Polarizzazione e stabilizzazione di stadi a emettitore comune: calcolo programmato sulla calcolatrice tascabile SR-56

Luigi Felizzi

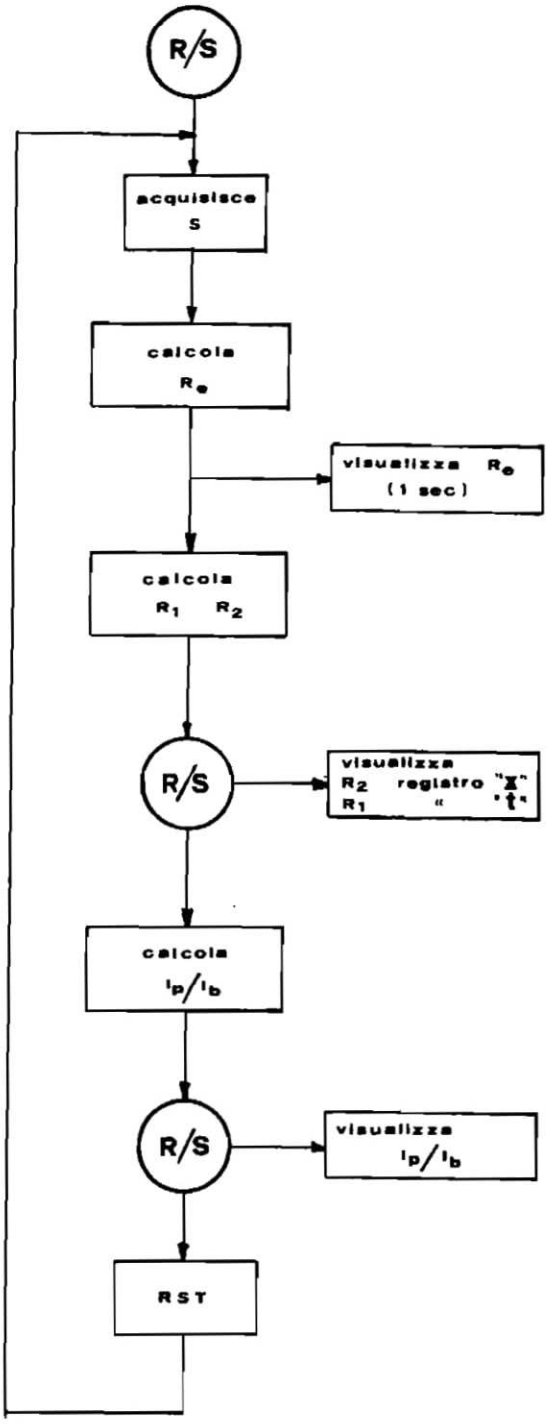
Considerazioni introduttive

Nell'ambito di uno stadio amplificatore, in generale, vi sussiste — com'è noto — una condizione statica connessa ai livelli di alimentazione (polarizzazione) e una condizione dinamica connessa al livello del segnale utile.
Per quanto riguarda il calcolo della condizione dinamica si fa riferimento alla ampiezza dei segnali utili in gioco. In generale si ricorre al « metodo grafico » per i segnali di ampiezza relativamente elevata. Si ricorre invece al « metodo analitico », basato sui parametri differenziali, nel caso che i segnali in gioco abbiano un'ampiezza relativamente modesta.
Tutto ciò vale sia per l'elettronica del vuoto che per quella dello stato solido. Nel caso dei circuiti transistorizzati, a causa di particolari fenomeni fisici tipici, necessita anche l'attitudine alla « stabilità » della condizione statica dello stadio, particolarmente legata alla polarizzazione della base e dell'emettitore. L'instabilità si manifesta come una più o meno sensibile variazione della corrente di collettore che potrebbe assumere anche entità pericolose. In sede di dimensionamento bisogna quindi prendere le adeguate contromisure.
La configurazione circuitale praticamente soggetta a instabilità è, purtroppo, quella a emettitore comune: la più frequente. I transistori più critici sono quelli al germanio piuttosto che quelli al silicio. Gli stadi quelli di potenza piuttosto che quelli a basso livello.
Può accadere quindi che uno stadio, in apparenza convenientemente dimensionato per ciò che riguarda l'amplificazione, non lo sia affatto per ciò che riguarda la stabilità.
Lo scopo di queste note è quello di fornire una programmazione dei calcoli, relativi alla valutazione della stabilità, anche in sede di ottimizzazione del progetto, atta all'impiego su una calcolatrice elettronica programmabile tascabile (SR - 56 della Texas Instruments).
Il calcolo, per ogni assegnato valore del **« fattore di stabilizzazione S »**, introdotto di volta in volta come parametro variabile (e di un certo parametro « n » che vedremo), fornisce i valori della resistenza di emettitore R_e, delle resistenze del partitore di polarizzazione R_1 e R_2 e del rapporto tra le correnti I_p e I_b (vedasi figura amplificatore).
I calcoli, sebbene non difficoltosi, sono alquanto laboriosi, ripetitivi e quindi fonte di possibili errori. Con la calcolatrice opportunamente programmata è invece possibile compilare rapidamente e con sicurezza « tabelle » del tipo riportato nel prosieguo. Queste consentono di scegliere con cognizione di causa i valori degli elementi di polarizzazione che meglio si conciliano con lo stato dinamico desiderato e con un conveniente regime di stabilità.
Si tratta evidentemente di ben sedici soluzioni complete dello stesso problema, una per ciascuna delle sedici righe orizzontali delle due tabelle. Ciascuna soluzione si ottiene in pochi secondi, contando anche il tempo manuale per la trascrizione!

Lista del Programma

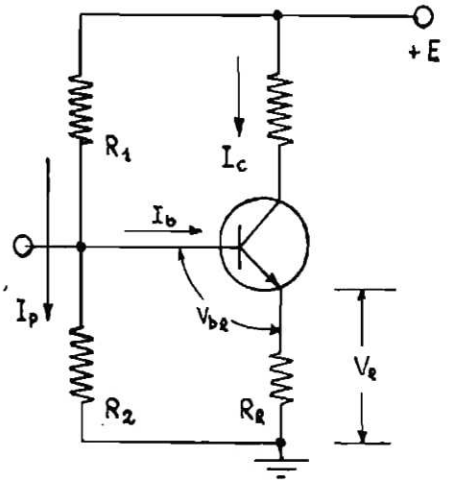
00	33	STO	50	94	=
01	03	3	51	33	STO
02	34	RCL	52	08	8
03	00	0	53	34	RCL
04	54	+	54	00	0
05	34	RCL	55	64	x
06	01	1	56	34	RCL
07	94	=	57	04	4
08	33	STO	58	54	+
09	07	7	59	34	RCL
10	54	+	60	08	8
11	34	RCL	61	94	=
12	05	5	62	33	STO
13	94	=	63	03	3
14	59	'pause	64	32	x ⇆ t
15	59	'pause	65	34	RCL
16	64	x	66	00	0
17	34	RCL	67	64	x
18	02	2	68	34	RCL
19	64	x	69	04	4
20	52	(	70	54	+
21	01	1	71	52	(
22	74	-	72	34	RCL
23	34	RCL	73	00	0
24	03	3	74	74	-
25	53	)	75	34	RCL
26	54	+	76	08	8
27	52	(	77	94	=
28	34	RCL	78	33	STO
29	03	3	79	09	9
30	74	-	80	41	R/S
31	34	RCL	81	34	RCL
32	02	2	82	00	0
33	94	=	83	64	x
34	33	STO	84	34	RCL
35	04	4	85	02	2
36	34	RCL	86	54	+
37	05	5	87	52	(
38	54	÷	88	34	RCL
39	34	RCL	89	09	9
40	02	2	90	84	+
41	64	x	91	34	RCL
42	34	RCL	92	03	3
43	04	4	93	53	)
44	84	÷	94	54	+
45	34	RCL	95	34	RCL
46	06	6	96	05	5
47	84	÷	97	94	=
48	34	RCL	98	41	R/S
49	07	7	99	00	RST

Diagramma di flusso



Note

- R_e compare per 1 sec
- R_2 " sul registro "x"
- R_1 " " " "t"
- I_p/I_b termina il ciclo



Dati di partenza (da memorizzare)

E = Tensione di alimentazione

$n = \frac{E}{V_e}$ = $\frac{\text{Tensine alimentazione}}{\text{Tensione emettitore}}$

$\beta = h_{FE}$ = Beta del transistore

I_c = Corrente di collettore

V_{be} = Tensione base-emettitore

Criteri di orientamento relativi al progetto

S = Fattore di stabilizzazione; ordine di accettabilità intorno a 10

S	=	3	stabiliz. ottima
S	=	10	" buona
S	=	50	" scarsa

Più elevata è la potenza in gioco nello stadio, migliore deve essere la stabilizzazione.

V_e = Tensione di emettitore; ordine di accettabilità intorno ad 1/10 di E; quindi

$n = \frac{E}{V_e}$ = 10 (aumentando questo rapporto, cioè diminuendo V_e e quindi R_e, diminuisce la stabilità e viceversa.

I_p = Corrente nel partitore $R_1 - R_2$; all'aumentare di I_p aumenta la stabilità "S" però aumenta anche l'assorbimento dissipativo e diminuisce l'impedenza di ingresso dello stadio; vale il viceversa.
Ordine di accettabilità $I_p = 10 \cdot I_b$; cioè $I_p/I_b = 10$

V_{be} = Tensione base-emettitore circa 0,2 ÷ 0,3 germanio
" " " " 0,6 ÷ 0,7 silicio

Procedura pratica dell'elaborazione

La calcolatrice fornisce i valori di $R_e - R_1 - R_2$ e del rapporto I_p/I_b in funzione del valore di "S" assegnato di volta in volta sulla tastiera.

Dopo ogni calcolo di quaterna completa (pochi secondi) la calcolatrice è subito pronta per il successivo calcolo di una altra quaterna previa assegnazione di un nuovo "S".

Ad ogni buon fine è opportuno tenere presenti le seguenti "Istruzioni per l'utilizzatore".

Istruzioni per l'utilizzatore

1) **Accendere la calcolatrice**
2) **Caricare il programma (vedasi "Lista del programma")**
3) **Caricare le memorie (vedasi "Dati di partenza")**
4) **Togliere i decimali ('fix 0)**
5) **Assegnare il desiderato valore di "S"**
6) **Procedere al calcolo (vedasi "Diagramma di flusso"):**

R/S a) compare per un secondo circa il valore di R_e
b) " fisso sul registro "x" il valore R_2
c) " " " " "t" " " R_1
R/S - " " " " "x" " " I_p/I_b

Nota: Memorizzando un diverso valore di "n" si ha un diverso valore di R_e che resta nuovamente fisso al variare di "S" e quindi anche delle altre tre grandezze calcolate.

Esempi di calcolo

Si prendano in considerazione i seguenti calcoli già eseguiti adatti per esercitazione e controllo nello studio di questa programmazione

S	R_e Ω	R_1 Ω	R_2 Ω	I_p/I_b
2	180	1.490	209	106
4	"	4.486	643	35
6	"	7.507	1.097	21
8	"	10.549	1.574	15
10	"	13.613	2.074	11
12	"	16.701	2.600	9
14	"	19.812	3.154	8
25	"	37.349	6.810	4

Dati di partenza noti immessi nelle memorie:

E = 9 V	STO 0
n = 10	STO 1
β = 100	STO 2
I_c = 0,005 A	STO 5
V_{be} = 0,2 V	STO 6

Variando il valori di "n" (da 10 a 8) si ha

S	R_e Ω	R_1 Ω	R_2 Ω	I_p/I_b
2	225	1.546	270	99
4	"	4.652	828	33
6	"	7.778	1414	20
8	"	10.923	2030	14
10	"	14.087	2.678	11
12	"	17.271	3.360	9
14	"	20.474	4.073	7
25	"	38.457	8.859	4

Dati di partenza noti immessi nelle memorie:

idem (come sopra)

n = 8 STO 1

Considerazioni conclusive

Tabelle del tipo indicato inducono a ragionamenti in termini di compromesso per ottenere l'ottimizzazione del circuito. Procedure secondo questi criteri appartengono alla buona progettazione.
Il calcolo del regime dinamico potrebbe essere del pari programmato (si vedano i documenti originali della calcolatrice), i due programmi però non potrebbero coesistere. Il lavoro proposto satura infatti la possibilità di elaborazione automa-

tica della macchina. L'ottimizzazione del progetto completo di amplificatore dovrebbe essere fatta almeno in due tempi, dopo la compilazione di tabelle anche per il regime dinamico (nel caso dell'uso dei parametri differenziali).
Con una calcolatrice più potente le due procedure potrebbero assumere configurazione di segmenti di un unico programma.
E' evidente in ogni caso che, una volta programmata la calcolatrice, si possono elaborare con elevata rapidità lunghe tabelle del tipo sopra riportato, per vari valori di « S » e di « n ». Resta quindi più facile verificare su di esse quale dimensionamento dinamico fornisce — comparativamente — migliori prestazioni (amplificazione, stabilizzazione, rendimento, realizzabilità, ecc.).
Come opinione personale sento di dover dire che il discorso dell'elaborazione elettronica dei calcoli deve entrare sia nel campo amatoriale che nella routine ordinaria del tecnico e dello studioso (o studente) di radioelettronica.
Le calcolatrici sopra dette hanno prezzi che diminuiscono malgrado l'inflazione, accessibili al professionista. Una volta entrati in un certo ordine di idee il lavoro e lo studio si semplificano e la qualità migliora. ✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲✲