

## Retroazione

Un amplificatore è soggetto a reazione quando una parte del segnale d'uscita viene riportato in ingresso e sommato algebricamente al segnale d'ingresso.

In un amplificatore retroazionato è presente una rete  $\beta$  (beta) di retroazione che riporta in ingresso una parte del segnale d'uscita.

Il segnale retroazionato si somma algebricamente al segnale d'ingresso. Se il segnale di retroazione è in fase con quello d'ingresso, si avrà la somma dei due con conseguente aumento del segnale d'ingresso: in questo caso si parla di retroazione positiva. Se il segnale di retroazione è in opposizione di fase con quello d'ingresso, si avrà la differenza dei due, con conseguente diminuzione del segnale d'ingresso: in questo caso si parla di retroazione negativa.

La reazione negativa è frequentemente utilizzata nella progettazione degli amplificatori. La perdita di guadagno che essa comporta è compensata dai significativi vantaggi che si possono ottenere. In particolare, il guadagno può essere reso praticamente indipendente dalle caratteristiche dinamiche dei componenti attivi utilizzati come amplificatore; può essere migliorata la risposta in frequenza, la distorsione del segnale d'uscita e il rapporto segnale/rumore; si possono ottenere valori ottimali per quanto riguarda la resistenza d'uscita e la resistenza d'ingresso. Quest'ultimo aspetto è legato al tipo di reazione negativa, cioè al modo con cui viene prelevato in uscita il segnale da inviare alla rete di reazione, ed al modo con cui avviene la somma tra il segnale d'ingresso e quello di reazione.

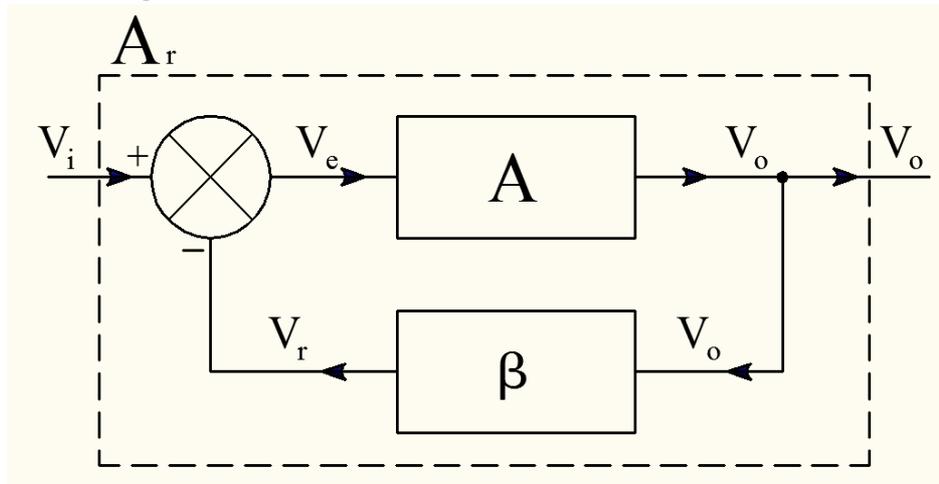
La reazione positiva è da evitarsi in tutte le applicazioni lineari, mentre si usa in quei dispositivi che devono lavorare tra le tensioni di saturazione, quali i comparatori con isteresi e gli oscillatori.

### Riassumendo

- In un sistema esiste una retroazione se parte del segnale in uscita è riportato e combinato con il segnale in ingresso
- Se l'effetto della retroazione è di aumentare il segnale di ingresso, la retroazione è positiva
- Se l'effetto della retroazione è di attenuare il segnale di ingresso, la retroazione è negativa
- In un amplificatore elettronico la retroazione negativa è usata per rendere le prestazioni vicine all'idealità mediante:
  - Desensibilizzazione del guadagno
  - Riduzione della distorsione non lineare
  - Riduzione dell'effetto del rumore
  - Rimodulazione delle impedenze di ingresso e di uscita
  - Estensione della banda passante dell'amplificatore

### Lo schema di un sistema a retroazione negativa

$V_i$  = segnale di ingresso  
 $A_r$  = amplificatore reazionato  
 $V_e$  = segnale ingresso  
amplificatore non reazionato  
 $V_o$  = segnale uscita  
 $V_r$  = segnale di retroazione  
 $A$  = amplificatore  
 $\beta$  = rete di retroazione  
 $A_r$  = amplificatore reazionato



Calcoliamo la relazione tra  $A$  e  $A_r$

$$V_e = V_i - V_r$$

$$A = \frac{V_o}{V_e}$$

$$\beta = \frac{V_r}{V_o}$$

$$A_r = \frac{V_o}{V_i}$$

$$A_r = \frac{V_o}{V_i} = \frac{AV_e}{V_e + V_r} = \frac{AV_e}{V_e + \beta V_o} = \frac{AV_e}{V_e + \beta AV_e}$$

$$A_r = \frac{A}{1 + \beta A}$$

Nella reazione negativa  $|V_e| < |V_i|$   $|1 + \beta A| > 1$   $|A_r| < |A|$

Se  $1 + \beta A \gg 1$  quindi  $\beta A \gg 1$   
 1 può essere trascurato e allora avremo

$$A_r = \frac{A}{1 + \beta A} = \frac{A}{\beta A} = \frac{1}{\beta}$$

In tal caso il funzionamento dell'amplificatore retroazionato, ossia la sua f.d.t., dipende dalla sola rete beta di retroazione, che è una rete passiva, e non dipende più dall'amplificatore. La condizione  $\beta A \gg 1$  si ottiene utilizzando amplificatori con elevata amplificazione, quali gli amplificatori operazionali.

Negli operazionali la A corrisponde alla amplificazione che abbiamo chiamato ad anello aperto  $A_{OL}$  che idealmente viene considerata di valore infinito.

### Proprietà della retroazione negativa

#### Stabilità dell'amplificazione ad anello chiuso

$$\frac{dA_r}{dA} = \frac{1 + \beta A - \beta A}{(1 + \beta A)^2} = \frac{1}{(1 + \beta A)^2}$$

$$\frac{dA_r}{A_r} = \frac{dA}{A_r} \frac{1}{(1 + \beta A)^2} = \frac{dA}{A} \frac{1}{1 + \beta A}$$

$\frac{dA_r}{A_r}$  è la variazione relativa di  $A_r$

$\frac{dA}{A}$  è la variazione relativa di A

Qualunque sia la causa della variazione nell'amplificatore reazionato è più piccola del fattore  $\frac{1}{1 + \beta A}$

#### Riduzione della distorsione armonica

Anche la distorsione armonica è ridotta dello stesso fattore

$$D_r \% = \frac{D \%}{1 + \beta A}$$

#### Estensione della banda passante dell'amplificatore

la reazione riduce l'amplificazione e questa riduzione comporta un allargamento della banda passante

