

Generatori di pattern digitali

Un generatore di pattern digitali è uno strumento in grado di fornire, su più canali, sequenze di livelli logici (corrispondenti a opportuni livelli di tensione) utilizzate per stimolare sistemi elettronici digitali. Le sequenze sono predefinite dall'utente (secondo modalità che saranno esposte nel seguito) e memorizzate. I valori di tensione associati ai livelli logici sono ovviamente dipendenti dalla famiglia logica cui appartengono i componenti da stimolare. I generatori di pattern digitali (D.P.G.) sono anche detti Generatori di Dati (Data Generators) o Generatori di Parole (Word Generators), dal momento che i dati digitali e le informazioni ad essi associate sono generalmente raggruppati in parole (Words) di ampiezza variabile da sistema a sistema. I singoli canali di un Generatore di pattern, opportunamente associati fra loro (in numero di 8, 16, 32, ecc.) permettono dunque di fornire "parole" di stimolo al sistema da caratterizzare; il flusso dei dati è normalmente controllato da un certo numero di segnali accessori.

La risposta del sistema sotto osservazione viene normalmente rilevata mediante un Analizzatore di stati logici, che dunque può essere considerato lo strumento complementare al generatore di pattern (Figura 1). Nei casi più semplici (per esempio per il minor numero di canali - in uscita - da osservare) può essere sufficiente un oscilloscopio digitale.

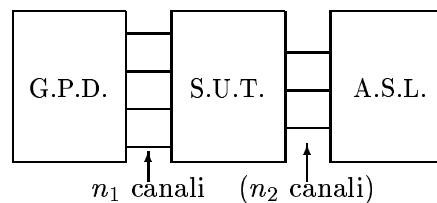


Figura 1 - Utilizzo di un Generatore di Pattern Digitali (G.P.D.) e di un Analizzatore di Stati Logici (A.S.L.) per stimolare un sistema (S.U.T.) e rilevarne la risposta.

La complessità del sistema sotto osservazione può essere molto limitata (per esempio un semplice circuito integrato) o più elevata, come per esempio nel caso di una scheda elettronica o di un intero sistema digitale. I Generatori di pattern possono essere impiegati per esempio per andare a scrivere determinati dati in determinate locazioni di una memoria allo scopo di verificare se l'operazione di scrittura avviene correttamente, oppure per analizzare il funzionamento di un apparato per telecomunicazioni digitali, o per collaudare una macchina a stati.

Le sequenza (o *stream*) di dati prodotti può essere avviata dall'utente o da un evento esterno (tradotto in opportuno segnale); analogamente la sequenza può essere terminata o dalla fine dei dati da inviare o da un segnale esterno.

La maggior parte dei generatori di pattern sono in grado di fornire sequenze di dati secondo diversi formati, corrispondenti alle differenti successioni di livelli di tensione che possono corrispondere alla stessa sequenza di bit.

Come è noto infatti, dipendentemente dalle caratteristiche del canale fisico di trasmissione e

del sistema di ricezione, la stessa sequenza di dati digitali (bit) può essere più convenientemente tradotta (o modulata) secondo diverse codifiche, le più comuni delle quali sono riassunte di seguito (v. Figura 2):

- N.R.Z. (Not Return To Zero): a ogni bit corrisponde un livello costante di tensione per un periodo di clock; è la codifica che richiede la più contenuta banda (a parità di frequenza di clock), dal momento che minimizza le transizioni di livello.
- R.Z. (Return To Zero): a ogni bit, indipendentemente dal suo valore, si ha un ritorno a zero del livello di tensione.
- R.C. (Return To Complement): a ogni bit, indipendentemente dal suo valore, il segnale torna al valore corrispondente al livello logico complementare.
- Manchester: ad ogni periodo di clock (a metà del periodo) si ha una transizione del livello di tensione, il cui verso indica il valore del bit; si tratta di una codifica che permette l'estrazione del sincronismo dalla sequenza di dati.

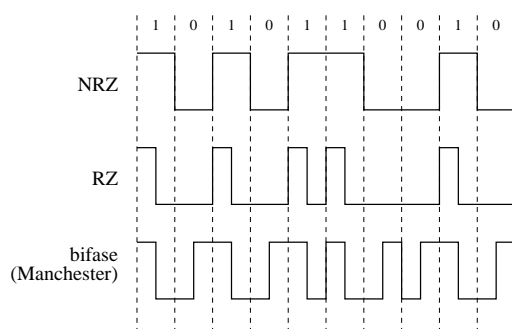


Figura 2 - Confronto tra i livelli di tensione per diverse codifiche, a parità di sequenza di dati binari.

La frequenza di lavoro di un G.P.D. può variare su un determinato intervallo, per poter essere adattata alle caratteristiche del sistema sotto misura.

Struttura

I Generatori di Pattern hanno normalmente una struttura modulare, cioè sono costituiti da uno o più moduli, a ciascuno dei quali corrisponde un certo numero di canali. La modularità consente di acquistare uno strumento dotato inizialmente di un certo numero di canali e di estenderne successivamente le prestazioni accrescendo, con l'acquisizione di ulteriori moduli, il numero di canali disponibili.

La parte principale dello strumento (*mainframe*) ha caratteristiche generali sostanzialmente indipendenti dal numero di moduli (e quindi di canali) di cui il generatore dispone. Essa comprende il sistema di alimentazione, i componenti meccanici (manopole, tasti, ecc.), un'unità di elaborazione, il sistema per la generazione dei segnali di controllo (clock, start, stop) e le interfacce con l'utente, ossia tutti quei comandi che permettono la definizione delle caratteristiche dei dati da generare (sequenze di bit, livelli di tensione, codifica, ecc.).

Gli strumenti più recenti sono ovviamente dotati di interfacce (per esempio GPIB) che consentono l'utilizzo (cioè la configurazione e la programmazione) per mezzo di un Computer. Altra caratteristica molto diffusa è la possibilità di impiegare supporti di memoria (floppy disk, memorie USB) per la lettura dei dati da generare e per la lettura e il salvataggio dei parametri di configurazione.

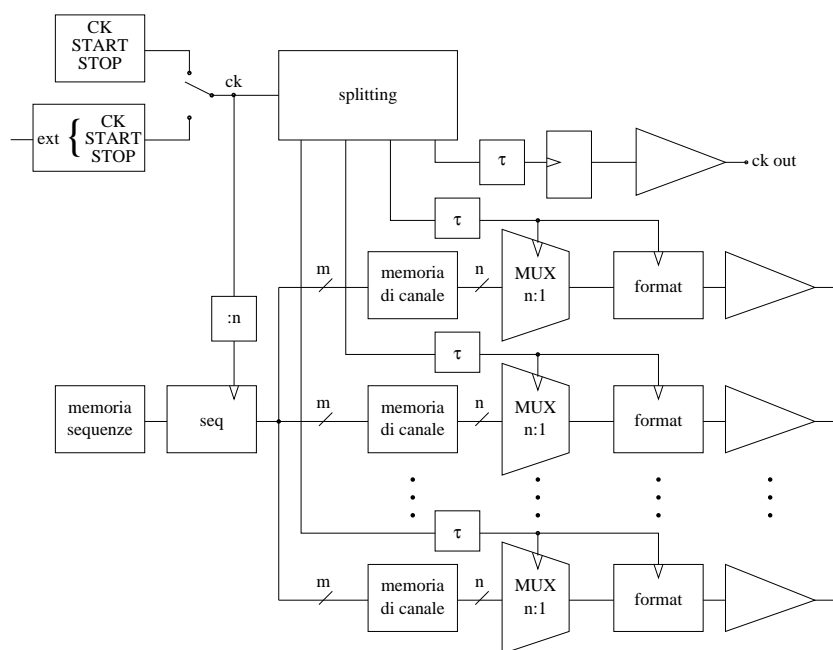


Figura 3 - Schema a blocchi di un generatore di pattern.

Il funzionamento dello strumento è controllato da un segnale di clock, generato a partire da un oscillatore di riferimento, la cui frequenza può essere all'occorrenza opportunamente divisa, per permettere l'operatività anche con sistemi non particolarmente veloci. Alcuni strumenti hanno un controllo del clock basato su un PLL, caratteristica che consente di ottenere una frequenza di clock stabile e selezionabile in modo particolarmente accurato. Come già anticipato, il segnale di clock può anche provenire dall'esterno dello strumento (per esempio dallo stesso sistema sotto osservazione) e il commutatore (ck) in Figura 3 permette di selezionare quella che interessa tra le due modalità. Analogamente possono essere generati a bordo dello strumento

(per esempio in seguito alla pressione di un tasto da parte dell'operatore) o esternamente ad esso i segnali che abilitano l'invio dei dati (START) e che lo interrompono (STOP).

Il circuito di *splitting* consente di ottenere un opportuno numero di segnali di clock (a partire dal clock "generale"), da inviare ciascuno a ognuno dei moduli che costituiscono lo strumento; per ciascuno di essi è generalmente possibile definire, all'occorrenza, uno specifico ritardo (τ).

Generazione dei dati

La definizione delle sequenza di dati da produrre in uscita avviene in ciascuno dei moduli, e il componente fondamentale per questa operazione è la memoria di canale, caratterizzata da una certa profondità, ma anche da una determinata larghezza (*width*). Nella memoria di canale, raggruppati in parole di n bit, vengono collocati i dati che la relativa uscita dovrà fornire. Questa memorizzazione è il risultato di operazioni di programmazione, effettuate dall'utente, che nel dettaglio dipendono dalle caratteristiche dello strumento (possibilità di operare mediante PC collegato al generatore, lettura dei dati da dischetto, programmazione mediante tastiera, ecc.). La struttura essenziale di ogni canale è rappresentata schematicamente in Figura 4.

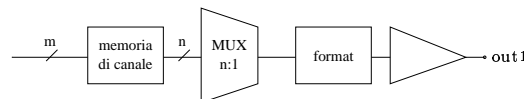


Figura 4 - Schematizzazione del singolo canale di un generatore di pattern.

Il generatore di sequenze ("seq" nello schema si Figura 3) provvede a generare, per ogni canale, le sequenze degli indirizzi da cui vengono estratti i dati da inviare alle diverse uscite; le modalità con cui questo avviene saranno descritte nel seguito. Come è possibile dedurre dall'osservazione dello schema completo, la memoria di ogni canale è indirizzata su m bit.

I dati estratti da ogni memoria di canale vengono inviati a un multiplexer $n : 1$ (in cui n è lo stesso valore per cui viene divisa la frequenza del clock del sistema, prima di andare a pilotare il generatore di sequenze), che agisce da convertitore parallelo-serie nei confronti della parola di n bit estratta dalla memoria. Dunque gli n bit che compongono la parola prelevata dalla memoria vengono inviati uno ad uno ai blocchi successivi e pertanto la velocità con la quale viene aggiornato l'indirizzo di memoria è n volte inferiore a quella con la quale ogni bit viene elaborato.

L'elaborazione di ogni bit consiste nella sua trasformazione in un'opportuna sequenza di livelli di tensione, dipendenti (livelli e sequenza) dalla famiglia logica e dalla codifica impiegata. A ciò provvede il circuito formattatore (format), in uscita dal quale si troverà il segnale che ha ormai tutte le caratteristiche richieste. L'amplificatore in uscita provvede ad adattare l'impedenza d'uscita (p.es. 50Ω o $1 k\Omega$) secondo quanto specificato dall'utente. Esso può essere con uscita differenziale (o solo riferita a "massa").

Come si vede sia il multiplexer, sia il formattatore sono pilotati con il clock “principale” dello strumento, prelevato a monte della divisione per n , dal momento che essi lavorano sul singolo bit (e non sulla *word* come invece avviene per il generatore di sequenze).

Come già anticipato, il generatore di sequenze genera le sequenze di indirizzi da cui estrarre, per ogni memoria di canale, i dati relativi a ciascuno dei canali stessi. Nella forma più semplice un generatore di sequenze è un contatore, il cui avanzamento si traduce nel generare indirizzi consecutivi e quindi nell’estrarre i dati da inviare da locazioni contigue di ciascuna memoria. In questo modo la lunghezza della sequenza di dati che è possibile ottenere in uscita è limitata dalla profondità di memoria (per una determinata larghezza).

La possibilità di programmare e far operare anche in maniera diversa il generatore di sequenze estende però le prestazioni dello strumento, rendendo possibile la generazione di sequenze di dati anche molto più lunghe e articolate di quello che sarebbe possibile fare se le modalità di funzionamento del generatore di sequenze fossero quelle descritte al paragrafo precedente.

Infatti, negli strumenti più versatili è possibile programmare il generatore di sequenze in modo che esso possa, oltre che generare indirizzi in successione, anche produrre uno o più cicli (*loop*) di sottosequenze, richiami periodici di sottosequenze, salti di indirizzi, o anche salti condizionati, in cui la condizione che determina il salto è indicata da una opportuna transizione di un segnale di ingresso allo strumento. Le informazioni relative alle sequenze così generate si trovano nella *memoria di sequenze*.

Alcuni strumenti permettono di generare anche sequenze casuali¹ di indirizzi; questa possibilità è di estremo interesse nel test di sistemi (digitali) di comunicazione, nei quali i dati da elaborare durante il funzionamento in condizioni reali sono dati casuali (seppure con caratteristiche statistiche più o meno definite) derivanti dalle informazioni che di volta in volta devono essere trasmesse.

Caratteristiche

Le caratteristiche principali che permettono di distinguere i diversi tipi e modelli di generatori, determinandone la qualità (e quindi il costo), sono

- il numero di canali: nei sistemi più recenti si arriva a superare il centinaio;
- la eventuale struttura modulare, che consente di espandere lo strumento qualora il numero di canali disponibili si riveli insufficiente;
- la massima velocità di lavoro (Maximum Data Rate): si arriva a frequenze dell’ordine del Gigahertz, e quindi a Data Rate dell’ordine del Gigabit al secondo.
- profondità di memoria: come già detto concorre a determinare la lunghezza delle sequenze di dati che possono essere generate;

¹che per le modalità con cui sono ottenute sono in realtà sempre pseudocasuali

- caratteristiche del generatore di sequenze di indirizzi: la possibilità di programmarlo consente di estendere virtualmente la profondità di memoria;
- caratteristiche degli amplificatori in uscita: resistenza d'uscita, livelli di tensione, massima corrente erogabile, uscita differenziale o solo a *single-ended*, possibilità di definire i tempi di salita/discesa, ecc.;
- possibilità di inserire ritardi diversi per i vari canali.
- interfaccia utente: come per tutti i sistemi in cui è necessario controllare un elevato numero di parametri (in questo caso per definire le sequenze di bit e la relativa codifica) è molto importante che lo strumento sia dotato di un'interfaccia utente che consenta di effettuare agevolmente queste operazioni. Alcune accessori (generalmente realizzati via software) consentono di inserire più facilmente sequenze ripetitive di valori, oppure di definire sequenze di valori logici alto e basso semplicemente specificando il valore iniziale e gli istanti corrispondenti alle commutazioni (una sorta di definizione "transizionale" delle sequenze).

Stimolatori a impulsi

Uno stimolatore a impulsi (*logic pulser*) è uno strumento impiegato per forzare un nodo ad assumere un determinato stato logico (talvolta opposto a quello presente). A questo scopo non è sempre opportuno utilizzare normali generatori di tensione (o corrente), perché questi, trasferendo al sistema sotto esame potenze anche rilevanti, possono danneggiarne i componenti. Lo stimolatore, al contrario, forza lo stato logico richiesto solo per brevi istanti, operando in modo impulsivo (per esempio per qualche centinaio di nanosecondi per circuiti TTL). Gli strumenti più sofisticati permettono anche la generazione di sequenze di impulsi.

Gli impulsi di sollecitazione sono generalmente prodotti grazie all'immagazzinamento su un condensatore della carica necessaria a generarli. In questo modo è possibile un controllo (con la limitazione) dell'energia fornita al sistema sotto misura. Poiché inoltre lo stimolatore impiega generalmente lo stesso sistema di alimentazione del circuito sotto esame (la qual cosa consente più agevolmente di legare l'ampiezza degli impulsi generati alle tensioni presenti nel circuito) è utile anche che la corrente assorbita dallo strumento (fornita quindi dall'alimentazione) sia opportunamente limitata. La possibilità di immagazzinare la carica da impiegare sul condensatore permette dunque di caricarlo lentamente (assorbendo quindi una corrente più bassa) e poi, scaricandolo più rapidamente, di fornire una corrente di picco anche molto maggiore di quella assorbita.

La forma dello strumento è ancora quella di una penna (o stilo), grazie alla quale è possibile raggiungere comodamente il nodo di interesse, anche in circuiti piuttosto complessi e senza la necessità di dissaldarne i componenti.