

Problema PTC0001-06

Un multiplexor TDM tiene 4 entradas de 600 bps y una salida de 2400 bps. Esta salida se introduce en un módem. Compárense los anchos de banda de transmisión que se requieren a la salida del módem para los siguientes métodos de modulación:

- FSK, con una desviación de frecuencia de ± 2400 Hz alrededor de la portadora.
- Transmisión OOK
- PSK de ocho fases.

Solución PTC0001-06

Con independencia del multiplexor, que no afecta para nada a los resultados del problema, el módem recibe una entrada $f(t)$ de 2400 bps, y de él sale una señal $g(t)$ de acuerdo a tres técnicas diferentes de modulación.

- En el caso de la modulación FSK, tenemos una señal en banda base que, en el caso más desfavorable es una secuencia de unos y ceros, es decir una onda cuadrada, en la que aparecen V_b bps y, también en este caso, V_s baudios, ya que en banda base cada pulso lleva un único bit. El ancho de banda necesario para transmitir la señal en banda base dependerá de la forma de onda concreta que tenga la señal, y de la respuesta en frecuencia del canal. Del estudio de situaciones idealizadas (pulsos delta de Dirac, y canales paso de baja ideales) sabemos que el ancho de banda necesario para transmitir la señal en banda base es

$$B_f = \frac{V_s}{2} = \frac{V_b}{2}$$

En situaciones menos idealizadas, suele considerarse que

$$B_f = V_s = V_b$$

Por otra parte sabemos que, la modulación FSK nos da, para el caso más desfavorable (secuencias alternas de ceros y unos) que el ancho de banda necesario para transmitir la señal modulada es

$$B_{FSK} = 2 \cdot B_f + 2 \cdot \Delta f$$

Por tanto, en situaciones no ideales y para el caso más desfavorable,

$$B_{FSK} = 2 \cdot V_b + 2 \cdot \Delta f = 2 \cdot 2400 + 2 \cdot 2400 = 9600 \text{ Hz}$$

- En el caso de la modulación OOK, al ser un tipo particular de ASK, el espectro de la señal modulada tiene un ancho de banda doble que el de la señal en banda base. Por tanto, en nuestro caso,

$$B_{OOK} = 2 \cdot B_f$$

y, en situaciones no ideales y para el caso más desfavorable,

$$B_{OOK} = 2 \cdot B_f = 2 \cdot V_b = 2 \cdot 2400 = 4800 \text{ Hz}$$

- Por último, estudiemos el caso de la modulación 8PSK. Si la modulación fuese PSK, entonces el ancho de banda necesario para transmitir la señal modulada sería igual que el de una señal ASK, es decir,

$$B_{PSK} = 2 \cdot B_f$$

y, en situaciones no ideales y para el caso más desfavorable,

$$B_{PSK} = 2 \cdot B_f = 2 \cdot V_b = 2 \cdot 2400 = 4800Hz$$

Pero en la señal PSK tenemos un bit por símbolo. Al pasar a la modulación 8PSK tenemos 3 bits por forma de onda, es decir, que reducimos a la tercera parte la velocidad en baudios. Teniendo en cuenta que las necesidades de ancho de banda vienen determinadas por el número de formas de onda por segundo, tenemos que

$$B_{8PSK} = \frac{B_{PSK}}{3} = \frac{2 \cdot B_f}{3} = \frac{2 \cdot V_b}{3} = \frac{2 \cdot 2400}{3} = 1600Hz$$