

Istituto Professionale di Stato
per l'Industria e l'Artigianato
MORETTO
Via Luigi Apollonio, 21
BRESCIA

Anno Scolastico 1993-94

RELAZIONE DEL CIRCUITO
VAPORIZZATORE AD ULTRASUONI

ESEGUITA DA
BARISELLI ALESSIO

Classe 5CI TIEE

INDICE

GENERALITÀ SUGLI ULTRASUONI.....	3
TRASDUTTORI AD EFFETTO PIEZOELETTRICO.....	4
GENERALITÀ SUL TRANSISTOR DARLINGTON.....	5
GENERALITÀ SUI CIRCUITI OSCILLATORI.....	5
OSCILLATORE AL QUARZO.....	8
Circuiti elettrici equivalenti.....	8
OSCILLATORE COLPITTS QUARZATO.....	9
STADIO DI PROTEZIONE.....	10
NOTAZIONI:.....	12
TARATURA INIZIALE.....	12
GRAFICI RILEVATI ALL'OSCILLOSCOPIO.....	13

INTRODUZIONE

Questo progetto serve solo per generare del vapore **freddo** composto da goccioline di acqua finemente nebulizzate.

A questo punto molti si potranno chiedere a che cosa potrebbe servire e subito vi risponderemo dicendo che lo si potrebbe utilizzare per riportare alla giusta umidità ambienti riscaldati con comuni termosifoni o termoconvettori. Tutti avranno infatti constatato che un'aria eccessivamente secca provoca irritazioni alle mucose della gola ed in genere all'apparato respiratorio, soprattutto nei bambini. Se l'ambiente da umidificare è molto grande, si potrebbe applicare frontalmente alla vaschetta un ventilatore in modo che la finissima nebbia possa fuoriuscire. Infatti il vapore che generiamo è freddo e come tale non potrebbe fuoriuscire.

GENERALITÀ' SUGLI ULTRASUONI

Per quanto le onde elastiche di frequenza superiore ai 20kHz non siano più avvertibili dall'orecchio umano, il loro studio resta legato al campo dell'acustica.

Le caratteristiche di queste onde, tuttavia, permettono di verificare con esse tutta una serie di fenomeni difficilmente osservabili con onde di frequenza inferiore: le lunghezze d'onda che corrispondono a tali frequenze possono essere tanto corte, nei mezzi ordinari, da permettere di effettuare con esse quegli esperimenti di interferenza, diffrazione, riflessione, ecc., che sono invece caratteristiche delle onde luminose.

Per distinguere questo campo dall'acustica propriamente detta, si parla quindi talvolta di ultracustica: le onde relative sono infatti dette *ultrasuoni*.

Gli ultrasuoni si suddividono convenzionalmente nei seguenti tipi: a) bassa frequenza (fino a 100kHz); b) media frequenza (sino a 1MHz); c) altissima frequenza (oltre 1MHz). Gli ultrasuoni di frequenza superiore a un milione di hertz, vengono detti *ipersuoni*.

La produzione di ultrasuoni è ottenuta sia con generatori meccanici, sia con generatori elettrici o magnetici. I generatori meccanici, di tipo a sirena, sono usati quando sono necessarie potenze acustiche dell'ordine del kilowatt. I generatori elettrici e magnetici sono basati soprattutto sull'effetto magnetostriativo e sull'effetto piezoelettrico. Nel primo caso applicando un campo magnetico variabile ad alcuni materiali ferromagnetici (specialmente nichel e leghe di ferro e cobalto) si produce in questi materiali una deformazione periodica che ha la stessa frequenza del campo che ne è la causa. Il materiale ferromagnetico fa così vibrare longitudinalmente una sbarretta di forma opportuna che produce le onde ultrasoniche. Nei generatori, o traduttori, piezoelettrici, l'applicazione di un campo elettrico variabile a un materiale tipo cristallo di quarzo produce in esso dilatazioni e compressioni della stessa frequenza del campo applicato. Questi trasduttori sono anche detti trasduttori a cristallo.

Per la rivelazione degli ultrasuoni si usano trasduttori analoghi a quelli usati per produrli, cioè trasduttori capaci di sfruttare l'effetto inverso di quello che si ha nei corrispondenti generatori.

Uno straordinario esempio biologico (ma non unico nel regno animale) di generatori e rilevatori di ultrasuoni è rappresentato dai pipistrelli. Questi sono completamente ciechi e usano gli ultrasuoni che essi stessi producono per illuminare il mondo intorno a loro. Per essi l'udito, sensibile a tali ultrasuoni, è l'equivalente del nostro organo visivo.

I pipistrelli emettono ultrasuoni per mezzo di una robustissima laringe e li rendono direzionabili emettendoli da un naso le cui narici sono distanziate di circa mezza lunghezza d'onda dall'ultrasuono emesso. La corrispondente frequenza di emissione non è però costante, ma varia a seconda del segnale emesso. Questo segnale è costituito da una serie di impulsi, che inviati attorno, vengono riflessi dagli oggetti anche molto piccoli sul loro cammino. Il suono riflesso viene rilevato dal timpano del pipistrello, dove viene convogliato dall'orecchio esterno che fa da antenna.

La frequenza degli ultrasuoni, inviati in serie di rapidissimi impulsi sugli ostacoli da riconoscere o sulle prede da catturare, varia da 30 a 120kHz, a seconda della specie. In una stessa specie la frequenza di emissione diminuisce all'aumentare la lunghezza degli impulsi.

Gli ultrasuoni hanno trovato importantissime applicazioni in molti campi della tecnica e della ricerca scientifica, ma è soprattutto in acustica subacquea e in medicina che il loro uso si è rilevato praticamente indispensabile. Altre applicazioni molto importanti si hanno nelle ricerche nell'ambito della struttura della materia, nei metodi non distruttivi dell'elasticità di piccoli campioni, nella saldatura di pezzi meccanici e nella rivelazione di falle in pezzi meccanici e in manufatti.

TRASDUTTORI AD EFFETTO PIEZOELETTRICO

Alcune sostanze a struttura cristallina presentano il fenomeno della *piezoelettricità*, ossia se sottoposte a sollecitazioni meccaniche si polarizzano. La polarizzazione, risultato dell'orientamento dei dipoli elettrici molecolari, genera due distribuzioni di cariche di segno opposto proporzionali alla sollecitazione, che può essere misurata tramite esse. Viceversa questi materiali, sottoposti ad un campo elettrico, si deformano elasticamente generando oscillazioni che li trasformano in efficaci sorgenti di ultrasuoni.

Questo fenomeno si osserva in alcune sostanze naturali, quali il *quarzo* e il *sale di Seignette*, ma può essere indotto artificialmente in molti materiali ceramici di sintesi, come il *titanato di bario*, di *piombo*, e lo *zirconato di piombo*; questi ultimi sono prevalentemente impiegati nella realizzazione dei trasduttori elettroacustici, mentre il quarzo è soprattutto utilizzato per le misure di forza e pressione.

Un cristallo di quarzo si presenta sotto forma di un prisma esagonale, terminante in due piramidi anch'esse esagonali, che non intervengono nella generazione piezoelettrica (vedi Fig.1). Consideriamo una sezione ricavata nel corpo prismatico perpendicolarmente all'asse OO', detto asse ottico. Gli assi di simmetria passanti per i vertici di questa sezione sono chiamati *assi elettrici*, quelli perpendicolari alle facce sono detti *assi meccanici*.

Tagliamo nel cristallo una lamina di spessore sottile il cui piano sia perpendicolare ad uno degli assi elettrici e parallelo ad uno degli assi meccanici; questa lamina ha la forma di un parallelepipedo. Quando viene sollecitata per trazione o compressione lungo uno dei due assi (elettrico o meccanico) si manifestano, sulle facce A e A' perpendicolari all'asse elettrico, due distribuzioni di carica di polarizzazione di segno opposto.

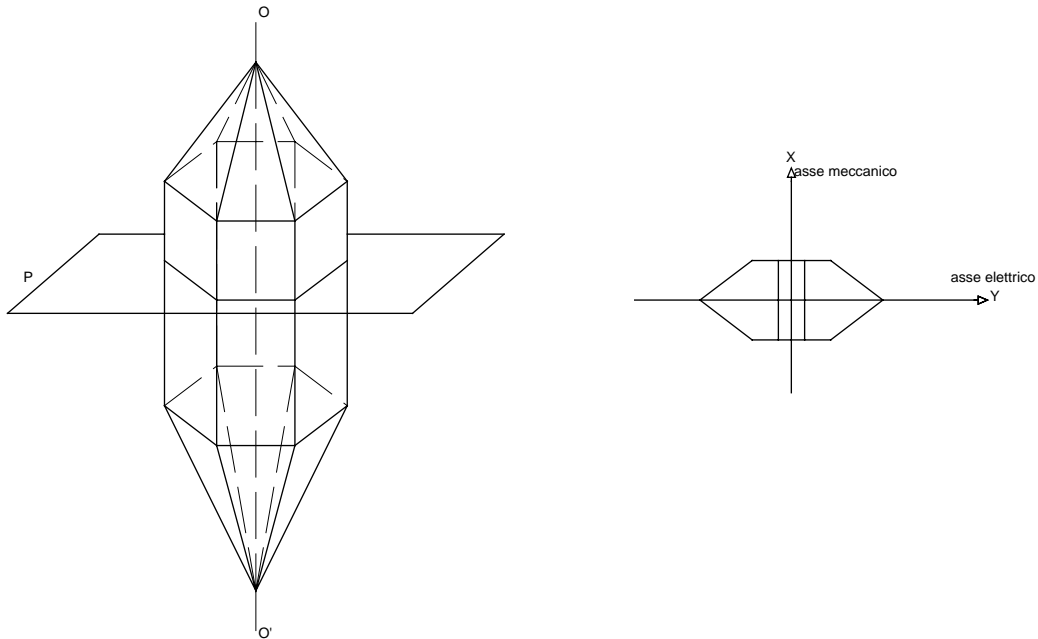


Fig. 1

Depositando sulle facce di un disco di ceramica piezoelettrica un sottile strato di materiale metallico si ottiene un trasduttore detto *elettroacustico*, che può funzionare sia come sorgente che come ricevitore ultrasonoro.

Nel primo caso al trasduttore viene applicata una tensione alternata, che provoca ciclicamente la compressione e la dilatazione del disco lungo l'asse elettrico alla frequenza del segnale esterno. Dal punto di vista meccanico il disco ceramico è un oscillatore caratterizzato da una ben definita frequenza di risonanza ; di conseguenza la tensione applicata provocherà un segnale di ampiezza elevata solo se la sua frequenza sarà molto vicina a quella propria del dispositivo. Tipicamente le frequenze di risonanza si estendono dal campo degli ultrasuoni fino alle decine di MHz; i risonatori impiegati più frequentemente lavorano nel campo degli ultrasuoni vicini, intorno ai 30÷40kHz.

Nel secondo caso, lo stesso dispositivo può essere usato come ricevitore di ultrasuoni; essi provocano oscillazioni meccaniche del disco, che genera ai suoi capi una tensione alternata alla stessa frequenza dei segnali acustici; le oscillazioni (e quindi la tensione) si esaltano in corrispondenza della frequenza di risonanza.

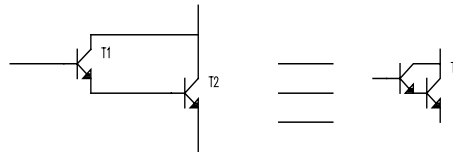
Queste ceramiche presentano un comportamento molto selettivo sia in emissione che in ricezione, perché danno un segnale utile solo in corrispondenza delle frequenza di risonanza, e in particolare di quella fondamentale.

GENERALITÀ SUL TRANSISTOR DARLINGTON

La connessione *Darlington* è un particolare collegamento diretto di due transistor npn oppure pnp; ha lo scopo di produrre un BJT equivalente ad *elevato guadagno di corrente*.

Per effettuare la connessione Darlington occorre collegare i collettori in comune e l'emettitore del primo con la base del secondo; rimane disponibile così un componente composto, avente tre terminali che sono:

- la base, coincidente con la base di T1;
- l'emettitore, coincidente con l'emettitore di T2;
- il collettore, che è il collegamento comune dei due collettori.



Poiché necessariamente la corrente di emettitore di T1, dovrà coincidere con la corrente di base di T2, i due transistor saranno normalmente diversi, ed il secondo assumerà spesso il ruolo di transistor di potenza. Va ricordato che questa configurazione si trova anche *integrata* in un unico componente, simile dal punto di vista esterno, ad un normale BJT.

Il coefficiente di amplificazione totale coincide con il prodotto dei singoli coefficienti. Trascurando l'incidenza della corrente inversa I_{CB0} , anche per quanto riguarda il parametro β è valida la stessa relazione:

$$h_{FE} = h_{FE1} h_{FE2}$$

$$\beta = \beta_1 \beta_2$$

GENERALITÀ SUI CIRCUITI OSCILLATORI

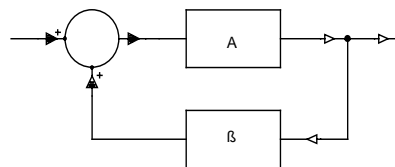
Gli oscillatori sono particolari circuiti adatti al funzionamento come generatori di segnali sinusoidali. Condizione generale perché possa divenire sede di oscillazioni persistenti è la capacità di *autopilotarsi*, ovvero di provvedere autonomamente ad applicarsi segnale in ingresso, prelevandolo dall'uscita.

Per potersi rendere conto in quale modo un circuito amplificatore possa divenire un oscillatore, consideriamo di produrre una rete a retroazione moderatamente positiva, ovvero con segnale di retroazione V_r in fase con il segnale applicato V_t . Risulta:

$$V_i = V_r + V_t$$

ovvero la tensione necessaria a pilotare l'amplificatore è fornita in parte dal generatore esterno (V_t) e in parte dalla rete di retroazione (V_r)

Riprendendo la formula relativa a circuiti retroazionati



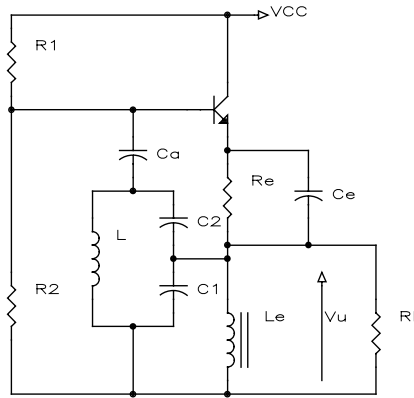
$$A_r = \frac{A}{1 - A\beta}$$

e ricordando che $A\beta = V_r/V_i$, possiamo dire che in un oscillatore $A\beta$ sarà uguale a 1, siccome $V_r = V_i$, e quindi $A_r = \infty$

Queste condizioni sono chiamate *condizioni di Barkhausen* e sono necessarie per far funzionare il dispositivo come oscillatore. In sede progettuale si porrà $A\beta$ moderatamente maggiore di 1, in modo da coprire la tolleranza dei componenti e assicurare l'innescò delle oscillazioni. Il progetto dovrà imporre al dispositivo la frequenza e l'ampiezza delle oscillazioni e per questo i componenti dovranno essere dimensionati opportunamente. Più particolarmente, per imporre la frequenza di funzionamento, esiste la possibilità di produrre circuiti strutturati in vari modi, che possono sostanzialmente essere ricondotti a due gruppi fondamentali, cioè:

- a *rete passiva* ohmico-reattiva, utilizzati principalmente alle basse frequenze;
- a *circuito risonante*, utilizzati principalmente alle alte frequenze.

In questo VAPORIZZATORE AD ULTRASUONI viene utilizzato un oscillatore Colpitts quarzato, che è derivato dal Colpitts normale il cui schema è il seguente:



Questo particolare oscillatore fa parte della categoria degli oscillatori a tre punti, che hanno come caratteristica comune di presentare tre impedenze collegate all'elemento attivo nel modo seguente:
 -due reattanze dello stesso segno, capacitive o induttive, rispettivamente tra ingresso e comune (Z_{ic}) e tra uscita e comune (Z_{uc});
 -una reattanza di segno opposto, rispettivamente induttiva o capacitiva, tra ingresso e uscita (Z_{iu}).

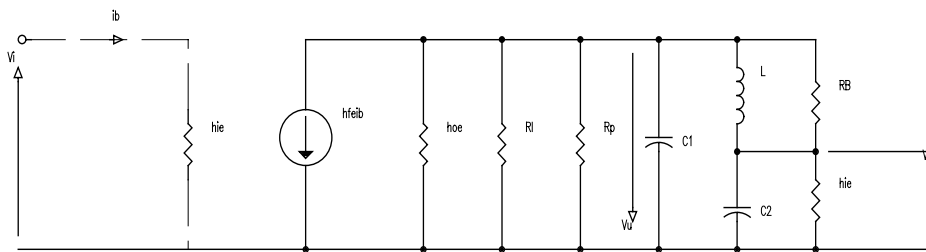
In particolare si distinguono due tipi di oscillatori:

-*oscillatore Hartley*. quando Z_{ic} e Z_{uc} sono due induttanze e Z_{iu} è una capacità;

-*oscillatore Colpitts*, quando Z_{ic} e Z_{uc} sono due capacità e Z_{iu} è un'induttanza.

In assenza di oscillazione la batteria V_{cc} alimenta direttamente il collettore, mentre la polarizzazione è garantita dalla presenza del partitore R_1, R_2 . Per assicurare la continuità del circuito a riposo, la resistenza di stabilità R_e è collegata a massa attraverso una bobina L_e , che agisce nel circuito da blocco per il segnale. In comportamento dinamico il segnale, localizzato su C_2 , viene applicato fra base ed emettitore grazie alla presenza dei condensatori C_e e C_a , di reattanza trascurabile.

Passiamo ora allo studio dinamico del circuito, tracciando lo schema equivalente differenziale.



La corrente di base I_b pilota il transistor e produce il funzionamento del generatore di corrente $h_{fe}i_b$. Il circuito mostra, come carico di collettore, una connessione complessa che può ridursi ad un collegamento parallelo fra una resistenza R_{eq} e una reattanza X_{eq} . La resistenza R_{eq} è data da:

$$R_{eq} = (1/h_{oe}) // R_L // R_p$$

in cui R_p è la resistenza rappresentativa delle perdite del circuito risonante.

Trascurando l'effetto delle resistenze R_b e h_{ie} , in parallelo rispettivamente all'induttanza e al condensatore C_2 , il circuito reattivo visto in collettore, si compone di due rami in parallelo, il primo di capacità C_1 , il secondo formato dalla bobina di induttanza L in serie al condensatore C_2 . La reattanza complessiva risulta:

$$X_{eq} = j \frac{(X_L - X_{C2})(X_{C1})}{X_L - X_{C1} - X_{C2}}$$

Il carico di collettore sarà perciò:
$$Y_{eq} = \frac{1}{R_{eq}} - j \frac{1}{X_{eq}}$$

Procedendo ora alla verifica del funzionamento, l'amplificazione in termini complessi, varrà:

$$A_v = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \frac{1}{Y_{eq}}$$

Il coefficiente di retroazione, tenendo conto del rovesciamento di fase, è dato da:

$$\beta = \frac{V_i}{V_u} = -\frac{X_{C2}}{X_{C1}} = -\frac{C_2}{C_1}$$

La condizione di Barkausen, $A\beta=1$, diverrà quindi:

$$\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \frac{1}{Y_{eq}} \frac{C_2}{C_1} = 1 \quad \text{da cui:} \quad \frac{C_2}{C_1} = \frac{h_{ie}}{h_{fe}} \left(\frac{1}{R_{eq}} - j \frac{1}{X_{eq}} \right)$$

Poichè però il primo membro dell'equazione è un numero reale, anche il secondo membro dovrà essere reale e ciò comporta necessariamente:

$$\frac{1}{X_{eq}} = 0 \quad \text{cioè} \quad X_{eq} = \infty$$

Tenuta presente la relazione della reattanza complessiva, la condizione si raggiunge per:

$$X_L - X_{C1} - X_{C2} = 0 \quad \text{cioè} \quad X_L = X_{C1} + X_{C2}$$

Questa è la condizione di risonanza che può essere ulteriormente sviluppata come segue:

$$L = \frac{1}{\omega_0} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) = \frac{1}{\omega_0} \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

L'espressione $(C_1 C_2 / (C_1 + C_2)) = C_t$ rappresenta la capacità equivalente vista dall'induttanza e coincide col collegamento serie fra C_1 e C_2 .

La pulsazione di risonanza risulta quindi:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L C_t}}$$

L'equazione fondamentale con la condizione $1/X_{eq}=0$, fornisce ancora:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{h_{ie}}{h_{fe} R_{eq}}$$

che è la condizione di innesco.

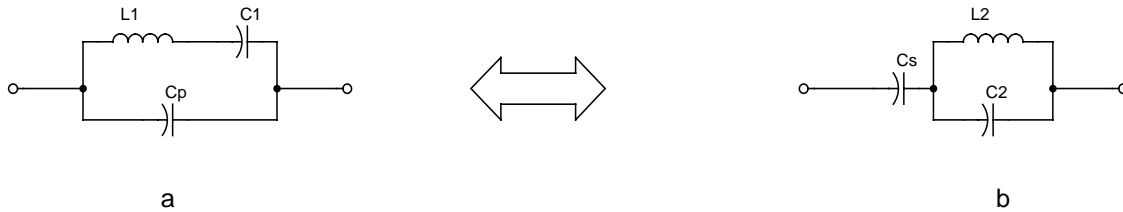
OSCILLATORE AL QUARZO

I circuiti oscillatori a risonanza hanno una *stabilità in frequenza* dipendente dal fattore di merito dei componenti impiegati. Più precisamente l'oscillatore risulterà tanto più stabile quanto maggiore è il coefficiente di risonanza del circuito, ovvero quanto più selettivo risulta. Con i componenti passivi, anche ritenendo di non caricare il circuito e supponendo di trascurare le perdite prodotte dal condensatore, il coefficiente di risonanza non può superare il fattore di merito della bobina, cioè al massimo può assumere valori compresi tra 10 e 50. L'impiego di cristalli di quarzo può consentire di realizzare circuiti con coefficiente di risonanza sensibilmente più elevato, migliorando così la stabilità in frequenza di almeno un fattore 10.

Circuiti elettrici equivalenti

La lamina di quarzo, come ogni sistema vibrante, possiede una frequenza di risonanza fondamentale propria, funzione delle sue dimensioni, risonanza pochissimo smorzata, per piccolo coefficiente di attrito interno del cristallo. La lamina perciò è equivalente ad una coppia induttanza capacità, che

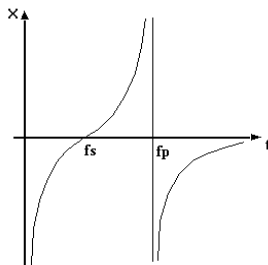
può essere espressa mediante un collegamento serie oppure parallelo. A complemento dello schema elettrico, e trascurando le perdite, vi è poi da aggiungere la capacità parassita dovuta all'effetto capacitivo proprio della lamina di quarzo.



Schemi elettrici equivalenti di un cristallo di quarzo:a)risonante serie;b)risonante parallelo

Tracciando in un diagramma l'andamento della reattanza complessiva della lamina di quarzo, si osserva la presenza di due frequenze di risonanza e precisamente:

- una frequenza di risonanza serie f_s , per $x=0$
- una frequenza di risonanza parallelo f_p , per $x=\infty$



Riferendoci al circuito equivalente del cristallo di quarzo risonante serie, si ottiene:

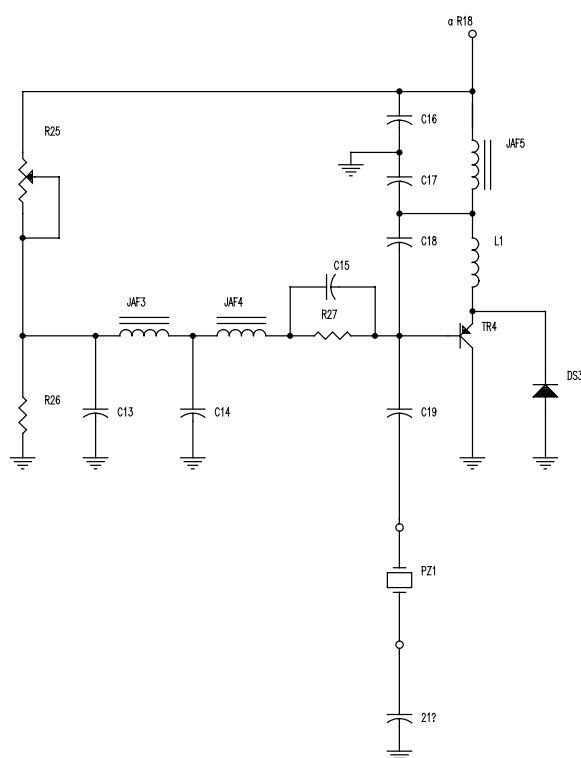
$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{L_1} \frac{C_1 + C_p}{C_1 C_p}}$$

OSCILLATORE COLPITTS QUARZATO

In questo vaporizzatore viene impiegato un oscillatore Colpitts a quarzo. Il cristallo di quarzo può essere impiegato nei circuiti oscillatori in vario modo, facendogli assumere il ruolo di induttanza oppure di capacità. Il suo impiego normale è però come elemento sostitutivo di un'induttanza, proprio perché consente il netto miglioramento del fattore di merito. Per questo dovrà funzionare ad una frequenza compresa tra f_s e f_p , perché solo in tal campo la reattanza assume valore induttivo.

Un oscillatore molto adatto risulta proprio quello di Colpitts, in cui il cristallo, che in corrente continua è anche un condensatore, può essere collegato direttamente fra base e massa. Nel nostro caso l'oscillatore in questione è realizzato tramite un transistor PNP, la cui circuitazione è la seguente:



ELENCO COMPONENTI

- R27=150 ohm 1/4 watt
- R25=2.200 ohm trimmer
- R26=1.200 ohm 5 watt
- C13=10.000 pF poliestere
- C14=22.000 pF poliestere
- C15=22.000 pF poliestere
- C16=100.000 pF poliestere
- C17=680 pF a disco 1.000 volt
- C18=22.000 pF poliestere
- C19=100.000 pF poliestere
- C21=100.000 pF poliestere
- JAF3=impedenza 100 microhenry
- JAF4=impedenza 100 microhenry
- JAF5=impedenza 100 microhenry
- DS3=diodo fast tipo BY.359 o BY.329
- TR4=PNP tipo BUW.32

Lo stadio oscillatore quarzato è praticamente composto solo da TR4-JAF5-C16-C17. La rete RC, e soprattutto la resistenza R27, serve per portare il transistor a funzionare in classe C; andando infatti a misurare la corrente di base I_b e la conseguente caduta di tensione sulla resistenza R27, si può notare che questa tende a portare il transistor in interdizione. Infatti il funzionamento di un transistor è detto di classe C quando lo stesso è sempre in interdizione e un impulso lo fa condurre. Il trimmer R25 serve per pilotare la corrente di base in modo da ricercare, in fase di taratura, la giusta tensione di polarizzazione di base in modo che il transistor riesca sempre a oscillare. Inizialmente, per garantire l'innesco perfetto dell'oscillatore, bisognerà superare di poco il valore della corrente I_b necessaria per l'oscillazione, in modo che il prodotto $A\beta$ sia maggiore di uno; appena l'oscillatore sarà innescato si ripristinerà il valore iniziale di I_b .

Il diodo DS3 svolge la funzione di diodo volano: quando il transistor TR3 passa da ON a OFF si genera una sovratensione, causata dall'energia immagazzinata nell'induttanza, che provocherebbe la distruzione del dispositivo; il diodo volano, posto in parallelo al transistor lo protegge da queste sovratensioni entrando in conduzione. Naturalmente la tensione di breakdown del diodo dovrà essere superiore alla sovratensione, contro la quale si vuole proteggere il transistor, in modo che non si distrugga a sua volta.

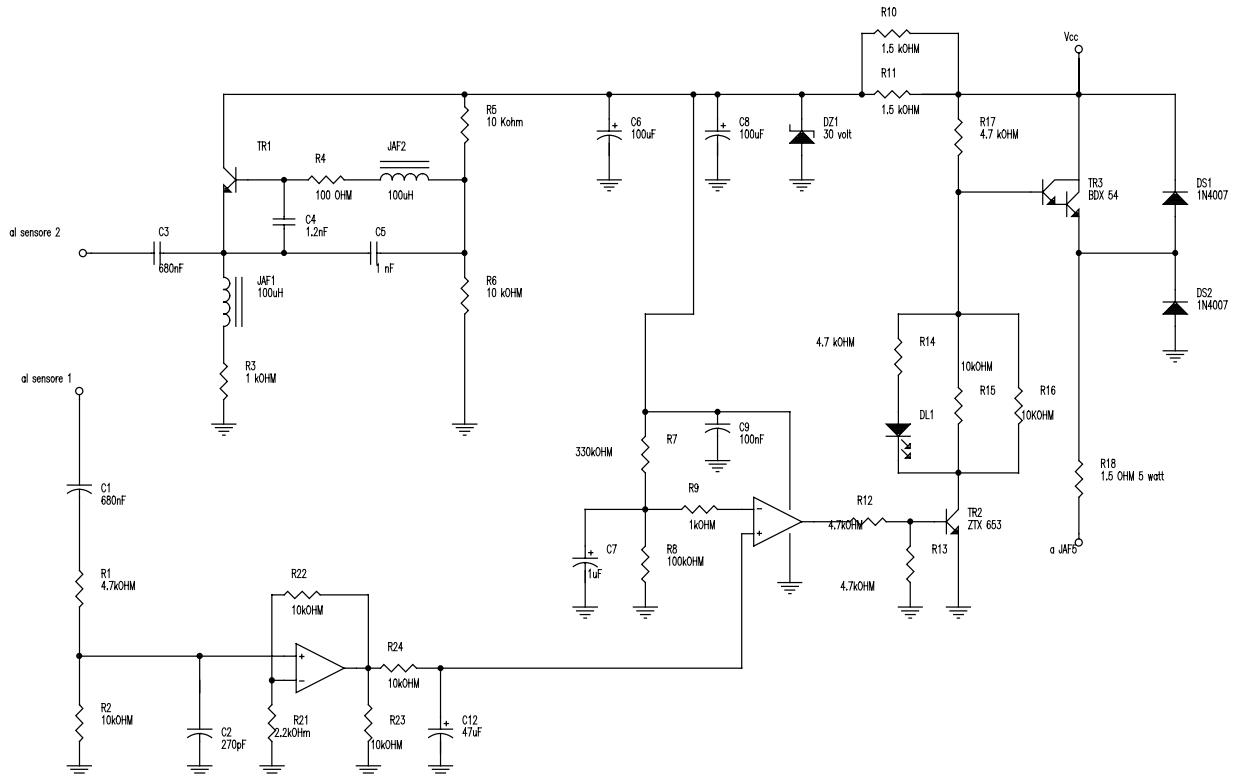
Il transistor di potenza TR4 ha le seguenti caratteristiche:

- Massima potenza dissipabile.....150 Watt
- Massima tensione VCE.....-450 Volt
- Massima corrente di collettore.....-10 Ampere
- Corrente di base I_b-5 Ampere
- Temperatura di giunzione T_j175 °C
- Temperatura di immagazzinamento.....-65 a 175 °C

Siccome questo transistor si scalderà molto, sarà opportuno, in fase di montaggio, applicarlo su di una opportuna aletta di raffreddamento; anche se dovesse raggiungere i 50 °C nn bisognerà preoccuparsi in quanto è una temperatura normale.

Come si può vedere dallo schema elettrico riportato precedentemente, l'emettitore di TR4 è collegato all'alimentazione tramite il transistor TR3, che fa parte dello stadio di protezione

STADIO DI PROTEZIONE



Lo stadio oscillatore quarzato potrebbe tranquillamente funzionare da solo, ma come è stato detto precedentemente, poiché in caso di mancanza di acqua il quarzo funzionerebbe a vuoto e si brucerebbe in pochi secondi, è stato inserito questo stadio di protezione che abilita l'oscillatore quarzato solo se è presente abbastanza acqua nella vaschetta.

La parte principale di questo stadio è costituita dall'oscillatore Colpitts classico (da non confondersi con quello quarzato) facente capo al transistor TR1. Questo oscillatore ha una frequenza di risonanza di circa 600-650kHz, che viene applicata, tramite il condensatore C3, ad un sensore (costituito da una vite in ottone) fissato nella parete, che rimane immerso nell'acqua della vaschetta. Se il liquido contenuto in quest'ultima è conduttore (acqua), il segnale contenente l'informazione della frequenza dell'oscillatore potrà raggiungere un secondo sensore (dello stesso tipo del precedente), e da qui, attraverso il condensatore C1 giungerà alla parte di circuito che ne verificherà l'esattezza.

Attraverso il partitore R1, R2 (con coefficiente di partizione pari a 0.68), questo segnale verrà filtrato da C2 (con frequenza di taglio pari a 184.5kHz -teorica-) e quindi applicato all'ingresso non invertente dell'operazionale IC1-B. Questo operazionale si trova in configurazione non invertente con un fattore di amplificazione $1 + \frac{R_{22}}{R_{21}}$ pari a 5.54; in questo modo, quando il segnale

dell'oscillatore giungerà al secondo sensore, l'operazionale IC1-B darà in uscita un livello logico alto, altrimenti darà 0 volt. Dall'uscita di IC1-B (pin 7) il segnale viene applicato all'ingresso non invertente di IC1-B (pin 3), tramite la carica del condensatore C12 (il ritardo introdotto da questa carica, serve per eliminare disturbi che farebbero commutare indesideratamente il comparatore).. Questo secondo operazionale è in configurazione di comparatore non invertente: quando la tensione sul pin 3 supera la tensione di riferimento Vref, l'uscita commuta alta; viceversa quando la tensione sul pin 3 è inferiore alla Vref l'uscita commuta bassa. E' opportuno far notare che i termini alto e basso corrispondono rispettivamente alla saturazione positiva +Vcc e alla saturazione negativa -Vcc; quest'ultima, nel nostro caso, corrisponde a 0 volt in quanto l'operazionale viene alimentato con alimentazione singola. L'integrato LM358, infatti, può essere alimentato con un massimo di 32 Vdc o con ±16 Vdc. Ritornando al funzionamento dello stadio di protezione, l'operazionale IC1-A

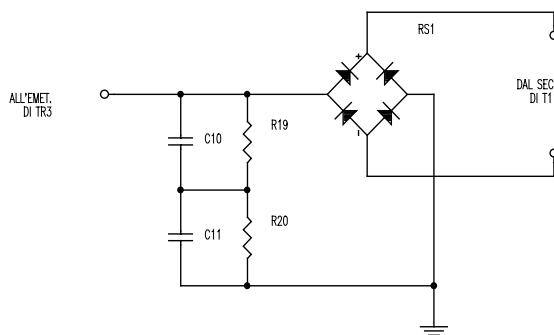
ha come tensione di riferimento circa 7 volt. Quindi quando l'uscita di IC1-B sarà a livello logico alto, anche IC1-A presenterà un'uscita in saturazione positiva; in queste condizioni, tramite il partitore R12, R13 (con fattore di partizione pari a 1.5), verrà applicata una tensione di circa 15 volt tra base e massa di TR2: quest'ultimo potrà saturare, avendo una tensione V_{be} adatta, e di conseguenza il diodo led DL1 si accenderà; sempre come conseguenza della saturazione di TR2, anche il darlington TR3, che qui svolge la funzione di interruttore elettronico, saturerà, consentendo quindi all'oscillatore di collegarsi all'alimentazione.

Supponiamo ora che il livello di acqua nella vaschetta scenda al di sotto dei due sensori: in queste condizioni il segnale prodotto da TR1 non potrà raggiungere l'ingresso non invertente di IC1-B; quest'ultimo darà quindi in uscita 0 volt, provocando la scarica di C12 attraverso la resistenza R24; la tensione all'ingresso non invertente di IC1-A scenderà quindi al di sotto della tensione di riferimento V_{ref} , il che provocherà una commutazione del comparatore a 0 volt. Il transistor TR2, non avendo tensione V_{be} applicata, passerà dalla saturazione all'interdizione provocando il conseguente spegnimento del diodo led DL1 e la conseguente interdizione del darlington TR3. All'oscillatore verrà quindi a mancare l'alimentazione e la capsula piezotite si spegnerà.

NOTAZIONI:

a) i due cavi elettrici che vanno collegati alle sonde devono essere schermati per evitare che la frequenza di 600-650kHz possa passare da un filo all'altro per via capacitiva.

b) per alimentare l'intero circuito, cioè lo stadio oscillatore e lo stadio di protezione è necessaria una tensione continua **non stabilizzata** di 55 volt circa 1 ampere, che otterremo raddrizzando, tramite un ponte di Graetz (RS1), una tensione alternata di circa 40 volt, che ci verrà fornita da un trasformatore (60 watt sec. 32 volt 2 ampere) da 20+20 (la presa centrale rimarrà inutilizzata).



c) questo trasformatore possiede un altro secondario da 12 volt che nel nostro caso non verrà utilizzato.

TARATURA INIZIALE

La taratura di questo circuito è molto semplice, ma prima di iniziare è *necessario* controllare che il circuito di protezione funzioni regolarmente. Per fare ciò bisogna seguire passo per passo le seguenti fasi:

- 1°) come prima operazione dovremo scollegare i fili che sono collegati al transistor TR4 e quelli che sono collegati alla capsula PIEZOTITE;
- 2°) colleghiamo i fili schermati ai due SENSORI di protezione;
- 3°) colleghiamo la spina di rete ad una presa da 220 volt e, a circuito alimentato il diodo led DL1 deve essere spento;
- 4°) a questo punto versiamo dell'acqua nella vaschetta e ci accorgeremo che non appena il livello raggiungerà le due viti costituenti i sensori, il diodo led DL1 si accenderà; Provando ora a togliere l'acqua ci accorgeremo che il led si spegnerà immediatamente;
- 5°) constatato che il circuito di protezione funziona, spegniamo il circuito e ricolleghiamo il transistor TR4 e la capsula PIEZOTITE alle rispettive morsettiere;

6°) poniamo il tester (2-3 volt di fondo scala, tensione continua) in parallelo alla resistenza R18 e ruotiamo tutto in senso antiorario il trimmer R25, in modo che offra la massima resistenza;
7°) accendiamo ora il circuito e versiamo dell'acqua nella vaschetta fino a superare di un centimetro il livello dei due **sensori**, quindi ruotiamo lentamente il trimmer R25 in senso orario, fino a quando, improvvisamente, l'oscillatore si innescherà e comincerà a generare vapore freddo;
8°) in tali condizioni, il tester ci dovrà indicare una tensione di circa 0.8-0.9 volt, corrispondente ad una corrente nel circuito di circa 0.5-0.6 ampere,
9°) ruotando ulteriormente il trimmer R25, aumenterà anche la corrente e la quantità di vapore generato. Non è consigliato il superamento di una tensione di **1.5 volt**, perché in tal caso si farebbe assorbire all'oscillatore una corrente superiore all' ampere.

Come si potrà notare, al variare della potenza di assorbimento e della quantità di acqua presente nella vaschetta, varierà anche la quantità di vapore generato.

Facciamo notare che quando il liquido si abbasserà di livello, all'interno della vaschetta si potrebbe vedere oltre al vapore anche una fontanella in corrispondenza del foro della capsula PIEZOTITE.

Se verseremo troppa acqua nella vaschetta, la fontanella risulterà molto meno accentuata, ma risulterà minore anche quantità di vapore generata.

ATTENZIONE: non tentare di far funzionare l'oscillatore cortocircuitando i due sensori con un filo esterno senza acqua nella vaschetta, perché la capsula PIEZOTITE si brucerà in pochi secondi!!!

GRAFICI RILEVATI ALL'OSCILLOSCOPIO

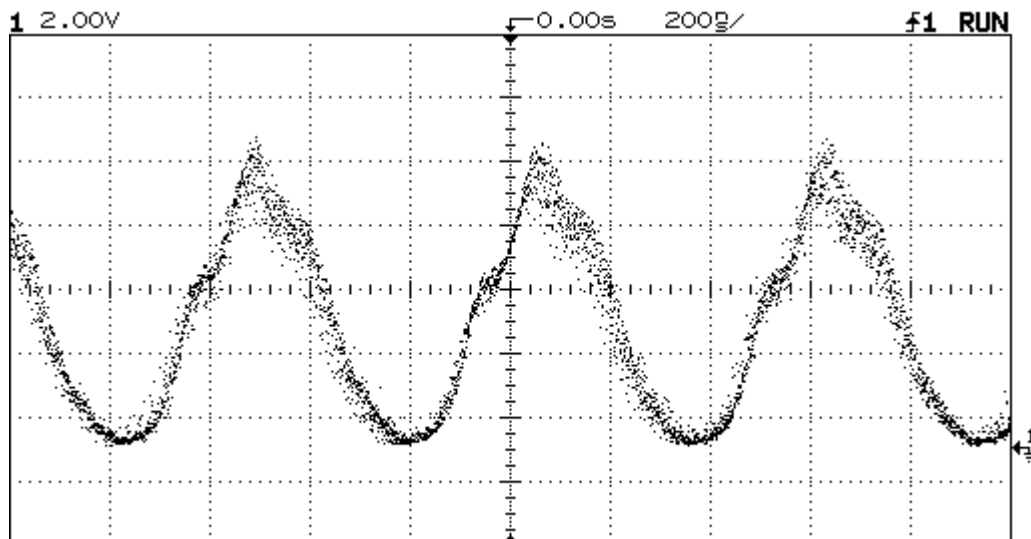


Grafico 1: rilievo dell'onda fornita dall'oscillatore TR4

f=1.7 MHz

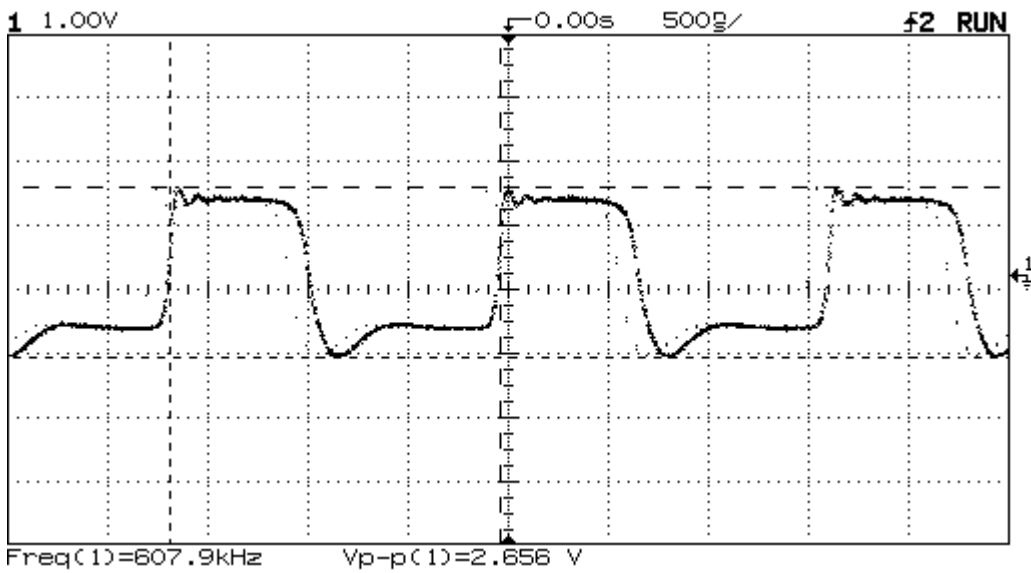


Grafico 2: rilievo dell'onda fornita dall'oscillatore TR1

BIBLIOGRAFIA

Ignazio Mendolia - Umberto Torelli

*ELETTRONICA ANALOGICA
E TEORIA DELLE RETI*

HOEPLI

NUOVA ELETTRONICA

Anno 22 - n. 140-141

Pag. 80-91

SGS

*DISCRETE POWER DEVICES
6^ EDIZIONE*

Pag. 374