



Volfango Furgani

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE

24 September 2002

global \$id,\$section; ?>

Amplificatore operazionale:

- **I parametri di un amplificatore operazionale**
- **Correnti e tensioni di offset**
- **Lo slew-rate S**
- **La risposta a piena potenza**
- **Le due ipotesi semplificative per lo studio dei circuiti lineari con op am**

Amplificatore operazionale

Buono per tutti gli usi lineari e non lineari. A me dà fastidio che si parli di amplificatore perfetto con A_v ed R_i infiniti ed R_o nullo. Quindi parliamo dei:

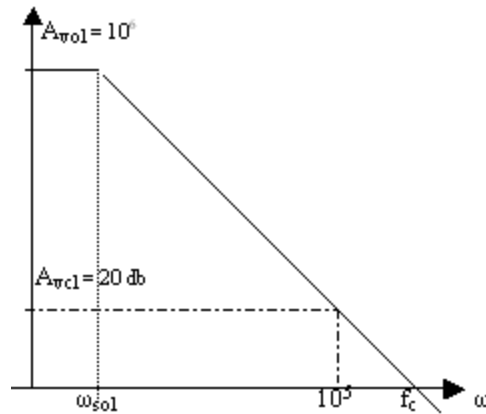
Parametri di un amplificatore operazionale

Il guadagno ad anello aperto A_{vol} .

(Dom. 30) E' tanto alto (10^5 o più) da essere inutilizzabile a catena aperta (cioè senza resistenza di reazione negativa). Infatti se moltiplicate un piccolissimo segnale di mV per tale guadagno ottenete 100 V, ben

più della tensione di alimentazione che l'operazionale può dare che, a sua volta, è il valore massimo della tensione di uscita. La sua f_i è zero perché non esistono capacità di accoppiamento in serie come C_1 o C_2 per l'emettitore comune. L'op-am si dice accoppiato in continua. Beato lui. f_{sol} (open loop), e quindi la banda passante è tanto piccola (10 Hz) da non essere utilizzabile. guadagno a catena chiusa A_{vcl} di 10 (20 db).

Se f_c vale 10^6 Hz o polo come si vede dalla pendenza a -20db/dec. La frequenza di incrocio o di cross-over f_c esprime il prodotto costante fra il guadagno e la larghezza di banda. Poiché 0 db equivalgono ad 1, f_c si chiama anche frequenza di taglio a guadagno unitario e vale l'espressione $f_c = A_{vcl} * f_{scl}$.



(Dom. 31) Resistenza di ingresso R_{io1} e di uscita R_{oo1} .

Valgono la prima dal $M\Omega$ alle centinaia di $M\Omega$ e la seconda meno di un centinaio di Ω . Tutto ok, come sapete.

Il CMRR vale non meno di 80 db (10 000). Come sopra.

La corrente di uscita massima erogabile i_{out} per alimentare il carico e la resistenza di reazione vale , di solito, alcune decine di mA. Questo non esclude la presenza in commercio di amplificatori operazionali di potenza da 3 A.

La tensione di alimentazione V_{cc} è molto spesso duale e può arrivare, di norma, a $\pm 18V$. Da questa dipende la massima escursione della tensione di uscita v_{out} che

vale un paio di volt meno di V_{cc} . Per precisare se V_{cc} vale $\pm 15V$, l'escursione da picco a picco massima del segnale in uscita vale 26 V.

Correnti e tensioni di offset

L'ingresso di un operazionale è costituito da un differenziale. Le correnti di base dei due Bjt I- ed I+ ed I- non sono perfettamente uguali e diremo corrente di offset la **$I_{offset} = I_+ - I_-$** . Analogamente le due tensioni di base V_{be1} e V_{be2} differiscono tra loro e diremo tensione di offset la **$V_{offset} = V_{be1} - V_{be2}$** . Tale tensione, dell'ordine del mV, è sufficiente, nelle applicazioni a catena aperta, a portare in saturazione l'operazionale, cioè ha forzare la tensione uscita a $\pm V_{cc}$ indipendentemente da un eventuale segnale di ingresso. .

Lo slew-rate S

(Dom. 32) Voi ricordate bene che la corrente di carica di un condensatore si può esprimere come $i = C(dv_c/dt)$, dove dv_c/dt si misura in $V/\mu\text{sec}$. Questo significa che se la corrente disponibile è limitata, altrettanto lo è la velocità con la quale varia la

tensione ai capi del condensatore. La massima velocità di variazione della tensione in uscita si chiama slew-rate.

In un operazionale è sempre presente integrata una capacità di compensazione volta ad evitare comportamenti anomali come le oscillazioni indesiderate. Supponiamo la tensione di uscita $V_u(t)$ ad andamento sinusoidale (Fourier) e quindi $V_u(t) = V_{u\text{sen}}(\omega t)$. La $d V_u(t)/dt$ vale $\omega V_{u\text{cos}}(\omega t)$ ed il suo valore massimo è lo slew-rate $S = \omega V_u$ dell'ordine di decine di V/ μ sec. Se il segnale di ingresso pretende (ω troppo alta) che l'uscita vari più velocemente delle possibilità riservate a quello specifico operazionale, l'uscita va inchiodata a tutta manetta. Il bel risultato è la distorsione di slew-rate, per la quale un'onda sinusoidale diviene un'onda triangolare. Non è il massimo.

La risposta a piena potenza

[\(Dom. 33\)](#) Supponiamo ora che la tensione di uscita assuma il valore massimo V_{uM} compatibile con la tensione di alimentazione. Chiamiamo risposta a piena potenza il valore massimo della pulsazione ω_p per cui non si ha distorsione di slew-rate. Abbiamo già dimostrato la relazione $S = \omega V_u$. Sostituendo V_{uM} e ricavando ω si ottiene $\omega_p = S / V_{uM}$. Quando si pone il problema di determinare fino a quale frequenza può lavorare un operazionale vanno calcolate sia f_s che ω_p e si considera come limite il minore dei due valori.

Le due ipotesi semplificative per lo studio dei circuiti lineari con op am

[\(Dom. 34\)](#) Conseguono dal fatto che A_{vol} ed R_{iol} sono molto elevati. Poiché R_{iol} è molto alta per ciascuno dei due ingressi, ne consegue che le correnti entranti sono molto piccole. In prima approssimazione $i_- = i_+ = 0$. Dividendo la tensione di uscita (pari al massimo a V_{cc}) per il guadagno molto elevato, risulta una tensione trascurabile fra i due ingressi. Quindi, in prima approssimazione, $v_- = v_+$.

NB: Per quanto riguarda applicazioni come amplificatore invertente e non invertente, sommatore conversioni I/V ecc.. con gli esercizi relativi non ho nulla da dirvi di diverso dal vostro testo. Ricordate che ne avete uno?