

Unidad II

Fundamentos de modulación y demodulación

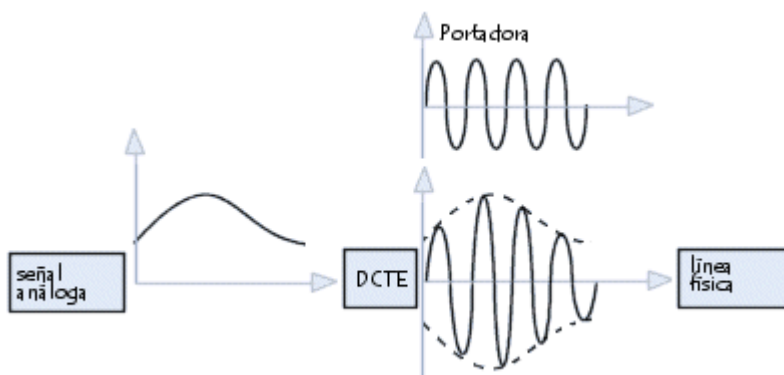
2.1. Analógica: amplitud, frecuencia y fase.

La transmisión analógica de datos consiste en el envío de información en forma de ondas, a través de un medio de transmisión físico. Los datos se transmiten a través de una *onda portadora*: una onda simple cuyo único objetivo es transportar datos modificando una de sus características (amplitud, frecuencia o fase). Por este motivo, la transmisión analógica es generalmente denominada **transmisión de modulación de la onda portadora**. Se definen tres tipos de transmisión analógica, según cuál sea el parámetro de la onda portadora que varía:

- Transmisión por modulación de la amplitud de la onda portadora
- Transmisión a través de la modulación de frecuencia de la onda portadora
- Transmisión por modulación de la fase de la onda portadora

Transmisión analógica de datos analógicos

Este tipo de transmisión se refiere a un esquema en el que los datos que serán transmitidos ya están en formato analógico. Por eso, para transmitir esta señal, el DCTE (Equipo de Terminación de Circuito de Datos) debe combinar continuamente la señal que será transmitida y la onda portadora, de manera que la onda que transmitirá será una combinación de la onda portadora y la señal transmitida. En el caso de la transmisión por modulación de la amplitud, por ejemplo, la transmisión se llevará a cabo de la siguiente forma:



2.2. Digital: Teorema de Shanon, pulsos: PAM, PPM, PWM, PCM, ASK, FSK, PSK, QAM.

Transmisión analógica de datos digitales

Cuando aparecieron los datos digitales, los sistemas de transmisión todavía eran analógicos. Por eso fue necesario encontrar la forma de transmitir datos digitales en forma analógica.

La solución a este problema fue el [módem](#). Su función es:

- **En el momento de la transmisión:** debe convertir los datos digitales (una secuencia de 0 y 1) en señales analógicas (variación continua de un fenómeno físico). Este proceso se denomina *modulación*.
- **Cuando recibe la transmisión:** debe convertir la señal analógica en datos digitales. Este proceso se denomina *demodulación*.

2.3. Multiplexado y demultiplexado de señales: Frecuencia, tiempo, codificación de pulsos.

La transmisión de información de más de una fuente a más de un destino, es a lo que llamamos “multicanalización”, esto es por el mismo medio de transmisión, pero no necesariamente ocurre al mismo tiempo. Los métodos más comunes son; multicanalización de división de frecuencia (FDM) y multicanalización de división de tiempo (TDM).

MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN DE TIEMPO

Las transmisiones para frecuencias múltiples ocurren sobre el mismo medio pero no al mismo tiempo. El tipo más común de modelización utilizada con los sistemas TDM es PCM.

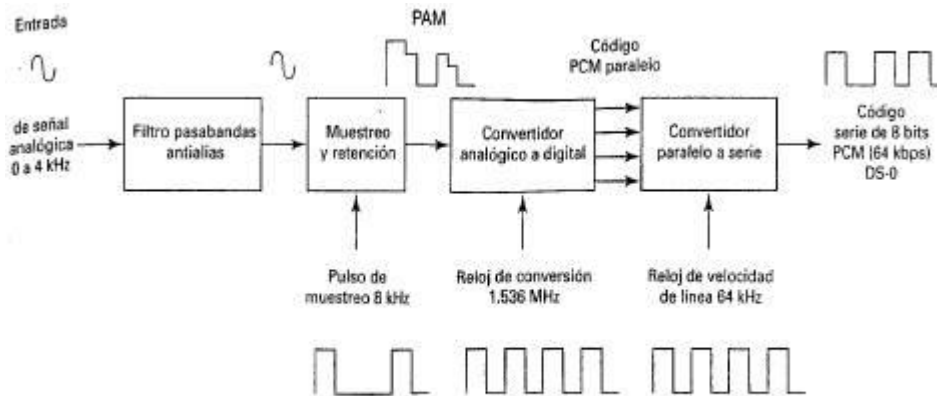


FIGURA 16-1 Sistema de transmisión PCM de un solo canal (DS nivel 0)

SISTEMA DE PORTADORA DIGITAL T1

Es un sistema de comunicación que utiliza pulsos digitales para codificar información en lugar de señales analógicas. El multicanalizador es simplemente un interruptor, que ahora tiene 24 entradas y 1 salida. Además de multicanalizar por división de tiempo 24 canales de banda de voz, es necesario que las líneas estén codificadas y colocadas en los pares de cables, llamados T1, para que constituya en si a una portadora T1.

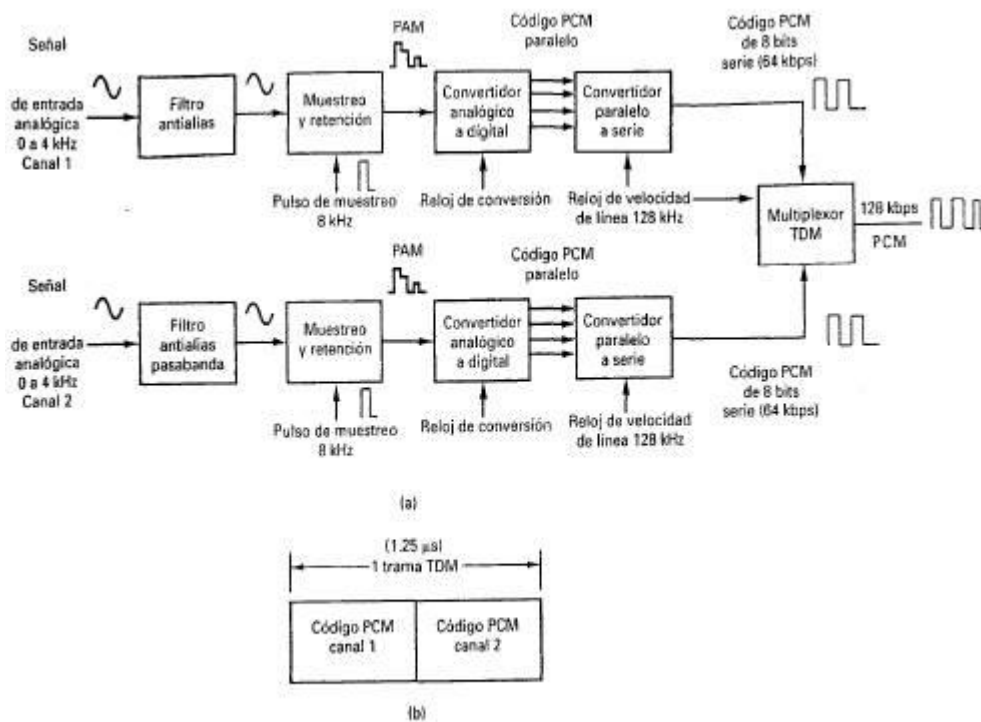


FIGURA 16-2 Sistema PCM-TDM de dos canales: (a) diagrama de bloques; (b) trama TDM

Cada canal contiene un código PCM de 8 bits y se muestrea 8000 veces por segundo, pero no necesariamente a la misma vez, así pues, se transmite una señal PCM codificada de 64 kbps por cada canal durante cada trama, y dentro de cada trama se agrega un bit adicional llamado bit de trama.

BANCOS DE CANALES TIPO D

Los primeros sistemas de portadora T1 estaban equipados con los bancos de canales D1A que utilizaban un código PCM de solo 7 bits, a los cuales se le agregan un octavo bit (el bit “s”), a cada palabra de código PCM, con el propósito de señalización. En consecuencia, la razón de señalización (supervisión: colgado, descolgado, marcar con pulsos, etc.), para los bancos de canales D1 es de 8 bits. En el banco de canales D1, las características de compresión y expansión se implantaron en los circuitos por separado del codificador y decodificador. Los bancos de canales D1A utilizan un código de solo magnitud. En promedio, el rendimiento de error con un código de magnitud de señales es mejor que un código de solo magnitud.

FORMATO DE SUPERTRAMA

Con los bancos de canales D2 y D3, un bit de señalización se sustituye solo en el bit menos significativo (LSB), cada sexta trama, debido a que la señalización de 8 kbps es excesiva para la transmisión de voz. Se inventó el formato de supertrama, dentro de cada supertrama hay 12 tramas numeradas consecutivamente (1 – 12). Los bits de señalización se sustituyen en las tramas 6 y 12, el MSB en la trama 6 y el LSB en la 12. Las tramas impares tienen un patrón 1/0 alternativo, y las tramas pares tienen un patrón repetitivo 001110, esto para identificar las tramas 6 y 12. La trama 6 se identifica por una transición 0/1 en el bit de tramas entre las tramas 4 y 6, la trama 12 se identifica por una transición 1/0 en el bit de tramas, entre las tramas 10 y 12. Además de los bits de alineación de multitramas y los bits de muestras PCM, ciertas ranuras de tiempos se utilizan para indicar condiciones de alarma. Con los bancos de canales D4, en lugar de transmitir un solo bit de trama con cada trama, se utiliza un patrón, de sincronización de tramas de 10bits, el número total de bits es una trama TDM (DS – 1C).

CÓDECS

Termino genérico que se refiere a las funciones de codificación efectuados por un dispositivo que convierte las señales analógicas en códigos digitales, y decodificación de códigos digitales en señales analógicas. También son llamados chips combinados porque combinan las funciones de códec y de filtro en el mismo paquete LSI. Un códec es un chip de circuito integrado en gran escala (LSI, large scale integration) diseñado para la industria de las telecomunicaciones, para centrales de abonado (PBX, de private branch exchanges), conmutadoras de oficina central, equipos digitales manuales, sistemas digitales de voz de almacenar y enviar y supresores digitales de eco. El códec hace las siguientes funciones: muestreo analógico, codificación y decodificación, compresión y expansión digital.

Muesca de tiempo 0	Muesca de tiempo 1	Muesca de tiempo 2 a 16	Muesca de tiempo 17	Muesca de tiempo 18 a 30	Muesca de tiempo 31
Canal de entramado y alarma	Canal de voz 1	Canales de voz 2 a 15	Canal común de señalización	Canales de voz 16 a 29	Canal de voz 30
8 bits	8 bits	112 bits	8 bits	112 bits	8 bits

(a)

Muesca de tiempo 17

		Bits	
Trama		1234	5678
0		0000	xyxx
1		C 1	C 16
2		C 2	C 17
3		C 3	C 18
16 tramas equivalen a una multitrama; 500 multitramas se transmiten cada segundo	4	C 4	C 19
	5	C 5	C 20
	6	C 6	C 21
	7	C 7	C 22
	8	C 8	C 23
	9	C 9	C 24
	10	C 10	C 25
	11	C 11	C 26
	12	C 12	C 27
	13	C 13	C 28
	14	C 14	C 29
	15	C 15	C 30

x = reserva

y = pérdida de alineación de multitrama si es 1

Se transmiten 4 bits por canal una vez cada 16 tramas, resultando en una rapidez de señalización de 500 palabras por segundo (2000 bps) para cada canal

x = reserva

y = pérdida de alineación de multitrama si es 1

Se transmiten 4 bits por canal una vez cada 16 tramas, resultando en una rapidez de señalización de 500 palabras por segundo (2000 bps) para cada canal

(b)

FIGURA 16-8 Alineación de trama CCITT TDM y alineación de canal común de señalización: (a) trama CCITT TDM (125 μ s, 256 bits, 2.048 Mbps); (b) canal común de señalización

CHIPS COMBINADOS.

Hacen las conversiones analógico a digital y digital a analógico, y el filtrado de transmisión y recepción necesario para interconectar un circuito telefónico de voz dúplex (de 4 alambres) al trayecto PCM de un sistema de portadora TDM.

FUNCIONAMIENTO GENERAL.

1. Filtrado pasabanda de las señales analógicas antes de codificar y después de decodificar.
2. Codificación y decodificación de señales de voz y progreso de llamada.
3. Codificación y decodificación de información de señalización y supervisión
4. Compresión y expansión digitales

MODO DE VELOCIDAD FIJA DE DATOS

En este modo también llamado frecuencia fija de datos o modo de ráfaga los relojes maestros de transmisión y recepción en un chip combinado (CLKX y CLKR) hacen las siguientes funciones:

1. Proporcionar el reloj maestro para el filtro incorporado (de abordo) de capacitor conmutado.
2. Proporcionar el reloj para los convertidores analógico a digital y digital a analógico.
3. determinar las frecuencias de datos de entrada y salida entre el codec y el trayecto PCM.

Las frecuencias de datos en transmisión y recepción deben ser 1,536, 1.54 o 2,048 Mbps, igual que la frecuencia del reloj maestro. Los pulsos de sincronización de trama en transmisión y recepción (FSX y FSR) son entradas de 8 KHz. La salida TSX es de activar búfer estroboscópico de ranura de tiempo, se usa para conducir la palabra PCM a trayecto PCM. También se usa como pulso externo de control para un multiplexor por divisor de tiempo. Los datos transmiten al trayecto PCM desde DX en las 8 primeras transiciones positivas del CLKX después del lado creciente de FSX. En el canal de recepción se reciben los datos del trayecto PCM desde DR en los primeros 8 lados decrecientes del CLKX, después de la ocurrencia de FSR. Se deben sincronizar las ocurrencias de FSX y FSR entre los codecs, en un sistema de canal multiple, para asegurar que solo transmita o reciba un codec a o del trayecto PCM en determinado momento. Cuando solo hay un canal, el trayecto PCM solo esta activo 1/24 parte del tiempo total de trama.

MODO DE VELOCIDAD VARIABLE DE DATOS.

Permite una frecuencia variable de reloj de entrada y salida de datos. Permite la capacidad de variar la frecuencia de los relojes de bits de transmisión y recepción. Se requiere una frecuencia de reloj maestro de 1.536, 1.544 o 2.048MHz para el

funcionamiento correcto de los filtros pasa bandas incorporadas, y los convertidores analógico a digital y digital a analógico. Cuando FSX es alta, el trayecto PCM los datos se transmiten al proyecto PCM en las siguientes 8 transiciones positivas consecutivas de DCLKX. De igual manera, mientras FSR este alta, los datos del trayecto PCM se sincronizan en el códec en las siguientes 8 transiciones negativas consecutivas de DCLKR. A este modo de operación se le llama también modo de registro de desplazamiento.

JERARQUÍA DIGITAL EN NORTEAMÉRICA

El multiplexado de señales en la forma digital se presta a interconectar con facilidad las instalaciones de transmisión digital con distintas frecuencias de transmisión. Las compañías grandes manejan los llamados muldems para multiplicar señales digitales con las mismas frecuencias de bits. Los muldems (por multiplexores demultiplexores) pueden manejar frecuencia de bits en ambas direcciones. Las señales digitales se conducen a centrales llamadas conexiones cruzadas. Una conexión digital cruzada (DSX) permite contar con un lugar cómodo para hacer interconexiones modificables y hacer mantenimiento. Cuando el ancho de banda de las señales por transmitir es tal que después de la conversión digital ocupa toda la capacidad de una línea de transmisión digital, se proporciona una terminal de monocal canal como lo son las de TV comercial o videoteléfono.

TABLA 16-3 Resumen de la jerarquía digital norteamericana

Tipo de línea	Señal digital	Frecuencia de bits (Mbps)	Capacidades de canal	Servicios ofrecidos
T1	DS-1	1.544	24	Teléfono con banda de voz
T1C	DS-1C	3.152	48	Teléfono con banda de voz
T2	DS-2	6.312	96	Teléfono con banda de voz y teléfono visual
T3	DS-3	46.304	672	Teléfono con banda de voz, teléfono visual y televisión de calidad comercial
T4M	DS-4	274.176	4032	Igual que T3, pero con más capacidad
T5	DS-5	560.160	8064	Igual que T4, pero con más capacidad

TERMINALES DE GRUPO MAESTRO Y DE TELEVISIÓN COMERCIAL

La terminal de grupo maestro recibe canales de banda de voz que ya se han multiplexado por división de frecuencia y no requiere que cada canal de banda de voz sea demultiplexado a las frecuencias de voz. El procesador de señal proporciona desplazamiento de frecuencia para las señales de grupo maestro, es posible muestrearla a una frecuencia de 5.1MHz. El muestreo de la televisión comercial se hace al doble de esta frecuencia.

TERMINAL DE TELÉFONO VISUAL

En esencia, un teléfono visual es una transmisión de video de baja calidad entre suscriptores no dedicados. Por razones económicas, se prefiere codificar una señal de teléfono visual en la capacidad T2 de 6.312 Mbps, bastante menor que las señales de transmisión comercial. De esta manera se asegura una calidad suficientemente aceptable.

TERMINAL DE DATOS

La parte del tráfico de comunicaciones donde intervienen los datos se encuentra en crecimiento exponencial. También, en la mayoría de los casos, las frecuencias de datos generadas por cada suscriptor individual son bastante menores que las capacidades de las líneas digitales. Las señales de datos se podrían muestrear en forma directa; sin embargo, para eso se necesitarían frecuencias excesivas de muestreo, y se ocasionarían frecuencias de transmisión de bits demasiado altas, en especial para secuencias de datos con pocas o ninguna transición. Existen varios métodos para asegurar que no transcurran muchos periodos sin transición en los datos puesto que esto podría generar errores.

CODIFICACIÓN DE LINEA

Consiste en convertir niveles lógicos normalizados (TTL, CMOS y semejantes) a una forma más adecuada para su transmisión por línea telefónica. En esencia se deben tener en cuenta 6 factores principales al seleccionar un formato de codificación de línea:

1. Voltajes de transmisión y componente CD
2. Ciclo de trabajo
3. Ancho de banda
4. Recuperación de reloj
5. Detección de errores
6. Facilidad de detección de errores

VOLTAJES DE TRANSMISIÓN Y COMPONENTE DE CD

Los voltajes o niveles de transmisión se pueden clasificar como unipolares o bipolares. La transmisión unipolar de datos binarios implica transmitir sólo un nivel de voltaje distinto de cero (ejemplo 5V para 1 y 0V para 0). En la transmisión bipolar intervienen dos niveles de voltaje distintos de cero (ejemplo +V, -V). En líneas de transmisión digitales lo recomendable es que los valores de voltaje bipolares sean simétricos y de magnitud contraria.

TABLA 16-4 Resumen de codificación de línea

Formato de codificación	Ancho mínimo de banda	CD promedio	Recuperación de reloj	Detección de errores
UPNRZ	$f_0/2^b$	+V/2	Mala	No
BPNRZ	$f_0/2^b$	0 V*	Mala	No
UPRZ	f_0	+V/4	Buena	No
BPRZ	f_0	0 V*	Óptima*	No
BPRZ-AMI	$f_0/2^b$	0 V*	Buena	Sí*