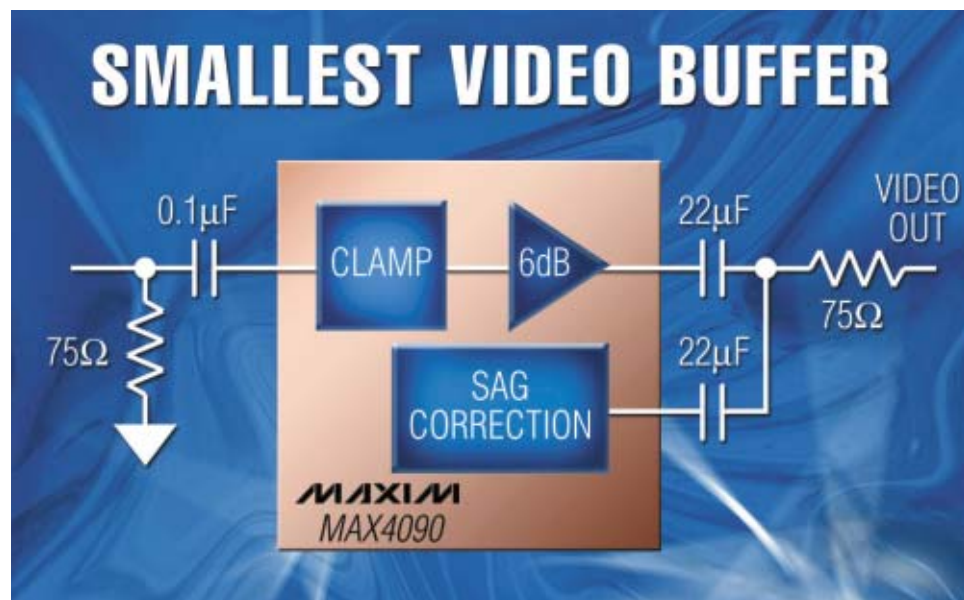


Guida completa alla progettazione con i segnali video

Bill Stutz, Franco Contadini
Maxim Integrated Products Inc.
Sunnyvale CA

In questo articolo vengono illustrati il funzionamento dei circuiti di polarizzazione, i segnali che meglio si adattano a queste soluzioni, i pregi e gli inconvenienti legati all'utilizzo di tensioni di alimentazione singole e duali e i migliori circuiti per determinate applicazioni



Il problema legato all'accoppiamento in AC dei segnali video è costituito dalla tensione continua, che deve essere ristabilita successivamente per fissare la luminosità dell'immagine e assicurare che il segnale generato sia

all'interno della regione lineare dello stadio successivo. Questa operazione denominata "polarizzazione" utilizza diversi circuiti in base alla forma d'onda del segnale video e dall'accuratezza e stabilità richiesta dal punto di polarizza-

zione. Segnali con forma d'onda sinusoidale, come quelli audio, per stabilire la tensione di polarizzazione utilizzano una rete d'accoppiamento costituita da una resistenza e un condensatore (R-C).

Sfortunatamente solo il segnale crominanza (C) del S-Video può essere approssimato a un'onda sinusoidale.

I segnali di luminanza (Y), composito (Cvbs) e RGB, sono più complessi, variano in una sola direzione rispetto a un livello di riferimento al di sotto

del quale può essere allegato un segnale di sincronismo. Questi segnali richiedono un metodo di polarizzazione, che è tipico per i segnali video, denominato "livellamento", poiché limita un estremo del segnale a un livello di tensione

di riferimento, lasciando l'altro estremo libero di variare. Nella forma classica è costituito da un diodo di livellamento, che è attivato dal sincronismo del segnale video. Esistono anche altri metodi ad esempio i segnali di colore differenziali Pb e Pr e quelli grafici RGB, sono gestiti meglio da un circuito livellatore controllato. In questo caso il diodo è sostituito da un interruttore e il punto di livellamento è controllato da un segnale esterno. L'ultimo metodo di polarizzazione, denominato "ripristino della componente continua", aggiunge al circuito livellatore controllato una retroazione, che migliora l'accuratezza del punto di polarizzazione. Di seguito è illustrato il funzionamento di questi circuiti, i segnali che meglio si adattano a queste soluzioni, i pregi e gli inconvenienti legati all'utilizzo di tensioni d'alimentazione singole e duali e i migliori circuiti per determinate applicazioni.

Accoppiamento in AC dei segnali video

Quando un qualsiasi segnale è accoppiato in AC, il condensatore d'accoppiamento memorizza la somma del valore medio del segnale e la differenza in potenziale DC tra la sorgente e il carico. Per illustrare come questo influisca sulla stabilità del punto di polarizzazione di diversi segnali, basta osservare in figura 1 la differenza tra un segnale a onda sinusoidale e un impulso quando sono accoppiati in AC a una resistenza di

carico collegata a massa. Inizialmente la variazione in tensione è la stessa per entrambi i segnali, ma dopo il passaggio attraverso il condensatore l'escursione del segnale sinusoidale è centrata attorno alla metà della sua ampiezza mentre la centratura dell'impulso dipende dal "duty cycle". Questo significa che, a parità d'ampiezza, è necessario un "range" dinamico più ampio per un impulso con "duty-cycle" variabile rispetto a un segnale sinusoidale. Per questa ragione, per preservare la gamma dinamica, tutti gli amplificatori utilizzati per gli impulsi sono accoppiati in DC. Il segnale video è simile a un impulso ed è quindi preferibile accoppiarlo in DC.

I segnali video normalmente utilizzati sono mostrati in figura 2. Il segnale di crominanza nel S-Video e i segnali Pb e Pr nel video composito rassomigliano all'onda sinusoidale e sono centrati attorno al punto di riferimento, come sopra riportato. Il segnale di luminanza (Y), composito e RGB, variano di +700mV solo nella direzione positiva rispetto alla tensione di 0V, denominata livello di nero. Questo è dovuto a un tacito accordo all'interno dell'industria e non è definito da alcuno standard. Sono tutte forme d'onda complesse con un intervallo di "sync" che può essere definito e usato oppure no. Ad esempio in figura è riportato un segnale RGB con "sync" così com'è utilizzato nel NTSC e PAL.

Nelle applicazioni PC grafiche, il

"sync" è un segnale separato e non è quindi allegato a quello RGB. Nelle applicazioni con alimentazione singola, come l'uscita di un DAC, i livelli a riposo possono essere differenti durante l'intervallo di "sync". Questo influenza la scelta del metodo di polarizzazione. Ad esempio, se il livello a riposo del segnale di crominanza durante l'intervallo di sincronismo non è 0V, in un'applicazione a doppia alimentazione è più assimilabile a un impulso che a una sinusoide.

Nonostante ciò, i segnali video devono essere accoppiati in AC nel punto in cui i domini della tensione cambiano. Il collegamento di due differenti sorgenti di alimentazione attraverso una connessione in DC è pericoloso e normalmente proibito dalle norme di sicurezza. I produttori di apparecchiature video hanno di conseguenza un tacito accordo che prevede di accoppiare in AC gli ingressi dei loro apparati e accoppiare in DC l'uscita. Lo stadio successivo ha quindi l'onere di ripristinare la componente in DC.

L'inosservanza di questo protocollo può provocare "doppi accoppiamenti", dove due condensatori di accoppiamento vengono a trovarsi in serie o corti quando non ne sono presenti affatto. L'unica eccezione a questa regola è costituita dagli apparati alimentati da batteria, come i "camcorder", nei quali l'accoppiamento in AC dell'uscita minimizza l'assorbimento da batteria.

La domanda successiva è: quale deve essere il valore di questo condensatore?

Con riferimento alla figura 1, l'assunzione che il condensatore memorizza la tensione media del segnale, si basa sul fatto che il prodotto RC sia maggiore del periodo minimo del segnale.

Questo significa, che il punto più basso a -3dB della rete RC deve essere infe-

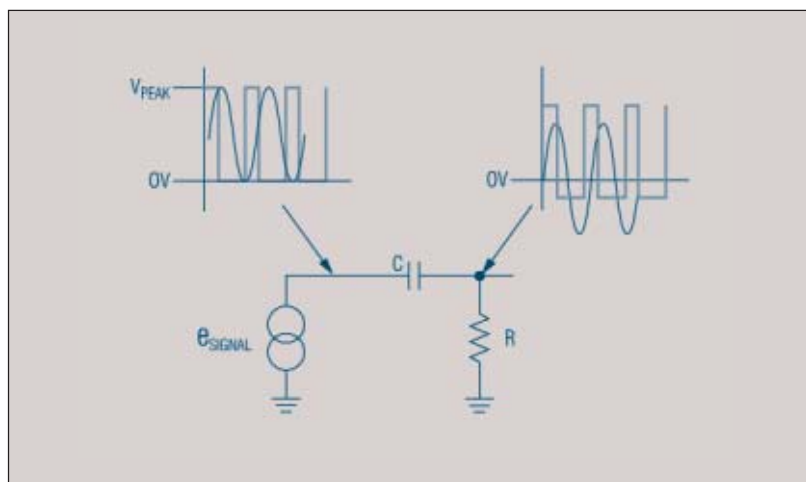


Fig. 1 - Un semplice accoppiamento RC fornisce punti di polarizzazione differenti quando è applicato a un segnale sinusoidale e a un impulso

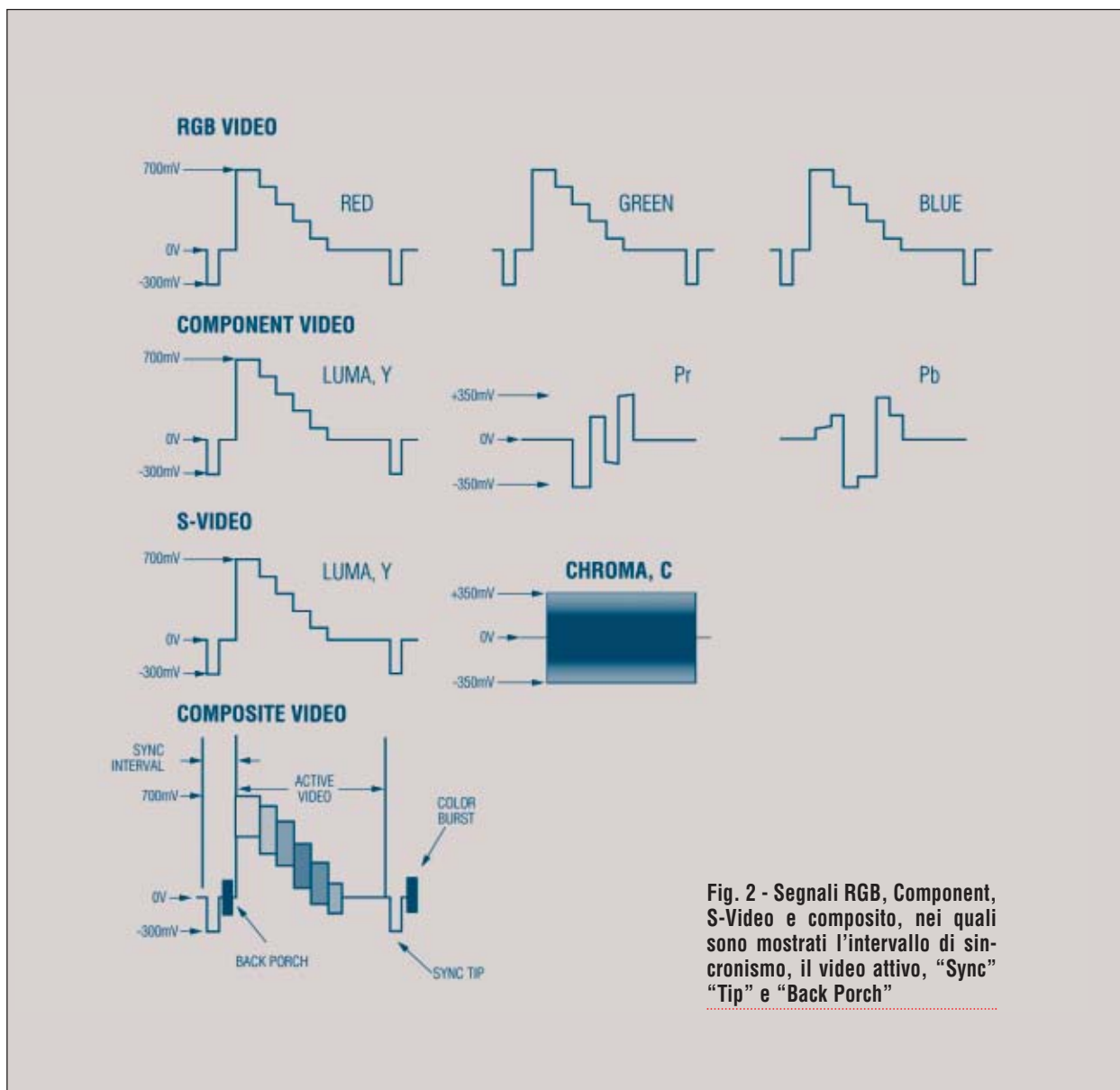


Fig. 2 - Segnali RGB, Component, S-Video e composito, nei quali sono mostrati l'intervallo di sincronismo, il video attivo, "Sync" "Tip" e "Back Porch"

riore alla frequenza più bassa del segnale di 6/10 volte. Risulta un'ampia scelta sul valore del condensatore. Ad esempio, il segnale di crominanza nel S-Video è costituito da un'onda sinusoidale modulata in fase, nel quale la frequenza più bassa è di circa 2MHz. Considerando un carico di 75Ω, se non è necessario trasferire l'intervallo di sincronismo orizzontale, il valore del condensatore richiesto è di 0.1μF. La risposta in frequenza dei segnali Y (luminanza), Cvsb (composito) e RGB si estende verso il basso fino al valore

della frequenza di rappresentazione dell'immagine (25-30Hz). Nel caso di un carico di 75Ω e un punto a -3dB a 3-5Hz, il valore del condensatore richiesto è maggiore di 1000μF. Se si utilizza un condensatore di valore troppo basso, l'immagine visualizzata sarà più scura da sinistra a destra e dall'alto al basso e quindi soggetta a distorsione spaziale. Nella terminologia video questo fenomeno è denominato "Line Droop" e Field Tilt, per evitare artefatti visibili questa distorsione deve essere inferiore al 1-2%.

Circuiti di polarizzazione in singola alimentazione per applicazioni Video

L'accoppiamento RC, come mostrato in figura 4A, funziona su qualsiasi segnale video, sempre che il prodotto RC sia sufficientemente elevato e l'alimentazione dell'amplificatore operazionale che segue fornisca un "range" di escursione negativo e positivo attorno al valore medio sufficiente.

Nel passato, questo era assicurato da amplificatori operazionali con alimentazione duale. Nell'ipotesi che R_s sia rife-

rita alla stessa massa di R_i e il valore sia uguale al parallelo di R_i e R_f ($R_i//R_f$), l'amplificatore operazionale rigetta tutti i rumori di modo comune (CMRR) con un minimo di tensione di offset. Il punto più basso a -3dB è dato da $1/(2*\pi*Rs*C)$ e, nonostante la dimensione del condensatore d'accoppiamento, il circuito mantiene la sua gamma dinamica, sia come PSRR che come CMRR. La maggior parte dei circuiti è stata realizzata in questo modo.

Con l'avvento del video digitale e dei dispositivi alimentati da batteria, l'alimentazione negativa è diventata un costo e un aggravio di potenza.

I primi tentativi di polarizzazione RC erano simili a quelli mostrati in figura 4B, nei quali veniva utilizzato un partitore di tensione. Se $R_1=R_2$ e V_{cc} (Fig. 4B) è uguale alla somma di V_{cc} e

V_{ee} (Fig. 4A), i due circuiti sono simili ma hanno prestazioni in AC differenti. Qualsiasi cambiamento della tensione V_{cc} (Fig. 4B) modifica direttamente il valore del segnale presente all'ingresso dell'amplificatore operazionale, in base al rapporto di divisione. Mentre, nel circuito di figura 4, questo è assorbito dalla tolleranza sull'alimentazione dell'amplificatore.

Se $R_1=R_2$, il PSRR del circuito di figura 4B è di soli 6dB, di conseguenza l'alimentazione deve essere filtrata e ben regolata. Una soluzione più economica, per migliorare il PSRR in AC (Fig. 4C), consiste nell'inserimento di una resistenza d'isolamento (R_x). Se il valore di questa resistenza non è uguale al parallelo di R_f e R_1 , si ha come inconveniente un offset in DC addizionale. Inoltre i prodotti $R_x * C_1$ e $C_2 * R_i$, in base a quanto sopra riportato, devono essere inferiori a 3-5Hz. Sebbene l'utilizzo di un condensatore di bypass elevato (C_3) in questo circuito permetta, ridu-

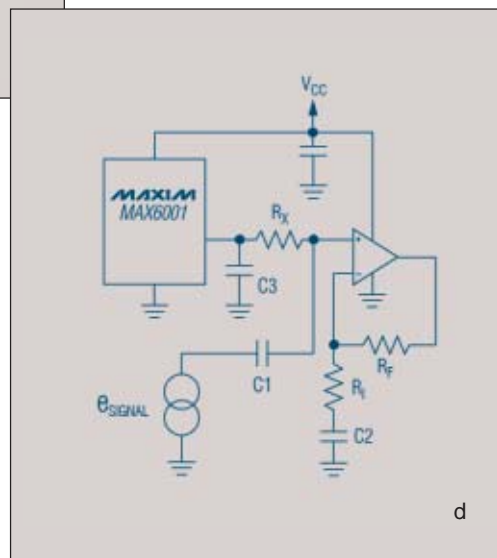
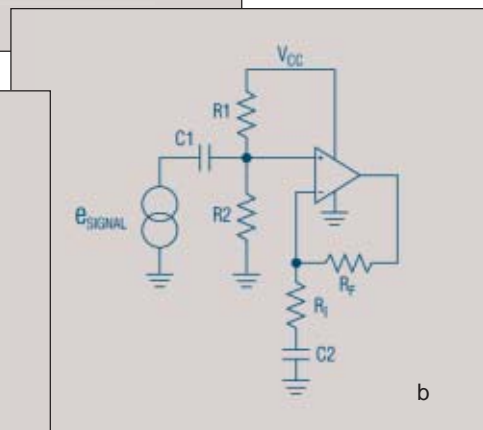
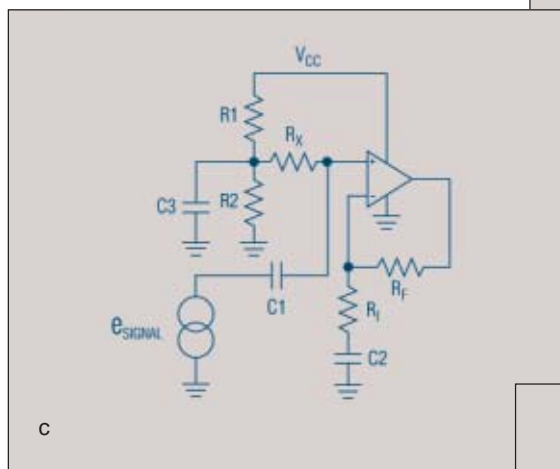
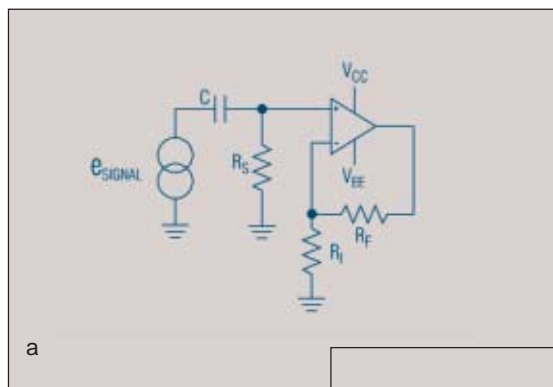


Fig. 4 - Il circuito di polarizzazione RC può essere applicato a:

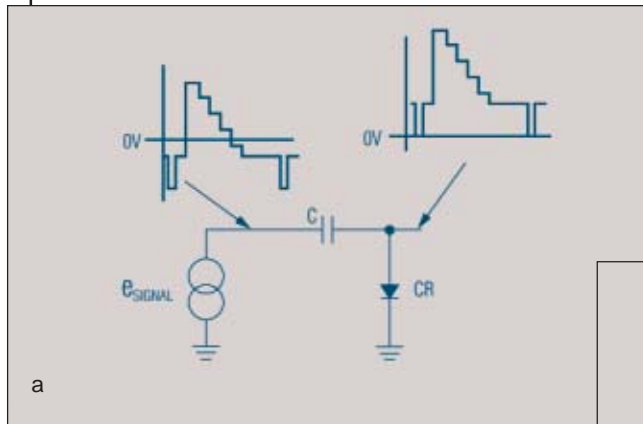
- A) Configurazione con alimentazione duale**
- B) Configurazione con alimentazione singola e partitore di tensione**
- C) Configurazione con alimentazione singola e offset minore**
- D) Configurazione con alimentazione singola e PSRR più elevato**

cendo la tensione di offset, l'utilizzo di una R_x più piccola, rende invece C_1 più grande. Questo accorgimento è utilizzato nei progetti a basso costo che usano condensatori elettrolitici.

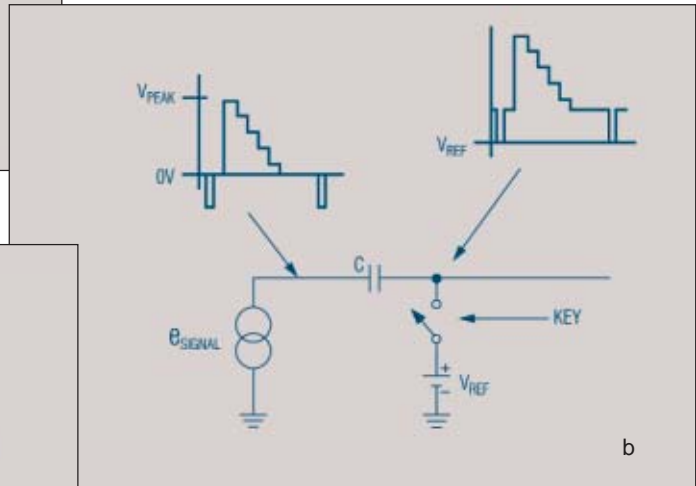
L'alternativa è il circuito di figura 4D, nel quale il partitore di tensione è sostituito da un regolatore a tre terminali; questo estende il PSRR fino alla tensione continua. La bassa impedenza d'uscita del

regolatore permette l'utilizzo di un valore di R_x vicino al parallelo di R_f e R_i , riducendo la tensione di offset del circuito. Dato che, l'unico scopo di C_3 è la riduzione del rumore proveniente dal regolatore, il suo valore è inferiore a quello di figura 4C.

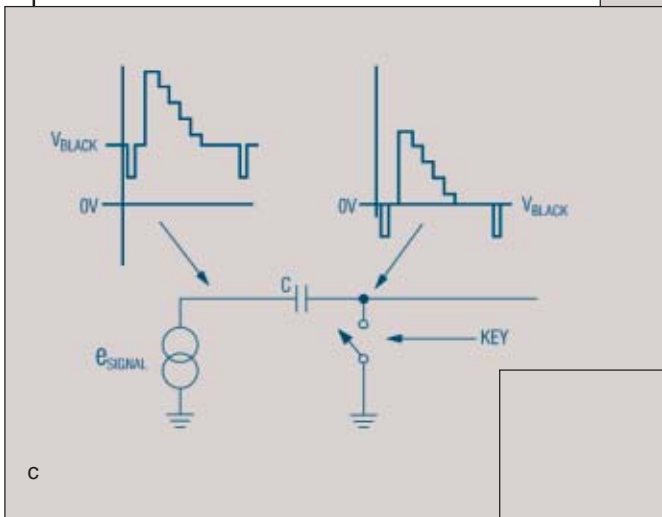
Il valore di C_1 e C_2 può essere ancora elevato e il CMRR, così come la stabilità, è un problema per frequenze inferiori al prodotto $R_i * C_1$.



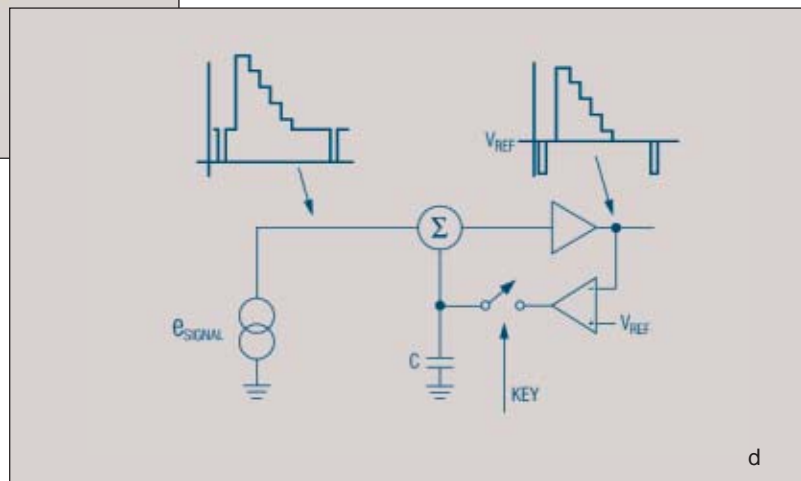
a



b



c



d

Fig. 3 - Differenti circuiti per il livellamento del segnale video:

- A) Livellatore a diodo
- B) Livellatore controllato con riferimento di tensione
- C) Livellatore controllato riferito al livello di nero
- D) Circuito per il ripristino della componente DC

Secondo quanto è stato detto l'accoppiamento in AC con doppia alimentazione, per quello che riguarda le prestazioni di PSRR e CMRR, indipendentemente dall'applicazione è meglio di quello in singola alimentazione.

Livellamento del segnale video

I segnali di luminanza, composito e RGB variano da un livello di riferimento o nero (0V) fino a un massimo di +700mV con allegato un sincronismo di -300mV. Come nel caso dell'impulso a "duty cycle" variabile in figura 1, la tensione di polarizzazione, se è accoppiata in AC, varia con il contenuto video e le informazioni di luminosità vengono perse.

Quello che serve è un circuito che mantenga costante il livello di nero (0V) indipendentemente dall'ampiezza

za del segnale video e del sincronismo.

Il circuito mostrato in figura 3A, denominato livellatore a diodo, cerca di svolgere questa operazione sostituendo la resistenza con un diodo (CR). Il diodo si comporta come un interruttore unidirezionale, la tensione più negativa del segnale video (l'estremo inferiore del sincronismo orizzontale) è forzata al livello di massa. Questo

mantiene il riferimento (0V) costante, nell'ipotesi che la tensione di sincronismo (-300mV) non cambi e che il potenziale di conduzione del diodo sia zero. Nonostante non sia possibile controllare il livello del sincronismo, si può ridurre il potenziale di conduzione inserendo il diodo di livellamento nell'anello di retroazione dell'amplificatore operazionale e realizzare quindi un livellatore attivo.

Il problema maggiore di questa configurazione, se impropriamente terminato, è la tendenza a oscillare. Le soluzioni integrate possono essere compensate e sono più affidabili (ad esempio MAX4399, MAX4089 e MAX4090). Se il livello di sincronismo varia o non è presente, il diodo può essere sostituito da un interruttore, generalmente un FET, che è controllato da un segnale esterno (Fig. 3B), il circuito prende il nome di livellatore controllato.

Se il segnale di controllo coincide con l'impulso di sincronismo, il circuito diventa un livellatore controllato dal sincronismo, ma a differenza del livellatore a diodo, l'attivazione può avvenire in qualsiasi punto all'interno dell'intervallo di sincronismo e non solo in corrispondenza dell'estremo negativo. Se il segnale di controllo si presenta mentre il video è al livello di nero (Fig. 3C), si ottiene un livellamento al livello di nero. Questo circuito è versatile, pratico e si avvicina al modello ideale. L'interruttore non è affetto dalla tensione di conduzione del diodo e può quindi realizzare realmente un livellatore al livello di nero (0V). L'aggiunta di una tensione continua (V_{ref}), permette di stabilire la polarizzazione per segnali come crominanza, Pb, Pr, composito e luminan-

za. L'unico difetto è la necessità di un separatore di sincronismo per ottenere il segnale di controllo, e può non essere sufficientemente accurato per alcune applicazioni.

Nel caso della digitalizzazione del segnale video si vuole che, la variazione del livello di nero sia entro ± 1 LSB o circa ± 2.75 mV. I livellatori non permettono d'ottenere quest'accuratezza. L'ultimo metodo utilizzato per polarizzare un segnale video è denominato ripristino della componente in DC ed è in grado di fornire un'accuratezza sul livello di nero che si avvicina a ± 1 LSB. La prima cosa che si nota nel circuito di figura 3D è l'assenza del condensatore d'accoppiamento.

Il dispositivo U2 compara l'uscita in DC dello stadio U1 con una tensione di riferimento (V_{ref}). Quindi, applica una retroazione negativa su U1 in modo da forzare l'uscita dello stesso a seguire il segnale di riferimento senza considerare quello d'ingresso.

Ovviamente se l'anello lavorasse continuamente l'unica cosa che si otterrebbe è una tensione continua. Un interruttore, inserito sull'anello di retroazione, viene chiuso per un istante durante ciascuna linea orizzontale, nel punto (sincronismo o livello di nero) che si desidera fissare alla tensione di

riferimento (V_{ref}). La tensione è memorizzata in un condensatore (C), che non è posto in serie all'ingresso ma è inserito in un circuito di campionamento a tenuta (S/H) costituito dall'interruttore presente nell'anello di retroazione.

Una realizzazione pratica (Fig. 5) in realtà utilizza due condensatori C_{hold} e C_x , due amplificatori operazionali U1 e U2, e un circuito di campionamento a tenuta (S/H).

La comparazione e la media del segnale sono fatte da R_x , C_x e U2. Il prodotto RC è scelto per ottenere una media sul semiquadro (per un semiquadro di 16msec (NTSC/PAL) il prodotto RC dovrà essere maggiore di 80msec), quindi il dispositivo U2 lavora a bassa frequenza ed è scelto per fornire un basso offset di tensione e corrente (i dispositivi MAX4123/29 sono una buona scelta per questa applicazione). Il dispositivo U1 è invece scelto in base alla risposta in frequenza e non al suo offset. Il circuito di campionamento a tenuta e il condensatore C_{hold} sono scelti per fornire basse perdite, che incidono sulla riduzione della tensione durante la linea orizzontale.

Il circuito mostrato utilizza un'alimentazione duale, ma può anche utilizzare un'alimentazione singola inserendo un traslatore di livello di precisione.

Il problema maggiore del ripristino della componente continua è costituito dal fatto che il livello di nero che viene ripristinato legato a V_{ref} , è analogico e non è correlato con il suo valore nel dominio digitale.

Questo può essere corretto utilizzando un DAC per generare V_{ref} . Come nel caso del livellatore controllato, il ripristino della componente DC può essere utilizzato con qualsiasi segnale video con o senza sincronismo e può essere attivato in qualsiasi punto della forma d'onda a condizione che gli amplificatori e il circuito di campionamento a tenuta siano sufficientemente veloci.

Maxim Integrated Products
readerservice.it n. 8

Fig. 5 - Una realizzazione pratica del circuito di ripristino della componente DC

