fourier
- 3.10.- Caracterización frecuencial de sistemas lineales

#### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Este tema es clásico en buena parte de la bibliografía sobre sistemas de comunicación, por lo que su preparación no entraña especiales dificultades. Merece la pena destacar entre ellos el capítulo 2 de [SCH 83] el que se hace una exposición sistemática muy adecuada.

2) Ejercicios y prácticas.

- Observar en el laboratorio las representaciones temporal (osciloscopio) y frecuencial

(anализador de espectros) de diversas señales básicas, variando su amplitud, frecuencia, componente de continua, etc.

- Observar en el laboratorio la relación entre la representación temporal de diversas señales básicas y la potencia en distintas bandas de frecuencias (obtenidas por filtrado)

- Realizar un programa que, usando la FFT, haga las representaciones temporal y frecuencial de diversas señales básicas. Reflexionar sobre las diferencias con el modelo teórico y con el experimental obtenido en el laboratorio. Observar la importancia de la precisión del cálculo sobre los resultados obtenidos.

- Observar en el laboratorio y simular en el ordenador el comportamiento temporal y frecuencial de diversas señales básicas al atravesar diferentes sistemas lineales (circuitos RC, RLC, etc.)

3) Fuentes complementarias de ampliación. Como bibliografía general pueden consultarse también [LAT 74], [TAU 86] y [MOR 94]. Para una descripción en profundidad de la FFT véase [BRI 88].

## **TEMA 4. MEDIOS FÍSICOS.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. En este tema se presentan los distintos medios de transmisión habitualmente usados para la interconexión de ordenadores. Se pretende que el alumno se familiarice con ellos, establezca las diferencias entre unos y otros, y sepa evaluar cuál es el más adecuado en un circunstancia dada.

2) Contenido.

4.1.- Cable de pares

4.2.- Cable coaxial

4.3.- Fibra óptica

4.4.- Enlaces de radio

4.5.- Enlaces de microondas

4.6.- Comunicaciones vía satélite

4.7.- La red telefónica básica

4.8.- Propagación de la señal en un cable

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. La mayor parte de la bibliografía sobre comunicación de datos ofrece de alguna u otra forma una exposición sobre los medios de transmisión. Entre ellos merecen destacarse los más significativos. Para los seis primeros apartados, el capítulo 2 de [FRE 90] constituye una buena y amplia referencia en castellano, mientras que [TAN 91] y STA [94] hacen una digna exposición aunque más breve. La utilización de la red telefónica básica para transmisión de datos está bien tratada en los apartados (3.1) al (3.7) de [ALA 84]. Por último, la propagación de señales en un cable se describe con rigor matemático en los apartados (1.13) al (1.17) de [RAM

74].

2) Ejercicios y prácticas.

- Determinar en el laboratorio la respuesta en frecuencia de cables de pares y coaxiales de diferentes longitudes y geometrías. Compararlas con las de los modelos LC y RLC tanto en T como en  $\pi$ . Determinar las constantes de los modelos respectivos.
- Observar en el laboratorio el fenómeno de la reflexión en un cable de pares y en un cable coaxial. Observar qué ocurre al cargar la línea con una impedancia.
- Conectar en el laboratorio una fuente de información y un receptor mediante una fibra óptica, observando el comportamiento de cada uno de los componentes del sistema.
- Realizar un programa que simule el comportamiento de una línea como modelo LC y RLC de varias etapas. Observar qué ocurre al aumentar el número de las etapas. Compararlo con la solución exacta obtenida mediante la resolución del circuito de parámetros distribuidos.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Para sistemas de transmisión por cable pueden verse [SCH 85] y [MAT 95] donde se cubre con amplitud este tema desde un punto de vista de ingeniería. Sobre la fibra óptica pueden consultarse [MAH 87] y [DIA 85], este último en castellano.

## **TEMA 5. ALTERACIONES DE LA TRANSMISIÓN.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. Descritos en capítulos precedentes la transmisión de datos y los medios físicos por los que se realiza, se intenta en este capítulo hacer descender al mundo real la comunicación de información, describiendo cualitativa y cuantitativamente las múltiples causas de alteración de una transmisión de datos. Con ello el alumno deberá ser capaz de tomar conciencia de la importancia relativa de cada una de ellas en distintos entornos y se le motiva para una posterior descripción de las soluciones tecnológicas empleadas.

2) Contenido.

- 5.1.- Concepto y medida del ruido
- 5.2.- Alteraciones aleatorias
- 5.3.- Alteraciones no aleatorias
- 5.4.- Modelos de ruido
- 5.5.- El ruido y los errores de transmisión binaria

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Los tres primeros apartados pueden encontrarse en el capítulo 7 de [BLA 89a] o si se prefiere una descripción en castellano, en [BLA 87]. Los dos últimos apartados quedan bien cubiertos en el apartado (5.1) de [SCH 83].

## 2) Ejercicios y prácticas.

- Comprobar en el laboratorio los efectos de interferencia, diafonía, potenciales de masa y atenuación sobre una transmisión en cable de pares y en coaxiales.
- Realizar un programa que simule la superposición de una señal digital y un ruido aleatorio y comprobar la relación entre la relación señal/ruido y la probabilidad de error en la transmisión binaria para distintos modelos de ruido.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La diafonía está claramente tratada en el apartado (3-2.1) de [SIN 86], donde también se recogen diversos aspectos relativos a alteraciones de la transmisión. Para un más profundo tratamiento sobre la representación matemática del ruido véase el capítulo 7 de [TAU 86]. Para un estudio del ruido desde un punto de vista electrónico puede seguirse [YOU 94]. Para un tratamiento más general del problema del ruido puede consultarse [VER 87].

## **TEMA 6. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS INTERFACES.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. El tema anterior describió las alteraciones que pueden presentarse en la transmisión de datos. En éste se pretende mostrar las distintas soluciones normalizadas que se suelen encontrar en las transmisiones de corta distancia. Las descripciones se realizarán desde una perspectiva puramente eléctrica, dejando la presentación de los aspectos mecánicos y funcionales para temas posteriores. Por último, se cubre el siempre importante punto sobre la relación existente entre la velocidad de la transmisión y la distancia máxima alcanzable.

## 2) Contenido.

- 6.1.- Transmisión en TTL
- 6.2.- La RS-232
- 6.3.- La RS-423
- 6.4.- La RS-422
- 6.5.- La RS-449 y la RS-485
- 6.6.- La X.21 y la X.21 bis
- 6.7.- El bucle de corriente
- 6.8.- La relación entre velocidad y distancia

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Las distintas interfaces se hallan muy bien tratadas en el capítulo 3 de [NIC 82] y en los capítulos 2 y 3 de [MCN 88]. El apartado 6.6 puede seguirse mediante [BLA 91]. Para una descripción en castellano pueden verse los apartados (6.2), (6.3) y (6.4) de [FRE 90]. La relación entre velocidad de transmisión y distancia máxima alcanzable es tratada magistralmente en el apéndice A de [MCN 88].

## 2) Ejercicios y prácticas.

- Comprobar en el laboratorio las características eléctricas de transmisión de las distintas interfaces tratadas, usando para ello circuitos de conversión de TTL a cada una de ellas.

- Comprobar en el laboratorio la relación entre velocidad y distancia para las distintas interfaces.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Este tema tiene su ampliación natural en la descripción que, de cada una de las interfaces, publican las organizaciones internacionales correspondientes. Para la descripción de los circuitos de conversión de niveles véanse los catálogos de los fabricantes.

## **TEMA 7. COMUNICACIONES DIGITALES.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. Si existe un fenómeno que caracterice la evolución de las comunicaciones en los últimos años, éste es sin duda el de la digitalización. El objetivo de este tema es pues describir los conceptos básicos subyacentes en este tipo de comunicaciones y capacitar al alumno para enfrentarse con las técnicas, dispositivos y sistemas que, de seguro, encontrará en su desarrollo profesional.

2) Contenido.

- 7.1.- Concepto y ventajas de las comunicaciones digitales
- 7.2.- Teorema del muestreo
- 7.3.- Modulación por pulsos
- 7.4.- Relación entre ruido y ancho de banda en PCM
- 7.5.- La compansión
- 7.6.- Multiplexión en el tiempo
- 7.7.- Relación entre ancho de banda y velocidad de transmisión
- 7.8.- Modulación diferencial

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. El capítulo 3 de [SCH 83] y el 6 de [HAY 94] constituyen una buenas referencias básicas en castellano e inglés respectivamente, cubriendo la práctica totalidad del tema.

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar en el laboratorio el muestreo de varias señales básicas de diferentes amplitudes y frecuencias y filtrar las señales muestreadas para obtener las originales. Comprobar que se verifica el teorema de muestreo. Observar las representaciones temporales y frecuenciales de la señal original, muestreada y recuperada.
- Realizar un programa que simule el experimento anterior.
- Comprobar en el laboratorio la relación entre ancho de banda y velocidad de transmisión, observando la interferencia entre símbolos.
- Realizar un programa que simule el experimento anterior.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Los capítulos 6 y 7 de [SIN 86] presentan el tema haciendo un cierto hincapié en aspectos tecnológicos. El problema de la sincronización en

comunicaciones digitales puede consultarse en el capítulo 6 de [GIT 92].

## **TEMA 8. MODULACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. En este tema se presentan los fundamentos de modulación en general y su aplicación a las señales analógicas, reservando para el siguiente tema la modulación de señales digitales. Dado el contexto en el que se enmarca, la descripción es necesariamente breve, estando encaminada a exponer conceptos y principios básicos, sin profundizar en cuestiones más de detalle.

2) Contenido.

- 8.1.- Concepto y necesidad de la modulación
- 8.2.- Modulación en amplitud
- 8.3.- Moduladores y demoduladores de AM
- 8.4.- Modulación en banda lateral única
- 8.5.- Modulación en frecuencia y fase
- 8.6.- Moduladores y demoduladores de FM
- 8.7.- El ruido en señales moduladas

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Un buena referencia lo constituyen los apartados (4.4) al (4.10) de [SCH 83] o el capítulo 3 de [HAY 94]. Para la influencia del ruido en las señales moduladas pueden verse los apartados (5.10) y (5.12) de [SCH 83], o también los capítulos 9 y 10 de [TAU 86].

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar en el laboratorio la modulación y demodulación en AM de una señal. Comprobar su representación temporal y frecuencial.
- Realizar en el laboratorio la modulación y demodulación en FM de una señal. Comprobar su representación temporal y frecuencial. Comprobar el efecto que tiene sobre ellas la adición de un ruido en la señal modulada.
- Comprobar en el laboratorio la multiplexión en frecuencia que se produce en el espectro de una señal de antena en la gama de la AM y la FM comercial.
- Realizar un programa que simule la modulación y la demodulación en AM y FM de una señal y realice su representación en el tiempo y en la frecuencia.
- Realizar un programa que simule una modulación y demodulación en AM y FM, a la que se le añada un ruido. Comprobar como afecta en ambos casos a las señales demoduladas.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Las referencias básicas citadas, [SCH 83] [TAU 86] y [HAY 94] tienen abundante material de ampliación del tema. Desde un punto de vista más bien divulgativo puede ampliarse en [CAN 88]. Para un enfoque de detalle sobre los circuitos y sistemas empleados puede usarse casi cualquier referencia general de electrónica, o si se quiere un tratamiento más particularizado puede verse [GRE 77] o [YOU 94].

## **TEMA 9. MODULACIÓN DE SEÑALES DIGITALES.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. Como continuación lógica del tema anterior se exponen aquí las técnicas de modulación digital. El objetivo, al igual que en el tema anterior, es el de presentación de conceptos y principios básicos.

2) Contenido.

- 9.1.- Modulación ASK
- 9.2.- Modulación FSK
- 9.3.- Modulación PSK
- 9.4.- La recuperación de la portadora
- 9.5.- Modulación DPSK
- 9.6.- Modulación MPSK
- 9.7.- Modulación QAM
- 9.8.- Código de Trellis
- 9.9.- Comparación de técnicas de modulación digital
- 9.10.- La recuperación del reloj
- 9.11.- El ecualizador

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Un buena referencia lo constituyen los apartados (4.2) y (4.3) de [SCH 83], el capítulo 6 de [TAU 86] o el capítulo 8 de [HAY 94]. Es también interesante el enfoque aportado por el capítulo 1 de [TOM 87].

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar en el laboratorio la modulación y demodulación de señales ASK, FSK y PSK. Comprobar su representación temporal y frecuencial.
- Realizar en el laboratorio la modulación y demodulación de señales DPSK y QAM. Comprobar su representación temporal y frecuencial.
- Realizar un programa que simule los experimentos anteriores.
- Realizar un programa que efectúe la aleatorización y desaleatorización de un serie de datos.

3) Fuentes complementarias de ampliación. Además de las referencias de ampliación citadas en el tema anterior constituye una excelente monografía [BIN 88]. Con carácter algo más básico pueden verse en castellano los capítulos 4 y 5 de [FRI 87].

## **TEMA 10. LOS MODEMS Y SU NORMATIVA.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. Dada su amplia utilización práctica, parece conveniente dedicar un tema a presentar las características y funciones de los modems telefónicos. El objetivo es, además de cubrir los

aspectos básicos, el describir las distintas normativas que los rigen para que el alumno sea capaz de distinguir y, eventualmente, seleccionar el modem adecuado en cada circunstancia.

## 2) Contenido.

- 10.1.- Características y funciones de un modem
- 10.2.- Modems V.21
- 10.3.- Modems V.22
- 10.4.- Modems V.23
- 10.5.- Modems V.26
- 10.6.- Modems V.27
- 10.7.- Modems V.29
- 10.8.- Modems V.32
- 10.9.- Modems V.33
- 10.10.- Modems V.36
- 10.11.- Otras normativas.

### **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Para las características y funciones de un modem véase el capítulo 1 de [BIN 88]. Para una descripción de las distintas normas el apartado (2.2) de [HEL 89] constituye una excelente referencia. En castellano pueden verse también el capítulo 3 de [HUI 90] o los capítulos 4 y 5 de [FRI 87].

## 2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar un programa que simule el comportamiento de las distintas normas estudiadas en el tema, comprobando que pueden usarse en los canales telefónicos para los que han sido diseñadas. Obténganse las representaciones temporales y frecuenciales de las señales en cada una de las etapas de la transmisión en el camino emisor-modem-canal-modem-receptor.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La fuente más importante de ampliación del tema son las propias normas editadas por la ITU-T y parcialmente recogidas en [FOL 78]. El capítulo 2 de [BIN 88] presenta una interesante visión del mercado actual de modems.

## **TEMA 11. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y FUNCIONALES DE LAS INTERFACES.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. Una vez analizado en profundidad el tema de modems se está en condiciones de abordar las características funcionales de las diversas interfaces, y junto a ellas también las mecánicas. Esto es así porque dichas características funcionales tienen en buena medida mucho que ver con el control del modem, por lo cual ha sido necesario retrasar este tema hasta este punto. El objetivo del mismo es describir las interfaces más extendidas con especial hincapié en la RS-232.

## 2) Contenido.

- 11.1.- La RS-232, la V.24 y la X.21 bis
- 11.2.- La RS-366
- 11.3.- La V.25
- 11.4.- La RS-449
- 11.5.- La RS-530
- 11.6.- La X.21
- 11.7.- El null-modem

## **B) Documento de trabajo/estudio.**

1) Fuentes básicas de referencia. Casi cualquier texto sobre la materia incluye una descripción de la RS-232. Especialmente interesantes son las que aparecen en [NIC 82] y en [FRI 87]. Las normas X se encuentran bien descritas en [BLA 91]. Para una descripción del resto de interfaces puede verse [HEL 89].

2) Ejercicios y prácticas.

- Realizar un cable completo para conexión entre un ordenador y un modem siguiendo la norma RS-232.
- Realizar un cable null-modem para la interconexión de dos ordenadores con salida RS-232.
- Modificar los programas propuestos en el tema 2 para que puedan realizar la comunicación a través de modem, manejando las nuevas señales de control que ello implica.

3) Fuentes complementarias de ampliación. La fuente más importante de ampliación del tema son las propias normas editadas por los organismos correspondientes.

## **TEMA 12. EQUIPOS DE TRANSMISIÓN.**

### **A) Guía didáctica.**

1) Objetivos. Como culminación de los temas que abordan los aspectos físicos de la comunicación de datos, se pretende describir aquí las características y funciones de algunos de los equipos de transmisión de información más habituales, de forma que el alumno sea capaz de reconocerlos, tenerlos en cuenta para futuras instalaciones y seleccionarlos en caso de necesidad.

2) Contenido.

- 12.1.- Acopladores acústicos
- 12.2.- Modems inteligentes
- 12.3.- Modems multipuerta
- 12.4.- Modems multipunto
- 12.5.- Modems de seguridad
- 12.6.- Controladores de línea (line drivers)

- 12.7.- Modems de distancia limitada
- 12.8.- Multiplexores

## **B) Documento de trabajo/estudio.**

- 1) Fuentes básicas de referencia. Una referencia fundamental para este tema son los capítulos 2 y 3 de [HEL 89].
- 2) Ejercicios y prácticas.
  - Elaborar una relación comentada de los productos relacionados con el tema que aparecen en los catálogos de algunos fabricantes.
- 3) Fuentes complementarias de ampliación. La mejor referencia complementaria para ampliar el tema lo constituyen los catálogos de los fabricantes de equipos de transmisión.

## **5. Bibliografía**

- BIN 88: BINGHAM, J.A. The theory and practice of modem design. Ed. John Wiley, 1988.
- BLA 89b: BLACK, U. Redes de ordenadores. Protocolos, normas e interfaces. Ed. ra-ma, 1989.
- BLA 91: BLACK, U. The X Series Recommendations. McGraw-Hill, 1991.
- BRI 88: BRIGHAM, E.O. The fast Fourier transform and its applications. Ed. Prentice-Hall, 1988.
- CAM 90: CAMPBELL, J. Comunicaciones serie. Guía de referencia del programador en C. Ed. Anaya, 1989.
- CAN 88: CANNON, D.L. y LUECKE, G. A fondo: Sistemas de comunicaciones. Ed. Anaya, 1988.
- DIA 85: DIAZ, R. Comunicaciones por fibra óptica". Marcombo, 1985.
- FRE 90: FREER, J. Introducción a la tecnología y diseño de sistemas de comunicaciones y redes de ordenadores. Anaya multimedia, 1990.
- FRI 87: FRIEND, G.E. et al. A fondo: Transmisión de datos y comunicaciones. Ed. Anaya, 1987.
- FOL 78: FOLTS y KARP. Data communications standards. McGraw-Hill, 1978.
- GIT 92: GITLIN, R. D. et al. Data Communications Principles. Plenum Press, 1992.

- GRE 77: GREGG, W.D. Analog and digital communications. Concepts, systems, applications and services. John Wiley, 1977.
- HAY 94: HAYKIN, S. Communication Systems. Third Edition. John Wiley, 1994.
- HEL 89: HELD, G. Data communication networking devices. John Wiley, 1989.
- HUI 90: HUIDOBRO, J.M. Comunicaciones. Interfaces, modems, protocolos, redes y normas. Ed. Paraninfo, 1990.
- LAT 74: LATHI, B.P. Introducción a la teoría y sistemas de comunicación. Ed. Limusa, 1974.
- MAH 87: MAHLKE, G. y GOSSING, P. Fiber optic cables. John Wiley, 1987.
- MAT 95: MATICK, R. E. Transmission Lines For Digital And Communication Networks. IEEE Press, 1995.
- MCN 88: MCNAMARA, J.E. Technical aspects of data communication. Third Edition. Digital Press, 1988.
- MOM 83: MOMPIN, J. Interconexión de periféricos a microprocesadores. Marcombo, 1983.
- MOR 94: MORRISON, N. Introduction to Fourier Analysis. John Wiley, 1994.
- NIC 82: NICHOLS, E.A., et alt. Data communications for microcomputers. McGraw-Hill, 1982.
- RAM 74: RAMO, S. Campos y ondas. Aplicación a las comunicaciones electrónicas. Ed. Pirámide, 1974.
- SCH 83: SCHWARTZ, M. Transmisión de información, modulación y ruido. McGraw-Hill, 1983.
- SCH 85: SCHUBERT, W. Communications cables and transmission systems. Third Edition. John Wiley, 1985
- SIN 86: SINNEMA, W. y McGOVERN, T. Digital, analog and data communication. Prentice-Hall, 1986.
- TAU 86: TAUB, H. y SCHILLING, D.L. Principles of communication systems. McGraw-Hill, 1986.
- TOM 87: TOMASI, W. Advanced electronic communications systems. Prentice-Hall, 1987.
- VER 87: VERGERS, C.A. Handbook of electrical noise measurement and technology. Second edition. Tab Books Inc.

YOU 94: YOUNG, P. H. Electronic Communication Tehniques. Third Edition. Macmillan  
Pub. Co., 1994.