



INTI

# Kéfir, Milk y Lattuino: Un Arduino Reconfigurable

Salvador E. Tropea <salvador@inti.gov.ar>

Centro de Micro y Nano Tecnología, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires, Argentina

## Introducción

En este trabajo presentamos un ecosistema completo compatible con Arduino basado en FPGA. El mismo es abierto y toda la información de diseño se encuentra disponible en internet.

El ecosistema se compone de tres grandes componentes:

- Kéfir, que es una placa de FPGA basada en la HX4K de la familia iCE40 de Lattice (7680 LUTs)
- MILK, que es una placa de configuración multipropósito, con soporte para JTAG, SPI, RS-232, etc.
- Lattuino, que es una implementación en VHDL y Verilog de un procesador compatible con AVR. Incluye los periféricos necesarios para implementar un Arduino UNO.

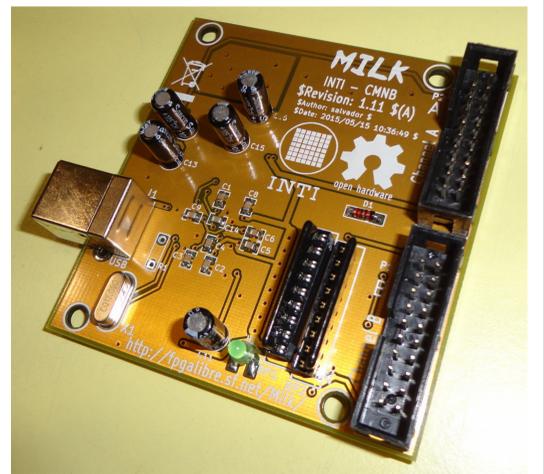
Fue desarrollado utilizando herramientas de software libre. Adicionalmente puede ser sintetizado y programado utilizando software libre.

## Milk

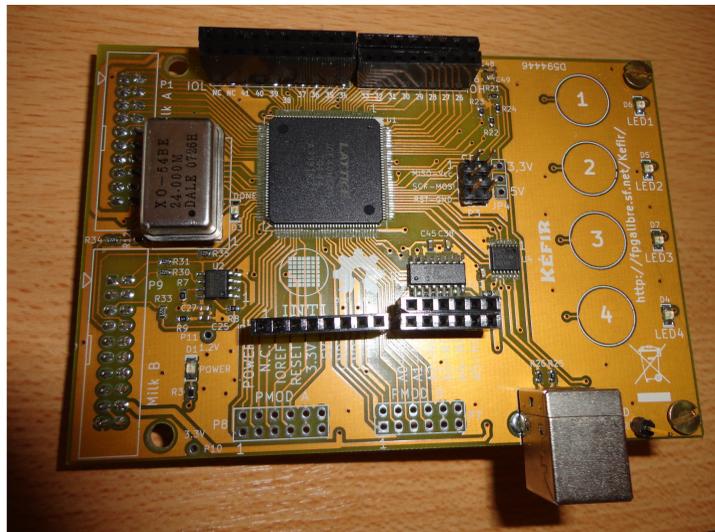
Permite configurar la FPGA de Kéfir. Al mismo tiempo provee la alimentación (3,3 V).

Posee dos canales independientes Basada en un FT2232H, puede usarse para:

- JTAG
  - Genérico con UrJTAG
  - Depuración ARM (OpenOCD)
  - Configuración de FPGAs de Xilinx.
- SPI
  - Lectura/Escritura de memorias (flashrom)
  - Conf./Depuración de AVR (avrdude)
  - Conf. De FPGAs de Lattice
- RS-232
  - Niveles TTL
  - Niveles bipolares (con plug-in)



## Kéfir



**FPGA de bajo costo soportada por herramientas de software libre:**

- Lattice iCE40HX4K-TQ144 (7680 LUT4s, FFs y carry; 2 PLLs; 80 kib SRAM; 107 GPIOs)
- Configuración Winbond W25X40CL (SPI, 4 Mib, quedan casi 3 Mib libres)
- Reloj: zócalo para oscilador tipo DIP-8/14

**PCB de fácil fabricación:**

- Estándar: FR4 1,6 mm
- Capas: 2
- Separación mínima: 8 mils
- Ancho mínimo de pistas: 10 mils
- Vías: 40 mils taladrado 0,51 mm

**Conectores compatibles con Arduino:**

- GPIO 3,3 V (la FPGA no tolera 5 V)
- Conectores de ChipKit (Arduino UNO, pero con el doble de I/Os. Total de 42 GPIOs)
- 2 PMOD de 12 pines

- 2 conectores de 20 pines para configuración y comunicación con la PC.

**Interfaz de usuario:**

- Botones: ninguno físico, tiene 4 CapSense.
- LEDs: 4 LEDs (+ power + DONE).

**Entradas analógicas:**

- 8 canales de 10 bits
- Frecuencia máxima de muestreo 100 ks/s

**USB:**

- Conector tipo B
- Driver TUSB1106 (LS/FS)
- Adicionalmente MILK provee comunicación con la PC (SPI, I2C, RS-232, etc.)

**Alimentación:**

- Desde el USB a través de MILK
- Opcionalmente puede alimentarse con 3,3 V

## Lattuino

**Soft-core:**

- Compatible con Atmel AVR
- Memoria de programa: 7536 b (8192 menos 656 bootloader)
- Memoria de datos: 512 bytes
- Frecuencia de reloj: 24 MHz (similar a un Arduino de 16 MHz)
- Entradas/salidas digitales: 15 (14 generales + 1 LED)
- Entradas analógicas: 8 (2 más que el UNO)
- Salidas analógicas (PWMs): 6
- UARTs: 1
- SPIs: 1 (hasta 24 MHz SCK)
- Timers independientes para generar tonos: 1
- Entradas de interrupción: 2

- Área de la FPGA: 30 % aprox. (usando software libre, el doble usando las herramientas del fabricante)
- Tensión de I/O: 3,3 V

Puede programarse utilizando la IDE de Arduino. No es necesario un compilador especial, ya que la compatibilidad permite usar el avr-gcc.

En la foto se observa el conjunto Kéfir + Milk junto con un shield estándar de Arduino que ofrece pantalla a colores táctil.

La implementación se encuentra disponible en VHDL y Verilog.



FPGA Libre  
by Open Source

MILK KÉFIR LATTUINO

