

# FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY (FPGA)

## 2.1. ¿QUÉ ES UN FPGA?

Un FPGA (field programmable gate array) es un dispositivo semiconductor que contiene componentes lógicos programables e interconexiones programables entre ellos. Los componentes lógicos programables pueden ser programados para duplicar la funcionalidad de puertas lógicas básicas tales como AND, OR, XOR, NOT o funciones combinatoriales más complejas tales como decodificadores o simples funciones matemáticas. En muchos FPGA, estos componentes lógicos programables (o bloques lógicos, según el lenguaje comúnmente usado) también incluyen elementos de memoria, los cuales pueden ser simples flip-flops o bloques de memoria más complejos.



Una jerarquía de interconexiones programables permite a los bloques lógicos de un FPGA, ser interconectados según la necesidad del diseñador del sistema, algo parecido a un breadboard programable. Estos bloques lógicos e interconexiones pueden ser programados después del proceso de manufactura por el usuario/diseñador, así que el FPGA puede desempeñar cualquier función lógica necesaria.

Las FPGA son generalmente más lentas que sus contrapartes, los circuitos integrados de aplicaciones específicas (ASIC por sus siglas en inglés), no pueden soportar diseños muy complejos, y consumen más energía. Sin embargo, ellas tienen muchas ventajas tales como la reducción del tiempo para la salida al mercado de productos, la habilidad para ser reprogramadas después de haber salido al mercado a fin de corregir posibles errores, y reduce los costos de ingeniería tales como investigación, diseño y prueba de un nuevo producto. Los vendedores pueden proporcionar versiones de FPGA, más baratas y menos flexibles, las cuales no pueden ser modificadas después de que el diseño haya sido hecho. El desarrollo de estos diseños es hecho en FPGAs regulares y entonces se migra hacia una versión mejorada que es más parecida a un ASIC. Dispositivos de lógica programable compleja, como los CPLD, son otra alternativa.



## 2.2. HISTORIA DE LAS FPGA'S

Ross Freman, co-fundador de Xilinx, inventó el arreglo matricial de compuertas. La raíz histórica de las FPGA son los dispositivos de lógica programable compleja (CPLD) de mediados de los 1980. CPLD y FPGA incluyen un relativo gran número de elementos lógicos programables. El rango de densidad de los CPLD va desde miles a decenas de miles de compuertas lógicas, mientras que el de las FPGA va típicamente desde decenas de miles hasta muchos millones. La diferencia primaria entre CPLDs y FPGAs son sus arquitecturas. Un CPLD tiene una estructura un poco restringida, consistiendo la unión de uno o más arreglos lógicos que alimentan a un número pequeño de registros con entrada de reloj (clock). El resultado de estos es menos flexibilidad, con la ventaja de una mejor predicción de los tiempos de retraso.

La arquitectura de las FPGAs, por otro lado, son dominadas por las interconexiones. Esto las hace más flexibles (en términos del rango de diseños prácticos para los cuales pueden ser usadas) pero también es posible irse un poco más lejos en cuanto al diseño. Otra notable diferencia entre CPLDs y FPGAs es la presencia de funciones de más alto nivel (tales como sumadores y multiplicadores) dentro de las FPGAs, además de memorias. Una diferencia importante es que muchas FPGAs modernas, soportan una total o parcial re-configuración del sistema, permitiendo que una parte del diseño sea re-programada mientras las otras partes siguen funcionando.

Una tendencia reciente ha sido llevar la arquitectura un paso más lejos, combinado los bloques lógicos e interconexiones de las tradicionales FPGAs, con microprocesadores y con periféricos relacionados para formar



un completo “Sistema programable en un chip”. Ejemplo de tales tecnologías híbridas pueden ser encontradas en los Xilinx Virtex-II PRO y dispositivos Virtex-4, los cuales incluyen uno o mas procesadores PowerPC incrustados junto con la lógica FPGA.

El Atmel FPSLIC es otro dispositivo como tal, el cual usa un procesador AVR en combinación con la arquitectura lógica programable de Atmel. Otra alternativa es hacer uso de núcleos de procesadores, los cuales son implementados junto con la lógica FPGA. Esos núcleos incluyen el Xilinx MicroBlaze y PicoBlaze, el Altera Nios y procesador Nios II, y los de open source LatticeMicro32 y LatticeMicro8. Como previamente se dijo, muchas FPGA modernas, tienen la habilidad de ser reprogramadas en “Tiempo de funcionamiento”, y este es el principio de la idea de computación re-configurable o sistemas re-configurables, lo cual permite que estos sistemas se reconfiguren a sí mismos para cumplir con la tarea actual. Sin embargo no todas las FPGA actuales soportan esta metodología.

## 2.3. APLICACIONES

Las aplicaciones de las FPGA incluyen a los DSP (Digital Signal Processor), radio definido por software, sistemas aeroespaciales y de defensa, prototipos de los ASIC, sistemas de imágenes para medicina, sistemas de visión para computadoras, reconocimiento de voz, bioinformática, emulación de hardware de computadora, y tienen un crecimiento de aplicaciones en otras áreas. Las FPGA encuentran aplicaciones en muchas áreas donde se requiera del paralelismo ofrecido por su arquitectura.



## 2.4. ARQUITECTURA

La arquitectura básica consiste en un arreglo de bloques lógicos programables (CLB) y canales de comunicación. Múltiples conectores de entrada/salida pueden caber en el tamaño largo de una fila o el ancho de una columna. Generalmente, todos los canales de comunicación tienen el mismo ancho (número de cables). Cualquier circuito de aplicación puede ser hecho dentro de la FPGA, siempre y cuando esta disponga de los recursos necesarios. Un bloque lógico típico de FPGA consiste en 4 entradas a una tabla de funciones lógicas (LookUp Table), y un flip-flop como se muestra en la siguiente grafica.

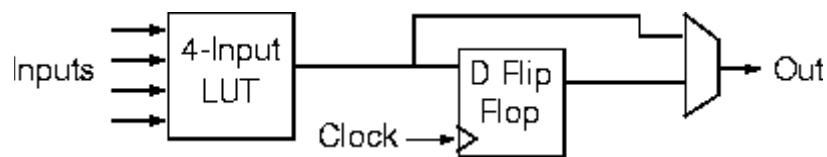


figura 10: Bloque lógico

Hay solamente una salida, la cual puede ser ambas, la salida registrada o no registrada por el flip-flop, proveniente de la salida de la tabla de funciones lógicas. El bloque lógico tiene entonces 4 entradas para la tabla y una entrada de reloj para el flip-flop. Las señales de reloj y otras más, son manejadas por separado en FPGAs comerciales.



Para esta arquitectura, la localización de los pines de los bloques lógicos de la FPGA son mostrados abajo.

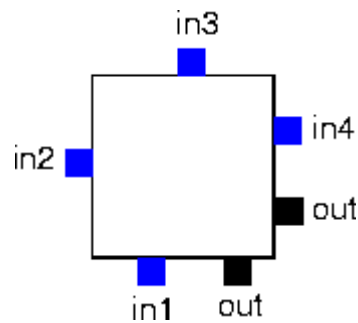


Figura 11: Localización de los pines en el bloque lógico

Cada entrada es accesible desde un lado del bloque lógico, mientras que el pin de salida puede conectarse a cables de comunicación en ambos canales, el de la derecha y el canal debajo del bloque lógico. Cada pin de salida del bloque lógico puede conectarse a cualquier segmento de cable en el canal de comunicación adyacente a él. Similarmente, un conector de Entrada/Salida puede conectarse a cualquier segmento de cable en el canal de comunicación adyacente a él.

Generalmente, cada segmento de conexión atraviesa solamente por un bloque lógico, antes de que este termine en una de las cajas de interruptores. Mediante la selección de conexiones a través de los interruptores programables que están dentro de las cajas de conexiones, se pueden hacer líneas de conexión más largas. Para interconexiones más rápidas, algunas arquitecturas de FPGA usan líneas de conexiones más largas que atraviesan múltiples bloques lógicos. En cada punto donde se intersecan, un canal de conexión vertical y un canal horizontal, hay una



caja de interruptores que permite conectar una línea, a otras tres posibles líneas adyacentes dentro del segmento del canal. Una línea solo puede conectarse con otra de las tres posibles anteriormente mencionadas, no puede conectarse directamente con líneas de otras intersecciones.

Más abajo se muestra lo descrito:

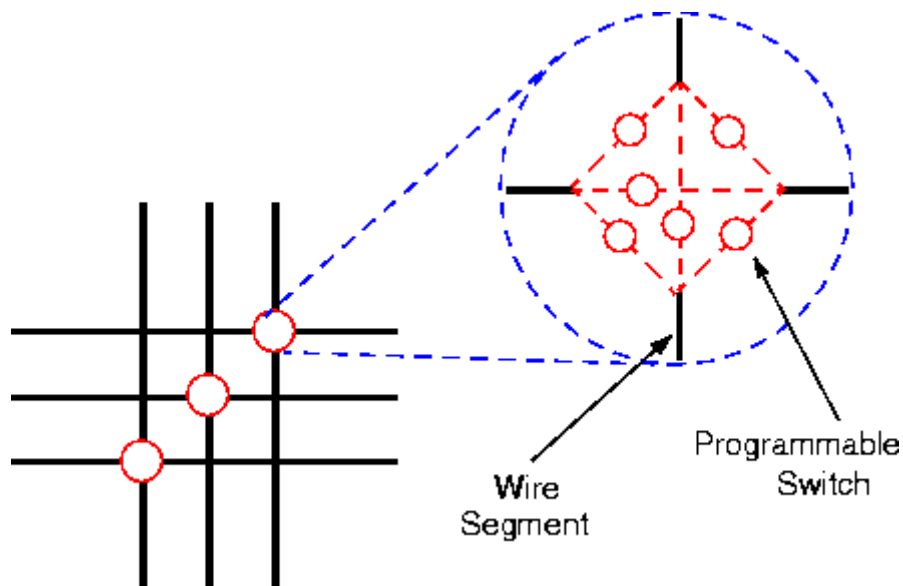


Figura 12: caja de interruptores

## 2.5. FABRICANTES DE ALGUNAS FPGA Y SUS ESPECIALIDADES

A finales del 2005, el mercado de las FPGA se ha colocado en un estado donde hay dos productores de FPGA de propósito general que están a la cabeza del mismo, y un conjunto de otros competidores quienes se diferencian por ofrecer FGAs de capacidades únicas.

\*Xilinx es uno de los grandes líderes de FPGA

\*Altera es el otro gran líder de FPGA.

\*Lattice Semiconductor es un fabricante de FPGA que lanzo FGAs con tecnología de 90nm. En adición, Lattice es un proveedor líder en tecnología no volátil, FGAs basadas en tecnología Flash, con productos de 90nm y 130nm.

\*Actel tiene FGAs basadas en tecnología Flash reprogramable. También ofrece FPGA que incluyen mezcladores de señales basados en Flash.

\*QuickLogic tiene productos basados en fusibles (programable una sola vez).

\*Atmel es uno de los fabricantes que sus productos son re-configurables (el Xilinx XC62xx fue uno de estos, pero no están siendo fabricados actualmente). Ellos se enfocaron en proveer microcontroladores AVR con FGAs, todo en el mismo encapsulado.





*\*Achronix Semiconductor* tienen en desarrollo FPGAs muy veloces. Ellos planean sacar a comienzos de 2007 FPGAs con velocidades cercanas a los 2GHz.

*\*MathStar, Inc.* ofrecen FPGA que ellos llaman FPOA (Arreglo de objetos de matriz programable).

## 2.6. PROGRAMACIÓN

La tarea del programador es definir la función lógica que realizará cada uno de los "CLB", seleccionar el modo de trabajo de cada "IOB" e interconectarlos todos.

El diseñador cuenta con la ayuda de herramientas de programación. Cada fabricante suele tener las suyas, aunque usan unos Lenguajes de programación comunes. Estos lenguajes son los *HDL* "Hardware Description Language" (lenguajes de descripción de hardware):

\*VHDL

\*Verilog

\*ABEL



## 2.7. APLICACIONES TÍPICAS

Las características de las FPGA son su flexibilidad, capacidad de procesado en paralelo y velocidad. Esto les convierte en dispositivos idóneos para:

- \*Simulación y depuración en el diseño de microprocesadores.
- \*Simulación y depuración en el diseño de ASICs.
- \*Procesamiento de señal digital, por ejemplo vídeo.
- \*Sistemas aeronáuticos y militares.



## 2.8. LA FPGA DE NUESTRO DISEÑO: FPGA VIRTEX-II XC2V8000-FF1152 DE XILINX

La FPGA que hemos usado para realizar el proyecto es la FPGA Virtex-II perteneciente a la familia XC2V8000 con el encapsulado FF1152 que tiene 1152 “*footprint*”. Esta FPGA está integrada en una tarjeta de prueba fabricada en la Universidad de Sevilla. La foto de la tarjeta que contiene a la FPGA es la siguiente:

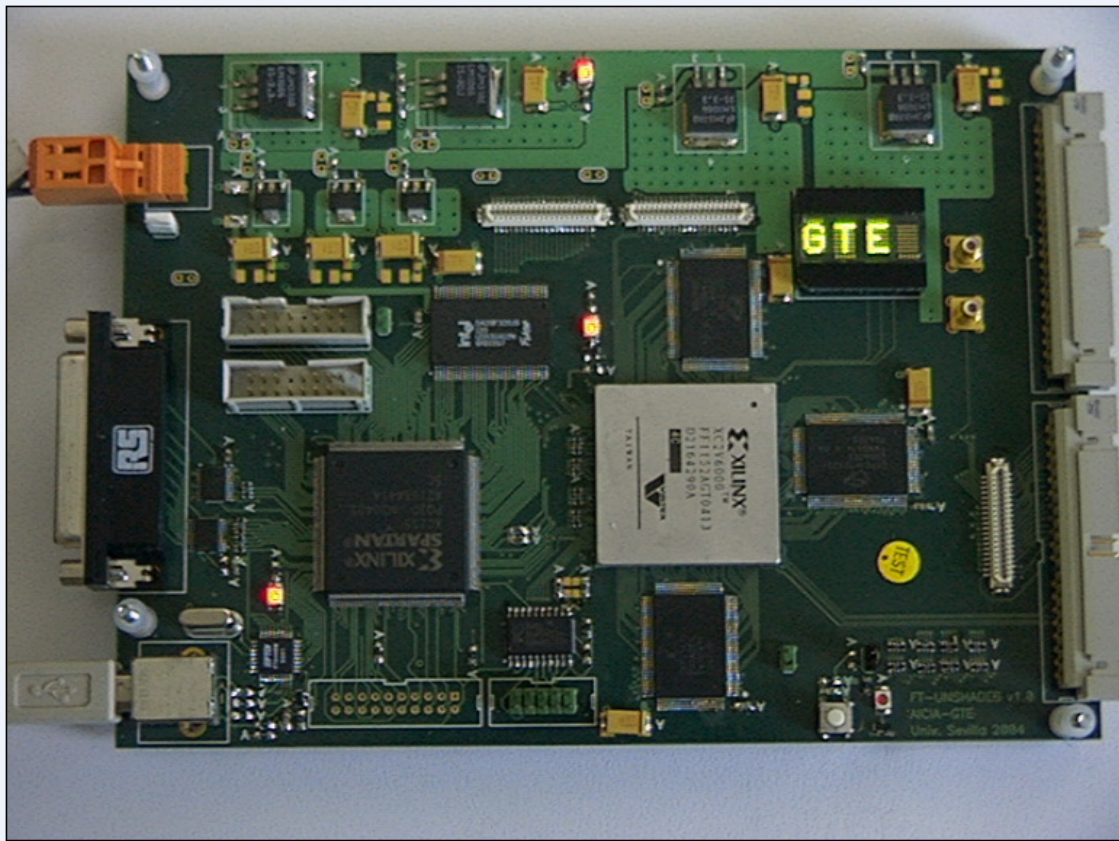


Figura 13: Tarjeta ftunshade

Las características y datasheet de dicha FPGA se adjunta en el CD adjunto.

