



I.T.I. "Modesto PANETTI" – B A R I

Via Re David, 186 - 70125 BARI

☎ 080-542.54.12 - Fax 080-542.64.32

Intranet <http://10.0.0.222> - Internet <http://www.itispanetti.it> - email : BATF05000C@istruzione.it

PROGETTO DI TELECOMUNICAZIONI

CLASSE: V ETA

DATA: 11/05/09

ALUNNO: MARTELLI ANTONIO

PROF: ETTORE PANELLA

MODULAZIONE DI FREQUENZA FSK CON PANNELLO DIDATTICO DELLA SAMAR

CENNI TEORICI:

Modulazioni digitali

Sono denominate modulazioni digitali quelle che utilizzano una portante sinusoidale mentre l'informazione da trasmettere è digitale. Come per le modulazioni analogiche, anche per quelle digitali si hanno tre tecniche di modulazione: ampiezza, frequenza e fase.

Modulazione di ampiezza ASK

La modulazione di ampiezza ASK consiste nell'associare ai bit 0 e 1 due valori distinti di ampiezze della portante. In particolare se si associa al livello alto la presenza della portante e a quello basso il segnale nullo, la modulazione è detta OOK. La modulazione ASK presenta diversi inconvenienti legati prevalentemente al basso rapporto segnale/rumore che si riesce ad ottenere e pertanto è poco utilizzata nella pratica. In fig. 1 si mostrano i tipici diagrammi di tempificazione per una modulazione ASK di tipo OOK:

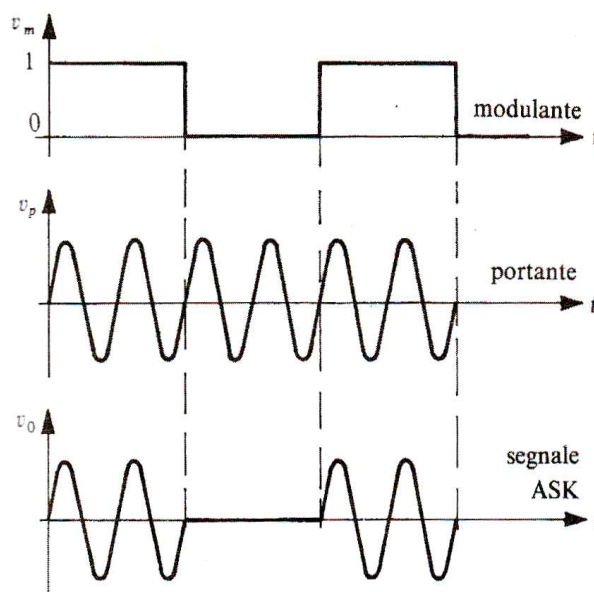


Fig. 1 – Diagrammi di tempificazione per la modulazione ASK di tipo OOK

Modulazione di frequenza FSK

La modulazione di frequenza FSK consiste nell'associare ai bit 0 e 1 due valori distinti di frequenze simmetrici rispetto al valore della frequenza portante. Così facendo il segnale portante subirà una variazione di frequenza, denominata deviazione di frequenza, a seconda dello stato logico 0 o 1 assunto dal segnale modulante come mostrato nei diagrammi di tempificazione di fig. 2:

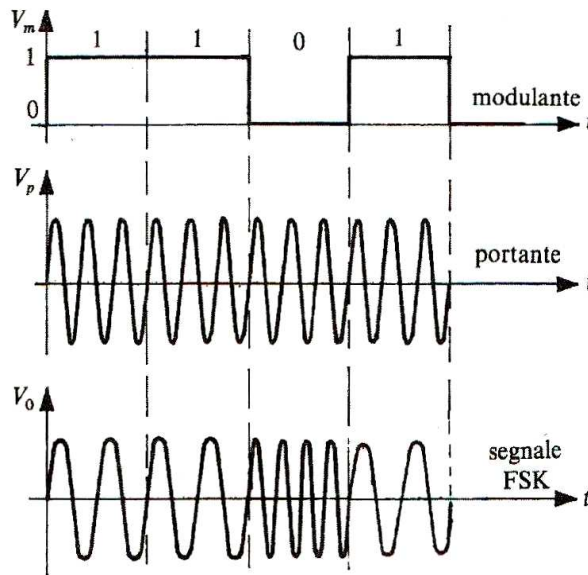


Fig. 2 – Diagrammi di tempificazione per la modulazione FSK

Solitamente si ha:

$$\text{Bit 0: } f_0 = f_p + \Delta f$$

$$\text{Bit 1: } f_1 = f_p - \Delta f$$

dove:

f_0 è la frequenza assunta in corrispondenza del bit 0;

f_1 è la frequenza assunta in corrispondenza del bit 1;

f_p è la frequenza della portante;

Δf è la deviazione di frequenza.

Nella modulazione FSK può accadere che nel passaggio da f_0 a f_1 vi sia una variazione di fase che potrebbe portare ad una errata codifica in ricezione e ad una modifica dello spettro di frequenza del segnale modulato con conseguente aumento della larghezza di banda; quindi per poter ottenere una buona modulazione è importante che il passaggio da uno stato all'altro avvenga con continuità di fase. Per eliminare questi inconvenienti si sceglie una deviazione di frequenza pari a:

$$\Delta f = \frac{1}{4 \cdot T_{\text{bit}}}$$

tale da produrre degli sfasamenti costanti durante le transizioni dei bit. Così facendo si ottiene una modulazione di frequenza denominata MSK. Una variante della modulazione MSK è la GMSK che, oltre ad avere una deviazione di frequenza pari a quella della MSK, presenta un indice di modulazione $m=0.5$.

Modulazione di fase PSK

La modulazione di fase PSK consiste nell'associare ai bit 0 e 1 due valori distinti di fase della portante. Così facendo il segnale portante subirà una variazione di fase a seconda dello stato logico 0 o 1 assunto dal segnale modulante come mostrato nei diagrammi di tempificazione di fig. 3:

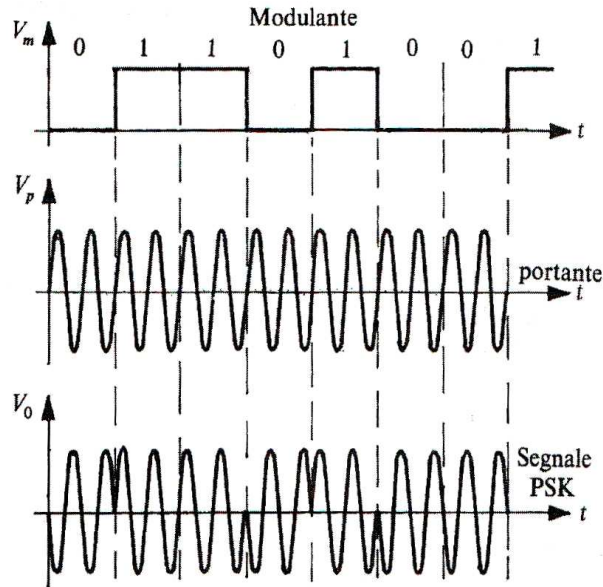


Fig. 3 – Diagrammi di tempificazione per la modulazione PSK

Solitamente si ha:

Bit 0: $\varphi=180^\circ$ (fase invertita)

Bit 1: $\varphi=0^\circ$ (fase inalterata)

La modulazione PSK presenta l'inconveniente di essere sensibile ai disturbi che spesso inducono modificazioni indesiderate di fase con conseguenti errori in ricezione. Per eliminare tali inconvenienti si impiega la modulazione di fase DPSK dove il segnale binario da trasmettere viene trasformato in forma differenziale ottenuta complementando lo stato logico del segnale modulante se compare 1 e lasciandolo nello stato precedente se compare 0; il segnale differenziale così ottenuto andrà a modulare la portante in modo che ad ogni variazione di bit corrisponda un'inversione di fase.

Esistono inoltre diversi tipi di modulazioni PSK: 2PSK, 4PSK, 8PSK. In particolare:

2PSK: consiste nel generare 2 diversi valori di sfasamento ad ognuno dei quali si associa un bit;

4PSK: consiste nel generare 4 diversi valori di sfasamento ad ognuno dei quali si associa un gruppo di due bit, denominato dibit;

8PSK: consiste nel generare 8 diversi valori di sfasamento ad ognuno dei quali si associa un gruppo di tre bit, denominato tribit.

2PSK	
Bit	Cambiamento di fase
0	180°
1	0°

4PSK		
Dibit	Cambiamento di fase	
	Modulazione di tipo A	Modulazione di tipo B
00	0°	45°
01	90°	135°
11	180°	225°
10	270°	315°

8PSK	
Tribit	Cambiamento di fase
000	45°
010	90°
011	135°
111	180°
110	225°
100	270°
101	315°
001	360°

Modulazione QAM

La modulazione QAM utilizza contemporaneamente sia la modulazione di ampiezza che la modulazione di fase. Nella modulazione a 16 stati, detta 16QAM, vengono impacchettati 4 bit (quadribit) di cui uno determina l'ampiezza e gli altri tre determinano la fase. Inoltre nella modulazione 16QAM vengono individuati 16 punti nel diagramma vettoriale noto con il termine di costellazione. Nella modulazione a 64 stati, detta 64QAM, vengono impacchettati 6 bit e si individua una costellazione di 64 punti. A causa della maggiore vicinanza dei punti del diagramma, questa modulazione è più sensibile ai disturbi rispetto alla precedente modulazione 16QAM e per questo motivo, per effettuare la correzione automatica degli errori, si utilizza un particolare codice denominato "Codice Trellis". Così facendo si genera un settimo bit ridondante a partire dai sei bit che danno origine alla modulazione, determinando una costellazione più complessa a 128 stati.

PANNELLO DIDATTICO SAMAR B4340

Per studiare il funzionamento della modulazione di frequenza FSK si descrive l'uso del pannello didattico Samar B4340 mostrato in figura 4:

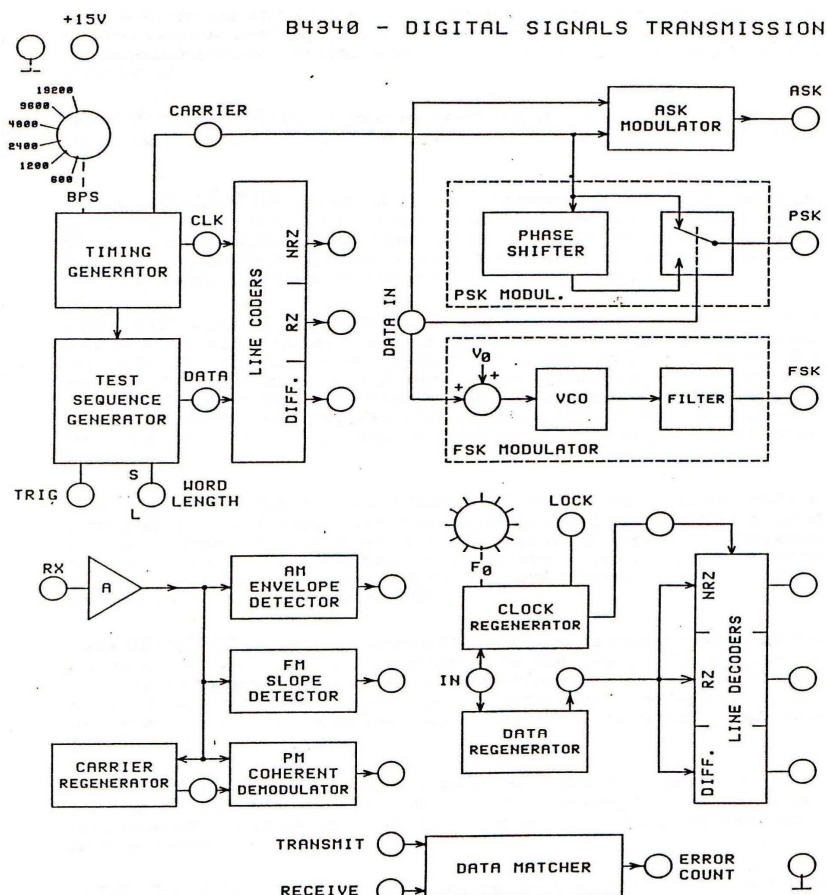


Fig. 4 – Pannello Samar B4340

Esso è costituito da diversi blocchi:

TIMING GENERATOR: Questo blocco consiste in un oscillatore master, controllato al quarzo, che lavora a una frequenza di circa 2 MHz con velocità comprese tra 600 e 19200 bps.

TEST SEQUENCE GENERATOR: Questo blocco è guidato dal precedente (TIMING GENERATOR) e consiste in una EPROM in cui sono memorizzate due sequenze di dati. Le due sequenze sono selezionabili tramite un commutatore a levetta: il più piccolo è lungo 15 bit mentre il più lungo è 255 bit.

LINE CODERS: Questo blocco rileva come input il segnale di clock ed il flusso di dati in formato TTL e costruisce di conseguenza i segnali che devono essere inviati in tre diversi codici di linea; rispettivamente: codice NRZ (non ritorno a zero), codice RZ (ritorno a zero), codice DIFF (differenziale). Nella codifica NRZ il bit 1 è rappresentato da un bit a livello alto TTL e il bit 0 è rappresentato da un bit a livello basso TTL. Nella codifica RZ il bit 1 è rappresentato da una forma d'onda che resta a livello alto per un tempo di circa mezzo bit e a un livello basso per il tempo restante; invece il bit 0 è rappresentato da un bit a livello basso TTL. Nella codifica DIFF se viene trasmesso il bit 0 il trasmettitore cambia il livello del segnale dal suo valore attuale ad alti valori; invece se viene trasmesso il bit 1 il trasmettitore non esegue alcun cambiamento.

ASK MODULATOR: Questo blocco è costituito da due ingressi, uno per la portante, l'altro per il segnale digitale di ingresso TX (segnale modulante).

PSK MODULATOR: Questo blocco riceve il segnale portante generato dal timing generator su un ingresso e costruisce un segnale sfasato di 180°. Così facendo, la vera portante è inviata quando il valore del bit è 0 mentre la portante sfasata è inviata quando il valore del bit è 1.

FSK MODULATOR: Questo blocco consiste in un oscillatore a tensione controllata (VCO). Esso è seguito da un filtro che serve a limitare la larghezza di banda del segnale risultante FSK per una buona ricezione da parte del ricevitore.

RX AMPLIFIER: Questo blocco consiste in un amplificatore che tratta i segnali ricevuti dal sistema di trasmissione inviandoli ai tre circuiti in parallelo. Inoltre l'amplificatore RX dei sistemi ASK è spesso fornito di un controllo di guadagno automatico per contrastare gli effetti di attenuazione, mentre nei sistemi FSK e PSK questa caratteristica non è generalmente prevista.

AM DETECTOR: Questo blocco consiste in un detector AM ad involuppo. La prestazione del ricevitore è determinata principalmente dalla costante di tipo RC del filtro successivo. In particolare quando la frequenza della portante è ben comparata alla frequenza del segnale modulato la prestazione del ricevitore è da considerarsi buona, invece quando questa condizione non è soddisfatta la prestazione del ricevitore peggiora rapidamente.

FSK DETECTOR: Questo blocco consiste in un apparecchio che converte le variazioni di frequenza in variazioni di ampiezza e il segnale risultante sarà quindi demodolato come se fosse AM.

PSK DETECTOR: Questo blocco consiste in un ricevitore di tipo coerente che, per fornire la portante demodolata, richiede la rigenerazione della stessa (tramite un circuito PLL).

CLOCK REGENERATOR: Questo blocco consiste in un sistema PLL la cui frequenza di funzionamento può essere regolata in una vasta gamma tramite una manopola (denominata F_0).

DATA REGENERATOR: Questo blocco consiste in un "modellatore" per gli impulsi trattati dai demodulatori. Include un circuito soglia che decide se un valore di bit è alto o basso e un campionatore che consente di decidere in corrispondenza del centro dell'intervallo di bit in ricezione.

LINE DECODERS: Questo blocco compie la funzione complementare del codificatore di linea del trasmettitore rimemorizzando così la caratteristica originale TTL/NRZ del dato originale. Si ricorda che i codificatori di linea includono porte, flip-flop o altri circuiti logici che possono introdurre un ritardo del segnale di uscita rispetto all'originale trasmesso e questo può rendere difficile la lettura visiva all'oscilloscopio del segnale ricevuto.

DATA MATCHER: Questo blocco consiste in un circuito OR ESCLUSIVO e un campionatore. Gli ingressi di EX-OR sono rispettivamente i segnali trasmessi e ricevuti; l'uscita di EX-OR sarà attiva ogni volta che si verifica un mal assortimento tra i due e in questo caso il campionatore produce all'uscita error count un impulso per ogni bit non buono.

Il pannello in questione racchiude quindi in un singolo modulo tutti i blocchi del circuito che permettono di realizzare semplici sistemi di trasmissione attraverso le tecniche ASK, FSK e PSK. Tutto il pannello è alimentato con un'alimentazione di +15V e si consiglia l'uso dell'alimentatore B4190.

Nel nostro caso si è verificato il funzionamento della modulazione di frequenza FSK. Per prima cosa si alimenta il pannello con una tensione di +15V; fatto questo si collegano elettricamente i vari terminali del pannello, e quindi anche le sonde dell'oscilloscopio, come in figura 5:

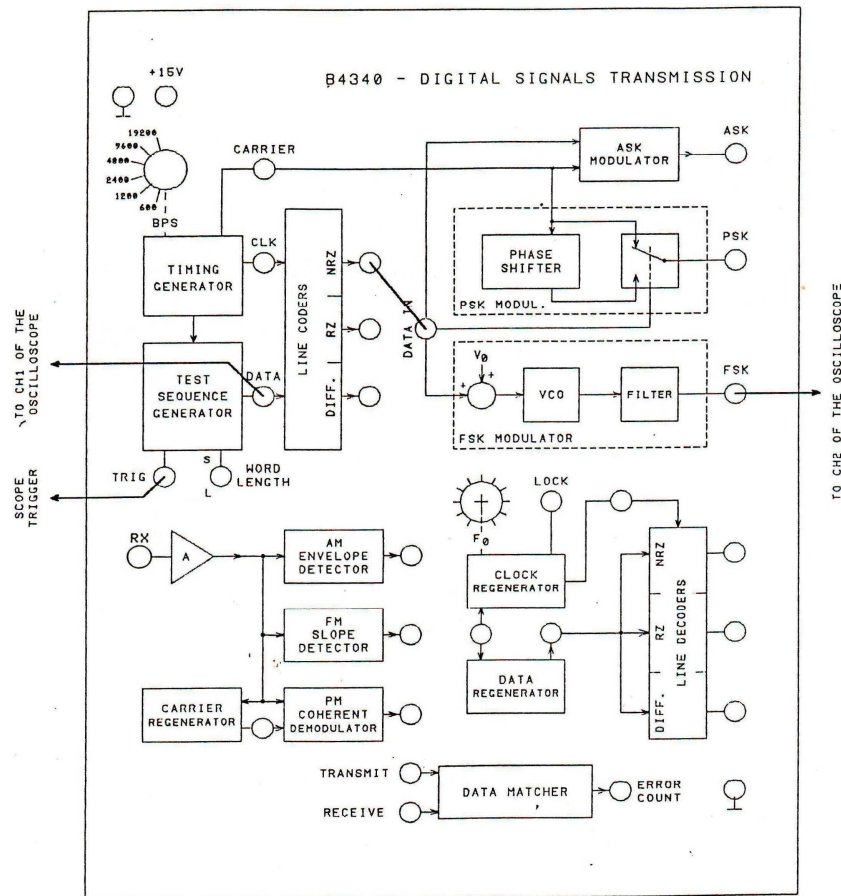


Fig. 5 – Collegamento elettrico dei terminali per il trasmettitore FSK

Sull'oscilloscopio è stato quindi visualizzato sul canale 1 (CH1) il segnale digitale che rappresenta il nostro segnale modulante (in codice NRZ), invece sul canale 2 (CH2) è stato visualizzato il segnale modulato in frequenza ottenendo così la forma d'onda mostrata in figura 6:

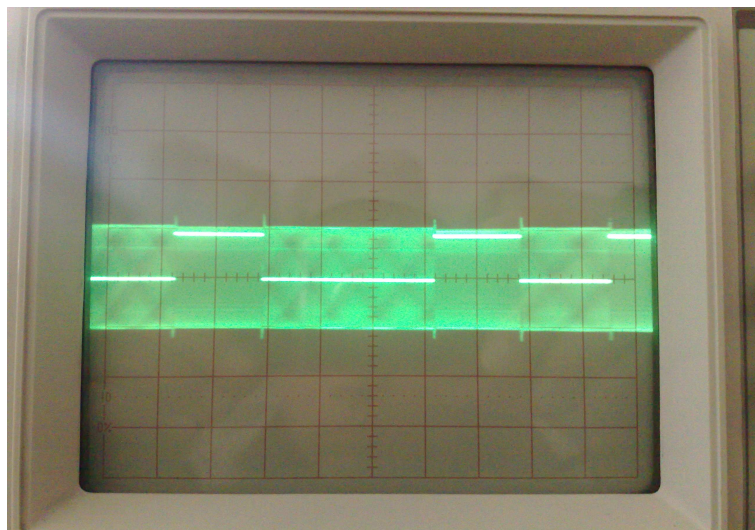


Fig. 6 – Segnale apparso sull'oscilloscopio in fase di trasmissione

Dopo aver fatto questo, attraverso degli opportuni collegamenti (Fig. 7), si invia il segnale modulato in frequenza ai blocchi relativi al ricevitore in modo da ricostruire il segnale trasmesso:

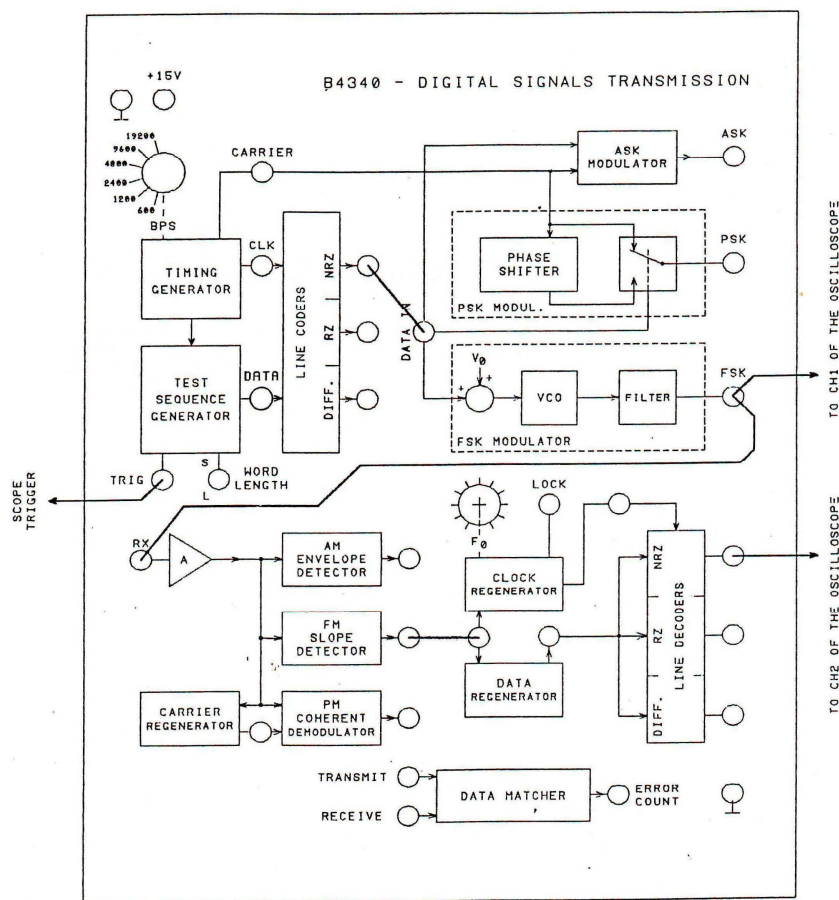


Fig. 7 – Collegamento elettrico dei terminali per il trasmettitore e il ricevitore FSK

Sull'oscilloscopio è stato quindi visualizzato sul canale 1 (CH1) il segnale modulato in frequenza, invece sul canale 2 (CH2) è stato visualizzato la ricostruzione del nostro segnale modulante ottenendo così la forma d'onda mostrata in figura 8:

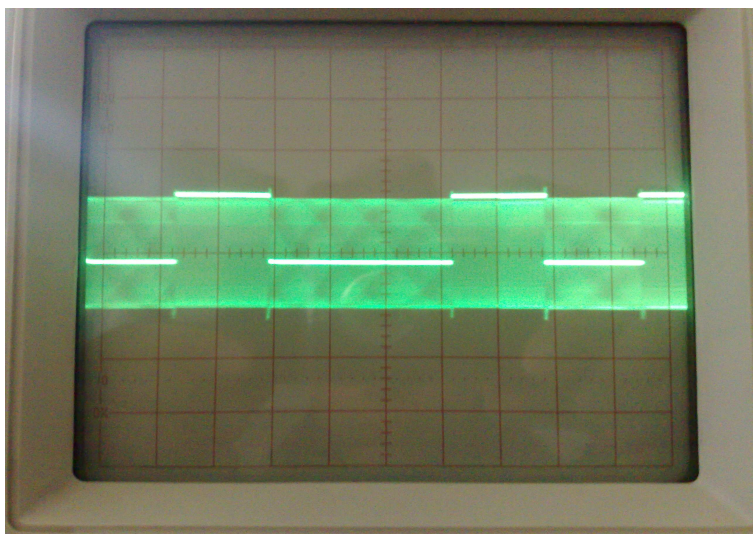


Fig. 8 – Segnale apparso sull'oscilloscopio in fase di ricezione

PROGETTO DI UN TRASMETTITORE FSK CON TIMER 555

In aggiunta a questa esercitazione è stato realizzato, attraverso il software di simulazione PSpice, un trasmettitore che realizza la modulazione FSK. Lo schema elettrico di questo circuito è mostrato in figura 9:

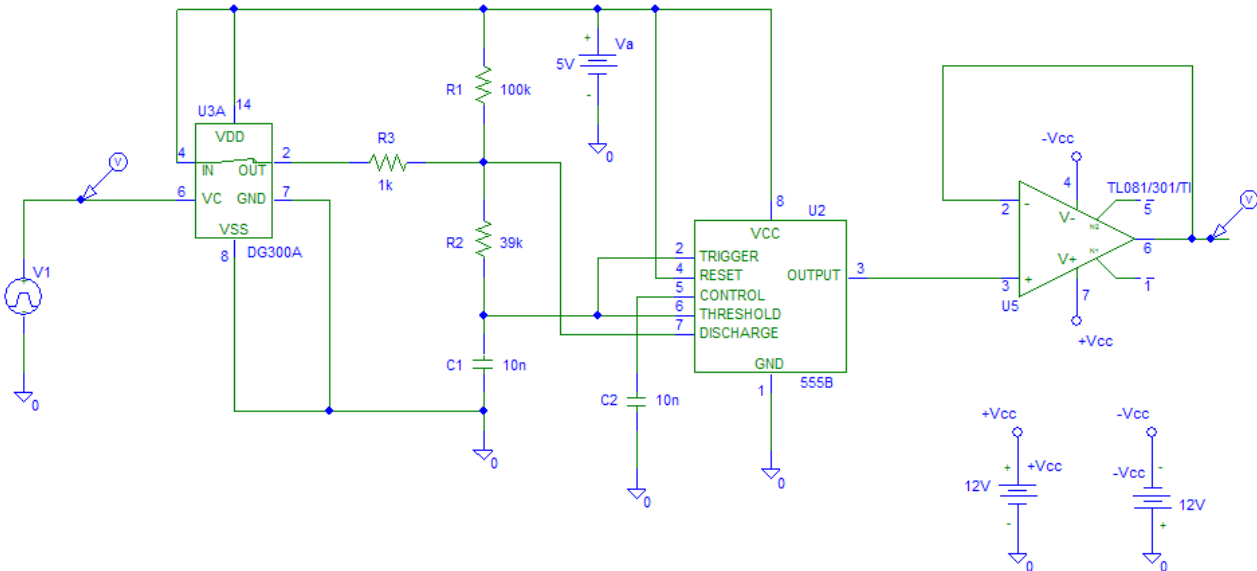


Fig. 9 – Trasmettitore FSK (Schema elettrico)

Il circuito può essere suddiviso in quattro blocchi fondamentali:

1 GENERATORE DI ONDE QUADRE V1

2 INTERRUPTORE DG300A

4 TIMER 555

5 INSEGUITORE DI TENSIONE (BUFFER NON INVERTENTE)

Il generatore di onde quadre fornisce in uscita un segnale ad onda quadra unipolare V1 con ampiezza compresa tra 0V÷+5V.

L'interruttore DG300A si aprirà e si chiuderà a seconda dello stato logico assunto dal generatore V1 modificando quindi il valore delle resistenze.

Il timer 555 fornisce in uscita un treno di onde generando quindi due impulsi, uno a livello alto (T_H) e l'altro a livello basso (T_L).

In particolare se l'interruttore è aperto si ha:

$$T_H = 0.7 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C$$

$$T_L = 0.7 \cdot R_2 \cdot C$$

Invece se l'interruttore è chiuso si ha:

$$T_H = 0.7 \cdot (R_1 // R_3 + R_2) \cdot C$$

$$T_L = 0.7 \cdot R_2 \cdot C$$

L'inseguitore di tensione, costituito da un amplificatore operazionale in configurazione buffer e realizzato con l'integrato TL081, riporta in uscita il segnale proveniente dal timer 555 e svolge la funzione di disaccoppiare il circuito trasmettitore (cioè l'uscita del timer 555) da un eventuale circuito ricevitore.

Il funzionamento del circuito è il seguente:

- Per $V1=0V$ il DG300A è aperto e quindi la resistenza R_3 risulta collegata a massa. Così facendo la frequenza di oscillazione del timer 555 dipende da R_1 , R_2 e C secondo la formula:

$$f_0 = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C}$$

- Per $V1=+5V$ il DG300A è chiuso e quindi la resistenza R_3 risulta collegata in parallelo con R_1 . Così facendo la frequenza di oscillazione del timer 555 dipende da $R_1//R_3$, R_2 e C secondo la formula:

$$f_1 = \frac{1.44}{(R_1//R_3 + 2R_2)C}$$

Effettuando la simulazione attraverso PSpice otteniamo le forma d'onda riportate in figura 10:

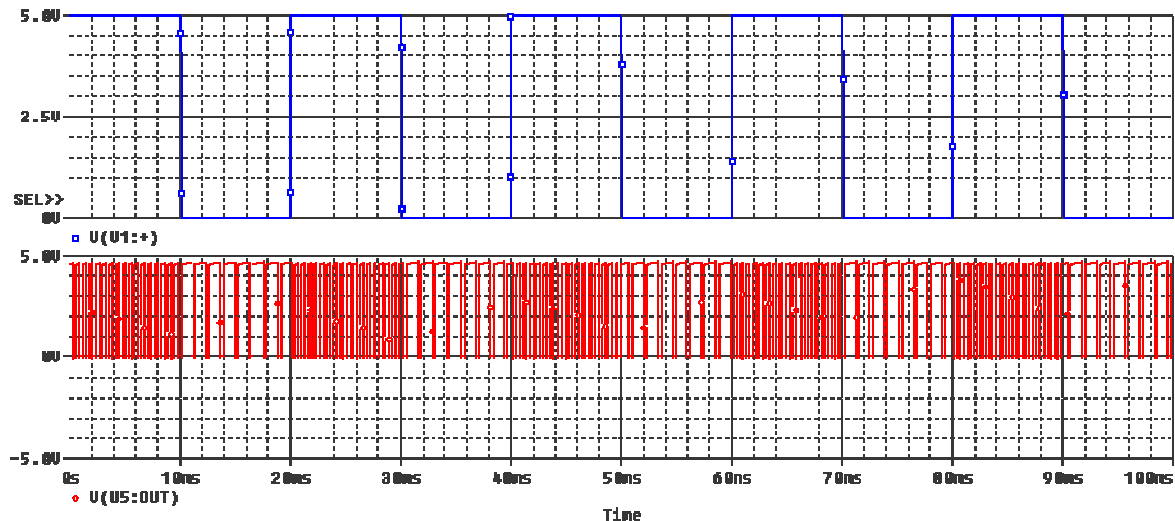


Fig. 10 – Forma d'onda del segnale modulante e del segnale modulato in frequenza FSK

CONCLUSIONI: Come si è potuto vedere, l'esperienza è stata articolata in due parti: una relativa al funzionamento della modulazione di frequenza FSK tramite il pannello Samar B4340, l'altra relativa alla realizzazione di un trasmettitore FSK attraverso il software di simulazione PSpice. In entrambi i casi la prova è riuscita correttamente e in particolare grazie al pannello Samar si è potuto non solo modulare in frequenza un segnale modulante di tipo digitale ma anche a ricostruirlo, mentre per quanto riguarda la seconda parte possiamo ritenerci soddisfatti del trasmettitore progettato in quanto lavora correttamente ma in questo caso il segnale modulato resta ancora di tipo digitale. Tutto questo lo possiamo evincere dai segnali apparsi sull'oscilloscopio e dalle forme d'onda simulate con il software PSpice. Infatti in entrambi i casi si nota chiaramente che quando il segnale modulante assume valore 0, il segnale modulato ha una frequenza inferiore rispetto a quando il segnale modulante assume valore 1 che porta ad un aumento della frequenza del segnale modulato.