

VOLTMETRI AD APPROSSIMAZIONI SUCCESSIVE

Come avviene la conversione: Se il voltmetro ha $n=4$ bit, per la misura si utilizzeranno $N=2^n=16$ livelli tutti di ampiezza $\Delta V=DIN/N=(10\text{ V})/16=625\text{ mV}$

La determinazione (approssimazione, ad esempio per difetto) di V_x avviene in $n=4$ passaggi successivi:

1] si prova il confronto con una tensione approssimante $V_{appr}=V_1=P/2^1=P/2=5\text{ V}$

l'esito del 1° confronto ($V_x > V_{appr}$) impone di mantenere il valore provato: $V_{hold}=V_h=5\text{ V}$

2] si prova il confronto con una tensione approssimante

$V_{appr}=V_h+V_2=V_h+P/2^2=V_h+P/4=(5+2,5)\text{ V}=7,5\text{ V}$

l'esito del 2° confronto ($V_x < V_{appr}$) impone di non mantenere il nuovo valore provato: $V_h=5\text{ V}$

3] si prova il confronto con una tensione approssimante

$V_{appr}=V_h+V_3=V_h+P/2^3=V_h+P/8=(5+1,25)\text{ V}=6,25\text{ V}$

l'esito del 3° confronto ($V_x > V_{appr}$) impone di mantenere il nuovo valore provato: $V_h=6,25\text{ V}$

4] si prova il confronto con una tensione approssimante

$V_{appr}=V_h+V_4=V_h+P/2^4=V_h+P/16=(6,25+0,625)\text{ V}=6,875\text{ V}$

l'esito del 4° confronto ($V_x < V_{appr}$) impone di non mantenere il nuovo valore provato: $V_h=6,25\text{ V}$

Essendo il quarto anche l'ultimo confronto effettuato, si ottiene il valore misurato come $V_{x,M}=V_h=6,25\text{ V}$.

È immediato verificare che $V_x - V_{x,M} < \Delta V$, infatti $410\text{ mV} < 625\text{ mV}$, come previsto per questo voltmetro.

In generale il tempo di misura dipende dal tempo necessario per un singolo confronto, diciamo T_{conf} , moltiplicato per il numero di confronti complessivamente eseguiti, N_{conf} . Quest'ultimo numero di confronti è uguale al numero di bit utilizzati $N_{conf}=n$. Dunque il tempo di misura dipende dal prodotto tra n e T_{conf} : $T_{mis}=n \times T_{conf}$. Essendo il numero di livelli di quantizzazione $N=2^n$, si ottiene immediatamente che il tempo di misura va con il logaritmo in base 2 del numero di livelli:

$T_{mis}=\log_2(N) \times T_{conf}$.

VOLTMETRI

Vantaggi integrazione: La tecnica ad integrazione consente di mediare il segnale, e il rumore ad esso sovrapposto, su un tempo T_I prima di ricavarne il valore di misura. In questo modo si ottiene una reiezione del rumore di modo differenziale: tale reiezione aumenta al crescere della frequenza del disturbo considerato e che in particolare, almeno idealmente, risulta infinita per quei disturbi la cui frequenza è un multiplo dell'inverso del periodo di integrazione T_I .

Vantaggi 2rampa: Il vantaggio della tecnica a doppia rampa è rappresentato dalla sua insensibilità al valore della maggior parte dei parametri circuitali. Infatti i valori di R , C , Tc non compaiono nella equazione finale. Inoltre, se viene ridotta la fase di salita, anche il tempo necessario per effettuare la conversione (o la misura) risulterà inferiore.

Svantaggi 2 rampa: la limitata risoluzione e la ridotta velocità di conversione. Infatti il tempo minimo teorico T_{min} per effettuare una misura è dato approssimativamente da $T_{min} = 2 TcM$ dove M è il numero dei conteggi da effettuare per la risoluzione richiesta. Anche con una frequenza di *clock* di 20MHz , per effettuare la misura di un segnale con una risoluzione di 1 su 104 conteggi (4 cifre) occorre almeno 1ms .

Tuttavia perchè uno strumento a integrazione mostri i suoi vantaggi nella riduzione del rumore, il tempo di mediazione deve essere almeno uguale al periodo della alimentazione di rete o degli altri disturbi dominanti.

Convertitore flash Esso è costituito mediante 2^{n-1} di comparatori di livello, che ricevono tutti al loro ingresso non invertente la tensione da convertire, V_x . Il morsetto invertente di ciascun comparatore è invece collegato a un nodo di un partitore resistivo, costituito da 2^n resistenze di uguale valore R (tranne la prima e l'ultima, di valore rispettivamente $1.5R$ e $0.5R$), alimentato da una tensione campione

costante, V_{RIF} . Questa rete definisce i livelli di quantizzazione nel processo di conversione. In questo modo, per un assegnato valore della tensione V_x , tutti i comparatori al cui ingresso invertente è presente una tensione di riferimento inferiore a V_x presentano in uscita un livello logico alto. Tutti gli altri comparatori presentano invece una uscita a livello logico basso. Poi c'è una rete logica di tipo combinatorio che effettua il conteggio degli "1" presenti all'uscita dei comparatori e restituisce il valore all'uscita.

Vantaggio: il risultato della conversione viene presentato all'uscita con tempi di conversione limitati solo dai tempi di commutazione dei comparatori e di codifica della rete logica combinatoria.

Svantaggio: ridotta risoluzione, legata alle difficoltà di integrare un numero elevato di comparatori e resistori in un unico *chip*. Risoluzione max di $8 \div 10$ bit e velocità di conversione che possono giungere a qualche gigasample al secondo.

Valori tipici: Per flash $n=8$ bit e si ha un tipico impiego negli oscilloscopi digitali per misure ultraveloci (alcuni GSa/s) e di modesta accuratezza.

Per il convertitore ad approssimazioni successive tipicamente $n=10-14$ bit e si trova impiego nelle schede di acquisizione veloci (fino a decine di MSa/s) e di media accuratezza.

ANALIZZATORI

FFT si fermano a centinaia di kHz, eterodina alte freq, ottici freq troppo alte.

AS a eterodina: A: attenuatore d'ingresso; M: *mixer* armonico; SC: *scan control* (è un generatore di rampa di tensione che controlla sia il VCO, ossia il valore corrente di f_{LO} , sia la deflessione orizzontale dello schermo); sezione IF (è la sezione a frequenza intermedia all'interno della quale avviene un filtraggio del segnale a frequenza f_{IF} , eventualmente seguito da ulteriori conversioni in frequenza); R: rivelatore; F: filtro (*video bandwidth*); S: schermo (tipicamente un TRC).

RBW Sostanzialmente RBW dipende dalla larghezza del filtro a frequenza intermedia. Per ridurre il rumore sulla traccia visualizzata si può impiegare la funzione di *video filter* (media analogica sulla singola traccia) oppure quella di *average* (media su più tracce acquisite). Il *video filter* consente una misura più rapida e risulta adatto per segnali la cui non-stazionarietà è ancora da verificare.

OSCILLOSCOPI

Vantaggi digitale: maggiore Bpassante, memoria, niente sfarfallamento per segnali a basse frequenze, cattura single-shot, campionamento, modalità di sincronizzazione e trigger diverse, elaborazione dati, misure automatiche (ampiezza, sfasamento, frequenze).

Svantaggi digitale: display peggiore del CRT (es: max 256 livelli in verticale xhè ho 8 bit), tempi più lunghi per rinfresco traccia schermo, aliasing effettivo (quando il numero di campioni è insufficiente e da traccia confusa o non centra niente) e percettivo (l'occhio non riesce a capire la successione esatta dei campioni e la forma d'onda), costi.

Caratteristiche digitale: separazione temporale tra acquisizione e visualizzazione, rappresenta anche più immagini perché il display è diverso (va da sx a dx per riga).

L'oscilloscopio digitale esegue un campionamento del segnale d'ingresso, temporizzato da un orologio (*clock*) interno che imposta la frequenza di campionamento f_c . I campioni di tensione acquisiti, vengono successivamente digitalizzati mediante conversione A/D su un numero n di *bit*. I valori numerici corrispondenti alle tensioni acquisite vengono poi rappresentati su un *display* di tipo Raster insieme a elaborazioni numeriche, più o meno complesse, dei medesimi. Le misure di tempo/frequenza sono effettuate facendo riferimento al numero di campioni (prelevati a frequenza f_c) necessari per scandire un periodo della forma d'onda (FO) o la distanza temporale tra eventi di interesse.

Campionamento tempo reale (single shot): i campioni vengono prelevati a ritmo costante e memorizzati in fila nella memoria fino a che è piena. Servono interpolatori.

Campionamento sequenziale in Teq (solo ripetitivi/periodici): prelevare un campione ogni evento di trigger e ogni volta l'istante di trigger si incrementa di un tau (l'importante è che il segnale non cambi). Max 1picosec per campione e segnali fino a 50 Ghz.

Campionamento casuale in Teq: campioni prelevati in modo casuale sia prima che dopo l'evento di trigger, poi si compie un riordino in base al ritardo temporale rispetto all'evento di trigger in cui è stato acquisito. Ci mette meno del sequenziale perché ogni evento di trigger ne prendo più di uno, ma poi van riordinati.

Perché 8 bit (ADC) Ovviamente si potrebbe migliorare questa prestazione aumentando il numero di bit ma l'oscilloscopio nasce come strumento a larga banda, per "misure veloci", e quindi si preferisce usare convertitori a bassa ($n=8$ bit) risoluzione e accuratezza ma ad elevata velocità (convertitori di tipo *flash*).

Analogico

schermo, amplif.verticale, sezione di sincronismo -trigger (interna, esterna, rete — normale, automatico, single shot, cioè da un solo impulso di trigger, un solo dente di sega), amplif.orizzontale-base tempi (segnale dente di sega applicato alle placchette di deflessione)

Doppia base dei tempi

Traccia verticale multipla (alternata o chopped per segnali lenti) Fino a 100 kHz, converrebbe utilizzare una modalità di visualizzazione *chopped* che garantisce il mantenimento delle relazioni di fase tra i 2 segnali visualizzati e che può essere utilizzata per segnali di bassa frequenza consentendo il confronto tra la prima e la seconda traccia visualizzata in istanti di tempo immediatamente adiacenti.

Base dei tempi: un primo impulso proveniente dalla sezione di sincronismo avvia il tratto ascendente della rampa del dente di sega, quindi aumenta l'intensità del fascio di elettroni e disegna la traccia fino a che non si raggiunge un valore max di tensione poi un fronte rapido riporta tutto alle condizioni iniziali. Tra una rampa e l'altra potrebbe esserci un tempo di silenzio in modo da aspettare che la forma d'onda ritorni periodica come all'inizio della rampa precedente.