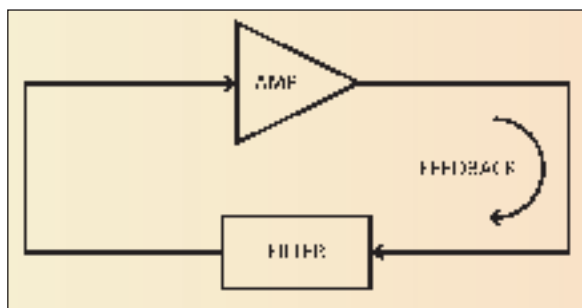


## Gli oscillatori in un circuito moderno: i cristalli rappresentano ancora la soluzione più accurata per la sincronizzazione?

*Grazie all'ampia gamma di componenti, circuiti integrati e oscillatori integrati disponibili, i progettisti possono scegliere la soluzione più idonea a soddisfare specifiche esigenze applicative*

Jamie Furness  
Global Technology  
Development manager  
Farnell



**Fig. 1 - Oscillatore costruito usando un amplificatore invertente e un filtro**

La sincronizzazione è fondamentale per il funzionamento di un sistema digitale moderno. Si possono utilizzare diverse tecniche e soluzioni per creare una sorgente di clock, ma i progettisti devono tenere in considerazione vari fattori tra cui costi, consumo energetico, footprint, stabilità nei riguardi della temperatura e della tensione di alimentazione e rumore generato indipendentemente dal fatto che la frequenza richiesta sia di alcuni kHz o superiore a 100 MHz.

### Tecnologie per l'oscillatore

In generale, esistono due modi per generare un segnale di clock: inducendo oscillazioni elettriche in un circuito amplificatore oppure forzando un cri-

stallo di quarzo, ottenuto mediante microlavorazione di precisione, o un chip ceramico piezoelettrico a oscillare a una frequenza di risonanza prestabilita. Sono disponibili un'ampia gamma di componenti, circuiti integrati e oscillatori integrati, che consentono ai progettisti di utilizzare la soluzione che meglio si adatta a una determinata serie di requisiti di sistema.

Esistono diversi circuiti ben collaudati che vengono impiegati per costruire un oscillatore utilizzando componenti discreti, tra cui oscillatore Colpitts, oscillatore a ponte di Wien e oscillatori in quadratura. Ciascuno di questi oscillatori è progettato essenzialmente per creare una condizione instabile in un circuito amplificatore con componenti

in retroazione passivi. Per il progetto di oscillatori si fa ricorso al criterio di Barkhausen, il quale stabilisce che il guadagno d'anello dell'amplificatore sia maggiore di 1 alla frequenza di risonanza e lo sfasamento attorno all'anello di feedback sia di  $360^\circ$  (o un multiplo di  $360^\circ$ ). Se l'oscillatore viene costruito usando un amplificatore invertente e un filtro, come mostrato nel diagramma semplificato di figura 1, l'amplificatore invertente introduce uno sfasamento di  $180^\circ$ . Il filtro, quindi, deve contribuire con un altro sfasamento di  $180^\circ$ . La rete filtrante imposta anche la frequenza dell'oscillatore. Queste funzioni vengono svolte utilizzando rete condensatore-resistore (CR) o induttore-resistore (LR) accordate. Poiché gli induttori ten-

dono a essere relativamente voluminosi, l'oscillatore RC è di gran lunga il più comune, soprattutto per frequenze di oscillazione fino a diverse centinaia di kHz.

Tra le caratteristiche principali degli oscillatori elettrici si possono annoverare tempi brevi di avviamento, che possono aiutare a risparmiare energia, e la possibilità di programmare la frequenza regolando i valori dei componenti passivi. Dall'altro lato, però, le tolleranze di fabbricazione per i componenti CR possono rendere difficile un'accurata previsione della frequenza operativa. Inoltre, le variazioni della temperatura e della tensione di funzionamento possono avere un considerevole impatto sulla stabilità di frequenza.

Sebbene siano state sviluppate numerose tipologie circuitali, al fine di ottimizzare fattori quali stabilità, consumo energetico e ripetibilità, il progetto di un oscillatore RC mediante componenti discreti è oneroso dal punto di vista manuale e può occupare uno spazio considerevole sul circuito stampato (PCB). Per ovviare al problema, i progettisti possono scegliere tra un'ampia gamma di oscillatori al silicio, come ad esempio la serie Maxim 73xx. Tra i vantaggi offerti si possono annoverare ridotte dimensioni e precisione intorno allo 0,25% su un ampio range di temperatura di esercizio. Questi oscillatori permettono anche di eliminare la sensibilità ad altri fattori ambientali quali umidità, sporco o sollecitazioni. Poiché gli oscillatori al silicio sono disponibili a frequenze fino a circa 150 MHz, tali dispositivi sono in grado di proporsi come una soluzione a basso costo in numerosi tipi di sistemi, tra cui il segnale di clock dei microcontroller. Ad esempio, il MAX7382 è disponibile in frequenze che vanno da 10 MHz a 16 MHz, in un package SOT23 a 5 pin che misura solo 2,8 x 2,6 mm. Il dispositivo visualizza anche la stabilità alla tempe-

ratura di  $\pm 100$  ppm/ $^{\circ}$ C e include un circuito di supervisione Power On Reset (POR) che permette di utilizzare facilmente il dispositivo come sorgente di clock per un microcontroller. Con una capacità di pilotaggio del livello di uscita pari a  $\pm 10$  mA può anche servire da clock per altri componenti della scheda circuitali.

Un ulteriore fattore da considerare è il consumo energetico dello stesso oscillatore, che generalmente è di alcuni milliampere: prendendo ancora come esempio il MAX7382, il dispositivo assorbe 4,5 mA a piena potenza ed è prevista una modalità di shutdown con un assorbimento di 0,5  $\mu$ A.

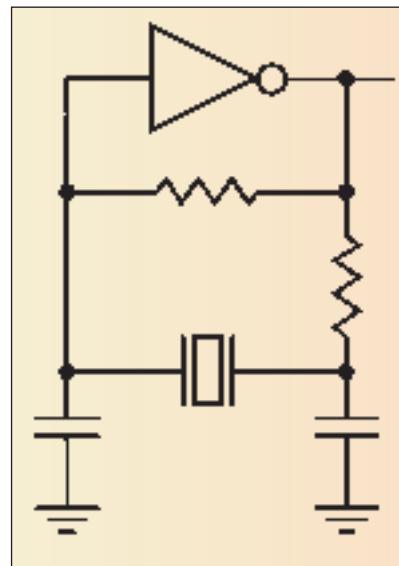
Numerose applicazioni di tipo general purpose possono beneficiare del basso costo e del risparmio energetico che è possibile ottenere utilizzando un oscillatore al silicio: tra queste elettrodomestici, prodotti di consumo, alcuni sistemi per applicazioni automobilistiche e comandi di svariati tipi. Tuttavia, sistemi più complessi, che vanno da dispositivi USB a sistemi di telecomunicazione ad alta velocità oppure dispositivi di comunicazione RF non solo operano a frequenze di parecchi Megahertz o Gigahertz, ma impongono anche rigorose caratteristiche su parametri quali rumorosità, stabilità sul lungo termine e jitter. Per via di tali requisiti di sistema, gli ingegneri si sono orientati in passato verso l'utilizzo di oscillatori a cristallo di quarzo, che in molti casi rimangono la soluzione migliore.

Ciononostante, anche gli oscillatori ceramici rappresentano ora un'alternativa pratica ed economica, soprattutto nella gamma compresa tra 10 MHz e 40 MHz.

### Oscillatori a cristallo e ceramici

È possibile costruire un oscillatore a cristallo mediante un cristallo discreto, avente la frequenza di risonanza desi-

derata, all'interno dell'anello di retroazione di un circuito amplificatore, come mostrato nel circuito dell'oscillatore di Pierce in figura 2. Il cristallo non è solitamente sensibile alla scelta dell'amplificatore, ma è necessario prestare attenzione durante la progettazione di un oscillatore a cristallo, al fine di evitare il sovrapiotaggio del cristallo stesso. Ciò sarebbe causa di imprecisioni e nei casi estremi il cristallo stesso potrebbe essere danneggiato. Molti componenti che richiedono una sorgente di clock, come ad esempio un microcontroller (MCU) o un FPGA, implementano circuiti di retroazione on-chip per risparmiare spazio. I progettisti possono com-



**Fig. 2 - Schema dell'oscillatore di Pierce**

pletare velocemente il circuito dell'oscillatore facendo ricorso a un idoneo cristallo esterno e a un numero limitato di componenti passivi aggiuntivi.

Gli oscillatori a cristallo, dall'altra parte, implementano tutti i componenti circuitali dell'oscillatore e del cristallo in un unico package. Alcune caratteristiche aggiuntive, quali ad esempio la com-

**Fig. 3 - Gli oscillatori ad alta velocità Saronix sono progettati per migliorare l'affidabilità dell'applicazione**



penso della temperatura e funzioni di controllo, consentono di creare una sorgente di clock stabile e precisa. Un esempio di oscillatore al quarzo a bassa tensione e frequenza di clock, progettato per un garantire jitter ridotto e un'elevata stabilità, è Saronix eCera SX disponibile in package di dimensioni pari a 7 mm x 5 mm comunemente usato per i quarzi e gli oscillatori a cristallo. La serie SX, che opera con una tensione di 2,5 V, genera un'uscita di clock compatibile con i livelli logici LVCMOS (Fig. 3). Le frequenze di clock disponibili, da 100 MHz a 160 MHz, con un jitter picco-picco totale di 40 ps, consentono un utilizzo in apparecchiature per le infrastrutture di telecomunicazioni, come ad esempio schede di linea SONET, nonché applicazioni FibreChannel, schede Ethernet da 10 Gb, e server e piattaforme di storage che adottano protocolli ad alta velocità come Serial Attached SCSI (SAS).

Come alternativa a basso costo alla tecnologia quarzo-cristallo, i risonatori ceramici, che utilizzano materiali di ceramica piezoelettrica, sono in grado di garantire buoni livelli di precisione e stabilità in numerose applicazioni. Un esempio è rappresentato dalla gamma Ceralock di Murata (Fig. 4), che include dispositivi caratterizzati da tolleranze molto severe, come le famiglie CSTCR, CSTCE e CSTCZ che operano nei campi

di frequenze standard da 4,00 MHz a 48,00 MHz e risultano adatti per applicazioni quali dispositivi USB e sistemi automobilistici - tra cui ABS, unità di controllo motore (ECU) e controller airbag. Sebbene la stabilità di frequenza e la tolleranza siano in genere più estese rispetto agli oscillatori a cristallo, le più recenti generazioni di dispositivi cerami-

ci sono in grado di soddisfare i requisiti di standard quali CAN nel settore automobilistico e Full-Speed USB per prodotti informatici 'cost-sensitive'. Ulteriori vantaggi includono un ridotto numero di componenti, come accade nei progetti a elevata frequenza. Nei sistemi che richiedono una frequenza di clock superiore alla frequenza di risonanza, un oscillatore al quarzo richiede un circuito LC aggiuntivo necessario per selezionare un'armonica superiore. Questa operazione non è necessaria con un risonatore ceramico.

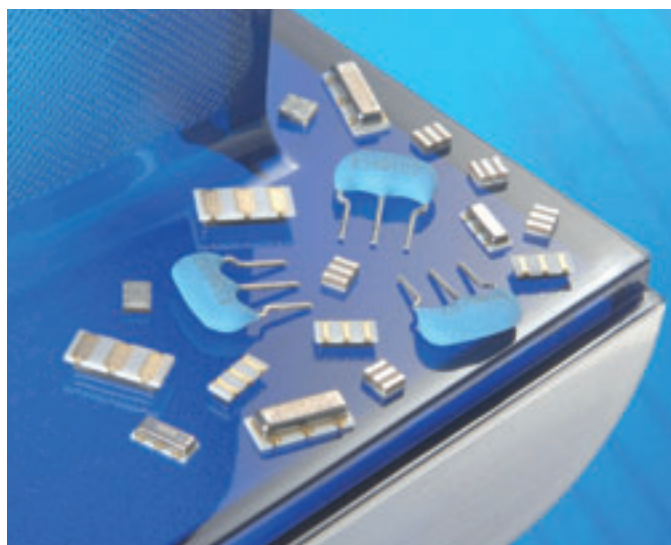
Per un componente di questo tipo l'inizializzazione può avvenire entro 0,02 ms, mentre invece un oscillatore al

quarzo paragonabile richiede circa 2,0 ms. Questo aspetto può risultare importante in applicazioni a bassissima potenza, dove sono richieste un'entrata e un'uscita rapide dalle modalità di risparmio energetico.

### Un'offerta completa

L'ampia gamma di oscillatori al silicio, al quarzo e ceramici al momento disponibile offre ai progettisti soluzioni efficaci per la scelta di una sorgente di sincronizzazione. Aspetti quali costi, consumo energetico ed esigenze di tipo ambientale sono prevalenti nel processo decisionale. Farnell è in grado di fornire supporto nella scelta del tipo di dispositivo che più si adatta alle esigenze richieste, attraverso schede tecniche on-line facilmente consultabili, e l'assistenza di esperti tecnici interni all'azienda e personale competente addetto alle vendite. Esaminando le opzioni di scelta di clock per un microcontroller come ad esempio la famiglia PIC24F di Microchip, l'aspetto che maggiormente emerge è il modo in cui i progettisti devono considerare i pregi di ciascuna tecnologia.

La gamma PIC24F supporta un totale di quattro opzioni interne ed esterne di oscillatori, consentendo agli sviluppatori di sistema di scegliere tra 11 possibili configurazioni di clocking, ottenibili regolando i bit appropriati nel registro di configurazione della MCU. Esistono



**Fig. 4  
Risonatori  
ceramici Murata  
Ceralock**

due serie di pin esterni, che consentono ai progettisti di connettere sia un oscillatore esterno primario sia secondario. Inoltre, il dispositivo offre una scelta di oscillatori interni RC veloci e oscillatori interni RC a bassa potenza, integrati nel silicio.

La sorgente di clock può anche essere commutata dinamicamente tramite controllo software.

L'ingresso del clock primario può essere configurato in modo da accettare un segnale di clock esterno oppure per funzionare con un cristallo esterno. Ciò permette ai progettisti di scegliere se usare un segnale di clock adatto - nel caso fosse già disponibile sulla scheda - oppure di implementare nel dispositivo un oscillatore locale al quarzo o ceramico sfruttando l'amplificatore invertente e l'anello di retroazione implementati nelle vicinanze dei pin dell'oscillatore della MCU.

L'ingresso dell'oscillatore secondario è progettato specificamente per un funzio-

namento a bassa potenza e utilizza un cristallo da 32,768 kHz. Se l'oscillatore viene lasciato sempre in funzione è possibile commutare velocemente al clock di sistema da 32 kHz per un funzionamento a bassa potenza. In queste condizioni, è possibile spegnere il clock primario per risparmiare energia; tuttavia, i progettisti devono prestare particolare attenzione al tempo di start-up del cristallo quando ritornano all'oscillatore principale più veloce.

L'oscillatore RC interno veloce ha una frequenza nominale di 8 MHz e dà la possibilità ai progettisti di azionare la MCU senza utilizzare un risonatore a cristallo o ceramico. Ciononostante, la precisione specificata del clock può non consentirne l'utilizzo in certe applicazioni, come ad esempio in sistemi di comunicazione USB. La serie PIC24F implementa anche un oscillatore interno RC di bassa potenza e frequenza nominale pari a 31 kHz, impiegato per azionare circuiti interni della MCU tra cui il timer

di accensione e il timer di watchdog: esso è anche configurabile dall'utente per fornire una comoda opzione in termini di sorgente di clock quando il consumo energetico è critico e la precisione di sincronizzazione non è un elemento critico.

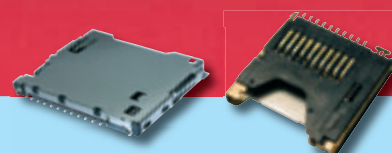
I requisiti di sistema in relazione ai segnali di clock variano molto a seconda dell'applicazione.

In generale, le applicazioni che richiedono frequenze di clock più elevate tendono a imporre requisiti più rigorosi sulle prestazioni della sorgente di clock. Fortunatamente i progettisti hanno a disposizione diverse tecnologie e implementazioni, tra cui componenti discreti, circuiti integrati di clock completi che utilizzano tecnologia al silicio, al quarzo o ceramica e oscillatori on-chip in modo da soddisfare le loro esigenze nel modo più conveniente in termini di costi e spazio.

**Farnell**  
**readerservice.it n. 21**

**YAMAICHI**  
ELECTRONICS

**Abbiamo i connettori...**



**... per tutte le schede di memoria:**

- SD e miniSD
- MMC, RS-MMC e MMCmicro
- Memory Stick e Memory Stick Duo
- xD Picture Card
- Compact Flash
- SmartMedia (SSFDC)

Numerose versioni:

- Comodo meccanismo di espulsione e di aggancio push/push-plug
- Maggiore affidabilità grazie ai contatti a lamella a due punti
- Versioni MultiCard 2-in-1, 4-in-1 e 5-in-1

Per maggiori informazioni, contattare:  
**www.yamaichi.de**

Wireless  
Communication  
Connectors

**readerservice.it n.22385**

YAMAICHI ELECTRONICS  
Italia s.r.l.

Centro Colleoni - Pal. Taurus, 3  
I-20041 Agrate Brianza (MI)  
Tel: +39 / 039 / 688 11 85  
Fax: +39 / 039 / 689 21 50  
sales@yamaichi.it  
www.yamaichi.it