



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://11.0.0.222> - Internet <http://www.itispanetti.it>

email : BATF05000C@istruzione.it

Analisi sperimentale di un modulatore e di un demodulatore AM. Classe 5ETB Elettronica e Telecomunicazioni

Docente: Prof. Ettore Panella

Introduzione:

Si vuole analizzare sperimentalmente e in simulazione con il computer un semplice sistema di modulazione e demodulazione AM. Come modulatore AM si utilizzerà un **modulatore a transistor con modulazione ad emettitore**. Per la demodulazione è usato il noto **rilevatore a diodo**.

Descrizione del modulatore:

In figura 1 si riporta lo schema elettrico del modulatore.

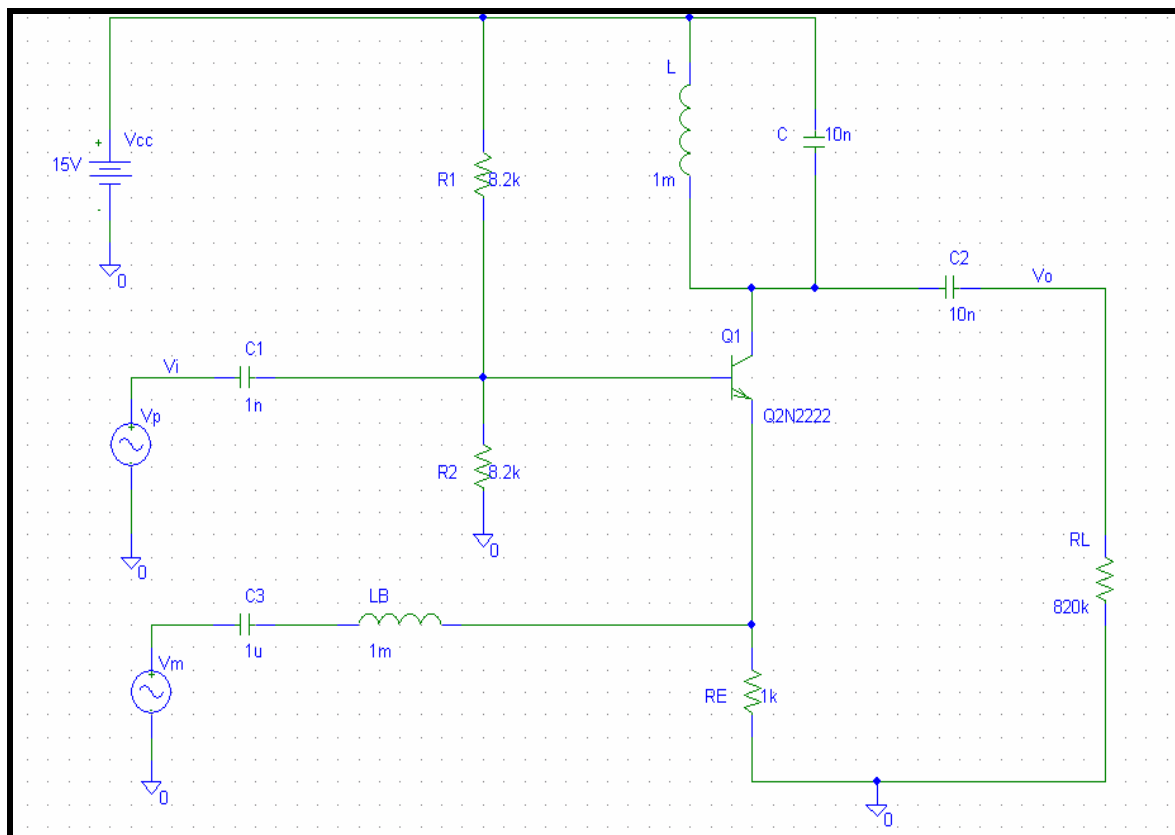


Figura 1 modulatore AM.

Il circuito è un amplificatore selettivo a transistor con frequenza di risonanza:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Il segnale portante $v_p(t)$ è inviato sulla base del transistor e deve avere una frequenza pari a quella di risonanza $f_p = f_0$ in modo che l'amplificatore sia accordato sulla portante. Il segnale $v_m(t)$ è inviato nell'emettitore del transistor. Sulla resistenza di carico R_L si preleva il risultato della modulazione. Le resistenze R_1, R_2, R_{E2} servono per polarizzare il transistor in particolare essendo $R_1=R_2=8,2 \text{ K}\Omega$ la tensione di base in continua.

$$V_{B0} \cong \frac{V_{CC}}{2} = 6V$$

La resistenza R_E determina la corrente in continua sul circuito d'uscita

$$I_{E0} \cong I_{C0} \cong \frac{V_{B0} - V_{BE0}}{R_E} = 5.4\text{mA}$$

In realtà $I_{E0} = I_{C0} + I_{B0}$

La frequenza di risonanza vale:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 50\text{KHz}$$

I condensatori di accoppiamento C_1 e C_2 bloccano la componente continua e sono scelti in modo da presentare una bassa reattanza alla frequenza della portante.

Il condensatore C_3 ha il compito di bloccare la componente continua e presentare una bassa reattanza alla frequenza della modulante e un alto valore alla frequenza della portante in modo di impedire che la componente di alta frequenza vada ad interessare il generatore della modulante. L'induttanza di blocco L_B è dimensionata in modo tale da costituire un basso valore di reattanza per la modulante e un blocco per la portante.

In assenza di modulante in uscita è presente solo un segnale sinusoidale di ampiezza costante alla frequenza della portante.

Quando è presente il segnale modulante la tensione d'emettitore, in bassa frequenza, varia il punto di lavoro del transistor e di conseguenza varia l'amplificazione. In uscita sarà disponibile il segnale modulato A_M .

Simulazione al computer del modulatore

Il circuito modulatore è stato simulato in ambiente Electronic WorkBench e PSpice.

I valori della frequenza di risonanza e quelli del segnale modulate sono stati scelti in modo tale da ottenere dei buoni grafici nella visualizzazione dei segnali. Ovviamente in un realizzazione pratica reale $f_p \gg f_m$.

In figura 2 si mostra lo schema montato su EWB.

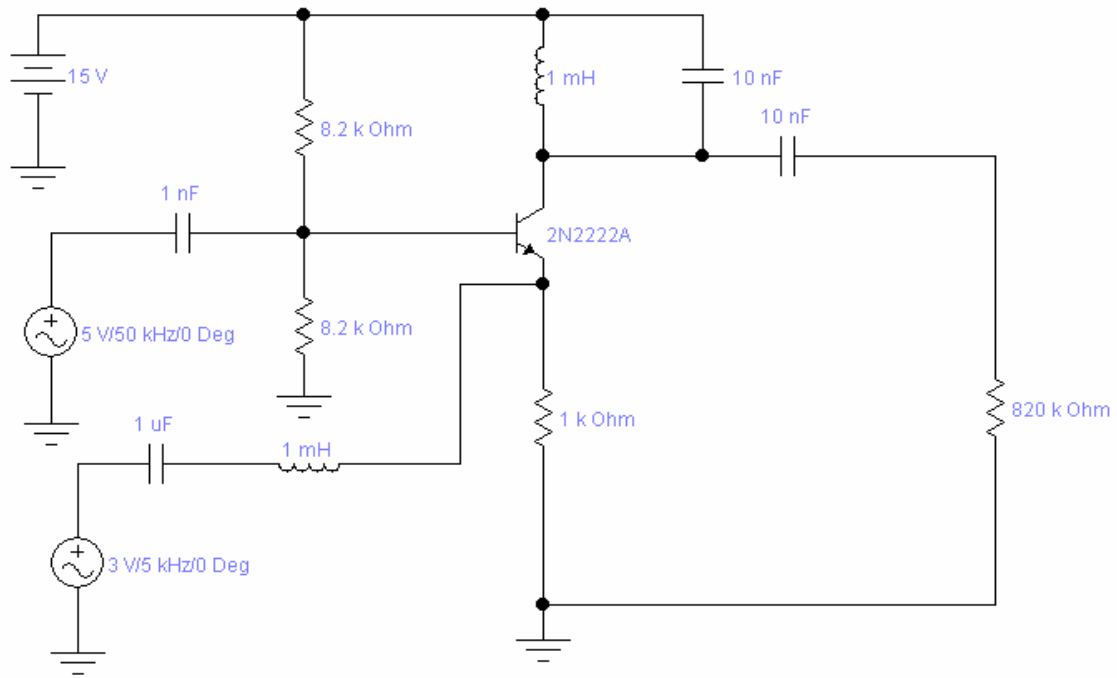


fig. 2 Modulatore AM

In figura 3 si riporta lo schema elettrico del modulatore senza modulante.

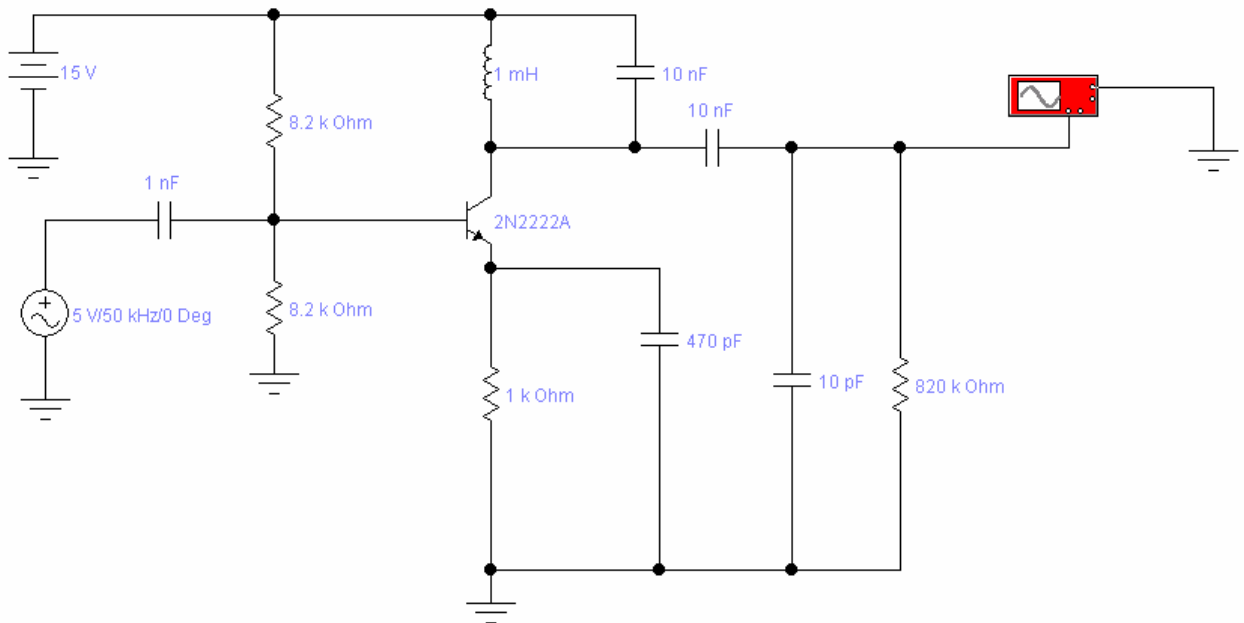


fig. 3

In figura 4 si riporta il risultato della simulazione con la presenza della sola portante nell'ambiente EWB.

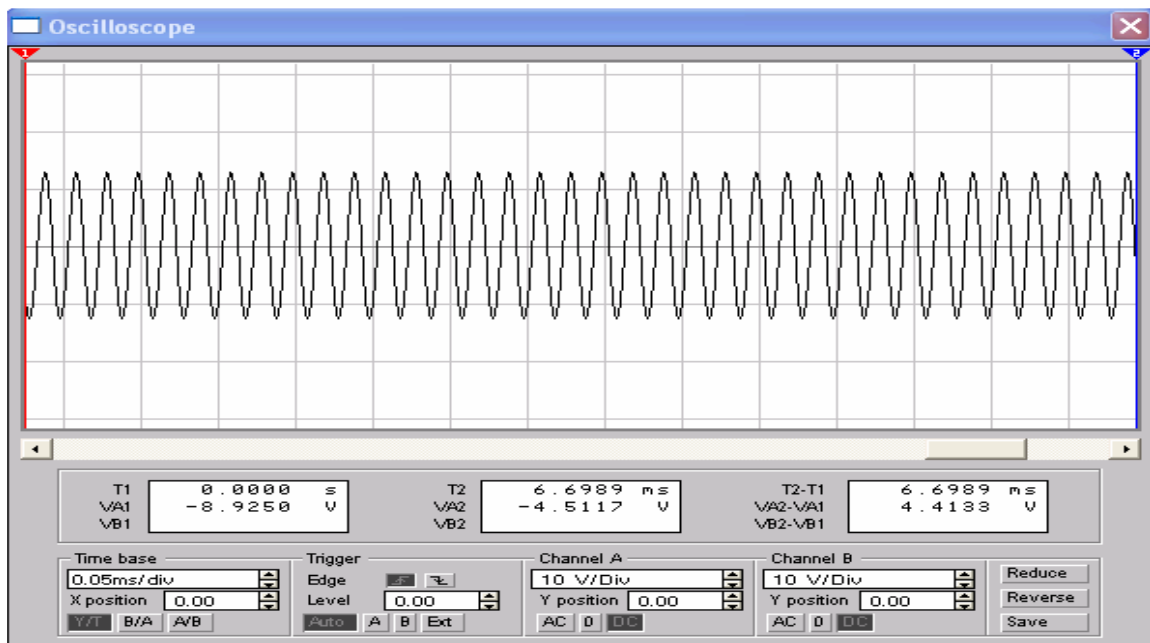


fig. 4

In figura 5 si riporta lo schema elettrico del modulatore e visualizzazione della sola modulante.

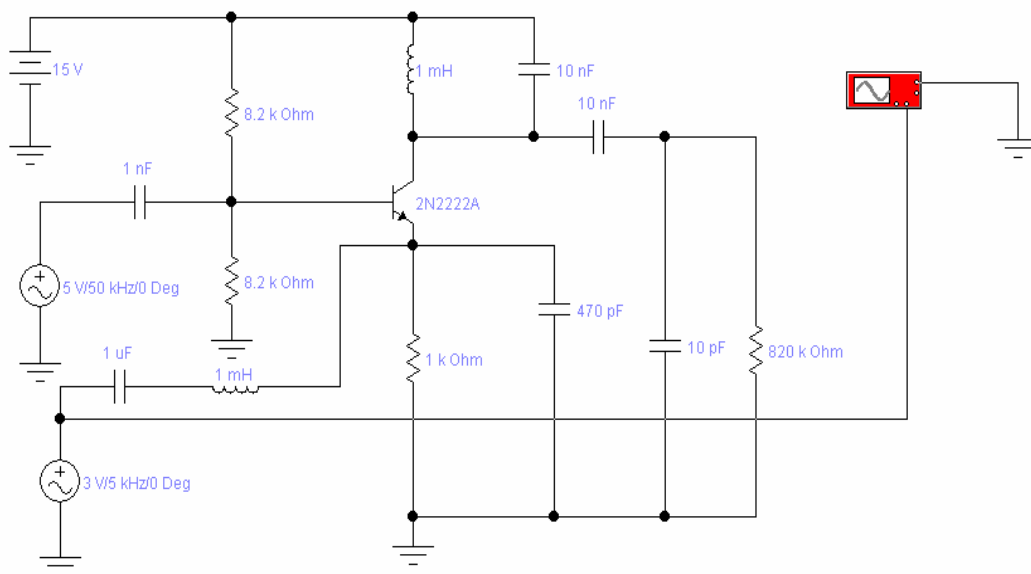


Fig. 5

Il risultato della simulazione è mostrato in Fig. 6.

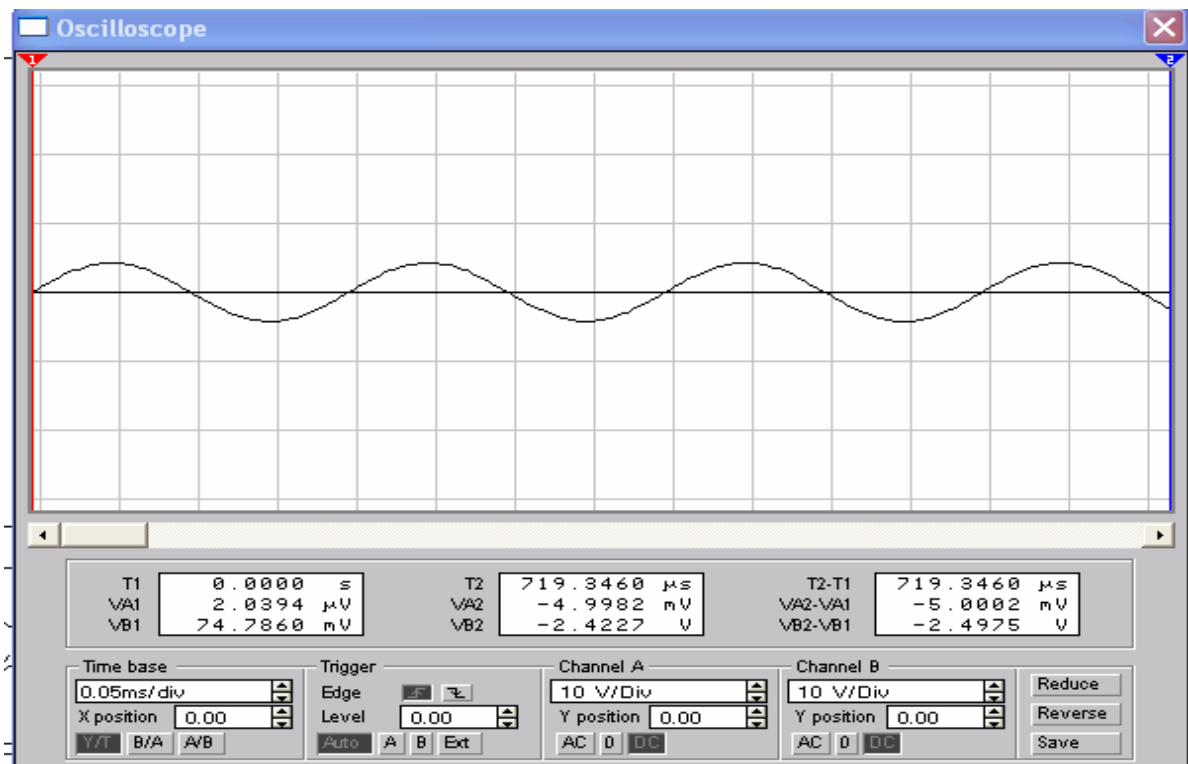


Fig. 6

In figura 7 si riporta la simulazione del circuito completo.

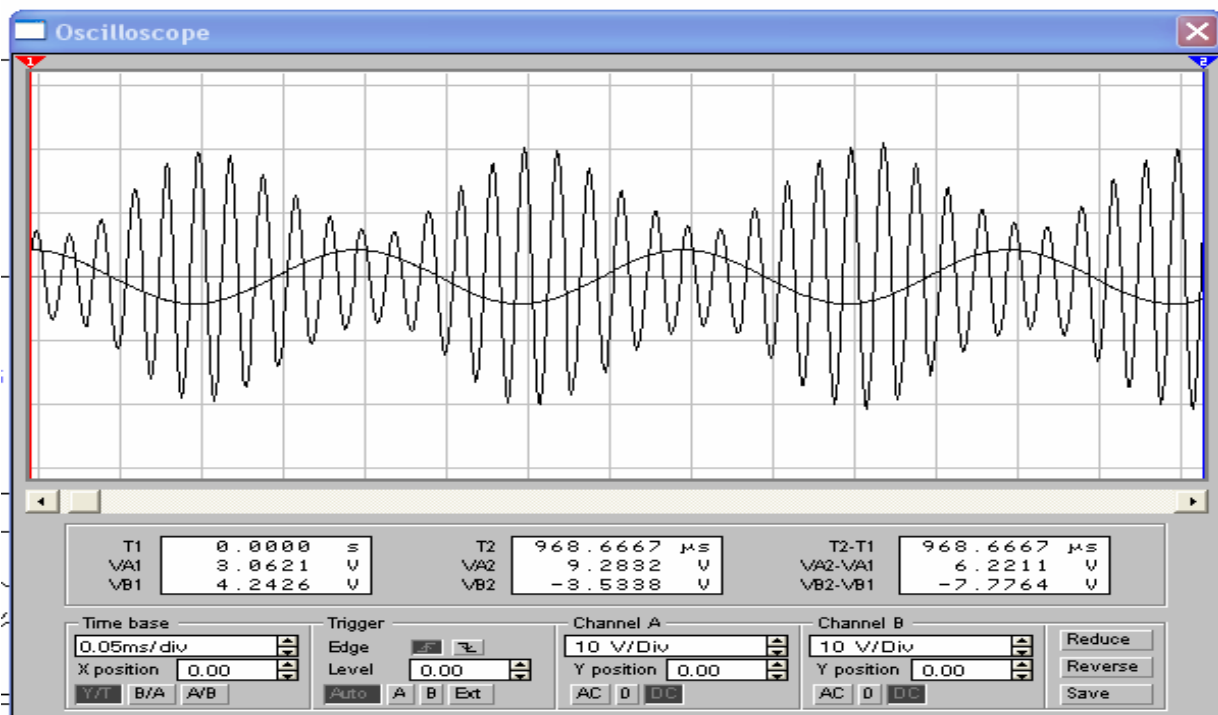


Fig. 7

La simulazione è stata compiuta anche in ambiente PSpice e si ottiene:

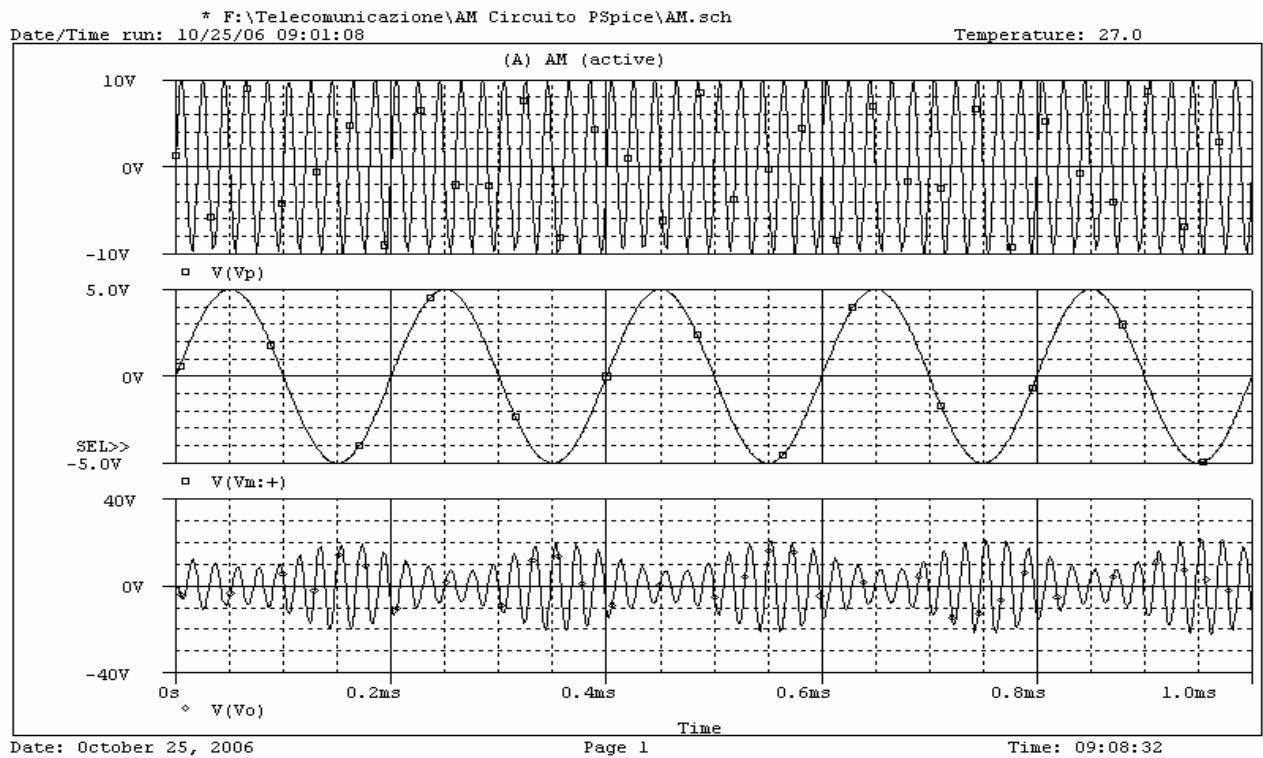


Fig. 8

In figura 9 si riporta lo spettro in frequenza del segnale modulato attraverso l'analisi di Fourier in ambiente PSpice, da cui possiamo notare lo spettro della portante V_p , della modulante V_m e del segnale modulato V_o . Si osservi la presenza delle due bande laterali nello spettro del segnale modulato V_o .

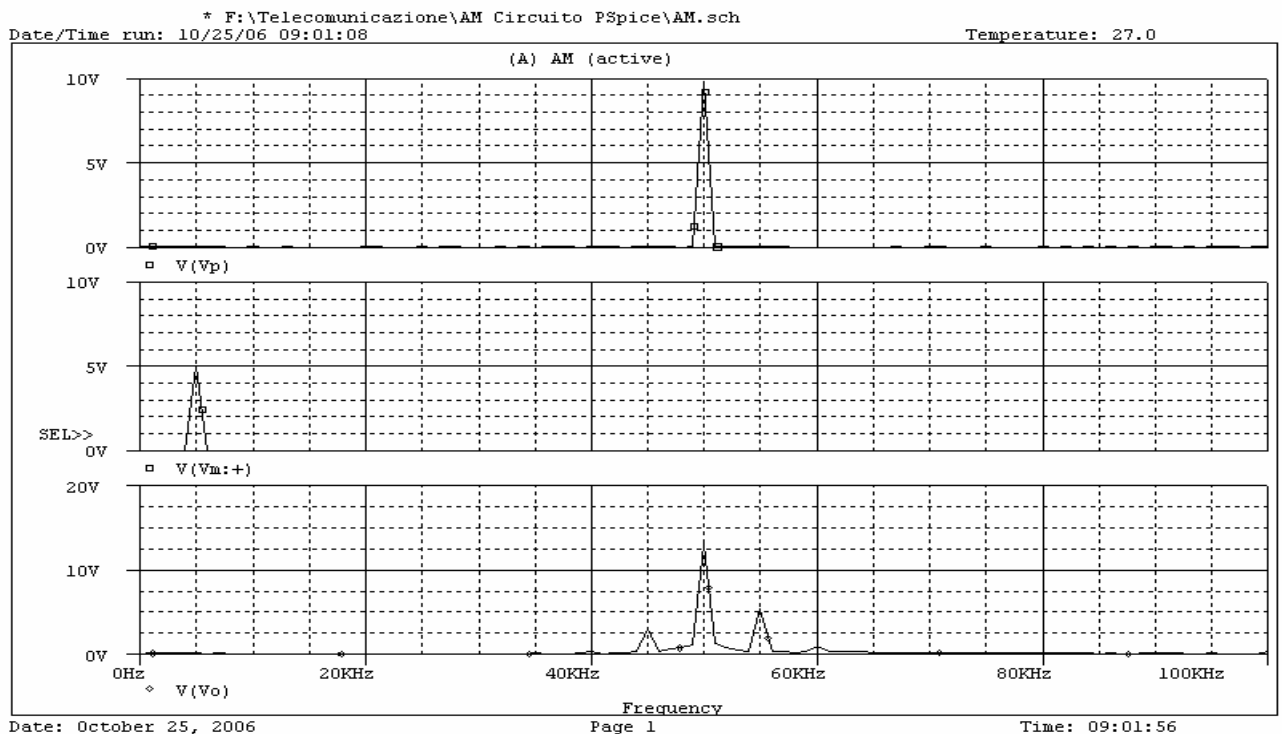


Fig.9 Spettro di frequenza modulazione AM.

Demodulazione

La demodulazione è un'operazione che consente di estrarre, da un segnale modulato in ampiezza, l'informazione in bassa frequenza. La demodulazione è, normalmente, realizzata utilizzando un dispositivo non lineare, che nella maggior parte dei casi è un diodo, seguito da un filtro passa basso in grado di ricostruire l'involucro del segnale AM.

Il rivelatore che trova la maggiore applicazione pratica, è il **rivelatore d'involucro a diodo** rappresentato nella figura 10.

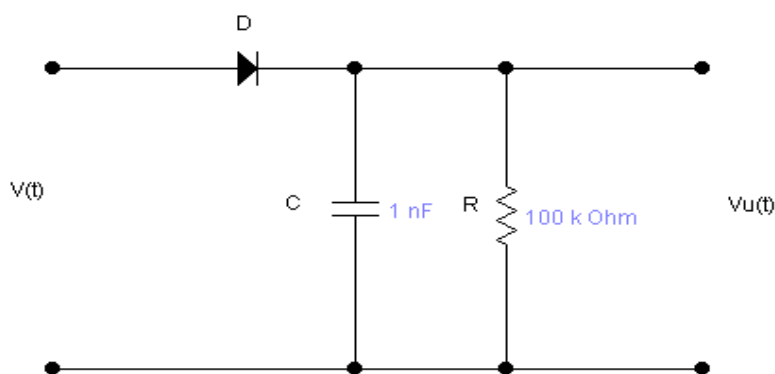


fig. 10

Questo tipo di rivelatore è chiamato ad involucro perché ricostruisce i picchi della modulazione. Come si può notare nella fig. 10 il rivelatore è costituito da un diodo D un condensatore $C=1\text{ nF}$ e una resistenza collegata in parallelo al condensatore $R=100\text{ k}\Omega$. Quando ci sono dei picchi di tensione il diodo è in cortocircuito e il condensatore si carica molto velocemente. Mentre quando la tensione diminuisce il condensatore si scarica sulla R perché il diodo è interdetto si comporta come un circuito aperto.

A causa del diodo la costante di tempo di carica e di scarica sono diverse:

Per la carica si ha: $\rightarrow \tau_C = R // r_d \cdot C \cong 0$

Dove r_d è la resistenza dinamica del diodo polarizzato direttamente che si può assumere, in pratica, uguale a zero.

Per la scarica si ha: $\rightarrow \tau_S = R \cdot C$

Si dimostra che per un'ottimale demodulazione deve essere:

$$RC \cong \frac{\sqrt{1 - m_a^2}}{2\pi \cdot f_{\max} \cdot m_a}$$

Dove con f_{\max} si indica la massima frequenza contenuta nel segnale modulante e con m_a la profondità di modulazione.

In figura 11 si riporta lo schema elettrico complessivo con modulatore e demodulatore.

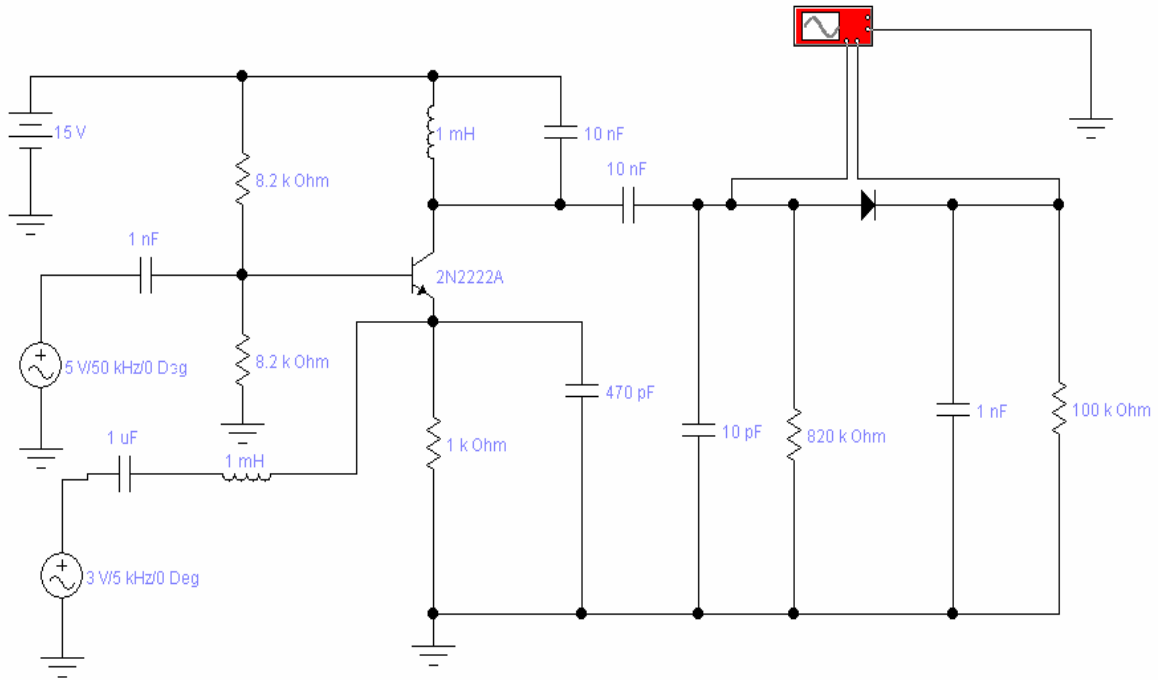


Fig. 11

In figura 12 si riporta il risultato della simulazione

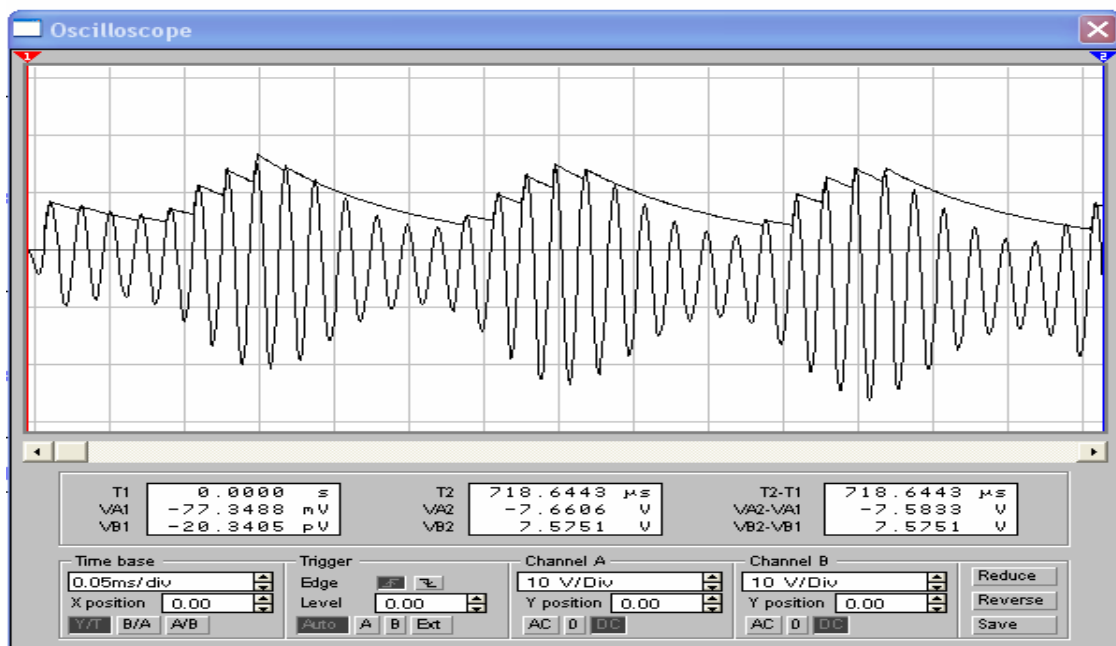


Fig. 12

Infine, nella figura 13 si riporta uno schema a blocchi in ambiente PSpice per lo studio della modulazione AM.

Modulazione e Demodulazione di ampiezza

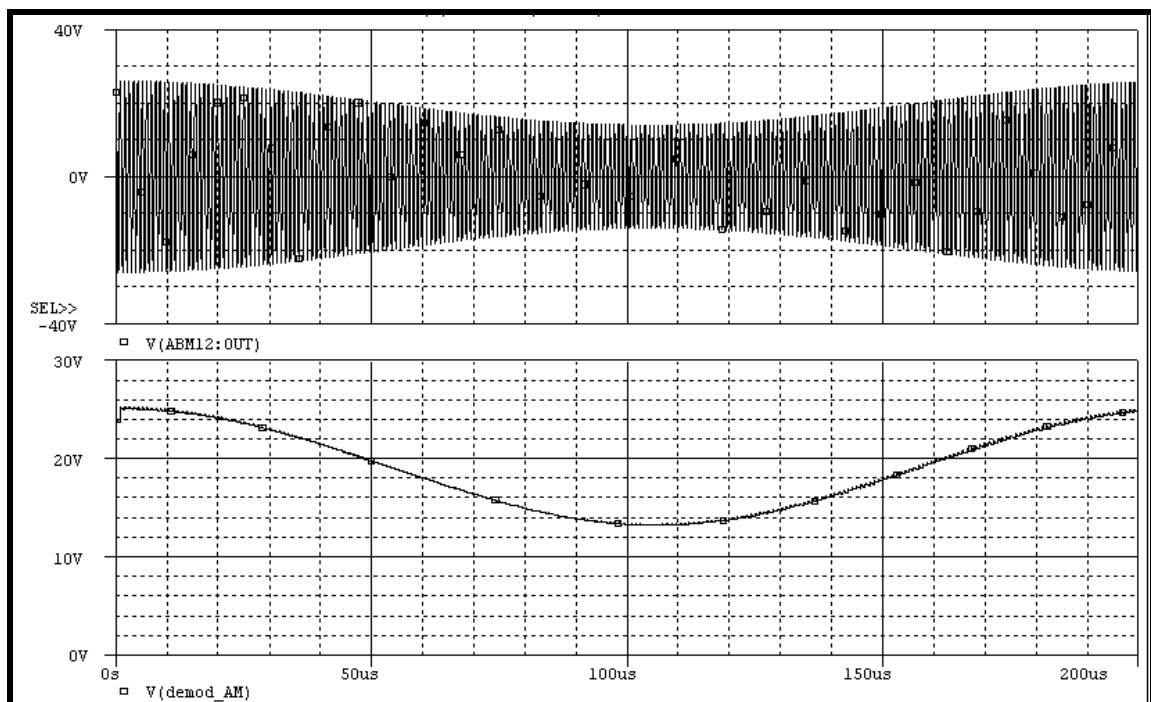
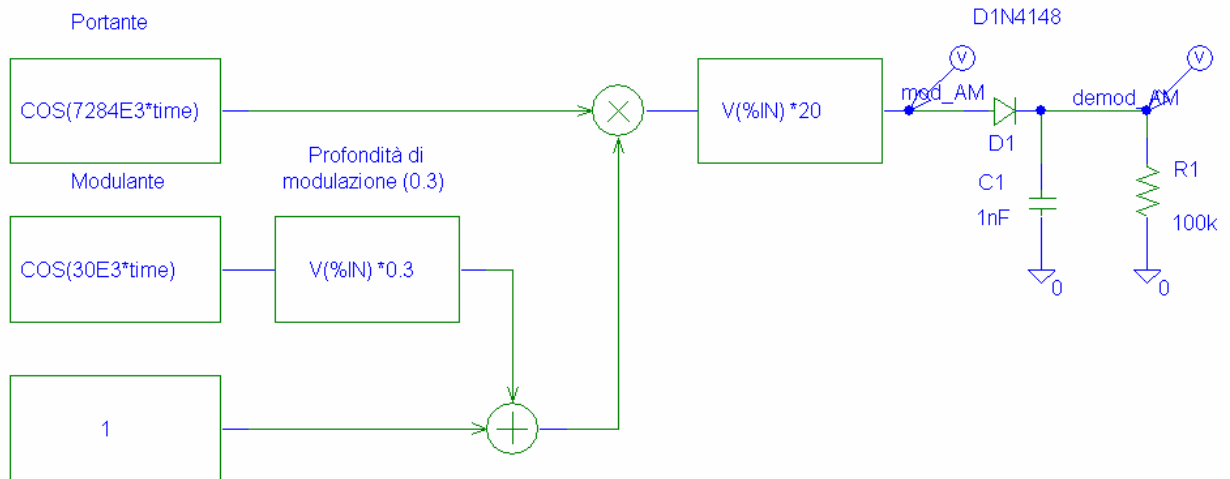


Fig. 13

In questo caso, essendo la frequenza della portante elevata la ricostruzione del segnale modulante è davvero perfetta.

Dopo aver compiuto l'analisi in simulazione il circuito è stato montato su breadboard ottenendo risultati concordi con quelli della simulazione.

Scegliendo i valori di L e C in modo da operare nel campo dei segnali radio AM (560KHz – 1660KHz) avvicinando una radio a pochi centimetri dal circuito è stato possibile captare il segnale in bassa frequenza.