

MÁSTER UNIVERSITARIO EN

INGENIERÍA DE SISTEMAS EMPOTRADOS



|  |
| --- |
| **Electromiografía: diseño e implementación en un sistema embebido** |

|  |
| --- |
| **Alumno: Xabier Figueroa Sánchez** |
| **Director: Andoni Arruti** |
| **Instructor en la empresa: -** |

**Proyecto Fin de Máster, septiembre de 2017**

Contenido

[1. INTRODUCCIÓN 6](#_Toc488339534)

[1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 6](#_Toc488339535)

[1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO 6](#_Toc488339536)

[1.3. ENMARQUE DEL PROYECTO 6](#_Toc488339537)

[2. ESTADO DEL ARTE 7](#_Toc488339538)

[2.1. INGENIERÍA BIOMÉDICA 7](#_Toc488339539)

[2.1.1. Descripción 7](#_Toc488339540)

[2.1.2. Historia 7](#_Toc488339541)

[2.2. BIOSEÑALES 7](#_Toc488339542)

[2.2.1. Descripción 7](#_Toc488339543)

[2.2.2. Naturaleza 7](#_Toc488339544)

[2.2.3. Señales fisiológicas 7](#_Toc488339545)

[2.2.4. Tipos y clasificación 7](#_Toc488339546)

[2.2.5. Digitalización 7](#_Toc488339547)

[2.3. ELECTROMIOGRAFÍA (EMG) 7](#_Toc488339548)

[2.3.1. Descripción 7](#_Toc488339549)

[2.3.2. Uso 7](#_Toc488339550)

[2.3.3. Tipos de sensores 7](#_Toc488339551)

[2.3.4. Señales 7](#_Toc488339552)

[2.4. FPGA 7](#_Toc488339553)

[2.4.1. Arquitectura 7](#_Toc488339554)

[2.4.2. Tecnologías 7](#_Toc488339555)

[2.5. COMUNICACIONES 7](#_Toc488339556)

[2.5.1. Serie (RS232/UART) 7](#_Toc488339557)

[2.5.2. Bluetooth 7](#_Toc488339558)

[3. DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO 8](#_Toc488339559)

[3.1. DE0 NANO 8](#_Toc488339560)

[3.1.1. Descripción general 8](#_Toc488339561)

[3.1.2. ADC 8](#_Toc488339562)

[3.1.3. Cyclone 8](#_Toc488339563)

[3.2. MYOWARE 8](#_Toc488339564)

[3.3. HC-05 (MÓDULO BLUETOOTH) 8](#_Toc488339565)

[4. HERRAMIENTAS DE DESARROLLO 9](#_Toc488339566)

[4.1. DESARROLLO FPGA 9](#_Toc488339567)

[4.1.1. ModelSim 9](#_Toc488339568)

[4.1.2. Quartus 9](#_Toc488339569)

[4.2. CAPTURA DE DATOS 9](#_Toc488339570)

[4.2.1. Octave 9](#_Toc488339571)

[4.2.2. Matplotlib (Python) 9](#_Toc488339572)

[4.3. ECLIPSE (ARDUINO) 9](#_Toc488339573)

[5. TRABAJO DESARROLLADO 10](#_Toc488339574)

[5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL 10](#_Toc488339575)

[5.2. ESPECIFICACIONES 11](#_Toc488339576)

[5.3. DISEÑO 11](#_Toc488339577)

[5.3.1. Esquemas general 11](#_Toc488339578)

[5.4. IMPLEMENTACIÓN 11](#_Toc488339579)

[5.4.1. Simulaciones 11](#_Toc488339580)

[5.4.2. Desarrollo 11](#_Toc488339581)

[5.4.3. Resultados 11](#_Toc488339582)

[5.5. PROBLEMAS 11](#_Toc488339583)

[5.6. FUTUROS DESARROLLOS 11](#_Toc488339584)

[6. CONCLUSIONES 12](#_Toc488339585)

[7. REFERENCIAS 13](#_Toc488339586)

[ANEXO A 14](#_Toc488339587)

# INTRODUCCIÓN

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

Hoy en día la biomedicina es una rama muy importante dentro de la propia medicina. En los últimos años se está llevado a cabo una rápida evolución, lo cual conlleva una mejora sustancial en la calidad de vida de las personas.

Gracias a las investigaciones y los desarrollos de sistemas muy sofisticados, es posible detectar problemas de salud con mayor antelación, e incluso detectar problemas que hasta ahora eran difícilmente detectables.

Esto es posible gracias a que los sistemas electrónicos son cada día más potentes, lo que dota a los investigadores y desarrolladores una posibilidad que hasta hace pocos años nadie podía imaginar.

Un ejemplo claro es el uso de impresoras 3D para la fabricación de miembros MORE!

El ser humano produce un sinfín de señales eléctricas que pueden ser capturas para su estudio, o para la detección de anomalías. Estas señales se denominan bioseñales Las bioseñales más estudiadas son:

* ECG (electrocardiograma)
* EEG (electroencefalograma)
* EMG (electromiograma)
* MMG (mecanomiograma)
* EOG (electrooculografía)
* GSR (respuesta galvánica de la piel)
* MEG (magnetoencefalograma)

Una técnica para la detect

## **OBJETIVO DEL PROYECTO**

## **ENMARQUE DEL PROYECTO**

# ESTADO DEL ARTE

## **INGENIERÍA BIOMÉDICA**

### Descripción

### Historia

## **BIOSEÑALES**

### Descripción

### Naturaleza

### Señales fisiológicas

### Tipos y clasificación

### Digitalización

## **ELECTROMIOGRAFÍA (EMG)**

### Descripción

### Uso

### Tipos de sensores

### Señales

## **FPGA**

### Arquitectura

### Tecnologías

## **COMUNICACIONES**

### Serie (RS232/UART)

### Bluetooth

# DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO

## **DE0 NANO**

### Descripción general

### ADC

### Cyclone

## **MYOWARE**

## **HC-05 (MÓDULO BLUETOOTH)**

# HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

## **DESARROLLO FPGA**

### ModelSim

### Quartus

## **CAPTURA DE DATOS**

### Octave

### Matplotlib (Python)

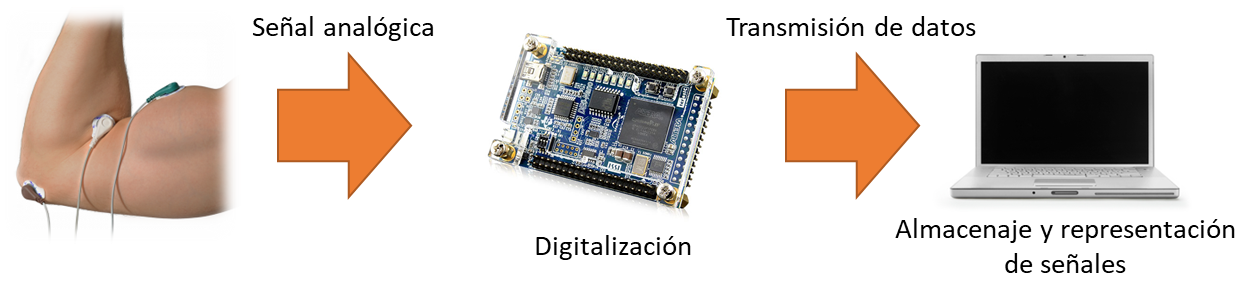
## **ECLIPSE (ARDUINO)**

# TRABAJO DESARROLLADO

## **DESCRIPCIÓN GENERAL**

El objetivo de sistema desarrollado es la captura de las señales eléctricas emitidas por un músculo, y su posterior almacenaje y representación en un ordenador. Para ello, se utilizará la placa de desarrollo *DE0-Nano* de *Terasic*. Esta placa contiene varios módulos embebidos, de los cuales, para este proyecto, se hará uso de:

* Altera Cyclone® IV EP4CE22F17C6N (FPGA)
* ADC128S022 (Conversor A/D de 8 canales)



Las señales analógicas procedentes del músculo son llevadas al ADC. El ADC es controlado por la FPGA, la cual establecerá qué canal y en qué momento (teniendo en cuenta las especificaciones de tiempo del propio ADC) ha de ser muestreado.

La FPGA, aparte de gobernar el ADC, será la encargada de empaquetar los datos recibidos, para su posterior envío al ordenador. Este envío se realizará mediante una comunicación serie (RS232).

La comunicación entre FPGA y ordenador será inalámbrica a través de Bluetooth. Para ello, se dispondrá de un módulo HC-05 y un PC con conexión Bluetooth, o en su defecto, con un módulo Bluetooth en formato USB.

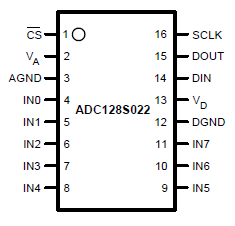
El ordenador es responsable de desempaquetar los datos recibidos y guardarlos en un fichero para su posterior estudio.

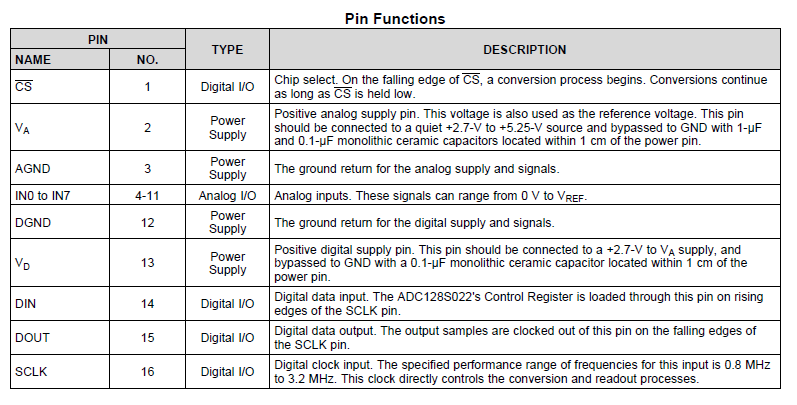
Cabe destacar, que este sistema ha de ser flexible, por lo que su diseño ha de ser modular. Al propio ADC podría ser conectada cualquier señal analógica (teniendo en cuenta las limitaciones de la placa), y los datos podrían ser enviados a cualquier sistema con conexión UART.

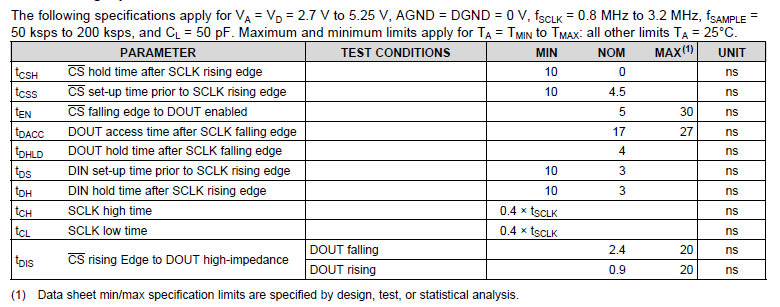
Por ejemplo, se podrían sustituir los sensores EMG por unos sensores de monitorización cardíaca, y el ordenador, por un dispositivo móvil con sistema Android.

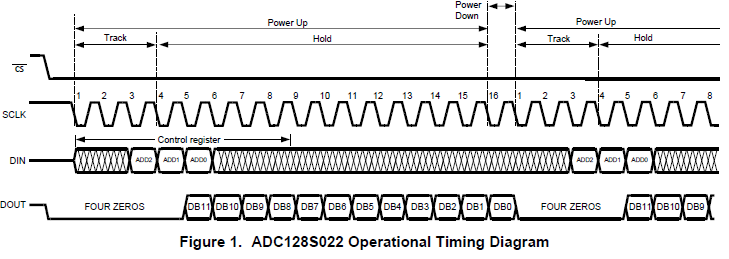
## **ESPECIFICACIONES**

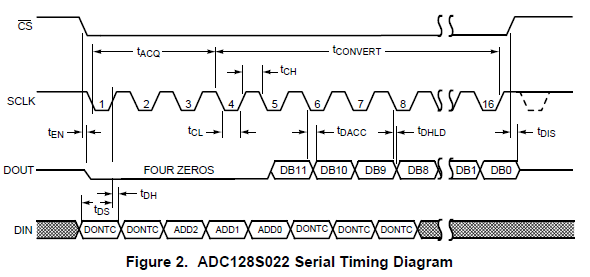
### Especificaciones ADC

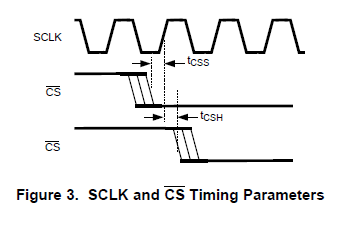












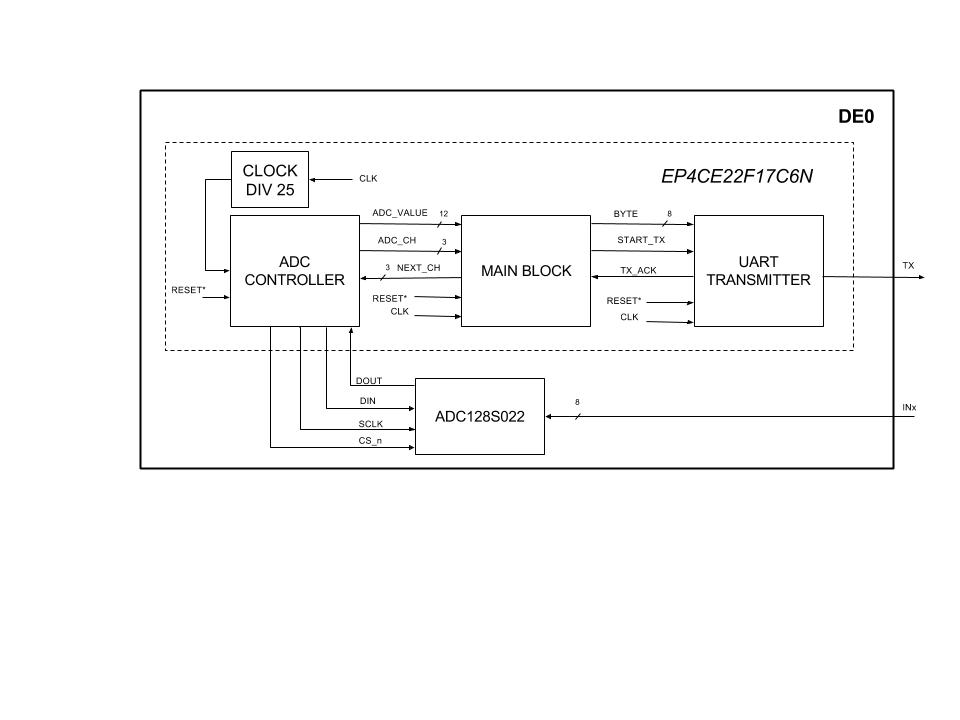
## **DISEÑO**

|  |  |
| --- | --- |
| UART | |
| Bits | 8 |
| Stop | 1 |
| Parity | 0 |
| Muestreo | |
| Bytes por dato | 2 |
| Canales | 8 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Velocidad  (baudios) | Tiempo por bit (s) | Tiempo por byte (s) | Periodo muestreo un canal (s) | Periodo muestreo todo los canales (s) |
| 115200 | 8,68056E-06 | 8,68056E-05 | 0,000173611 | 0,001388889 |
| 76800 | 1,30208E-05 | 0,000130208 | 0,000260417 | 0,002083333 |
| 57600 | 1,73611E-05 | 0,000173611 | 0,000347222 | 0,002777778 |
| 56000 | 1,78571E-05 | 0,000178571 | 0,000357143 | 0,002857143 |
| 38400 | 2,60417E-05 | 0,000260417 | 0,000520833 | 0,004166667 |
| 19200 | 5,20833E-05 | 0,000520833 | 0,001041667 | 0,008333333 |
| 14400 | 6,94444E-05 | 0,000694444 | 0,001388889 | 0,011111111 |
| 9600 | 0,000104167 | 0,001041667 | 0,002083333 | 0,016666667 |

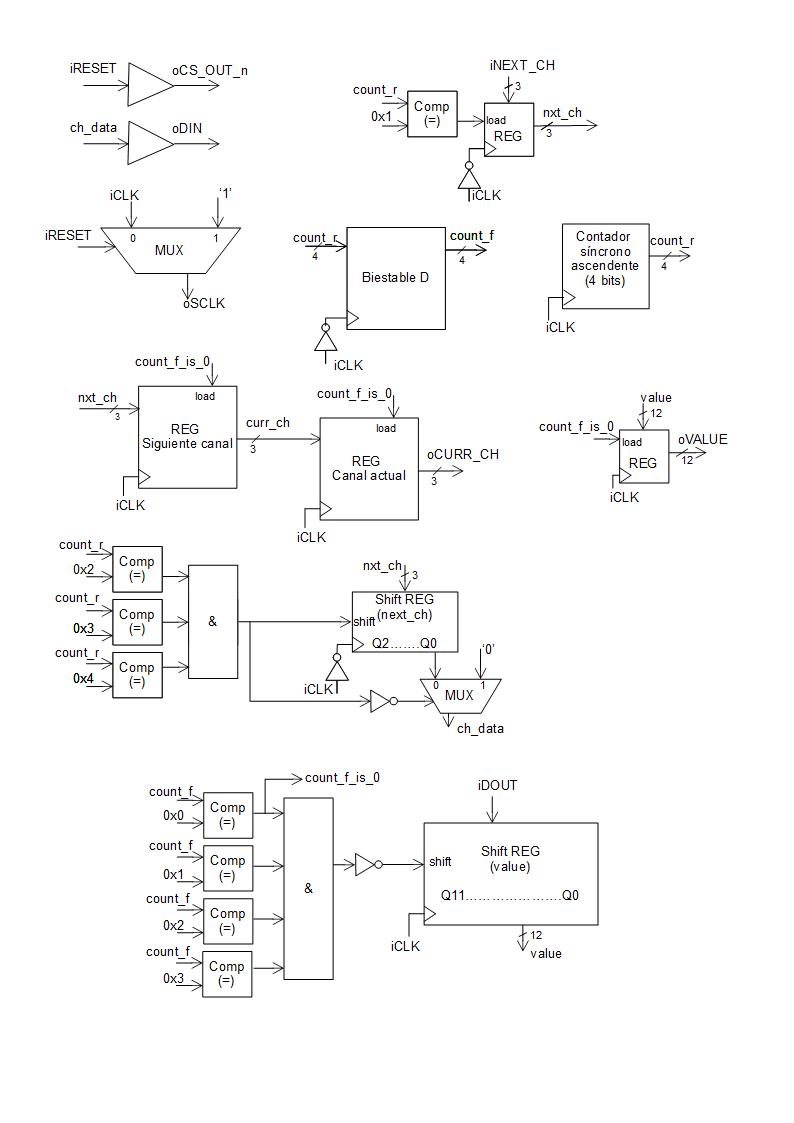
### FPGA: Esquema general

El siguiente esquema muestra el diseño de la FPGA



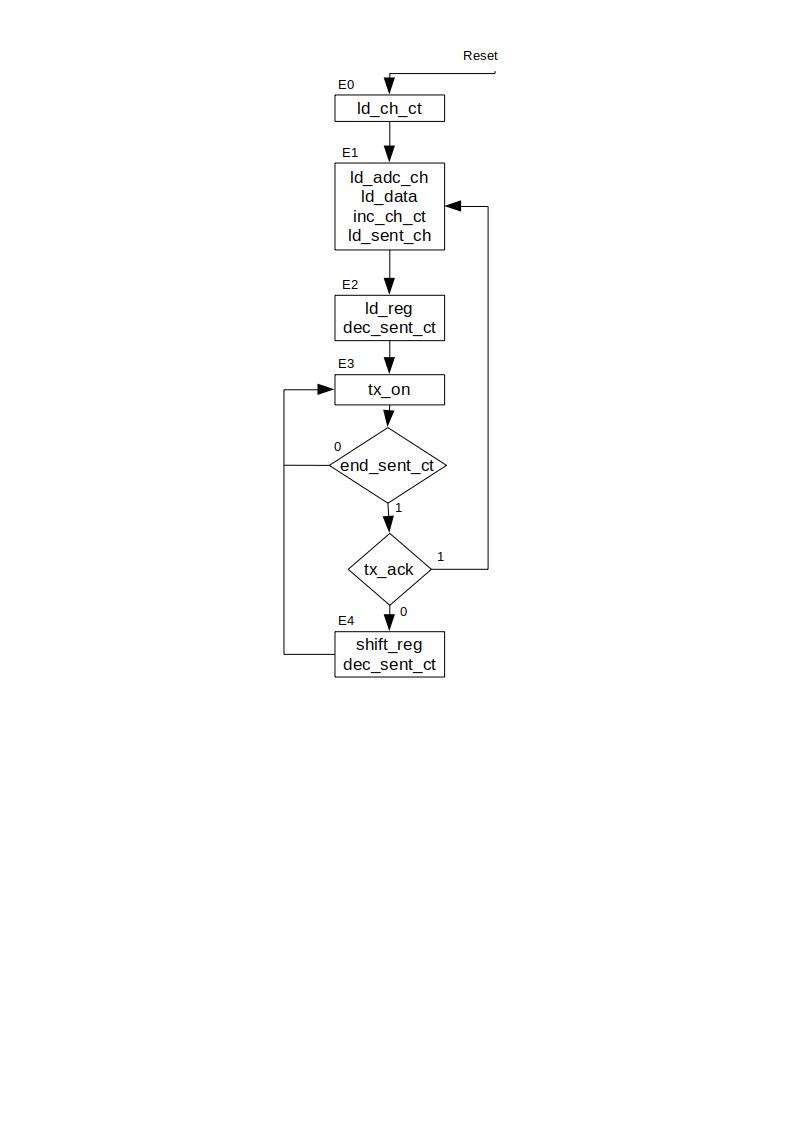
### FPGA: módulo control ADC

Unidad de proceso

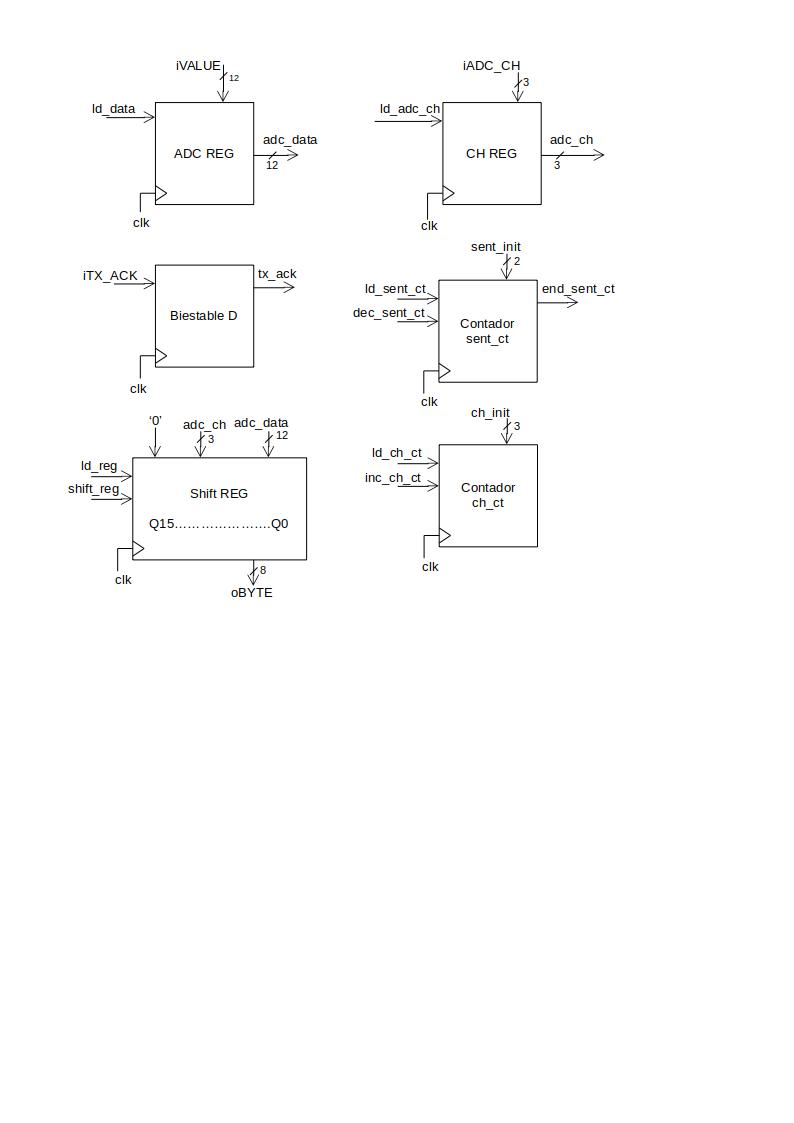


### FPGA: módulo principal

Unidad de control

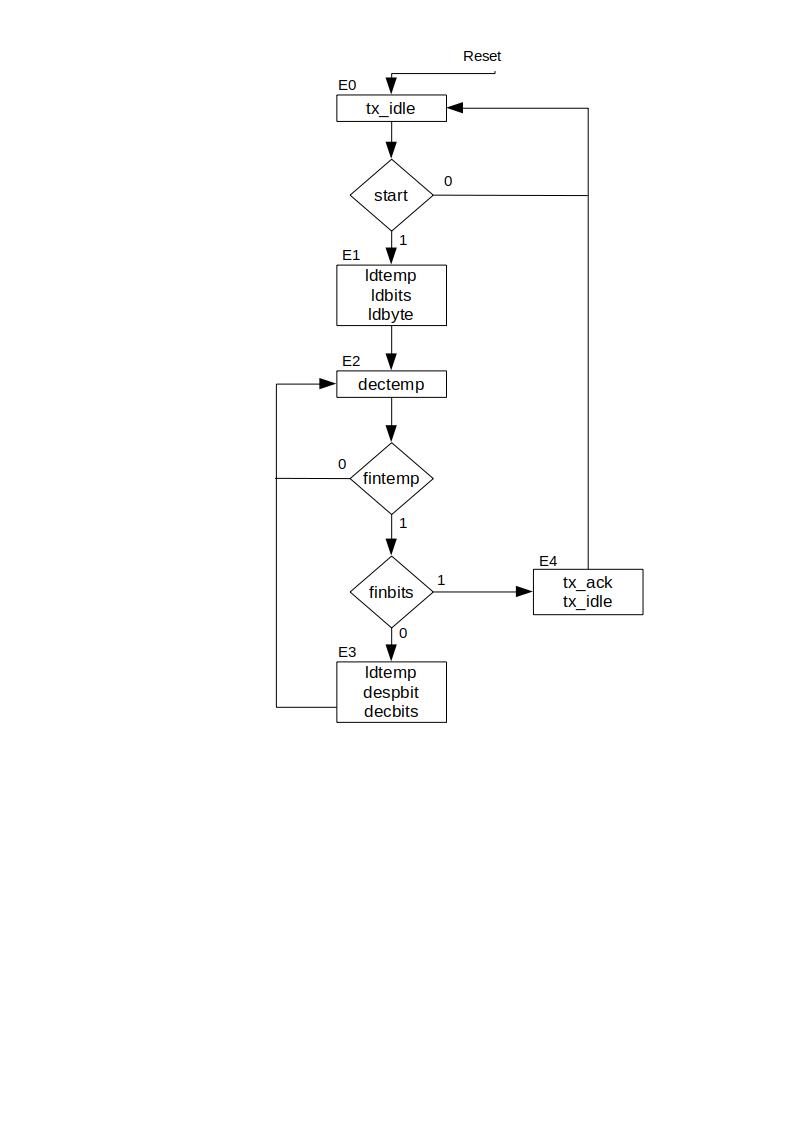


Unidad de proceso

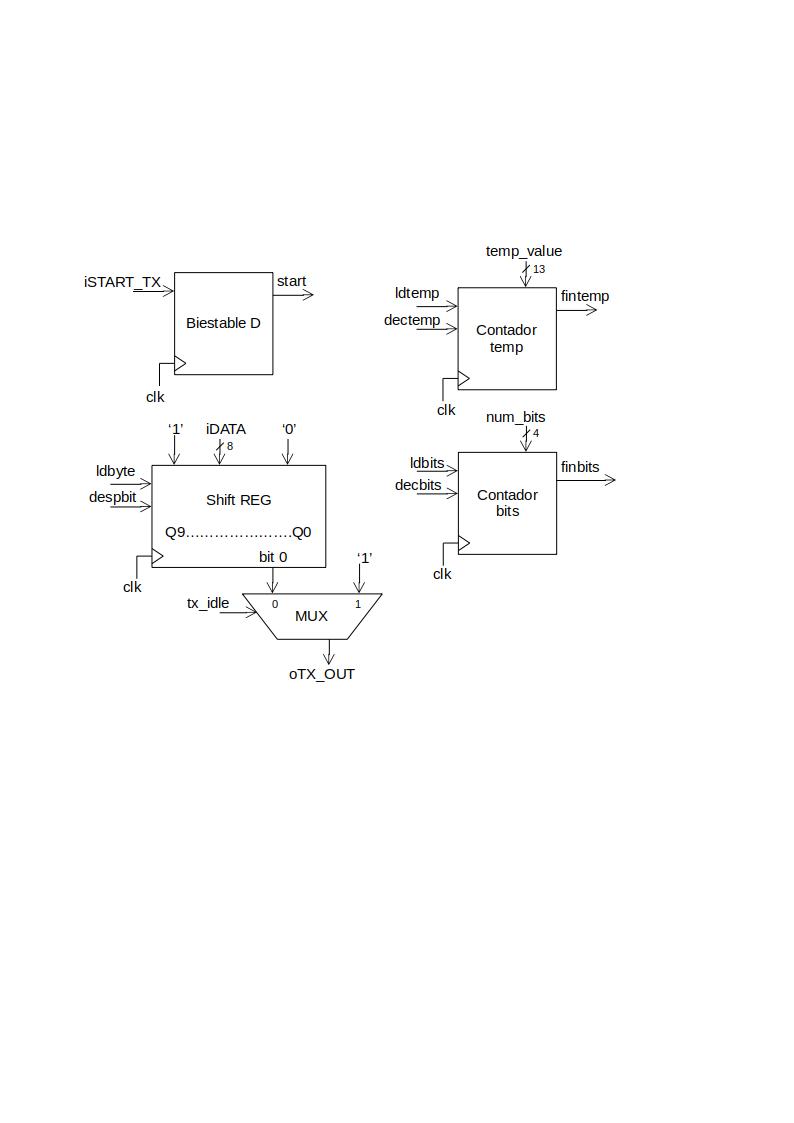


### FPGA: módulo transmisión UART

Unidad de control



Unidad de control



### PC: Script captura de datos

Diagrama de flujo

## **IMPLEMENTACIÓN**

### Simulaciones

### Desarrollo

### Resultados

## **PROBLEMAS**

## **FUTUROS DESARROLLOS**

# CONCLUSIONES

# REFERENCIAS

# ANEXO A