

Amplificatori per le applicazioni a basso rumore

Jamie Furness
Global Technology Development manager
Farnell

La crescente "fame" di prestazioni in una gamma sempre più ampia di applicazioni professionali e consumer costringe gli ingegneri a progettare ricorrendo sempre più agli amplificatori caratterizzati dal basso rumore

Il basso rumore è oggi una caratteristica fondamentale per amplificatori operazionali, preamplificatori audio e amplificatori analogici da strumentazione.

Originariamente il rumore era considerato di primaria importanza solo quando si trattava di progettare circuiti per i sistemi a microonde e per la radiofrequenza, ma da qualche anno l'esigenza di saper gestire segnali di risicata ampiezza con bassissimo livello di

distorsione è diventata sempre più importante in una gran varietà di apparati.

Fra gli esempi più evidenti vi sono le apparecchiature audio professionali, gli strumenti di misura e monitoraggio, il controllo industriale e la visualizzazione



immagini medicali; sistemi nei quali gli ingegneri sono oggi costretti a capire in fretta come adeguare le prestazioni che ieri erano considerate ottime alle nuove esigenze che pretendono un livello di rumore ancor più ridotto. Per un progettista è fondamentale conoscere i para-

metri da ottimizzare per ottenere la soluzione, di volta in volta più efficace, e la corretta scelta delle periferiche è, in questo caso, critica per determinare la qualità delle prestazioni risultanti e per verificarne la rispondenza ai requisiti imposti.

Il rumore non è coerente

Quando si valutano le prestazioni di un amplificatore integrato per le

applicazioni a basso rumore, i due fattori più importanti da considerare sono il rumore di tensione e il rumore di corrente. Questi aspetti non ideali delle caratteristiche degli amplificatori operazionali sono modellabili considerando l'operazionale privo di rumore con una

sorgente di rumore di tensione in serie a un terminale d'ingresso e due sorgenti di rumore di corrente poste fra ciascuno dei due terminali d'ingresso e il terminale comune. I generatori possono essere considerati indipendenti ciascuno dall'altro e quando se ne descrive il contributo in rumore sulle note tecniche dell'operazionale è d'uso comune riportarne gli effetti sull'ingresso, togliendo ogni influenza sul guadagno di trasferimento. Nello schema di figura 1, il

rumore istantaneo all'uscita dell'amplificatore può essere descritto come la somma di due tipi di rumore ovvero come $e_o = (1 + R_2/R_1) * e_n + R_2 * i_n$, dove "eo" è il rumore d'uscita istantaneo, "en" è il rumore di tensione e "in" è il rumore di corrente. Da quest'equazione il contributo relativo di ciascun tipo di rumore è valutabile come $e_n/i_n = R_2 / (1 + R_2/R_1)$. Pertanto, la sorgente di rumore predominante può variare in funzione dell'impedenza d'ingresso del circuito.

Il rumore di tensione domina nel circuito quando l'impedenza d'ingresso è bassa, mentre il rumore di corrente diventa più importante con i valori d'impedenza d'ingresso più elevati. Non si può negare che ciò abbia una sostanziale influenza sulle prestazioni dell'amplificatore. Per dirla in breve, nelle applicazioni dove l'impedenza d'ingresso è genericamente bassa si può consigliare al progettista di usare amplificatori operazionali con ingresso a basso rumore in tensione, mentre laddove ci si aspettano impedenze d'ingresso mediamente elevate, allora sarà più adatto un operazionale che all'ingresso presenti un basso rumore in corrente. Il rapporto fra "en" e "in" è spesso chiamato Characteristic Noise Resistance o più volgarmente "figura di rumore caratteristica" perché può a tutti gli effetti caratterizzare la funzione di trasferimento di un amplificatore e, dunque, le sue prestazioni rispetto all'impedenza d'ingresso.

Tuttavia, bisogna anche tenere presente

che sia in tensione che in corrente il rumore dipende anche dalle frequenze di lavoro dell'amplificatore ed è, quindi, compito del progettista assicurarsi che le prestazioni dell'operazionale siano corrette in tutta la banda di frequenza nella quale si troverà a lavorare l'applicazione. Per esserne davvero certi, talvolta basta leggere bene i datasheet, ma in taluni casi bisogna ricorrere a qualche piccolo test.

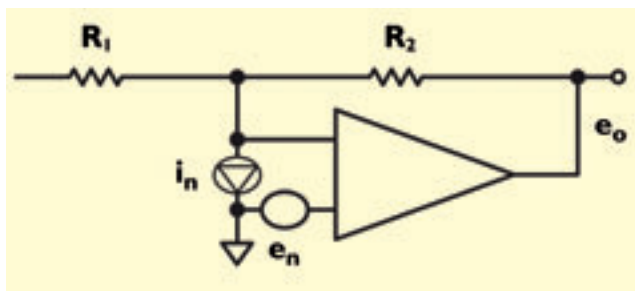


Fig. 1 - Modello delle sorgenti di rumore in tensione e corrente per un amplificatore

Criteri di scelta

Attualmente si trovano sul mercato amplificatori a basso rumore basati su transistor bipolari, JFET o CMOS e non sono tutti uguali. In tecnologia bipolare, il rumore di tensione è inversamente proporzionale alla radice quadrata della corrente di collettore dello stadio d'ingresso. Pertanto, i progettisti di circuiti possono cercare di ottenere prestazioni a basso rumore di tensione semplicemente aumentando il valore di questa corrente. Certamente gli amplificatori basati su bipolari sono quelli capaci di produrre la più bassa densità di rumore in tensione al confronto con le tecnologie JFET e CMOS, tanto che per un tipico amplificatore operazionale a basso rumore basato su transistor bipolari il rumore può generalmente attestarsi a circa 1 o 2 nV/√Hz. Tuttavia, il rumore in corrente è direttamente proporzionale alla radice quadrata della corrente di collettore e ciò significa che diventa più

alto quando il rumore di tensione è basso e che sarà, quindi, necessario predisporre una retroazione esterna capace di compensare questo fastidio. Le applicazioni più adatte per gli amplificatori bipolari sono quelle che hanno un'impedenza d'ingresso decisamente bassa, almeno inferiore a 200 Ω.

D'altro canto, gli amplificatori a JFET hanno uno stadio d'ingresso che mostra una densità di rumore di corrente molto bassa, tipicamente inferiore a 1 fA/√Hz.

Ciò significa che si accontentano di una debole corrente di polarizzazione e che sono ideali per le applicazioni che hanno generalmente a che fare con le impedenze d'ingresso sostanziose. Tuttavia, in questo caso la densità del rumore di tensione diventa circa un ordine di grandezza maggiore che nel

caso dei transistor bipolari e ciò porta a un peggioramento delle prestazioni nelle applicazioni dove l'impedenza d'ingresso è bassa.

Gli amplificatori CMOS hanno un livello di prestazioni buono in una più ampia varietà di condizioni ambientali e possono competere sia con il minor rumore in tensione dei bipolari sia con il minor rumore in corrente dei JFET. Inoltre, garantiscono anche un livello di distorsione oltremodo basso che li rende ideali negli amplificatori di segnali e nei preamplificatori audio.

Le prospettive

È la crescente domanda di applicazioni a basso consumo per l'elettronica general-purpose che sta oggi facendo aumentare un po' dappertutto la richiesta di amplificatori a basso rumore. Fino a ieri nello sviluppo degli amplificatori a basso rumore gli ingegneri cercavano di ottimizzare le caratteristiche prestazionali quali la velocità, la corrente di polarizzazione d'ingresso e il consumo di potenza, noncuranti di altri aspetti quali le dimensioni del chip e il package che talvolta consideravano meno importanti e quindi progettavano uguali o addirittura

ra più grandi rispetto ai chip general-purpose. Nelle applicazioni a basso rumore tradizionali come le comunicazioni satellitari, i sistemi radar o GSM wireless, la reiezione al rumore è stato il requisito più ostico da soddisfare e, quindi, a nessuno rimaneva tempo per migliorare le altre prestazioni. Gradualmente, alcune di queste hanno acquisito maggior importanza e ciò spiega perché nello sviluppo degli amplificatori a basso rumore c'è oggi bisogno di tecniche circuitali specifiche a basso rumore in tensione e in corrente, dal basso costo e tali da permettere di ottenere piccoli fattori di forma.

Un'altra importante necessità dei moderni sistemi è quella di garantire un'ampia escursione della tensione tanto in ingresso quanto in uscita perché ciò serve a massimizzare la risposta dinamica soprattutto degli amplificatori che devono lavorare con i bassi voltaggi di alimentazione. Fra gli altri requisiti oggi richiesti c'è la reiezione ai picchi di potenza che possono, per esempio, essere generati dalle batterie non correttamente caricate in modo del tutto casuale.

I moderni sistemi devono, infatti, assicurare la piena funzionalità qualunque sia il livello della tensione della batteria e qualsiasi irregolarità possa sovrapporsi alla tensione di alimentazione. Tener conto di queste esigenze non è banale nello sviluppo di un amplificatore a basso rumore.

A livello dei transistor

I progressi nelle tecnologie bipolari, JFET e CMOS hanno permesso l'introduzione di dispositivi con prestazioni più sofisticate.

I nuovi bipolari, per esempio, sono fabbricati con una tecnica di isolamento detta "trench isolation" che consente di realizzare basi un po' più dense rispetto alle tradizionali tecniche a deposizione. Ciò permette ai transistor bipolari di offrire maggior velocità e miglior linearità di risposta

con un inferiore consumo di potenza e in un range termico operativo più grande e questi benefici, naturalmente, si concretizzano nelle più piccole dimensioni del package, grazie alle quali si possono realizzare sistemi con una maggior densità di funzioni operative.

Le migliorie nei transistor JFET sono state, negli ultimi tempi, incentrate allo sviluppo di basi più efficienti e capaci di perfezionare il comportamento del transistor nella fase di commutazione.

Ciò ha portato a ridurre molto il rumore di tensione e ancor di più il rumore di corrente.

I dispositivi di ultima generazione offrono, infatti, da 4 a 6 nV/√Hz per il primo parametro e meno di 1 fA/√Hz per il secondo. Questi dispositivi sono particolarmente adatti agli amplificatori che lavorano sui segnali molto piccoli e con impedenze d'ingresso piuttosto elevate, specialmente nel caso dei trasduttori capacitivi quali accelerometri e fotodiodi. Le novità nei transistor CMOS riguardano per lo più i miglioramenti a livello del silicio che riescono oggi a ottimizzare con equilibrio sia l'erogazione di potenza che la reiezione al rumore.

Fra le tecniche più diffuse in proposito la SOI (silicon-on-insulator) BiCMOS è quella che riesce a garantire il miglior rapporto accuratezza/rumore in tensione, pur garantendo bassi consumi di energia. Utilizzabili nei sistemi alimentati da 0,9 a 12 V, questi transistor sono particolarmente adatti a lavorare con i voltaggi compresi fra 3 e 5 V, possono interfacciarsi direttamente con i comuni convertitori ADC e sono perfettamente compatibili con l'uso insieme a tutti i tipi di batterie di alimentazione al litio e agli ioni di litio, assai diffuse nei moderni apparecchi portatili consumer.

Farnell
readerservice.it n. 28



AFOLUX 5.6", 5.7", 7"

- Display: 5.6", 5.7", 7" Touchscreen
- Processori: AMD LX800 VIA Eden
- 2 COM, Single/Dual LAN, 2 USB 2.0 Wireless LAN & Bluetooth
- Slot Compact Flash
- Sistemi operativi: Windows XP Embedded Windows CE 5.0 & 6.0



Fanless

AFOLUX 8.4", 10.4", 12.1"

- Display: 8.4", 10.4", 12.1" Touchscreen
- Processori: AMD LX800 VIA Eden/VIA C7 Intel Celeron M
- 2 COM, Dual LAN, 2 USB 2.0 Wireless LAN, GPRS e Bluetooth
- Slot Compact Flash & baia Hard Disk
- Sistemi operativi: Windows XP PRO e XP Embedded, Windows CE 5.0 & 6.0



Fanless

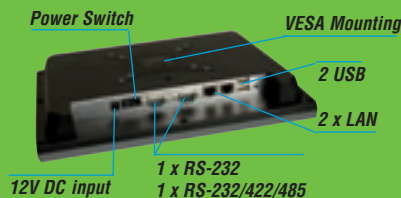
AFOLUX 15", 17", 19"

- Display: 15", 17", 19" Touchscreen
- Processori: VIA Eden/VIA C7 Intel CELERON M e Pentium M, Intel Core 2 DUO
- 2 COM, Dual LAN, 4 USB 2.0 Wireless LAN, GPRS e Bluetooth
- Slot Compact Flash & baia Hard Disk
- Sistemi operativi: Windows XP PRO e XP Embedded, Windows CE 5.0 & 6.0



Fanless

Elevata connettività in un Design ultrasottile



Ingegnerizzati per ridurre i costi:
CHIEDETECI UN PREVENTIVO...



IEI Technology Corp.

readerservice.it n.22117

support@contradata.com