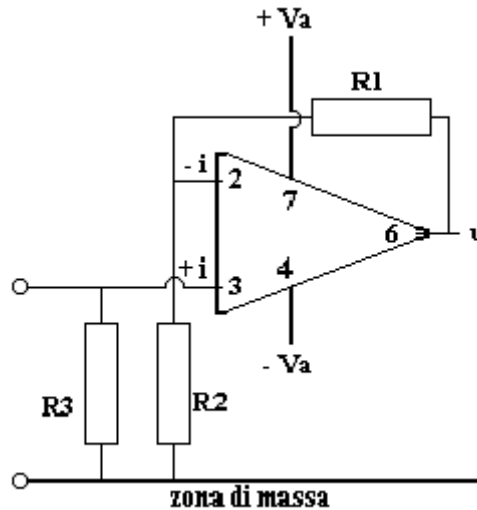


## 4.2 Sul calcolo del guadagno di un microamplificatore

Uno schema elettrico che mostra il più semplice impiego di un circuito integrato è tracciato in figura 4.4, in essa è riportato un microamplificatore generico collegato come amplificatore di segnali.

figura 4.4



Prima di procedere alla descrizione dello schema dobbiamo precisare:

Le tensioni di alimentazione  $+V_a$  e  $-V_a$  devono essere applicate rispetto alla zona di massa.

Il microamplificatore ha un guadagno libero tipico molto elevato, sia per le tensioni continue che per i segnali alternati.

Il guadagno libero dell'integrato, se il circuito non è dotato di idonei componenti esterni, a causa delle inevitabili tensioni continue intrinseche d'ingresso, anche se molto piccole, provoca la saturazione dell'uscita rendendo inutilizzabile il microamplificatore.

Ciò premesso andiamo ad illustrare i componenti ausiliari necessari per il funzionamento dell'integrato:

La resistenza  $R_1$ , che ha il duplice scopo di:

Creare un ramo di controreazione tra l'uscita ( $u$ ) e l'ingresso invertente ( $-i$ ) in modo da non lasciare l'integrato a guadagno libero ed evitare la saturazione dello stesso.

Assegnare, mediante il ramo stesso di controreazione e la resistenza  $R_2$ , il guadagno del circuito così come necessario.

La resistenza  $R_3$ , che ha il compito di chiudere a massa l'ingresso non invertente, ( $+i$ ), per consentire, sia la corretta alimentazione dell'integrato, sia di non lasciare aperto l'ingresso stesso.

Con la resistenza  $R_1$  di controreazione l'ingresso ( $-i$ ) diventa un punto a bassissima impedenza che, come avremo modo di vedere in seguito, sarà fondamentale per moltissime applicazioni. Il valore di  $R_3$  in parallelo alla resistenza di ( $+i$ ) dell'integrato determina la resistenza d'ingresso di tutto il circuito.

La rete completa di controreazione, formata da  $R_1$  ed  $R_2$ , stabilisce il guadagno di amplificazione del circuito secondo l'espressione:

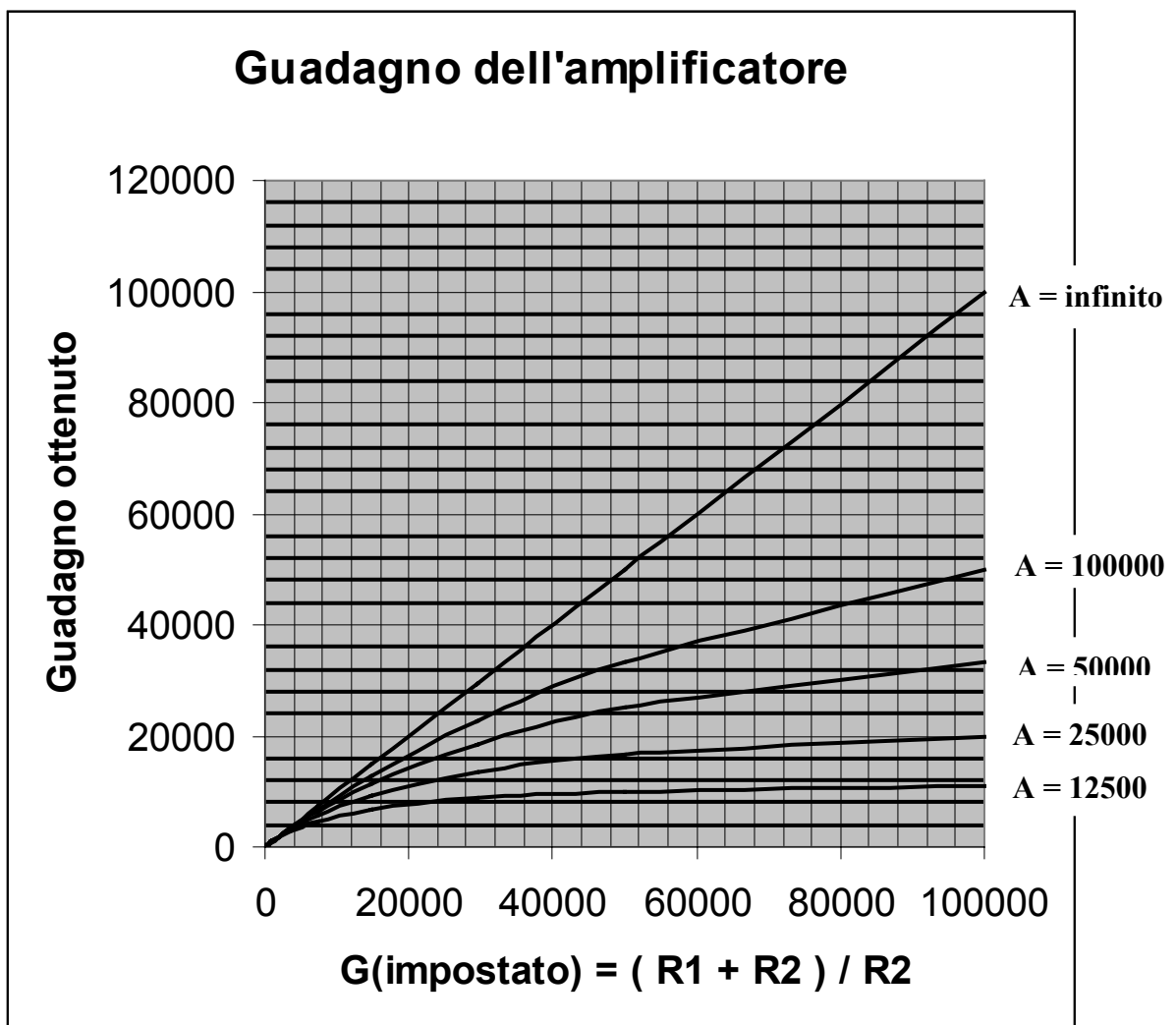
$$G = 1 / \{ [ 1 / A ] + 1 / [ (R1 + R2) / R2 ] \}$$

dove A è il valore del guadagno libero dell'integrato

Come si evince dall'espressione sopra riportata il guadagno dell'amplificatore non dipende soltanto da R1 ed R2 ma anche dal guadagno libero A, ciò impone al progettista alcune attenzioni nel dimensionamento della rete di controreazione che dovrà essere valutata, sia in base al guadagno voluto, sia in funzione di A.

Il grafico di figura 4.5 mostra come varia G in dipendenza, sia del rapporto  $(R1 + R2) / R2$ , sia del valore del parametro A; dall'osservazione del grafico possiamo trarre le seguenti indicazioni:

figura 4.5



Nell'ipotesi ideale che l'integrato abbia un guadagno A infinitamente grande, il tracciato più alto mostra che tanto sarebbe il guadagno impostato mediante il dimensionamento di R1 ed R2 e altrettanto sarebbe il guadagno ottenuto dall'amplificatore.

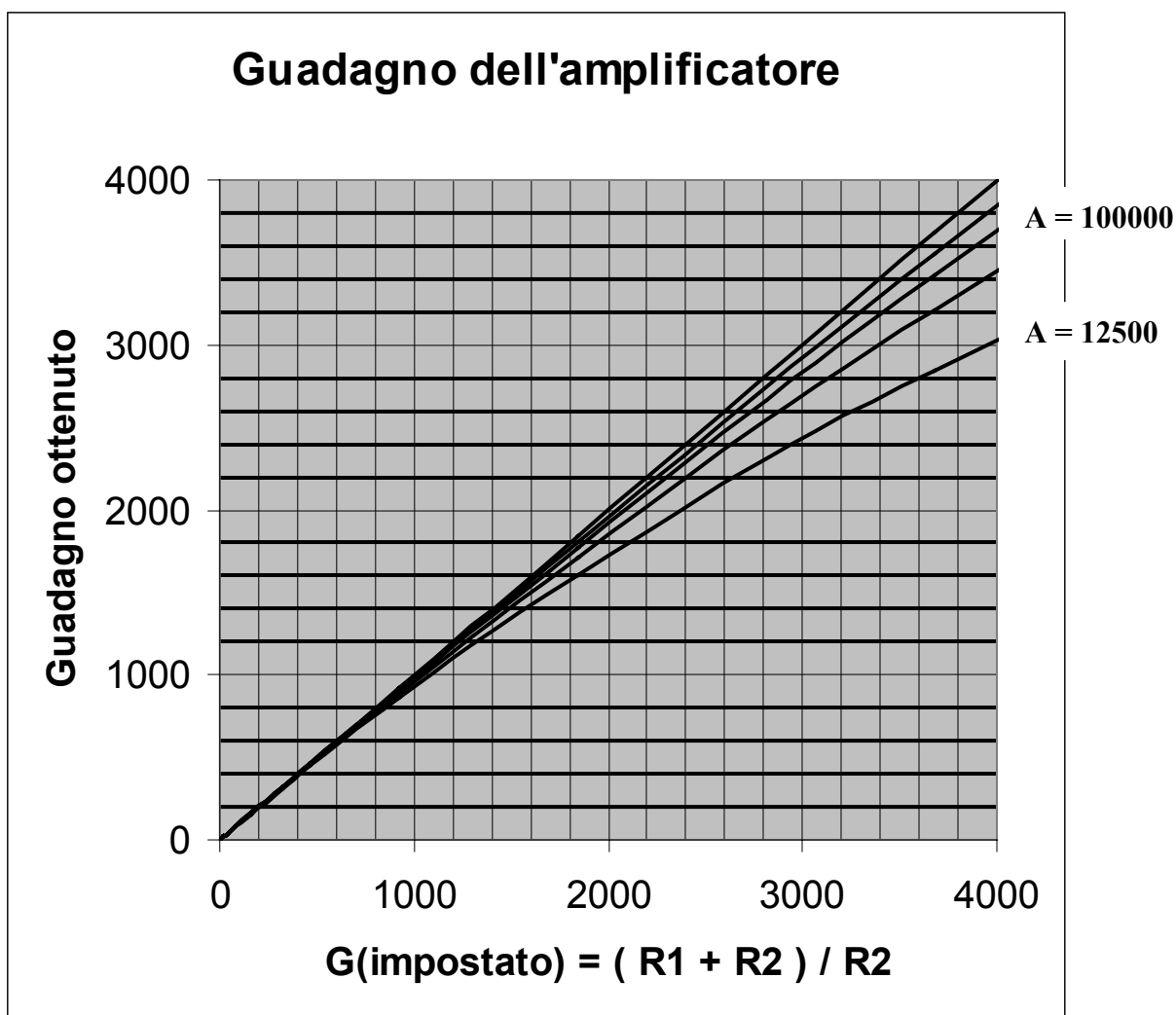
Nell'ipotesi reale che l'integrato abbia un guadagno A = 100000 volte, il secondo tracciato dall'alto mostra che un guadagno G = 40000 volte, impostato mediante il dimensionamento di R1 ed R2, porta ad un guadagno effettivo dell'amplificatore di circa 28000 volte.

Nell'ipotesi reale che l'integrato abbia un guadagno  $A = 50000$  volte, il terzo tracciato dall'alto mostra che un guadagno  $G = 40000$  volte, impostato mediante il dimensionamento di  $R1$  ed  $R2$ , porta ad un guadagno effettivo dell'amplificatore di circa 23000 volte.

Dall'esame dei dati ricavati dalle curve di figura 4.5 emerge chiaramente come il guadagno dell'amplificatore, ottenuto con la rete di controreazione  $R1$ ,  $R2$ , sia fortemente subordinato al valore del guadagno libero  $A$ , e che, essendo  $A$  un parametro molto variabile, così come mostrano le caratteristiche dei circuiti integrati, non sia possibile, su questa strada, precalcolare con precisione il guadagno di un amplificatore.

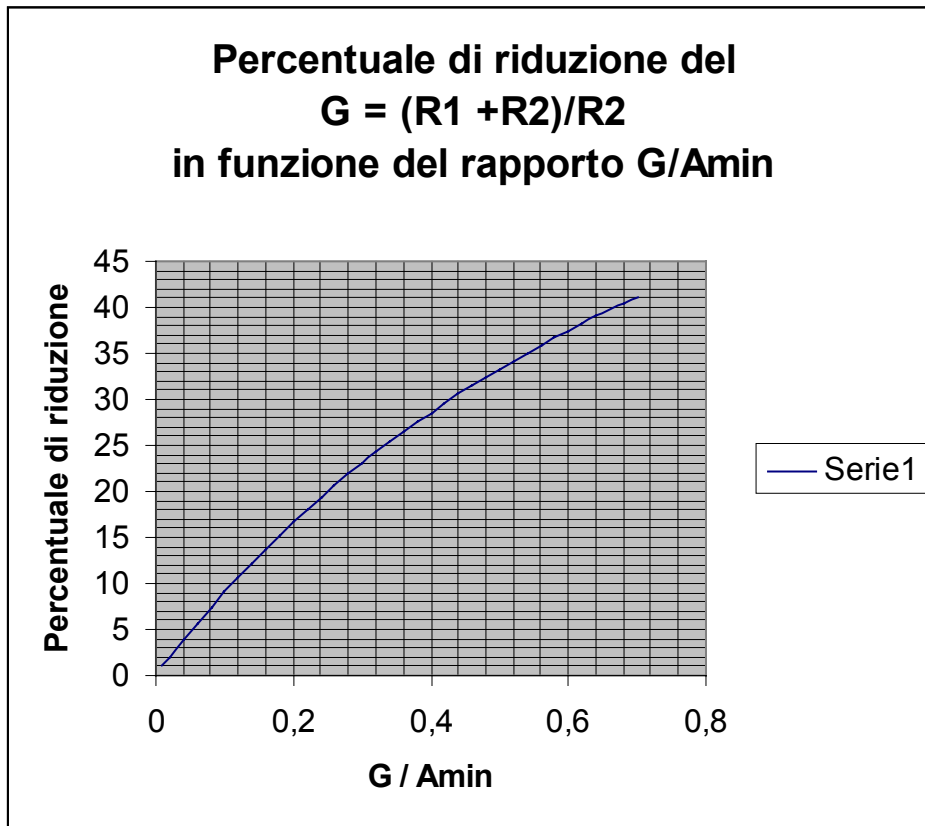
Un esame attento dei grafici di figura 4.5 mostra che nella zona dove  $G$  varia da 0 a 4000 le curve sono più vicine tra loro e di conseguenza l'effetto della variazione di  $A$  è meno sentito; espandendo le curve di figura 4.5 in questa zona si ottiene l'insieme di curve riportate in figura 4.6.

figura 4.6



Questi nuovi grafici mostrano che per valori di  $G < 1000$  l'influenza del valore di  $A$  è molto contenuta, infatti, ad esempio, per  $G$  impostato = 400 il guadagno ottenuto è quasi coincidente con quello impostato per qualsiasi valore dovesse assumere  $A$  nel campo compreso tra 12500 e 100000. Da quanto abbiamo visto la determinazione precisa del guadagno dell'amplificatore non è cosa facile; un metodo pratico di calcolo è attuabile mediante l'impiego del grafico di figura 4.7.

figura 4.7



Il grafico consente di calcolare l'errore percentuale di riduzione che subisce il valore precalcolato di  $G = (R1 + R2)/R2$  a causa dell'entità del guadagno libero  $A$  minimo. Dato che in qualsiasi circuito integrato il valore di  $A$  minimo è garantito dal costruttore, il calcolo porta a stabilire la percentuale d'errore massima, dopo di che, tanto più sarà elevato il valore di  $A$  tanto minore sarà la percentuale di riduzione rispetto a quella accettata.

Un esempio aiuterà a comprendere questa insolita ma comoda procedura: Si voglia definire il guadagno di un amplificatore controeazionato affinché il valore di  $G$  sia pari a 100 volte (40 dB) e si accetti un errore su tale valore del -10%.

***Definizione delle tolleranze sul guadagno:***

Essendo

$$G = 100 \text{ volte (40 dB)}$$

un errore su tale valore del -10%

porterà ad una variazione da

un minimo di 90 volte (39 dB) al massimo di 100 volte (40 dB).

***Impostazione del primo dato sul diagramma di figura 4.7:***

Sulle ordinate si individua la percentuale di decremento voluta = 10 %

***Determinazione del rapporto G/A min:***

Partendo dall'ordinata 10% s'incontra la curva nel punto p, tracciando la perpendicolare sull'asse delle ascisse si trova il valore

$$G / A \text{ min} = 0.11$$

***Calcolo del valore A min necessario:***

Essendo  $G / A \text{ min} = 0.11$

sarà  $A = G / 0.11 = 100 / 0.11 = 909 \text{ volte}$

***Ricerca del circuito integrato:***

Con il valore di A minimo calcolato: A min = 909 volte (circa 60 dB) possiamo cercare sui cataloghi dei circuiti integrati quel tipo che soddisfa alle nostre esigenze. Naturalmente la ricerca deve essere fatta tenendo presente la frequenza alla quale si vuol fare lavorare il microcircuito.

***Calcolo del partitore R1, R2:***

Il calcolo del partitore di controreazione deve essere svolto secondo l'espressione:

$$G = (R1 + R2) / R2$$

nella quale ponendo R1 = 100000 ohm, valore accettabile come carico d'uscita di un microamplificatore, si ha:

$$R2 = R1 / (G - 1) = 100000 \text{ ohm} / (100 - 1) = 1010 \text{ ohm (da arrotondare a 1000 ohm)}$$