

# ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE "M. PANETTI" - BARI

ALUNNO: *Vincenzo Positano* 5ETD

## Generatore di onde quadre/triangolari/dente di segna/sinusoidali

Tratto dal testo

Ettore Panella – Giuseppe Spalierno

Esercizi ed applicazioni di elettronica analogica

Edizioni Cupido

Schema Elettrico

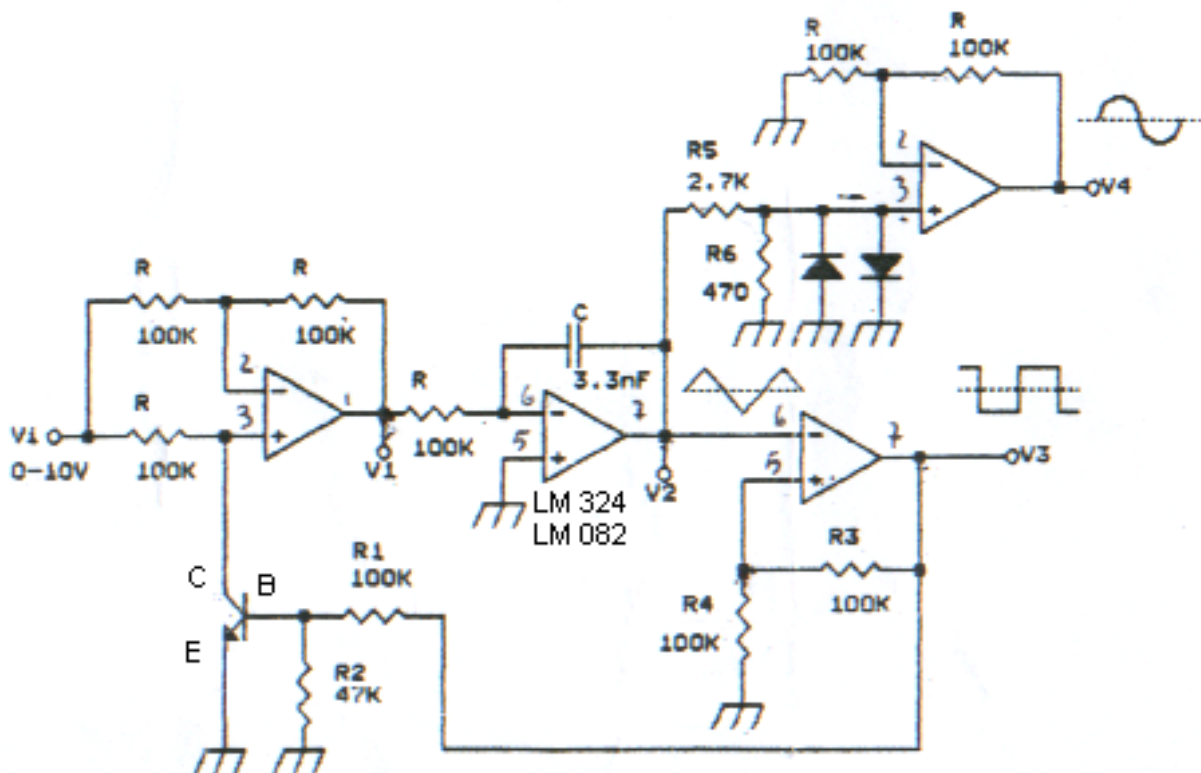






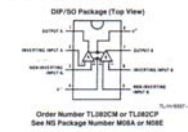
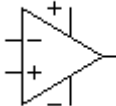





Fig. 1 Generatore di onde.

## TABELLA COMPONENTI

NOME	VALORE	IMMAGINE	SIMBOLO GRAFICO
C	3.3 nF		
R <sub>1</sub>	100 KΩ		
R <sub>2</sub>	47 KΩ		
R <sub>3</sub>	100 KΩ		
R <sub>4</sub>	100 KΩ		
R <sub>5</sub>	2.7 KΩ		
R <sub>6</sub>	470 Ω		
6 R	100 KΩ		
Diodo			
A.O.	TL 082	<p>Connection Diagram</p>  <p>Order Number TL082CM or TL082CP See NS Package Number M55A or N55E</p>	
BJT	2N2222A	 <p>T05/T018 T039/T0205 B 2</p> 	

## TABELLE MISURE

<i>Ampiezze forme d'onda</i>
$V_{2M} = \pm 5V$
$V_{3M} = \pm 11V$
$V_{4M} = \pm 1,25V$

<i>Misure</i>	
<b>Vi [V]</b>	<b>T [ms]</b>
1	6,2
2	3,2
3	2,1
4	1,56
5	1,24
6	1
7	0,9
8	0,8
9	0,7
10	0,65

## Amplificatori Operazionali

**Generalità sull'amplificatore operazionale :** L'amplificatore operazionale (A. O.) è al giorno d'oggi il dispositivo elettronico senza dubbio più versatile. Esso è impiegato con pochi altri componenti per la realizzazione di amplificatori, filtri attivi, comparatori, generatori di forme d'onda, limitatori, convertitori ecc.

La progettazione di circuiti elettronici che impiegano A.O. risulta abbastanza semplice e le prestazioni fornite dal componente sono soddisfacenti.

Lo schema a blocchi di un A.O. è rappresentato da un triangolo equilatero, come appare in fig.2.

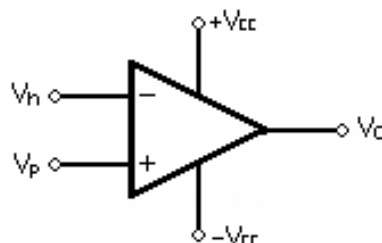


Fig. 2. Amplificatore Operazionale.

Esso presenta due ingressi:  $V_p$  applicato all'ingresso non invertente, e  $V_n$  applicato all'ingresso invertente. Il dispositivo, inoltre, presenta sul vertice destro del simbolo una linea di uscita indicata con  $V_o$ . Sui due lati obliqui, infine, sono applicate due linee indicate con  $+V_{cc}$  e  $-V_{cc}$  che rappresentano gli ingressi provenienti dal sistema di alimentazione in continua.

L'amplificatore operazionale è disponibile sotto forma di circuito integrato in contenitori "dual-in-line" a 8 o 14 terminali (pin), o in contenitori metallici di forma circolare a 8 pin. A seconda della sigla commerciale che individua un A. O. il circuito integrato può contenere al suo interno 1, 2 o 4 amplificatori operazionali. Alcuni A. O., inoltre, possono essere polarizzati anche con singola alimentazione ( $V_{cc}$  e massa) anziché con doppia alimentazione.

**Caratteristiche ideali di un A.O. :** In alcuni circuiti, utilizzati per lo studio dell'operazionale (mixer, differenziale ecc.), gli operazionali vengono supposti ideali. Le caratteristiche di A.O. ideale, sono le seguenti :

- Guadagno differenziale infinito
- Guadagno di tensione di modo comune uguale a zero
- Resistenza di ingresso infinita
- Resistenza di uscita nulla
- Larghezza di banda infinita
- Rapporto di reiezione di modo comune infinito
- Tensione di uscita nulla per ingresso nullo
- Insensibilità alla temperatura

### ***A. O. utilizzati come comparatori invertente a Trigger di Schmitt.***

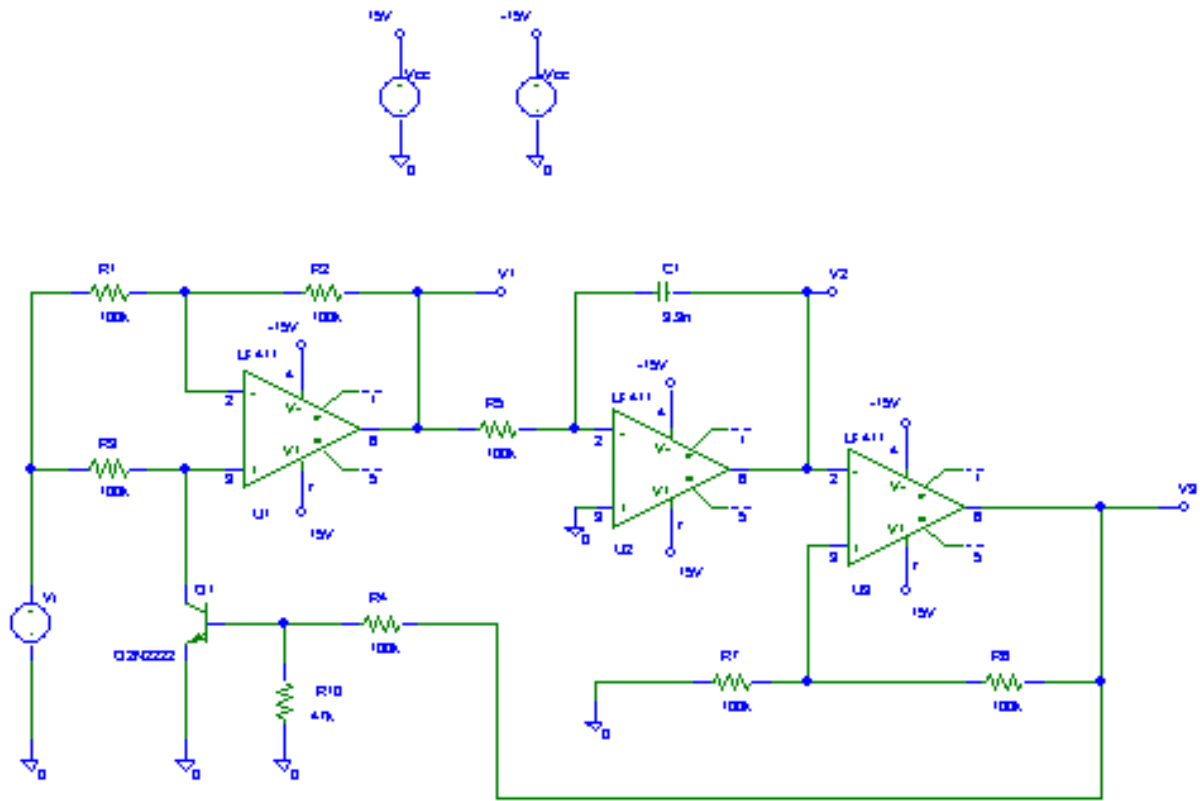
Fra le applicazioni non lineari degli operazionali il comparatore di tensione invertente a Trigger di Schmitt è una di quelle più utilizzate.

È un circuito avente un ingresso di riferimento  $V_R$  costituito solitamente da un partitore che fornisce all'ingresso  $V_R$ , un valore di tensione che dipende dall'uscita  $V_o$  che può assumere due soli valori di tensione  $V_o = \pm V_{cc}$ ; e un altro ingresso a cui è applicato il segnale di ingresso analogico. Il segnale di uscita  $V_o$  dipenderà dal confronto fra le due tensioni e assumerà soltanto valori coincidenti con i valori della alimentazione ( $+V_{cc}$  o  $-V_{cc}$ ).

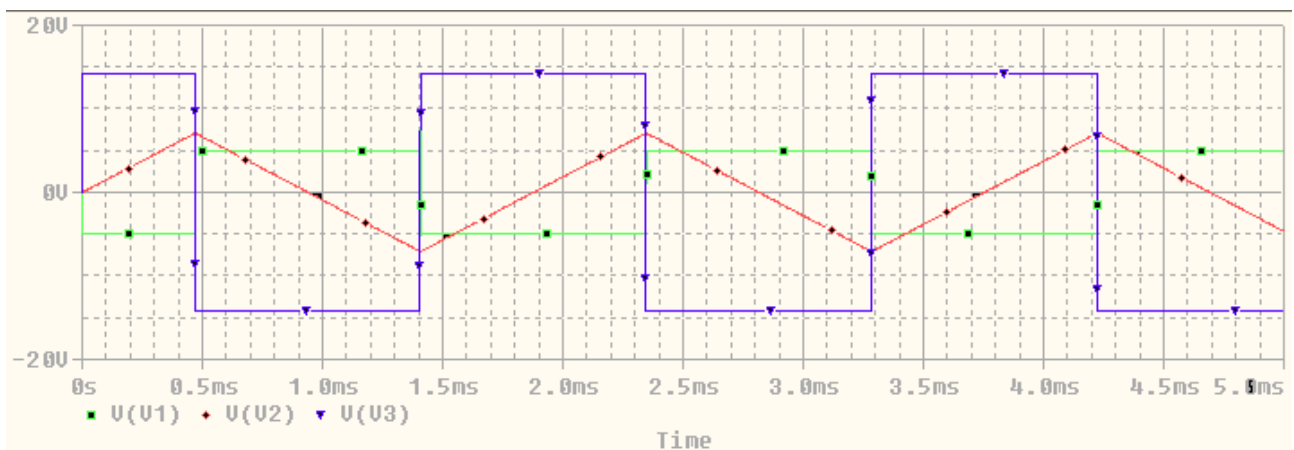
### ***A. O. utilizzato come integratore invertente:***

È un circuito avente l'ingresso non invertente collegato a massa, mentre presenta la reazione negativa attraverso una resistenza ed un condensatore. All'ingresso invertente viene applicato il segnale d'ingresso analogico. In uscita avremo l'integrale del segnale d'ingresso ovvero una rampa con pendenza positiva se l'ingresso è a livello basso o con pendenza negativa se l'ingresso è a livello alto.

## Analisi del circuito in ambiente PSpice



## Andamento delle forme d'onda



**La realizzazione di una basetta (board) si realizza in tre fasi:**

- Realizzazione dello schema elettrico (schematic);
- Layout componenti sulla basetta (board);
- Sbroglio e realizzazione delle piste con autorouter;

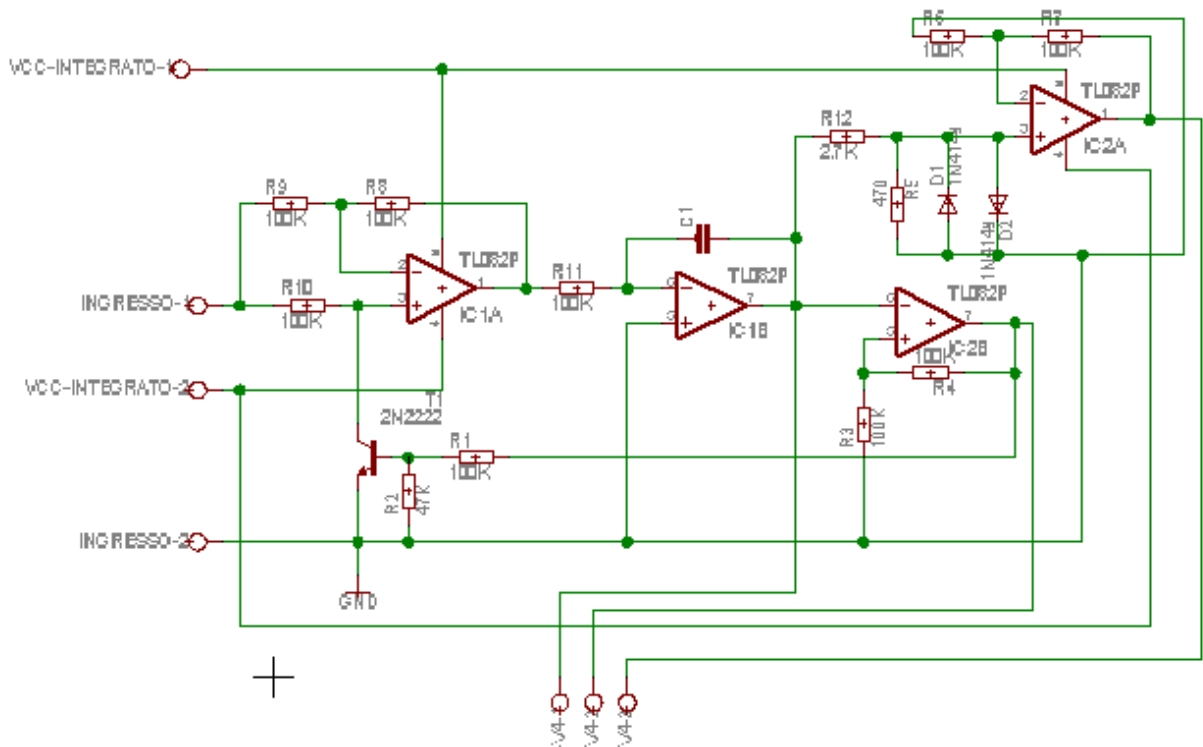


Fig. 3. Circuito del generatore di funzioni realizzato con Eagle.

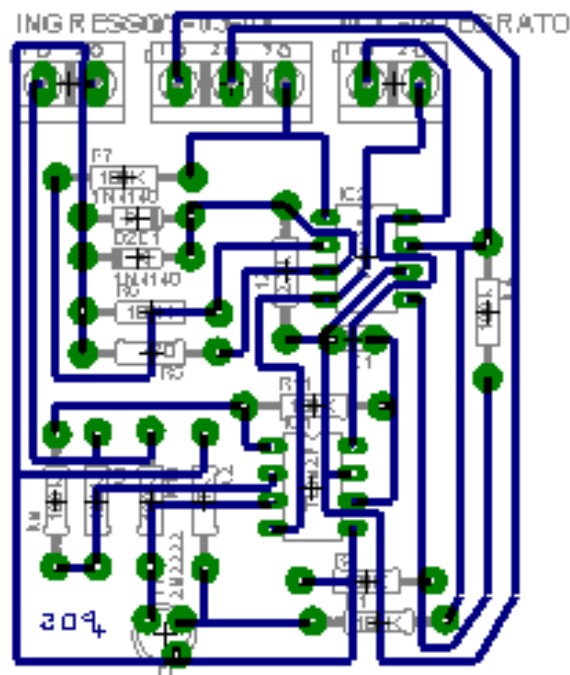
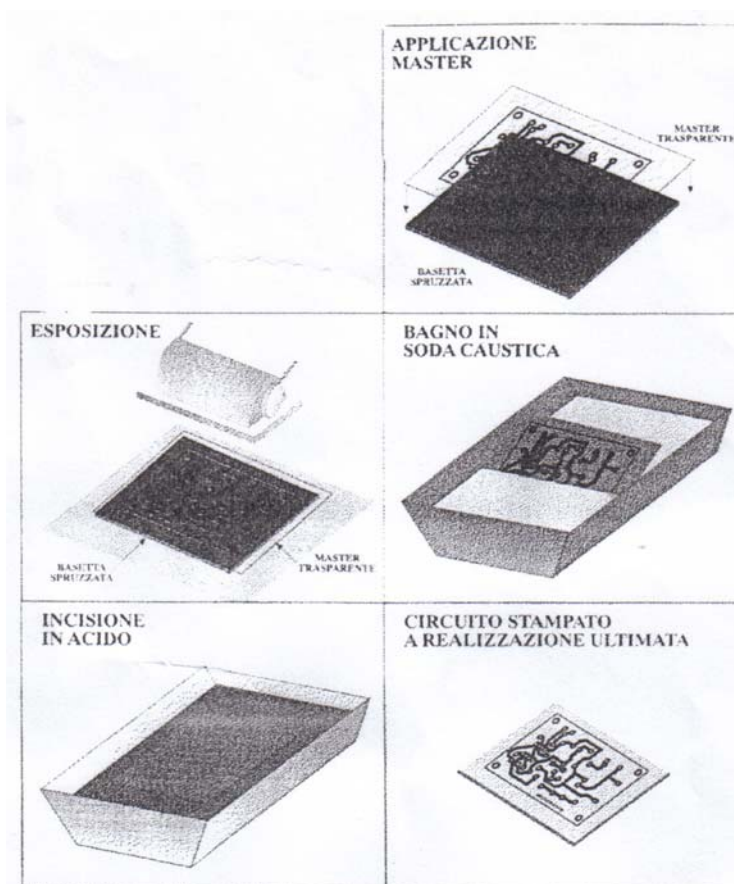


Fig. 4. Master del generatore di funzioni.

## REALIZZAZIONE DEL MASTER

Dopo aver scelto i vari componenti, si è passati alla prima fase per la realizzazione del circuito stampato, e cioè la creazione del master.

La prima cosa da fare è lo studio del circuito grazie al **programma Eagle** che permette sbrogliare con il relativo disegno il circuito e cercare di posizionare tutti i componenti con i relativi collegamenti, senza incrociare mai le piste. Inoltre bisogna prestare attenzione alle connessioni tra le piste, che non dovranno mai essere ad angolo retto, come mostrato nella seguente misura. Dopo aver trovato la giusta predisposizione, si possono riportare le piste e tutti i vari collegamenti su di un foglio di carta lucida e posizionarlo sulla basetta e si passa ad una seconda operazione chiamata trattamento termico o fotoincisione dove viene sottoposto il quadretto della basetta ad una temperatura di  $80^0 - 90^0\text{C}$  per un tempo di 5 minuti. Dopo questa operazione è necessario rimuovere la resina che ricopre le piste mediante l'operazione strippaggio che consiste in bagno nella soda caustica. Questa operazione serve a rendere il materiale delle piste più resistente in grado di sopportare meglio le sollecitazioni chimico fisiche delle fasi successive. La fase successiva infatti è quella della incisione che viene eseguita immergendo il quadretto in un liquido corrosivo (acido) a base di cloruro ferrino.



## **Avvertenze nello sviluppo del layout ( o Master )**

Se avete la possibilità di creare il layout di un circuito da voi progettato potrebbero esservi di una qualche utilità i seguenti consigli. Si tenga presente che, parlando di circuiti stampati, molto spesso si utilizzano i mils come unità di misura per le distanze (1 pollice=2.54 cm =1000 mils), e che i piedini di molti tipi di componenti hanno appunto distanze espresse in un numero intero di decine di mils; ad esempio il passo da 2.54 mm dei pin di moltissimi integrati corrisponde a 100 mils.

Per quanto riguarda la distanza fra piste adiacenti consiglio di non renderla inferiore a 20 mils (0.5 mm circa); nel caso sulle stesse debbano transitare segnali a frequenza relativamente alta si dovrebbe probabilmente valutare l'effetto di mutua interazione. Per le piste di alimentazione o sulle quali debbano scorrere correnti superiori a qualche decina di mA utilizzare, molto indicativamente, larghezze di 40 mils (circa 1 mm) ogni 100-200 mA. Per le piste di segnale consiglio di non scendere sotto i 20 mils, anche se con il metodo indicato in precedenza ho ottenuto delle perfette piste di prova di 10 mils. Per garantire facilità nel lavoro di saldatura consiglio di realizzare la piazzole con un diametro o una larghezza di 70 mils, sia per i componenti discreti che per i chip con piedini a passo di 100 mils; per rendere la foratura più veloce e precisa consiglio di evidenziare i fori nel layout, con un diametro attorno ai 30-40 mils. Quanto detto vale per la maggior parte dei componenti, ma ve ne sono di molto comuni che richiedono piazzole di dimensioni maggiori di quelle indicate, come ad esempio la serie 78xx nel case TO-220.

## **CONTROLLO E FORATURA**

L'ultima operazione da fare prima di ottenere il circuito pronto per l'uso è il controllo dello stesso. Questa fase è molto importante, perché serve a rilevare eventuali anomalie tra le piste del circuito come ad esempio cortocircuiti tra piste adiacenti o piste interrotte. Dopo aver controllato che tutte le piste siano perfette, si può passare alla foratura del circuito. Bisogna, infatti, effettuare i fori necessari per l'inserimento dei componenti, questo viene fatto mediante un trapano a colonna, utilizzando punte di diverso tipo perché i terminali dei vari componenti non sono tutti della stessa dimensione. Ora si è ottenuto il circuito stampato pronto per l'inserimento dei componenti e la saldatura

## **LA SALDATURA**

Prima di passare alla saldatura dei componenti, bisogna controllare nuovamente le piste del circuito stampato. Fatto questo si possono inserire i componenti, prestando attenzione a quelli con una polarità, come i transistor e i diodi, e si può effettuare la saldatura. La saldatura viene eseguita con dello stagno ed un saldatore, questa fase, per quanto semplice, è molto importante dato che da essa sarà determinato il perfetto funzionamento del circuito. Per eseguire una saldatura perfetta, non bisogna tenere troppo a lungo il saldatore sulla piazzola per evitare che si distacchi dal circuito. Si deve lasciare che la goccia liquida di stagno si espanda sull'intera piazzola e

contemporaneamente faccia presa sul terminale del componente. Una saldatura ben fatta dovrà apparire lucida e mai opaca, bisogna prestare attenzione a non effettuare saldature fredde o scarse. Alla fine, dopo essersi assicurato ancora una volta che il componente sia posto esattamente, tranciare il terminale restante del componente. Il circuito è così terminato e pronto per il collaudo.

## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO E FASI DELLA MISURA

Il circuito presente nello schema elettrico è un convertitore tensione-frequenza, in grado di generare sulle uscite  $V_2$   $V_3$   $V_4$ , rispettivamente, onde triangolari quadre e sinusoidali con frequenze proporzionali alla tensione d'ingresso positiva  $V_1$ .

Il primo stadio realizza  $V_1 = V_i$  se il transistor è interdetto e  $V_1 = \square V_i$  se saturo.

Il secondo stadio è un integratore invertente ed il terzo stadio è un comparatore invertente a Trigger di Schmitt.

Supponendo ideale gli operazionali e sapendo che:  $V_{BEon}$  è uguale a  $0.7V$ ,  $h_{femin}$  è uguale a 50,  $\pm V_{cc} = 15 V$ ,  $0 < V_i < 10 V$ , determinare:

1. le forme d'onda tra loro temporizzate dei segnali  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  verificando che l'onda quadra presenta  $T_H = T_L$ ;
2. l'ampiezza del segnale d'ingresso  $V_i$ ;
3. l'ampiezza dell'onda triangolare  $V_{2M}$ ;
4. l'ampiezza dell'onda quadra  $V_{3M}$ ;
5. l'ampiezza dell'onda sinusoidale  $V_{4M}$ ;
6. verificare il comportamento del BJT che lavora nelle condizioni di interdizione e saturazione (funziona quindi da interruttore).

Il segnale sinusoidale  $V_4$  è ottenuto da quello triangolare sfruttando la non linearità del diodo che "smussa" i picchi del segnale  $V_2$  e consente di considerare la forma d'onda praticamente sinusoidale.

## COLLAUDO

L'ultima fase del nostro progetto, è rappresentata dal collaudo. Dopo aver eseguito, ancora una volta il controllo sul circuito stampato ottenuto, si può passare al collaudo vero e proprio. Abbiamo inizialmente alimentato il circuito con  $V_{cc} = \pm 12V$ . Successivamente abbiamo applicato in ingresso un segnale  $V_i$  di ampiezza variabile da  $0V$  a  $10V$ , effettuando in seguito le seguenti misure:

- ✓ **visualizzato attraverso l'utilizzo di un oscilloscopio, l'andamento dell'onda triangolare, quadra e sinusoidale, rilevandone i corrispondenti valori di ampiezze:** -" abbiamo posto il puntale della sonda sui terminali corrispondenti alle uscite  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  ed la morsettiera della massa sul terminale di massa dell'alimentazione e calcolato in fine le ampiezze del segnale";
- ✓ **visualizzato l'andamento dell'ingresso  $V_i$  in funzione del tempo:** -" abbiamo variato manualmente il valore d'ingresso  $V_i$  e visualizzato sull'oscilloscopio l'andamento nel tempo modificando opportunamente la manopola del comando time/division dell'apparecchio";

- ✓ **controllato il comportamento del BJT**: -"abbiamo misurato con un multimetro il valore di tensione tra collettore emettitore  $V_{CE}$  e il valore della corrente di base  $I_b$  constatando il voluto funzionamento del BJT nei punti di saturazione ed interdizione (quindi da interruttore)";

## OSSERVAZIONI

E' possibile realizzare un generatore di funzioni con frequenza variabile modificando il circuito in esame: basterà aggiungere nel secondo stadio, dove è presente un integratore un potenziometro utile ha selezionare capacità di opportuno valore, tenendo presente il fatto che riducendo il valore delle capacità si potranno ottenere valori di frequenze più elevati.

