

FPGA

Introducción



UNC

¿Qué vamos a ver?

- **FPGAs** → ¿Qué son?
- ¿De donde vienen las FPGAs?
- **ASICs** → ¿Qué son?
- **FPGAs** → Bloques básicos
- **FPGAs** → Tecnologías de programación

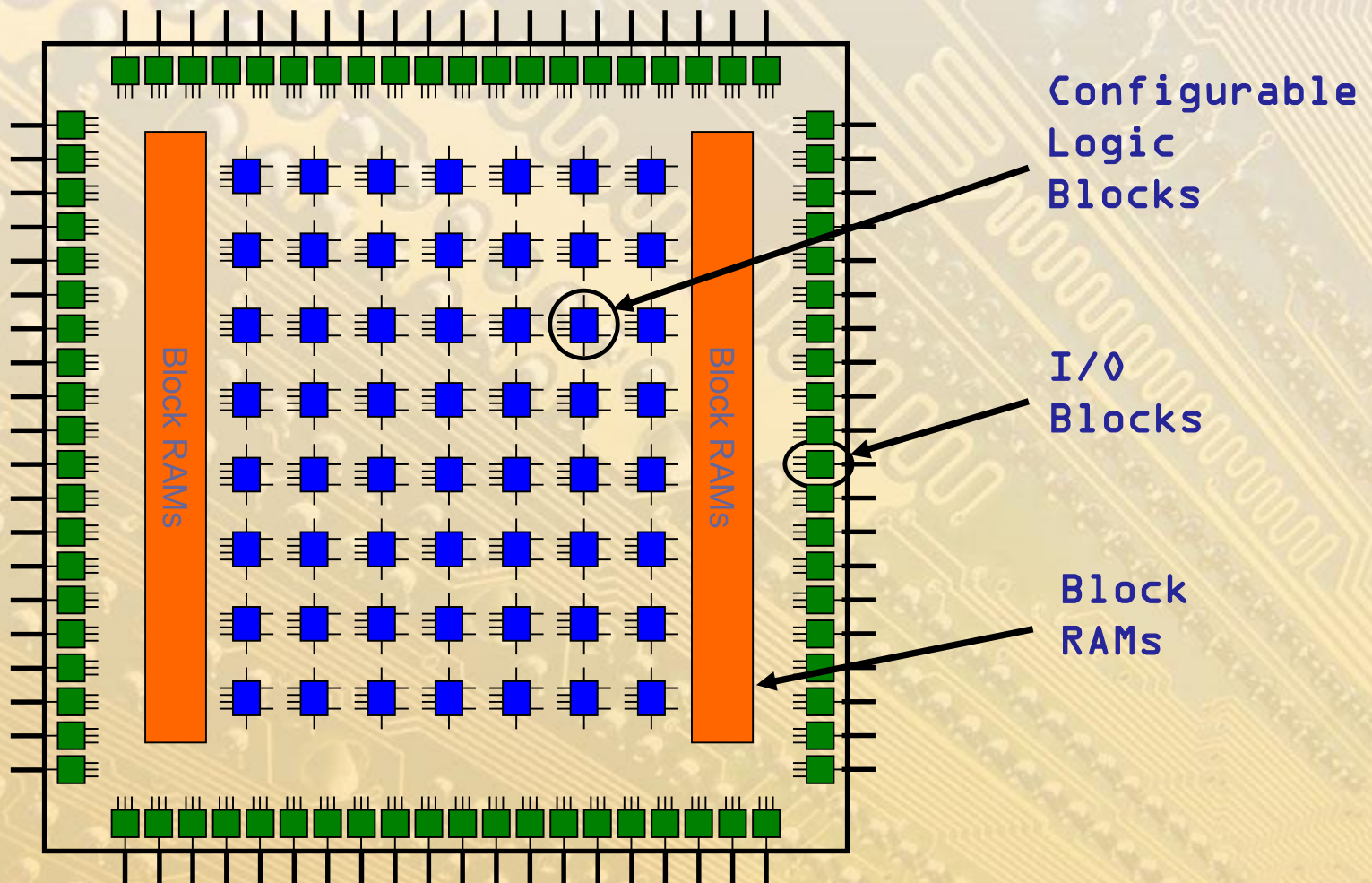
Objetivos

- Entender el concepto de que es una **FPGA** y de que familia de dispositivos proviene.
- Entender el concepto de que es un **ASIC**
- Entender las bases de las distintas tecnologías de **FPGAs**

FPGAs: ¿Que son?

- *Field programmable gate arrays (FPGAs)*
- Son circuitos integrados que contienen bloques lógicos programables junto con interconexiones configurables entre dichos bloques.

FPGAs: Arquitectura genérica



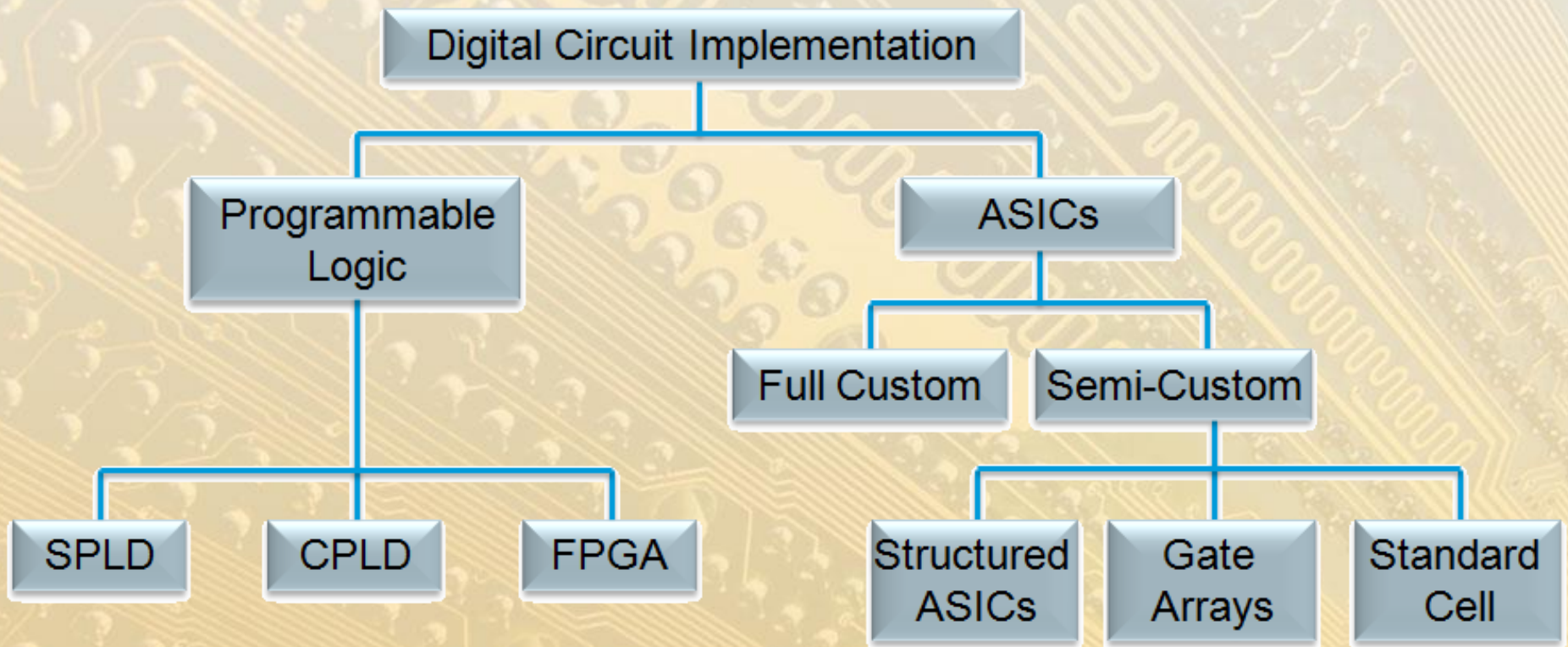
FPGAs: ¿Para que se usan?

Cualquier circuito de aplicación específica puede ser implementado en un FPGA, siempre y cuando esta disponga de los recursos necesarios.

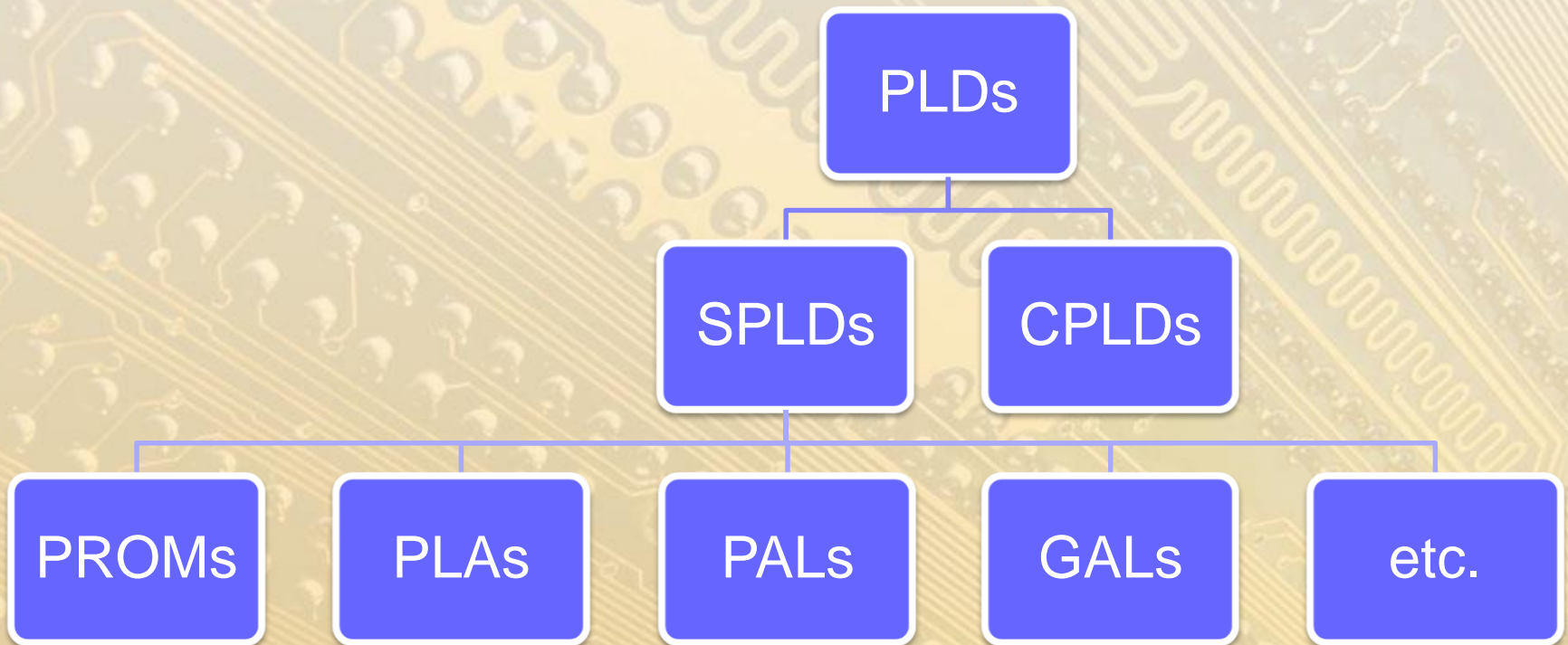
- DSP
- Glue logic
- Sistemas aeroespaciales y de defensa
- Prototipos de ASICs
- Computación reconfigurable

Aplicaciones que requieren alto grado de paralelismo.

FPGAs: Un poco de historia

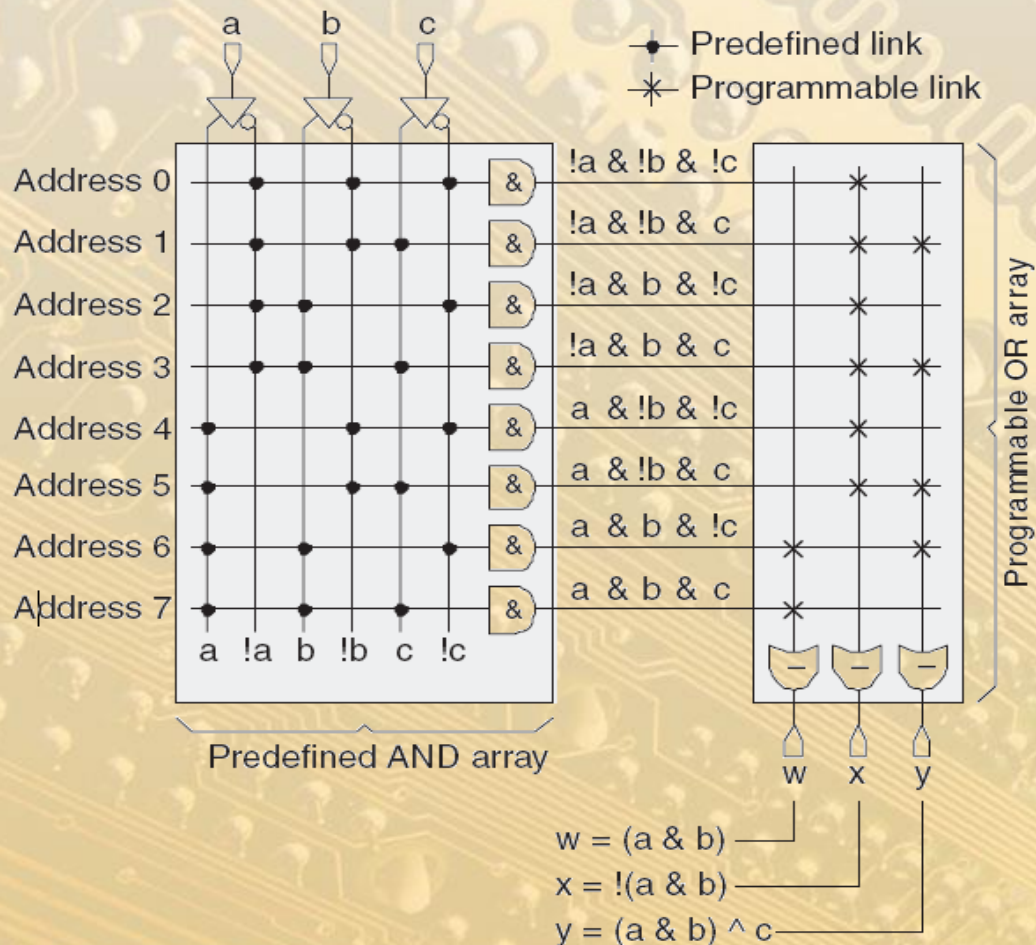


FPGAs: Un poco de historia



FPGAs: Un poco de historia

- Antes de las FPGAs: Simple PLDs (SPLDs)
 - PROMs** usaba matrices para hacer todas las combinaciones



- Solo es configurable la matriz OR.
- Útiles para ecuaciones con pocas entradas y muchos términos producto

FPGAs: Un poco de historia

- Antes de las FPGAs: Simple PLDs (SPLDs)
 - PLA

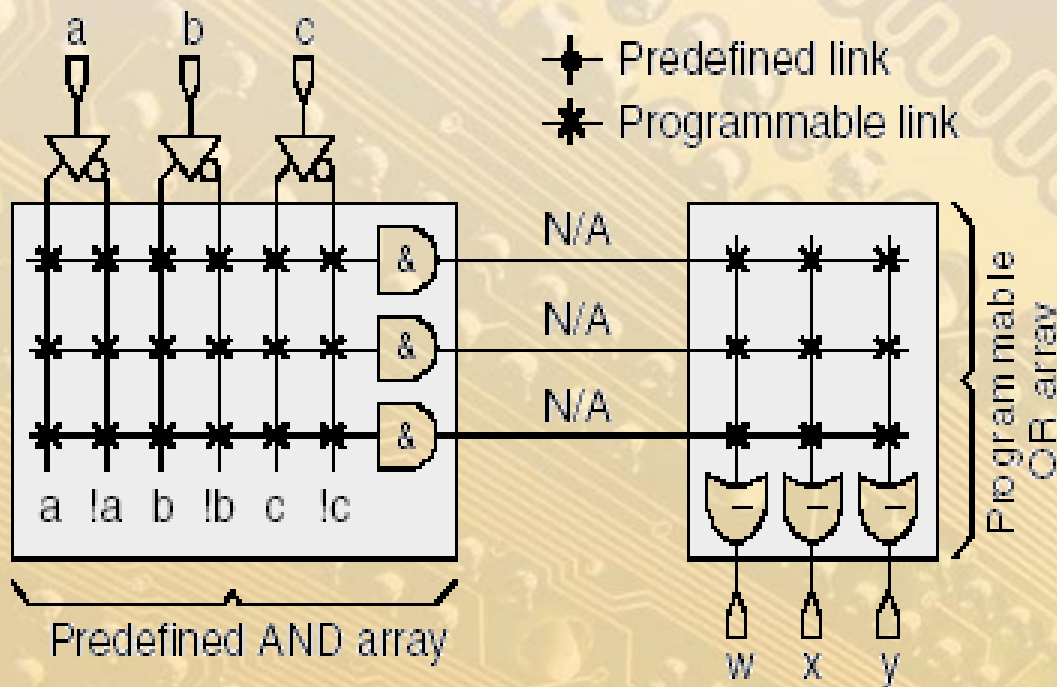


Figure 3-6. Unprogrammed PLA
(programmable AND and OR arrays).

- Se pueden programar los dos arrays.
- Se hicieron algunas variantes: arrays AND con arrays NOR. No mucho éxito en el mercado
- Son útiles cuando diversas funciones usan o comparten términos producto.
- Son mas lentas que las PROMS

FPGAs: Un poco de historia

- Antes de las FPGAs: Simple PLDs (SPLDs)
 - PAL

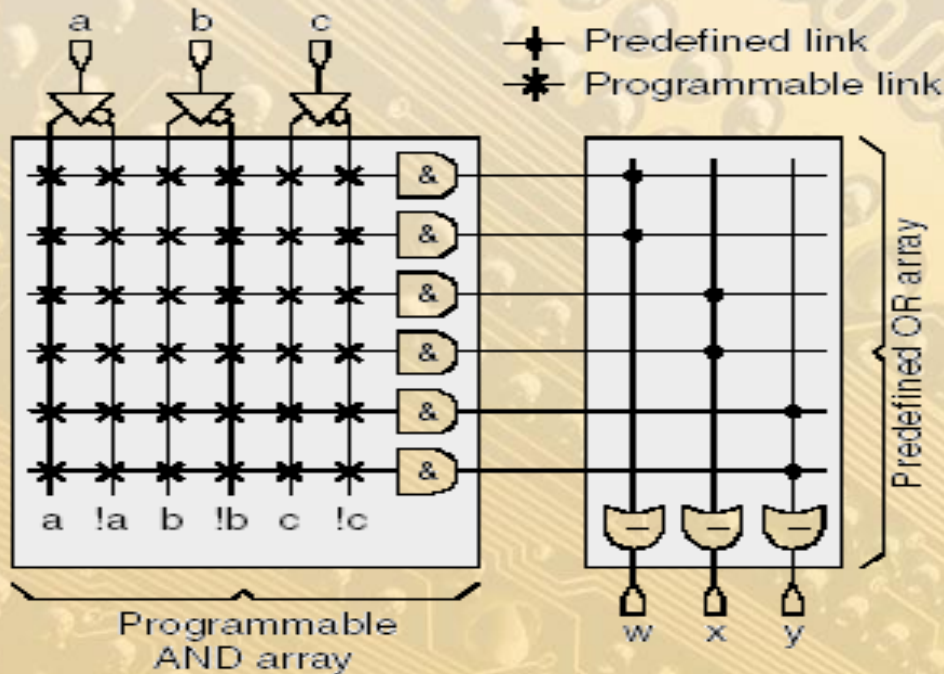


Figure 3-8. Unprogrammed PAL

(programmable AND array, predefined OR array).

- Al revés de las PROM, la parte programable es la matriz AND
- Las GAL (Generic Array Logic) son variaciones de las PAL, mas sofisticados (EE)
- Mas opciones: inversión de las salidas, salidas triestado, salidas registradas, etc. Además de tener un número mas grande de entradas y salidas

FPGAs: Un poco de historia

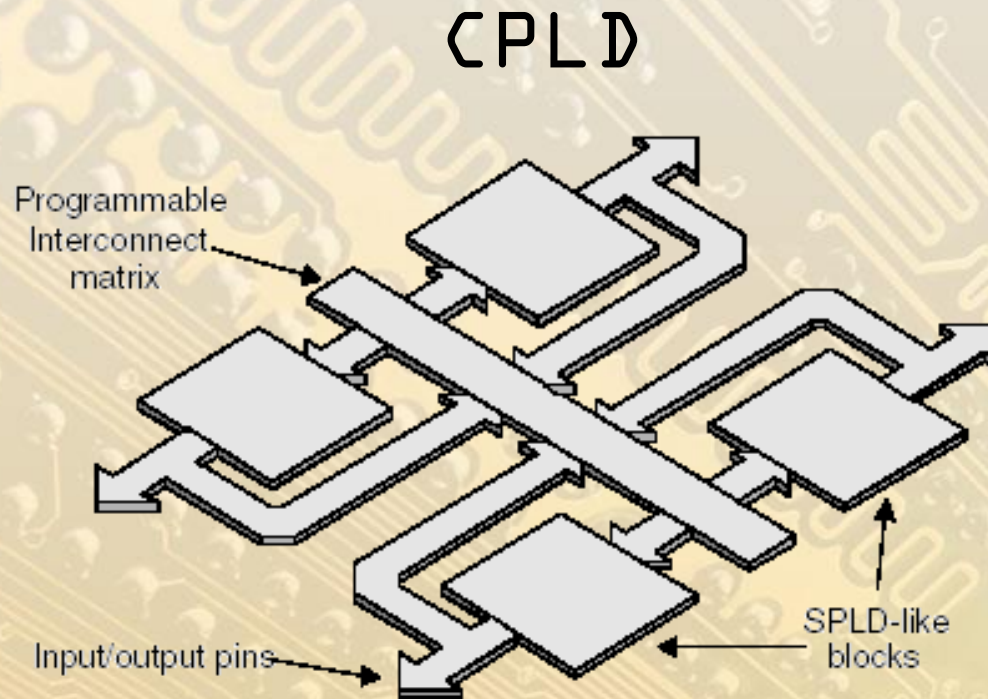
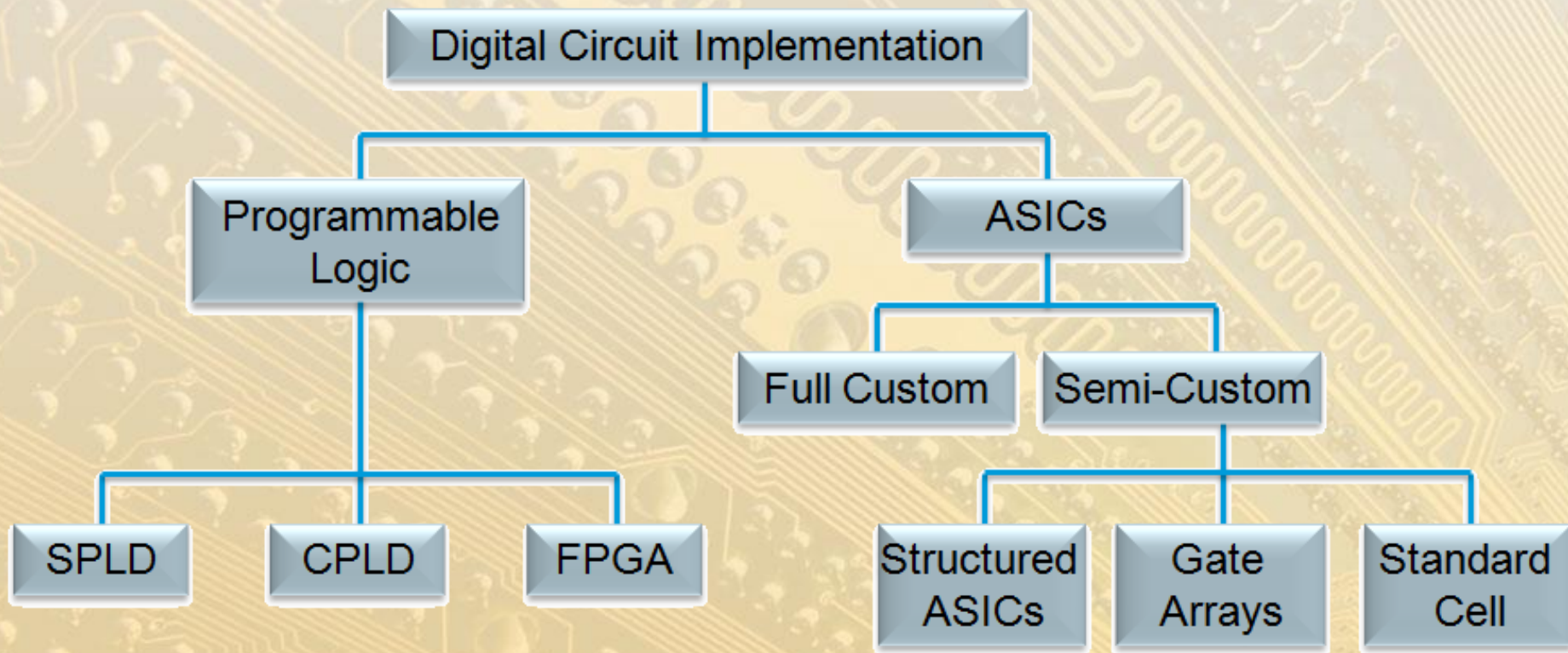


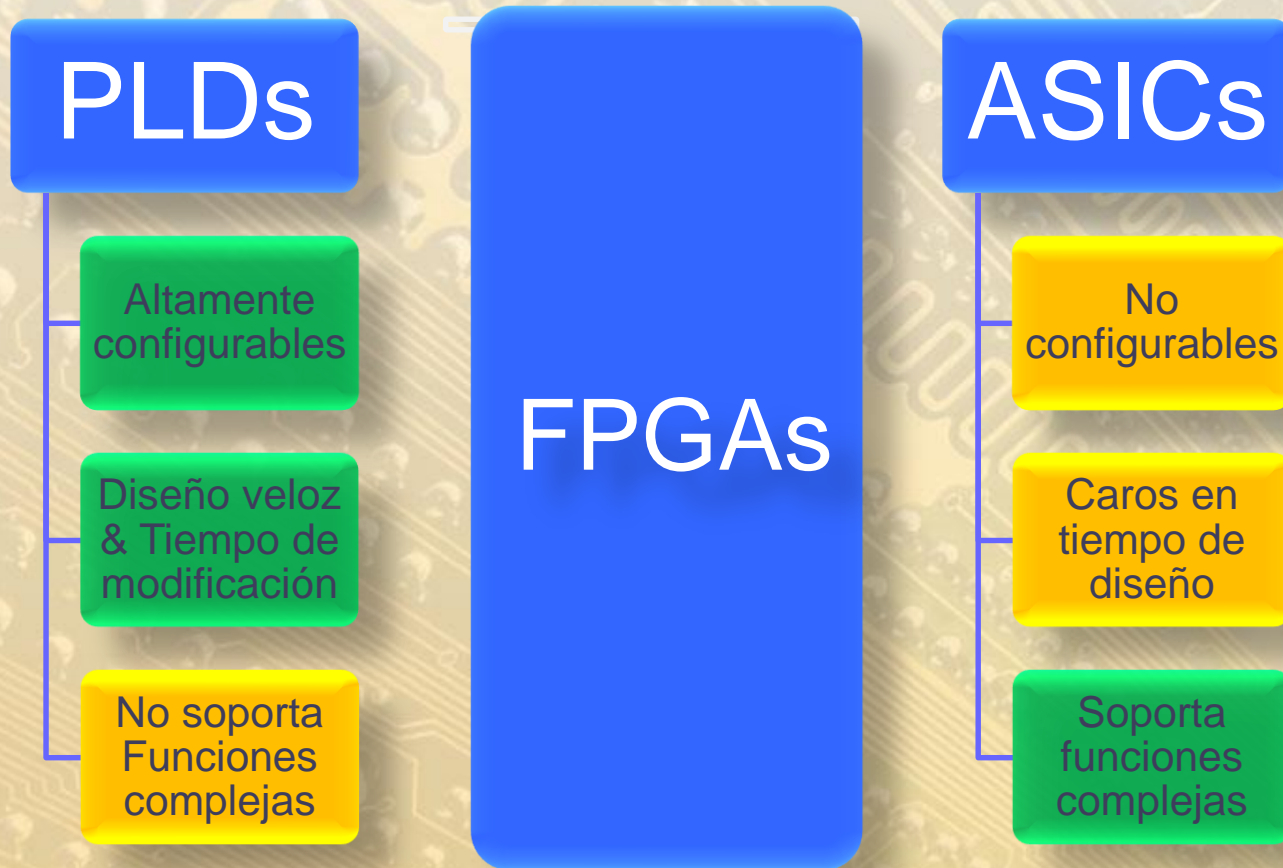
Figure 3-9. A generic CPLD structure.

Un CPLD contiene un cierto número de bloques PLD que comparten una matriz común de interconexiones programables. Además de poder programar los PLD, también se pueden programar las interconexiones entre ellos.

FPGAs: Un poco de historia



FPGAs Vs ASICs



FPGAs: Elementos básicos

- Elementos lógicos
- Recursos de memoria
- I/O configurables
- Recursos de ruteo cables internos entre distintos circuitos logicos
- Recursos adicionales registro, buffer, etc

FPGAs: Elementos básicos

- **Elementos lógicos:** Todas las FPGA se basan en arrays de pequeños elementos de lógica digital. Los problemas de lógica digital son **descompuestos en circuitos lógicos** que puedan ser mapeados a uno o mas de estas "celdas lógicas". Este proceso es llamado "Technology Mapping"

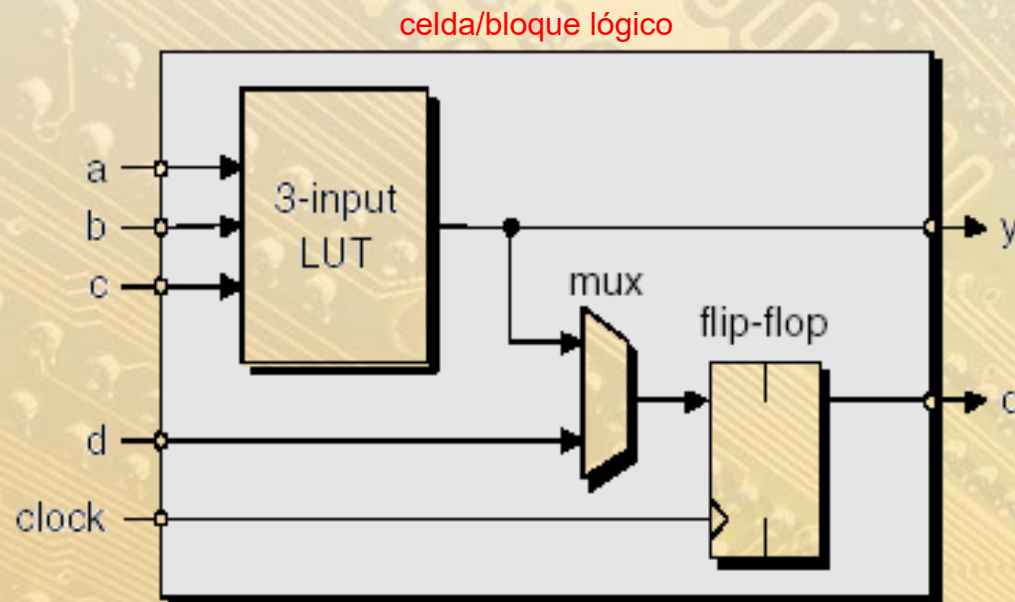


Figure 3-18. The key elements forming a simple programmable logic block.

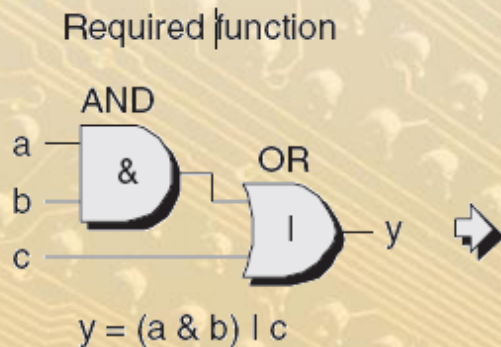
FPGAs: Elementos básicos

Elementos lógicos:

- MUX-based logic blocks
- LUT-based logic blocks
- Hay dos clases fundamentales de bloques lógicos utilizados en las arquitecturas de las FPGA y son:
 - MUX (Multiplexer) based; -> Actel
 - LUT (LookUp Table) based; -> Xilinx

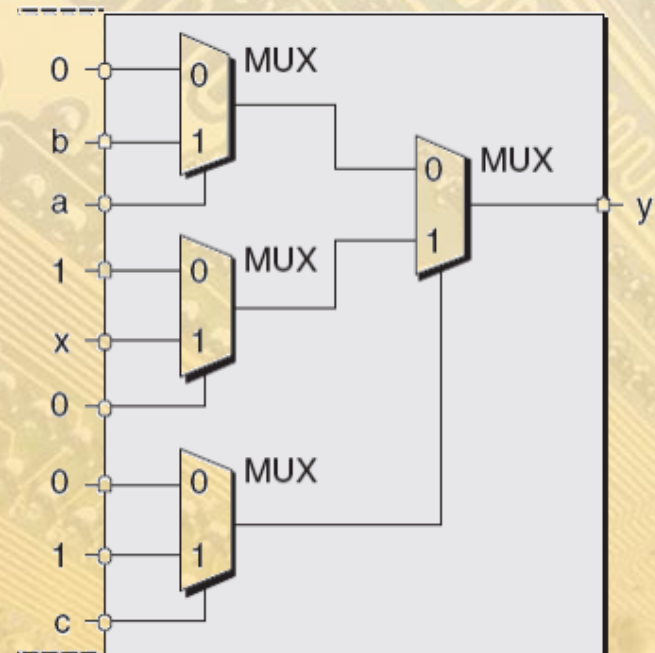
FPGAs: Elementos básicos

- **Mux-based:** Los elementos lógicos de una FPGA están compuestos de al menos un registro programable (flip-flop) y alguna lógica de entrada, que esta implementada como un "arreglo" multiplexores de 'n' entradas. Estos MUXs son capaces de implementar cualquier función combinacional de sus entradas



Truth table

a	b	c	y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1



FPGAs: Elementos básicos

- **Lookup Tables:** Los elementos lógicos de una FPGA están compuestos de al menos un registro programable (flip-flop) y alguna lógica de entrada que esta implementada como una lookup table (LUT) de 'n' entradas. Estas LUTS son capaces de implementar cualquier función combinacional de sus entradas

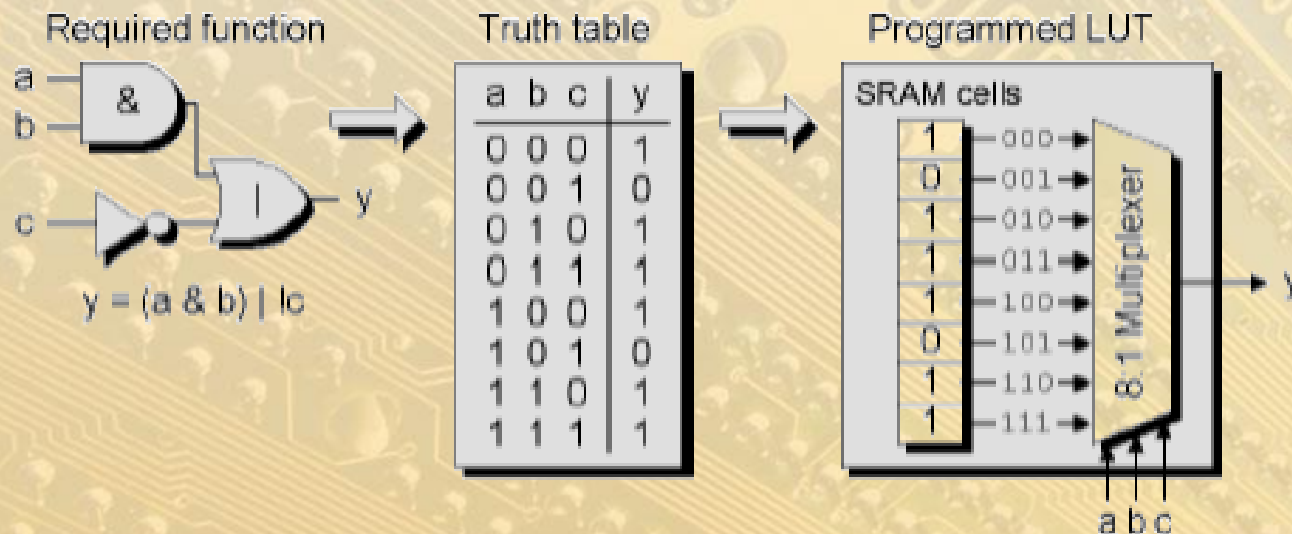


Figure 3-19. Configuring a LUT.

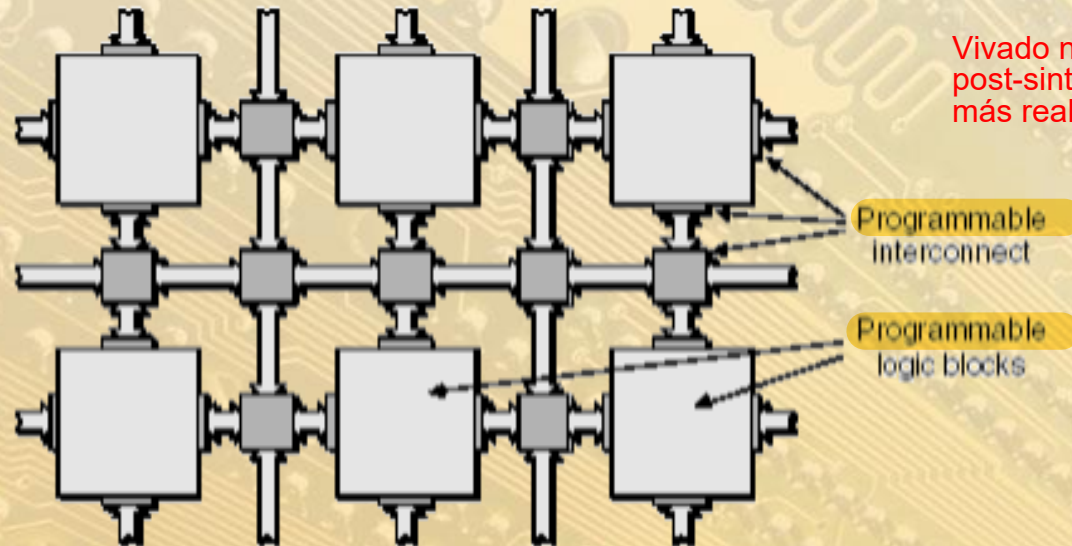
FPGAs: Elementos básicos

- **Recursos de Memoria:** las FPGAs actuales incorporan memorias on-chip tales como SRAM. Estas memorias pueden ser accedidas en forma jerárquica, tal como la memoria local de cada celda y la memoria global de los bloques compartidos de memoria.
- **I/O Configurables:** Las FPGAs tienen pines TTL, CMOS, PCI, LVDS, y otros que les permiten hacer de interface y/o convertir tecnologías diferentes. Las FPGAs tienen I/O dedicados para clocks, global resets. También incluyen PLL y esquemas de administración de clocks permitiendo multiples dominios de clock.

FPGAs: Elementos basicos

- **Recursos de ruteo:** El ruteo es la clave de la flexibilidad de las FPGA. El ruteo típicamente incluye una jerarquía de canales que van desde líneas de alta velocidad que atraviesan el chip a conexiones locales flexibles entre bloques. Switches programables conectan los distintos recursos de las FPGAs.

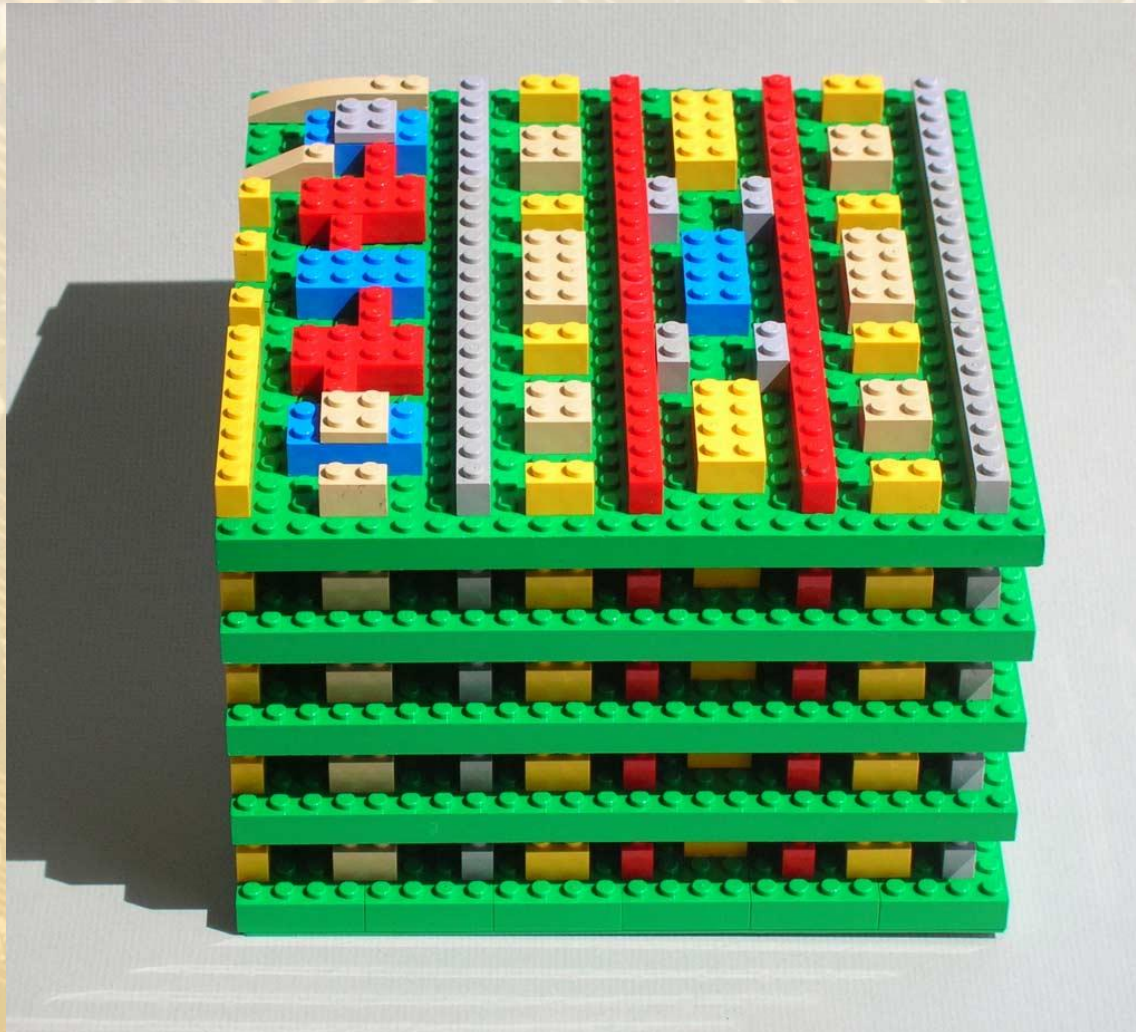
Cuando sintetizamos, la herramienta busca hacer la implementacion con los bloques mas cercanos posibles pero si el interconexionado se vuelve complicado podemos tener un timing mas elevado, lo que nos limita en frecuencia y tiempos de ejecucion



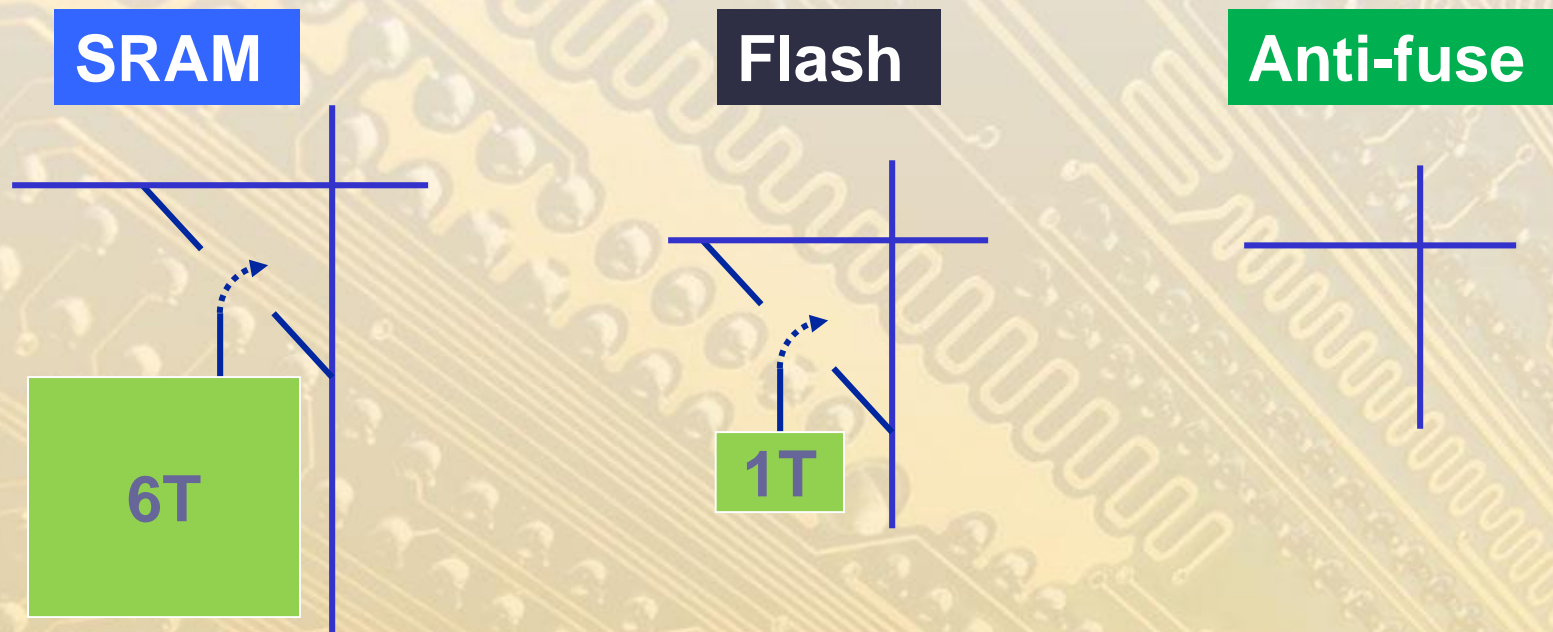
Vivado nos da una simulacion post-sintetizado para que sea más real

Figure 3-20. Top-down view of simple, generic FPGA architecture.

FPGAs: Tecnologías de programación



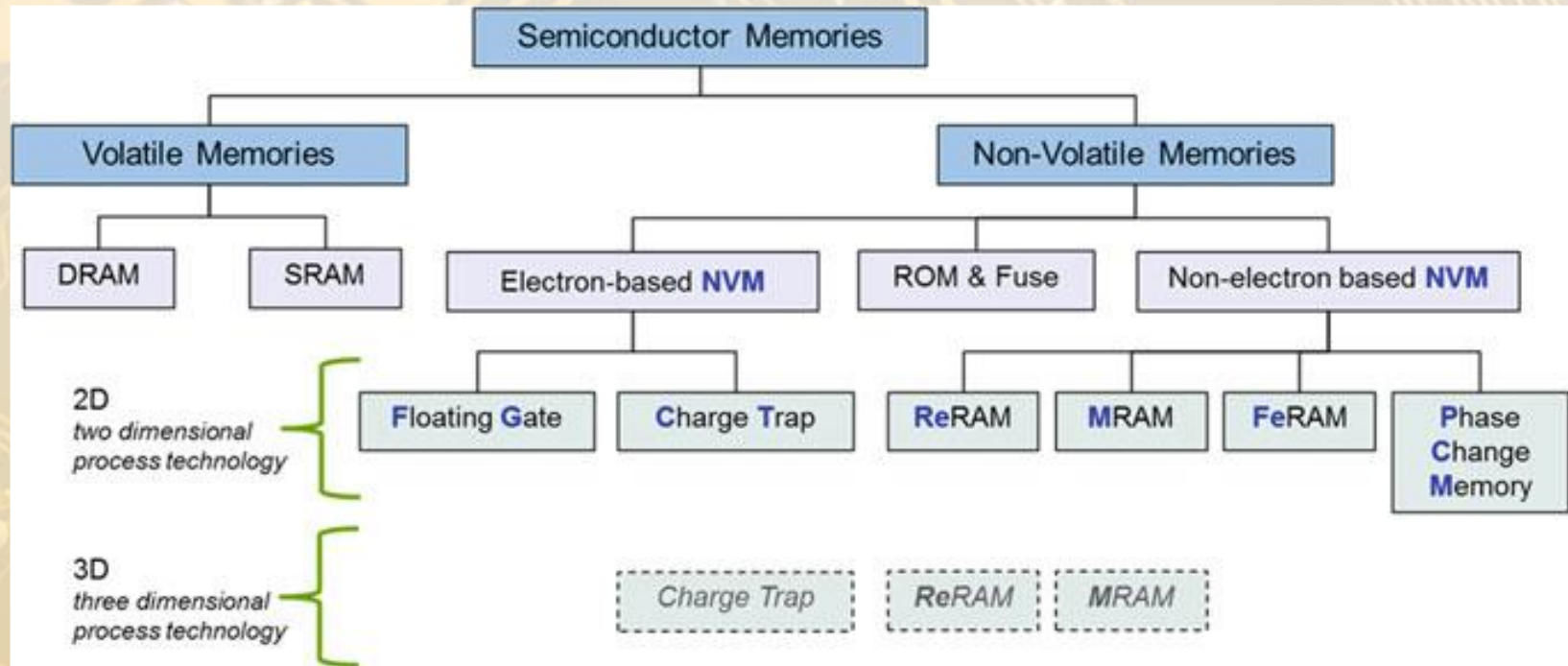
FPGAs: Tecnologías de programación



- **Lectura Recomendada:**

- Memory Systems - Cache, DRAM, Disks - Bruce Jacob - Cap. 29 - Power and Leakage
- Flash Memories - Detlev Richter - Cap. 2 - Fundamentals of Non-Volatile Memories

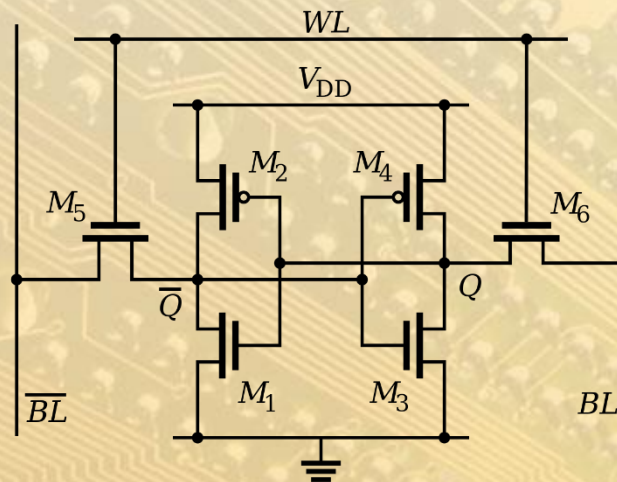
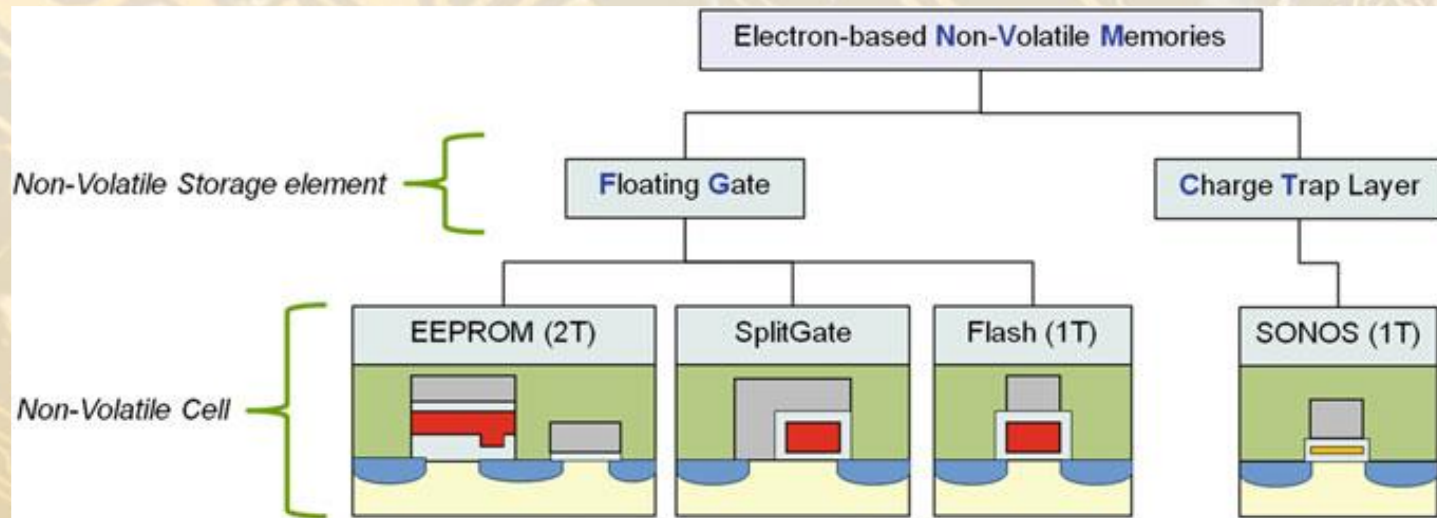
FPGAs: Tecnologías de programación



- **Lectura Recomendada:**

- Memory Systems - Cache, DRAM, Disks - Bruce Jacob - Cap. 29 - Power and Leakage
- Flash Memories - Detlev Richter - Cap. 2 - Fundamentals of Non-Volatile Memories

FPGAs: Tecnologías de programación



SRAM CELL

FPGAs basadas en SRAM

- **Ventajas**
 - Reconfigurables
 - Rápido prototipado
 - **Procesos estándar de fabricación (CMOS – al igual que el resto del chip) – Que el proceso de fabricación CMOS mejore implica un aumento en la performance de la FPGA.**
 - Programables in-system (ISP)
- **Desventajas**
 - Menos veloces
 - Vulnerables (a robo del IP)
 - Sensibles a glitches
 - Consumo
 - Memoria externa para cargar sistema (se debe reconfigurar cada vez que se energiza)
 - Cada celda necesita 5 o 6 transistores mas un transistor extra por elemento de ruteo (Ocupan más área)
 - **pass transistor** utilizados para realizar los switches tienen una apreciable carga capacitiva y resistiva

FPGA basadas en FLASH

- **Ventajas**

- Reprogramables (un numero limitado de veces)
- Relativamente veloces
- Seguras
- Consumo por switch bajo
- Mejor aprovechamiento de área que en SRAM pero el circuito de programación es mayor, como los buffer de alto y bajo voltaje necesarios para programar una celda.

- **Desventajas**

- El proceso de fabricación requiere aprox. 5 pasos mas de fabricación al proceso estándar de CMOS
- Consumo estático relativamente alto (dado el alto numero de resistores de pull-up)

FPGAs basadas en Antifuse

- **Ventajas**

- No-volátiles (OTP)
- No sensibles a glitches (salvo los FF)
- seguras
- Consumen menos
- Baja resistencia y corrientes parasitas → permite incluir mayor número de switches
- Funcionan “instantáneamente” al ser energizadas.

- **Desventajas**

- **No-volátiles**
- Proceso de fabricación muy complejo!
- Necesitan de un programador especial
- Overhead de área por transistores para permitir la programación (gran corriente) pero se amortiza con el ahorro de área dado los “antifusibles”

FPGAs: Tecnologías de programación

Feature	SRAM	Anti-fuse	Flash
Technology node	State of the art	Behind by 1-2 generations	Behind by 1-2 generations
Reprogrammable	Yes	No	Yes
Preserves configuration when off	No	Yes	Yes
Requires external configuration file	Yes	No	No
Instantly on	No	Yes	Yes
IP security	Acceptable	Excellent	Excellent
Power consumption	Medium	Low	Low

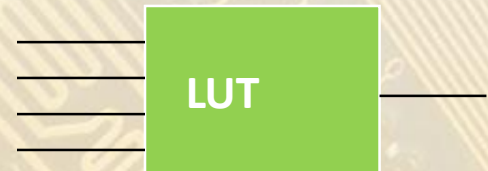
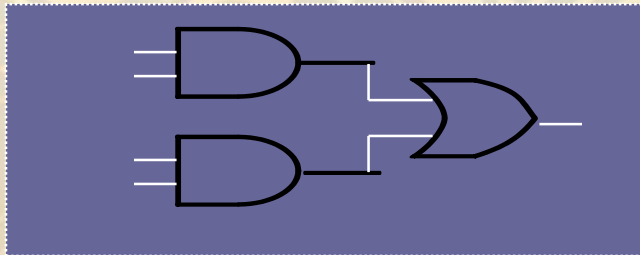
Area (storage element size)	High (6 transistors)	Low (0 transistors)	Moderate (1 transistor)
Manufacturing process?	Standard CMOS	Anti-fuse needs special development	Flash Process
Switch resistance	$\sim 500\text{--}1000\ \Omega$	$20\text{--}100\ \Omega$	$\sim 500\text{--}1000\ \Omega$
Switch capacitance	$\sim 1\text{--}2\ \text{fF}$	$< 1\ \text{fF}$	$\sim 1\text{--}2\ \text{fF}$

FPGAs: Fabricantes

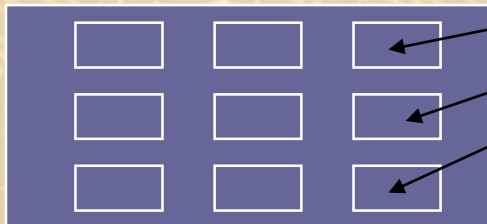
- Xilinx Inc. uno de los grandes líderes en la fabricación de FPGA.
- Intel (ex Altera) es el otro gran líder.
- Lattice Semiconductor FPGA basadas en tecnología Flash.
- Microsemi FPGAs basados en tecnología Flash y anti-fuse (aplicaciones espaciales)
- QuickLogic tiene productos basados en anti-fuse.
- Atmel-Microchip es uno de los fabricantes cuyos productos son reconfigurables. Se enfocaron en proveer microcontroladores AVR con FPGAs, en el mismo encapsulado.

Compilación de un circuito

- Technology Mapping



- Placement



- Routing

