

# PROYECTO EN ELECTRONICA II

## PREINFORME PRACTICA # 1

### TECNICAS DE ATENCION A EVENTOS

#### INTEGRANTES

Breayan Ortiz Aldana ( [breayanortiz@javeriana.edu.co](mailto:breayanortiz@javeriana.edu.co) )

Felipe Meneses ( [luismeneses@javeriana.edu.co](mailto:luismeneses@javeriana.edu.co) )

Santiago Marquez ( [marquezsantiago@javeriana.edu.co](mailto:marquezsantiago@javeriana.edu.co) )

#### GRUPO 2-4

#### PROFESORES

Camilo Otalora Sánchez

Eduardo Rodríguez Mejía

FECHA DE ENTREGA: 12/02/2020

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

BOGOTA DC

## CÁLCULOS PREVIOS

Al conectar cualquier actuador a los pines de un microcontrolador, se debe calcular correctamente los componentes de acondicionamiento de señal para no exceder las especificaciones eléctricas del microcontrolador. En esta práctica el microcontrolador contralará dos displays siete segmentos de cátodo común, conectados en paralelo para realizar despliegue dinámico.

La figura muestra un diagrama de conexión entre los siete segmentos y el microcontrolador.

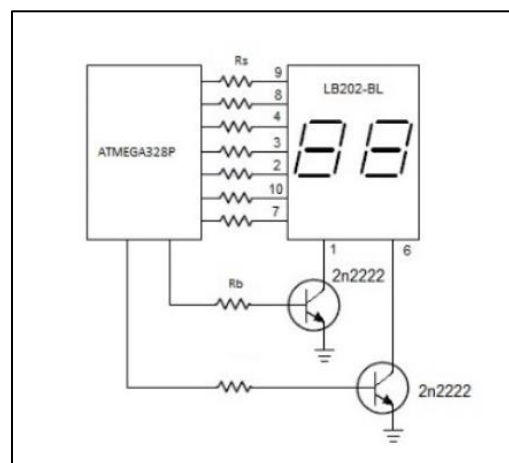


Figura 1. Esquemático circuito de la práctica

## RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS

1. ¿De dónde proviene la corriente que enciende los segmentos de los displays?

La corriente proviene del microcontrolador. Esta corriente es entregada por el microcontrolador y viene limitada por el mismo.

2. ¿Cuál es el voltaje de salida del microcontrolador?

Para el microcontrolador que vamos a utilizar se establece una lógica de la siguiente forma: un alto digital o HIGH se define para un voltaje de 5 V y el cero digital o LOW se define para un voltaje alrededor de cero. Con lo cual el voltaje de salida del microcontrolador es de **5 V**.

3. ¿Cuál es el voltaje de encendido de cada segmento?

El voltaje que se utilizó para la caída de cada segmento es de **1.8 V** ya que el datasheet [1] del elemento (display) que se propone en la práctica no se encontró, sin embargo, el display que se compro es de otra referencia al de la practica así que los cálculos se realizaron a partir de los datos del elemento comprado.

4. ¿Cuál es la especificación de corriente máxima por cada pin del microcontrolador y la corriente máxima para todo el puerto?

La corriente máxima por pin es de **40.0 mA**, y la corriente máxima por puerto es de **200 mA**. Esto se dedujo de la limitación que tiene el microcontrolador de entregar máximo 200 mA, con lo cual la máxima corriente que se le podría pedir al tiempo a un puerto es de 25 mA.

DC Current per I/O Pin	40.0mA
------------------------	--------

*Figura 2. Corriente máxima por pin ATmega 328P*

5. A partir de las respuestas a las preguntas 1 a 4 calcule el valor mínimo de las resistencias **Rs**, de tal forma que no se exceda las especificaciones de corriente del microcontrolador.

Para calcular este valor se establece lo siguiente: la corriente máxima por pin es de 40 mA y realizando el análisis circuito para el circuito correspondiente se tiene lo siguiente:

$$I_{pin} \leq 40 \text{ mA}$$

$$\frac{5 \text{ V} - 1.9 \text{ V}}{40 \text{ mA}} \geq 77.5 \Omega$$

El anterior valor establece una cota inferior para el valor de la resistencia que no compromete al microcontrolador. Ya que se sabe el valor de corriente que se va a utilizar y además se desea hacer uso eficiente de la energía se realiza el cálculo para una corriente de 10 mA.

$$\frac{5 \text{ V} - 1.9 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 310 \Omega$$

Con lo cual se elige el valor comercial más cercano a 310 que es **330 Ω**.

$$\mathbf{Rs = 330 \Omega}$$

6. ¿Cuánta corriente circulará por el colector de un transistor cuando todos los segmentos de un mismo display estén encendidos?

Los segmentos de cada dígito del display son 8, pero ya que no se piensa utilizar el punto realmente son 7. Se sabe que cada segmento consume 10 mA, y que la estructura del display es cátodo común, con lo cual la corriente que circulara por los colectores de los transistores será de **70 mA**.

7. ¿Cuánta corriente circulará por el colector de un transistor cuando un solo segmento esté encendido en un display?

La corriente que circulará por el colector de un transistor cuando se encienda un segmento será de **10mA**.

8. A partir de las respuestas a las preguntas 6 y 7, calcule un valor de resistencia de base **Rb**, tal que para los dos casos el transistor se mantenga en región de saturación.

Para realizar este cálculo se revisó el datasheet del transistor 2N2222 del cual se tomaron los siguientes datos:

Para una corriente de colector de 10 mA se tiene una caída de 0.1 V entre el colector y el emisor, además para asegurar saturación la corriente de base debe ser alrededor de 0.08 mA.

Basados en lo anterior se realizaron los siguientes cálculos:

$$\frac{(5 - 0.7)V}{0.1 \text{ mA}} = \mathbf{43 \text{ k}\Omega}$$

Lo anterior se realizó haciendo la aproximación de que el voltaje entre base y emisor es aproximadamente 0.7 V para saturación, y que la corriente de base necesaria es de 0.1 mA.

Es importante mencionar que se diseñó para una resistencia en el límite, lo cual implica el menor consumo de corriente que asegure saturación en el transistor, es posible elegir un valor menor para la resistencia, con el fin de asegurar saturación, pero se debe sacrificar la corriente que entrega el pin del microcontrolador.

Aproximando 43 kΩ al valor comercial se obtiene el siguiente valor para Rb:

$$\mathbf{Rb = 39 \text{ k}\Omega}$$

Esquemático del circuito simulado en OrCAD para comprobar el correcto funcionamiento del transistor con los valores calculados anteriormente.

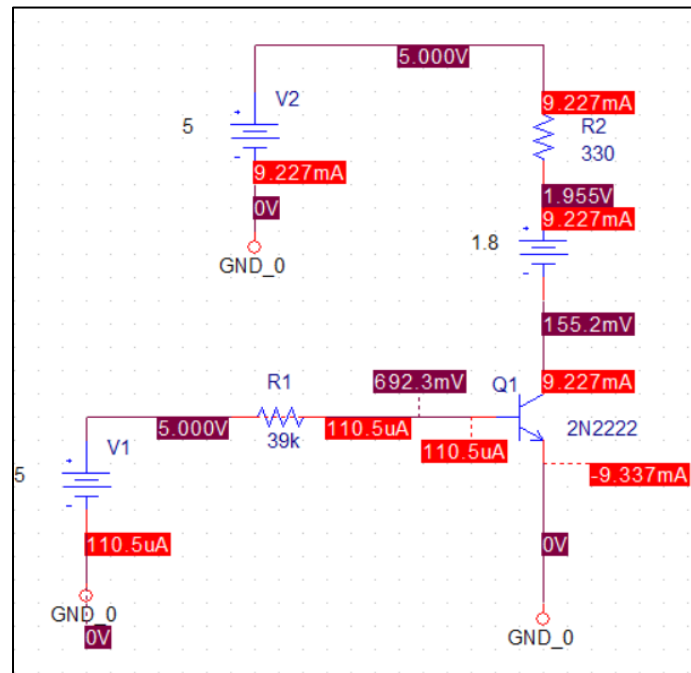


Figura 3. Esquemático desarrollado en OrCAD para comprobar los cálculos realizados.

En la anterior figura se puede apreciar los resultados obtenidos al simular el circuito con los valores calculados. El diodo del segmento se reemplazó por una fuente de voltaje con una caída igual al voltaje de encendido del segmento

# DESARROLLO DE LA PRACTICA

## I. MARCO TEORICO

1. SONDEO: el sondeo o polling en inglés, es una técnica usada en computación, consiste en hacer una consulta constante para verificar el estado de un dispositivo o variable; esto se realiza como una manera de generar una respuesta a un evento, tiene la ventaja de ser simple de implementar en cualquier arquitectura, de ser más fácil de visualizar en diagramas de tiempo, y de no presentar problemas de coherencia de datos al tener solamente un proceso activo en todo momento.
2. PERSISTENCIA RETINIANA: Es un principio del comportamiento de la visión humana, establecido por el físico Joseph Plateau en 1829 [2]. Consiste en una imperfección del sistema óptico de los seres humanos, por la cual, al ver una imagen, esta permanece un tiempo máximo de una décima de segundo en la retina hasta desaparecer por completo. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4169972>
3. SNR: es una medida utilizada en ciencia e ingeniería que compara el nivel de una señal deseada con el nivel de ruido de fondo. SNR se define como la relación entre la potencia de la señal y la potencia del ruido, a menudo expresada en decibelios. Una relación superior a 1: 1 (superior a 0 dB) indica más señal que ruido. [https://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise\\_ratio](https://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise_ratio)
4. ENOB: es una medida del rango dinámico de un convertidor analógico a digital (ADC). La resolución de un ADC se especifica por el número de bits utilizados para representar el valor analógico. Idealmente, un ADC de 12 bits tendrá un número efectivo de casi 12 bits. [https://en.wikipedia.org/wiki/Effective\\_number\\_of\\_bits](https://en.wikipedia.org/wiki/Effective_number_of_bits)
5. SINAD: es una buena indicación del rendimiento dinámico general de un ADC en función de la frecuencia de entrada porque incluye todos los componentes que forman el ruido (incluido ruido térmico) y distorsión. [https://uvirtual.javeriana.edu.co/bbcswebdav/pid-353015-dt-content-rid-2205977\\_1/courses/031687\\_2010\\_2307/Chapter%202%20Sampled%20Data%20Systems%20F.pdf](https://uvirtual.javeriana.edu.co/bbcswebdav/pid-353015-dt-content-rid-2205977_1/courses/031687_2010_2307/Chapter%202%20Sampled%20Data%20Systems%20F.pdf)

## II. SONDEO DE ADC Y ATENCION DE SALIDAS DIGITALES

Para realizar la presente practica es necesario familiarizarse con algunos periféricos del microprocesador que se va a utilizar, con el fin de conocer la forma en la que operan y cual es la forma correcta de realizar un código basado en los registros del este.

### DESCRIPCION DEL MICROPROCESADOR.

Antes de comenzar a desarrollar la práctica se realizará una breve descripción de los componentes mas importantes para esta práctica, con el fin de comprender el correcto funcionamiento de los periféricos que se encuentran en el microcontrolador.

## ADC

El ADC del microcontrolador ATMEGA-328P tiene las siguientes características:

### 28.1. Features

- 10-bit Resolution
- 0.5 LSB Integral Non-Linearity
- $\pm 2$  LSB Absolute Accuracy
- 13 - 260 $\mu$ s Conversion Time
- Up to 76.9kSPS (Up to 15kSPS at Maximum Resolution)
- Six Multiplexed Single Ended Input Channels
- Two Additional Multiplexed Single Ended Input Channels (TQFP and VFQFN Package only)
- Temperature Sensor Input Channel
- Optional Left Adjustment for ADC Result Readout
- 0 -  $V_{CC}$  ADC Input Voltage Range
- Selectable 1.1V ADC Reference Voltage
- Free Running or Single Conversion Mode
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

*Figura 4. Características del ADC ATMEGA328P*

El ADC que se encuentra en el microprocesador 328P utiliza la técnica de aproximaciones sucesivas (SAR). Los pines de entrada al ADC están asociados al puerto A del microcontrolador. La referencia del ADC tiene 3 posibles valores, el pin AVCC, el pin Vref y la referencia interna de 1.1V. Es importante mencionar que, si se hace uso del pin AVCC como referencia para el ADC, el voltaje de este pin no debe variar más de 0.3 V respecto a VCC.

Realizando un enfoque a la practica se presenta a continuación la información pertinente para hacer uso correcto del sensor de temperatura del microcontrolador. La siguiente figura ilustra los bloques de mayor importancia para realizar la configuración del ADC y leer los datos de importancia.

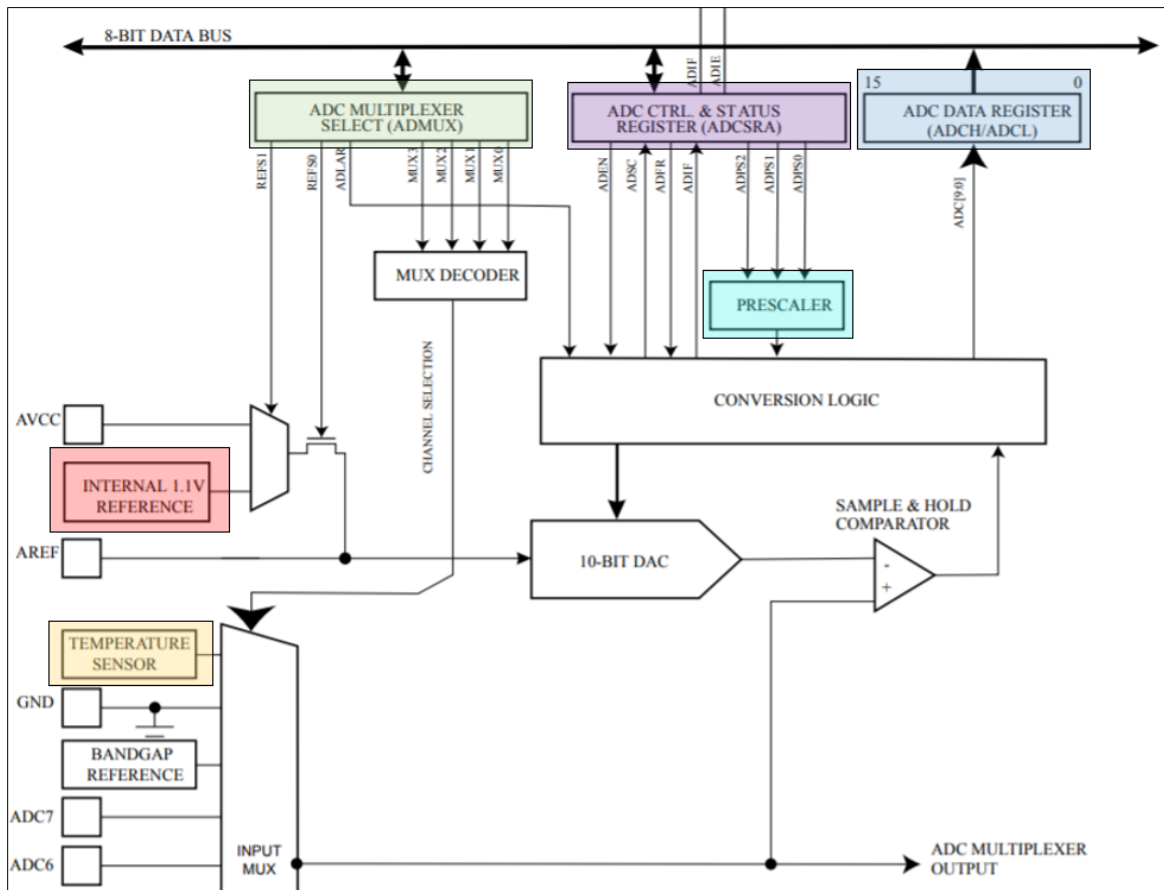


Figura 5. Diagrama en bloques sección ADC

En la anterior figura se puede ver el esquemático referente al ADC del microcontrolador. Además, el microcontrolador establece que una vez se realice la selección del sensor el nivel de referencia deberá ser 1.1 V.

## LECTURA DEL ADC

Los datos o resultados del ADC se guardan en registros, y existen registros que indican información referente al ADC, por ejemplo, saber si ya termino la conversión o si ya está disponible el dato para ser leído. La siguiente figura muestra los registros que guardan el valor de la conversión realizada por el ADC.

### 28.7. ADC Conversion Result

After the conversion is complete (ADCSRA.ADIF is set), the conversion result can be found in the ADC Result Registers (ADCL, ADCH).

For single ended conversion, the result is

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

where  $V_{IN}$  is the voltage on the selected input pin, and  $V_{REF}$  the selected voltage reference (see also descriptions of ADMUX.REFSn and ADMUX.MUX). 0x000 represents analog ground, and 0x3FF represents the selected reference voltage minus one LSB.



A continuación, se presentan los modos de operación del ADC y de que se trata cada uno de estos.

### MODOS DE OPERACIÓN:

**Single Conversion:** El trigger o disparo que indica la conversión debe ser generado por software, con lo cual es bueno utilizar este modo cuando se trata de lecturas de señales DC que no varían constantemente en el tiempo.

**Free Running:** En este modo el trigger es activado automáticamente, ideal para realizar el muestreo dentro de una base de tiempo estable, es el modo más rápido.

**Auto triggering:** En este modo el disparo es generado por un periférico, ya sea un reloj, una interrupción, etc. Este modo es útil cuando se quiere establecer una velocidad de muestreo arbitraria.

### REGISTROS DEL ADC

Los registros del ADC permiten describir el comportamiento del ADC con el fin de adaptarlo a nuestras necesidades particulares.

#### ADMUX

Este registro permite configurar el canal del multiplexor y elegir el voltaje de referencia.  
[http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_datasheet.pdf)

**Name:** ADMUX  
**Offset:** 0x7C  
**Reset:** 0x00  
**Property:** -

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR		MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Access	R/W	R/W	R/W		R/W	R/W	R/W	R/W
Reset	0	0	0		0	0	0	0

Bits [7:6]: Estos bit del registro se utilizan para elegir la referencia de voltaje para el ADC, específicamente los bits del 7 al 6. A continuación se presenta una tabla que establece la relación entre los bits con la referencia a utilizar.

Table 28-3. ADC Voltage Reference Selection	
REFS[1:0]	Voltage Reference Selection
00	AREF, Internal $V_{ref}$ turned off
01	$AV_{CC}$ with external capacitor at AREF pin
10	Reserved
11	Internal 1.1V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

Tabla 1. ADC referencia de voltaje

Bits[3:0]: Estos bit del registro se utilizan para seleccionar el canal del ADC, según los bits asignados en este registro se selecciona el canal, a continuación se presenta la tabla con las debidas correspondencias.

**Table 28-4. Input Channel Selection**

MUX[3:0]	Single Ended Input
0000	ADC0
0001	ADC1
0010	ADC2
0011	ADC3
0100	ADC4
0101	ADC5

MUX[3:0]	Single Ended Input
0110	ADC6
0111	ADC7
1000	Temperature sensor
1001	Reserved
1010	Reserved
1011	Reserved
1100	Reserved
1101	Reserved
1110	1.1V (V <sub>BG</sub> )
1111	0V (GND)

*Tabla 2. Canales del multiplexor del ADC*

### ADCSRA

Este registro permite determinar el control del ADC respecto a su funcionamiento en general, como por ejemplo encenderlo y cuando comenzar una conversión.

<b>Name:</b> ADCSRA								
<b>Offset:</b> 0x7A								
<b>Reset:</b> 0x00								
<b>Property:</b> -								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Access	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

A continuación, se presentan los bits del registro que son útiles para desarrollar la presente práctica.

**Bit 7 – ADEN: ADC Enable**

Writing this bit to one enables the ADC. By writing it to zero, the ADC is turned off. Turning the ADC off while a conversion is in progress, will terminate this conversion.

**Bit 6 – ADSC: ADC Start Conversion**

In Single Conversion mode, write this bit to one to start each conversion. In Free Running mode, write this bit to one to start the first conversion. The first conversion after ADSC has been written after the ADC has been enabled, or if ADSC is written at the same time as the ADC is enabled, will take 25 ADC clock cycles instead of the normal 13. This first conversion performs initialization of the ADC.

**Bit 5 – ADATE: ADC Auto Trigger Enable**

When this bit is written to one, Auto Triggering of the ADC is enabled. The ADC will start a conversion on a positive edge of the selected trigger signal. The trigger source is selected by setting the ADC Trigger Select bits, ADTS in ADCSRB.

**Bits 2:0 – ADPSn: ADC Prescaler Select [n = 2:0]**

These bits determine the division factor between the system clock frequency and the input clock to the ADC.

La información correspondiente al anterior registro para elegir el valor del pre-scalizador se encuentra en la tabla 28-5 del datasheet del microcontrolador. La siguiente figura ilustra los registros que contienen el resultado de la conversión del ADC.

**28.9.3. ADC Data Register Low (ADLAR=0)**

When an ADC conversion is complete, the result is found in these two registers.

When ADCL is read, the ADC Data Register is not updated until ADCH is read. Consequently, if the result is left adjusted and no more than 8-bit precision is required, it is sufficient to read ADCH. Otherwise, ADCL must be read first, then ADCH.

The ADLAR bit and the MUXn bits in ADMUX affect the way the result is read from the registers. If ADLAR is set, the result is left adjusted. If ADLAR is cleared (default), the result is right adjusted.

**Name:** ADCL  
**Offset:** 0x78  
**Reset:** 0x00  
**Property:** ADLAR = 0

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0
Access	R	R	R	R	R	R	R	R
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

**Bits 7:0 – ADCn: ADC Conversion Result [n = 7:0]**

These bits represent the result from the conversion. Refer to [ADC Conversion Result](#) for details.

## ADCSRB

Este registro sirve para establecer la fuente de disparo para el modo auto triggering. Es especialmente útil en la presente practica ya permite definir el tiempo de muestreo del ADC.

### 28.9.7. ADC Control and Status Register B

**Name:** ADCSRB

**Offset:** 0x7B

**Reset:** 0x00

**Property:** -

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
		ACME				ADTS2	ADTS1	ADTS0
Access		R/W				R/W	R/W	R/W
Reset		0				0	0	0

#### Bits 2:0 – ADTSn: ADC Auto Trigger Source [n = 2:0]

If ADATE in ADCSRA is written to one, the value of these bits selects which source will trigger an ADC conversion. If ADATE is cleared, the ADTS[2:0] settings will have no effect. A conversion will be triggered by the rising edge of the selected Interrupt Flag. Note that switching from a trigger source that is cleared to a trigger source that is set, will generate a positive edge on the trigger signal. If ADEN in ADCSRA is set, this will start a conversion. Switching to Free Running mode (ADTS[2:0]=0) will not cause a trigger event, even if the ADC Interrupt Flag is set.

**Table 28-6. ADC Auto Trigger Source Selection**

ADTS[2:0]	Trigger Source
000	Free Running mode
001	Analog Comparator
010	External Interrupt Request 0
011	Timer/Counter0 Compare Match A
100	Timer/Counter0 Overflow
101	Timer/Counter1 Compare Match B
110	Timer/Counter1 Overflow
111	Timer/Counter1 Capture Event

*Tabla 3. Selección del modo auto trigger ADC*

Respecto a los demás registros del ADC no son de gran importancia respecto al desarrollo de la guía, pero se debe tener en cuenta los tiempos de establecimiento del ADC, por ejemplo, una vez se cambia la referencia de voltaje de este es necesario esperar 15 ciclos de reloj del ADC para que la lectura sea confiable.

## MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA

Para realizar la medición de la temperatura con el sensor que trae el micro es necesario tener en cuenta algunos aspectos. Basados en la información de la siguiente tabla se procede a deducir la ecuación que relacione el valor del voltaje obtenido con la temperatura del sensor. Esta tabla es suministrada por la hoja de datos del fabricante.

The voltage sensitivity is approximately 1mV/°C, the accuracy of the temperature measurement is ±10°C.

**Table 28-2. Temperature vs. Sensor Output Voltage (Typical Case)**

Temperature	-45°C	+25°C	+85°C
Voltage	242mV	314mV	380mV

Tabla 4. Temperatura vs voltaje(sensor)

Haciendo uso de la herramienta de Excel se calculó la ecuación que describe la relación entre el voltaje (ADC) y la temperatura del sensor.

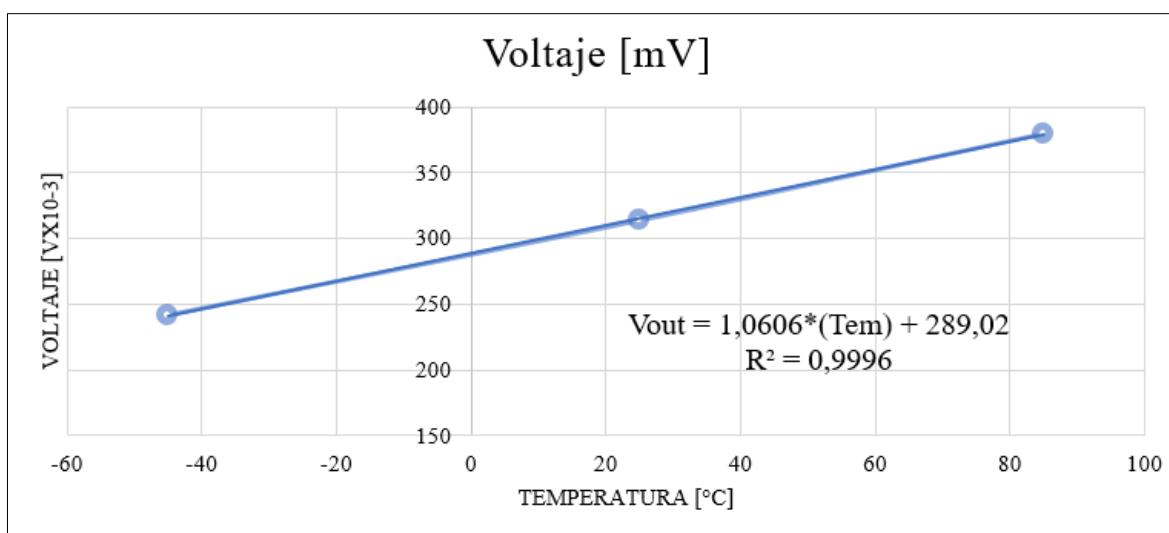


Figura 6. relación entre el voltaje y la temperatura del sensor

La ecuación de la figura anterior establece la relación del voltaje en función de la temperatura, pero ya que se realizará la lectura del voltaje es más útil expresar la temperatura en función del voltaje.

$$Tem = \frac{Vout - 289,02}{1,0606}$$

Una vez se conoce la información suficiente del sensor de temperatura se procede a presentar los registros necesarios para realizar la configuración del ADC para que realice las tareas que se piden en la guía.

A continuación, se presenta una figura con datos importantes sobre el funcionamiento del sensor de temperatura, como el voltaje de referencia que se debe usar cuando se trabaja con este.

#### **28.8. Temperature Measurement**

The temperature measurement is based on an on-chip temperature sensor that is coupled to a single ended Temperature sensor channel. Selecting the Temperature sensor channel by writing ADMUX.MUX[3:0] to '1000' enables the temperature sensor. The internal 1.1V voltage reference must also be selected for the ADC voltage reference source in the temperature sensor measurement. When the temperature sensor is enabled, the ADC converter can be used in single conversion mode to measure the voltage over the temperature sensor.

El modo de conversión puede ser Single conversion mode, pero basados en los requerimientos de la guía se hará uso del modo Auto triggering mode, este modo permite elegir la frecuencia de muestreo, algo fundamental para esta práctica. La forma de elegir la frecuencia de muestreo es eligiendo un periférico que cambie con la frecuencia que se desee, de tal forma que el cambio de este periférico sea reconocido por el ADC como la fuente de disparo para realizar una conversión.

## **DIAGRAMAS**

A continuación, se presentarán los diagramas de flujo y de bloques los cuales describen el comportamiento del software y hardware diseñado.

### **DIAGRAMA DE FLUJO**

Los siguientes diagramas ilustran la idea general de programación, la forma en que se desarrolló este diagrama fue teniendo en mente la estructura de programación para trabajar con sondeo.

El diagrama de flujo general ilustra secuencialmente la estructura de un posible código que desarrolle lo requerido en la guía de laboratorio, cabe resaltar que de la forma en que esta pensado es necesario hacer uso de una librería que proporcione los tiempos requeridos, por ejemplo, Tm\_Procese\_timepo\_Tm9

Después de el diagrama de flujo general se presenta un diagrama que contiene la secuencia referente a la presentación de la información los displays.

## DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL.

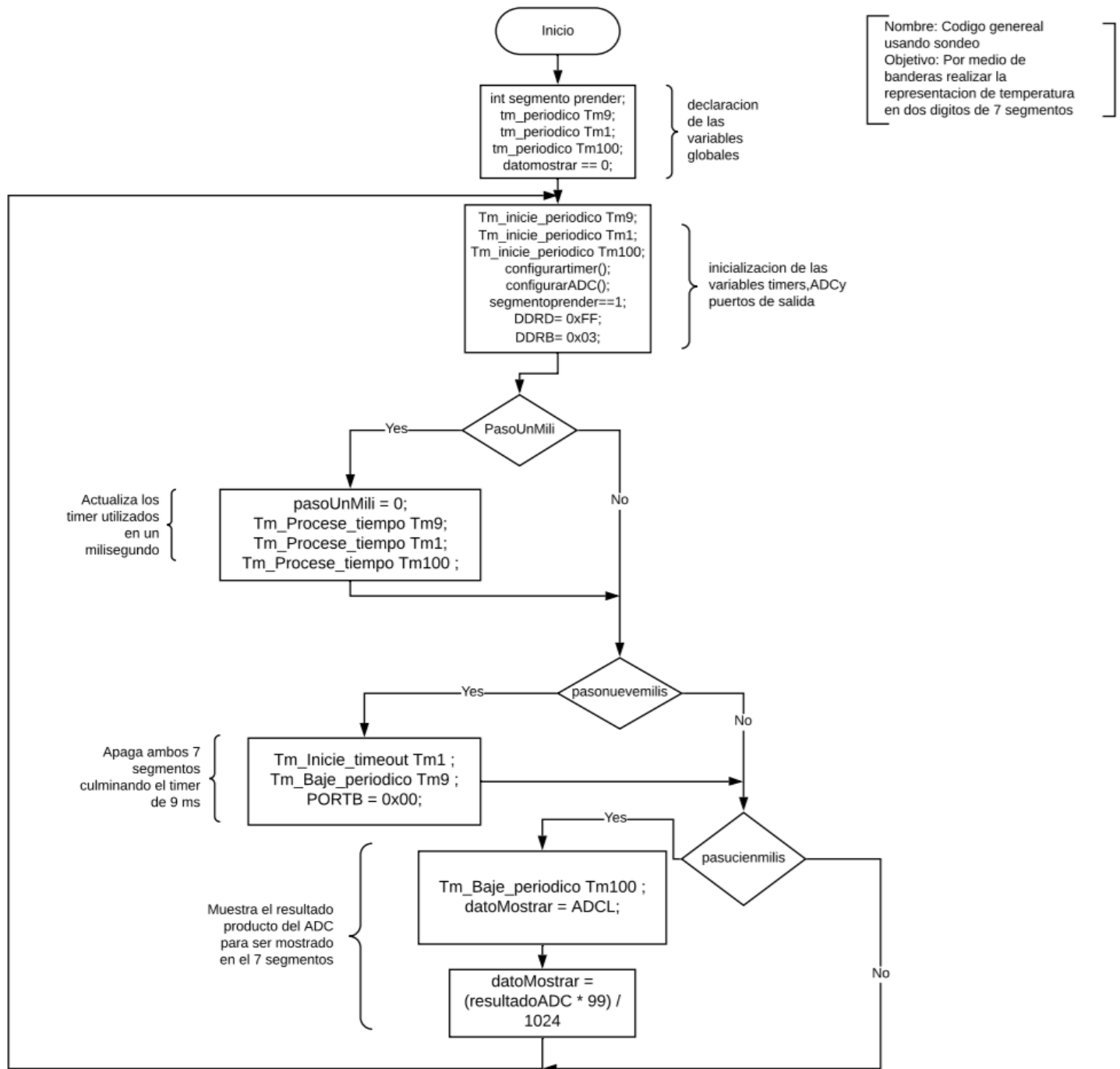


Figura 7. Diagrama de flujo general



## DIAGRAMA DE FLUJO, DESPLIEGUE DINAMICO

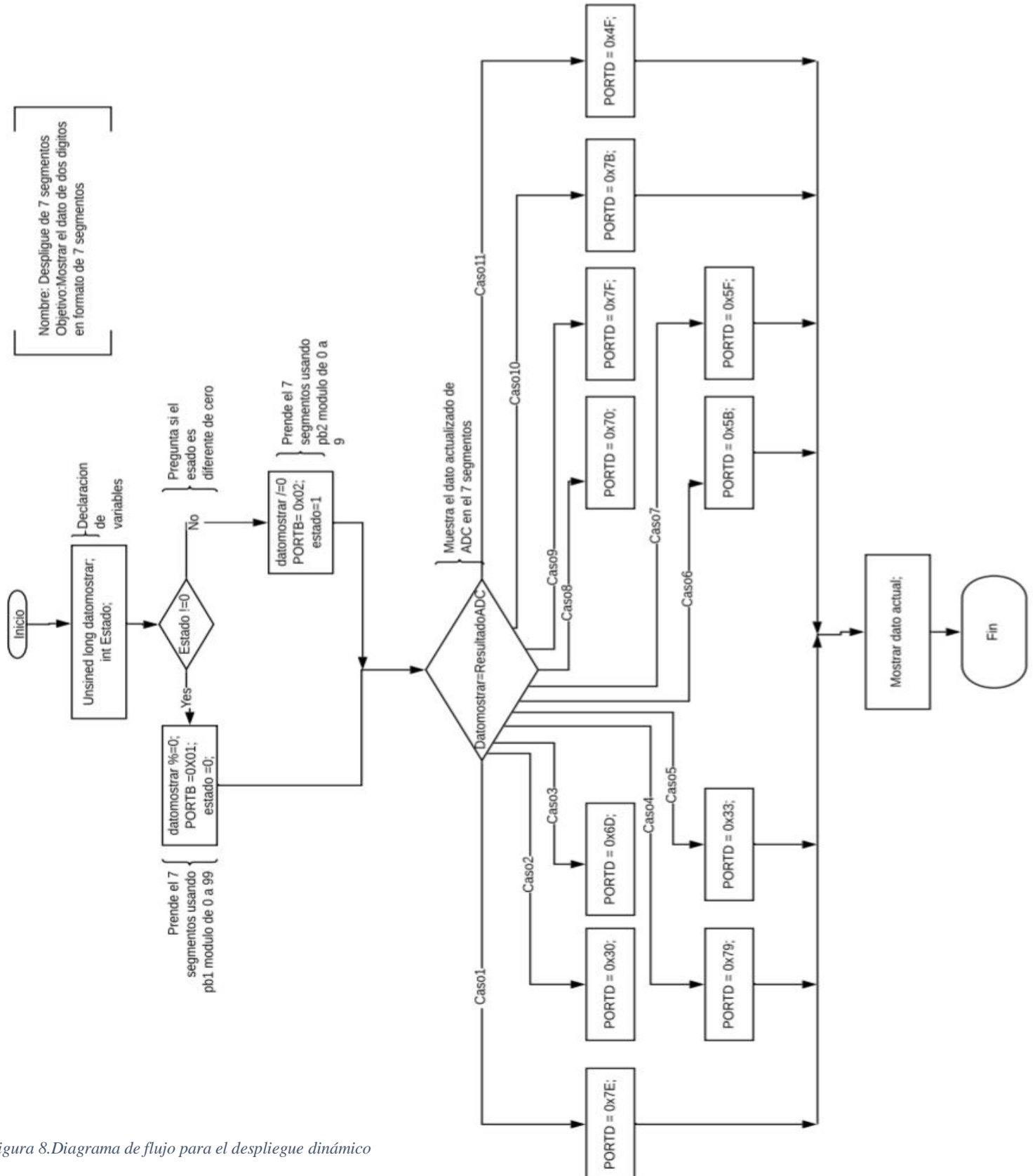


Figura 8. Diagrama de flujo para el despliegue dinámico



## DIAGRAMA DE BLOQUES

El diagrama de bloques describe los periféricos de utilidad para desarrollar la guía, la interconexión entre estos se presenta con las flechas, las cuales son de un mayor tamaño cuando la transmisión de datos por esta línea es de más de 1 bit.

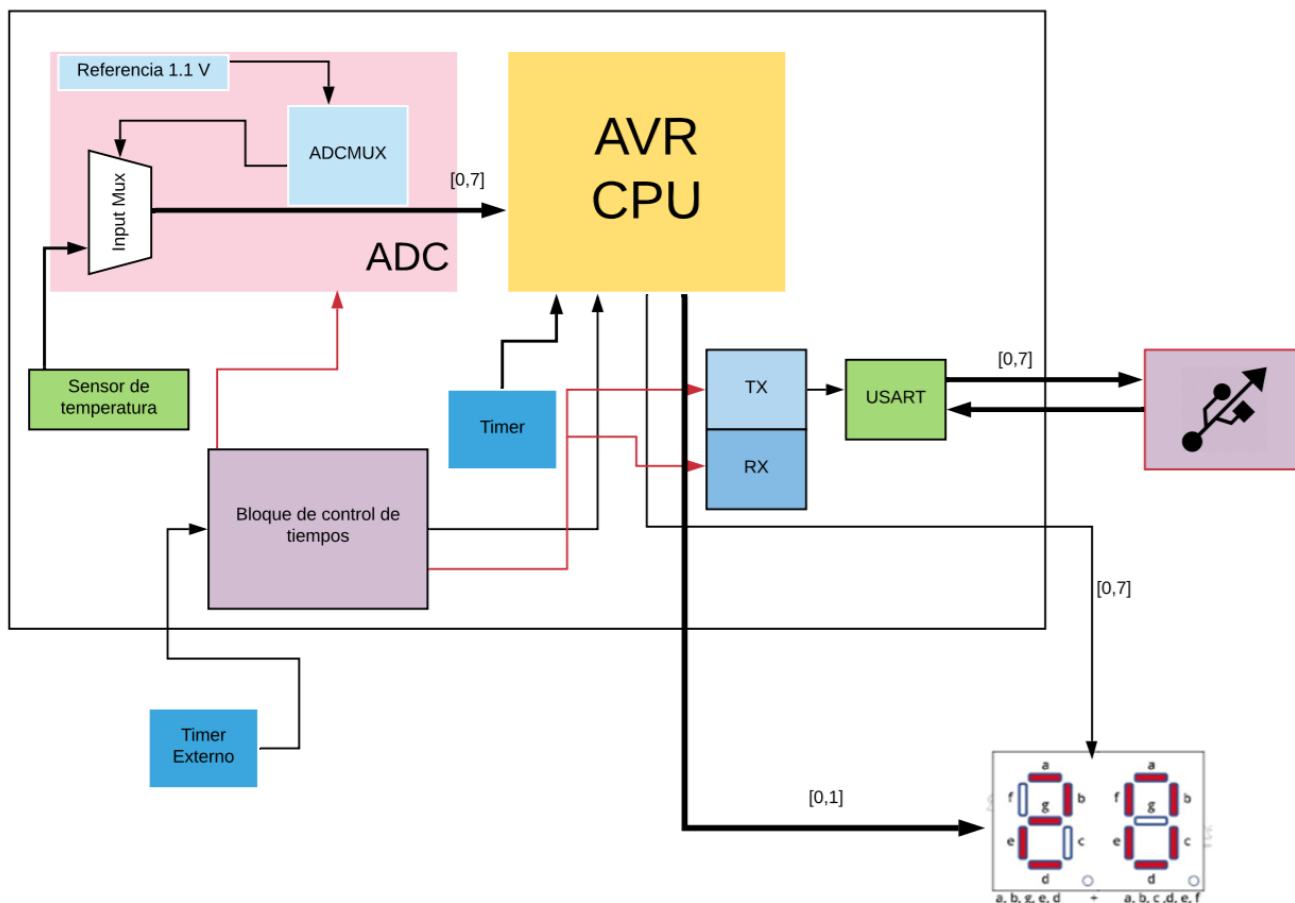


Figura 9. Diagrama de bloques general

Como se puede apreciar en la anterior figura es necesario realizar una comunicación serial a un dispositivo que permita visualizar datos, aunque el display lo realiza será necesario utilizar la comunicación serial en posteriores puntos de la práctica.

A continuación, se presenta el esquemático del circuito desarrollado en Altium.



## PCB

En esta sección se hablará del diseño del circuito impreso, también se mostrarán los archivos de este para su fabricación.

Para la realización de este PCB se utilizó la herramienta de ALTIUM. En el desarrollo del circuito para realizar el diseño del PCB se tuvo que desarrollar el modelo de algunos componentes, como, por ejemplo, el display 7 segmentos y los transistores, ya que estos se adquirieron en una tienda donde la disponibilidad de información referente al componente no es suficiente para buscar la referencia exacta.

La forma en que se diseñó el PCB se basó en las reglas de diseño o notas de aplicación que establecen reglas para asegurar un mejor funcionamiento en el circuito, por ejemplo, el correcto posicionamiento de los condensadores de desacople como muestra la siguiente imagen.

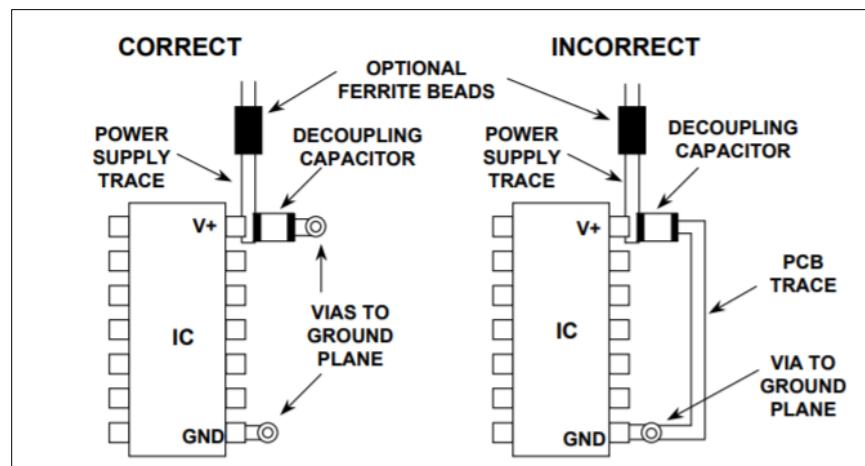


Figura 11. técnicas de desacople analog devices

A demás de las notas de aplicación, en la hoja de datos del fabricante del microcontrolador se describen técnicas para reducir el ruido, como se muestra en la siguiente figura:

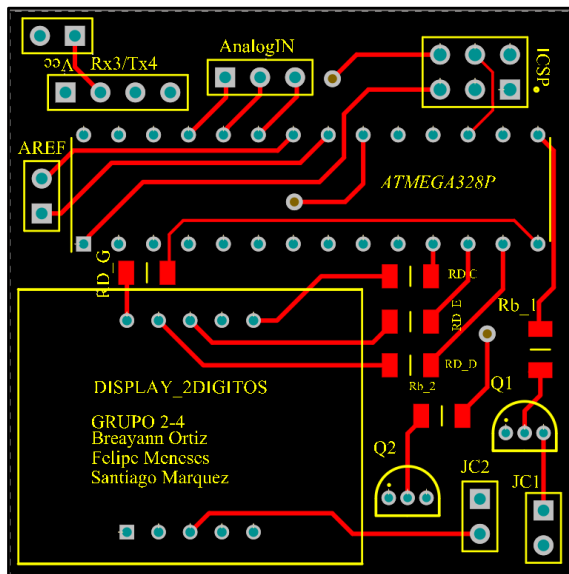
1. Keep analog signal paths as short as possible. Make sure analog tracks run over the analog ground plane, and keep them well away from high-speed switching digital tracks.
  - 1.1. The  $AV_{CC}$  pin on the device should be connected to the digital  $V_{CC}$  supply voltage via an LC network as shown in the figure below.
  - 1.2. Use the ADC noise canceler function to reduce induced noise from the CPU.
  - 1.3. If any ADC [3:0] port pins are used as digital outputs, it is essential that these do not switch while a conversion is in progress. However, using the 2-wire Interface (ADC4 and ADC5) will only affect the conversion on ADC4 and ADC5 and not the other ADC channels.

Figura 12. técnicas de desacople proporcionadas por el fabricante del microcontrolador

A continuación, se presentan las figuras correspondientes a los archivos generados por el software ALTIUM, en estas figuras se puede apreciar como se implementaron algunas reglas de diseño mencionadas anteriormente.

*PCB\_Top\_Layer(2D-3D)*

A continuación, se muestran las imágenes correspondientes al PCB diseñado, se presenta la capa top layer en 2D y 3D respectivamente:



*Figura 13. Top-Layer-2D*

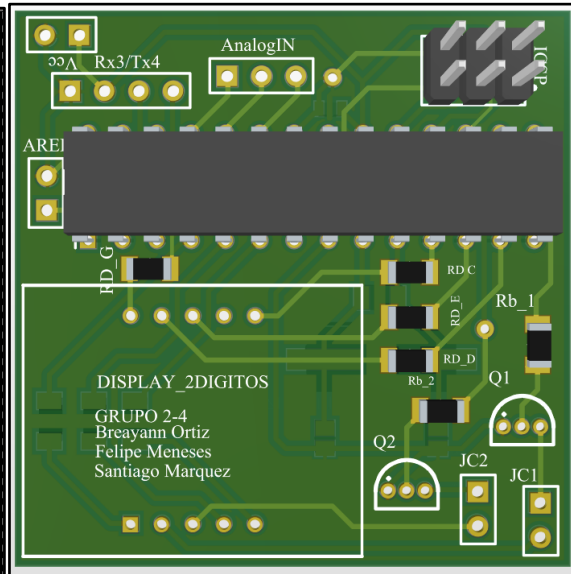


Figura 14. Top-Layer-3D

*PCB\_Bottom\_Layer(2D-3D)*

A continuación, se muestran las imágenes correspondientes al PCB diseñado, se presenta la capa bottom layer en 2D y 3D respectivamente:

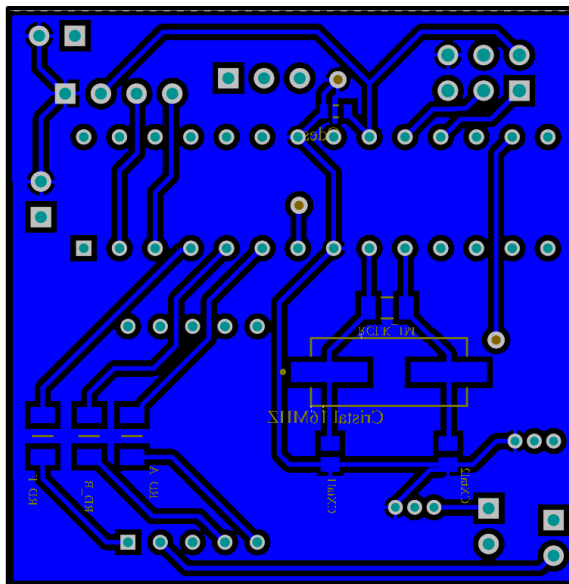
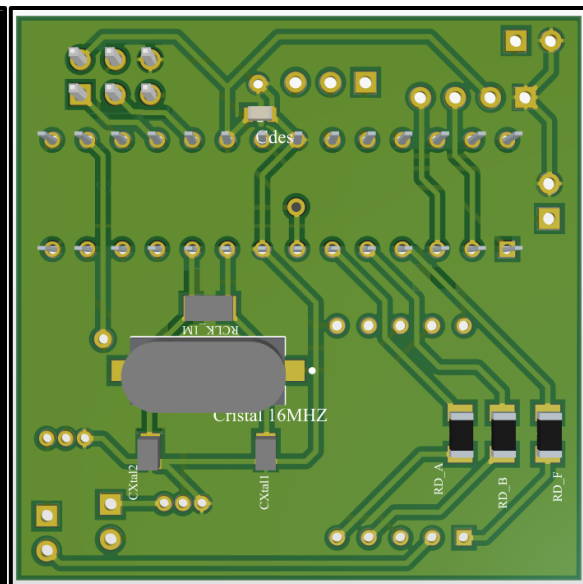


Figura 15. Bottom-Layer-2D



*Figura 16. Bottom-Layer-3D*

Los archivos correspondientes al proyecto en ALTIUM se encuentra en el siguiente link:

<https://github.com/BreayannOrtiz1/Proyecto2>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquemático circuito de la práctica.....	2
Figura 2. Corriente máxima por pin ATmega 328P .....	3
Figura 3. Esquemático desarrollado en OrCAD para comprobar los cálculos realizados.....	5
Figura 4. Características del ADC ATMEGA328P .....	7
Figura 5. Diagrama en bloques sección ADC .....	8
Figura 6. relación entre el voltaje y la temperatura del sensor .....	13
Figura 7. Diagrama de flujo general .....	15
Figura 8. Diagrama de flujo para el despliegue dinámico.....	16
Figura 9. Diagrama de bloques general.....	17
Figura 10. Esquemático del circuito .....	18
Figura 11. técnicas de desacople analog devices .....	19
Figura 12. técnicas de desacople proporcionadas por el fabricante del microcontrolador .....	19
Figura 13. Top-Layer-2D    Figura 14. Top-Layer-3D .....	20
Figura 15. Bottom-Layer-2D    Figura 16. Bottom-Layer-3D .....	20

## REFERENCIAS

[1]. <https://www.datasheetarchive.com/pdf/download.php?id=67d9cbab8ac18d6a83507a3dc44a13778f9456&type=P&term=LB202VB>

Archivos de la práctica: <https://github.com/BreayannOrtiz1/Proyecto2>