

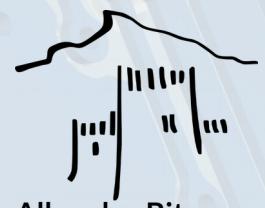
# INTRODUCCIÓN A LAS FPGAs LIBRES

Eladio Delgado Mingorance (Introducción)  
Federico Coca Caba (Demostración)

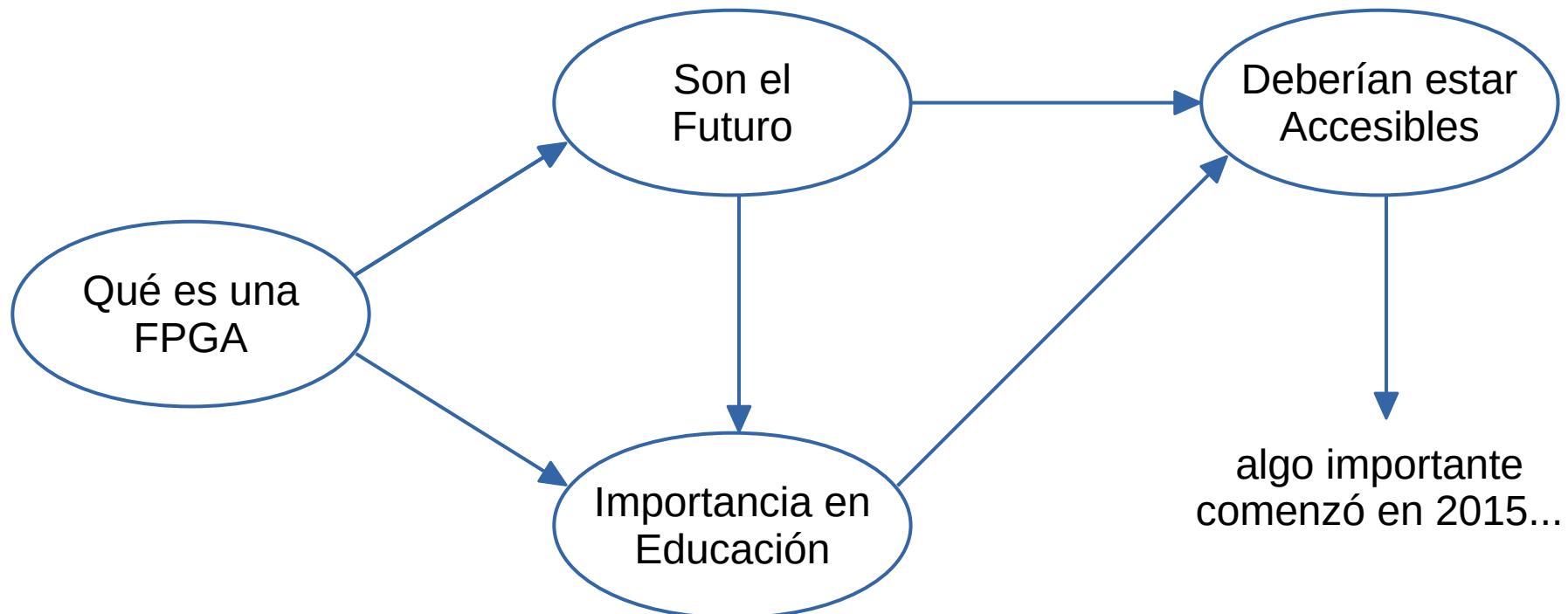
15 de Marzo de 2019



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA

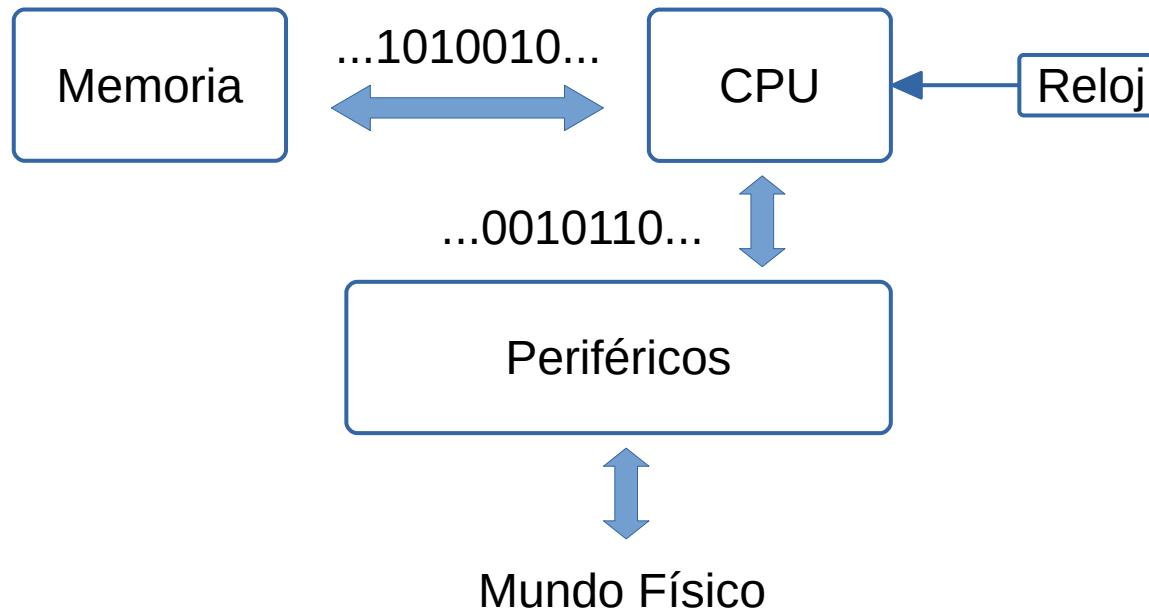


# Esquema de la presentación



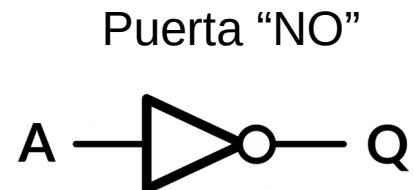
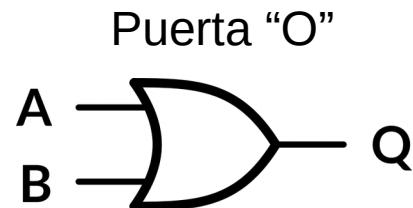
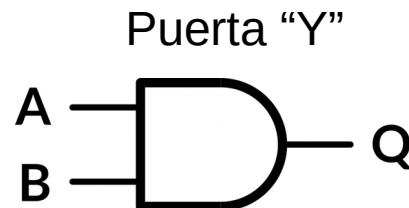
# Qué es una FPGA (1)

Para entender lo que es una FPGA partimos de algo conocido: El Microprocesador



# Qué es una FPGA (2)

Los microprocesadores están hechos con puertas lógicas:



A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

A	Q
0	1
1	0

# Qué es una FPGA (3)

- El concepto de máquina programable + software es el más conocido
- Sin cambiar nada físico puedo hacer infinidad de tareas
- Es tan bueno que parece que no haya otra forma de hacerlo

¿Y si hacemos una máquina digital que directamente haga la tarea? ¡Sin software!

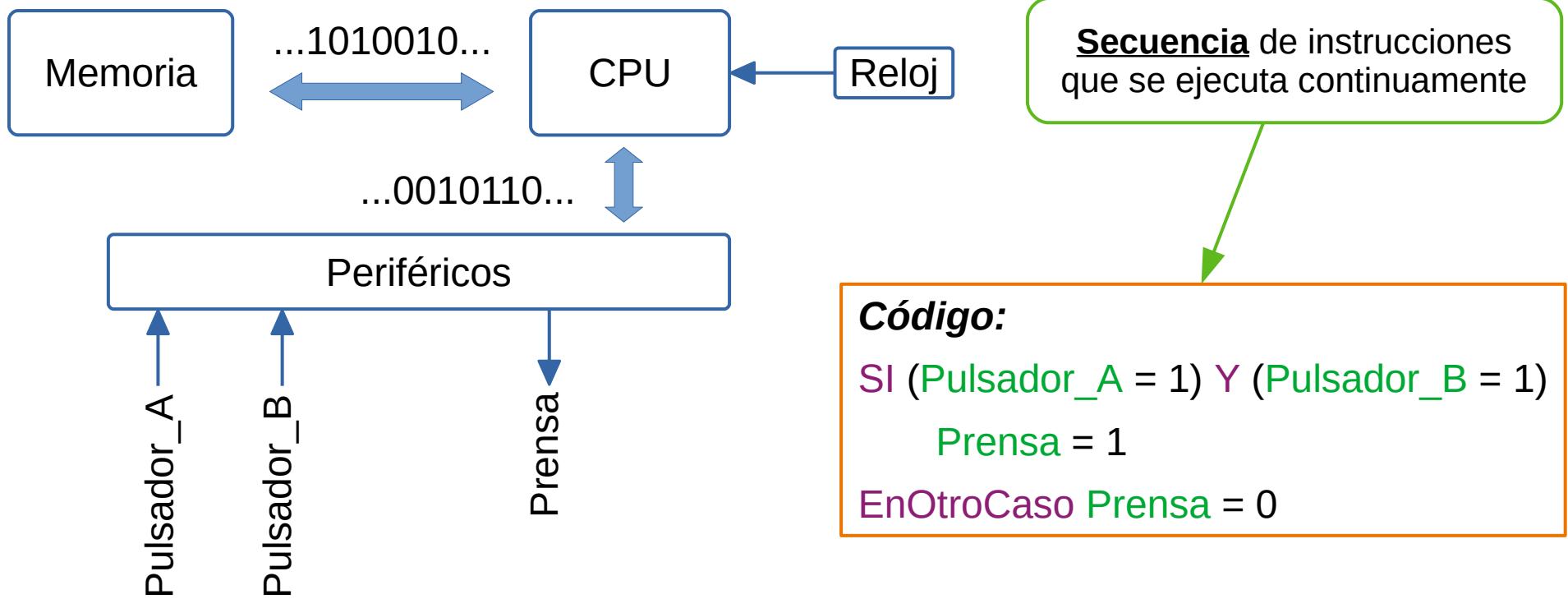
Vemos un ejemplo:

Activación de una prensa industrial



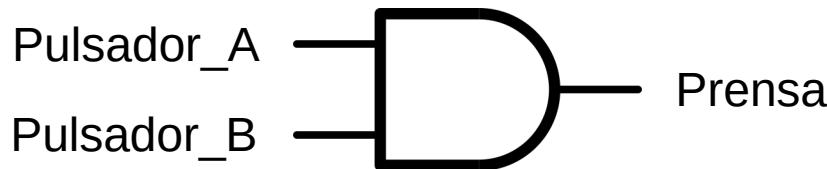
# Qué es una FPGA (4)

Solución con microprocesador:



# Qué es una FPGA (5)

Solución con circuito digital (hardware):



Simplicidad

- Robustez a nivel funcional
- Robustez a nivel electrónico

No se puede hacer la tarea con un menor número de cambios de estado en la electrónica

Pulsador_A	Pulsador_B	Prensa
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

# Qué es una FPGA (6)

Solución Procesador + Software vs Hardware:

## ***Procesador + Software***

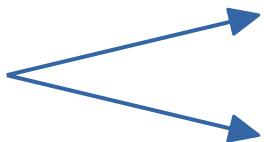
- Circuito digital complejo independientemente de la tarea
- Frágil
- **Baja eficiencia energética**

## ***Circuito digital (Hardware)***

- Complejidad del circuito dependiente de la tarea (puede ser muy simple)
- Robusto
- **Alta eficiencia energética**

La energía se consume en el cambio de estado (0 a 1 ó 1 a 0)

El consumo es proporcional a

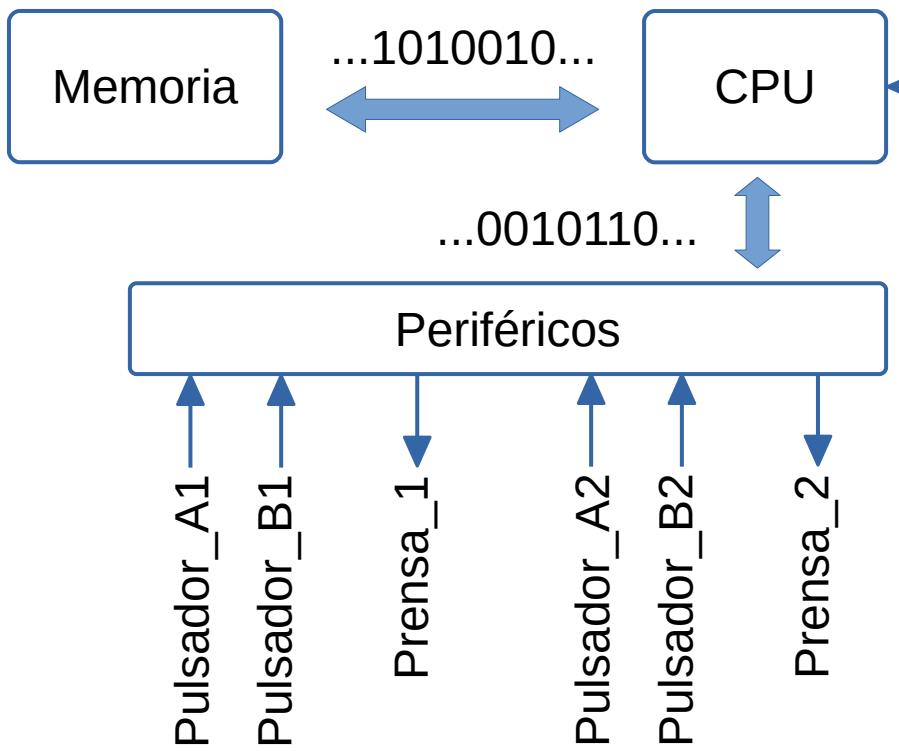


Número de elementos cambiando de estado

Frecuencia de cambio de estado (Reloj)

# Qué es una FPGA (7)

Solución con procesador para 2 prensas:



**Proceso secuencial:**  
a mayor número de tareas,  
mayor tiempo de reacción

**Código:**

SI (Pulsador\_A1 = 1) Y (Pulsador\_B1 = 1)  
Prensa\_1 = 1

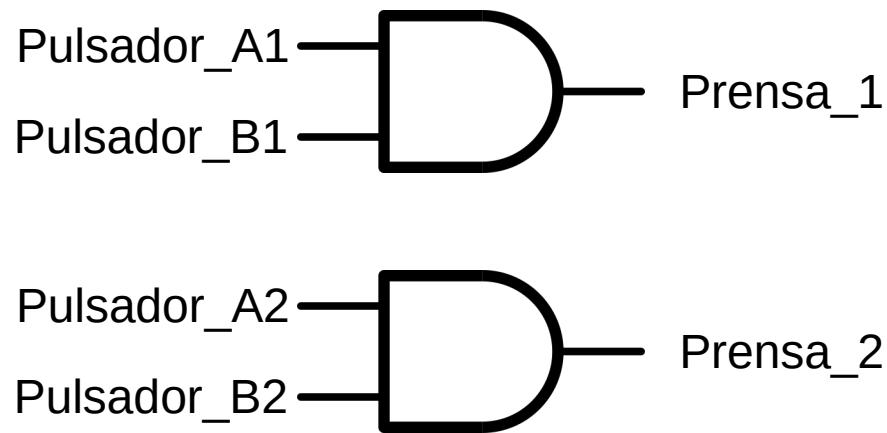
EnOtroCaso Prensa\_1 = 0

SI (Pulsador\_A2 = 1) Y (Pulsador\_B2 = 1)  
Prensa\_2 = 1

EnOtroCaso Prensa\_2 = 0

# Qué es una FPGA (8)

Solución con circuito digital (hardware) para 2 prensas:

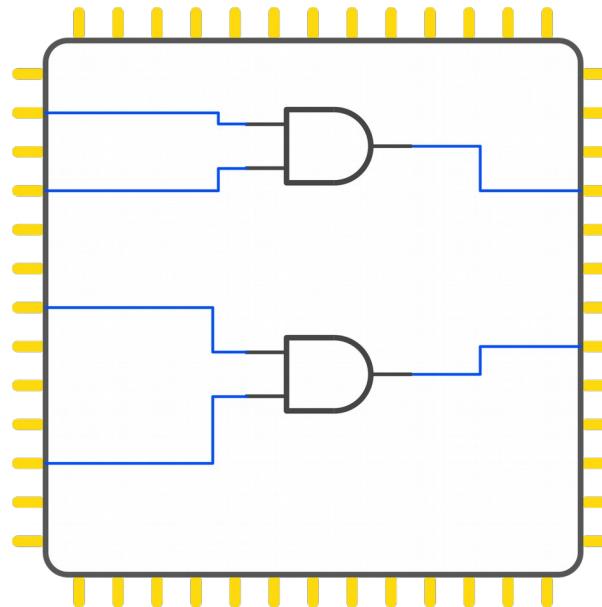


El tiempo de reacción  
es independiente  
del número de tareas:  
procesamiento paralelo **real**

*Cada proceso tiene su hardware dedicado.*  
*El procesamiento paralelo es trivial en hardware.*

# Qué es una FPGA (9)

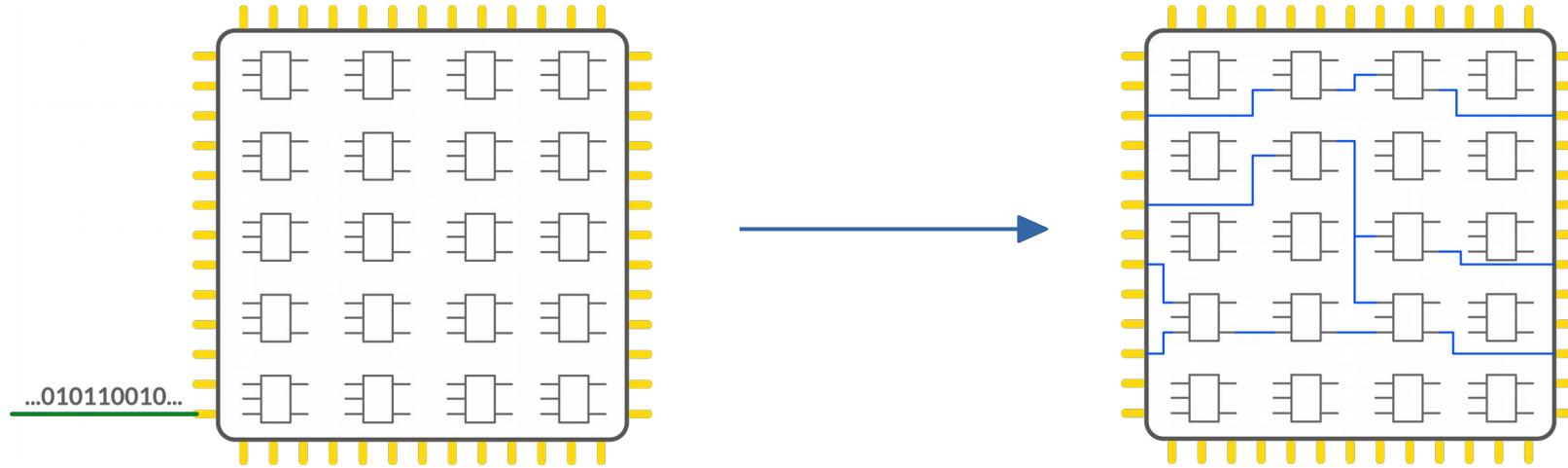
Podemos hacer un chip con este circuito...



...pero sólo resuelve un tipo de problema

# Qué es una FPGA (10)

FPGA (Field-Programable Gate Array)



La FPGA contiene elementos lógicos que podemos interconectar para sintetizar el circuito deseado.

**Bitstream:** cada bit determina qué punto de las matrices de interconexión de elementos se activa, creando el circuito digital.

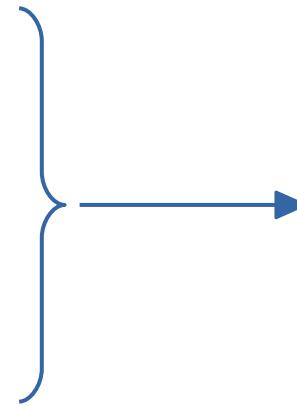
**FPGA: Eficiencia, Procesamiento Paralelo, Simplicidad, Robustez... + Versatilidad**

# Importancia de las FPGAs en el Futuro

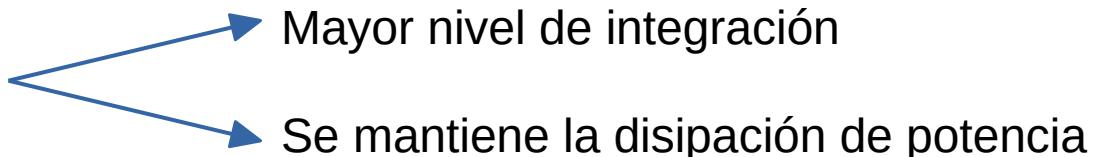
La potencia disipada en un chip es proporcional al número de elementos y a la frecuencia

Casi toda la energía consumida en un chip se transforma en calor

Solución: Transistores más pequeños



La principal limitación para la potencia de proceso de un circuito digital integrado es la temperatura.



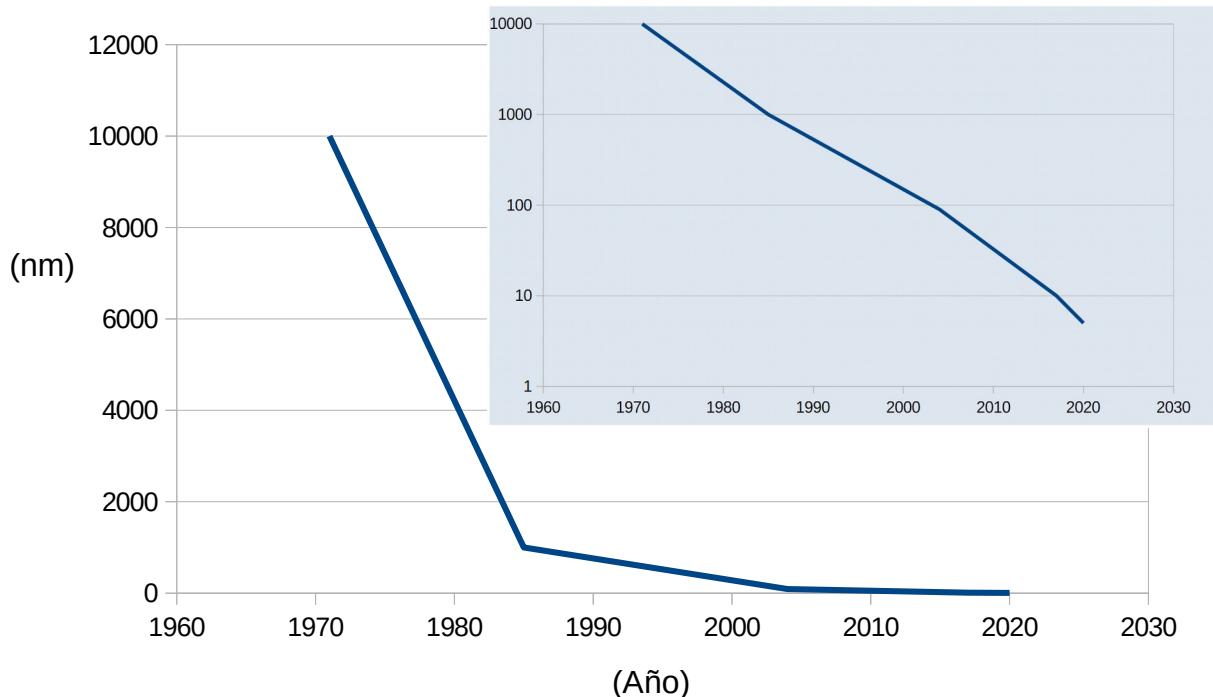
Mayor nivel de integración

Se mantiene la disipación de potencia

La tecnología de fabricación de los procesadores se acerca al final de su camino y la Ley de Moore está dejando de cumplirse.

# Evolución de la Tecnología de Semiconductor

Año	1971	1985	2004	2017	2020
Tecnología (nm)	10000	1000	90	10	5



## Datos actuales (2019):

- Entre 14 y 22 nm es estándar
- 10 nm en dispositivos móviles de gama alta

# Importancia en Educación

- Pensamiento espacial vs pensamiento algorítmico
- Procesamiento paralelo real
- Entender esta tecnología da perspectiva y conocimientos para entender mejor la que ya conocíamos (procesador + software)
- Experimentación con circuitos reales (sin simulación ni emulación)
- Uso a todos los niveles: desde estudiar lo más básico de lógica digital hasta diseñar un CPU, comprobar su funcionamiento e incluso utilizarla
- Necesidad futura de diseñadores de circuitos digitales

# ¿Por qué no usamos más las FPGAs?

- Las FPGAs aparecieron a mediados de los 80 cuando el microprocesador era una tecnología establecida, con fuerte crecimiento
- Cada fabricante tiene sus herramientas, poco amigables, complejas y costosas
- No existe un entorno que permita trabajar con FPGAs de distintos fabricantes
- Poca evolución en las herramientas de desarrollo
- El bitstream es propietario: sólo el fabricante de la FPGA puede generarlo

# Marzo de 2015: Ingeniería Inversa de una FPGA

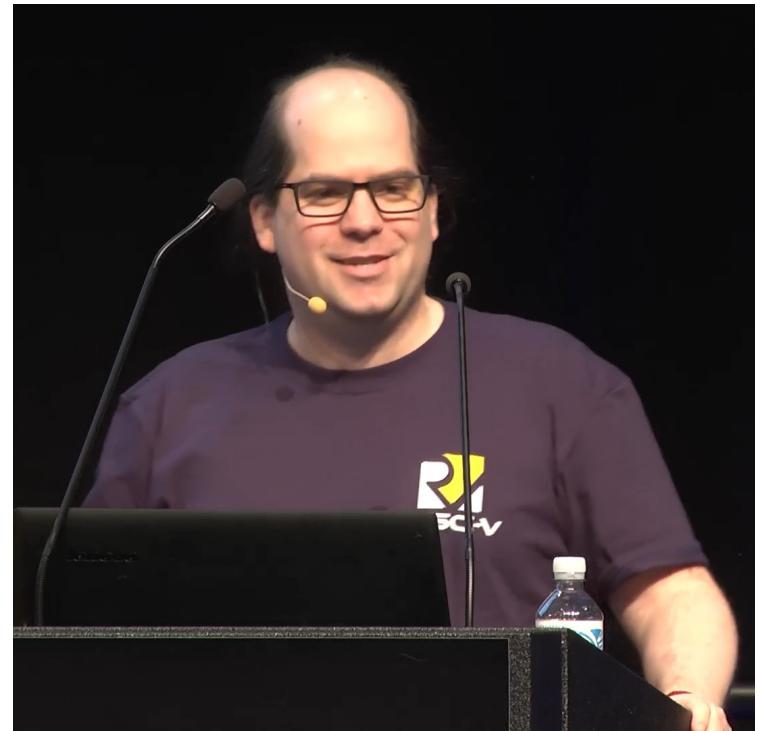
**Clifford Wolf** descifra el formato del bitstream de una FPGA iCE40 de Lattice (Proyecto IceStorm):

<http://www.clifford.at/icestorm/>

Se abre la puerta al desarrollo de herramientas libres para esta FPGA

Proyecto Symbiflow: desde Verilog al Bitstream para FPGAs de distintos fabricantes, todo con herramientas libres

<https://github.com/SymbiFlow>



# Difusión de las FPGAs Libres

**Juan González Gómez** (Obijuan)

- Crea la comunidad FPGAwars (<http://fpgawars.github.io/>)
- Introduce las FPGAs libres en España
- Curso para aprender electrónica digital desde cero: <https://github.com/Obijuan/digital-electronics-with-open-FPGAs-tutorial/wiki>
- Propone el desarrollo de Icestudio y de la IceZUM Alhambra



# Icestudio: Diseño Gráfico de Electrónica Digital

Autor: **Jesús Arroyo**

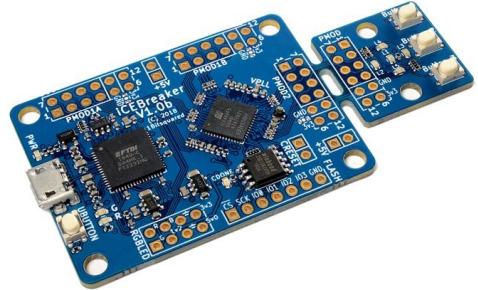
- Entorno gráfico fácil de usar
- Traduce a Verilog

<https://github.com/FPGAwars/icestudio>

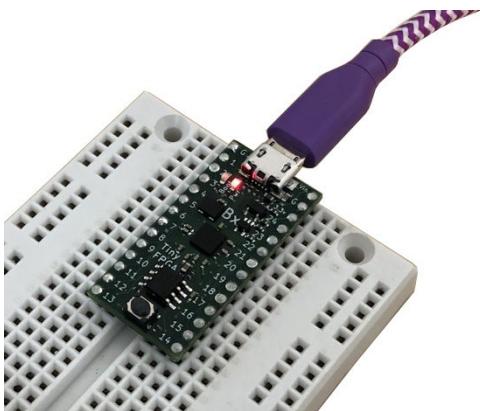
(Se va a ver en detalle en la demostración)



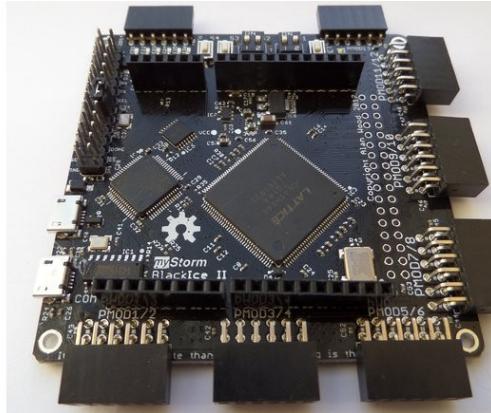
# Placas Entrenadoras FPGA Libres



IceBreaker



TinyFPGA BX



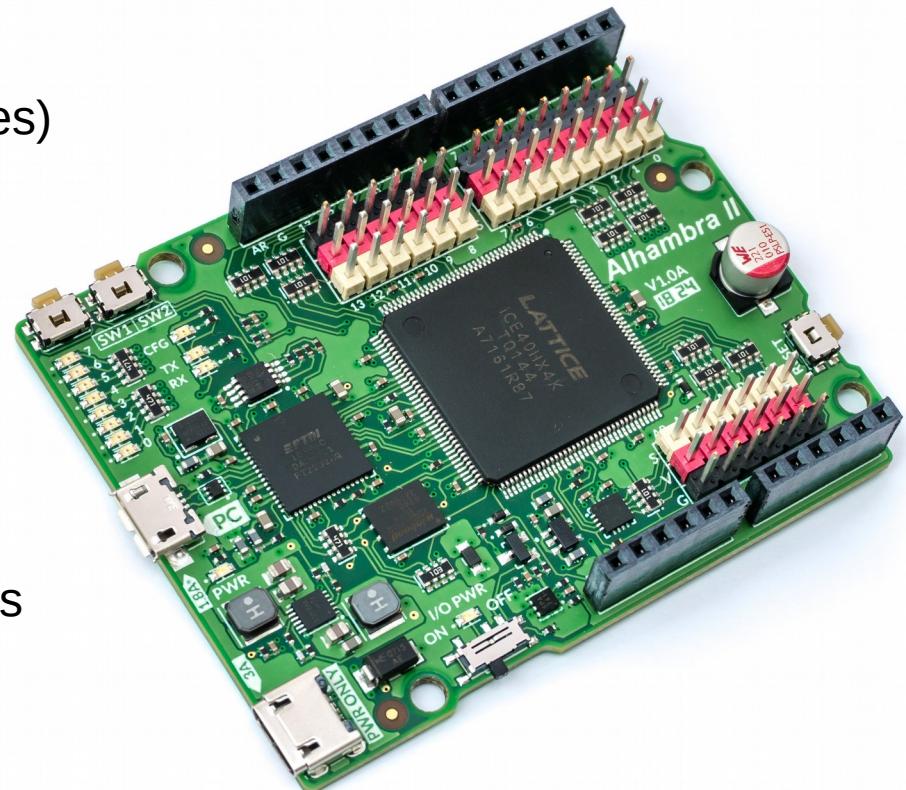
BlackIce II



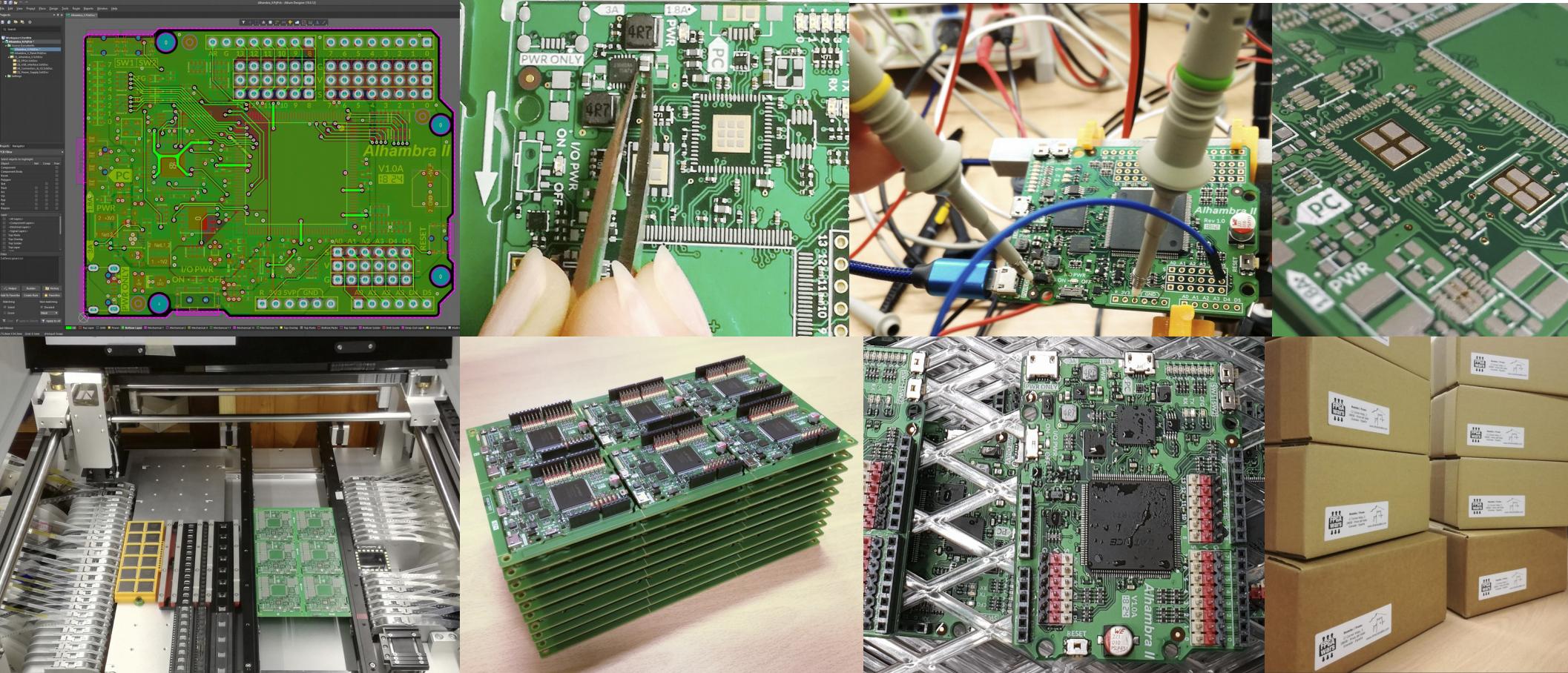
Alhambra II

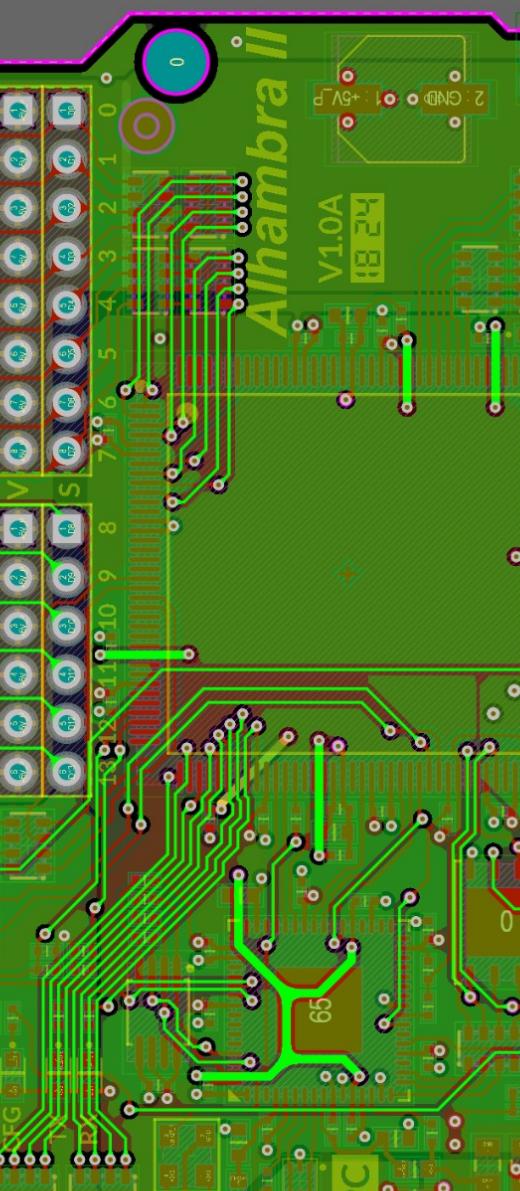
# Alhambra II: Pensada para uso educativo

- Compatible Arduino UNO
- FPGA iCE40HX4K (8K con herramientas libres)
- Memoria de 32Mb
- 8 LEDs de usuario
- 2 Switches de usuario
- GPIO a 3.3V, compatibles con 5V
- Convertidor ADC por I2C, 12 bits, 4 canales
- Activación directa de LEDs sin resistencias
- Activación de servos RC hasta 4.8A contínuos
- Switch electrónico para periféricos
- GPIO cortocircuitables
- Alimentaciones cortocircuitables a masa



# Diseño y Fabricación de la Alhambra II





#AlhambraFPGA  
diseñado y fabricado en España

Pinos del Valle - Granada

# ¡Gracias!

<https://github.com/EladioDM/Slides>



[biblioteca.ugr.es](http://biblioteca.ugr.es)



Eladio Delgado Mingorance  
[www.alhambrabits.com](http://www.alhambrabits.com)  
[@EladioDM](https://twitter.com/EladioDM)

