

Amplificatore Operazionale – La reazione e schemi

Amplificatore Operazionale – La reazione e schemi

Si vuol qui riportare alcuni aspetti dell'A0 che a volte vengono dati per scontati e schemi che è difficile magari da reperire in rete; quanto riportato è quanto da me appreso durante i corsi Universitari per TFA con molte aggiunte, soprattutto riguardo le dimostrazioni matematiche sulla reazione.

Si vuol analizzare la reazione e conoscere gli schemi di principio interni all'A0. Seguendo il link è possibile analizzare molto bene il comportamento dell'A0 ad anello chiuso cioè in reazione arrivando così a dimostrare le formule dell'A0 inventente e non inventente.

A0 Reazione

Il mistero della reazione

Riportiamo poi 3 schemi dell'amplificatore Operazionale. Per capire come è fatto prima lo schema blocchi poi lo schema semplificato infine due schemi dettagliati reali di un A0 reale

- [Schema a blocchi](#)
- [Schema semplificato](#)
- [Schema reale](#)

Schema a blocchi



Abbiamo un amplificatore differenziale a singola uscita costituito dalla cascata di due amplificatori differenziali, uno a uscita differenziale e uno a singola uscita, poi un amplificatore ad elevato guadagno ad emettitore comune o Source comune (quindi o a BJT o a FET) più un eventuale tralatore di livello non indicato nello schema seguito da un amplificatore in classe B a bassa distorsione che nel caso pratico potrebbe essere un amplificatore a BJT a simmetria complementare. Lo stadio ad alto guadagno CE o CS è accoppiato tramite una certa capacità C indicata in figura che impone l'effetto Miller: per un amplificatore a guadagno negativo tale capacità viene riportata all'ingresso con un valore nettamente maggiore e impone un limite inferiore in frequenza molto basso, questo condensatore è presente solo per gli amplificatori operazionali compensati internamente per far sì che non si inneschino oscillazioni in alte frequenze ove il guadagno risente di componenti reattive.

Il seguente schema semplificato è un esempio di tale implementazione

Schema semplificato



In tale schema abbiamo un amplificatore differenziale con BJT pnp e uno specchio di corrente impone due correnti di collettore uguali sui 2 bjt dell'amplificatore differenziale, come si vede si ha un BJT ad emettitore in comune in cascata al differenziale responsabile della grossa amplificazione del circuito compensato per effetto Miller e un altro stadio amplificatore a simmetria complementare in classe B in uscita.

Schema reale



Terminologia audio – un po' di chiarezza

Terminologia Audio

- [REGOLATORE TONI](#)
- [CONTROLLO DI LOUDNESS](#)
- [EQUALIZZATORE](#)
- [POTENZA rms](#)

Quando mi avvicinai al mondo audio particolarmente quando feci la Tesina TFA sugli amplificatori audio, scelta da me, non avevo ben chiaro certi concetti anche se uno intuitivamente può arrivare a capirli. Dopo averci studiato un po' ho deciso di riportare qui i termini maggiormente usati alcuni impropri usati nel mondo audio.

Innanzitutto per spettro del segnale in Ingegneria si intende la trasformata di Fourier di un certo segnale, nel mondo audio in generale si fa riferimento a un particolare tono fisso di ingresso che non è altro che una sinusoide, esempio una tensione con frequenza fissa f_0 .

La Trasformata di Fourier è:



$V(f)$ viene chiamato spettro del segnale, è chiaro che è una schematizzazione concettuale in frequenza del segnale altrimenti non si chiamerebbe spettro ma fa comodo!

Per una sinusoidale la TCF (Trasformata continua di Fourier) sono 2 righe a frequenza $-f_0$ e $+f_0$.

REGOLATORE TONI un sistema in grado di esaltare o attenuare la risposta in frequenza TCF del segnale, in genere negli sterei fa parte di un preamplificatore che è posto prima del vero e proprio amplificatore di potenza. Se volete ascoltare la musica come in discoteca bum bum bum dovete regolare tale circuito in modo da esaltare i toni bassi, quelli che vanno fino a circa 2kHz.

Lo spettro audio udibile va da 20hz a 20khz

Toni bassi: da 20 a 200Hz si usa altoparlanti tipo woofer

Toni medi: da 500 a 3kHz si usa altoparlanti tipo midrange

Toni alti: da 3KHz a 20KHz si usa altoparlanti tipo tweeter

CONTROLLO DI LOUDNESS: serve ad esaltare le componenti del segnale al di sopra e al di sotto di una certa frequenza, es: sotto 300 hz e sopra i 10 Khz per le quali la sensibilità dell'orecchio è molto bassa.

EQUALIZZATORE: è essenzialmente simile al regolatore toni ma agisce più selettivamente. Esempio: equalizzatore a dieci bande, di solito è di tipo digitale, in generale amplifica una particolare banda del segnale che l'utente ritiene più opportuna. Di solito viene usato a causa del fatto che certe particolari bande sono attenuate a causa dell'ambiente nel quale viene messo lo stereo. Con l'equalizzatore si riesce a superare tale attenuazione.

POTENZA rms: si usa per caratterizzare la potenza del segnale di uscita sulle casse del nostro dispositivo stereo. In realtà il termine è improprio. La potenza rms non è la potenza rms vera e propria ma fa riferimento alla potenza media.

Ammettiamo di avere un carico che in linea di principio possiamo vedere come la resistenza dell'altoparlante (in generale non è proprio così).

Abbiamo che la potenza istantanea è:



con ovvia notazione dei simboli. Tante volte sulle casse viene riportato anche tale valore, il valore massimo di $P(t)$

La potenza media(impropriamente rms) è la media su un periodo quando $V_L(t)$ è un tono a frequenza fissa:



la vera potenza rms sarebbe invece per un tono a frequenza fissa:



valore che in generale può essere anche molto diverso dalla potenza media.

Si deduce anche che il valore effettivo può essere anche minore anche abbastanza fortemente dal valore dichiarato essendo il segnale di uscita $V_L(t)$ simile ma aleatorio e quindi differente da un tono a frequenza fissa.

Regolatore di Toni Baxandall

Recentemente ho voluto montare in uscita dal mio DVD un regolatore toni che funzionasse di concerto con un mio amplificatore con TDA2002, ho montato uno schema trovato su learnaboutelectronics.org; non è niente di particolare. Essenzialmente è un amplificatore operazionale invertente a singola alimentazione (se volete delucidazioni in merito studiate [questo articolo](#)) in cascata a una rete Baxandall il cui funzionamento è stato appunto inventato da Baxandall negli anni 50 (a quei tempi con valvole) che potete leggere qui:

<http://www.learnabout-electronics.org/Downloads/NegativeFeedbackTone.pdf>

Si tratta del seguente schema:



Se considerate i punti I ed R, tra uscita e R ci sarà Z_2 , tra R e I Z_1 la tensione di uscita sarà:

$$V_u = -Z_2(f)/Z_1(f)$$

ove Z_2 e Z_1 sono le ben due note impedenze dell'amplificatore invertente il cui valore ora dipende sia dalla frequenza sia dai potenziometri da 100k che vediamo nello schema.

Otteniamo risposte in frequenza di questo tipo:



- Piatta se ambedue i potenziometri sono a metà corsa: linea blu
- Rossa se i due potenziometri sono al massimo di esaltazione dei toni bassi e acuti:



- Verde se ambedue i potenziometri portano al minimo valore bassi e alti in uscita:



Un bel circuitino didattico. Se volete un vero regolatori di toni come Dio comanda però vi consiglio il seguente schema con LM387 funziona veramente a meraviglia, montato in uscita dal DVD potete accoppiarlo con amplificatore in cascata oppure può funzionare anche da solo in generale:



Riferimento per la reazione

[Amplificatore operazionale – il mistero della reazione](#)

Amplificatori operazionali a singola alimentazione

Come si monta un amplificatore Operazionale su circuito stampato o breadboard? sfruttando gli amplificatori operazionali a singola alimentazione. La doppia alimentazione che troviamo in quasi tutti gli schemi dei libri è abbastanza scomoda a meno che non disponiate di un laboratorio provvisto di un alimentatore duale o qualcosa di più specifico. C'è un metodo per usare solo una singola alimentazione (+/- Vcc), ovviamente per non ammattirci consiglio di usare quella +Vcc. Innanzitutto:

- se abbiamo una singola alimentazione la tensione di uscita può andare solo da 0 a +Vcc(o -Vcc se usate alimentazione negativa) ; per avere allora la massima escursione di uscita conviene quindi far sì che in condizioni statiche l'uscita si porti a $V_{cc}/2$, in tal modo l'escursione del segnale dinamico sarà proprio pari al massimo ed uguale proprio a $V_{cc}/2$ come vediamo nella seguente figura:



Quindi per frequenza nulla dobbiamo fare in modo che il segnale di uscita sia $V_u = V_{cc}/2$, il seguente schema è un esempio di amplificatore invertente a singola alimentazione:



Per frequenza nulla Z_{c3} è praticamente un circuito aperto, stesso dicasi per Z_{c1} e quindi $V_u = V_+ = V_- = V_{cc}/2$

Per frequenze medie o elevate invece ambedue queste impedenze tendono a zero e quindi otteniamo proprio uscita amplificata $V_u = -(R_2/R_1) V_s$

C_2 serve a togliere la componente continua e quindi ottenere solo il segnale utile.

Abbastanza semplice l'artificio usato per sbarazzarsi della doppia alimentazione, l'unico inconveniente è ora che questo circuito non è in grado di amplificare segnali continui o a bassissima frequenza perchè vi è un limite inferiore di banda imposto da C_1 .

Lo schema dell'amplificatore non invertente è molto simile.

Un esempio di progetto con invertitore con OP AMP invertente a singola alimentazione è il seguente regolatore di toni a circuito Baxandall proposto da me recentemente trovato in rete, per la spiegazione del regolatore toni e sulla reazione usate i link in fondo alla pagina



<http://elettronicamaster.altervista.org/regolatore-di-toni-baxandall/>

<http://elettronicamaster.altervista.org/amplificatore-operazionale-la-reazione-e-schemi/>

Differenze tra Amplificatori operazionali (AO) e circuiti dedicati LM38x(LM380,3,6 ecc...)

Quando iniziai a fare un po di montaggio di elettronica iniziai a chiedermi quale fosse la differenza tra gli AO che comunemente vediamo a lezione(all'ITI e all'Uni) dagli integrati dedicati audio, quali sono quindi le differenze tra gli AO e gli amplificatori dedicati; pur avendo l'AO un vasto campo di applicazione la più ovvia delle sue applicazioni è l'amplificazione audio. La più importante è certamente il fatto che essi sono reazionati, sulla reazione seguite il seguente link dove è spiegata bene e con passaggi matematici

[La reazione negli AO](#)

Intanto diciamo subito che essenzialmente a livello di piedini non vi è poi una gran differenza, 8 piedini ciascuno tra il uA741 e il LM380 ad esempio, esteriormente sono molto simili. I principali svantaggi però del uA741 su quelli dedicati sono i seguenti

- Banda ristretta

L'AO ha un polo dominante ad all'incirca 10 Hz per cui la sua amplificazione decade rapidamente, ma ciò che è importante non è tanto questo quanto il fatto che lo spettro(TCF) del segnale di ingresso viene a lavorare su una risposta in frequenza non piatta, questo si traduce in una notevole distorsione delo segnale tra ingresso e uscita

- Dipendenza della tensione di uscita da molti fattori, principalmente la resistenza di carico

L'AO nella pratica dipende abbastanza fortemente dal carico, in particolare la tensione aumenta all'aumentare della resistenza di carico. Se quindi vogliamo tensioni di uscita elevate occorre che questa sia grossa, ma in tal caso la corrente di uscita non è molto grande, quindi la potenza di uscita sarà abbastanza bassa. Nel seguente schema osserviamo uno schema di amplificatore audio, come vedete in parallelo all'altoparlante ci vuole una resistenza molto grande:



Gli integrati dedicati che invece troviamo in commercio hanno una banda molto ampia di lavoro con una risposta in frequenza praticamente piatta, questo si traduce in una **molto poca distorsione**; essi **sono già reazionati**, gli AO invece per farli funzionare stabilmente vanno reazionati come si nota nella figura precedente. Oltre a questo introducono basso rumore.

Nel seguente schema abbiamo un amplificatore audio con LM386 da 1W di potenza:



vediamo i vari importanti componenti che servono in tale circuito:

- C1 serve a preservare la stabilità del circuito, cioè a fare in modo che eventuali oscillazioni della batteria non arrivino all'integrato
- Rv1 è un potenziometro che serve a regolare il volume
- C3, R3 servono a proteggere l'integrato da eventuali oscillazioni induttive dell'altoparlante
- C2 elimina il residuo di componenti continue e a basse frequenze del segnale che arriva all'altoparlante

L'amplificazione di questo circuito è abbastanza bassa ma può essere aumentata e di molto ponendo delle impedenze di valore opportuno tra i piedini 1 e 8

Articoli correlati:

[LM386 – analisi e dati tecnici](#)