

#### 4. Validità delle formule di guadagno con controreazione.

Nei paragrafi precedenti abbiamo calcolato i guadagni sia per connessione invertente che non invertente partendo dall'ipotesi di un guadagno  $A$ , senza controreazione, infinito o almeno estremamente grande. Vediamo ora quali sono i limiti di validità delle formule trovate.

Per l'amplificatore connesso come invertente avevamo trovato

$$A_{F-} = \frac{AR_F Z_{IN}}{R_S Z_{IN}(1-A) + R_S R_F + R_F Z_{IN}} \rightarrow -\frac{R_F}{R_S} = A_{FL-} \quad (1.4)$$

ove per  $A_{F-}$  si intende l'amplificazione con controreazione in generale, e con  $A_{FL-}$  intendiamo l'amplificazione con controreazione nel caso ideale, ovvero nel caso di  $A$  tendente all'infinito.

Supponiamo invece che  $A$  non sia infinita per verificare quali siano i limiti di validità della (1.4). Come conseguenza avremo che  $V_{IN}$ , della Fig. 5.2, non sarà nulla, ma leggermente diversa da zero. Continuiamo tuttavia a supporre che  $I_S$  sia uguale  $I_F$ , che è ragionevole se pensiamo che comunque l'impedenza d'ingresso dell'amplificatore senza controreazione sia abbastanza alta.

Dalla Fig. 5.2, ove  $V_{IN}$  non sia nulla, possiamo scrivere:

$$\frac{V_S - V_{IN}}{R_S} = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{R_F} \quad (2.4)$$

e ricordando che comunque risulta

$$V_{IN} = \frac{V_{OUT}}{A} \quad (3.4)$$

eliminando  $V_{IN}$  dalla (2.4) otteniamo

$$A_{F-} = \frac{V_{OUT}}{V_S} = \frac{AR_F}{R_S + R_F - R_S A} \quad (4.4)$$

che per  $A$  che tende all'infinito ci riporta (1.4) ad  $A_{FL-}$ .

Dividendo la (4.4) per  $R_S$  possiamo riscriverla come

$$A_{F-} = \frac{V_{OUT}}{V_S} = \frac{AA_{FI-}}{A_{FI-} - 1 + A} = \frac{A_{FI-}}{1 - \frac{1}{A} + \frac{A_{FI-}}{A}} \approx \frac{A_{FI-}}{1 + \frac{A_{FI-}}{A}} \quad (5.4)$$

dalla quale si vede come non sia necessario che  $A$  sia infinita perchè

$$A_{F-} = \frac{V_{OUT}}{V_S} = A_{FI-} \quad (6.4)$$

ma sia sufficiente che sia  $A_{FI-} \ll A$ .

Vediamo ora che errore si compie nel caso dell'amplificatore non invertente.

Dalla Fig. 5.3, considerando ora che  $V'$ , tensione fra i terminali, non sia nulla ma uguale ad una tensione di errore  $e$ , scriviamo

$$\frac{V_{OUT}}{R_F + R} * R = V_1 - e \quad (7.4)$$

ricordando che comunque  $V_{OUT} = A * e$ , otteniamo

$$V_{OUT} = AV_1 - A \frac{V_{OUT}}{R_F + R} R \quad (8.4)$$

e in definitiva

$$A_{F+} = \frac{V_{OUT}}{V_1} = \frac{A}{1 + A \frac{R}{R + R_F}} \quad (9.4)$$

ricordando la (6.3), e chiamandola ora  $A_{FI+}$ , si può scrivere

$$A_{F+} = \frac{V_{OUT}}{V_1} = \frac{A}{1 + \frac{A}{A_{FI+}}} \quad (10.4)$$

ovvero perchè valga la (6.3) è sufficiente che  $A_{FI+} \ll A$ .

In conclusione l'assunzione che l'amplificazione senza controreazione sia infinita, non è necessaria purchè l'amplificazione con controreazione sia piccola rispetto ad essa.

Ad esempio si vede dalla (5.4) che volendo un guadagno 10, già con un amplificatore con guadagno senza controreazione di  $10^3$ , si avrebbe un guadagno effettivo di 9.9, oppure, volendo un guadagno unitario non invertente, dalla (10.4) si avrebbe 0.99. Al crescere del guadagno a maglia aperta la precisione cresce. Oggi sono disponibili a prezzo bassissimo amplificatori che a maglia aperta offrono guadagni superiori a qualche unità in  $10^5$ .

