

# Esquema no coherente de demodulación de BPSK

*F.E. Hernández, G.E. Armas*

*Universidad de Pinar del Río, Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica.*

## RESUMEN / ABSTRACT

Es bien sabido que el propósito fundamental general de la modulación DPSK (“*Differential Phase-Shift Keying*”) radica en lograr una demodulación no coherente en el marco de la modulación BPSK (“*Binary Phase-Shift Keying*”). En el siguiente trabajo se presenta una forma de demodular no coherentemente la BPSK, basada en la propia demodulación no coherente de la DPSK, lo cual podría traducirse en un cambio de enfoque a la hora de justificar la utilización de la modulación de DPSK.

Palabras claves: BPSK, DPSK, demodulación no coherente

*It is well known that the main DPSK purpose is related to the BPSK non coherent demodulation. In this work, a way of demodulating BPSK, based upon DPSK demodulation, is provided. This leads to modify the justification approach used for DPSK implementation.*

*Key words: BPSK, DPSK, non coherent demodulation*

*Non coherent BPSK demodulator*

## INTRODUCCIÓN

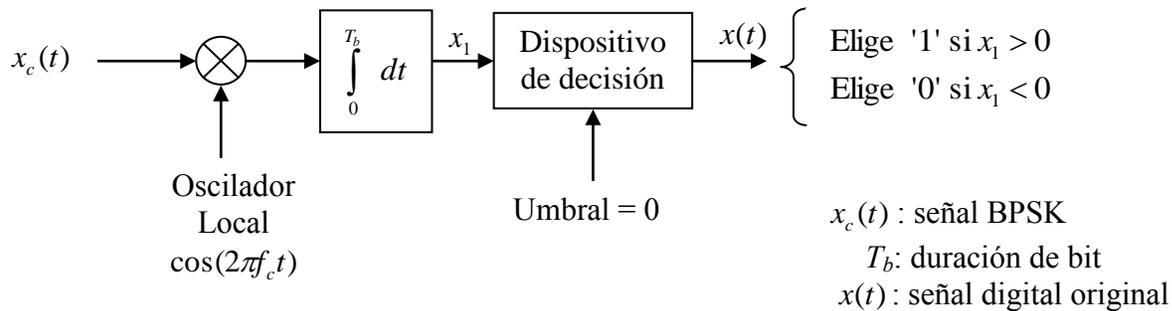
La transmisión digital pasabanda consiste en la modulación de una portadora (usualmente una señal sinusoidal) por parte de una serie de datos de entrada digitales. El proceso de modulación involucra la conmutación de la amplitud, frecuencia, o fase de la señal portadora, de acuerdo a los datos de entrada <sup>1</sup>.

Uno de los esquemas de modulación más básico es el llamado “modulación digital de fase”, PSK (“*Phase-Shift Keying*”). En la PSK la señal moduladora puede ser del tipo binaria (señal que toma dos valores discretos posibles, uno para el bit ‘0’, y otro para el bit ‘1’), en cuyo caso se conoce como BPSK (“*Binary Phase-Shift Keying*”), y del tipo multinivel. Uno de los problemas involucrados en la implementación de este tipo de modulación radica en que su demodulación debe ser del tipo coherente, con los problemas prácticos propios que esto lleva consigo (oscilador local sincronizado en frecuencia y fase con la portadora). Por esta razón, aparece como alternativa conveniente la llamada DPSK (“*Differential Phase-Shift Keying*”), que está compuesta por un modulador de BPSK al cual entra como señal moduladora el resultado de la codificación diferencial de la señal digital. El proceso de obtención de la señal digital original, a partir de la señal de DPSK, puede efectuarse de manera no coherente sin la necesidad de un oscilador local rigurosamente sincronizado en frecuencia y fase con la portadora <sup>1,2</sup>.

En el trabajo que se presenta, sin embargo, se propone un sistema que permite demodular de forma no coherente la modulación de BPSK, el cual se basa en el propio esquema de demodulación de la DPSK.

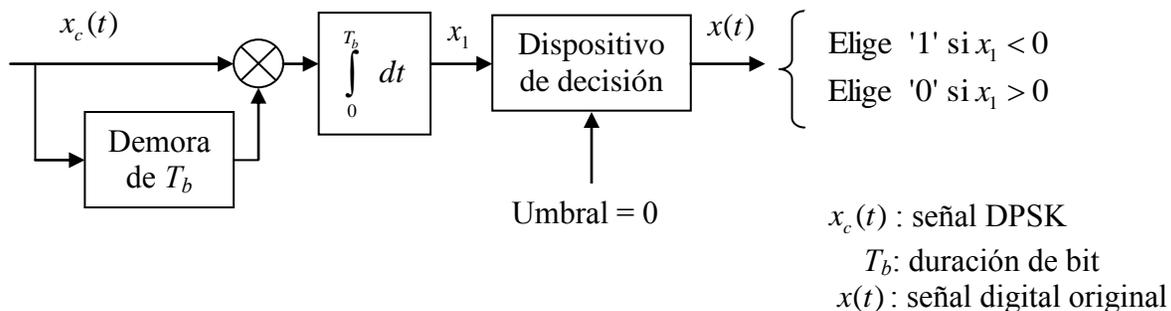
## SOBRE LA GENERACIÓN Y DEMODULACIÓN DE BPSK Y DPSK

Una de las formas más simples de la modulación digital es la BPSK<sup>3</sup>. En este caso, la fase de una señal portadora de amplitud constante se mueve entre dos valores separados 180 grados. La forma de generar y demodular este tipo de modulación se puede encontrar muy bien explicado en<sup>1,2</sup>, así como en cualquier otra literatura especializada en sistemas de comunicaciones digitales. De todas formas, cabe recalcar el hecho de que el método de demodulación a implementar es el coherente o sincrónico, tal y como se muestra en la figura 1. Vale la pena mencionar que el término “coherente” de la demodulación tiene que ver con la necesidad de generar en el demodulador una señal sinusoidal sincronizada en fase y frecuencia con la señal portadora recibida, lo cual se muestra en la figura 1 con la presencia del “Oscilador Local”.



**Figura 1.**  
**Demodulador coherente de BPSK.**

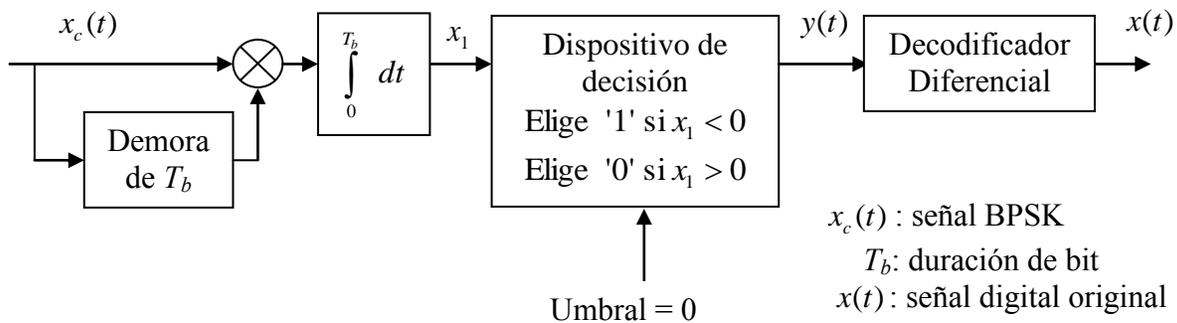
La DPSK, por su parte constituye una modulación de BPSK, cuya señal moduladora se corresponde con la codificación diferencial de los datos digitales originales. Esto, como ya se indicó, permite obtener, de la señal modulada transmitida, la señal digital original a partir de un esquema no coherente, tal y como se muestra en la figura 2. En otras palabras, para realizar la demodulación en este esquema el demodulador no necesita generar una señal sinusoidal sincronizada en fase y frecuencia con la señal portadora recibida; por tal razón resulta en una demodulación no coherente o no sincrónica.



**Figura 2.**  
**Demodulador no coherente de DPSK.**

## PROPUESTA DE SISTEMA NO COHERENTE DE DEMODULACIÓN DE BPSK

En la figura 3 se muestra el sistema propuesto, no coherente, basado en el método de demodulación no coherente propio de la DPSK.



**Figura 3.**  
**Demodulador no coherente de BPSK.**

Como se puede apreciar en la figura 3, el hecho de haber adicionado a la salida del demodulador de DPSK un decodificador diferencial, permite que este nuevo sistema permita demodular de manera directa una modulación de BPSK.

La comprobación de la efectividad de dicho sistema se puede apreciar en el esquema representado en la figura 4. En esta figura, en la primera fila, se representa una secuencia específica de bits que entra al modulador de BPSK; la segunda fila representa los valores de fase de portadora, correspondientes a dicha secuencia de bits, transmitida por el modulador (es la fase de  $x_c(t)$ , que en este ejemplo es 0 radianes o  $\pi$  radianes). La tercera fila de la figura 4 muestra los valores de señal obtenidos a la salida del integrador en la figura 3 (cuando la diferencia de fase entre el estado actual de portadora que se recibe y el estado de portadora recibido un tiempo de bit antes es 0 radianes, el producto de esas dos señales presenta una componente de DC positiva, la cual se obtiene a la salida del integrador; cuando la diferencia de fase entre el estado actual de portadora que se recibe y el estado de portadora recibido un tiempo de bit antes es  $\pi$  radianes, el producto de esas dos señales presenta una componente de DC negativa). La cuarta fila de la figura 4 se refiere a los valores correspondientes obtenidos a la salida del dispositivo de decisión de la figura 3. Resulta evidente entonces que a la salida del decodificador diferencial (el cual realiza la siguiente operación:  $x_n = y_n \oplus x_{n-1}$ ) del demodulador no coherente de BPSK (ver figura 3) se obtiene la secuencia original de bits (quinta fila de la figura 4). Lo no coherente de la demodulación de la BPSK queda claro en la figura 4 al no generarse en el demodulador una señal sinusoidal sincronizada en fase y frecuencia con la señal portadora recibida, a diferencia del método de referencia, mostrado en la figura 1.

	$T_b$ previo										
Señal digital moduladora (bits):	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0
Fase de $x_c(t)$ (en radianes):	0	0	$\pi$	0	0	0	$\pi$	0	$\pi$	$\pi$	$\pi$
$x_1$ (magnitud de señal):		+A	-A	-A	+A	+A	-A	-A	-A	+A	+A
$y(t)$ (bits):		0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
$x(t)$ (bits):	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0

**Figura 4.**  
**Caracterización de funcionamiento del demodulador no coherente de BPSK.**

## CONCLUSIONES

En el trabajo que se presenta ha quedado propuesto un esquema no coherente de demodulación de BPSK. Además de ello, se ofrece una comprobación de la efectividad de su funcionamiento.

La relevancia del trabajo radica en que a pesar de que existe una concepción generalizada acerca de la imposibilidad de implementar una demodulación no coherente para el caso de la modulación directa de BPSK, en este trabajo ese procedimiento sí fue logrado.

## REFERENCIAS

1. **HAYKIN, S.:** *Communication Systems*. Ed. John Wiley & Sons, Inc., 3<sup>rd</sup> Edition. USA 1994. (Libro)
2. **SKLAR, B.:** *Digital Communications. Fundamentals and Applications*. Ed. P T R Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA 1988. (Libro)
3. *Digital Modulation in Communications Systems. An Introduction*. Nota de Aplicación 1298, Hewlett-Packard Co. USA 1997.

## AUTORES

**Fidel Ernesto Hernández Montero**, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Asistente, Universidad de Pinar del Río, Martí 270, Pinar del Río, teléfono: 779362 y FAX: 779353, correo electrónico: fidel@tele.upr.edu.cu. Jefe de Grupo de Investigación para el Diagnóstico Avanzado de Maquinaria (GIDAM), Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica.

**Guillermo Ernesto Armas Pacheco**, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica, Especialista del Grupo de Intervención Técnica del Departamento Operaciones de la Red, Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S. A. ETECSA, Dirección Territorial Pinar del Río, Alameda 11A, Pinar del Río, teléfono: 7545853, correo electrónico: guillermo.armas@etecsa.cu.