

Modulazioni digitali o numeriche

La modulazione digitale o numerica è quella in cui il segnale modulante rappresenta un'informazione in formato binario, cioè un insieme di valori che possono essere 0 o 1. La modulazione numerica viene impiegata nei modem, nei cellulari, nella TV digitale e satellitare, nei ponti radio.

Analogamente alle modulazioni analogiche, le modulazioni numeriche possono essere suddivise in:

- modulazioni numeriche lineari, nelle quali lo spettro del segnale modulato è uguale a quello del segnale modulante ed è ottenuto traslando quest'ultimo simmetricamente alla portante, che pertanto deve essere collocata al centro della banda disponibile;
- modulazioni numeriche non lineari, nelle quali, invece, lo spettro del segnale modulato è diverso da quello del segnale modulante e dipende dal tipo di modulazione adottata.

Vi sono tre tipi fondamentali:

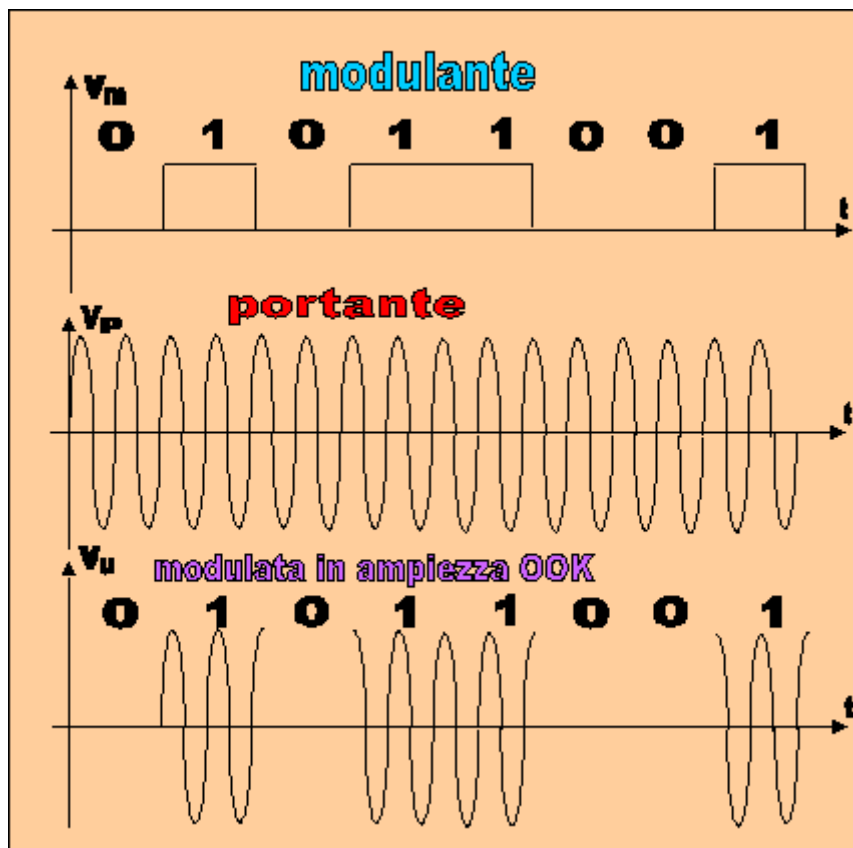
ASK (Amplitude Shift Keying) cioè modulazione a cambiamento di ampiezza;

FSK (Frequency Shift Keying) cioè modulazione a cambiamento di frequenza;

PSK (Phase Shift Keying) cioè modulazione a cambiamento di fase.

Modulazione digitale di ampiezza ASK

La modulazione digitale di ampiezza consiste in una frequenza portante molto elevata f_p che si mantiene sempre costante; la modulante è un segnale binario; quando la modulante è zero la portante non viene trasmessa; quando la modulante è 1 la portante viene trasmessa con una ampiezza costante.

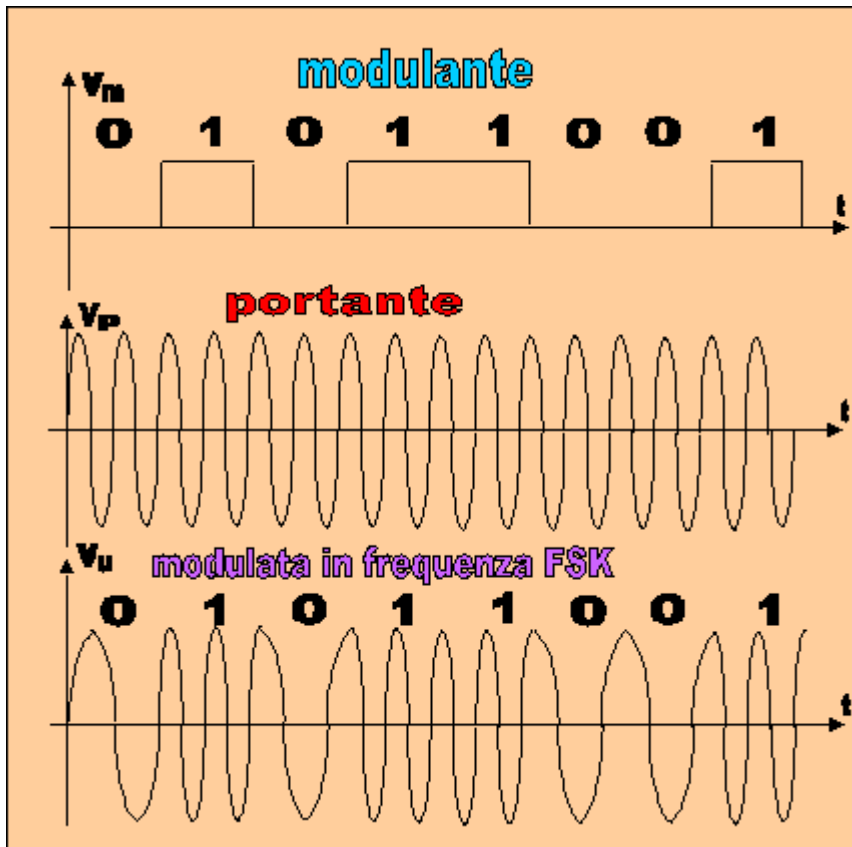


modulazione digitale di ampiezza OOK

Quindi possiamo dire che la portante o assume un valore zero oppure assume un valore costante sia in ampiezza che in frequenza. Questo tipo di modulazione digitale di ampiezza è detto **OOK** (On Off Keying).

Modulazione digitale di frequenza FSK

La modulazione digitale di frequenza consiste in una frequenza portante molto elevata f_p che varia come frequenza tra due valori prefissati, dei quali uno rappresenta lo zero binario e l'altro l'uno binario; la modulante è un segnale binario; quando la modulante è zero la portante assume un certo valore di frequenza f_1 ; quando la modulante è 1 la portante assume un altro valore di frequenza f_2 ; l'ampiezza delle due portanti è sempre costante.

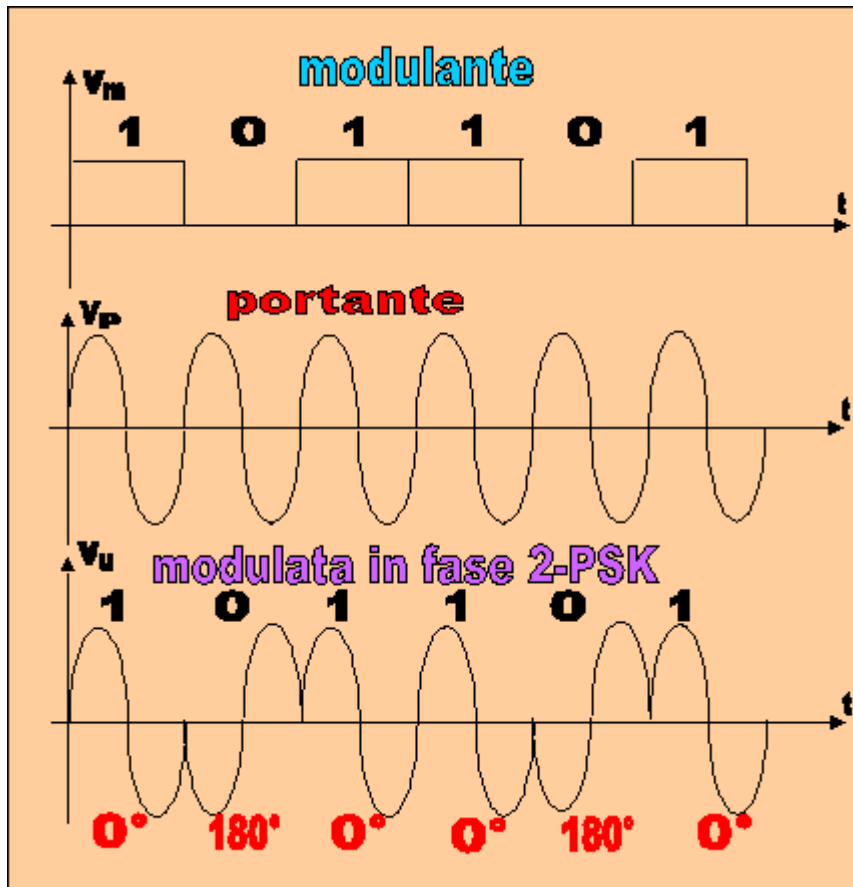


modulazione digitale di frequenza FSK

Questo tipo di modulazione è usata nei cellulari e nei ponti radio.

Modulazione digitale di fase PSK (Phase Shift Keying)

La modulazione digitale di fase consiste nel variare la fase della portante in base al valore binario assunto dalla modulante; se la modulante ha valore 1 la portante resta inalterata; se la modulante ha valore 0 la portante viene sfasata di 180° .

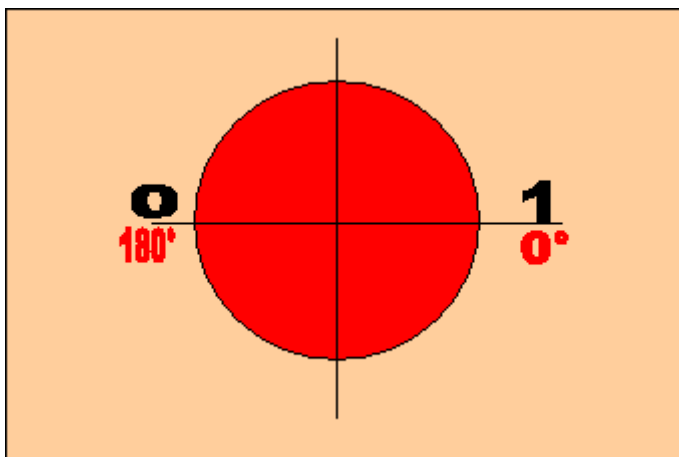


modulazione digitale di fase 2-PSK

La frequenza e l'ampiezza della portante restano inalterate, cioè si modifica solo la fase.

Vi sono diversi tre tipi fondamentali di modulazione di fase PSK a seconda del numero di parti in cui viene diviso un angolo giro di 360° ;

1 - se dividiamo l'angolo giro in due parti uguali, ciascuna di 180° abbiamo la modulazione di fase 2-PSK.

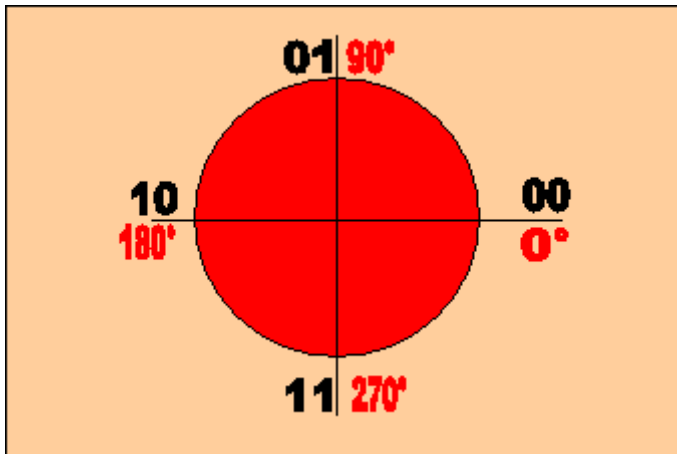


Modulazione digitale di fase 2-PSK

Vi è quindi una corrispondenza tra numero binario e sfasamento della portante:

Numero binario	Sfasamento
0	180°
1	0°

2 - se dividiamo l'angolo giro in quattro parti uguali, ciascuna di 90° abbiamo la modulazione di fase 4-PSK.

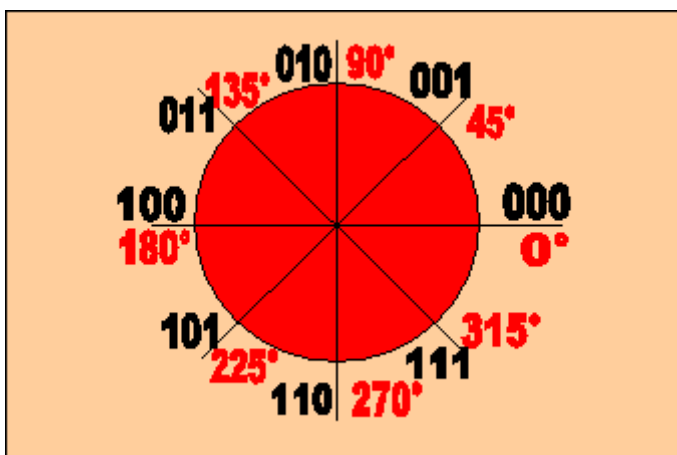


Modulazione digitale di fase 4-PSK

Vi è quindi una corrispondenza tra numero binario e sfasamento della portante:

Numero binario	Sfasamento
00	0°
01	90°
10	180°
11	270°

3 - se dividiamo l'angolo giro in otto parti uguali, ciascuna di 45° abbiamo la modulazione di fase 8-PSK.



modulazione digitale di fase 8-PSK

Vi è quindi una corrispondenza tra numero binario e sfasamento della portante:

Numero binario	Sfasamento
000	0°
001	45°
010	90°
011	135°
100	180°
101	225°
110	270°
111	315°

Codice Gray

Quando si trasmette un segnale binario vi possono essere numerosi errori nella interpretazione dello stato logico 0 e dello stato logico 1, in quanto il salto dal livello logico, da 0 a quello 1, oppure da 1 a 0, comporta la generazione di disturbi nei circuito elettronici, con conseguenti inevitabili errori. Per ridurre il numero di disturbi si usa codificare i bit da trasmettere in modo da fare in modo che il bit che cambia valore sia unico.

Esempio

Se passo dal numero binario 000 a quello 111 vi sono tre bit che cambiano valore, passando ciascuno da 0 a 1; se invece costruisco un codice del tipo:

Posizione	Numero binario del codice Gray a tre bit
1	000
2	001
3	011
4	010
5	110
6	111
7	101

Noto che nel passaggio da una posizione alla successiva cambia un solo dei tre bit che costituiscono il dato digitale. Anche passando dall'ultima posizione alla prima, cambio un solo bit. In questo modo riduco il numero di disturbi rispetto all'ordine normale. Questo tipo di codice si chiama codice Gray. Con due bit il codice Gray è il seguente:

Posizione	Numero binario del codice Gray a due bit
1	00
2	01
3	11
4	10

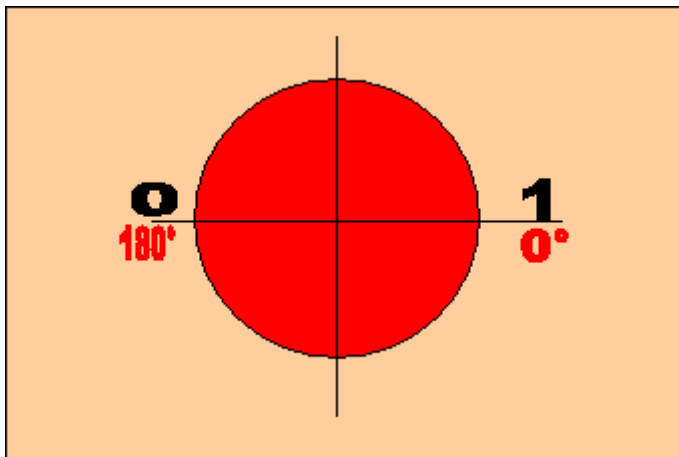
Le modulazioni di fase vanno quindi modificate in modo da ridurre il numero di errori di trasmissione.

Modulazione 2-PSK (Phase Shift Keying)

La modulazione di fase 2-PSK consiste nel dividere l'angolo di sfasamento di 360° in due parti uguali; le due fasi di solito vengono divise nel seguente modo:

sfasamento	numero binario
0°	1
180°	0

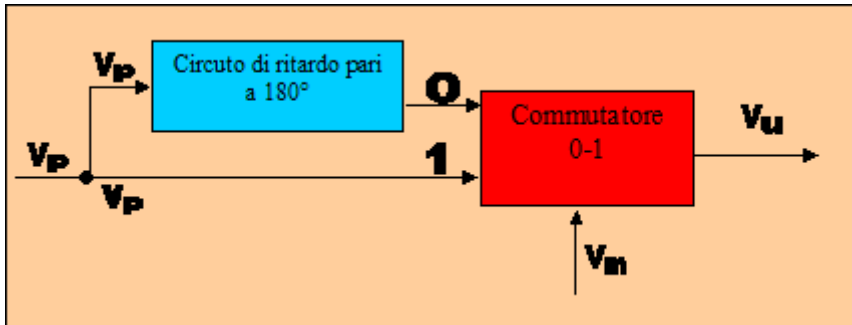
come vediamo meglio nella seguente figura:



modulazione digitale di fase 2-PSK

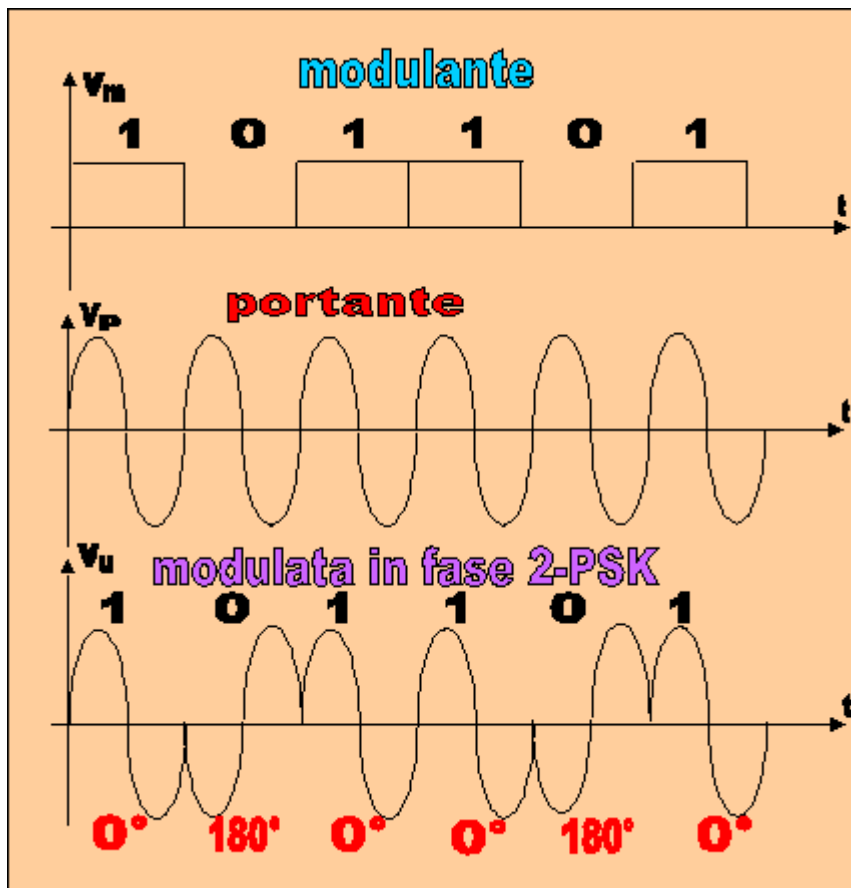
Modulatore 2-PSK

Il modulatore 2-PSK ha il compito di sommare la modulante alla portante in modo da realizzare la modulazione digitale voluta; lo schema a blocchi è il seguente:



modulatore di fase 4-PSK

La portante in fase rappresenta il valore 1 binario; la portante sfasata di 180° rappresenta il valore 0 binario; la modulante comanda un commutatore elettronico che si porta sullo zero o sull'uno in base al valore digitale della modulante; la tensione di uscita ha il seguente andamento:



modulazione digitale di fase 2-PSK