Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

CONTROLADORES Y MICROCONTROLADORES PROGRAMABLES

Producto Integrador de aprendizaje
PIA

Nombre o nombres de los integrantes junto con su matrícula:
Nahaliel Gamaliel Ríos Martínez 1884244

Ing. Jesus Daniel Garza Camarena

Semestre Febrero 2021 – Junio 2021

MN1N2

San Nicolás de los Garza, N.L. 3.06.2021

Objetivo

Aplicar el conocimiento adquirido durante el semestre y aplicarlo en un proyecto relacionado a la asignatura

Redacción del problema

Diseñe, efectué la simulación y construya un prototipo de un sistema electrónico que muestre varias funciones mediante 2 displays 7 segmentos, el funcionamiento debe de estar basado en una máquina de estados cada vez que se dé clic a un botón estos cambiaran de modalidad.

El sistema cuenta con 4 modos que deben de trabajar bajo las siguientes condiciones:

1. Cuando se conecte el sistema este debe de mostrar un contador automático ascendente de 0 a 99, su incremento debe de ser por TIMER y no por delay.
2. Si se presiona el botón "modo" el sistema deberá de cambiar de modalidad y el contador 0 a 99 deberá de aumentar de forma manual desde un botón "ascendente".
3. Si se presiona de nuevo el botón "modo" el sistema deberá de cambiar de modalidad y el contador 0 a 99 deberá de descender de forma manual desde un botón "descendente".
4. Si se presiona de nuevo el botón "modo" el sistema deberá de cambiar de modalidad y los display deberán demostrar la lectura de un potenciómetro ADC (0V → 00, 5V → 99)

Se pueden utilizar una técnica de barrido para mostrar los displays, decodificadores o pueden estar conectados directamente a los puertos del MCU

Diagrama de bloques

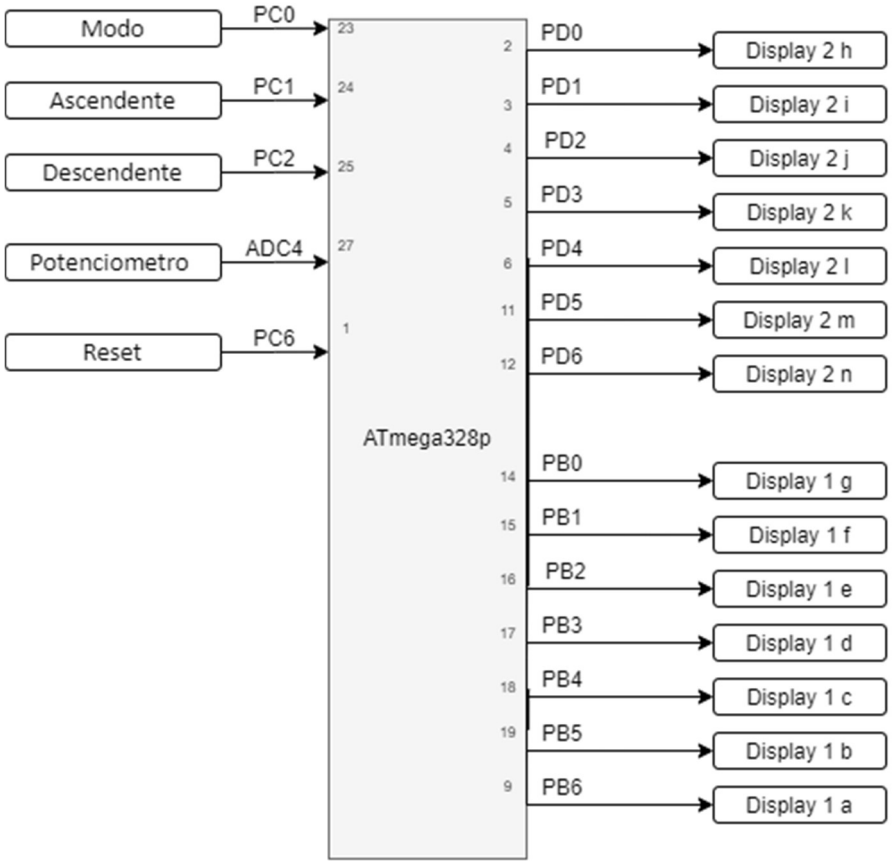


Tabla del funcionamiento en alto nivel

Tabla del funcionamiento				
Modo de operación	Entradas			
	Modo	Incremento	Decremento	Potenciómetro
Auto Incremento	1	0	0	0
Incremento Manual	1	1	0	0
Decremento Manual	1	0	1	0
Lectura ADC Potenciómetro	1	0	0	1

Tabla de estado siguiente

Tabla estado siguiente			
Inputs			Outputs
Modo	0	1	
Estado Actual	Estado Siguiente		Display
E0	E0	E1	Auto Incremento
E1	E1	E2	Incremento Manual
E2	E2	E3	Decremento Manual
E3	E3	E2	Lectura ADC Potenciómetro

Diagrama de transición de estados finitos

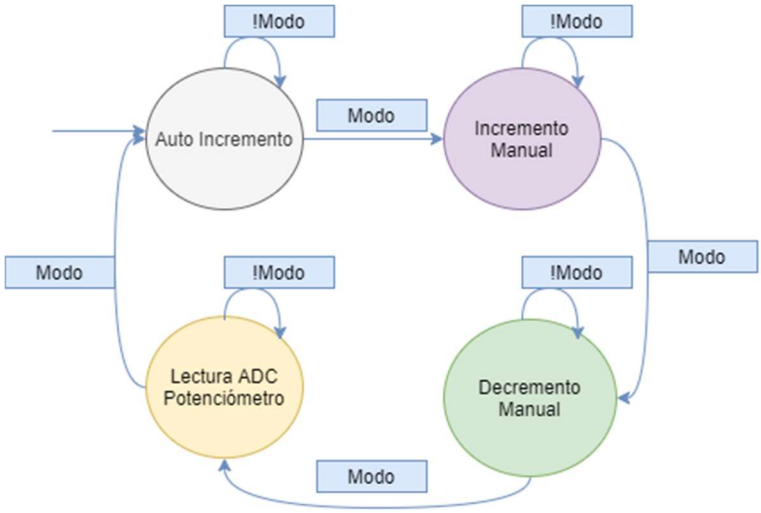
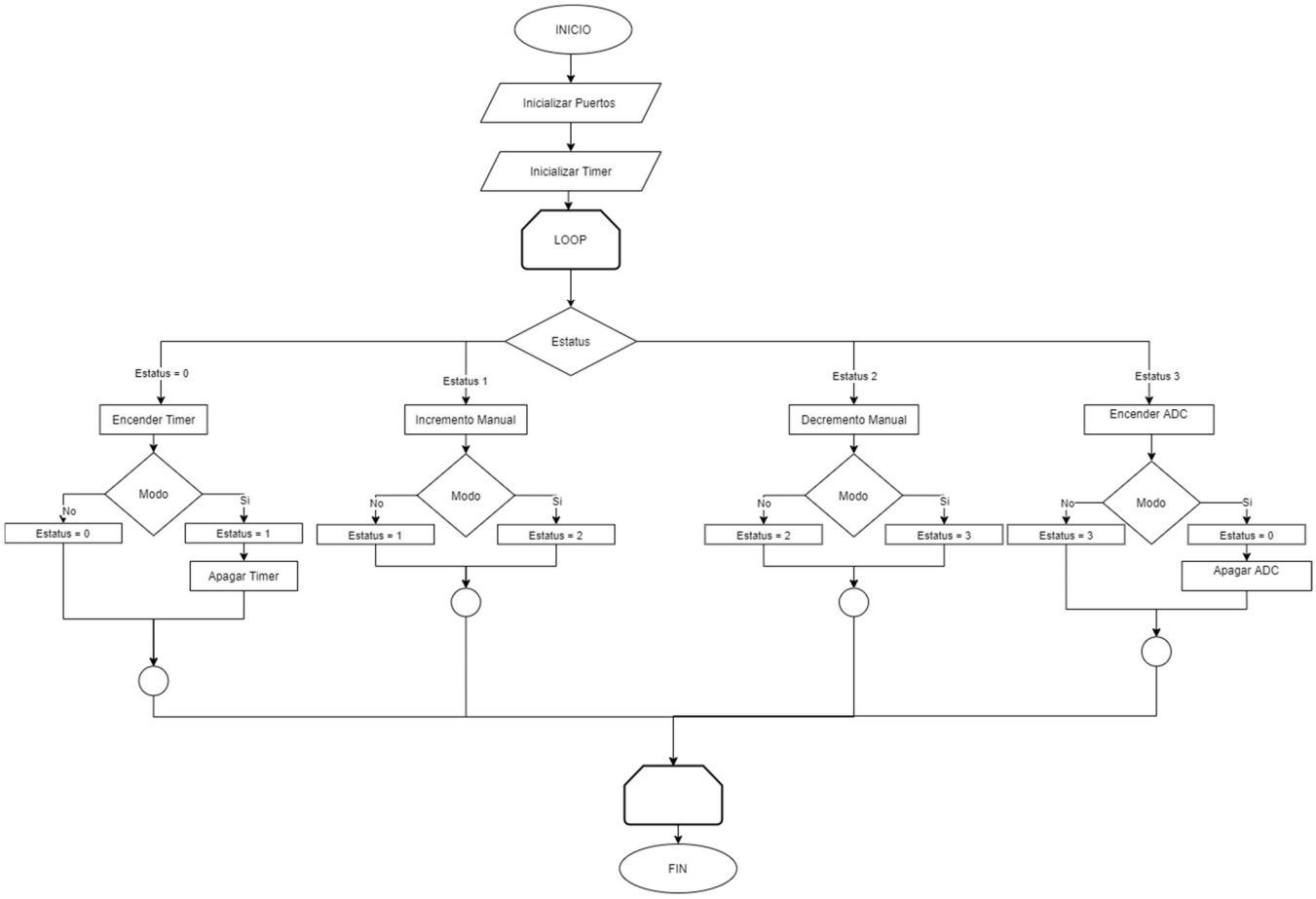


Diagrama de flujo del código en alto nivel



Lista de materiales utilizados

1 ATMEGA328p
14 resistencias 330
1 resistencia 10K
1 capacitor 100nF
1 capacitor 1nF
1 capacitor 0.1uF
2 display 7seg cc
4 botones
1 potenciómetro

Código en lenguaje C.

```
/*************************************************
* LLENAR ESTE ESPACIO CON LOS SIGUIENTES DATOS:    *
* Nombre: Nahaliel Gamaliel Rios Martinez          *
* Hora clase: N4                                   *
* Día: LMV                                         *
* N° de lista: 33                                  *
* Dispositivo: ATMEGA328P                          *
* Rev: 1.0                                         *
* Propósito de la actividad:                       *
* Diseñe, efectué la simulación y construya un     *
* prototipo de un sistema electrónico que muestre  *
* varias funciones mediante 2 displays 7 segmentos,*
* el funcionamiento debe de estar basado en una    *
* maquina de estados cada vez que se de clic a un  *
* botón estos cambiaran de modalidad.              *
* El sistema cuenta con 4 modos que deben de       *
* trabajar bajo las siguientes condiciones:        *
*                                                  *
* 1. Cuando se conecte el sistema este debe de     *
* mostrar un contador automático ascendente de     *
* 0 a 99, su incremento debe de ser por TIMER      *
* y no por delay.                                          *
*                                                  *
* 2. Si se presiona el botón "modo" el sistema     *
* deberá de cambiar de modalidad y el contador 0 a *
* 99 deberá de aumentar de forma manual desde un   *
* botón "ascendente".                                      *
*                                                  *
* 3. Si se presiona de nuevo el botón "modo" el    *
* sistema deberá de cambiar de modalidad y el      *
* contador 0 a 99 deberá de descender de forma     *
* manual desde un botón "descendente".                *
*                                                  *
* 4. Si se presiona de nuevo el botón "modo" el    *
* sistema deberá de cambiar de modalidad y los     *
* display deberán de mostrar la la lectura de un   *
* potenciómetro ADC (0V ? 00, 5V ? 99)                *
*                                                  *
*                                Fecha: 3.06.2021 *
*************************************************/
```

```
/*atmega328P PIN - OUT*/
/*       PIN - OUT
atmega328P
-------
PC6  |1     28| PC5
PD0  |2     27| PC4
PD1  |3     26| PC3
PD2  |4     25| PC2
PD3  |5     24| PC1
PD4  |6     23| PC0
VCC  |7     22| GND
GND  |8     21| AREF
PB6  |9     20| AVCC
PB7  |10    19| PB5
PD5  |11    18| PB4
PD6  |12    17| PB3
PD7  |13    16| PB2
PB0  |14    15| PB1
--------
*/
/*atmega328P PIN FUNCTIONS*/
/*
atmega328P PIN FUNCTIONS
pin   function              name    pin     function              name
1     !RESET/PCINT14        PC6     15      PCINT1/OC1A           PB1
2     RxD/PCINT16           PD0     16      PCINT2/OC1B/SS        PB2
3     TxD/PCINT17           PD1     17      PCINT3/OC2A/MOSI      PB3
4     INT0/PCINT18          PD2     18      PCINT4/MISO           PB4
5     INT1/PCINT19/OC2B     PD3     19      PCINT5/SCK            PB5
6     PCINT20               PD4     20      ANALOG VCC            AVCC
7     +5v                   VCC     21      ANALOG REFERENCE      AREF
8     GND                   GND     22      GND                   GND
9     XTAL1/PCINT6          PB6     23      PCINT8/ADC0           PC0
10    XTAL2/PCINT7          PB7     24      PCINT9/ADC1           PC1
11    PCINT21/OC0B          PD5     25      PCINT10/ADC2          PC2
12    PCINT22/OC0A/AIN0     PD6     26      PCINT11/ADC3          PC3
13    PCINT23/AIN1          PD7     27      PCINT12/ADC4/SDA      PC4
14    PCINT0/AIN1           PB0     28      PCINT13/ADC5/SCL      PC5
*/
/*******************Bibliotecas*****************************/
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>// librería de interrupciones
#include <avr/delay.h>

/*****************Macros y constantes**********************/
#define F_CPU 1000000UL //1 Mhz

/*******************Variables globales**********************/
//--Espacio para declarar variables globales
#define a PINB0
#define b PINB1
#define c PINB2
#define d PINB3
#define e PINB4
#define f PINB5
#define g PINB6

#define h PIND0
```

```
#define i PIND1
#define j PIND2
#define k PIND3
#define l PIND4
#define m PIND5
#define n PIND6

#define MODO PINC0
#define ASCENDENTE PINC1
#define DESCENDENTE PINC2

#define Mod_Press bit_is_set(PINC,MODO)
#define Btn_Ascendente bit_is_clear(PINC,ASCENDENTE)
#define Btn_Descendente bit_is_clear(PINC,DESCENDENTE)

uint8_t numeros[10] = {
	//gfedcba
	0b0111111, //0
	0b0000110, //1
	0b1011011, //2
	0b1001111, //3
	0b1100110, //4
	0b1101101, //5
	0b1111101, //6
	0b1000111, //7
	0b1111111, //8
	0b1100111, //9
};

enum states
{
	state_0, //0 - auto increíble
	state_1, //1 - encender y apagar cada 1 seg
	state_2, //2 - encender y apagar 1 a 1 cada 1 seg
	state_3  //3 - Efecto libre
} state;

//volatile int num;
//volatile int dis1;
//volatile int dis2;
volatile uint8_t display1;
volatile uint8_t display2;
unsigned on_off;
unsigned on_off_adc;
volatile char timer = 0; //Contador para el timer

/**********************Funciones*************************/
//--Espacio para Establecer funciones
/*********************Declaración de Funciones************/
//--Espacio para declarar funciones
void initialize_ports(void); // Inicializar puertos
void initialize_timer(void);// Función para inicializar Timer_0
void timer_on(void);// Función para encender Timer_0
void timer_off(void);// Función para apagar Timer_0
void ADC_init(void);
void ADC_on(void);
void ADC_off(void);
```

```c
/******************Programa principal*******************/
int main(void)
{
	//--Inicialización
	cli();
	initialize_ports(); // va hacía la inicialización
	initialize_timer();// va hacía la inicialización del TIMER para controlar Led
	ADC_init();
	sei();

	//inicialización de variables globales necesarias para control de switch
	state = state_0;
	on_off = 0;
	on_off_adc = 0;

	//--Ejecución
	while (1)  //loop infinito
	{
		//Maquina de estados
		switch (state)
		{
			//1. Cuando se conecte el sistema este debe de mostrar un
contador automático ascendente de 0 a 99, su incremento debe de ser por TIMER y no
por delay.
			case state_0:
			if (Mod_Press)
			{
				if (on_off == 0){
					timer_on(); //Encendemos Timer0
					on_off = 1;
				}
				//
			}else{
				state = state_1;
				timer_off(); //Encendemos Timer0
				on_off = 0;
				_delay_ms(200);
				break;
			}

			PORTB = numeros[display1];
			PORTD = numeros[display2];

			break;

			//2. Si se presiona el botón "modo" el sistema deberá de cambiar
de modalidad y el contador 0 a 99 deberá de aumentar de forma manual desde un botón
"ascendente".
			case state_1:
			if (Mod_Press)
			{
				if (Btn_Ascendente){
					display2++;

					if (display2 == 10){
						display1++;
						display2 = 0;
					}
```

```
                        if (display1 == 10){
                                display1 = 0;
                        }

                        _delay_ms(200);

                }

                }else{
                state = state_2;
                _delay_ms(200);
                break;
        }

        PORTB = numeros[display1];
        PORTD = numeros[display2];

        break;

        //3. Si se presiona de nuevo el botón "modo" el sistema deberá
de cambiar de modalidad y el contador 0 a 99 deberá de descender de forma manual
desde un botón "descendente".
        case state_2:

        if (Mod_Press)
        {
                if (Btn_Descendente){

                        display2--;

                        if (display2 < 1) {
                                display1--;
                                display2 = 9;
                        }else if (display2 > 10){
                                display1--;
                                display2 = 9;

                        }

                        if (display1 < 1){
                                display1 = 9;
                        }else if (display1 > 10){
                                display1 = 9;
                        }

                        _delay_ms(200);

                }

        }else{
                state = state_3;
                _delay_ms(200);
                break;
        }

        PORTB = numeros[display1];
        PORTD = numeros[display2];
```

```
                        break;

                        //4.- Si se presiona de nuevo el botón "modo" el sistema deberá
de cambiar de modalidad y los display deberán de mostrar la la lectura de un
potenciómetro ADC (0V ? 00, 5V ? 99)
                        case state_3:

                        if (Mod_Press)
                        {
                                //state = state_0;
                                if (on_off_adc == 0){
                                        ADC_on(); //
                                        on_off_adc = 1;
                                }
                                //
                        }else{
                                state = state_0;
                                ADC_off(); //
                                on_off_adc = 0;
                                _delay_ms(200);
                                break;
                        }
                                //PORTB = numeros[display1];
                                //PORTD = numeros[display2];
                        break;
                }



        }// END loop infinito

}// END MAIN

/******************Definición de funciones*****************/
//*************************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                     *
//initialize_ports : inicializa los puertos de entrada y     *
//salida                                                     *
//*************************************************************
void initialize_ports(void)
{
        //--Entradas
        DDRC  &= ~_BV(MODO);
        PORTC |= _BV(MODO); //Activamos PULL Up

        DDRC  &= ~_BV(ASCENDENTE);
        PORTC |= _BV(ASCENDENTE); //Activamos PULL Up

        DDRC  &= ~_BV(DESCENDENTE);
        PORTC |= _BV(DESCENDENTE); //Activamos PULL Up

        //--Salidas
        DDRB |=_BV(a);
        DDRB |=_BV(b);
        DDRB |=_BV(c);
        DDRB |=_BV(d);
        DDRB |=_BV(e);
        DDRB |=_BV(f);
```

```
	DDRB |=_BV(g);

	DDRD |=_BV(h);
	DDRD |=_BV(i);
	DDRD |=_BV(j);
	DDRD |=_BV(k);
	DDRD |=_BV(l);
	DDRD |=_BV(m);
	DDRD |=_BV(n);

	PORTD = 0x00; //-Por seguridad iniciamos en 0
	PORTB = 0x00; //-Por seguridad iniciamos en 0

}
//**********************************************************************
//initialize_timer_led : inicializa el timer para controlar Display
//**********************************************************************
void initialize_timer(void)
{
	//Modo de operacíon configurado como CTC
	TCCR0A &=~ (1<<WGM00);// 0 en el bit WGM00
	TCCR0A |=  (1<<WGM01);// 1 en el bit WGM01
	TCCR0B &=~ (1<<WGM02);// 0 en el bit WGM02
	OCR0A = 97; //Registro de 8 bits donde se pone el numero a comparar
	TIMSK0 |= (1<<OCIE0A);//Se pone un 1 en el bit OCIE0A del registro
}
//**********************************************************************
//timer_on: Enciende el timer para controlar Display
//**********************************************************************
void timer_on(void)
{
	TCNT0 = 0; // Registro de 8 bits que lleva el conteo del timer_0
	//Prescaler configurado en 1024
	TCCR0B |=  (1<<CS00);// 1 en el bit CS00
	TCCR0B &=~ (1<<CS01);// 0 en el bit CS01
	TCCR0B |=  (1<<CS02);// 1 en el bit CS02

}
//**********************************************************************
//timer_off: Apaga el timer 0
//**********************************************************************
void timer_off(void)
{
	//Modo Timer detenido
	TCCR0B &=~ (1<<CS00);// 0 en el bit CS00
	TCCR0B &=~ (1<<CS01);// 0 en el bit CS01
	TCCR0B &=~ (1<<CS02);// 0 en el bit CS02
}
//**********************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                   *
//ADC_init : Habilitamos la interrupción y configuramos    *
// el ADC                                                  *
//**********************************************************
void ADC_init(void)
{
	//Avcc como pin de referencia
	ADMUX &=~ (1<<REFS1);
	ADMUX |=  (1<<REFS0);
```

```
	//8 bits
	ADMUX |= (1<<ADLAR);

	//PIN ADC4
	ADMUX &=~ (1<<MUX3);
	ADMUX |=  (1<<MUX2);
	ADMUX &=~ (1<<MUX1);
	ADMUX &=~ (1<<MUX0);

	//Freeruning
	ADCSRA |= (1<<ADATE);

	//Habilitar interrupción
	ADCSRA |= (1<<ADIE);

	//velocidad de muestreo
	// 1 MHz clock / 8 = 125 kHz ADC clock debe de estar entre 50 - 200Khz
	ADCSRA &=~ (1<<ADPS0);
	ADCSRA |=  (1<<ADPS1);
	ADCSRA |=  (1<<ADPS2);
}
//*********************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                   *
//ADC_init : Leer y convertir señal análoga                *
//*********************************************************
void ADC_on(void)
{
	//Encendemos el ADC
	ADCSRA |= (1<<ADEN);
	_delay_ms(10);
	// Iniciar la conversión
	ADCSRA |= (1 << ADSC);
}
//*********************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                   *
//ADC_init : Apagar ADC                *
//*********************************************************
void ADC_off(void)
{
	//Apaga el ADC
	ADCSRA &=~ (1<<ADEN);
	_delay_ms(10);
	// Apaga la conversión
	ADCSRA &=~ (1 << ADSC);
}
//*********************************************************************
//Vectores de interrupción, Interrupt service routine (ISR)
//*********************************************************************
//*********************************************************************
//TIMER_0: Modificar display cada 0.2 Segundos
//*********************************************************************
ISR (TIMER0_COMPA_vect)// Vector de interrupción para el Timer0 (0.1s)
{
	timer++;

	if (timer == 2)
	{
```

```
                display2++;
                timer = 0;

                if (display2 == 10){
                        display1++;
                        display2 = 0;
                }

                if (display1 == 10){
                        display1 = 0;
                }

        }

}
//**********************************************************************
//ISR : Leer Potenciometro y modificar display
//**********************************************************************
ISR(ADC_vect)
{
        //0 a 5V -> 0 a 255bits
        if ((ADCH >= 0) && (ADCH <= 2)) {PORTB = numeros[0];PORTD = numeros[0];}
        else if((ADCH >= 3 )  && (ADCH <= 4)){PORTB = numeros[0];PORTD = numeros[1];}
        else if((ADCH >= 5 )  && (ADCH <= 7)){PORTB = numeros[0];PORTD = numeros[2];}
        else if((ADCH >= 8 )  && (ADCH <= 9 )){PORTB = numeros[0];PORTD =
numeros[3];}
        else if((ADCH >= 10)  && (ADCH <= 12)){PORTB = numeros[0];PORTD =
numeros[4];}
        else if((ADCH >= 13)  && (ADCH <= 14)){PORTB = numeros[0];PORTD =
numeros[5];}
        else if((ADCH >= 15)  && (ADCH <= 17)){PORTB = numeros[0];PORTD =
numeros[6];}
        else if((ADCH >= 18)  && (ADCH <= 20)){PORTB = numeros[0];PORTD =
numeros[7];}
        else if((ADCH >= 21)  && (ADCH <= 22)){PORTB = numeros[0];PORTD =
numeros[8];}
        else if((ADCH >= 23)  && (ADCH <= 25)){PORTB = numeros[0];PORTD =
numeros[9];}

        else if((ADCH >= 26)  && (ADCH <= 27)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[0];}
        else if((ADCH >= 28)  && (ADCH <= 30)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[1];}
        else if((ADCH >= 31)  && (ADCH <= 32)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[2];}
        else if((ADCH >= 33)  && (ADCH <= 35)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[3];}
        else if((ADCH >= 36)  && (ADCH <= 38)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[4];}
        else if((ADCH >= 39)  && (ADCH <= 40)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[5];}
        else if((ADCH >= 41)  && (ADCH <= 43)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[6];}
        else if((ADCH >= 44)  && (ADCH <= 45)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[7];}
        else if((ADCH >= 46)  && (ADCH <= 48)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[8];}
```

```
       else if((ADCH >= 49)  && (ADCH <= 51)){PORTB = numeros[1];PORTD =
numeros[9];}

       else if((ADCH >= 52)  && (ADCH <= 53)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[0];}
       else if((ADCH >= 54)  && (ADCH <= 56)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[1];}
       else if((ADCH >= 57)  && (ADCH <= 58)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[2];}
       else if((ADCH >= 59)  && (ADCH <= 61)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[3];}
       else if((ADCH >= 61)  && (ADCH <= 63)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[4];}
       else if((ADCH >= 64)  && (ADCH <= 66)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[5];}
       else if((ADCH >= 67)  && (ADCH <= 69)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[6];}
       else if((ADCH >= 70)  && (ADCH <= 71)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[7];}
       else if((ADCH >= 72)  && (ADCH <= 74)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[8];}
       else if((ADCH >= 75)  && (ADCH <= 76)){PORTB = numeros[2];PORTD =
numeros[9];}

       else if((ADCH >= 77)  && (ADCH <= 79)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[0];}
       else if((ADCH >= 80)  && (ADCH <= 81)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[1];}
       else if((ADCH >= 82)  && (ADCH <= 84)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[2];}
       else if((ADCH >= 85)  && (ADCH <= 87)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[3];}
       else if((ADCH >= 88)  && (ADCH <= 89)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[4];}
       else if((ADCH >= 90)  && (ADCH <= 92)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[5];}
       else if((ADCH >= 93)  && (ADCH <= 94)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[6];}
       else if((ADCH >= 95)  && (ADCH <= 97)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[7];}
       else if((ADCH >= 98)  && (ADCH <= 99)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[8];}
       else if((ADCH >= 100)  && (ADCH <= 102)){PORTB = numeros[3];PORTD =
numeros[9];}

       else if((ADCH >= 103)  && (ADCH <= 105)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[0];}
       else if((ADCH >= 106)  && (ADCH <= 107)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[1];}
       else if((ADCH >= 108)  && (ADCH <= 110)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[2];}
       else if((ADCH >= 111)  && (ADCH <= 112)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[3];}
       else if((ADCH >= 113)  && (ADCH <= 115)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[4];}
       else if((ADCH >= 116)  && (ADCH <= 117)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[5];}
```

```
       else if((ADCH >= 118)  && (ADCH <= 120)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[6];}
       else if((ADCH >= 121)  && (ADCH <= 123)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[7];}
       else if((ADCH >= 124)  && (ADCH <= 125)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[8];}
       else if((ADCH >= 126)  && (ADCH <= 128)){PORTB = numeros[4];PORTD =
numeros[9];}

       else if((ADCH >= 129)  && (ADCH <= 130)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[0];}
       else if((ADCH >= 131)  && (ADCH <= 133)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[1];}
       else if((ADCH >= 134)  && (ADCH <= 136)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[2];}
       else if((ADCH >= 137)  && (ADCH <= 138)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[3];}
       else if((ADCH >= 139)  && (ADCH <= 141)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[4];}
       else if((ADCH >= 142)  && (ADCH <= 143)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[5];}
       else if((ADCH >= 144)  && (ADCH <= 146)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[6];}
       else if((ADCH >= 147)  && (ADCH <= 148)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[7];}
       else if((ADCH >= 149)  && (ADCH <= 151)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[8];}
       else if((ADCH >= 152)  && (ADCH <= 154)){PORTB = numeros[5];PORTD =
numeros[9];}

       else if((ADCH >= 155)  && (ADCH <= 156)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[0];}
       else if((ADCH >= 157)  && (ADCH <= 159)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[1];}
       else if((ADCH >= 160)  && (ADCH <= 161)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[2];}
       else if((ADCH >= 162)  && (ADCH <= 164)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[3];}
       else if((ADCH >= 165)  && (ADCH <= 166)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[4];}
       else if((ADCH >= 167)  && (ADCH <= 169)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[5];}
       else if((ADCH >= 170)  && (ADCH <= 172)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[6];}
       else if((ADCH >= 173)  && (ADCH <= 174)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[7];}
       else if((ADCH >= 175)  && (ADCH <= 177)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[8];}
       else if((ADCH >= 178)  && (ADCH <= 179)){PORTB = numeros[6];PORTD =
numeros[9];}

       else if((ADCH >= 180)  && (ADCH <= 182)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[0];}
       else if((ADCH >= 183)  && (ADCH <= 184)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[1];}
       else if((ADCH >= 185)  && (ADCH <= 187)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[2];}
```

```
       else if((ADCH >= 188)  && (ADCH <= 190)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[3];}
       else if((ADCH >= 191)  && (ADCH <= 192)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[4];}
       else if((ADCH >= 193)  && (ADCH <= 195)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[5];}
       else if((ADCH >= 196)  && (ADCH <= 197)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[6];}
       else if((ADCH >= 198)  && (ADCH <= 200)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[7];}
       else if((ADCH >= 201)  && (ADCH <= 202)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[8];}
       else if((ADCH >= 203)  && (ADCH <= 205)){PORTB = numeros[7];PORTD =
numeros[9];}

       else if((ADCH >= 206)  && (ADCH <= 208)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[0];}
       else if((ADCH >= 209)  && (ADCH <= 210)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[1];}
       else if((ADCH >= 211)  && (ADCH <= 213)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[2];}
       else if((ADCH >= 214)  && (ADCH <= 215)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[3];}
       else if((ADCH >= 216)  && (ADCH <= 218)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[4];}
       else if((ADCH >= 219)  && (ADCH <= 221)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[5];}
       else if((ADCH >= 222)  && (ADCH <= 223)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[6];}
       else if((ADCH >= 224)  && (ADCH <= 226)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[7];}
       else if((ADCH >= 227)  && (ADCH <= 228)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[8];}
       else if((ADCH >= 229)  && (ADCH <= 231)){PORTB = numeros[8];PORTD =
numeros[9];}

       else if((ADCH >= 232)  && (ADCH <= 233)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[0];}
       else if((ADCH >= 234)  && (ADCH <= 236)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[1];}
       else if((ADCH >= 237)  && (ADCH <= 239)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[2];}
       else if((ADCH >= 240)  && (ADCH <= 241)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[3];}
       else if((ADCH >= 242)  && (ADCH <= 244)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[4];}
       else if((ADCH >= 245)  && (ADCH <= 246)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[5];}
       else if((ADCH >= 247)  && (ADCH <= 249)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[6];}
       else if((ADCH >= 250)  && (ADCH <= 251)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[7];}
       else if((ADCH >= 252)  && (ADCH <= 254)){PORTB = numeros[9];PORTD =
numeros[8];}
       else if((ADCH >= 255)){PORTB = numeros[9];PORTD = numeros[9];}

}
```

Imagen del Diagrama Esquemático

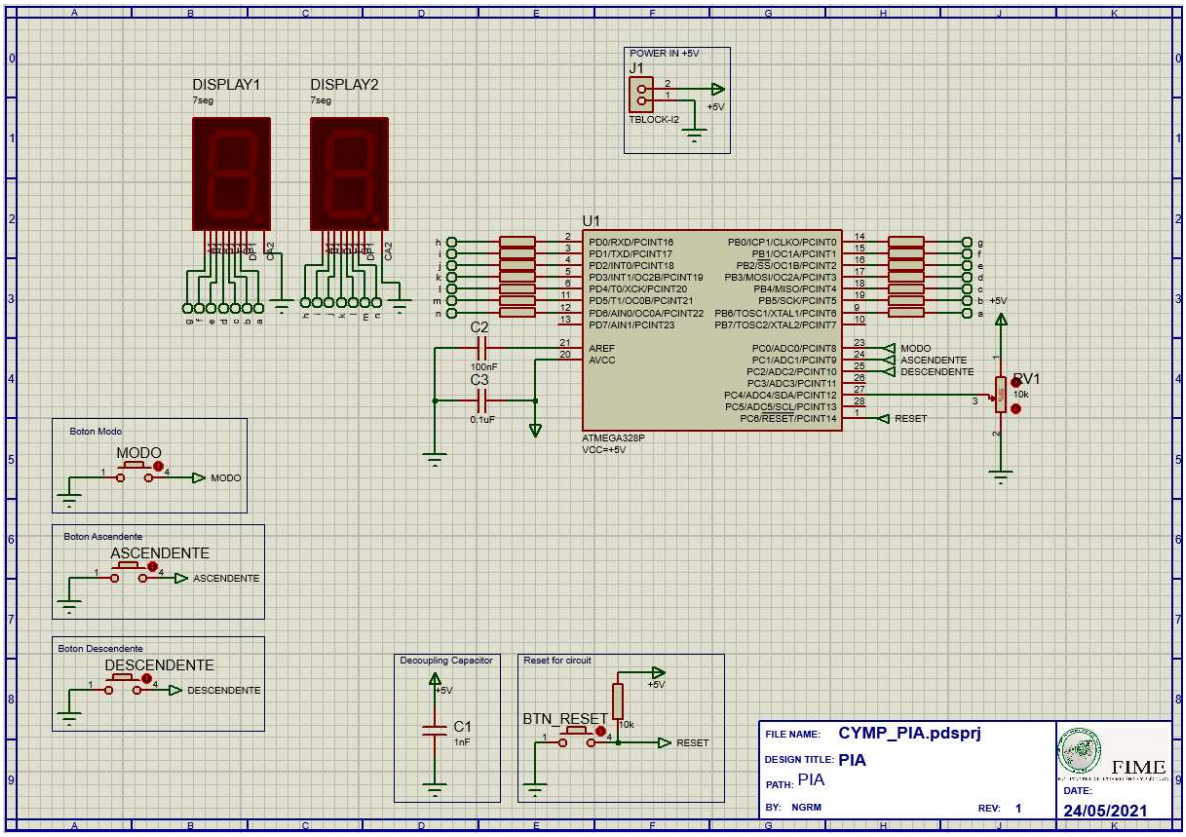
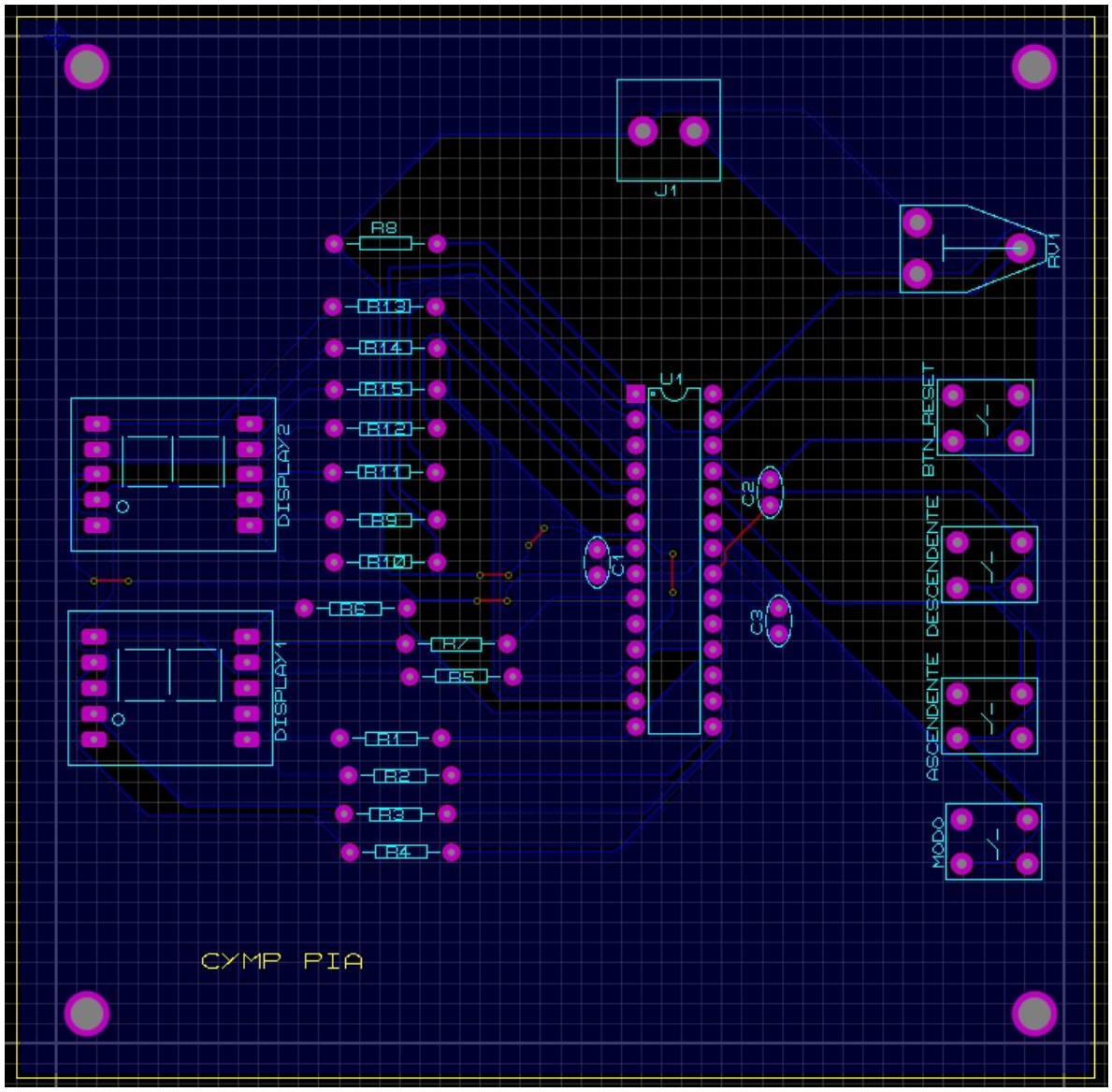
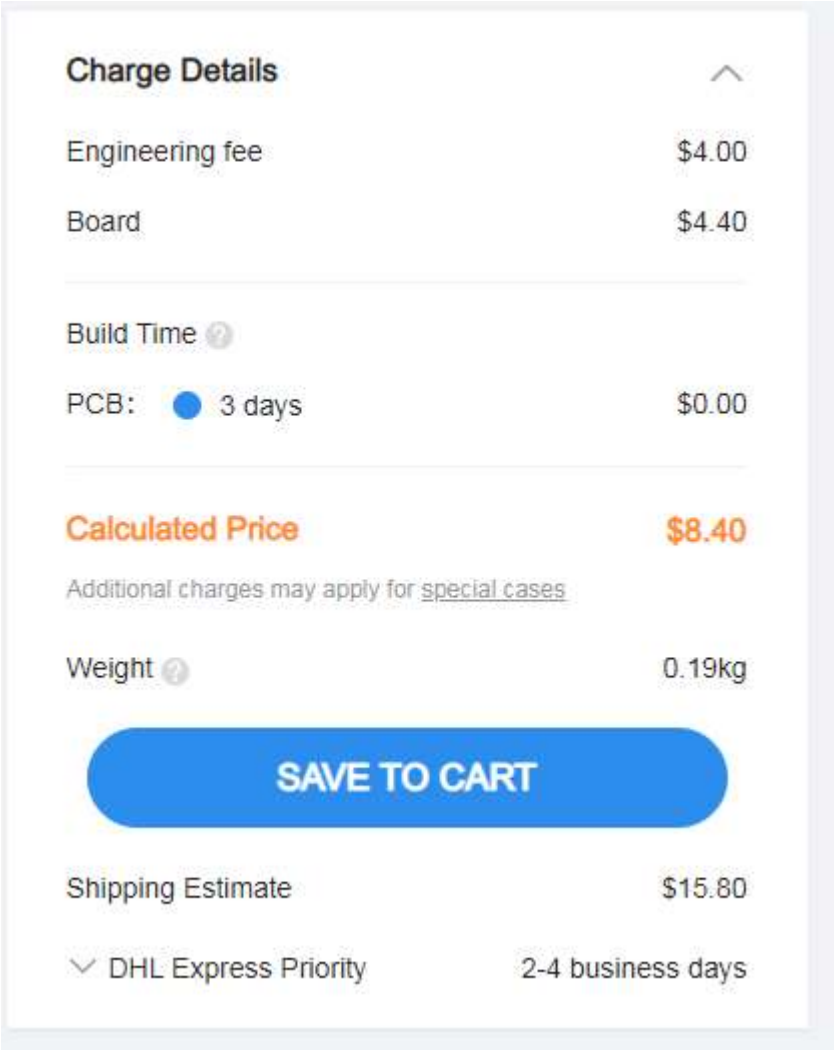


Imagen del diseño del circuito impreso



Cotización del PCB



Conclusión

En este proyecto puse en práctica muchos de los conocimientos adquiridos durante el curso de microcontroladores, desde la creación del esquemático, programación del microcontrolador, hasta el diseño del circuito impreso, aprendí a utilizar herramientas que están integradas dentro del propio microcontrolador y desconocía que existían, como el uso de timers, interrupciones, lectores de ADC, etc.
Aunque ya anteriormente había tenido la oportunidad de programar en Arduino, no entendía o comprendía muchas cosas que utilizaba, por ejemplo, a la hora de declarar un pin de salida o entrada, no sabía la lógica que había detrás para que el pin se comportara de una manera u otra, este tipo de cosas creo que son de gran valor para entender el funcionamiento del microcontrolador a detalle, y que después a la hora de encontrarnos con algún problema sea más fácil de resolver.

Bibliografía

ATmega328P. 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash. DATASHEET. https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf