

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-61/49 (5. 9. 61)

Laboratorio di Elettronica: CARATTERISTICHE DI COMPONENTI E DI
STRUMENTI ELETTRONICI.

Nota interna: n° 92
5 Settembre 1961

CARATTERISTICHE DI COMPONENTI E DI STRUMENTI ELETTRONICI

a cura del Laboratorio di Elettronica

Introduzione.

Verranno passate in rassegna le caratteristiche essenziali di componenti e di strumenti investigati dal Laboratorio negli ultimi mesi. Questa nota non vuole essere un rendiconto di attività, ma si propone di divulgare le esperienze acquisite dal Laboratorio. Nella maggior parte dei casi verranno riportate solo le caratteristiche essenziali di componenti e di strumenti: il Laboratorio è a disposizione di chiunque desiderasse ulteriori dettagli.

1.- Componenti passivi

1.a - Resistenze.

Sono state investigate resistenze di vario valore e di bassa potenza (0.25 - 0.5 W). Si è trovato che in generale le resistenze di alto valore ($\geq 1 \text{ K}\Omega$) sono capacitive, ossia equivalgono ad una resistenza in parallelo ad una capacità (dell'ordine del picofarad). Le resistenze di basso valore ($\leq 50 \Omega$) sono invece induttive, ossia equivalgono ad una re-

sistenza con in serie una induttanza (compresa tra i 10^{-7} e i 10^{-8} H). Resistenze intorno ai 100 ohm presentano un comportamento optimum sotto questo aspetto. Quanto sopra è valido fino a circa 250 Mc.

Sono state effettuate varie prove su resistenze da 125 Ω da usarsi per terminazioni di cavi coassiali. Le resistenze normalmente impiegate per tale scopo (SECI) si sono dimostrate sufficientemente buone; non si consiglia l'uso di resistenze a disco Metallux che sono risultate fortemente capacitive (≈ 2 pF). Sono state reperite sul mercato resistenze a film depositato (Filmresistor - Inc.) adatte per terminazioni coassiali: non sono stati notati componenti reattivi fino a frequenze dell'ordine dei 500 Mc. A tali frequenze l'influenza dei connettori è già apprezzabile.

1.b - Condensatori.

Per bloccare dei segnali rapidi verso massa si consiglia l'uso di condensatori passanti o feed-through; in genere se si desidera impiegare condensatori di elevato valore ($\geq 0.05 \mu\text{F}$) è consigliabile disporre in parallelo un condensatore di valore minore, per eliminare gli effetti di induttanze parassite.

1.c - Induttanze.

Sono state reperite sul mercato delle induttanze di buona qualità, con valori susseguentesi secondo la stessa progressione delle resistenze commerciali. E' a disposizione inoltre un formulario (EL 355) che permette il calcolo dell'induttanza di varie configurazioni. Si osservi a questo proposito che in circuiti nei quali avvengano commutazioni di corrente (transistor, diodi tunnel), l'induttanza dei collegamenti può essere molto nociva al corretto funzionamento del circuito. A titolo di esempio, un filo della lunghezza di 10 cm e di 1 mm di sezione, equivale a circa 0.1 μH ; questo comporta una sovratensione di 1 volt con un impulso di corrente con penden-

za di 10 mA/nsec.

1.d - Cavi Coassiali.

Sono state eseguite misure su vari cavi coassiali; in generale i valori trovati altrove⁽¹⁾ sono stati confermati. Per il cavo più in uso (RG 63 U - 125Ω) esiste inoltre un grafico (EL 351) che permette la determinazione del ritardo e del tempo di salita per una qualunque lunghezza assegnata di cavo. Il Laboratorio è in grado di misurare impedenze caratteristiche di cavi coassiali con una precisione dell'1%. E' stato reperito inoltre sul mercato un cavo da 130 ohm, di dimensioni ridotte da usare all'interno di circuiti. Non si consiglia l'uso di questo cavo per percorsi lunghi, dato che le perdite sono piuttosto elevate.

1.e - Connettori Coassiali.

Sono state controllate le misure eseguite a Brookhaven⁽²⁾ sui connettori da 125 ohm. Il connettore è risultato equivalente ad un tratto di cavo da 125 ohm con in parallelo una capacità concentrata di circa 0,1 pF. Questo limita l'uso di questi connettori a frequenze inferiori a 0,15 kMc ($1,5 \cdot 10^8$ c/s).

2.- Semiconduttori.

2.a - Diodi.

Il laboratorio è in grado di misurare tempi di recupero (fino a circa 1 nsec) e capacità (fino a 0.1 pF). Si riportano le caratteristiche dei nuovi diodi reperiti:

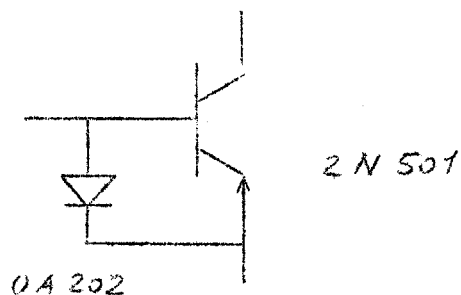
(1) - UCRL (Berkeley) Counting Handbook

(2) - R.M. Sugarman - BNL - Report - 500 (I - 25)

Nome	Mat.	Uso	Corr. a 1V Diretto(mA)	Max Tens. inc. (Volt)
1G50	Ge	Lento	100	50(x)
1G51	Ge	Lento	200	75(x)
HD-5000	Ge	Molto Rapido (°)	5	10
FD-100	Si	Rapido(+)	10	50
0A-202	Si	Lento	30	150

Note: (x) - Sostituiscono con vantaggio gli 0A5.
 (°) - $t_r \approx 0.5$ nsec
 (+) - $t_r = 2$ nsec

Si consiglia in genere l'uso di un diodo protettivo tra base ed emitter di un transistor rapido. Questa precauzione è in genere molto efficace e riduce considerevolmente il numero di transistor che si guastano per involontarie sovratensioni. Lo schema tipico è il seguente



2.b - Transistor.

Il laboratorio è in grado di misurare frequenze di taglio (f) fino a circa 1.000 Mc e tempi di storage fino a circa 1 nsec. Si riportano qui le caratteristiche dei principali transistor ritrovati.

Dato il costo relativamente alto di alcuni tipi, lo si riporta.

NOME	Mat	Tipo	f_t Mc	t_s ns (x)	min	P_{max} 45°C mW	I_c max mA	V_{EB} max Volt	V_{CE} max Volt	Costo Lire
2N501	GE	PNP	90	50	20	25	50	2	12	3.750
2N502	"	"	220	30	9	25	--	0.5	20	7.350
2N700	"	"	800	12	4	50	50	0.2	20	9.035
2N768	"	"	170	35	25	26	100	1.5	10	4.538
2N769	"	"	900	35	25	26	100	2	12	10.816
2N1143	"	"	250	70	10	100	100	0.5	25	10.200
2N1385	"	"	=400 mc	35	20	200	100	2	25	25.394
M1 -Q12	"	"	300	30	10	100	12	1	20	4.500
AFZ - 12	"	"	600(?)	80	--	50	10	--	25	3.000
2N702	Si	NPN	150	40	20	500	50	5	25	13.900
2N705	Ge	PNP	200	45	25	70	50	3,5	15	15.390
2N706	Si	NPN	400	40	20	160	--	3	20	6.250

(x) - Vedi nota a pag. 7.

Si noti che due grandezze definiscono il comportamento dei transistor per impulsi rapidi. Il primo parametro (f_T) definisce il comportamento del transito in regime lineare: f_T infatti è la frequenza per la quale il guadagno in corrente del transistor ($\beta = \Delta I_c / \Delta I_B$) si riduce a 1. t_s è invece il parametro più importante di un transistor che sia stato saturato.

Transistor a valanga (avalanche)

L'interesse per transistor di questo tipo è dato soprattutto dal fatto che essi sono in grado di fornire impulsi molto ampi e rapidi (tipicamente a 20 volt in qualche nanosecondo). I tipi consigliati attualmente dal laboratorio sono i seguenti:

ASZ23 PNP 5 V/nsec

2N706 NPN 5 V in meno di 0.5 nsec

Pare che il 2N636 del quale si sta aspettando l'arrivo di alcuni esemplari, sia ancora migliore.

Il laboratorio non consiglia l'uso di transistor tipo 2N501, 2N769 in regime di avalanche; esaurienti esperienze fatte in proposito hanno dimostrato infatti che in questo regime di funzionamento il transistor ha una vita limitatissima (poche ore).

2.c Diodi Tunnel.

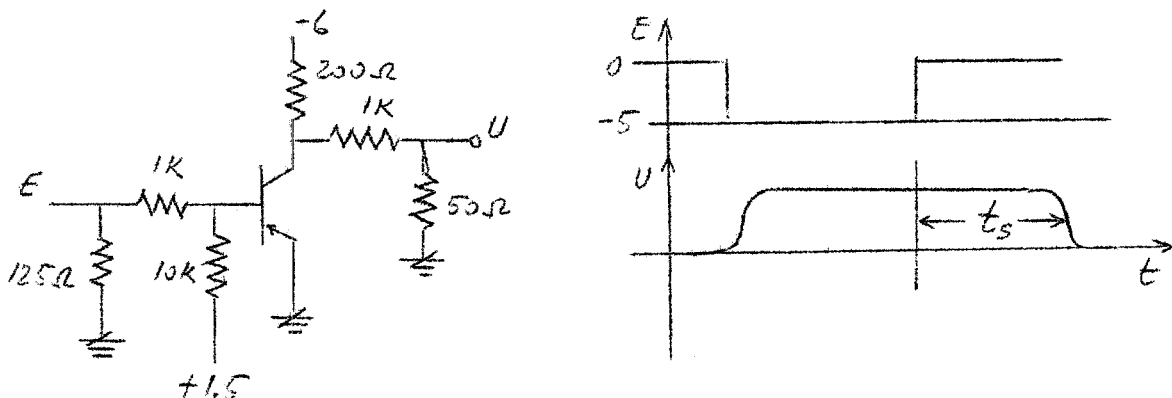
Il laboratorio è in grado di misurare capacità fino a 0.1 pF e tempi di commutazione fino a 0.7 nsec. La relazione

$$t_c = \frac{2}{I_p} C V_v$$

permette in genere di predire il valore del tempo di commutazione entro un 10%. Vengono riportate le caratteristiche dei principali diodi impiegati:

Nome	I_p (mA)	C (pF) ⁽¹⁾	t_c (nsec)
T1925	1	12	9
T1976	5	65	9
1N2941	5	24,5	3,5
1N3128	5	12	1,7
1N3129	20	12	0,4

(x) Misurato col circuito di fig. 2



Il numero riportato nella tabella è stato ottenuto come media su tre transistor. Dato che la grandezza in questione varia notevolmente sia coi parametri del circuito che da transistor a transistor dello stesso tipo, il valore di t_s surriportato va preso solo come indicativo delle caratteristiche del transistor in regime di saturazione. Il laboratorio è naturalmente in grado di eseguire misure sotto condizioni circuitali diverse o statisticamente più significative.

(1) Il valore indicato per C è il risultato di una media eseguita su dieci diodi e rappresenta perciò un valore tipico. La capacità di un diodo scelto a caso può scostarsi anche di un fattore 2 dal valore surriportato.

2.d - Valvole.

Sono state reperite sul mercato delle valvole di dimensioni ridottissime (nuvistor):

Nome	Tipo	g_m (mA/V)	$C_{in}+C_{out}$ (pF)	W_a (Watt)
7586	triode	11	6	1
7587	pentode	11	8,4	2,2

E' disponibile inoltre una valvola ad emissione secondaria (7548) simile elettricamente alla EFP60 ma che fornisce impulsi più rapidi e soprattutto con caratteristiche di lunga vita (10^4 ore).

3.- Strumenti elettronici di produzione commerciale.

3.a - Oscillografi.

Gran parte delle misure surriportate sono state possibili grazie all'uso del sampling in possesso del Laboratorio. Lo strumento (Hewlett - Packard Mod. 185 A) è molto flessibile: 0.7 nsec di salita, 2 canali verticali con sensibilità variabile tra 3 mV/cm e 2 V/cm, e si è dimostrato sufficientemente reliable.

Il 519 è ormai ben noto alla maggioranza degli sperimentatori (0.27 nsec t.d. salita - 9 V/cm). Il laboratorio ha in progetto la costruzione di un probe e di un amplificatore che rendano lo strumento più flessibile. Si sottintende che il tempo di salita verrà aumentato di un fattore 10 o 20.

Da tempo è reperibile sul mercato una serie di oscillografi di buona qualità ma di costo ridotto (\$ 500 - 600; Tektronix Mod. 560 - 561) con bande passanti dell'ordine del megaciclo.

Per gli oscillografi più comuni (541, 543, 545, 551, 555) sono usciti dei nuovi plug-in: i tipi più interessanti sono un preamplificatore a 4 tracce e un preamplificatore tipo operazionale.

Il Laboratorio ha inoltre finito il progetto di un plug-in che permette la osservazione delle caratteristiche statiche di diodi o transistor sull'oscillografo stesso. Lo strumento non vuole essere uno strumento di precisione (per questo è a disposizione il 575), ma è stato progettato soprattutto per provare la bontà o meno di un componente.

3.b - Generatori di impulsi.

La produzione commerciale non segnala novità di rilievo. Sono state eseguite prove sugli impulsatori a mercurio di normale impiego (SELO GI - 41). Il tempo di salita trovato è stato di circa 0.3 nsec.

3.c - Attenuatori.

Gli attenuatori a 125Ω sono stati valutati: si è trovato che in genere essi introducono riflessioni di qualche percento e che posseggono un tempo di salita proprio dell'ordine del nanosecondo.

3.d - Tester.

Tra la produzione commerciale il tester più flessibile è stato trovato il Simpson mod. 270, che permette la inversione dei contatti con una manopola ed è inoltre dotato di uno specchio per eliminare gli errori di parallasse.

3.e - Alimentatori per transistor.

Oltre ai tipi ben noti (Hewlett e Packard mod. 321 e Cele mod. AS/919) è stato collaudato con esito favorevole la alimentatore mod. GAT 10/20 della SELO (+ 10V/2A - 20V/2A).

3.f - Misuratore d'impedenze.

Il laboratorio dispone da qualche mese dello RX - Meter mod. 250-A della Boonton Radio Corporation. Questo strumento è destinato soprattutto a misure di impedenze a varie frequenze. Può essere tuttavia utilizzato anche per eseguire misure di capacità di elementi non-lineari (diodi), di frequenze di

taglio di transistor ecc. Le caratteristiche essenziali dello strumento sono le seguenti: intervallo di frequenze misurabili 0.35 - 250 Mc. Precisione 1%. Sensibilità per condensatori 0.1 pF, per induttanze 1 nH (10^{-9} H).

4.- Strumenti elettronici costruiti dal Laboratorio.

I principali strumenti elettronici costruiti dal Laboratorio sono i seguenti:

- a) Un gate lineare rapido per il Laben
- b) Discriminatori rapidi vari a diodi tunnel
- c) Coincidenza rapida a diodi tunnel
- d) Caratteristigrafo per transistor
- e) Misuratore di tempi di recupero per diodi
- f) Misuratore di tempi di commutazione per transistor
- g) Misuratore di tempi di commutazione per diodi tunnel
- h) Plug-in a impedenza costante (125) per 581.

4.a - Gate lineare.

E' un gate lineare seguito da un allungatore - formatore. Lineare entro il 3%, il gate accetta impulsi negativo di ampiezza fino a 25 Volt, 10 - 80 nsec di durata. L'uscita varia corrispondentemente fra 0.5 e 8 Volt positivi, 3 μ sec di durata. L'impulso che comanda l'apertura del gate dev'essere negativo, ampio 25 Volt su 125 ohm e con una durata compresa tra 10 e 80 nanosecondi.

Il circuito impiega 10 transistor (5 OC44 + 5 OC 141) ed è alimentato con + 10 e - 10 volt.

E' attualmente allo studio un generatore di impulsi di gate transistorizzato di caratteristiche idonee allo strumento precedente.

4.b - Discriminatori rapidi a diodi tunnel.

Ne sono stati progettati e costruiti diversi, con diverse caratteristiche. Tutti discriminano impulsi negativi di qualche decimo di volt (si possono facilmente riprogettare per im

pulsi di segno opposto), con frequenze di ripetizione fino a 10 - 20 Mc.

Un tipo è stato progettato per produrre impulsi atti a comandare le coincidenze del CELE.

Un secondo tipo produce impulsi di durata ben definita e variabile entro larghi limiti (10 - 100 nsec).

Un terzo tipo infine, produce impulsi di piccola ampiezza (0.25 Volt) ma di durata molto breve (≤ 1 nsec a mezza altezza).

La definizione in tempo di tutti questi discriminatori è dell'ordine di 5 nsec.

4.c - Coincidenza a diodi tunnel.

E' finita la messa a punto del prototipo di coincidenza a diodi tunnel. Le caratteristiche essenziali di questa coincidenza, che è la terza elaborata dal Laboratorio, sono le seguenti:

Discriminatori in ingresso con soglia regolabile tra 0,1 e 2 Volt.

Ordine della coincidenza: 1,2 o 3

Max. affollamento in ingresso: 20 Mc.

Uscita: 5 Volt positivi o negativi su 125 ohm.

Max. affollamento in uscita: 1 - 2 Mc.

Potere risolutivo con 6810A e Co⁶⁰ (scintillatori grandi): 5 nsec max (semilarghezza a metà altezza).

Alimentatore + 10 e - 10.

4.d - Caratteristigrafo per transistor.

Come già accennato, lo strumento è progettato in modo da mostrare le caratteristiche di collettore di un transistor su di un oscillografo di impiego comune.

4.e, 4.f, 4.g - Misuratori tempi di recupero e di commutazione per diodi, diodi tunnel e transistor.

Come già accennato, questi strumenti possono misurare le

grandezze in questione fino a 0.7 nsec. Il limite è dettato principalmente dall'oscilloscopio impiegato per effettuare le misure.

4.h - Plug-in a impedenza costante (125 ohm) per 581.

V. nota interna n° 76.