

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-62/81 (1962)

A. Massarotti, M. Puglisi: UN AUTO-OSCILLATORE PULSATO PER
MISURE DI TEMPO.

Estratto dal: CNEN - RT/EL(62)73

Comitato Nazionale Energia Nucleare

A. Massarotti - M. Puglisi

**UN AUTO-OSCILLATORE PULSATO
PER MISURE DI TEMPO**

RT/EL (62)13

Laboratori Nazionali di Frascati

Roma, giugno 1962

Nella tecnica delle misure di intervalli di tempo molto brevi vengono utilmente impiegati generatori sinusoidali con frequenza particolarmente stabile, dato che questa può essere misurata con grandissima precisione. Quando si debbano misurare intervalli di tempo estremamente piccoli, e cioè dell'ordine di grandezza di poche decine di nano-secondi, si richiede che l'auto-oscillatore usato per le misure possa essere acceso da un impulso esterno e generare una tensione sinusoidale di frequenza elevata (da ~ 100 a 500 MHz) che abbia sempre la stessa fase rispetto all'impulso di comando (questo impulso definisce infatti l'origine dei tempi) e la cui ampiezza raggiunga il valore di regime in qualche ciclo.

Ovviamente la realizzazione di auto-oscillatori di questo tipo diviene sempre più difficile al crescere della frequenza di lavoro e per frequenze superiori a 500 MHz i cui circuiti a transistor ed a diodo tunnel sembrano più indicati di quelli a valvole.

In questa nota descriviamo un auto-oscillatore pulsato che può dare una tensione di 2 Volt p. p. su di un carico di 200Ω entro il campo di frequenza $150\text{-}220 \text{ MHz}$. Lo schema base di tutte le apparecchiature di questo tipo è riportato nella figura 1 e conviene discuterlo brevemente prima di descrivere il circuito reale.

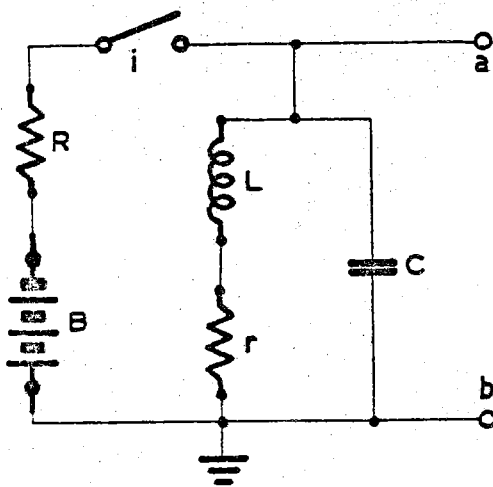


Fig. 1

In figura 1 L , r e C rappresentano gli elementi di un circuito oscillante ed il valore di r (che si suppone molto basso) serve a schematizzare le perdite del circuito stesso. R è una resistenza di valore molto maggiore di r e B la batteria.

Se si suppone che l'interruttore i sia chiuso, allora nella induttanza fluirà una corrente I definita praticamente dal valore di R e dalla tensione di batteria e quindi nella induttanza sarà accumulata l'energia

$$E = \frac{1}{2} L \frac{V_{BB}^2}{R}$$

Se ad un determinato istante l'interruttore i viene aperto bruscamente, si manifesterà tra i punti a e b una tensione definita dalla relazione:

$$V_{ab}(t) = \frac{V_{BB}}{R} \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}} e^{-\frac{\omega_0}{2Q} t} \sin \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} t \quad (1)$$

in cui $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ e $Q = \omega_0 L/r$ sono la pulsazione ed il fattore di merito caratteristici del circuito in questione.

Se il fattore di merito Q è sufficientemente elevato (basta che sia $Q > 10$) valgono le relazioni approssimate.

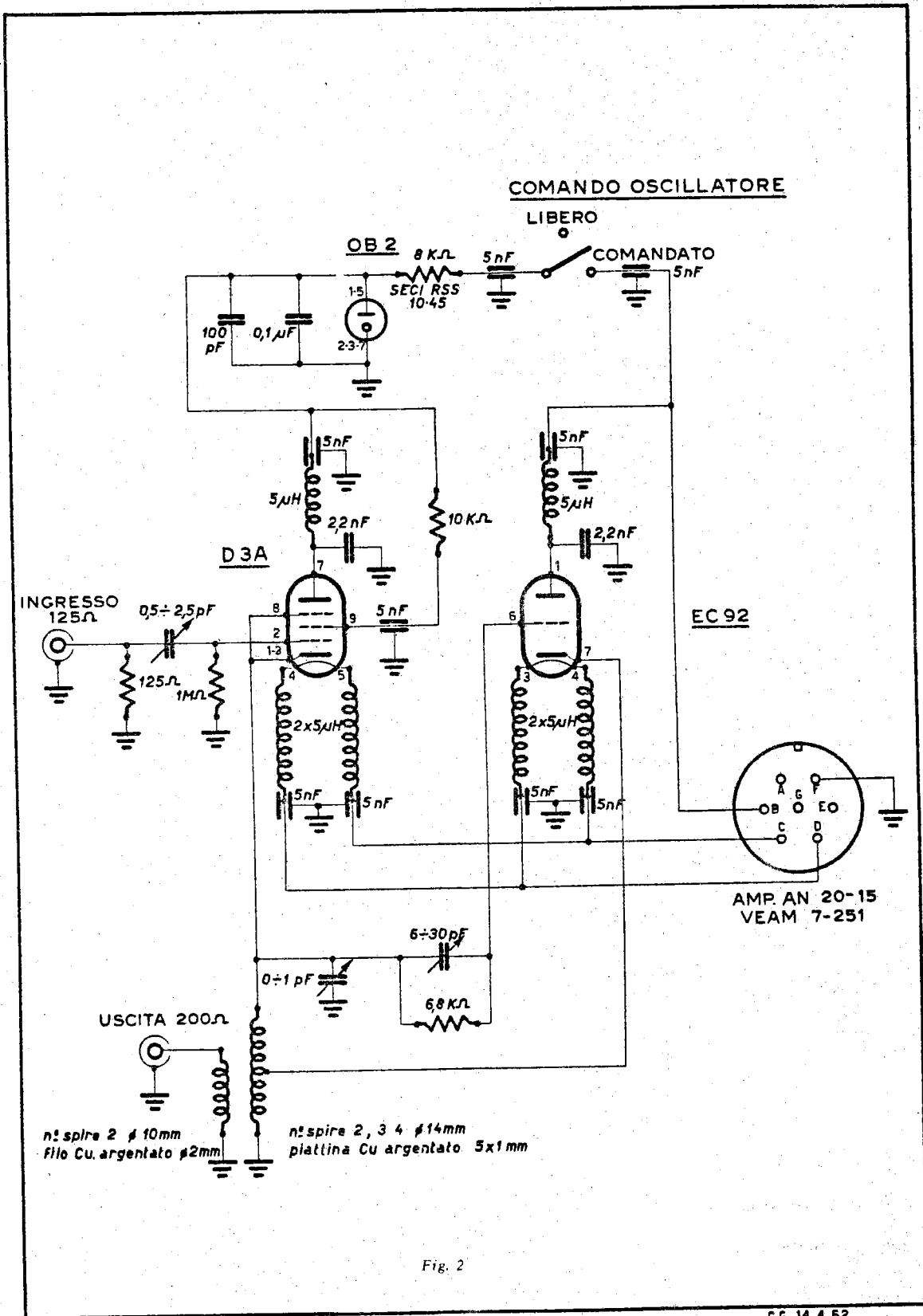
$$V_{ab} = I\sqrt{L/C} \quad \omega = 1/\sqrt{LC}$$

Come si può osservare dalla formula (1) la tensione è sinusoidale ed inizia sempre con fase zero prendendo come origine dei tempi l'apertura dell'interruttore che si suppone infinitamente rapida.

Affinché la tensione sviluppata non si atteni nel tempo, occorre connettere il circuito in questione con un tubo termoionico realizzando un auto-oscillatore e l'interruttore i può essere sostituito da un altro tubo.

Nella figura 2 è riportato lo schema costruttivo del circuito proposto. Le valvole V_2 e V_1 sono rispettivamente il tubo interruttore ed il tubo oscillatore.

In condizioni di riposo (e cioè in assenza dell'impulso negativo di comando) la valvola



V_2 è in regime di conduzione; l'induttanza del circuito oscillante viene così percorsa da una corrente continua che dipende dal punto di lavoro scelto per V_2 ed è caricata dalla resistenza equivalente catodica di V_2 pari a circa $1/G_{m2}$ oltre che dalle altre capacità presenti nel circuito.

La valvola V_1 , che è connessa ad auto-oscillatore, si trova pure ad essere percorsa da corrente continua in quanto i vari parametri del circuito devono essere scelti in modo che quando il circuito oscillante è caricato dalla valvola V_2 non sia possibile l'innesco per la valvola V_1 .

Perché questa condizione sia verificata occorre e basta che sia

$$G_{m2} + \frac{1}{rQ^2} - G_{1q} > 0 \quad (2)$$

ove G_{1q} è la conduttanza equivalente «negativa» che V_1 mette in parallelo al circuito oscillante quando la tensione a radiofrequenza è nulla.

Quando però un impulso negativo sufficientemente ampio viene ad interdire V_2 si hanno due effetti distinti e precisamente:

- I) La corrente continua dovuta a V_2 che fluiva nella induttanza si annulla e pertanto ai capi del circuito oscillante si manifesta la tensione definita dalla (1).
- II) Per effetto dello spegnimento della valvola V_2 il valore di G_{m2} va a zero e se i valori dei vari elementi sono scelti opportunamente l'espressione $\frac{1}{rQ^2} - G_{1q}$ deve risultare minore di zero permettendo l'innesco dell'auto-oscillatore.

Quindi all'atto dello spegnimento di V_2 l'auto-oscillatore si trova a partire *sincronizzato* dalla tensione dovuta alla shoc-eccitazione.

Per una buona scelta dei valori dei vari elementi nella progettazione di simili auto-oscillatori possono essere utili i seguenti criteri.

- a) La tensione di regime fornita dall'auto-oscillatore deve essere circa uguale al valore massimo della tensione dovuta alla shoc-eccitazione. Questo si riflette in genere sulla scelta della corrente continua che percorre V_2 in quanto il valore di L finisce per essere imposto dalle capacità disperse dei vari componenti.
- b) La percentuale di reazione dell'auto-oscillatore deve essere piccola per avere buona forma d'onda e perché la frequenza propria dell'auto-oscillatore sia estremamente vicina a quella della tensione dovuta alla apertura di V_2 .
- c) La costante di tempo del gruppo stabilizzante di griglia deve essere dell'ordine di pochi

periodi della tensione a radio-frequenza per permettere al tubo oscillatore di raggiungere il guadagno voluto in pochi periodi.

Se è importante che lo spegnimento delle oscillazioni avvenga in pochi periodi (3-4) allora occorre imporre una seconda condizione sulla trans-conduttanza di V_2 ; difatti, poiché il decremento dell'ampiezza delle oscillazioni in un circuito oscillante libero va come $e^{-\frac{\omega}{2Q}t}$ e d'altra parte all'atto dello spegnimento vengono a sommarsi le conduttanze G_{m2} dovuta a V_2 $G_0 = 1/Q^2r$ dovuta alle perdite del circuito e $-G_{1q}$ dovuta al tubo oscillatore, deve essere ovviamente

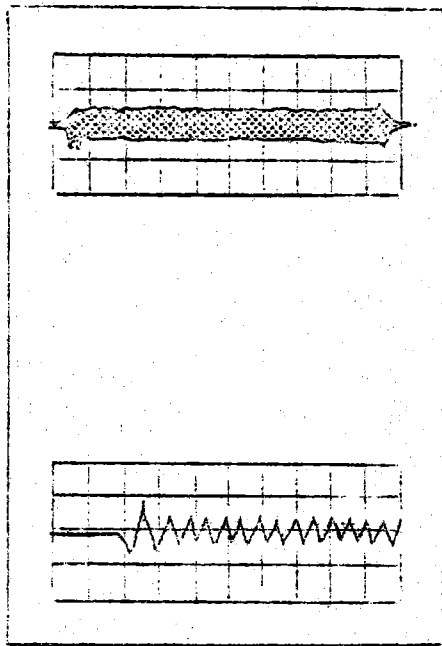
$$G_{V_2} = G_0 - G_{V_1} \geq \frac{2 \omega_0 C}{n \pi} \quad (3)$$

In cui C è la capacità totale in parallelo alla induttanza ed n il numero di periodi nei quali deve avvenire lo spegnimento. (Si considera spegnimento avvenuto quando la tensione si è ridotta come e^{-2} rispetto alla massima). Come si può verificare la relazione 3 non è molto stringente.

Se le ipotesi fatte sono sufficientemente verificate gli auto-oscillatori di questo tipo funzionano in modo soddisfacente e l'involuppo della tensione generata ha piccole oscillazioni d'ampiezza all'atto della accensione e dello spegnimento. È importante osservare che quanto più stringenti sono i requisiti sulla costanza della frequenza tanto più basso deve essere tenuto il rapporto di reazione.

Nella figura 3 sono riportate le fotografie di due oscillogrammi ottenuti con il circuito descritto.

Ringraziamo il Sig. Mario Fascetti per il notevole contributo dato alla realizzazione e alla messa a punto del circuito.



$$2552 \times = 50 \text{ nsec/cm}$$

2V_{pp}

$$3552 \times = 10 \text{ nsec/cm}$$

Fig. 3

BIBLIOGRAFIA

A. Alberigi Quaranta-B. Rispoli: *Elettronica*, Zannichelli Bologna-1960.

L. B. Arguimbau: *Vacuum-tube Circuits and transistors*. John Wiley and Sons, New York 1957.

Thomas H. A.: *Theory and Design of valve oscillators*. Chapman and Hall-London 1951.