

0.0.1 Formatura CR-RC

Se io combino i due filtri precedentemente descritti frapponendo fra i due un amplificatore operazionale (fig 1) con guadagno pari a 1, si ottiene una catena di lettura in grado di formare sia il fronte di salita che il fronte di discesa dell'impulso. Se supponiamo di

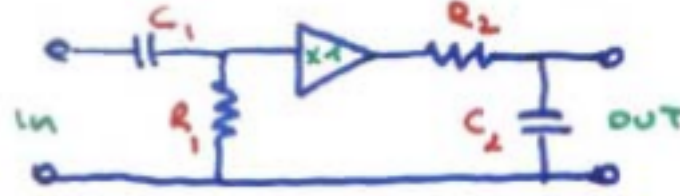


Figura 1: Formatura tramite un CR-RC

sottoporre la catena ad un gradino di tensione di ampiezza V_0 (approssima bene i segnali in uscita da un preamplificatore), in uscita si otterrà:

$$V(t) = V_0 e^{-t/\tau_2} (1 - e^{-t/\tau_1})$$

Se $\tau_1 \approx \tau_2$ e sviluppando al primo ordine il termine tra parentesi si ottiene:

$$V(t) = V_0 e^{-t/\tau} \frac{t}{\tau}$$

Il tempo caratteristico del RC (passa basso) determina il fronte di salita: aumentando τ ($=RC$) aumenta la frequenza di taglio, per cui passando le frequenze più alte aumentando la velocità di salita. Il tempo caratteristico del CR (passa alto) determina il fronte di discesa: se τ diminuisce la frequenza di taglio cala, di conseguenza le frequenze più alte vengono smorzate, diminuendo il tempo di discesa. In conclusione aumentare τ_{RC} aumenta la velocità di salita, aumentare τ_{CR} diminuisce la velocità di discesa.

Le costanti di tempo devono essere scelte in modo tale da poter raccogliere le cariche disponibili, ridurre il rumore elettronico ed evitare il *pile-up*. In particolare alcune richieste sono in contrapposizione, ad esempio per essere sicuri di raccogliere tutte le cariche può essere utile avere un tempo di discesa lungo, tuttavia questo aumenta il rischio di avere del *pile-up*.

0.0.2 Formatura gaussiana

Costruendo un circuito $CR-(RC)^n$ con n RC in cascata si può ottenere una formatura gaussiana dell'impulso:

$$V(t) = V_0 e^{-t/\tau} (1 - e^{-t/\tau})^n \approx V_0 \left(\frac{t}{\tau} \right)^n e^{-t/\tau} \quad (1)$$

Questa forma per $n > 4$ approssima bene una gaussiana; il massimo viene raggiunto in $n\tau$, detto anche *peaking time*). A parità di *peaking time*, questa formatura recupera la linea di base più velocemente rispetto alla formatura RC-CR. Questa formatura è la migliore in qualità di rapporto segnale-rumore.

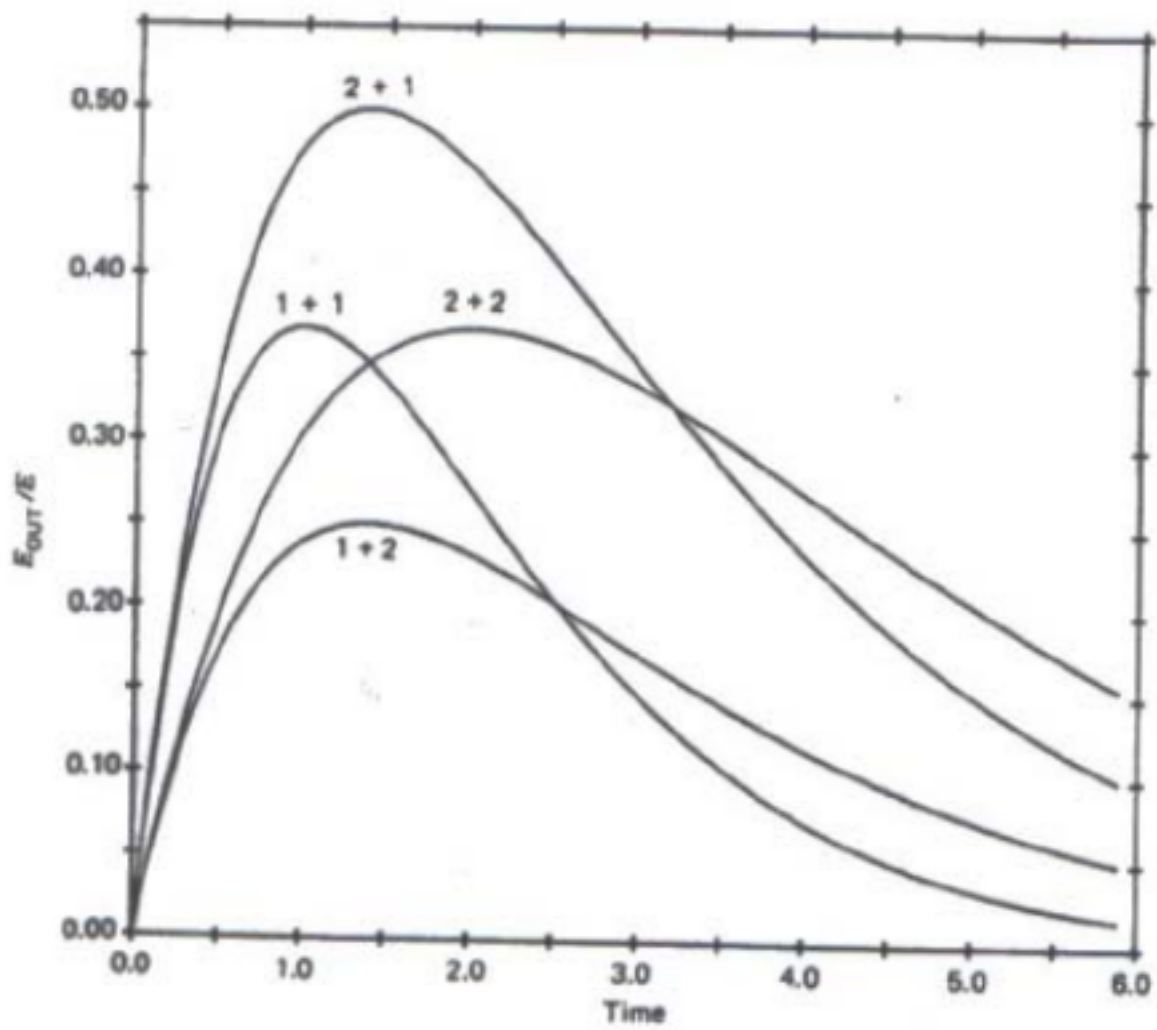


Figura 2: Esempi di segnali formati con varie costanti di tempo

0.0.3 Formature con filtri attivi

Utilizzando circuiti con elementi attivi come diodi o transistor si possono ottenere formature più fantasiose.

- **Formatura triangolare**, ottenibile con una serie di filtri attivi
- **Formatura trapezoidale**, utilizzata se il risetime è variabile, in modo da avere tutta la carica raccolta in rivelatori con grande variabilità di tempi di risposta. Questa formatura viene ottenuta con circuiti analogici e digitali.

0.0.4 Formatura CR-RC-CR

Utilizzata per dare una forma bipolare all'impulso nel caso di rate molto elevati.

0.0.5 Formatura con singola linea di ritardo

La singola linea di ritardo (SDL) viene utilizzata per ridurre la durata di impulsi troppo lunghi: un segnale viene sdoppiato in due rami, uno è il ramo di output, l'altro viene lasciato aperto. Se il tempo di propagazione τ in quest'ultimo è molto maggiore del tempo di salita dell'impulso, allora dopo 2τ il segnale ritorna sulla linea di output, ma invertito. Sommandosi al segnale precedente lo annulla. Nel caso il segnale avesse un decadimento si può presentare il problema dell'*undershoot* (tratteggio rosso nell'immagine): per risolverlo è necessario attenuare in modo opportuno il segnale.

0.0.6 Formatura con doppia linea di ritardo

È possibile rendere il segnale bipolare imponendo un'altra linea di ritardo in uscita dalla SDL con lo stesso tempo della prima linea. Il problema di questa formatura è che non passa da filtri, per cui presenta il problema del rumore non filtrato, per questo viene usata prevalentemente in rivelatori con poca risoluzione o per i segnali logici.

0.1 Cancellazione del polo zero

Nella realtà i nostri dispositivi non sono sottoposti a dei gradini, bensì a segnali che salgono molto velocemente e decadono molto lentamente. I tempi di decadimento possono portare a degli *undershoot* che vengono recuperati in tempi nell'ordine dei μs causando problemi nella forma degli impulsi successivi.

Si dimostra che nei CR-RC il problema può essere risolto utilizzando una resistenza regolabile in parallelo alla capacità nel CR.

0.2 Spostamenti della linea di base

Supponiamo di avere un treno di impulsi, poichè in un CR-RC la tensione media deve essere nulla, in caso di alti rate si può osservare uno spostamento della linea di base in modo da mantenere tale media nulla.

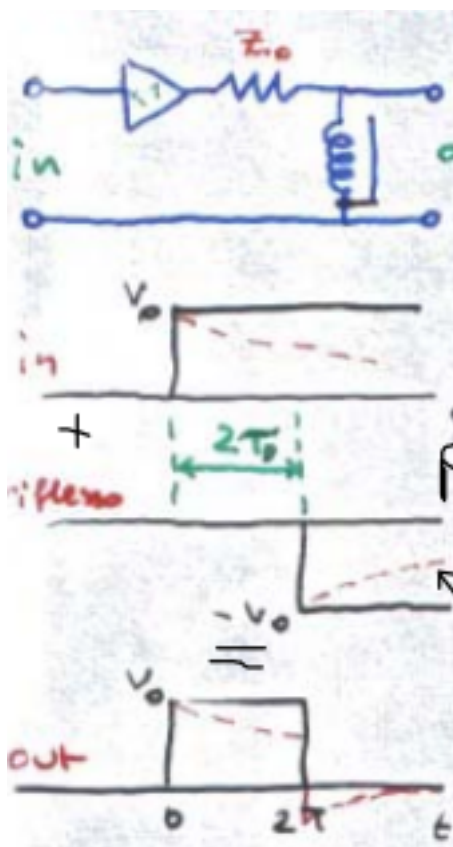


Figura 3: Formatura con SDL (Single Delay Line)

0.2. SPOSTAMENTI DELLA LINEA DI BASE

Nel caso di impulsi identici equispaziati lo spostamento non è problematico in quanto costante, tuttavia nella realtà gli impulsi hanno forma diversa per cui lo spostamento può risultare un problema.

Per risolvere il problema si può usare una formatura bipolare in modo da compensare questo effetto, tuttavia porta ad avere alti rapporti rumore-segnale. Un'altra soluzione proviene dall'accoppiare il segnale in tensione continua che successivamente viene eliminato con un filtro.