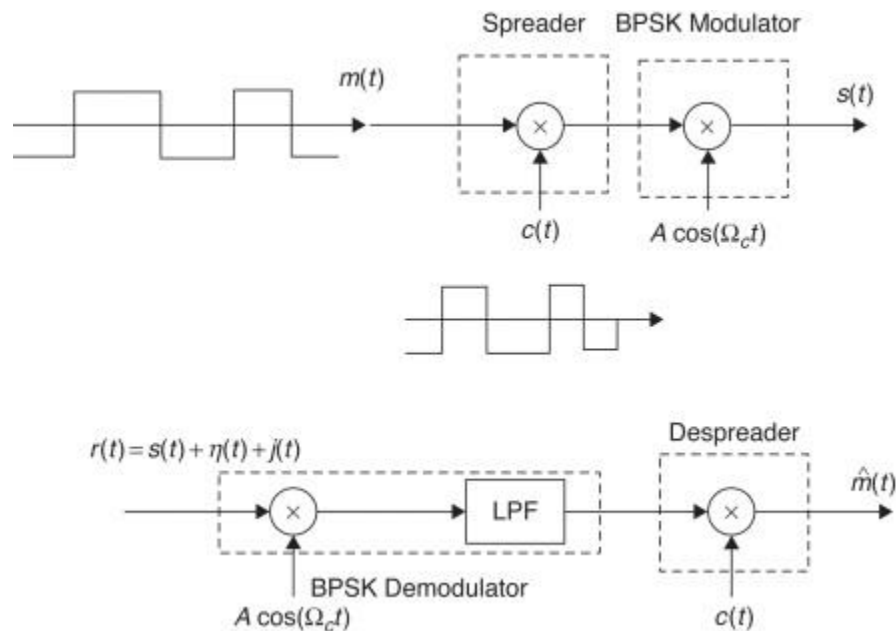


## Spread Spectrum concepts

Para realizar una demostración del *spread spectrum* en una señal digital, podemos describir el proceso de modulación y demodulación usando una señal de mensaje  $m(t)$ , una señal de *chip*  $c(t)$ , y la adición de ruido  $n(t)$  en el receptor.

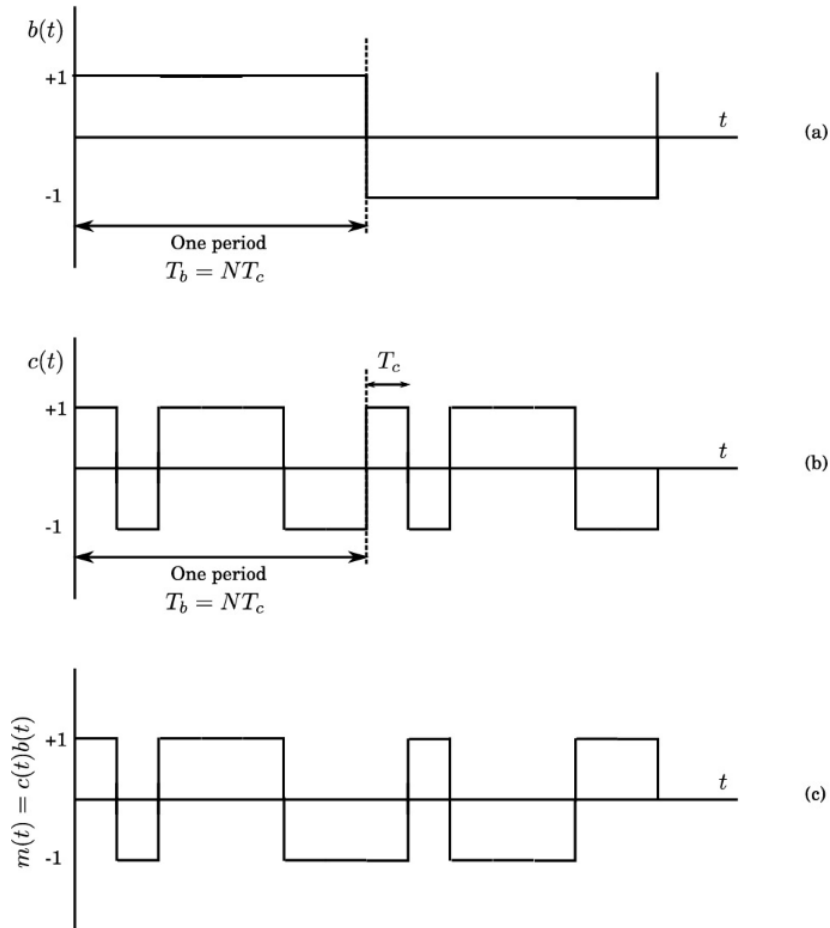


### Paso 1: Generación de la Señal Transmitida

- Mensaje Original  $m(t)$ :**  
Esta es una señal digital binaria que se quiere transmitir. Supongamos que  $m(t)$  toma valores de  $-1$  o  $+1$ , dependiendo de los bits a enviar (0 o 1, respectivamente).
- Señal de *Chip*  $c(t)$ :**  
La señal de *chip* es una secuencia de alta frecuencia utilizada para expandir la señal de mensaje. El *chip* también toma valores binarios  $-1$  o  $+1$ , y cambia mucho más rápido que la señal de mensaje, aumentando el ancho de banda de la señal transmitida. Esta señal  $c(t)$  se llama código de expansión y puede ser una secuencia pseudoaleatoria o un código ortogonal.
- Modulación de la Señal Expansiva:**  
La señal transmitida se forma multiplicando el mensaje  $m(t)$  por la señal de *chip*  $c(t)$ . Así, la señal transmitida  $s(t)$  es:

$$s(t) = m(t) \cdot c(t)$$

Este proceso de multiplicación expande el espectro de  $m(t)$ , de manera que la señal ocupará un ancho de banda mayor al original, logrando una mayor dispersión en el espectro de frecuencia.



## Paso 2: Transmisión y Adición de Ruido en el Canal

Durante la transmisión, la señal  $s(t)$  puede ser afectada por ruido en el canal, que se denota como  $n(t)$ . Por lo tanto, la señal recibida  $r(t)$  en el receptor será la suma de la señal transmitida  $s(t)$  y el ruido  $n(t)$ :

$$r(t) = s(t) + n(t) = m(t) \cdot c(t) + n(t)$$

## Paso 3: Demodulación en el Receptor

En el receptor, para recuperar el mensaje original  $m(t)$ , se necesita eliminar la expansión aplicada por la señal de *chip*  $c(t)$ . Para esto, el receptor multiplica nuevamente la señal recibida  $r(t)$  por la misma señal de *chip*  $c(t)$ :

$$\hat{m}(t) = r(t) \cdot c(t) = [m(t) \cdot c(t) + n(t)] \cdot c(t)$$

Desarrollando esta expresión:

$$\hat{m}(t) = m(t) \cdot c^2(t) + n(t) \cdot c(t)$$

Dado que  $c(t)$  es una señal binaria que toma valores  $-1$  o  $+1$ , su cuadrado es siempre 1, es decir,  $c^2(t)=1$ . Así, la expresión se simplifica a:

$$\hat{m}(t) = m(t) + n(t) \cdot c(t)$$

La señal resultante  $\hat{m}(t)$  contiene el mensaje original  $m(t)$  más un término de ruido modulado  $n(t) \cdot c(t)$ .

#### **Paso 4: Recuperación del Mensaje y Ventaja del *Spread Spectrum***

En este esquema de *spread spectrum*, el efecto del ruido  $n(t)$  sobre la señal es atenuado debido a la dispersión del espectro. Gracias a que  $n(t)n(t)n(t)$  está disperso en el ancho de banda, su efecto promedio se reduce, mejorando la relación señal/ruido del mensaje recuperado. Además, si el ruido es de banda angosta, este proceso permite eliminar buena parte del mismo, ya que se concentra en una menor parte del ancho de banda comparado con la señal de espectro expandido.

