

Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato

MORETTO

Via Apollonio n° 21 BRESCIA

## **Generatore ad Ultrasuoni a UJT** (scaccia zanzare LX769)

Gruppo di lavoro :

ZUNINO MASSIMILIANO

COMINI PAOLO

BACCOLO ALESSANDRO

Classe 5AI TIEE

*corso per Tecnici delle Industrie Elettriche ed Elettroniche*

anno scolastico 1997/1998

## **Introduzione**

Questo circuito funziona come un qualsiasi altro apparato venduto in farmacia, la frequenza di lavoro è la stessa degli altri apparecchi comuni per scacciare le zanzare.

I suoni vengono utilizzati essenzialmente per scambiarsi messaggi : quasi ogni essere vivente, dagli uccelli, ai delfini, ai pipistrelli, all'uomo, impara a farlo fin dalla nascita.

I suoni sono emessi da oggetti che vibrano, come la membrana di un tamburo, le corde vocali, la membrana di un altoparlante, e così via.

L'uomo è in grado di percepire i suoni in un intervallo che va da circa 16 Hz a circa 16000 Hz. Al di sopra di questa frequenza limite, ci sono gli ultrasuoni, che possono essere ricevuti ad esempio dai cani, fino a 50000 Hz, dai pipistrelli, fino a 120000 Hz, e dai delfini, fino a 150000 Hz .

Il timbro è la voce di ogni sorgente sonora proprio di essa in quanto è dato dalle caratteristiche fisiche di questa. Essendo le sorgenti diverse queste possiedono anche delle armoniche diverse che evidenziano a frequenze uguali forme d'onda diverse.

L'intensità è la caratteristica che si riferisce alla potenza che attraversa la l'unità di superficie disposta perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda sonora.

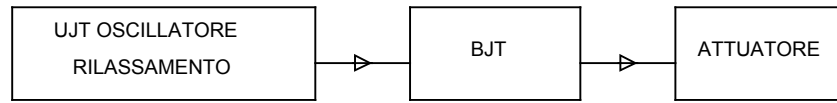
L'orecchio umano in condizioni normali è sensibile anche a intensità estremamente ridotte. Basti tener presente che la soglia di udibilità è di circa  $10^{-16} \text{ W} / \text{cm}^2$  . D'altra parte, una persona riesce a sopportare anche intensità perfino  $10^{13}$  volte maggiori, pur provando una sensazione di dolore.

Come tutte le onde che si propagano all'interno dei gas e dei liquidi, il suono è costituito da onde longitudinali, cioè da compressioni e rarefazioni che avvengono nella direzione di propagazione.

Le onde sonore si propagano anche nei solidi, e anzi percuotendo l'estremità di una sbarra in generale vengono prodotte sia onde longitudinali sia onde trasversali ; le prime hanno velocità di propagazione maggiore delle seconde.

Le onde di cui abbiamo fin qui parlato (sonore, ultrasuoni e nei solidi) vengono chiamate onde elastiche.

## SCHEMA A BLOCCHI



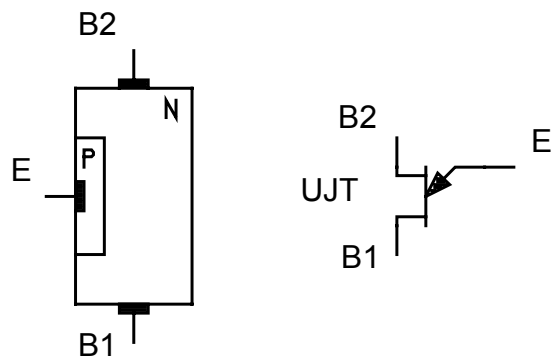
Abbiamo utilizzato un transistor unigiunzione UJT 2N2646 ed un normale BJT BC328.

Il transistor UJT viene utilizzato per realizzare un oscillatore a rilassamento la cui frequenza varia da un minimo di 10KHz a un massimo di 27KHz ruotando semplicemente il trimmer R1. Gli impulsi presenti su B2 dell'ujt sono impulsi negativi, essi vengono amplificati da TR1(PNP tipo BC328), così amplificati ci permetteranno di pilotare un piccolo altoparlante in grado di funzionare alle frequenze sopra citate.

Se la potenza del suono emessa dall'attuatore dovesse risultare troppo alta questa potrà essere ridotta di volume aumentando il valore della resistenza R5. Il diodo led posto in parallelo all'altoparlante ci serve come lampada spia per ricordarci di spegnere il dispositivo una volta fatto giorno per non consumare inutilmente la pila, esso ci permette anche di stabilire in che condizioni si trova la batteria infatti man mano che questa esaurisce il diodo led emetterà sempre meno luce, fino a spegnersi totalmente a batteria scarica ; questo circuito non è eccessivo nel consumo infatti in condizioni normali con la R5 da 100Ω il consumo è di 7mA.

## IL TRANSISTORE UJT

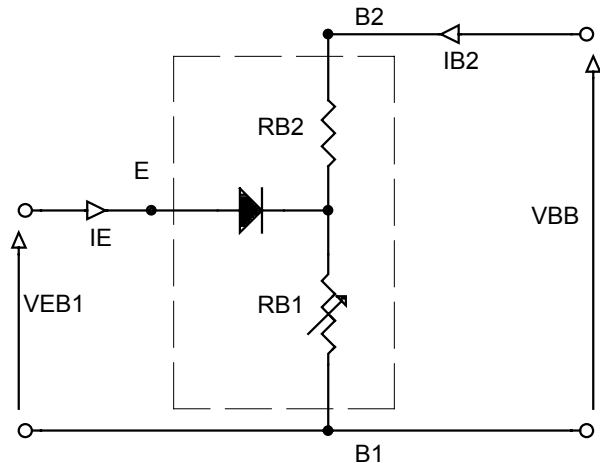
Il transistor unigiunzione (UJT) è un dispositivo a semiconduttore con tre terminali avente la struttura costruttiva riportata in figura. Esso è formato da una barretta di silicio con debole drogaggio di tipo N, con due terminali B2 e B1 (Base 2 e Base 1) connessi alle estremità attraverso un processo di metallizzazione ; su di un lato della barretta è applicato un elettrodo di alluminio (drogante di tipo P), il quale, legandosi con il silicio drogato di tipo N, forma una giunzione PN. Nel suo normale funzionamento il dispositivo, deve essere polarizzato in modo che il potenziale di B2 sia maggiore di quello di B1.



## PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Per descrivere il comportamento dell' UJT, si ricorre al circuito equivalente ; bisogna precisare che la resistenza RB1 è variabile al variare della intensità di corrente di emettitore Ie.

Essa varia di alcuni Kohm ad alcuni ohm, in corrispondenza di variazioni di Ie da 0 ad alcune decine di mA. La resistenza complessiva che il



dispositivo presenta tra i morsetti B1 e B2, per Ie uguale a 0, è denominata resistenza di interbase Rbb e vale :

$$R_{BB} = (R_{B1} + R_{B2})_{Ie=0}$$

e può assumere valori che vanno da alcuni Kohm alle decine di Kohm. Variando RB1, per effetto di variazioni nella corrente Ie, si ha di conseguenza una variazione di RBB e quindi della corrente IB2 la caduta ai capi di RB1, con Ie =0, è espressa dal rapporto di partizione :

$$V_{RB1} = \frac{V_{BB} \cdot R_{B1}}{R_{BB}}$$

Si definisce rapporto intrinseco il termine :

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{BB}} \quad (0,4 \leq \eta \leq 0,8)$$

Valore tipico di  $\eta$  è 0,6.

Risulta che :  $V_{RB1} = \eta \cdot V_{BB}$

Allorché la tensione applicata all'emettitore, Ve, diviene maggiore della somma tra la caduta ai capi del diodo (Vd = 0,6 V) e la VRB1, si ha la circolazione della corrente Ie, che porta ad un immediato abbassamento di RB1, e quindi di RBB.

$$V_p = \eta \cdot V_{BB} + V_d$$

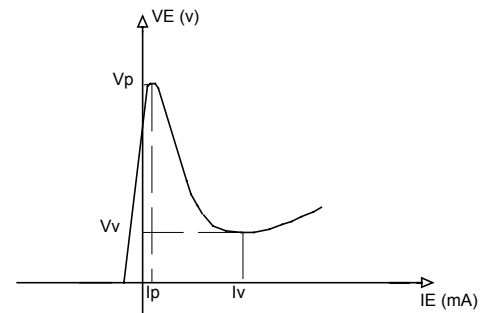
Per quanto riguarda la caratteristica dell'ujt possiamo osservare che finché Ve si mantiene al di sotto del valore di picco Vp la corrente Ie coincide con la corrente di polarizzazione inversa della giunzione d'emettitore. Quando Ve=Vp, comincia a circolare la corrente Ie dall'emettitore verso la base B1, e da ciò consegue, come già noto, una diminuzione di RB1, aumento di Ie e diminuzione di Ve.

La zona in cui si verifica ciò è detta a resistenza differenziale negativa ;in questa regione la Ie aumenta finché la zona tra emettitore e B1 non raggiunge la saturazione.

Finché  $V_e$  si mantiene al di sotto del valore di picco  $V_p$  la corrente  $I_e$  coincide con la corrente di polarizzazione inversa della giunzione di emettitore.

Quando  $V_e = V_p$ , comincia a circolare la corrente  $I_e$  dall'emettitore verso la base B1 di conseguenza diminuisce la  $R_{B1}$ , aumenta  $I_e$  e diminuisce  $V_e$ .

La zona in cui si verifica ciò è detta a resistenza differenziale negativa. La  $I_e$ , in questa zona aumenta fino a che la zona tra emettitore e B1 non raggiunge la saturazione. Le zone in cui può essere divisa la curva caratteristica dell' UJT sono tre :



Le zone in cui può essere suddivisa la curva caratteristica dell' UJT sono tre :

- Zona di interdizione  $I_e \cong 0$
- Zona di saturazione : al crescere di  $I_e$  cresce  $V_e$
- Zona a resistenza differenziale negativa Al crescere di  $I_e$  si ha una diminuzione di  $V_e$

## **GLI ATTUATORI**

Gli altoparlanti sono dei tipici attuatori elettro-acustici che devono emettere solo i suoni desiderati. La potenza che un altoparlante può trasformare in energia acustica non dipende dalla sua grandezza o dalla sua robustezza, ma dal progetto dell'unità eccitatrice, dalla bobina mobile e dalla membrana, i quali sono indivisibili. Infatti un altoparlante di 20W può avere una dimensione maggiore di un altoparlante da 200W, perché magari deve essere posto in un luogo più spazioso rispetto a quello in cui deve essere posto l'altoparlante da 200W.

Siccome un altoparlante deve trasformare la potenza elettrica in suoni, la sua bobina deve essere dimensionata a seconda della potenza che si dissipa in essa. Inoltre questa bobina mobile deve sviluppare la potenza acustica corrispondente all'energia elettrica che gli viene fornita dal circuito, quindi il cono deve oscillare come necessario senza vibrare in modi non previsti e senza urtarle strutture che stanno attorno alla membrana. Quindi un altoparlante con tromba grande è preferibile rispetto ad uno con tromba piccola per potenze piccole, per poter fornire anche una migliore risposta a basse frequenze. Le dimensioni di un altoparlante quindi dipendono, oltre dal posto in cui deve essere montato, anche dalla risposta a basse frequenze e non certo dalla potenza applicata all'altoparlante.

Nella prova di laboratorio abbiamo usato un altoparlante (carico ohmico-induttivo) da 8 ohm e con una potenza di 0,1W ; questo lo abbiamo usato per poter sentire gli ultrasuoni e lo abbiamo collegato in parallelo ad un diodo LED che, mentre il BJT è in saturazione e fornisce energia

all'altoparlante, è collegato inversamente, mentre quando il BJT è in interdizione è collegato direttamente e scarica l'induttanza dell'altoparlante onde evitare la distruzione del BJT.

### ***TIPI FONDAMENTALI DI ALTOPARLANTI***

Gli altoparlanti si possono dividere in due tipi :

*-a cono libero*

*-a unità ad alta pressione.*

Quest'ultima deve eccitare una tromba con una imboccatura di 2cm di diametro e il suo diaframma è costruito in duralluminio, mentre il diaframma degli altoparlanti a cono libero (che sono montati in una custodia) è costruito in carta o plastica. L'altoparlante con unità ad alta pressione è molto utilizzato in ambienti all'aperto perché al chiuso danno suoni metallici rendendo il loro ascolto molto sgradevole.

### ***ESEMPI DI ALTOPARLANTI***

Un esempio di altoparlante è l'altoparlante in miniatura, detto anche a cono carta. Si tratta di un altoparlante in miniatura con un cono di carta ed è costituito da un magnete ALNICO a bobina mobile di 8 ohm e il suo diametro solitamente è di 40 mm. Queste sue caratteristiche lo rendono ideale per montaggi su circuiti stampati, le sue utilizzazioni tipiche sono i sistemi sintetizzazione della voce, telefoni portatili, cerca persone e generatori di toni, tutto ciò che ha una potenza massima di 200mW.

Un altro esempio di altoparlante è quello resistente agli agenti atmosferici con cono di Mylar. Questo altoparlante può avere 4 diversi diametri (85, 66, 50, 40 mm) ed in ognuno di questi la membrana è ricavata da una pellicola trasparente in Mylar che non si altera al contatto con l'acqua. Questi dispositivi si adattano a tutte quelle applicazioni di riproduzioni non critica della voce e della musica e, essendo isolati correttamente con uno schermo acustico, si adattano ad essere montati in apparecchi portatili o in impianti all'aperto, dove può esserci un'elevata umidità. Inoltre sono usati per l'impiego di sistemi di allarme, negli impianti dei citofoni e dove sono richiesti diversi tipi di toni.

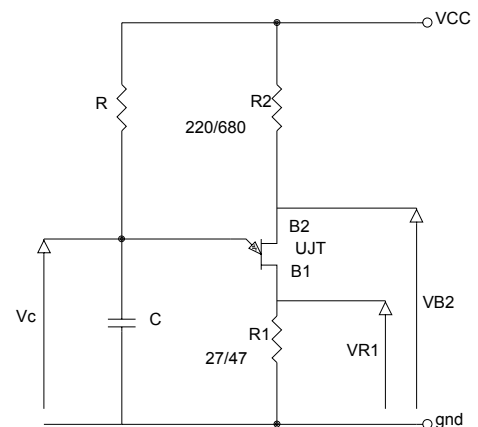
## OSCILLATORE A RILASSAMENTO

Sono detti a rilassamento quei circuiti che generano forme d'onda di tipo non sinusoidale e basati sull'impiego di dispositivi a resistenza differenziale negativa (UJT, PUT, DIAC, diodo tunnel).

Un campo tipico di applicazioni dell'ujt è la realizzazione di circuiti per la generazione di impulsi di breve durata a segnali a dente di sega (carica e scarica di condensatori con legge esponenziale).

Il circuito capace di produrre queste forme d'onda viene denominato oscillatore a rilassamento ; alimentando questo circuito, il condensatore C inizia a caricarsi attraverso la resistenza R. Quando la tensione  $V_e$ , ai capi del condensatore raggiunge il valore di picco  $V_p$ , si ha circolazione di corrente nella regione E-B1 dell'ujt, ne segue una diminuzione di  $R_{B1}$  e quindi una rapida scarica del condensatore attraverso la serie costituita da  $R_{B1}$  e dalla  $R_1$  esterna. In tal modo ai capi di  $R_1$  si ha un impulso di tensione che tende rapidamente a zero con legge esponenziale.

Esaurita la scarica del condensatore, la corrente di emettitore scende al di sotto del valore  $I_v$ ,  $R_{B1}$  cresce rapidamente e provoca l'interdizione dell'ujt ; si ritorna quindi alla situazione iniziale, cioè il condensatore ricomincia a caricarsi.

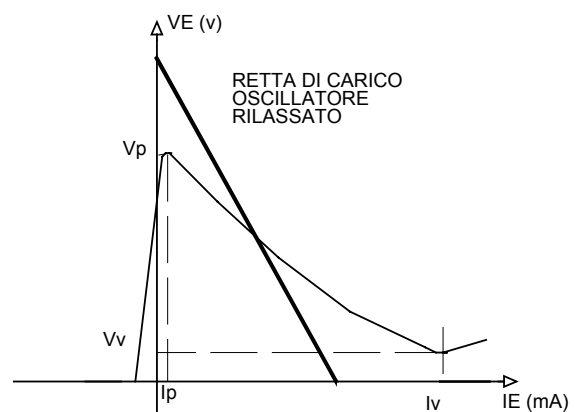


## RETTA DI CARICO IN UN OSCILLATORE RILASSATO

Per funzionare correttamente un oscillatore rilassato deve essere polarizzato nella regione a resistenza differenziale negativa. Pertanto il punto di lavoro deve essere caratterizzato da una corrente superiore ad  $I_p$  ma inferiore ad  $I_v$ .

Una corrente inferiore ad  $I_p$  non consente al condensatore di caricarsi e di raggiungere  $V_p$  ;

Una corrente superiore ad  $I_v$  impedisce al condensatore di ricaricarsi da capo.



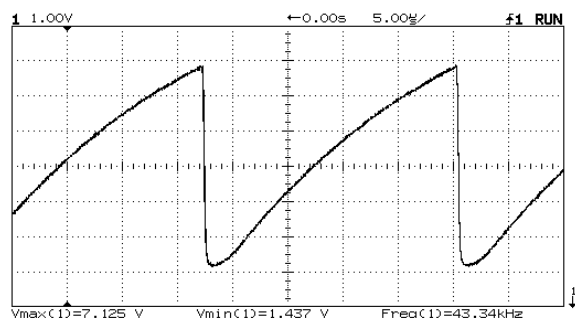
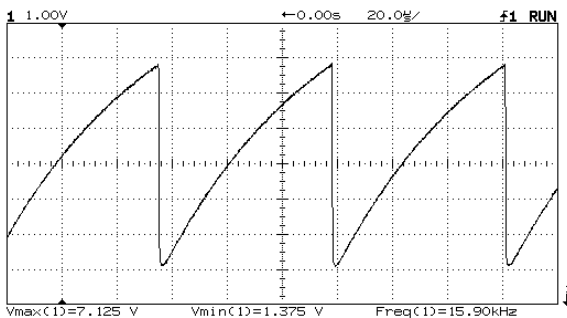
## AMPLIFICATORE A BJT

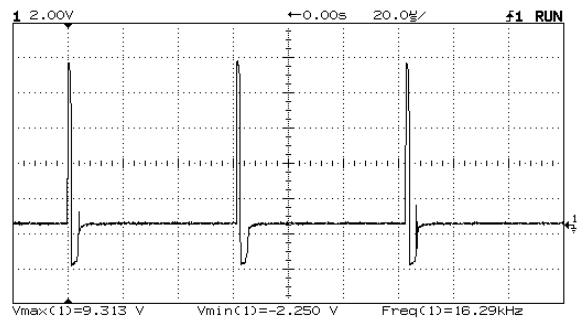
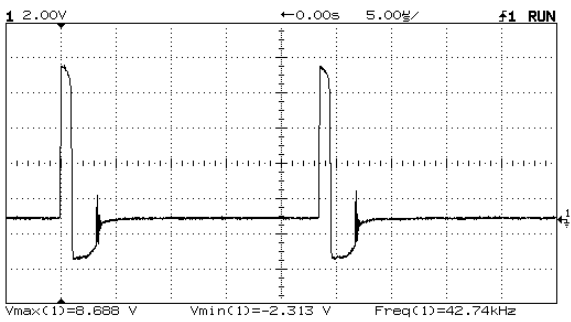
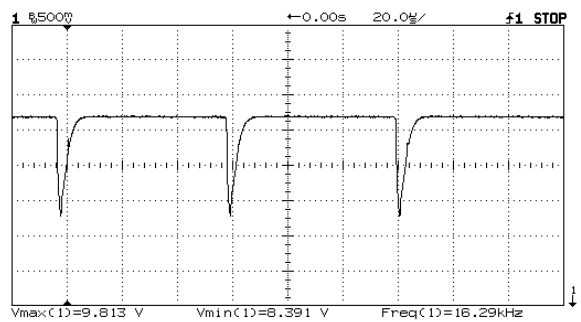
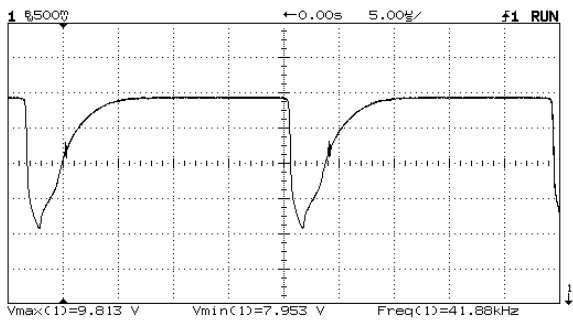
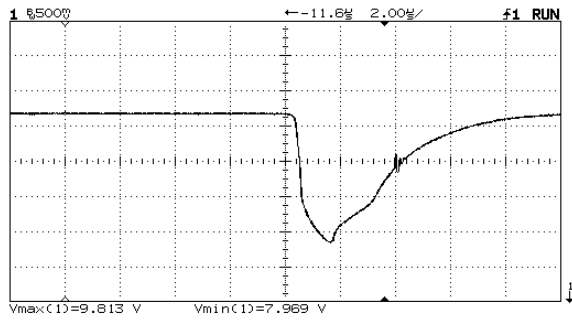
Il transistor TR1 (BC328), amplifica il segnale presente ai capi di R4 ed invia la sua uscita ad un piccolo altoparlante ( $8\Omega$  100mW) ; durante la carica di C1, TR1 passa in stato OFF e non fornisce alcun segnale all'altoparlante, durante la scarica di C1, TR1 passa in stato ON ed alimenta l'altoparlante.

Il diodo DL1 posto in parallelo all'altoparlante, fornisce una indicazione visiva sul funzionamento del circuito ma soprattutto sull'effettivo collegamento dell'altoparlante al circuito. DL1 risulta normalmente polarizzato inversamente ma la natura induttiva dall'altoparlante mantiene in circolazione una corrente una corrente che permette a DL1 di accendersi.

Tutto ciò si verifica quando il TR1 si interdice, in tal modo l'energia magnetica accumulata nell'altoparlante, grazie all'induttanza presente in esso, tende a mantenere la circolazione di corrente la quale chiudendosi nel diodo provoca la sua accensione. DL1 si comporta da diodo volano, cioè permette la scarica dell'energia sulla resistenza interna dell'altoparlante. Il diodo ha anche la funzione di proteggere il BJT nella fase d'interdizione ; in sua assenza infatti, ai capi dell'altoparlante vi sarebbe una differenza di potenziale elevata che potrebbe superare la tensione di breakdown  $BV_{CE0}$ .

I grafici riportati di seguito(riportati sperimentalmente in laboratorio con un oscilloscopio HP 54601A interfacciato con il PC) illustrano nell'ordine le misure effettuate sul circuito nei punti E,B1,B2 (2 grafici per ogni punto di misura).





# SCHEMA ELETTRICO

