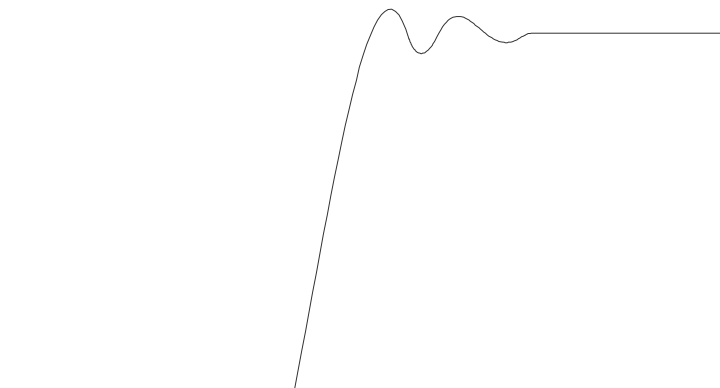


## CIRCUITO ANTI-BUMP con Trigger di Schmitt

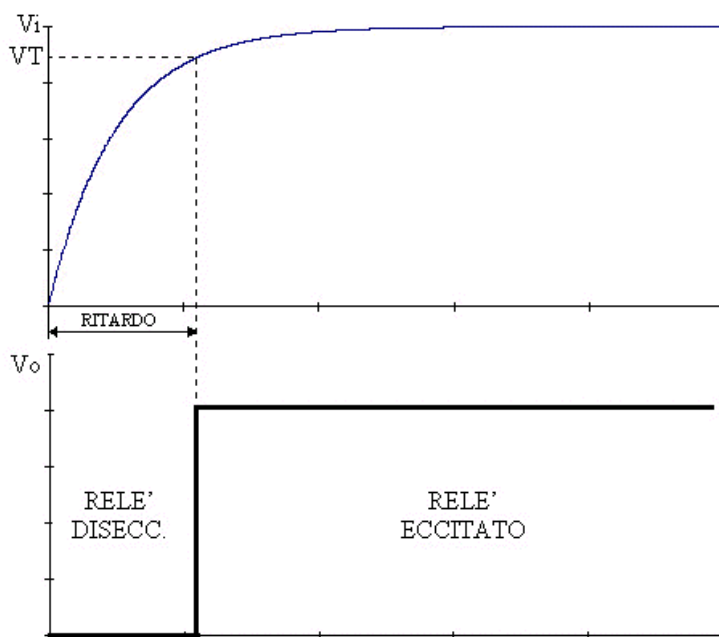
Il circuito da realizzare è un importante sistema di protezione per le casse acustiche dell'impianto HI-FI. L'anti-bump, infatti, permette di eliminare la "botta" nei woofer che si verifica all'atto dell'accensione, a causa del disturbo che dal preamplificatore arriva all'amplificatore.

Per evitare il "bump" il circuito da realizzare deve fare in modo che, all'accensione del sistema, i diffusori risultino scollegati per un certo tempo in modo che il disturbo, causato dal transitorio di carica dei condensatori che manda velocemente a potenziale alto tutti i nodi della rete, non sia "udibile" attraverso le casse.

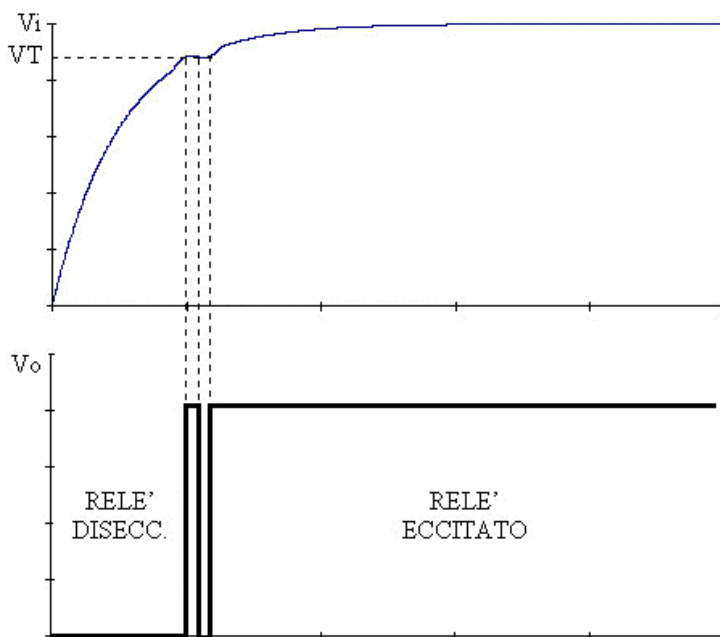
Il transitorio che si manifesta nei nodi della rete è di questo genere:



La prima ipotesi è quella di utilizzare un semplice circuito che confronti la tensione di un condensatore, che si carica con una certa costante di tempo  $\tau$ , con una di riferimento e che comandi opportunamente un relè (per il collegamento ritardato dei diffusori) secondo lo schema di figura:

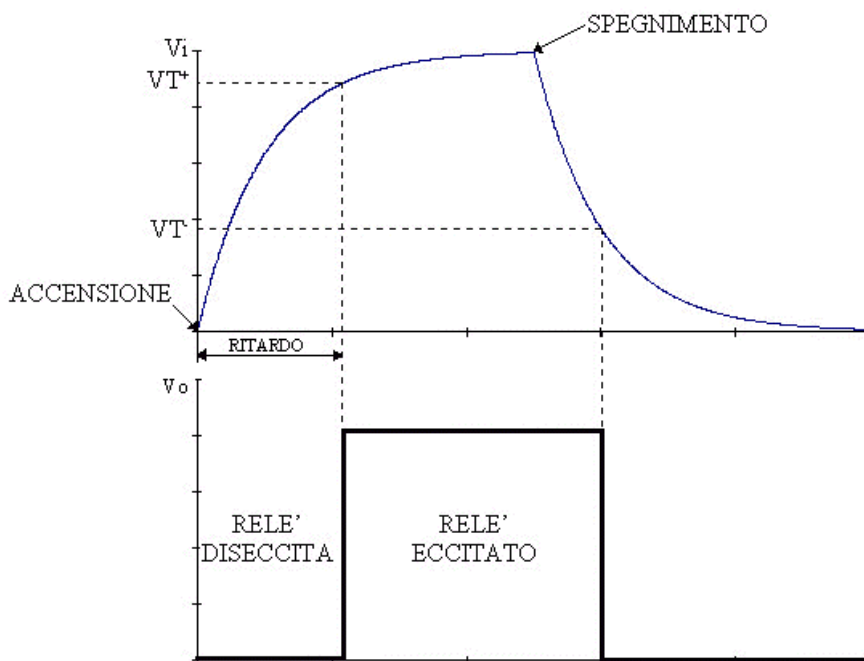


Tuttavia il circuito non è realizzabile in quanto la tensione sul condensatore potrebbe avere dei disturbi prima di stabilizzarsi. Se questi disturbi si verificano in prossimità di  $V_T$  il relè verrebbe a trovarsi più volte eccitato o diseccitato. In altre parole potrebbe verificarsi la seguente situazione:



Possiamo, pertanto, notare che lo stato del relè è “incerto” per il tempo in cui l’alimentazione continua ad oscillare. Il risultato è l’ottenimento di più “botte” nei woofer con conseguente incremento dei disturbi.

E’ necessario, quindi, un circuito discriminante a due soglie che agisca sul collegamento dei diffusori nel seguente modo:



Notiamo che il relè viene eccitato quando:

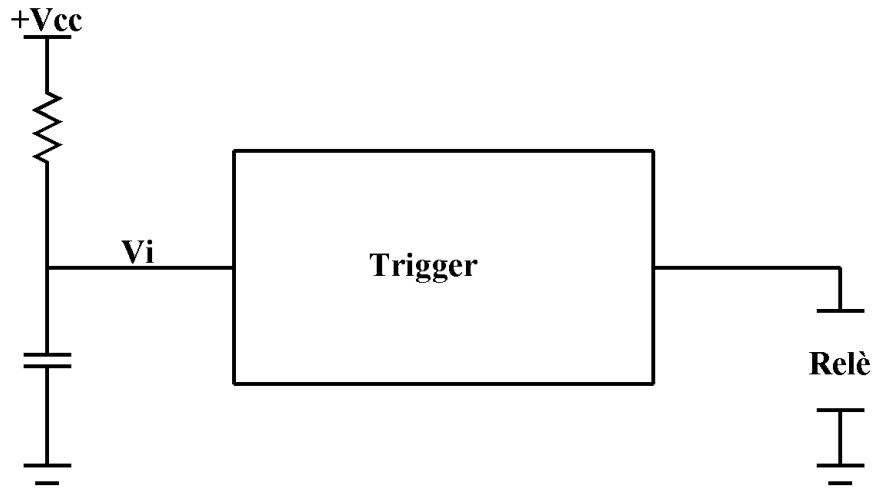
$$V_i > V_T^+$$

mentre è diseccitato quando:

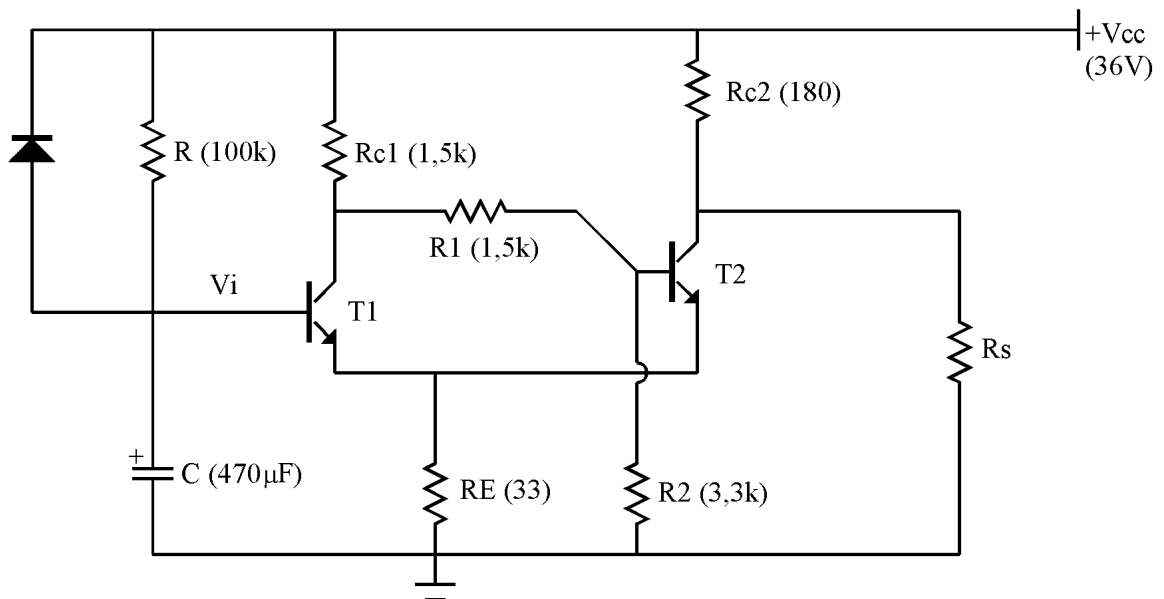
$$V_i < V_T^-$$

Con questo sistema non abbiamo incertezza perché le due soglie ( minima e massima) sono notevolmente distanti; in modo da rendere immune il relè ad eventuali oscillazioni di  $V_i$  che si potrebbero manifestare tra le due soglie.

Lo schema a blocchi del nostro circuito è il seguente :



Questa è la soluzione circuitale da noi adottata :



## ANALISI FUNZIONAMENTO

Ci poniamo ora il problema di analizzare le tensioni di soglia  $V_T^+$  e  $V_T^-$  nel nostro circuito già dimensionato.

### RICERCA DELLA TENSIONE DI SOGLIA $V_T^+$

*Analisi fase di accensione*

Sappiamo che:

- la  $V$  di soglia del relè  $V_T = 24\text{ V}$ ;
- la tensione di alimentazione  $V_{CC} = 36\text{ V}$ .

Supponiamo  $V_i = 0$  (un istante dopo l'accensione)

- $V_{C1}$  è massima perché il transistor  $T_1$  è interdetto;
- $R_1$  e  $R_2$  sono progettate in modo da garantire la saturazione di  $T_2$  che causa  $V_{C2}$  minima;
- $T_1$ , vedendo tra collettore ed emettitore un ramo aperto, non contribuisce a far circolare corrente in  $R_E$ ;
- $T_2$ , essendo in saturazione, emula un interruttore chiuso e pertanto  $R_{C2}$  risulta essere in serie con  $R_E$ .

All'istante dell'accensione quindi, la  $V_{C2}$  (tensione che alimenta il relè) sarà:

$$V_{C2} = \frac{V_{CC}}{R_{C2} + R_E} \cdot R_E = \frac{36}{180 + 33} \cdot 33 = 5,5\text{V} \quad (\text{il relè non è eccitato})$$

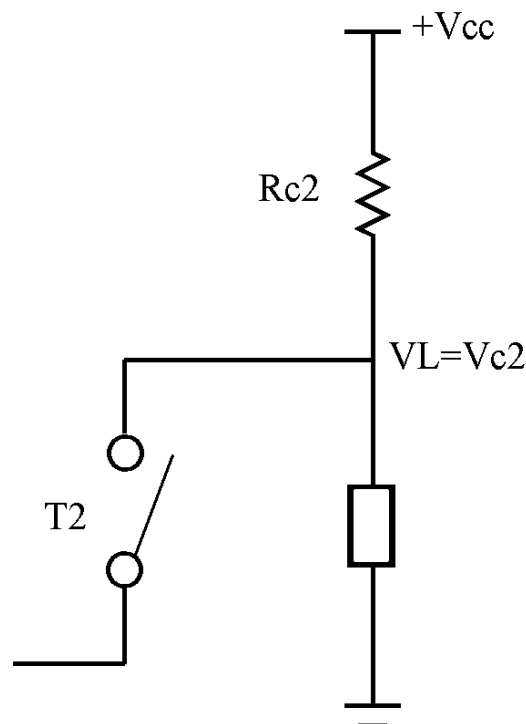
$V_i$  aumenta con la legge esponenziale del condensatore in ingresso :

- $T_1$  aumenta progressivamente la sua conduzione;
- $V_{C1}$  diminuisce e contemporaneamente  $V_E$  aumenta;
- $V_{B2}$  diminuisce e  $V_{E2}$  aumenta.

In conseguenza a tutto questo, si arriverà a verificare la condizione:

$$V_{B2E2} \leq 0\text{V} \quad (\text{approssimando la tensione della giunzione BE } V_\gamma = 0\text{V})$$

Il transistor  $T_2$  si comporta come un interruttore aperto pertanto il relè si eccita :



Valutiamo  $V_L$ :

$$V_L = V_{C2} = \frac{V_{CC}}{R_{C2} + R_L} \cdot R_L = \frac{36}{180 + 430} \cdot 430 \cong 25V \quad (\text{il relè è eccitato})$$

1)  $V_{C1} = V_{CC} - I_{C1} \cdot R_{C1}$  (avendo trascurato la corrente in  $R_1$  e  $R_2$ )

Definiamo come  $V_{T^+}$  il valore della tensione di ingresso per il quale  $V_{B2E2} \leq 0V$  e quindi è soddisfatta la condizione necessaria per avere l'eccitazione del relè.

Entrambi i transistor conducono, perciò:  $I_{RE} = I_{C1} + I_{C2}$  (questo fino a quando  $T_2$  non passa in interdizione)

Trascurando la  $V_{BE}$  di  $T_1$  si può considerare  $V_E \cong V_i$  perciò:

$$\frac{V_E}{R_E} = I_{C1} + I_{C2} = \frac{v_i}{R_E}$$

$$I_{C1} = \frac{v_i}{R_E} - I_{C2} = \frac{v_i}{R_E} - \frac{V_{CC}}{R_E + R_{C2}}$$

Sostituendo nella 1) l'equazione precedente, si ottiene:

2) 
$$V_{C1} = V_{CC} - \left( \frac{v_i}{R_E} - \frac{V_{CC}}{R_E + R_{C2}} \right) \cdot R_{C1}$$

Considerando la  $I_{B2}$  di  $T_2$  trascurabile possiamo determinare  $V_{B2}$  come:

3) 
$$V_{B2} = \frac{V_{C1}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \alpha \cdot V_{C1}$$

dove  $\alpha = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Sostituendo ora in 3) la 2):

$$V_{B2} = \alpha \cdot \left[ V_{CC} - \left( \frac{v_i}{R_E} - \frac{V_{cc}}{R_{C2} + R_E} \right) \cdot R_{C1} \right]$$

$V_{E2} \cong v_i$  ; possibile calcolare la  $V_{B2E2}$  come :

$$V_{B2E2} = V_{B2} - V_{E2} = \alpha \cdot \left[ V_{CC} - \left( \frac{v_i}{R_E} - \frac{V_{cc}}{R_{C2} + R_E} \right) \cdot R_{C1} \right] - v_i$$

T<sub>2</sub> conduce fino a che  $V_{B2E2}$  non scende al di sotto della tensione di soglia del transistor che approssimiamo a 0V.

$V_{B2E2} = 0V$  quando  $v_i = V_T^+$  :

$$\alpha \cdot \left[ V_{CC} - \left( \frac{V_T^+}{R_E} - \frac{V_{CC}}{R_{C2} + R_E} \right) \cdot R_{C1} \right] - V_T^+ = 0$$

$$\alpha \cdot V_{CC} - V_T^+ \cdot \left( \frac{\alpha \cdot R_{C1}}{R_E} + 1 \right) + \frac{\alpha \cdot V_{CC} \cdot R_{C1}}{R_{C2} + R_E} = 0$$

$$V_T^+ = \frac{\frac{\alpha \cdot V_{CC} \cdot R_{C1}}{R_{C2} + R_E} + \alpha \cdot V_{CC}}{1 + \alpha \cdot \frac{R_{C1}}{R_E}}$$

Nel nostro caso  $\alpha = 0,69$ , perciò sostituendo:

$$V_T^+ = \frac{0,69 \cdot 36 \cdot \frac{1500}{213} + 0,69 \cdot 36}{1 + 0,69 \cdot \frac{1500}{33}}$$

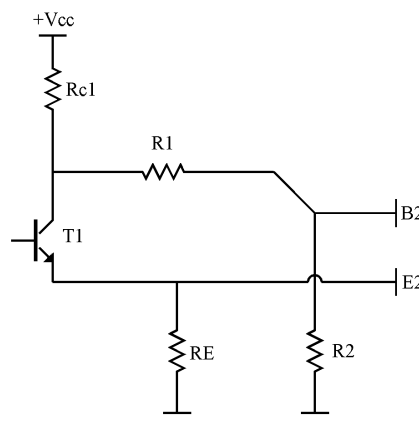
$$V_T^+ = 6,17$$

Dal dato trovato si deduce quindi che quando il transitorio del condensatore raggiunge il valore  $V_T^+ = 6,17 V$ , il transistor T<sub>2</sub> si interdice facendo così commutare il relè.

### RICERCA DELLA TENSIONE DI SOGLIA $V_T^-$

*Analisi fase di spegnimento*

Per  $t > T_{RITARDO}$  il transistor T<sub>1</sub> conduce mentre T<sub>2</sub> è interdetto :



Dallo schema precedente possiamo ricavare :

$$V_{C1} = V_{CC} - I_{C1} \cdot R_{C1} = V_{CC} - \frac{V_i}{R_E} \cdot R_{C1} \quad (\text{avendo trascurato la } V_{BE1})$$

Inoltre abbiamo:

$$V_{B2} = \frac{V_{C1}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \alpha \cdot V_{C1} \quad \text{si capisce anche : } V_{E2} = v_i$$

Scriviamo ora l'equazione che esplicita la tensione tra la base e l'emettitore del transistor T<sub>2</sub> (off):

$$V_{B2E2} = \alpha \cdot \left( V_{CC} - \frac{v_i}{R_E} - R_{C1} \right) - v_i$$

T<sub>2</sub> ricomincerà a condurre quando  $V_{B2E2} > 0$ . A tale valore individueremo la soglia  $V_T^-$

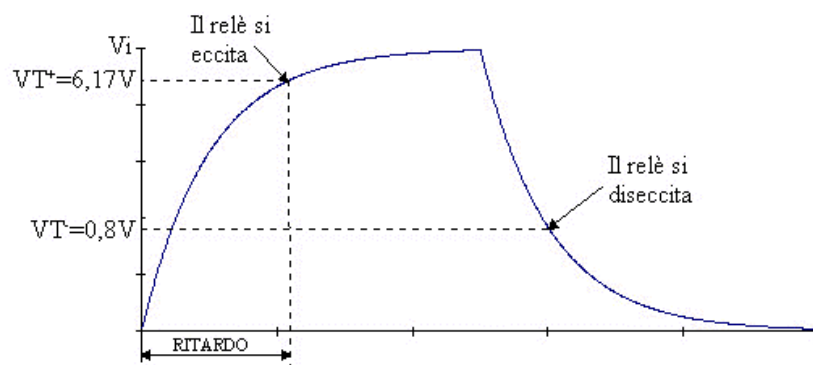
$$\begin{aligned} \alpha \cdot \left( V_{CC} - \frac{v_i}{R_E} - R_{C1} \right) - v_i &\geq 0 \\ \alpha \cdot \left( V_{CC} - \frac{V_T^-}{R_E} - R_{C1} \right) - V_T^- &= 0 \\ \alpha \cdot V_{CC} - V_T^- \cdot \left( \alpha \cdot \frac{R_{C1}}{R_E} + 1 \right) &= 0 \\ V_T^- &= \frac{\alpha \cdot V_{CC}}{\alpha \cdot \frac{R_{C1}}{R_E} + 1} \end{aligned}$$

Sostituendo poi i valori usati nel progetto troviamo il valore della soglia minima di discriminazione:

$$V_T^- = 0,8V$$

Questo valore tuttavia è di scarsa importanza perché nel circuito è presente un diodo che, nella fase di spegnimento, riduce di molto la costante di tempo  $\tau$  data da R e C perciò lo spegnimento è da considerarsi immediato.

Rappresentiamo in un grafico i risultati ottenuti :



RICERCA DEL TEMPO DI RITARDO  $T_R$

Adesso, utilizzando la formula del transitorio di carica di un condensatore, andiamo a valutare l'effettivo ritardo, nel collegamento dei diffusori, introdotto dal circuito:

$$R = 100\text{K}\Omega$$

$$C = 470\ \mu\text{F}$$

$$\tau = RC = 47\text{s}$$

$$V_C = V_{CC} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$V_C(t) = 36 \cdot \left(1 - e^{-\frac{TR}{47}}\right)$$

$$6,17 = 36 \cdot \left(1 - e^{-\frac{TR}{47}}\right)$$

$$1 - e^{-\frac{TR}{47}} = \frac{6,17}{36}$$

$$e^{-\frac{TR}{47}} = 0,83$$

$$-\frac{TR}{47} = \ln 0,83$$

$$T_R = 8,76\text{s}$$

I diffusori vengono collegati al resto del sistema 8,76 secondi dopo l'accensione dell'HI-FI, in modo che il disturbo non venga udito attraverso i woofer.

Abbiamo poi deciso di inserire un trimmer da  $100\text{K}\Omega$  in serie ad una resistenza fissa da  $10\text{K}\Omega$ , in modo tale da poter tarare il tempo di ritardo del collegamento a piacere, mantenendo come valore minimo il tempo dovuto alla resistenza fissa.