Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

LAB. CONTROLADORES Y MICROCONTROLADORES PROGRAMABLES

Práctica P8
Máquina de estados

Nombre o nombres de los integrantes junto con su matrícula:

Verónica Yazmín Gómez Cruz	1884224
Nahaliel Gamaliel Ríos Martínez	1884244

Ing. Jesús Daniel Garza Camarena

Semestre Febrero 2021 – Junio 2021

MN1N2

San Nicolás de los Garza, N.L. 19.05.2021

Objetivo

Aplicar el funcionamiento de una máquina de estados finitos en un MCU

Introducción.

Las máquinas de estado finito, más conocidas por su acrónimo en inglés FSM (Finite State Machine), se utilizan ampliamente en el diseño de circuitos digitales (además de en otros ámbitos de la ingeniería, como la programación), para describir el comportamiento de un sistema según el valor de sus entradas y de cómo van cambiando en el tiempo.

Desde el punto de vista de las FSM, un sistema está compuesto de estados por los que va pasando el sistema, de señales de entrada que modifican esos estados y de señales de salida que pueden utilizarse para conocer el estado del sistema y actuar en consecuencia. Un ejemplo muy visual podría ser un semáforo, el cuál dispone de tres estados diferentes, uno para cada color.

Máquina de estado Moore.- Edward Moore escribió un ensayo en 1956 (Gedanken-experiments on Sequential Machines) y por lo tanto el estilo de la máquina lleva su nombre. El dice que la salida depende solo del estado, y el próximo estado es dependiente del estado actual (o salida), y la entrada. Puedes notar que no importa cuál será el estado de la entrada, la salida solo depende el estado actual contenido dentro del elemento de la memoria.

Máquina de estado Mealy.- George Mealy escribió un ensayo un año antes que Moore, titulado “A Method for Synthesizing Sequential Circuits”, en el cual entra en profundidad acerca de crear máquinas de estado desde funciones matemáticas, y describe esas salidas de máquinas de estado en términos de sus entradas.

Diagrama de bloques

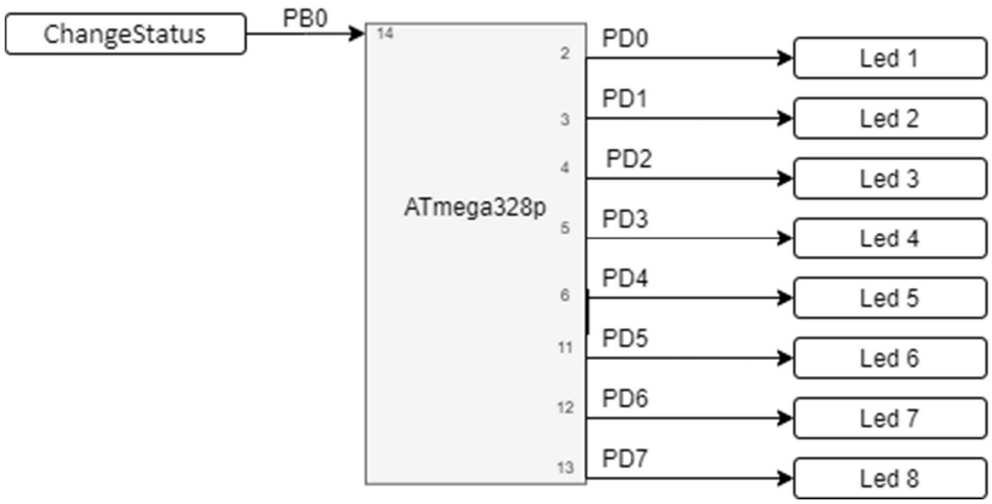


Diagrama de transición

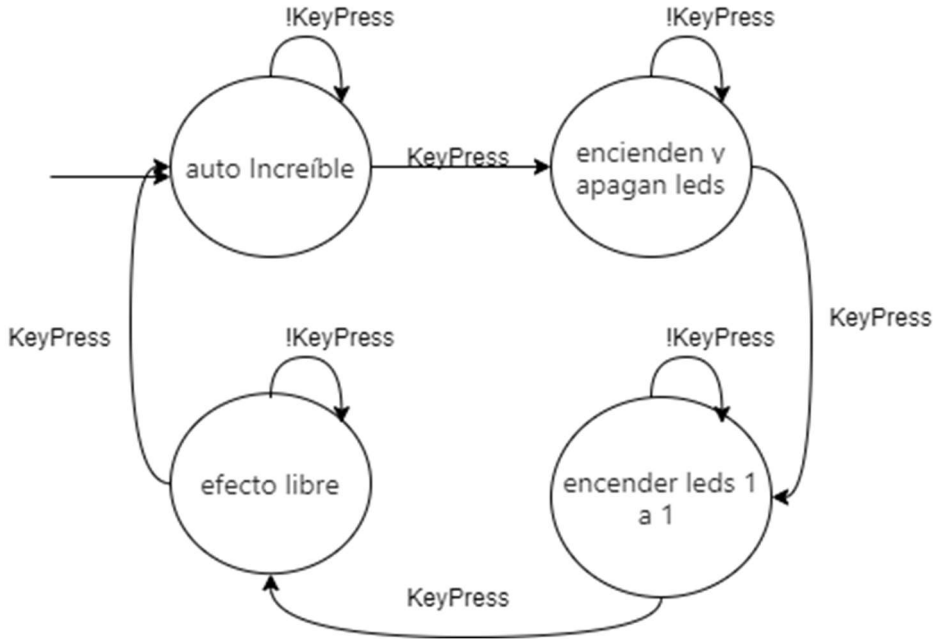
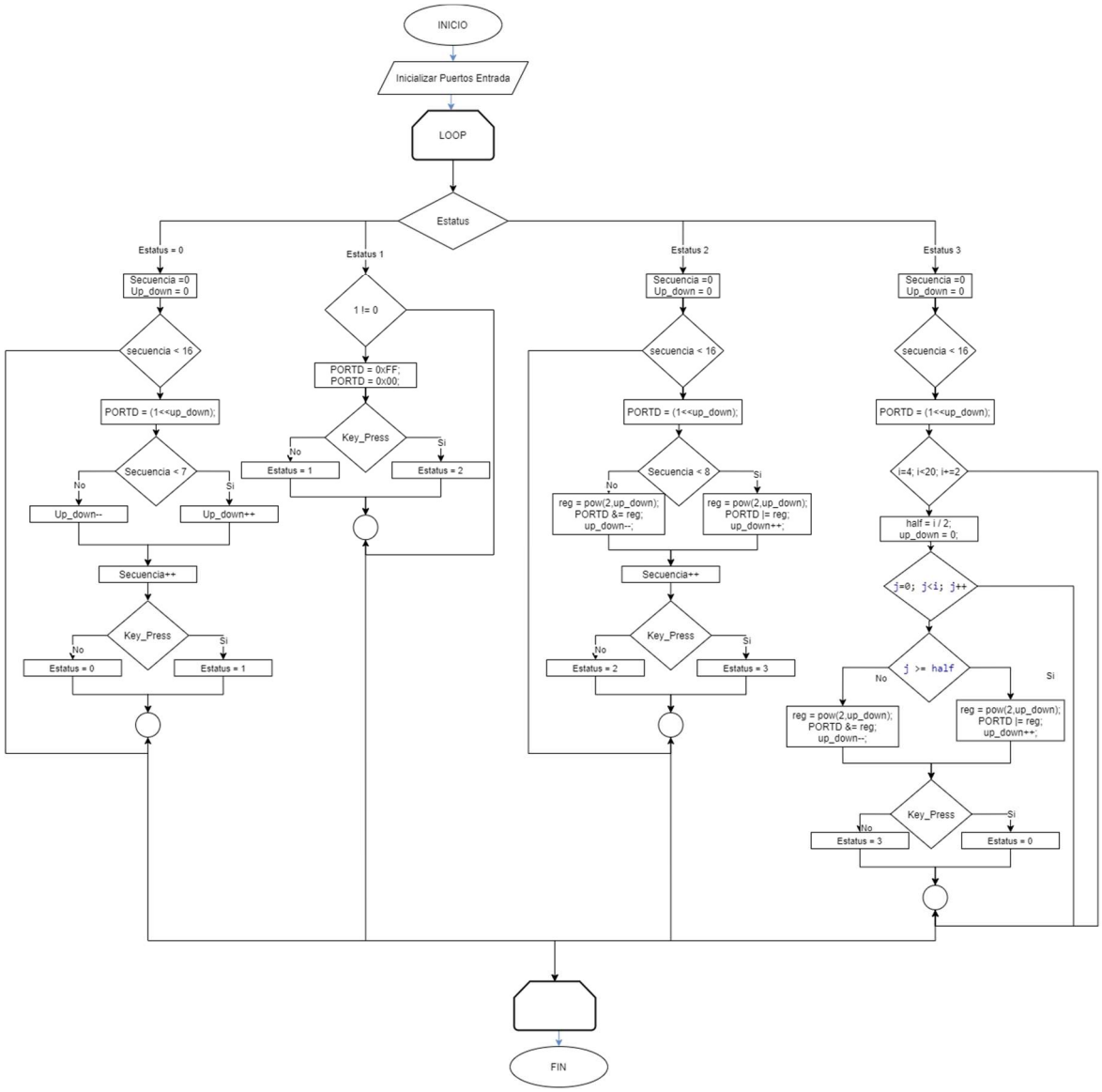


Diagrama de flujo.



Materiales utilizados

1 ATMEGA328P
2 Push Button
8 resistencaias (220)
1 resistencaias (10K)
1 capacitores 1nF
8 Leds azules

Código en Atmel.

```
/*************************************************
* LLENAR ESTE ESPACIO CON LOS SIGUIENTES DATOS:    *
* Nombre: Verónica Yazmín Gómez Cruz               *
*         Nahaliel Gamaliel Rios Martinez          *
* Hora clase: N1-N2                                *
* Día: M                                           *
* N° de lista: 17, 18                              *
* N° de Equipo: 7                                  *
* Dispositivo: ATMEGA328P                          *
* Rev: 1.0                                         *
* Propósito de la actividad:                       *
* Diseñe, efectué la simulación y construya un     *
* prototipo de un sistema que controle 8 LEDs los  *
* cuales son controlados por una máquina de estados*
* cada vez que se presiona un botón estos cambiaran*
* de modalidad.                                    *
*                                                  *
* a) Modalidad 1: Efecto auto increíble los leds   *
*    se desplazan cada 0.5 segundos.               *
*                                                  *
* b) Modalidad 2: Leds encienden y apagan cada 1   *
*    segundo.                                      *
*                                                  *
* c) Modalidad 3: Los leds se van encendiendo uno  *
*    a uno hasta terminar y después se apagan uno  *
*    en uno cada 1 segundo.                        *
*                                                  *
* d) Modalidad 4: Efecto libre a decisión del      *
*    diseñador.                                    *
*                                                  *
*                                Fecha: 19.05.2021 *
*************************************************/
/*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>//se incluyen las Bibliotecas de E/S del AVR atmega328P
#include <math.h>
#include <avr/delay.h>

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

/******************Variables globales*********************/
//--Espacio para declarar variables globales

//Salidas
#define led1 PIND0
#define led2 PIND1
#define led3 PIND2
#define led4 PIND3
#define led5 PIND4
#define led6 PIND5
#define led7 PIND6
#define led8 PIND7

//Entradas
#define ChangeStatus PINB0
#define Key_Press bit_is_set (PINB,ChangeStatus)


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;


/***********************Funciones*************************/
//--Espacio para Establecer funciones
/********************Declaración de Funciones*************/

//--Espacio para declarar funciones
void initialize_ports(void); // Inicializar puertos
void auto_increible(void);
```

```
void ON_OFF(void);
void ON_OFF_ONE_BY_ONE(void);
void FreeEfect(void);

/*******************Programa principal*******************/
int main(void)
{
	//--Inicialización
	initialize_ports();
	state = state_0; //Estado inicial

	//--Ejecución
	while (1) //loop infinito
	{

		switch (state)
		{
			//a) Modalidad 1: Efecto auto increíble los leds se desplazan
cada 0.5 segundos.
			case state_0:
			auto_increible();
			break;

			//b) Modalidad 2: Leds encienden y apagan cada 1 segundo.
			case state_1:
			ON_OFF();
			break;

			//c) Modalidad 3: Los leds se van encendiendo uno a uno hasta
terminar y después se apagan uno en uno cada 1 segundo.
			case state_2:
			ON_OFF_ONE_BY_ONE();
			break;

			//d) Modalidad 4: Efecto libre a decisión del diseñador.
			case state_3:
			FreeEfect();
			break;

		}

	} // END loop infinito

} // END MAIN
/*******************Definición de funciones*****************/
//*********************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                   *
//initialize_ports : inicializa los puertos de entrada o   *
//salida                                                   *
//*********************************************************
void initialize_ports(void)
{
	//--Entradas
	DDRB  &=~_BV(ChangeStatus); //Boton
	PORTB |= _BV(ChangeStatus); //pull- Up activado

	//--Salidas
	DDRD |=_BV(led1);
```

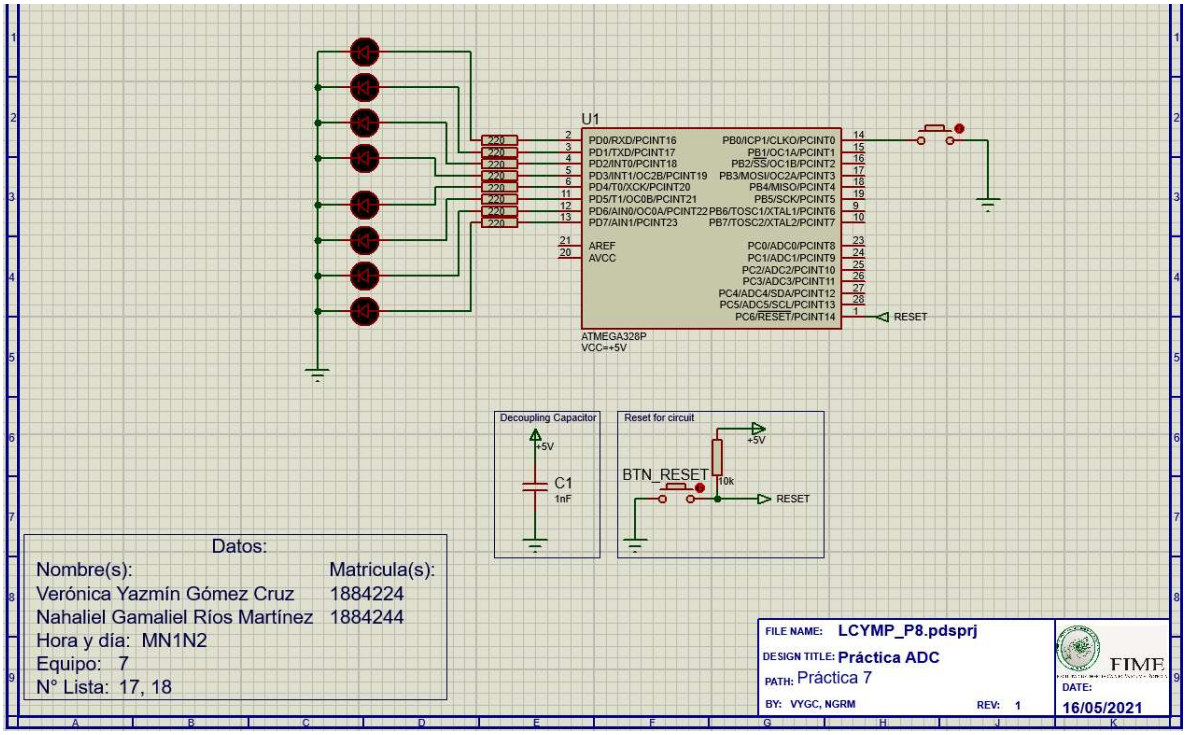
```
	DDRD |=_BV(led2);
	DDRD |=_BV(led3);
	DDRD |=_BV(led4);
	DDRD |=_BV(led5);
	DDRD |=_BV(led6);
	DDRD |=_BV(led7);
	DDRD |=_BV(led8);

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

}
//***********************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                    *
//auto_increible: Esta función enciende un led, lo apaga,   *
// enciende el siguiente y así sucesivamente hasta          *
// completar el recorrido                                   *
//***********************************************************
void auto_increible(void)
{
	uint8_t up_down;
	uint8_t secuencia;

	//Reiniciamos variables
	secuencia = 0;
	up_down = 0;

	while (secuencia < 16){

		if (Key_Press)
		{
			state = state_0;
		}else{
			state = state_1;
			_delay_ms(500);
			break;
		}

		PORTD = (1<<up_down);
		_delay_ms(500);

		if (secuencia < 7) {
			up_down++;
			}else{
			up_down--;
		}

		secuencia++;

	}

}
//***********************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                    *
//ON_OFF: Esta función enciende y apaga todos los leds      *
//***********************************************************
void ON_OFF(void)
{
	while(1 != 0){
```

```
                if (Key_Press)
                {
                        state = state_1;
                }else{
                        state = state_2;
                        _delay_ms(500);
                        break;
                }
                PORTD = 0xFF;
                _delay_ms(500);
                PORTD = 0x00;
                _delay_ms(500);
        }


}
//*********************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                   *
// ON_OFF_ONE_BY_ONE: Esta función enciende un led         *
// sucesivamente hasta tenerlos todos encendidos, después  *
// los apaga uno a uno                                     *
//*********************************************************
void ON_OFF_ONE_BY_ONE(void)
{

        uint8_t up_down;
        uint8_t secuencia;
        uint8_t reg;

        //Reiniciamos variables
        secuencia = 0;
        up_down = 0;

        while (secuencia < 16){

                if (Key_Press)
                {
                        state = state_2;
                }else{
                        state = state_3;
                        _delay_ms(500);
                        break;
                }

                reg = pow(2,up_down);

                if (secuencia <= 8) {
                        PORTD |= reg;
                        _delay_ms(1000);
                        if (up_down == 8){
                                up_down--;
                        }else{
                                up_down++;
                        }
                        }else{
                        PORTD &= reg;
                        _delay_ms(1000);
                        up_down--;
```

```
                        if (secuencia == 14)
                        {
                                up_down = 0;
                        }

                }
                secuencia++;
        }

}
//*************************************************************
//Descripcion de lo que hace la funcion:                      *
// FreeEfect: Esta función enciende un led, lo apaga,         *
// enciende los siguientes 2, los apaga y así sucesivamente*
// hasta completar el recorrido, para dar el efecto de una *
// barra de sonido                                            *
//*************************************************************
void FreeEfect(void)
{
        int up_down;
        uint8_t reg;
        uint8_t half;
        uint8_t i;
        uint8_t j;

        //Reiniciar Variable
        up_down = 0;

        for (i=4; i<20; i+=2)
        {

                half = i / 2;
                up_down = 0;

                for (j=0; j<i; j++)
                {

                        if (Key_Press)
                        {
                                state = state_3;
                        }else{
                                state = state_0;
                                _delay_ms(500);
                                break;
                        }

                        if (j >= half)
                        {
                                reg = pow(2,up_down);

                                if (reg == 2)
                                {
                                        reg = 1;
                                }

                                PORTD &= reg;
                                //_delay_ms(200);
```

```
                                up_down--;
                                }else{
                                reg = pow(2,up_down);
                                PORTD |= reg;
                                //_delay_ms(200);
                                if (j == (half-1)){
                                       up_down--;
                                       }else{
                                       up_down++;
                                }

                        }
                }
        }
}
```

Diagrama del circuito en PROTEUS.



Conclusión

En esta práctica vimos como crear una maquina de estados finitos e implementarla en el microcontrolador, en este caso la maquina se trató de tener funcionalidades diferentes en 8 leds de salida, esto permite tener mayor control en los eventos que queremos disparar en nuestro circuito, pues podremos saber en todo momento la razón del estado en que se encuentra el microcontrolador y como llegó a dicho estado, creo que este tipo de implementaciones pueden ser muy útiles para más cosas por ejemplo controlar periféricos dependiendo de las entradas de un sensor y así poder automatizar procesos sin necesidad de nosotros controlar los estados del circuito.

Bibliografía

P. (2019, 18 junio). Máquinas de estado. MCI Capacitación. https://cursos.mcielectronics.cl/2019/06/18/maquinas-de-estado/

A., & A. (2017b, marzo 25). Máquinas de estado finito en VHDL. Digilogic. https://digilogicelectronica.wordpress.com/2017/03/25/maquinas-de-estado-finito-fsm-vhdl/#:%7E:text=Las%20m%C3%A1quinas%20de%20estado%20finito,entradas%20y%20de%20c%C3%B3mo%20van

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