
Redes y Comunicaciones

Solucionario

Tema 5: Transmisión analógica

Resumen

- La conversión digital a analógica es el proceso de cambiar una de las características de una señal analógica basándose en la información del dato digital.
- La modulación de digital a analógico se puede conseguir de varias formas: Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK), Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) y Modulación por desplazamiento de fase (PSK). La Modulación por amplitud cuadratura (QAM) combina ASK y PSK.
- En modulación por desplazamiento en amplitud, la amplitud de la señal portadora cambia para crear elementos de señal. Tanto la frecuencia como la fase permanecen constantes mientras cambia la amplitud.
- En modulación por desplazamiento en frecuencia, la frecuencia de la señal portadora cambia para representar datos. La frecuencia de la señal modulada permanece constante mientras dura un elemento de señal, pero cambia para el siguiente elemento de señal si cambia el elemento de datos. Tanto la amplitud pico como la fase permanecen constantes mientras cambia la amplitud.
- En modulación por desplazamiento en fase, la amplitud de la señal portadora cambia para representar dos o más elementos de señal. Tanto la amplitud pico como la frecuencia permanecen constantes mientras cambia la amplitud.
- Un diagrama de constelación muestra la amplitud y la fase del elemento de señal, particularmente cuando se usan dos portadoras (una en fase y la otra en cuadratura).

- La Modulación de amplitud en cuadratura (QAM) es una combinación de ASK y PSK. QAM usa dos portadoras, una en fase y la otra en cuadratura, con niveles de amplitud distintos para cada portadora.
- Modulación por QAM permite una mayor tasa de transmisión de datos que otros métodos de conversión de digital a analógico.
- La conversión analógica-analógica es la representación de una información analógica mediante una señal analógica. La conversión es necesaria si el medio es paso banda en naturaleza o si solo se dispone de un ancho de banda paso banda.
- La modulación de analógico a analógico se puede implementar de tres formas: Modulación en amplitud (AM), Modulación en frecuencia (FM) y Modulación en fase (PM).
- En transmisión AM la señal portadora se modula de forma que su amplitud varía con los cambios de amplitud de la señal a modular. La frecuencia y la fase de la portadora no cambian; solo la amplitud cambia para seguir las variaciones de información.
- En transmisión FM la señal portadora se modula para seguir los cambios en el nivel de voltaje (amplitud) de la señal a modular. La amplitud pico y la fase de la señal portadora permanecen constantes, pero a medida que la amplitud de la señal de información cambia, la frecuencia de la portadora cambia de acuerdo con ella.
- En transmisión PM, la fase de la señal portadora se modula para seguir los cambios en el nivel de voltaje (amplitud) de la señal a modular. La amplitud pico y la frecuencia de la señal portadora permanecen constantes, pero a medida que la amplitud de la señal de información cambia, la fase de la portadora cambia de acuerdo con ella.

Problemas resueltos

Problema 1

Defina la transmisión analógica.

Solución:

Normalmente, la transmisión analógica se refiere a la transmisión de señales analógicas usando un canal paso-banda. Las señales digitales o analógicas banda base son convertidas a señales analógicas complejas con un rango de frecuencias admisibles para el canal.

Problema 3

Defina la conversión de digital a analógico.

Solución:

El proceso de cambiar una de las características de una señal analógica en información basada en una señal digital se llama conversión digital a analógico. También se llama modulación de una señal digital. La señal digital banda base representando los datos digitales modula la portadora para crear una señal analógica banda ancha.

Problema 5

¿Cuál de las cuatro técnicas de conversión digital-analógico (ASK, FSK, PSK y QAM) es más susceptible al ruido? Defienda su respuesta.

Solución:

Podemos decir que la técnica más susceptible es ASK porque el ruido afecta más a la amplitud que a la fase o frecuencia.

Problema 7

¿Cuáles son los dos componentes de una señal cuando la señal se representa en un diagrama de constelación? ¿Qué componente se muestra en el eje horizontal? ¿Qué componente se muestra en el eje vertical?

Solución:

Un diagrama de constelación puede ayudarnos a definir la amplitud y la fase de un elemento de señal. Las dos componentes de una señal se llaman I y Q . La componente I , llamada en fase (*inphase*) se muestra en el eje horizontal; la componente Q llamada en cuadratura (*Quadrature*) se muestra en el eje vertical.

Problema 9

¿Qué características de una señal analógica cambian para representar una señal analógica paso bajo en cada una de las siguientes conversiones de analógico a analógico?

- a. AM.
- b. FM.
- c. PM.

Solución:

- a. AM cambia la amplitud de la portadora.
- b. FM cambia la frecuencia de la portadora.
- c. PM cambia la fase de la portadora.

Problema 11

Calcule la tasa de baudios para las siguientes tasas de bits y tipos de modulación:

- a. 2000 bps, FSK.
- b. 4000 bps, ASK.
- c. 6000 bps, QPSK.
- d. 36000 bps, 64-QAM.

Solución:

Se usa la fórmula, $S = (1/r) \times N$, donde N es la tasa de datos (bps) y r es el número de elementos de datos transportados por un elemento de señal. El valor de r en una transmisión analógica es $r = \log_2 L$ donde L es el tipo de elemento de señal, no el nivel. Primero se necesita calcular el valor de r para cada caso:

- a. $r = \log_2 2 = 1 \rightarrow S = (1/1) \times (2000 \text{ bps}) = 2000 \text{ baudios}$
- b. $r = \log_2 2 = 1 \rightarrow S = (1/1) \times (4000 \text{ bps}) = 4000 \text{ baudios}$
- c. $r = \log_2 4 = 2 \rightarrow S = (1/2) \times (6000 \text{ bps}) = 3000 \text{ baudios}$
- d. $r = \log_2 64 = 6 \rightarrow S = (1/6) \times (36000 \text{ bps}) = 6000 \text{ baudios}$

Problema 13

Cual es el número de bits por baudio para las técnicas siguientes?

- a. ASK con ocho amplitudes distintas.
- b. FSK con ocho frecuencias distintas.
- c. PSK con cuatro fases distintas.
- d. QAM con una constelación de 128 puntos.

Solución:

Se usa la fórmula $r = \log_2 L$ para calcular el valor de r en cada caso:

- a. $\log_2 8 = 3$
- b. $\log_2 8 = 3$
- c. $\log_2 4 = 2$
- d. $\log_2 128 = 7$

Problema 15

Dibuje el diagrama de constelación para los casos siguientes. Halle el valor de amplitud pico para cada caso y defina el tipo de modulación (ASK, FSK, PSK o QAM). El número entre paréntesis define los valores de I y Q respectivamente.

- a. Dos puntos en (2,0) y (3,0).
- b. Dos puntos en (3,0) y (-3,0).
- c. Cuatro puntos en (2,2), (-2,2), (-2, -2) y (2, -2).
- d. Dos puntos en (0,2) y (0, -2).

Solución:

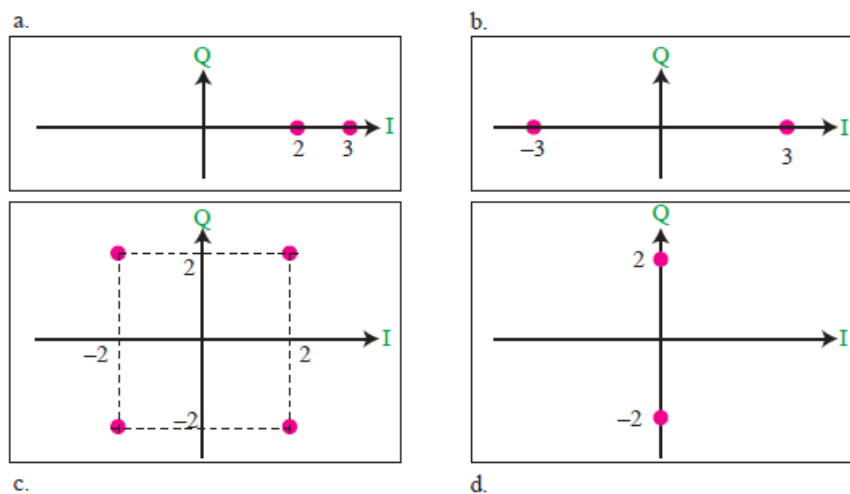


Figura 5.1. Solución del ejercicio 15.

- a. Esto es ASK. Hay dos amplitudes pico ambos con la misma fase (0 grados). Los valores de las amplitudes pico son $A_1 = 2$ (la distancia entre el primer punto y el origen) y $A_2 = 3$ (la distancia entre el segundo punto y el origen).
- b. Esto es BPSK, hay sólo una amplitud de pico (3). La distancia entre cada punto al origen es 3. Sin embargo, tiene dos fases, 0 y 180 grados.
- c. Esto puede ser QPSK (una amplitud, cuatro fases) o 4-QAM (una amplitud, cuatro fases). La amplitud es la distancia entre un punto y el origen, lo cual es $(2^2 + 2^2)^{1/2} = 2.83$.
- d. Esto es también BPSK. La amplitud de pico es 2, pero las fases son 90 y 270 grados.

Problema 17

¿Cuál es el ancho de banda necesario para los casos siguientes si es necesario enviar 4000 bps? Sea $d = 1$.

- a. ASK.
- b. FSK con $2\Delta f = 4 \text{ KHZ}$.
- c. QPSK.
- d. 16-QAM.

Solución:

Se usa la fórmula $B = (1 + d) \times S = (1 + d) \times (1/r) \times N$, donde N es la tasa de datos (bps), S la tasa de señal (baudios), r el número de elementos de datos transportados por un elemento de señal. El valor de r en una transmisión analógica es $r = \log_2 L$, donde L es el tipo de señal, no el nivel.

Primero se necesita calcular el valor de r en cada caso:

- a. $r = \log_2 2 = 1 \rightarrow B = (1 + 1) \times (1/1) \times (4000 \text{ bps}) = 8000 \text{ Hz}$

b. $r = \log_2 2 = 1 \rightarrow B = (1 + 1) \times (1/1) \times (4000 \text{ bps}) + 4 \text{ KHz} = 12000 \text{ Hz}$

c. $r = \log_2 4 = 2 \rightarrow B = (1 + 1) \times (1/2) \times (4000 \text{ bps}) = 4000 \text{ Hz}$

d. $r = \log_2 16 = 4 \rightarrow B = (1 + 1) \times (1/4) \times (4000 \text{ bps}) = 2000 \text{ Hz}$

Problema 19

Una corporación tiene un medio con un ancho de banda de 1 MHz (paso bajo). La corporación necesita crear 10 canales independientes separados, cada uno de los cuales debe ser capaz de enviar al menos 1 Mbps. La compañía ha decidido usar tecnología QAM. ¿Cuál es el mínimo número de bits por baudio para cada canal? ¿Cuál es el número de puntos en el diagrama de constelación para cada canal? Asuma $d = 0$.

Solución:

Primero se calcula el ancho de banda para cada canal $= (1 \text{ MHz}) / 10 = 100 \text{ KHz}$.

Entonces se encuentra el valor de r para cada canal:

$$B = (1 + d) \times (1/r) \times (N) \rightarrow r = N / B \rightarrow r = (1 \text{ Mbps} / 100 \text{ KHz}) = 10$$

Se calcula, entonces, el número de niveles $L = 2^r = 2^{10} = 1024$.

Lo que significa que se necesita la técnica 1024-QAM para alcanzar esta tasa de datos.

Problema 21

Halle el ancho de banda para las situaciones siguientes si es necesario modular una voz de 5 KHz.

a. AM.

b. FM ($\beta = 5$).

c. PM ($\beta = 1$).

Solución:

a. El ancho de banda total necesario para AM se puede determinar a partir del ancho de banda de una señal de audio: $B_{AM} = 2 \times B$

$$B_{AM} = 2 \times 5 = 10 \text{ KHz}$$

b. El ancho de banda total necesario para FM se puede determinar a partir del ancho de banda de una señal de audio: $B_{FM} = 2 \times (1 + \beta) \times B$

$$B_{FM} = 2 \times (1 + 5) \times 5 = 60 \text{ KHz}$$

c. El ancho de banda total necesario para FM se puede determinar a partir del ancho de banda de una señal de audio $B_{PM} = 2 \times (1 + \beta) \times B$

$$B_{PM} = 2 \times (1 + 1) \times 5 = 20 \text{ KHz}$$