

PUBBLICAZIONI
DELL' ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA
DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
diretto dal prof. ANTONINO LO SURDO Accademico d' Italia

N. 92

O. PICCIONI

Un nuovo circuito di registrazione
a coincidenze

BOLOGNA
NICOLA ZANICHELLI EDITORE
1943-XXI

ESTRATTO DA » IL NUOVO CIMENTO »
Serie nona - Vol. I - N. 1 - Febbraio 1943 - XXI

Bologna 2-1943-XXI - Tipografia Compositori - Viale XII Giugno, 1

Un nuovo circuito di registrazione a coincidenze (*)

O. PICCIONI

Istituto Nazionale di Geofisica del C.N.R. diretto dal Prof. A. LO SURDO

(ricevuto il 19 dicembre 1942)

Riassunto. — Mostrato come un circuito di coincidenze secondo lo schema di ROSSI peggiori le proprie caratteristiche quando si abbassi il potere risolutivo molto al di sotto di 10^{-5} secondi, si descrive un circuito di coincidenze con valvole ad emissione secondaria, adatto a lavorare con tempi di separazione anche inferiori a 10^{-6} secondi. Si studia il comportamento del circuito in base a diagrammi riportati e se ne mettono in rilievo le principali proprietà.

Per alcuni tipi di esperienze sui raggi cosmici, e per effettuare misure, in questo campo di ricerche, in tempi relativamente brevi, utilizzando gran numero di contatori, è bene o addirittura necessario che il complesso di registrazione sia dotato di un tempo di separazione o, come si dice, di un « potere risolutivo » τ molto minore di quanto è richiesto da normali apparecchiature (dell'ordine di 10^{-4} sec). La riduzione di τ può farsi — ci riferiamo al circuito di ROSSI, universalmente usato (fig. 1) — interponendo tra il contatore di GEIGER e la griglia della valvola di coincidenza una costante di tempo (resistenza di fuga di griglia per la capacità di accoppiamento) di valore abbastanza basso, facendo eventualmente precedere la valvola detta da uno stadio amplificatore.

Accade però che cercando di ottenere per τ dei valori molto piccoli ($< 10^{-5}$), il complesso registratore non offre più sufficiente garanzia per quanto riguarda la possibilità di ottenere un tempo di separazione netto e costante. Per spiegare con precisione il significato della parola « netto » riferiamoci ad un sistema di coincidenze doppie. Perchè questo sistema abbia un tempo di separazione nettamente eguale a τ , si richiede che la probabilità per un impulso ⁽¹⁾ sopravvenente su un ramo al tempo zero di dare una coincidenza con un impulso sopravvenente sull'altro ramo al tempo t ,

(*) Comunicazione fatta alla XLI Riunione della S.I.P.S. e alla XXXII Riunione della S.I.F. a Roma il 30 settembre 1942 XX.

⁽¹⁾ Qui e nel seguito ci riferiamo ai tempi degli impulsi e non delle particelle ionizzanti, per non prendere in esame la questione dei ritardi introdotti dai contatori. Vedi in questo stesso fascicolo: CONVERSI e PICCIONI.

abbia, rispetto a t , l'andamento discontinuo della curva a tratto pieno della fig. 2, cioè sia sempre eguale ad uno per $|t| < \tau$ e sempre eguale a zero per $|t| > \tau$.

Ma quanto più si realizza la registrazione in modo da avere per τ valori piccoli, tanto più si mette il complesso in condizioni di risentire delle inevitabili disequaglianze tra i vari impulsi e delle piccole variazioni nelle carat-

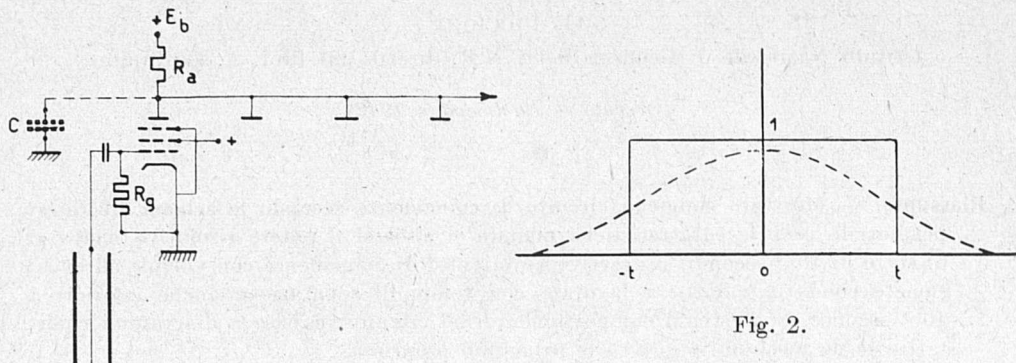


Fig. 1.

teristiche di funzionamento della registrazione, cosicchè può accadere che anche due impulsi esattamente coincidenti non abbiano probabilità eguale ad uno di dare una coincidenza registrata, mentre impulsi distanti tra loro più di τ abbiano probabilità non nulla di dare coincidenza. Al grafico rettangolare della fig. 2 si sostituisce cioè la curva tratteggiata della figura stessa, e la misura del tempo di separazione dal conteggio delle casuali ($\tau = N_c/2N_1N_2$) dà per τ un valore di media.

Questa mancanza di nettezza nel tempo di separazione è attribuibile:

- a) alla forma dell'impulso in entrata, ed alle relative fluttuazioni;
- b) alla risposta del circuito di coincidenze.

Per quanto riguarda il primo punto, una soluzione può ottenersi interponendo tra il contatore e la valvola di coincidenza un circuito egualizzatore. MAZE⁽²⁾ ha recentemente esposto una simile realizzazione; è in corso di pubblicazione una nota di M. CONVERSI ed O. PICCIONI sull'argomento. Lo scopo del presente lavoro è invece lo studio del secondo punto. Riferendoci quindi alla fig. 1, supponiamo di voler costruire un circuito di coincidenze alla ROSSI con resistenza di placca R_a di $100 \div 200 \text{ k}\Omega$ ed una tensione di alimentazione di placca $E_b = 150 \text{ V}$, per ottenere un potere risolutivo di $5 \cdot 10^{-6} \text{ sec}$. Ammettiamo di poter inviare sulle griglie impulsi o rettangolari o sufficientemente grandi in modo che la loro trasformazione per mezzo

(²) ROLAND MAZE: Thèse, Paris, 1941.

della caratteristica dinamica delle due valvole (con le griglie connesse insieme) dia una forma rettangolare come indicato dalla fig. 3.

Il comportamento ideale del nostro circuito, che supponiamo per semplicità di coincidenze doppie, sarebbe il seguente: sinchè gli impulsi sui due rami, trasformati secondo la curva di risposta, coincidono per un tratto ED , (fig. 3) l'uscita delle coincidenze dovrebbe essere di una data ampiezza AB ,

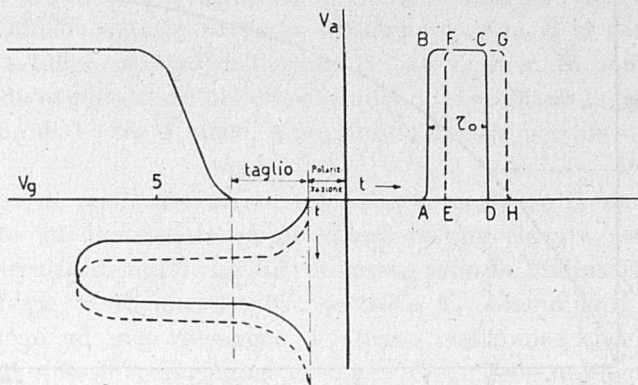


Fig. 3.

costante per qualsiasi lunghezza di ED sino a valori molto piccoli rispetto alla larghezza AD di ogni impulso. Se invece gli impulsi trasformati non coincidono, l'uscita dovrebbe essere nulla. In tal caso la registrazione avrebbe la caratteristica rappresentata dalla linea a tratto pieno della fig. 2. Ma la resistenza R_a fa in modo che l'ampiezza dell'impulso di uscita dipenda dal tempo di sovrapposizione degli impulsi all'entrata. Se infatti immaginiamo di applicare bruscamente alle griglie delle due valvole una tensione fortemente negativa, mantenendola a lungo, il potenziale di placca salirà con l'andamento esponenziale di fig. 4, la costante di tempo essendo data da $R_a C$.

C è la capacità verso massa delle placche, del circuito di utilizzazione, dei fili di connessione, ecc.; essa varia a seconda del montaggio, ma grosso modo può valutarsi sui 50 pF. Per $R_a = 150.000 \Omega$ $R_a C$ risulta quindi $\sim 7 \cdot 10^{-6}$ sec.

Per impulsi di 5 μ sec la tensione di placca raggiungerà perciò il valore V per una perfetta coincidenza, e valori decrescenti sino a zero per tempi di sovrapposizione minori. Naturalmente il circuito di numerazione agirà solo per impulsi maggiori di un certo valore, detto « soglia » o « taglio » del circuito medesimo. Se questo taglio è, per es., V_2 , sono registrate coincidenze con tempi di sovrapposizione maggiori di τ_1 , quindi il potere risolutivo, ponendo τ_0 eguale alla durata degli impulsi (5 μ sec) risulta $\tau = \tau_0 - \tau_1$.

Poichè τ_1 dipende dal valore del taglio V_2 , il tempo di separazione viene ad essere soggetto ad un'ulteriore sorgente di variazioni accidentali (oltre quelle inevitabili nei circuiti precedenti). In generale, anzi, le variazioni rela-

tive al taglio V_2 sono molto maggiori delle altre, specie se il circuito di numerazione è costituito da una valvola a gas, ed assumono il carattere di vere e proprie fluttuazioni, onde si ha come risultato la mancata nettezza nel tempo di separazione, indicata dalla curva a tratti di fig. 2.

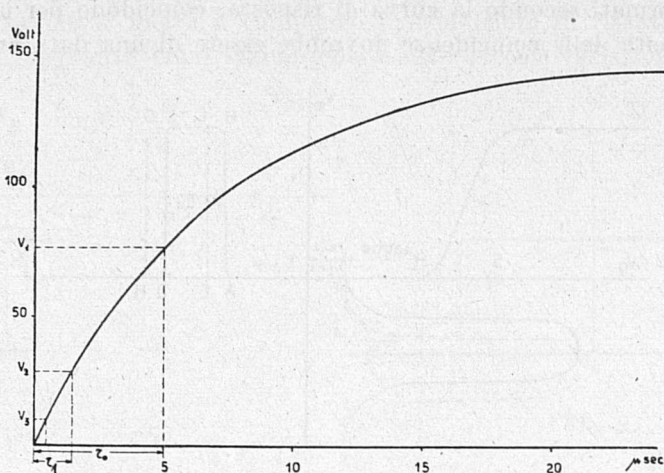


Fig. 4.

Per eliminare la dipendenza di τ dal taglio, o almeno perchè tale dipendenza sia di piccola entità, occorre che τ_1 sia piccolo in confronto a τ_0 e quindi a τ . Volendo, ad es., fare $\tau_1 = \frac{\tau_0}{10}$ il valore del taglio deve essere $V_3 = 10$ V. Questa condizione di lavoro riduce senza dubbio la dipendenza di τ dalle fluttuazioni di V_3 , ma per contro non garantisce sufficientemente la sicura esclusione delle singole. Perchè queste siano escluse in modo certo si richiede infatti che la registrazione abbia un rapporto η tra impulsi di coincidenza ed impulsi singoli (all'uscita) di qualche decina di unità, ed il circuito di Rossi è di gran lunga preferibile ad altri circuiti di coincidenza appunto perchè con esso è agevole raggiungere per η un valore come 100. Così, per es., con i valori indicati ($R_a = 150$ k Ω ; $E_b = 150$ V) gli impulsi di coincidenza per tempi abbastanza maggiori di 7 μ sec sono di 150 V e gli impulsi singoli sono $1 \div 2$ V, perciò $\eta \sim 100$. Ma volendo registrare impulsi sovrappoventisi per una durata di 0,5 μ sec, gli impulsi di coincidenza si riducono, come si è visto, a 10 V, mentre gli impulsi singoli restano eguali, perchè rimanendo per essi sempre funzionante (come suol dirsi « accesa ») una valvola, la resistenza da considerare per la carica della capacità parassita C non è R_a , ma la risultante di R_a e della resistenza interna anodica della valvola rimasta accesa in parallelo tra loro (*). Que-

(*) Il funzionamento è infatti analogo a quello per il tratto BC della fig. 9 (vedi in seguito).

st'ultima equivale a dei valori molto bassi nelle condizioni in cui si trova (punti A_1 , A_2 della fig. 11) e pertanto l'esponenziale secondo cui si caricano le placche nell'impulso singolo è di gran lunga più rapido di quello per l'impulso di coincidenza. Il rapporto η quindi, eguale circa a 100 per larghi tempi di sovrapposizione, si riduce a meno di 10 per un tempo di sovrapposizione di $0,5 \mu\text{sec}$. Considerando che differenze tra le valvole di coincidenza possono diminuire il valore di η , questa condizione non si può riguardare come soddisfacente, e tuttavia accettandola non ci si garantirebbe da fluttuazioni a lungo periodo dell'ordine del 10 % su τ . Si comprende come le condizioni divengano tanto più critiche quando si vogliono raggiungere tempi di separazione di $1 \mu\text{sec}$ o meno, e peggiorino ancora per più di due rami di coincidenza.

Allo scopo di realizzare un complesso a coincidenze in cui l'uscita non fosse ricavata su una resistenza di valore troppo elevato, è stato da me studiato il circuito di fig. 5. Le valvole usate sono le Philips EE50 ad emissione secondaria (*). In questi tubi l'elettrodo K_2 , denominato catodo secondario, dà luogo ad una riflessione del flusso elettronico che lo investe; il coefficiente di riflessione raggiunge il valore di qualche unità per opportune tensioni, e quindi la corrente circola in questo elettrodo in senso opposto a quello che si ha per una normale placca. Il funzionamento del circuito è perciò, il seguente: le valvole hanno una polarizzazione di griglia B_g , che le

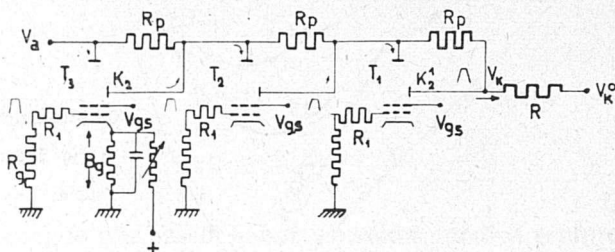


Fig. 5.

mantiene all'interdizione, e gli impulsi sulle griglie controllo sono positivi. Le resistenze R_p sono di così elevato valore ($200 \div 500 \text{ k}\Omega$) da determinare un'inapprezzabile corrente in R . Esse servono a fissare il potenziale dei vari elettrodi in condizioni di riposo. Quando si ha coincidenza degli impulsi sulle griglie, viene a stabilirsi una corrente nel circuito placche-catodi secondari come indicato dalle frecce. In mancanza di coincidenza tale corrente non può sussistere, essendo ognuna delle valvole in serie alle altre nel circuito detto. Solo per impulsi sulla valvola T_1 si ha corrente in R per impulsi sin-

(*) Lo schermo interno, collegato ai due contatti marcati con s nei dati tecnici forniti dalla ditta costruttrice, va connesso al catodo.

goli. Ma in tal caso, data la grande resistenza sulla placca, non può stabilirsi che una piccola corrente anodica, e non può aversi la moltiplicazione per riflessione, onde l'elettrodo K_2^1 si comporta come un'ordinaria placca, e la sua corrente è di senso opposto alla freccia disegnata in figura. Impulsi singoli su questo ramo danno perciò impulsi d'uscita *negativi* (e di valore assoluto minori di quelli di coincidenza). Ciò non costituisce un inconveniente, perchè è agevole costruire un circuito di numerazione (thyatron o multivibratore comandato) sensibile solo ad impulsi positivi. Naturalmente la costante di tempo della connessione tra uscita delle coincidenze ed entrata del circuito di numerazione (es. griglia del thyatron) deve essere abbastanza grande rispetto alla durata dell'impulso stesso perchè questo si trasmetta fedelmente. Si può facilmente fare questa costante di tempo qualche migliaio di volte maggiore della durata dell'impulso.

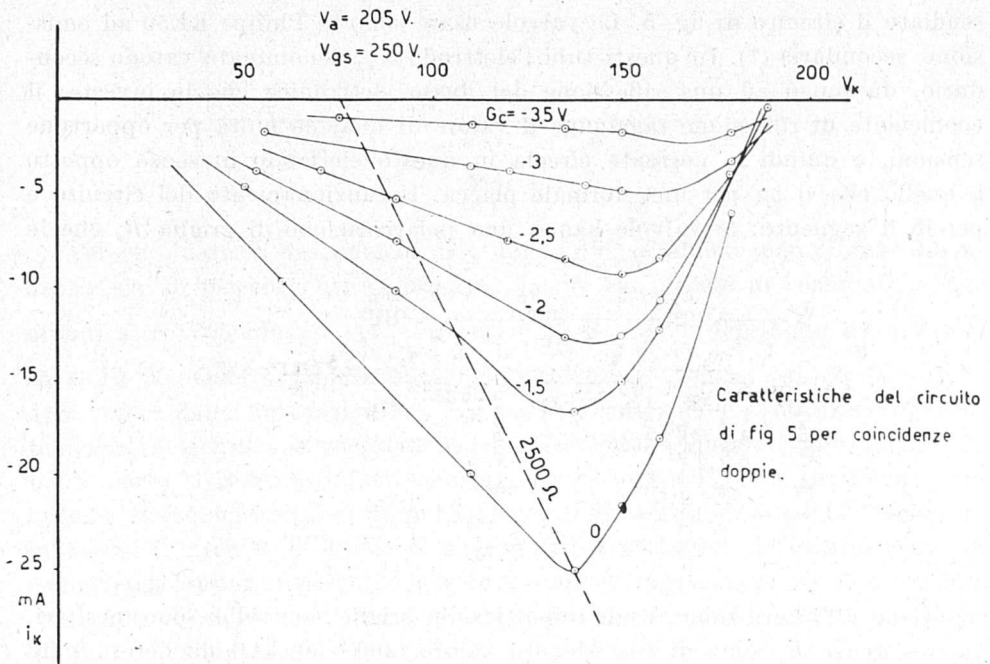


Fig. 6.

Per gli altri rami la risposta ad impulsi non coincidenti è rigorosamente nulla. Il confronto tra uscita per coincidenze ed uscita per singole è perciò estremamente favorevole, e tale fatto non dipende dalle condizioni di lavoro delle valvole, purchè queste siano oltre l'interdizione, nè risente delle differenze tra i vari tubi. Tali differenze possono influire sull'ampiezza dell'uscita per coincidenze, ma non sull'uscita per singole, che è o nulla o negativa. Si può quindi asserire che il rapporto η , considerando inefficace un impulso negativo all'uscita, è grandissimo.

Nelle figg. 6, 7, 8 (per le quali è assunto come positivo il senso della corrente entrante all'elettrodo) è riportata la corrente del catodo secondario K_2^1 in funzione del potenziale V_k di quest'ultimo per circuiti di coincidenze doppie, triple e quadruple. Non è possibile realizzare un numero qualsiasi di rami di coincidenze, perchè essendo in ogni valvola la corrente anodica maggiore della corrente del catodo secondario (*) le valvole successive a

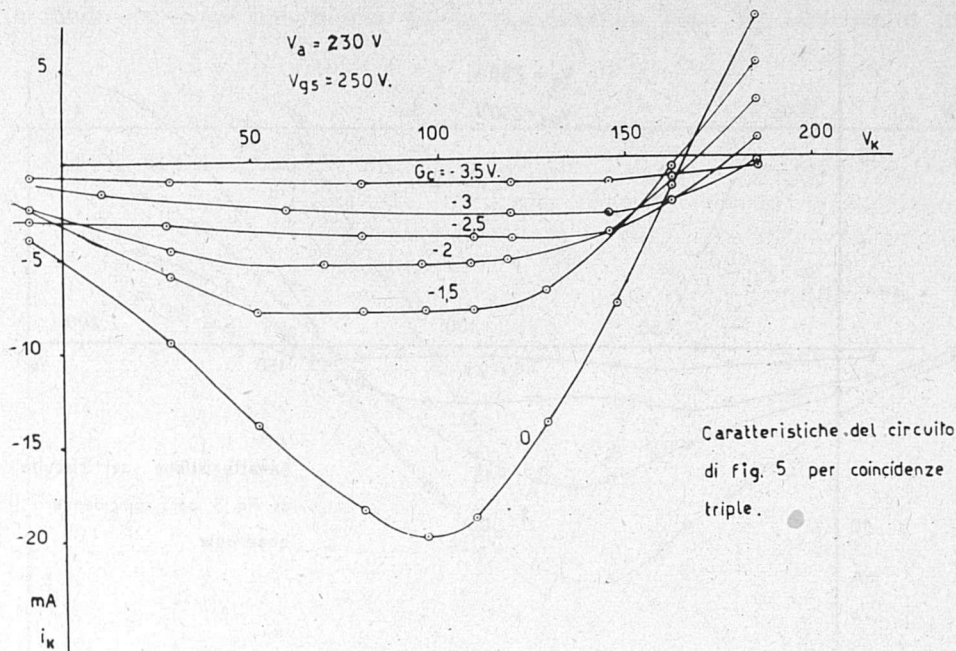


Fig. 7.

quella a potenziale più basso hanno corrente anodica sempre maggiore (**). Poichè d'altra parte la corrente anodica massima è limitata, aumentando il numero delle valvole si diminuirà il valore ottenibile per la corrente di K_2^1 . Il valore grande che può essere assunto dalla corrente anodica non va tuttavia a detrimento della vita della valvola, poichè il tempo di funzionamento — durata dell'impulso — è brevissimo.

(*) Se h è il fattore di moltiplicazione per riflessione sul catodo secondario, e se I è la corrente di flusso elettronico che dal catodo raggiunge il catodo secondario, la corrente di questo è $-I(h-1)$ e la corrente anodica Ih .

(**) Poichè accade che alcuni tubi hanno un'erogazione di corrente, con griglia controllo a zero, diversa tra loro e dal valore desumibile dalle caratteristiche fornite dalla ditta costruttrice, è bene usare per i tubi a potenziale più alto (in ordine T_3, T_2, T_1 della fig. 5) quelli ad erogazione maggiore.

L'impossibilità di avere un numero di rami di coincidenza superiore a 4 o 5 non costituisce però un pratico svantaggio del circuito, perchè è difficile che in una registrazione occorra avere un basso tempo di separazione su più di 3 o 4 rami.

Le resistenze R_1 sulle griglie sono di $2000 \div 3000 \Omega$ e servono ad appiattire opportunamente la parte superiore dell'impulso e ridurre la corrente di griglia.

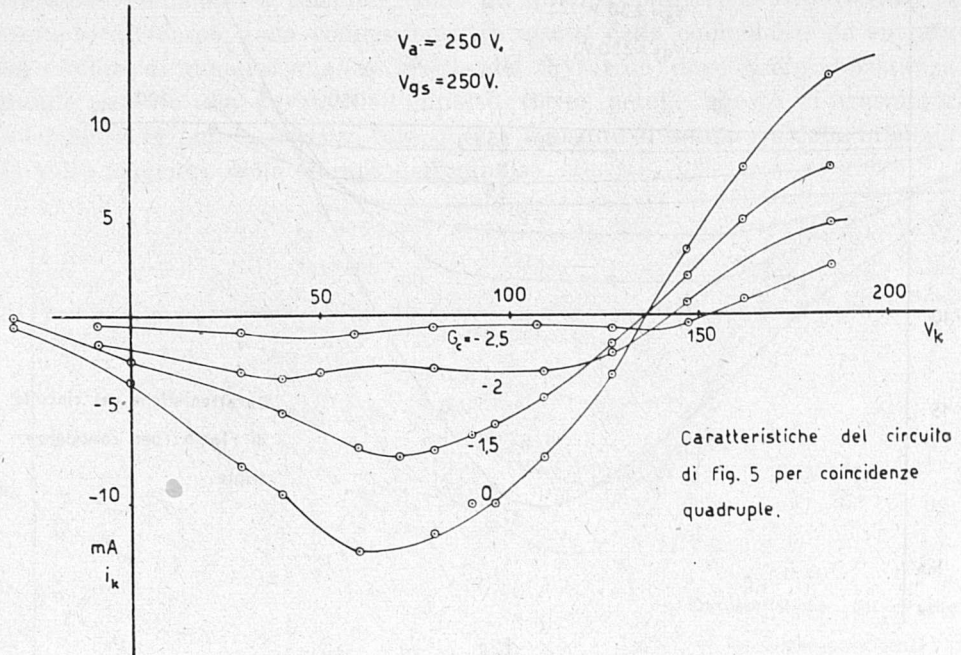


Fig. 8.

Poichè il funzionamento del circuito è del tipo in serie, per eliminare un ramo di coincidenza è necessario cortocircuitare placca e catodo secondario della corrispondente valvola con una resistenza di basso valore. Praticamente una resistenza di 1500Ω serve abbastanza bene allo scopo. Per il conteggio delle singole la disposizione detta è più che sufficiente, mentre passando, per es., da coincidenze quaduple a coincidenze triple la tensione V_k^0 non potrà essere ancora il valore ottimo. Questo però, come si è già sottolineato, non influisce sul rapporto η tra coincidenze e singole, ma solo sull'ampiezza dell'impulso di coincidenza.

La tensione B_g ricavata sul catodo è la polarizzazione di griglia. Il suo valore deve essere scelto in dipendenza dell'ampiezza degli impulsi disponibili, e del taglio che si vuol fare. A questo proposito si tenga presente che il potenziale d'interdizione, per la tensione di griglia schermo di 250 V , è intorno a -5 V .

La massima tensione di placca V_a non è affatto critica, ma è bene che non oltrepassi i 250 V; nelle curve di figg. 6, 7, 8, V_a è stata scelta di 250 V per coincidenze triple e quadruple, e di 200 V circa per coincidenze doppie, dato che questo valore dà una corrente utile più che sufficiente. Le caratteristiche delle figg. 6, 7, 8, indicano infatti che sulla resistenza d'uscita R può aversi una corrente di 25 mA per coincidenze doppie, 20 in triple, 12 in quadruple. Il valore di R può pertanto essere scelto sui $2000 \div 3000 \Omega$, in modo da avere una buona uscita. La tensione base V_k^0 sarà scelta in

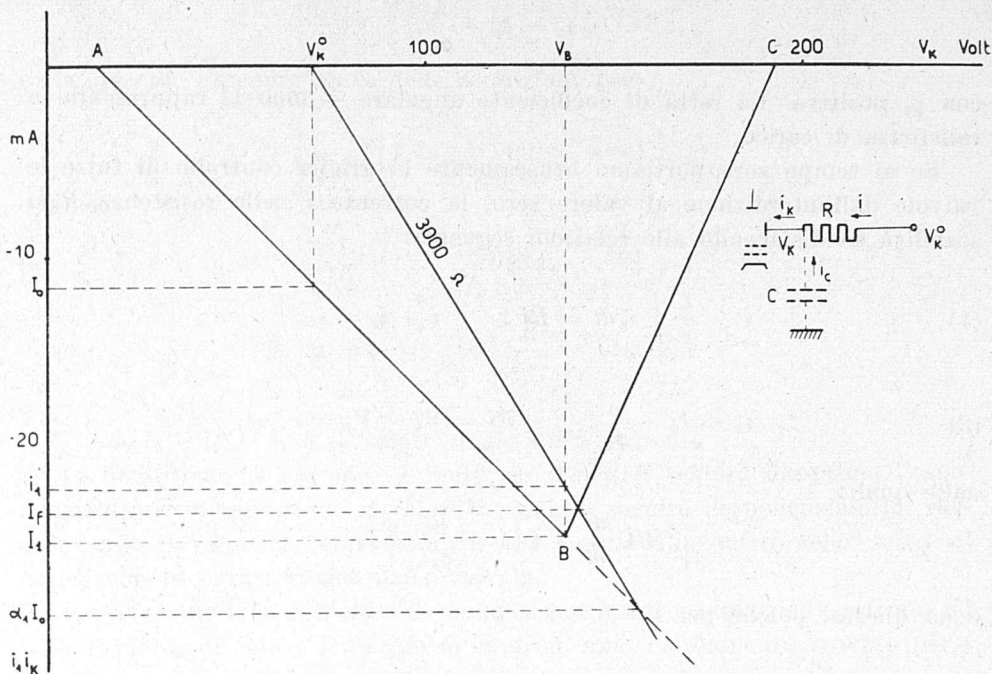


Fig. 9.

dipendenza del valore di R tracciando sul grafico la retta di coefficiente angolare $-R$. In fig. 6 è rappresentata, per es., la condizione di uscita massima con $R = 3000 \Omega$ ($V_k^0 = 70$ V). Con una resistenza di così basso valore è assicurata una grande rapidità di salita dell'impulso ai capi della resistenza R . Questa rapidità non dipende però solo dal valore della resistenza R , giacchè durante il tempo di coincidenza le valvole sono in funzionamento, e perciò in parallelo alla resistenza R è presente la resistenza interna dell'elettrodo K_2^1 , la quale, come si vede dai grafici riprodotti, può essere sia positiva che negativa. Si può facilmente mostrare come ciò non alteri sostanzialmente le cose. Non essendo necessaria un'analisi dettagliata, schematizziamo la caratteristica di fig. 6 per $G_c = 0$ nella spezzata ABC di fig. 9.

Posto allora
$$v_1 = V_k - V_k^0; \quad v_2 = V_k - V_B,$$

il lato AB sarà rappresentato dall'equazione

$$i_k = I_0 + \frac{v_1}{\rho_1},$$

in cui ρ_1 è la resistenza interna (negativa) dell'elettrodo K_1^2 relativamente ad AB . Il lato BC sarà analogamente rappresentato dall'equazione

$$i_k = I_1 + \frac{v_2}{\rho_2},$$

con ρ_2 positiva. La retta di coefficiente angolare -3000Ω rappresenta la resistenza di carico.

Se al tempo zero portiamo bruscamente la griglia controllo di tutte le valvole dall'interdizione al valore zero, la corrente i nella resistenza R si stabilirà soddisfacendo alle relazioni seguenti:

$$(1) \quad \frac{1}{C} \int_0^t i_c dt = Ri; \quad i + i_c = i_k,$$

$$(2) \quad i_k = I_0 + \frac{v_1}{\rho_1}; \quad Ri = V_k^0 - V_k = -v_1,$$

dalle quali:

$$RC \frac{di}{dt} + i \left(1 + \frac{R}{\rho_1} \right) = I_0$$

e da questa, poichè per $t = 0$ è $i = 0$,

$$(a) \quad i = \alpha_1 I_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\alpha_1 RC}} \right),$$

dove

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \frac{R}{\rho_1}} = \frac{R\rho_1}{R + \rho_1} / R > 1, \quad (\rho_1 \text{ è negativa})$$

e la costante di tempo che figura nell'esponenziale

$$\alpha_1 RC = \frac{R\rho_1}{R + \rho_1} C = R_P C$$

è determinata dalla risultante R_P di R e ρ_1 in parallelo tra loro. Per $|\rho_1| > R$, α_1 è positiva, mentre per $|\rho_1| < R$, α_1 è negativa e la (a) rappresenterà una curva ad andamento divergente anzichè una curva asintotica come per $\alpha_1 > 0$.

Dopo l'istante \bar{t} in cui V_k ha raggiunto il valore V_B , e quindi i il valore i_1 , l'equazioni alle quali soddisfa i sono le (1) e le

$$i_k = I_1 + \frac{v_2}{\rho_2}; \quad v_2 = -R(i - i_1),$$

mentre le condizioni per $t = \bar{t}$ sono

$$i = i_1; \quad i_k = i + i_c = I_1.$$

Si ha perciò

$$RC \frac{di}{dt} + i \left(1 + \frac{R}{\rho_2}\right) = I_1 + i_1 \frac{R}{\rho_2}$$

e da questa, tenendo conto delle condizioni per $t = \bar{t}$,

$$i = \alpha_2 (I_1 - i_1) \left(1 - e^{-\frac{t-\bar{t}}{\alpha_2 RC}}\right) + i_1,$$

o anche

$$(b) \quad i = (I_f - i_1) \left(1 - e^{-\frac{t-\bar{t}}{\alpha_2 RC}}\right) + i_1,$$

dove

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 + \frac{R}{\rho_2}} = \frac{R\rho_2}{R + \rho_2} / R < 1$$

e $I_f = \alpha_2(I_1 - i_1) + i_1$ è il valore finale della corrente i .

In definitiva, la corrente i nella resistenza R seguirà dapprima l'esponenziale (a), raggiungendo il valore i_1 , quindi seguirà l'esponenziale (b) raggiungendo il valore I_f corrispondente al punto d'incontro della retta di carico con la caratteristica della valvola.

Per avere un'idea dell'effetto che ha la resistenza interna dell'elettrodo K_2^1 sulla rapidità di salita dell'impulso confrontiamo l'andamento trovato per i con l'esponenziale di costante di tempo RC e di valore finale I_f

$$(c) \quad i = I_f \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right).$$

Per il primo tratto (i compreso tra 0 e i_1) vediamo che l'esponenziale (c) inizia con la derivata $\frac{I_f}{RC}$, mentre l'esponenziale (a) inizia con la derivata $\frac{I_0}{RC}$.

È pertanto conveniente che I_0 non sia molto inferiore ad I_f .

Per il secondo tratto (i compreso tra i_1 e I_f) confrontiamo, a parità di i , le derivate della (b) e della (c); abbiamo rispettivamente

$$\frac{I_f - i}{\alpha_2 RC} \quad e \quad \frac{RC}{I_f - i},$$

il rapporto tra le quali, $\frac{1}{\alpha_2}$, è sempre maggiore di uno.

L'andamento di i nel 2° tratto è perciò sempre più ripido dell'esponenziale a costante di tempo RC . Scegliendo per V_k^0 un valore non troppo basso, per non avere un corrispondente valore di I_0 troppo piccolo, il circuito di fig. 5 risponderà quindi alla coincidenza con una costante di tempo che può essere poco minore o maggiore di RC . C è alquanto minore della corrispondente capacità nel circuito di ROSSI, essendo relativa ad un solo elettrodo. Sarebbe complicato tener conto delle capacità relative alle placche e ai catodi secondari delle valvole T_2, T_3, \dots . Osserviamo solo che in tali

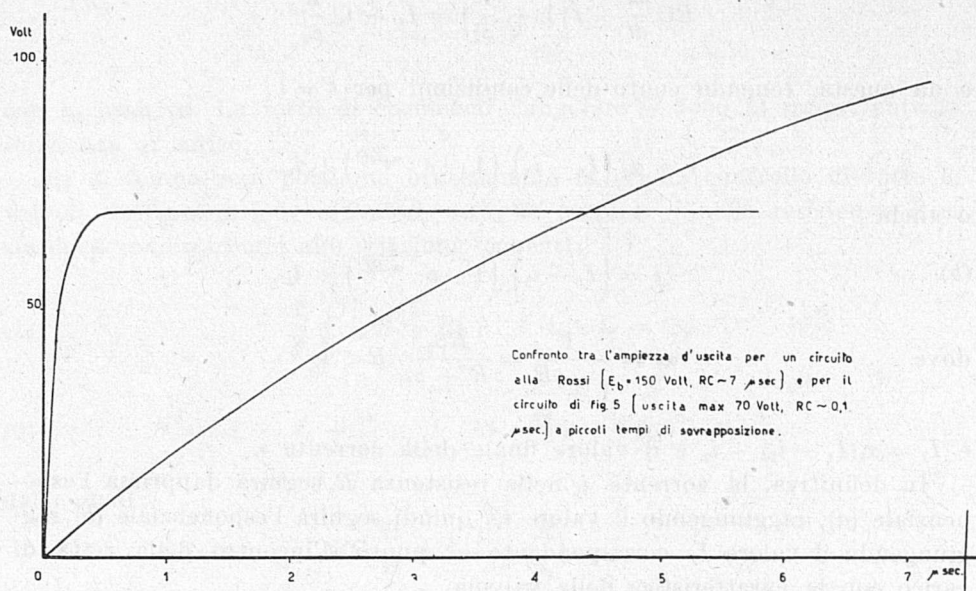


Fig. 10.

elettrodi, l'impulso di tensione alla coincidenza è minore dell'impulso su $K_{\frac{1}{2}}$ e che la corrente è maggiore di quella su $K_{\frac{1}{2}}$. È da ritenere pertanto che la costante di tempo sia essenzialmente data da RC . C si potrà assumere, grosso modo, sui 30 pF (*). Per $R = 2000, 3000 \Omega$, RC è circa 10^{-7} sec.

La fig. 10 dà il confronto tra l'uscita in funzione del tempo di sovrapposizione per un circuito alla ROSSI ($RC = 7 \cdot 10^{-6}$ sec, $E_b = 150$ V) ed il circuito di fig. 5: si vede chiaramente la convenienza del circuito « in serie » per registrazioni a basso tempo di separazione. Tale convenienza è rafforzata dalle considerazioni sul rapporto η tra impulsi di coincidenza ed impulsi singoli che abbiamo fatto precedentemente.

(*) Poichè le resistenze R ed R_p debbono sopportare una piccola potenza, è bene farle di dimensioni più ridotte possibili, allo scopo di far più piccolo possibile C . Lo stesso dicasi per R_1 e R_g .

A proposito delle curve di fig. 10 potrebbe sorgere il dubbio che il circuito di numerazione non possa essere comandato da impulsi troppo brevi, ad es. aventi una durata di $0,1 \mu\text{sec}$. È stato da noi provato sperimentalmente che una valvola a gas Philips 4686 è comandata da impulsi di circa $2 \cdot 10^{-7}$ sec. Una maggior garanzia può essere in ogni modo fornita dall'uso di una valvola EE50, come sarà descritto nel citato lavoro di CONVERSI e PICCIONI in corso di pubblicazione.

Come altre particolarità del circuito in questione notiamo che le valvole lavorano all'interdizione, il che presenta alcuni vantaggi: il consumo dell'alimentazione anodica è ridotto ad un'entità trascurabile, con beneficio apprezzabile per le registrazioni complesse; possono essere introdotte resistenze di disaccoppiamento e di filtraggio (con opportune capacità derivate a massa) nei circuiti di placca e griglia schermo senza che le tensioni di alimentazione vengano abbassate; il punto di lavoro della valvola può essere scelto comunque oltre l'interdizione, in modo da effettuare un taglio grande come si vuole sugli impulsi in entrata. Ambedue queste possibilità sono fortemente limitate nel circuito alla ROSSI, in cui le valvole lavorano con griglie controllo prossime allo zero, con forte corrente di griglia schermo.

Vogliamo infine notare che il circuito di fig. 5 si presta assai bene alla costruzione di registrazioni complesse. L'impulso in entrata è infatti dello stesso segno di quello all'uscita, e si possono quindi disporre successivi stadi di coincidenza senza l'uso di valvole invertitrici, che possono introdurre ritardi diversi nei vari rami; per tali realizzazioni poi la notevole rapidità di salita dell'impulso uscente è una caratteristica veramente preziosa.

Appendice.

Il valore della resistenza anodica R_a in un circuito alla ROSSI non può essere fatto molto minore di quanto abbiamo posto nell'esempio a cui ci siamo riferiti nella discussione fatta sopra. Si deve però osservare che spesso si usa farlo più grande di quanto sia necessario. Riteniamo perciò utile mostrare un semplice modo per stabilire i valori ottimi di R_a e di E_b (fig. 1).

In fig. 11 sono riportate le caratteristiche corrente anodica-tensione anodica delle valvole di coincidenza, nella forma più idonea al funzionamento del circuito. Tali caratteristiche non sono quelle reali, ma sono leggermente deformate per rendere più chiaro il disegno. La retta di carico R_a dà, per una determinata polarizzazione della griglia controllo, il punto di lavoro di una valvola sola, o come dire quando le altre sono all'interdizione per effetto dell'impulso negativo sulla griglia. Quando su due valvole è assente l'impulso, la corrente nella resistenza R_a è doppia di quella indicata dalle caratteristiche, il che equivale ad avere posto per R_a una resistenza doppia. Il punto di lavoro di ognuna delle due valvole sarà quindi dato dalla retta $2R_a$; così dalla retta $3R_a$ per tre valvole, ecc. Naturalmente, quando tutte le val-

vole sono all'interdizione il punto di lavoro è in B . Ne consegue che per un circuito di coincidenze doppie l'ampiezza degli impulsi singoli è eguale a V_s , mentre l'ampiezza degli impulsi di coincidenza è eguale a V_a . D'altra parte si vuole sempre che la risposta del circuito abbia un andamento tale che la parte inferiore dell'impulso entrante non porti una variazione sensibile del potenziale di placca, cioè che il circuito sia in condizione di « tagliare », come mostra la fig. 3, che può, qualitativamente, considerarsi ricavata sulla retta $2R_a$ della fig. 11.

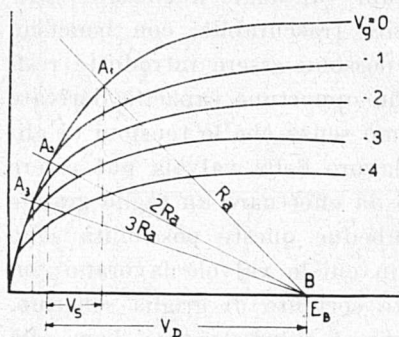


Fig. 11.

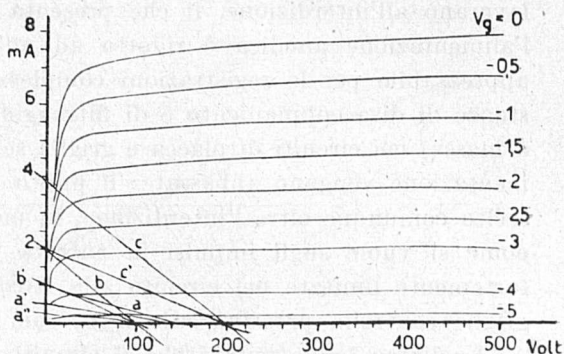


Fig. 12.

Per realizzare le due condizioni di un alto rapporto $\eta = \frac{V_a}{V_s}$ e del taglio la fig. 11 mostra che la polarizzazione è bene sia zero o quella minima data dalla resistenza di griglia, e che occorre scegliere opportunamente i valori di E_b e R_a . Una volta fissato E_b , gli impulsi singoli V_s sono tanto minori quanto maggiore è la resistenza R_a , ma si deve tener conto del fatto che quanto maggiore è questa, tanto più vengono ridotti gli impulsi di coincidenza, per piccoli tempi di sovrapposizione, a causa della costante di tempo $R_a C$. Fissato invece il valore di R_a , la tensione E_b deve essere scelta in modo che il punto A_1 si trovi il più basso possibile. È immediato che diminuendo E_b il punto A_1 si sposta verso il basso, ma d'altra parte E_b non può essere fatta troppo piccola se si desidera avere un'uscita soddisfacente. Per mostrare come in pratica si giunga agevolmente ad un compromesso, sono riportate in fig. 12 le reali caratteristiche della valvola 6J7.

I valori $E_b = 150$ V, $R_a = 150.000$ Ω (rette a, a' per coincidenze doppie) danno un rapporto η sul centinaio di volte (in figura è difficilmente apprezzabile) ed un taglio di circa 2 V (il punto di lavoro rimane praticamente immutato per V_g variabile tra 0 e -3 V, e la polarizzazione di griglia, se questa è collegata al catodo attraverso la resistenza R_a , può valutarsi a circa -1 V). Rispetto a queste condizioni, una resistenza di valore doppio (300.000 Ω) con la stessa tensione E_b (rette $a'a''$), non migliora il rapporto η perchè anche se gli impulsi singoli diminuiscono, quelli di coinci-

denza, per piccoli tempi di sovrapposizione, sono ridotti a metà per il doppio valore di $R_a C$.

È invece accettabile una resistenza di 50.000Ω con $E_b = 100 \text{ V}$ (rette b, b'), sopportando una piccola diminuzione del taglio, in vista della riduzione della costante di tempo $R_a C$. Tale condizione è da ritenere conveniente per bassi tempi di separazione. Con la stessa resistenza di 50.000Ω un valore di 200 V per E_b (rette c, c') peggiorerebbe il rapporto η (riferendosi alla polarizzazione $V_p = -1 \text{ V}$) ed annullerebbe quasi il taglio.

La discussione è stata condotta per coincidenze doppie, ma è chiaro che le migliori condizioni per coincidenze a più rami sono le stesse che per coincidenze doppie.