

## AMPLIFICATORI LOGARITMICI

Un amplificatore logaritmico ha una tensione di uscita proporzionale al *logaritmo* del segnale in ingresso, ovvero

$$V_o \propto \log V_i \quad (5-1)$$

Un amplificatore logaritmico, per funzionare bene, deve avere il suo elemento non lineare, diodo o transistoro, con funzione logaritmica. Per un diodo, la caduta di tensione sui suoi capi ( $V_D$ ) in funzione della corrente che lo attraversa è essenzialmente data dalla relazione

$$V_D = A \log (I) \quad (5-2)$$

ove la costante  $A$  è data dalle proprietà fisiche del diodo.

Per la realizzazione di amplificatori logaritmici pratici, si preferisce utilizzare in genere dei transistori piuttosto che dei diodi, come è evidenziato nello schema del circuito di un *amplificatore logaritmico a transdiodo* (fig. 5-11), che usa un transistoro *NPN* con base a

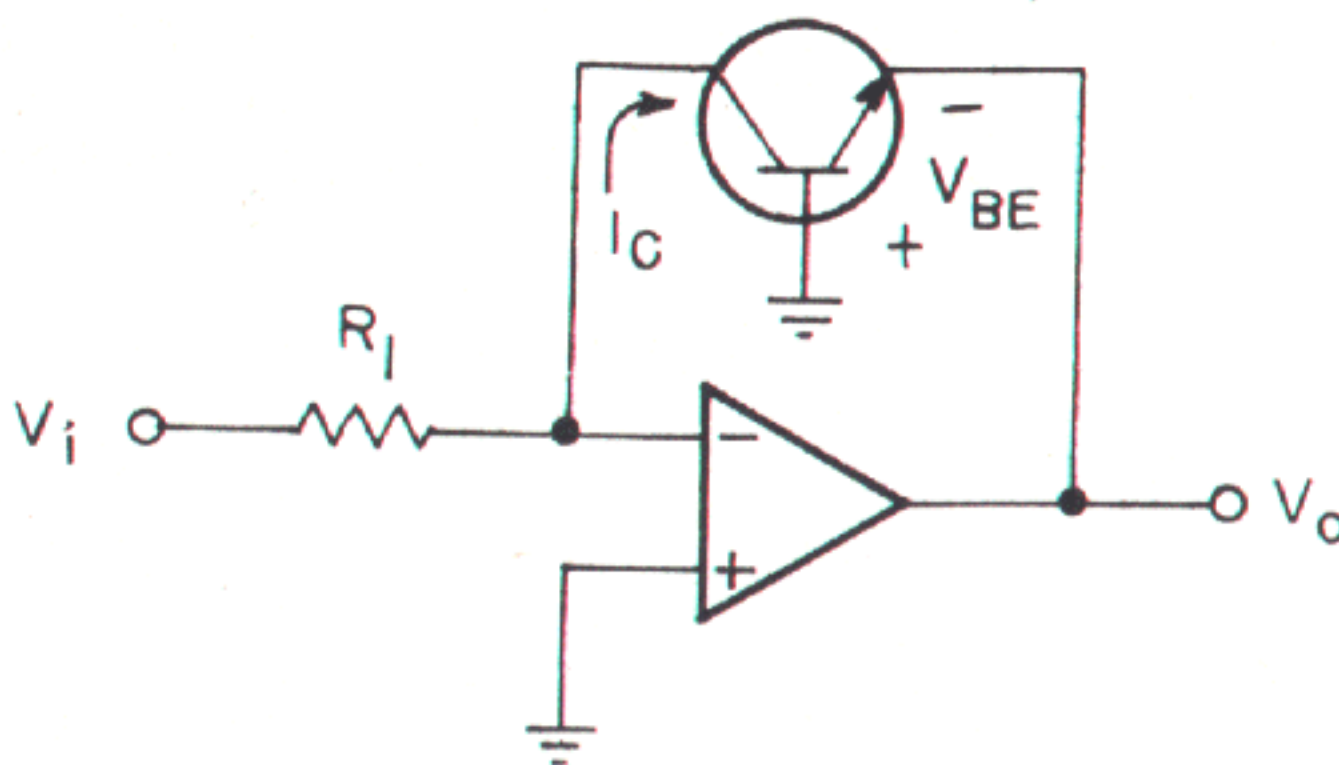


Figura 5-11. L'amplificatore logaritmico a transdiodo.

massa interno all'anello di reazione quando in ingresso si ha un segnale positivo.

Tale amplificatore logaritmico opera secondo l'equazione 5-2, dove la caduta di tensione sul diodo è sostituita dalla tensione di giunzione base-emettitore del transistoro, e la corrente è quella di collettore del transistoro in modo che:

$$V_{BE} = A \log (I_C) \quad (5-3)$$

Dal circuito rappresentato nella fig. 5-11, sviluppiamo il circuito meno teorico di fig. 5-12. \* Il condensatore attraverso il transistor NPN serve a ridurre il guadagno in c.a., mentre il diodo protegge il transistor contro eccessive tensioni inverse base-

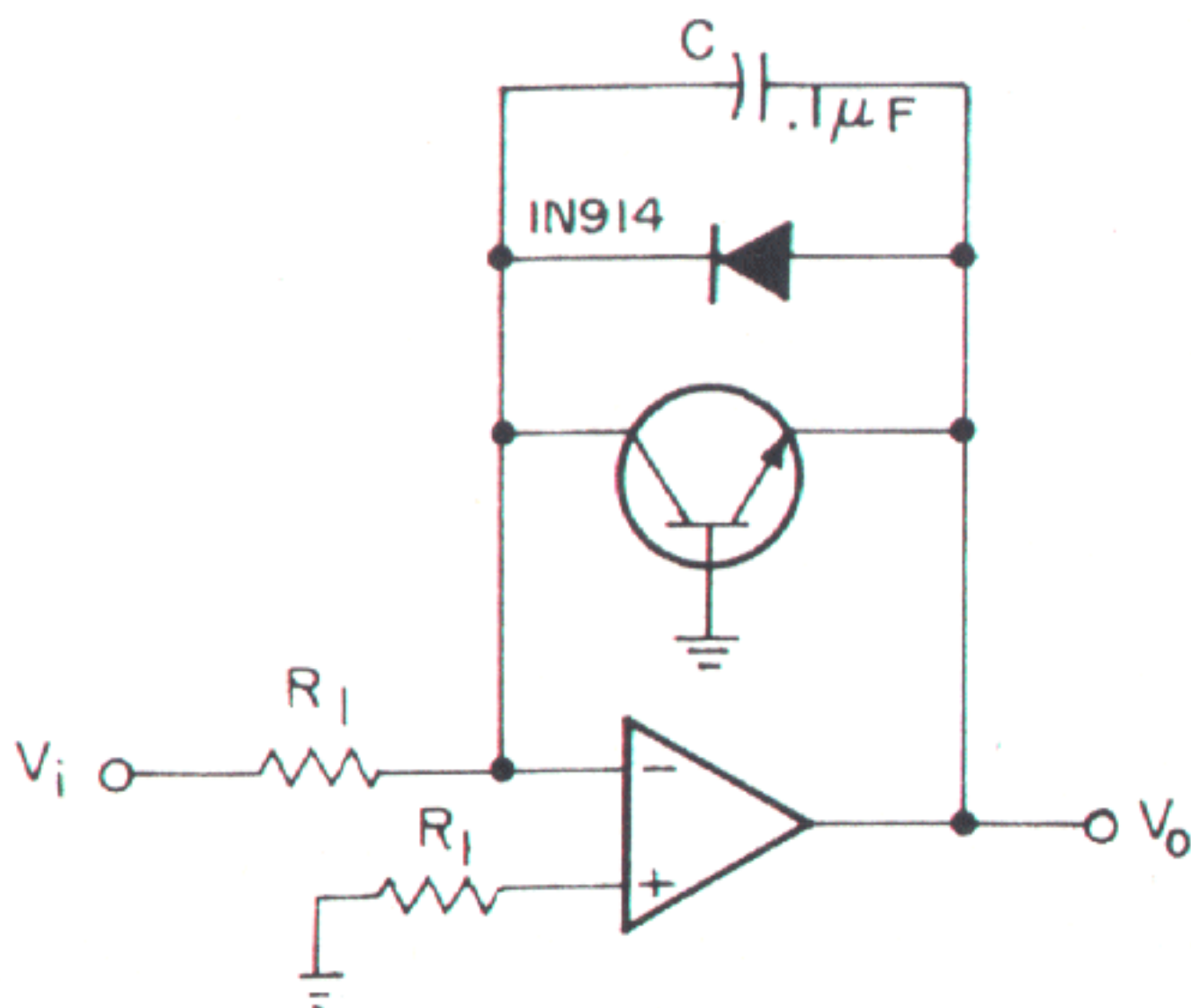


Figura 5-12. Amplificatore logaritmico migliorato.

emettitore. Il resistore  $R_1$  è generalmente definito dalla coppia di disuguaglianze

$$R_1 \geq \frac{(V_i)_{\max}}{(I_C)_{\max}} \quad (5-4)$$

e

$$R_1 \leq \frac{(V_i)_{\min}}{\text{corrente di polarizzazione all'ingresso dell'amp op}} \quad (5-5)$$

### Esempio:

Progettate un amplificatore logaritmico usando il circuito della fig. 5-12, per una tensione di ingresso che può variare da 1 mV a 10 V. Assumete che la corrente di polarizzazione di ingresso all'amp op (per esempio 741) sia 80 nA e la massima corrente di collettore sia 1 mA.

Con un ingresso massimo di 10 V, usando l'equazione 5-4, otteniamo il valore minimo.

\* Lenk J. O. *Manual for Operational Amplifier Users*. Reston Publishing Co., Inc., 1976, pagg. 193-7

per  $R_1$ :

$$R_1 \geq \frac{10 \text{ V}}{1 \text{ mA}}$$
$$\geq 10 \text{ k}\Omega$$

Usando l'equazione 5-5, determiniamo il valore massimo per  $R_1$ :

$$R_1 \leq \frac{1 \text{ mV}}{80 \text{ nA}}$$
$$\leq 12,5 \text{ k}\Omega$$

Di conseguenza,  $R_1$  deve essere compreso tra  $10 \text{ k}\Omega$  e  $12,5 \text{ k}\Omega$ .

Gli amplificatori logaritmici devono avere dei dispositivi per eliminare la piccola tensione di offset c.c. di ingresso, che verrebbe pure convertita logaritmicamente. Se usate un amp op 709, che non prevede una compensazione esterna dell'offset come si ha invece nel 741, per l'esempio appena descritto potete usare il circuito della fig. 5-13.

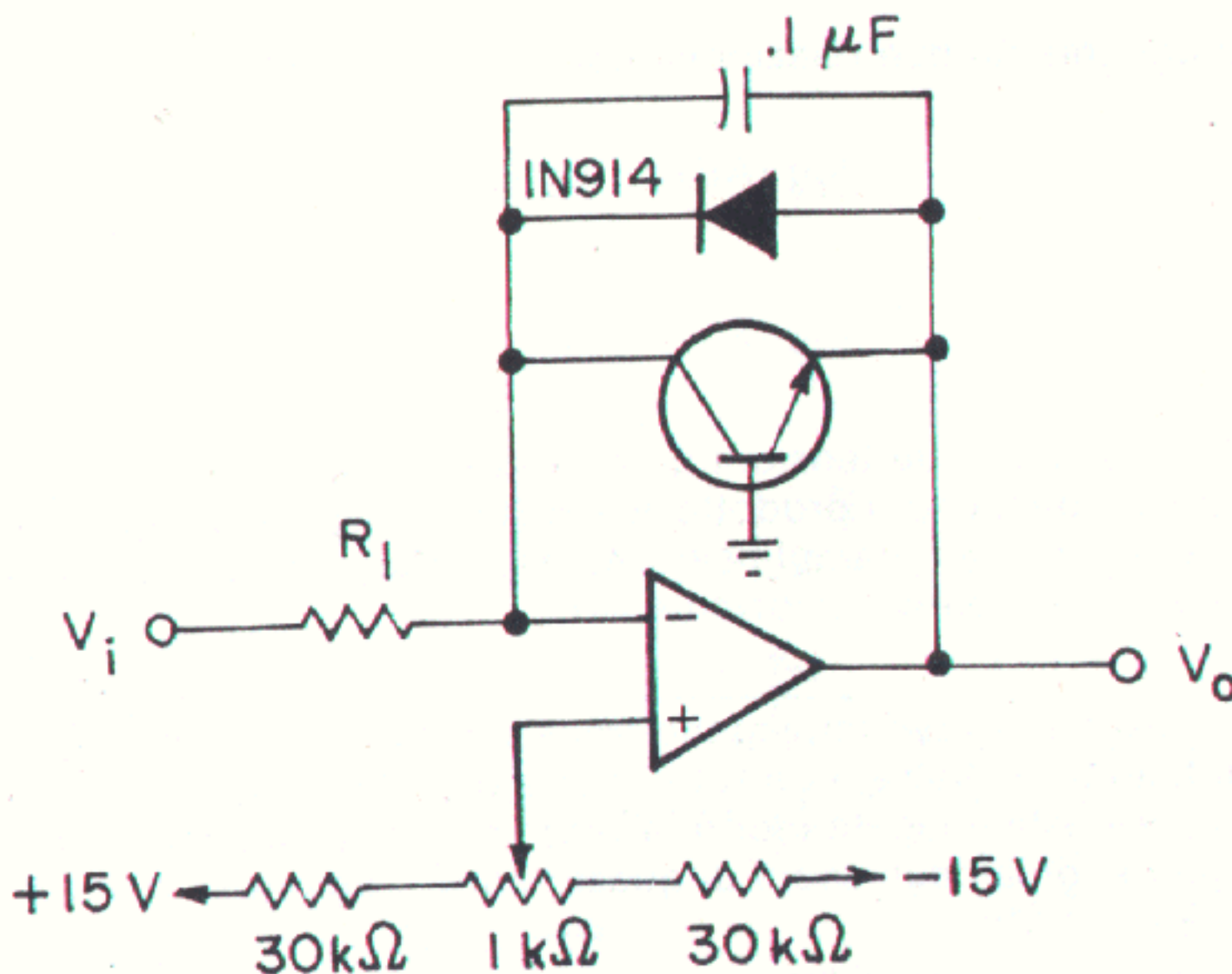


Figura 5-13. Circuito per la eliminazione dell'offset per amplificatori logaritmici.

Scambiando le posizioni degli elementi di ingresso e di reazione del circuito logaritmico fondamentale della fig. 5-12, abbiamo un amplificatore *anti-logaritmico*, ovvero un *amplificatore logaritmico* ed il circuito anti-logaritmico, possiamo moltiplicare o dividere tensioni di ingresso.

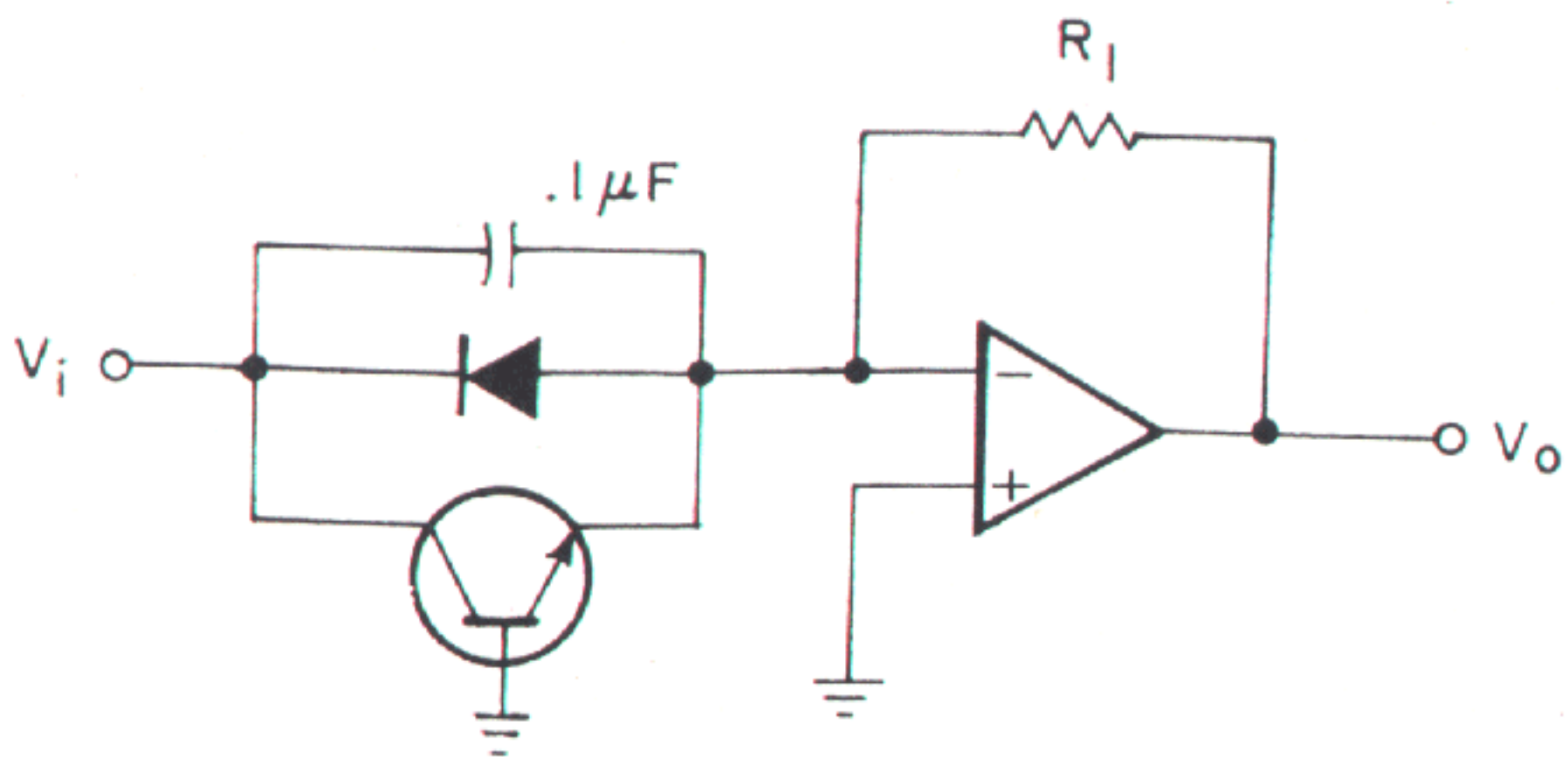


Figura 5-14. Amplificatore anti-logaritmico.

Ricordiamo dalla trigonometria due relazioni logaritmiche fondamentali:

$$\log (AB) = \log A + \log B \quad (5-6)$$

e

$$\log (A/B) = \log A - \log B \quad (5-7)$$

Sommando i logaritmi delle due tensioni di ingresso A e B, e usando in uscita un circuito antilogaritmico, otteniamo il prodotto A e B (fig. 5-15). Se al posto di un amplificatore sommatore, si usa un amplificatore delle differenze (sottrattore analogico), il circuito della fig. 5-16 serve a dare il quoziente A/B.

Tutti i circuiti di questo Capitolo impiegano transistori per fornire le necessarie caratteristiche logaritmiche. Tuttavia, non tutti i transistori danno adeguate caratteristiche logaritmiche e la loro risposta è legata inoltre alla temperatura ambiente. Per queste ed altre ragioni che vanno al di là degli scopi di questo libro \*, dovrete

\* Un buon articolo sugli amplificatori logaritmici è quello di Sheingold, D. e Pouliot, F. "The Hows and Whys of Amp log" "Electronic Design", February 1, 1974, pag. 52-9.

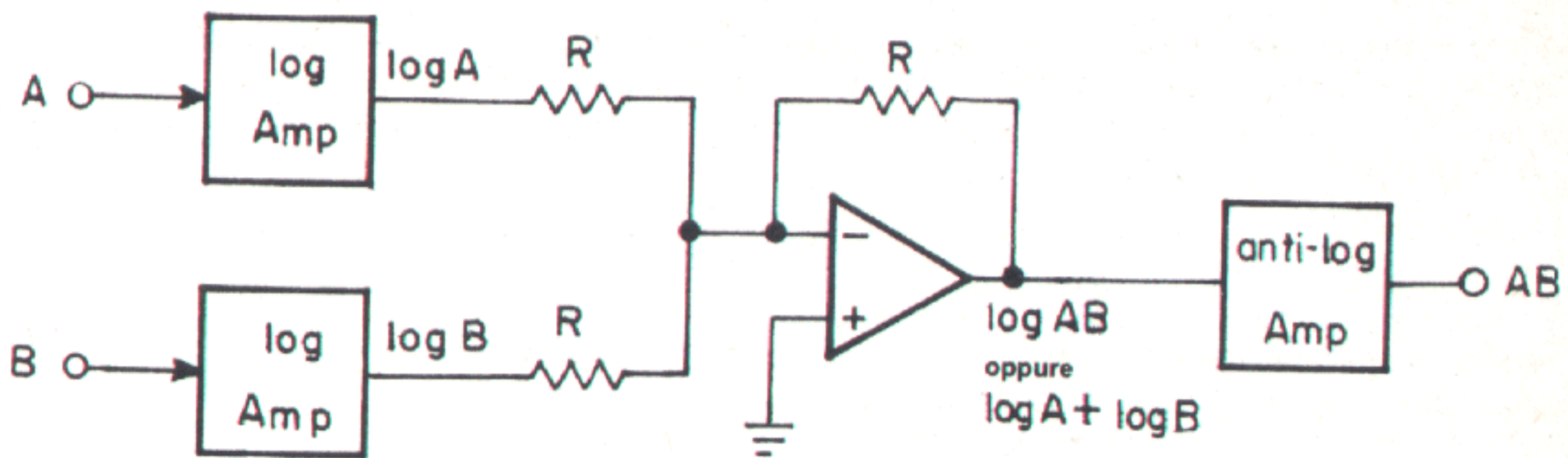


Figura 5-15. La moltiplicazione di due segnali in ingresso usando amplificatori logaritmici ed antilogaritmici.

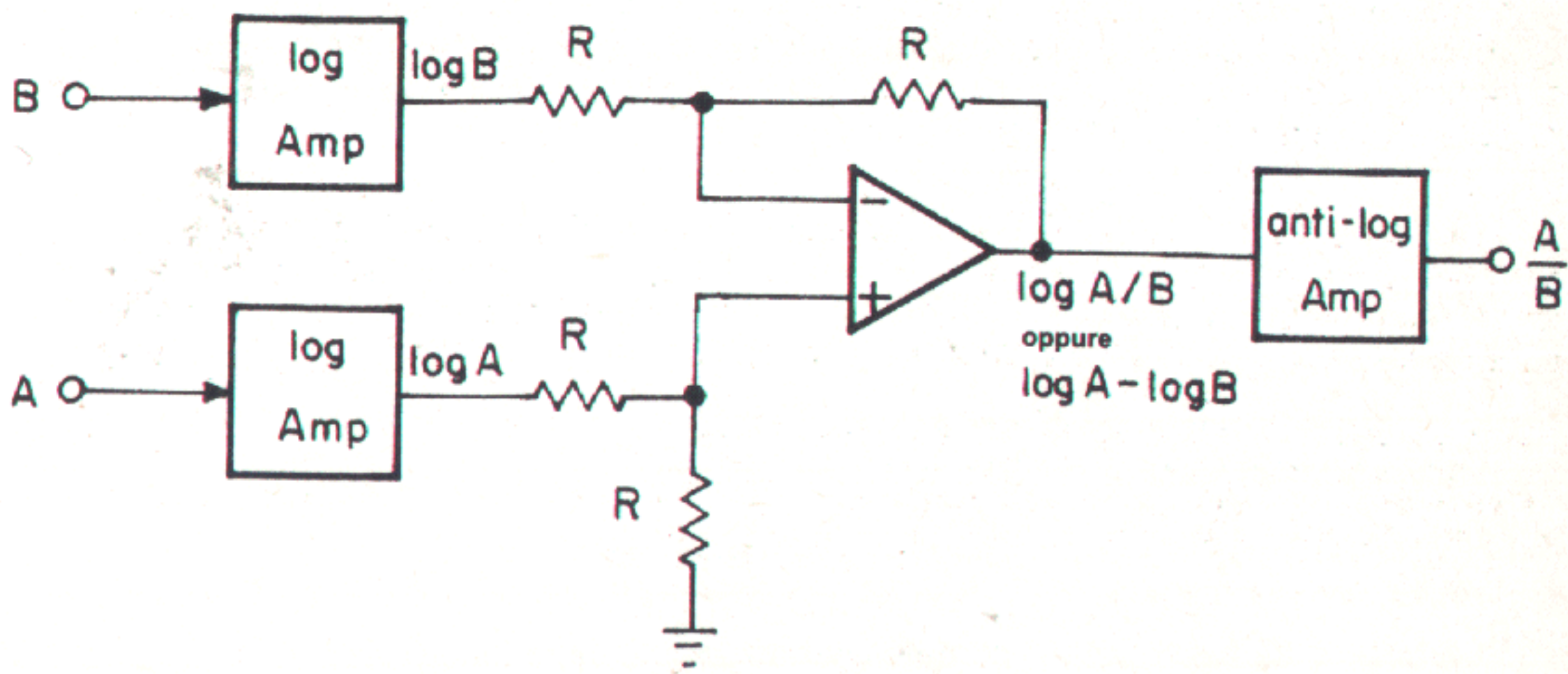


Figura 5-16. La divisione di due segnali in ingresso, usando amplificatori logaritmici e anti-logaritmici