

## Capítulo II

### Antecedentes

#### 2.1. Generadores de señales

Un generador de señal está encargado de producir una señal eléctrica dependiente del tiempo, con diferentes características de amplitud, frecuencia y forma, que pueden ser fijas o variar dentro de intervalos definidos. Un generador no está encargado de medir la señal que entrega, aún cuando pueda indicarla. Los generadores de funciones son utilizados como alimentación o prueba de circuitos eléctricos o actuadores, tanto en su desarrollo como en la verificación de su funcionamiento.

Algunas aplicaciones específicas de los generadores de señales son: la obtención de respuesta en frecuencia o en tiempo de amplificadores, sintonizar y analizar la linealidad de filtros, probar sistemas digitales y caracterizar componentes en distintas frecuencias.

En general, los generadores de señales se conforman de tres etapas básicas: un oscilador, encargado de entregar la frecuencia de trabajo al sistema, con la posibilidad de que ésta pueda ser regulada; una etapa en la que se determina la forma de onda de la señal; y una etapa de amplificación, donde se ajustan la amplitud de la señal, así como su componente de directa.

Existen dos criterios básicos para la clasificación de los generadores de señales, el rango de frecuencia en el que trabajan y la forma de onda que entregan.

Los principales grupos en la clasificación por rangos de frecuencia se muestran en la *tabla 2.1*.

	Frecuencia mínima	Frecuencia máxima
Generador de audio frecuencia (AF)	< 0.01 Hz	1MHz a 10 MHz
Generador de radiofrecuencia (RF)	1kHz a 10kHz	520 kHz a 4 GHz
Generadores de señales de microondas	10 MHz	50 GHz

*Tabla 2.1* Clasificación de generadores de señales por rangos de frecuencia.

Según la forma de onda a la salida, los generadores de señales se clasifican principalmente en:

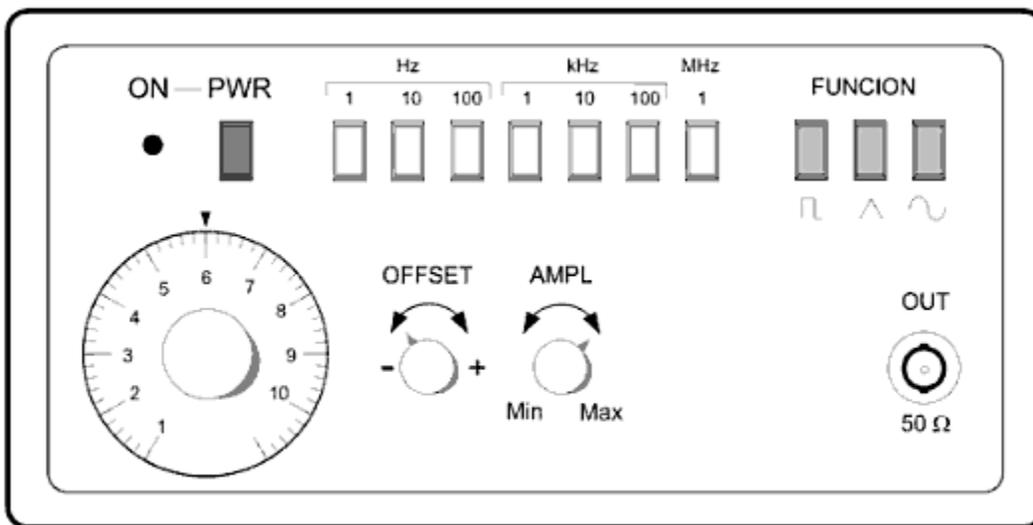
- Generadores de funciones (triangular, cuadrada, sinusoidal)
- Generadores de señales (sinusoidal con modulación)
- Osciladores (sinusoidal con amplitud y/o frecuencia fijas)
- Generadores de barrido (modulación FM lenta y cíclica)
- Generadores de pulsos (pulsos, señal cuadrada)
- Generadores de ruido (señales eléctricas aleatorias)
- Generadores de palabras digitales y datos
- Generadores de miras (señales de TV desde 32 MHz hasta 900 MHz)
- Generadores de ondas con formas arbitrarias

### 2.1.1. Generadores de funciones

Son aquellos equipos que producen señales que pueden ser descritas por fórmulas matemáticas simples (funciones). En éstos se busca más versatilidad que exactitud, y ofrecen una distorsión armónica total (THD) típica de 0.25 % para la señal sinusoidal.

Las formas de onda ofrecidas por el generador de funciones son: la señal triangular, utilizada para medidas de nivel de disparo, estudios de linealidad, entre otros; la señal cuadrada, aplicada para el análisis de respuesta transitoria; y la señal sinusoidal que permite obtener la respuesta en frecuencia.

Éstos cuentan normalmente con un ajuste para la frecuencia, amplitud y offset, como se muestra en la *figura 2.1* que representa la carátula de un generador de funciones.



*Figura 2.1.* Carátula de un generador de funciones.

## 2.2. Generación de onda

La generación de las ondas necesarias para el generador de funciones (sinusoidal, cuadrada y triangular) puede ser efectuada por diversos métodos. Para poder hacer esto es necesario en primer lugar un oscilador.

Un oscilador se refiere a un circuito autónomo capaz de generar una señal periódica, sin necesidad de aplicar ninguna entrada. Existen dos categorías de éstos: los osciladores sintonizados y los osciladores de relajación. Los primeros ocupan un

sistema con pares de polos conjugados sobre el eje imaginario, para mantener sostenida una oscilación sinusoidal. Los segundos emplean dispositivos biestables como conmutadores, disparadores Schmitt, puertas lógicas, comparadores y flip-flops que cargan y descargan repetidamente capacitores.

En el caso de los osciladores de relajación, se requiere de un conformador de onda para poder generar la onda sinusoidal. En la *tabla 2.2*, se puede observar una comparación entre los diferentes métodos para generar la señal sinusoidal, con osciladores sintonizados o a partir de un conformador de onda.

Técnicas de generación de ondas sinusoidal			
Técnica	Frecuencia típica	Distorsión típica (%)	Estabilidad de amplitud típica (%)
Cambio de fase	10 Hz – 1 MHz	1 – 3	3
Puente de Wien	1 Hz – 1 MHz	0.01	1
Resistencia negativa - LC	1 kHz – 10 MHz	1 – 3	3
Transformador sintonizado (diapasón)	60 Hz – 3 kHz	0.25	0.01
Cristal	30 kHz – 200 MHz	0.1	1
Conformador por rectas	<1 Hz – 500 kHz	1 – 2	1
Conformador logarítmico	<1 Hz – 500 kHz	0.3	0.25
DAC con conformador logarítmico	<1 Hz – 500 kHz	0.3	0.25
DAC con excitación ROM	1 Hz – 20 MHz	0.1	0.25

*Tabla 2.2.* Comparación de métodos para generar una señal sinusoidal.

### 2.3. Dispositivos lógico programables

Un dispositivo lógico programable (PLD) es un componente electrónico, usado para construir circuitos digitales reconfigurables. A diferencia de las compuertas digitales los PLDs no tienen una función predefinida, sino que debe ser programada.

El arreglo lógico programable (PAL) es el dispositivo más simple, el cual funciona por medio de: una matriz de conexiones, una matriz de compuertas AND y una de compuertas OR. Las entradas se conectan por medio de fusibles con la matriz de compuertas AND y las salidas de estas compuertas se conectan igualmente por fusibles a la matriz de compuertas OR.

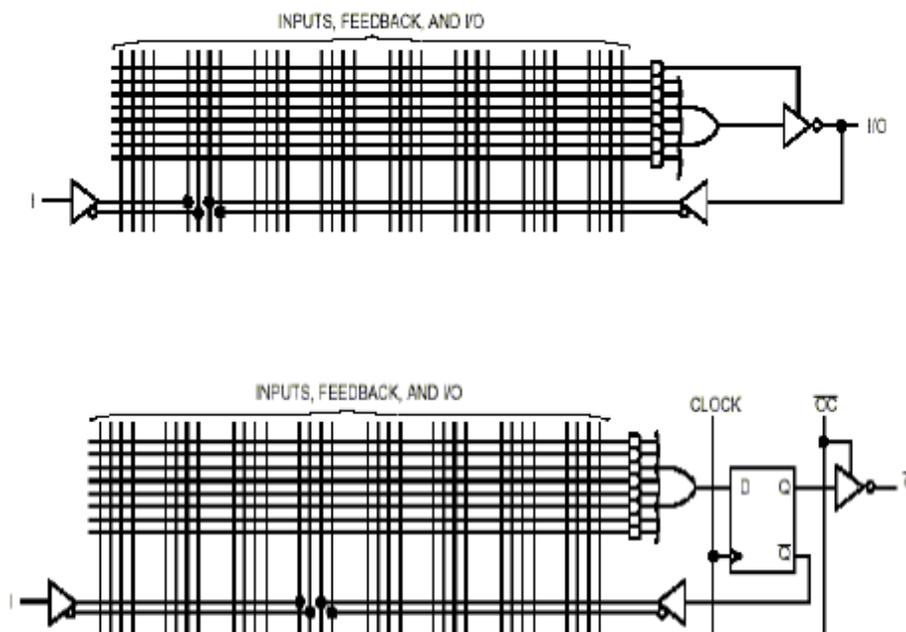


Figura 2.2 Configuración interna de una PAL.

En la figura 2.2 se muestra la parte de la arquitectura de los PAL, aquí se puede observar la matriz de interconexiones hacia las compuertas OR donde se conectan tanto las entradas como las salidas de las compuertas OR, la diferencia en las dos arquitecturas es un flip-flop que mantiene las salidas del PLD.

El arreglo lógico genérico (GAL) funciona de una manera similar al PAL sólo que para hacer las conexiones utiliza celdas CMOS programables en lugar de los fusibles, lo que permite su reprogramación.

El dispositivo lógico programable complejo (CPLD) está formado de múltiples bloques lógicos, cada uno similar a un PLD. Los bloques lógicos se comunican entre sí, utilizando una matriz de interconexiones programable. En la siguiente figura se muestra la arquitectura del CPLD donde se pueden ver los bloques lógicos que se comunican por la matriz de interconexión y al bloque de salidas y entradas.

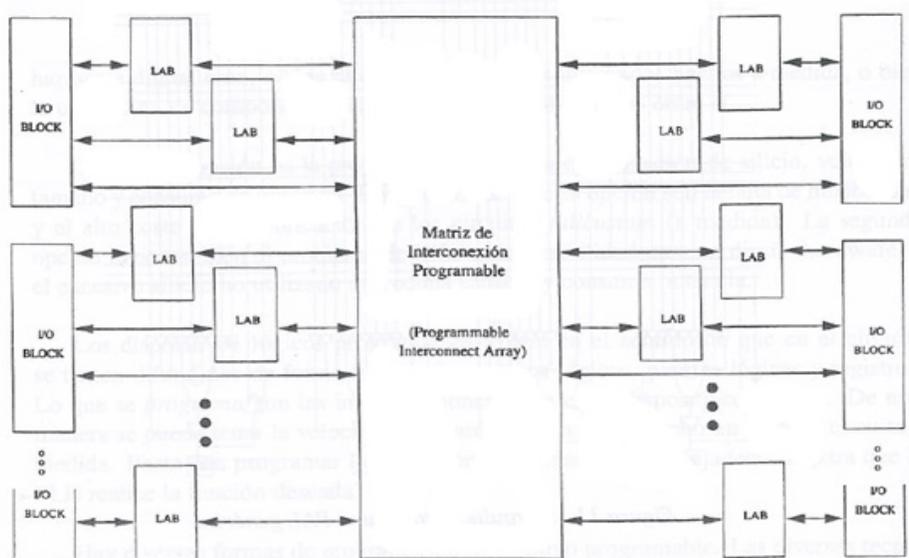


Figura 2.3 Arquitectura del CPLD.

El arreglo de compuertas programable en campo (FPGA) consiste en arreglos de varias celdas lógicas, las cuales se comunican entre sí mediante canales de comunicación. Las principales diferencias entre un CPLD y un FPGA radican en una mayor densidad de elementos lógicos y una mayor flexibilidad de la arquitectura del segundo.

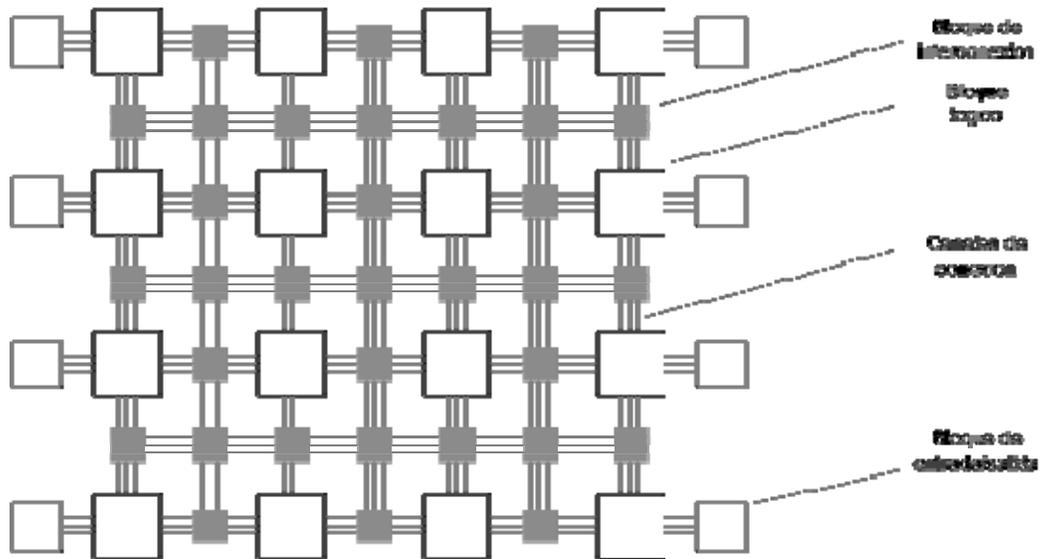


Figura 2.4 Arquitectura del FPGA.

En esta figura se puede ver la arquitectura de un FPGA, en la que se observa un mayor número de bloques lógicos y donde se encuentran interconectados de por medio de varios bloques de interconexión.

## 2.4. Distorsión Armónica Total

La calidad de una señal sinusoidal se expresa a través del coeficiente de distorsión armónica total (THD). Las armónicas son múltiplos enteros en el dominio de la frecuencia de la señal original. La THD es la relación que guarda la suma de las armónicas con la frecuencia principal.

$$\text{THD} = \frac{P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_\infty}{P_1} = \frac{\sum_{n=2}^{\infty} P_n}{P_1}$$

$$\text{THD} = \frac{P_{\text{total}} - P_1}{P_1}$$

(2.1)

La fórmula anterior se refiere a la obtención del THD por medio de potencias, para poder hacer el cálculo por medio de voltajes es necesario utilizar el cuadrado de los voltajes RMS.

$$\begin{aligned} \text{THD} &= \frac{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_\infty^2}{V_1^2} \\ \text{THD} &= \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \end{aligned} \tag{2.2}$$

Una onda sinusoidal pura, al no tener ningún armónico, cuenta con un THD de 0%.