

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

IE-0624 LABORATORIO DE MICROCONTROLADORES

Laboratorio # 2

Freddy Zúñiga Cerdas

A45967

Profesor

MARCO VILLALTA FALLAS

May 11, 2022

1 Introducción

En el presente trabajo se creó un circuito capaz de emular el funcionamiento de un semáforo vehicular y un semáforo peatonal, para ello se usaron componentes eléctricos y un microcontrolador ATTiny4313.

El circuito final se compone de tres partes fundamentales, el circuito de entrada, creado para evitar picos de tensión propios de los interruptores, el microcontrolador que lleva cargado un programa desarrollado en C para controlar los LEDs que representan a los semáforos según lo que indique el pulsador y finalmente el circuito de salida que se compone de resistencias y los LEDs que deben ser controlados.

Con la implementación propuesta se logró hacer funcionar el circuito según las especificaciones, los valores calculados teóricamente fueron alcanzados según como se muestra en los resultados finales.

En el siguiente repositorio de Github puede verse el avance realizado tanto en este pdf, como en el código C creado:

<https://github.com/DarkgamblerMaster/laboratorio02Microcontroladores>

2 Nota Teórica

En este apartado se mostrarán algunas características del microcontrolador así como la justificación de la utilización de los componentes externos y el diagrama de flujo del firmware creado para el microcontrolador.

2.1 Microcontrolador ATtiny4313

2.1.1 Características Generales

El microcontrolador ATTiny4313 cuenta con las siguientes características generales:

- Microcontrolador AVR de 8 bits.
- Arquitectura RISC/Harvard.
- 2/4Kb Flash, 128/258 bytes de SRAM y 128/258 bytes de EEPROM.
- 18 GPIOs agrupados en 3 puertos.
- Timer/Counters de 8 y 16 bits.
- 4 canales PWM y comparador analógico.
- USI, USART.

2.1.2 Diagrama de Bloques

En la Figura 1 se muestra en detalle el diagrama de bloques del microcontrolador.

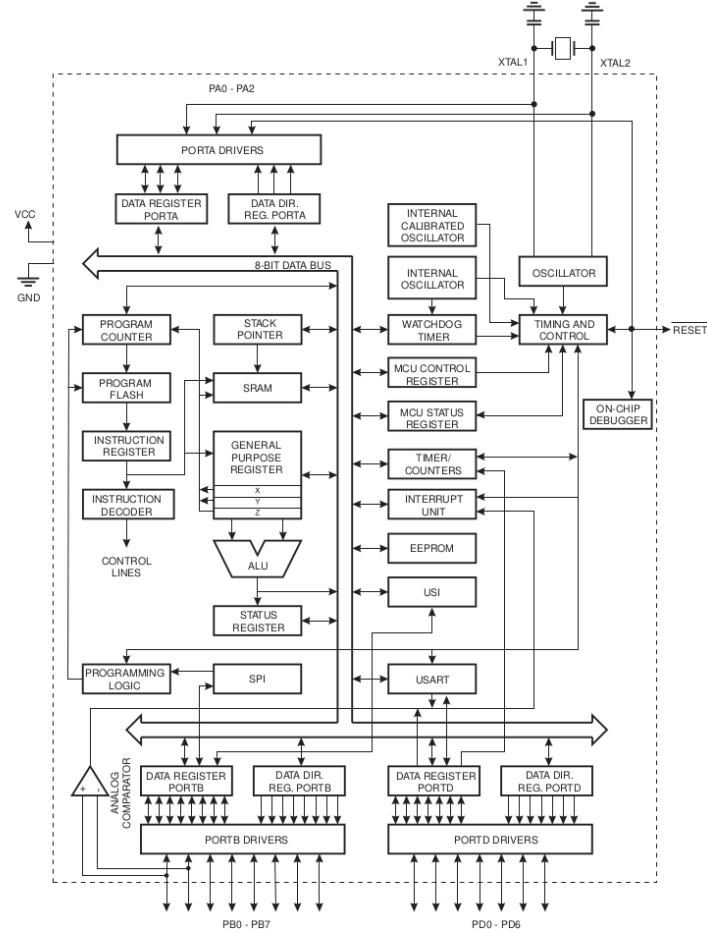


Figura 1: Diagrama de Bloques del ATtiny4313 [1]

2.1.3 Diagrama de Pines

En la Figura 2 se muestra el diagrama de pines del microcontrolador.

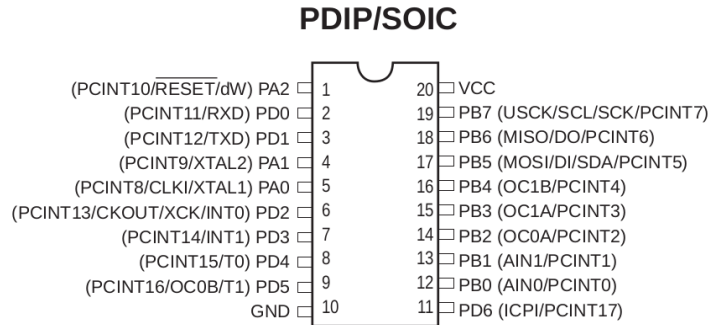


Figura 2: Diagrama de Pines del ATtiny4313 [1]

2.1.4 Características Eléctricas

En la Figura 3 se muestran las características eléctricas del microcontrolador.

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground	-0.5V to $V_{CC}+0.5V$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground	-0.5V to +13.0V
Maximum Operating Voltage	6.0V
DC Current per I/O Pin	40.0 mA
DC Current V_{CC} and GND Pins	200.0 mA

Figura 3: Características Eléctricas del ATtiny4313 [1]

2.2 Firmware del Circuito

En la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo para la máquina de estados que se ideó para resolver este laboratorio. El nombre de los estados significa lo siguiente, el primer color corresponde al color del semáforo vehicular, mientras que el segundo color corresponde al semáforo peatonal, de tal manera que un estado como "RED_GREEN" quiere decir luz roja del semáforo vehicular encendida y luz verde del semáforo peatonal encendida. Las letras únicas en mayúscula (A, B, ... F) quieren decir que se cumplió el tiempo máximo de permanencia en el estado, mientras que "flag" es una variable que es activada por la interrupción y es desactivada cuando la máquina está en el estado "RED_GREEN".

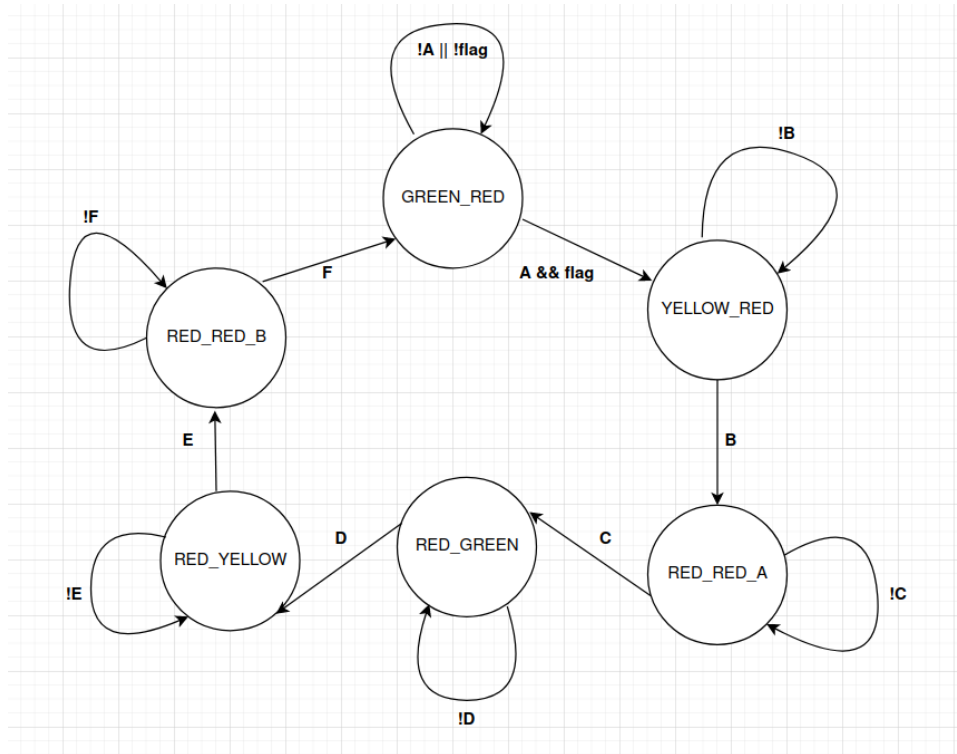


Figura 4: Diagrama de flujo de la máquina de estados [imagen propia]

2.3 Componentes Electrónicos Complementarios

El sistema que resuelve el problema planteado para este proyecto requiere de componentes electrónicos complementarios, estos se muestran en la siguiente tabla junto con el componente principal, que es el microcontrolador.

Código	Tipo	Característica	Cantidad	Precio	Subsistema
ATtiny4313	Microcontrolador	-	1	1669	Microcontrolador
-	Capacitor	10 μ F	1	190	Entrada
-	Pulsador	-	1	99	Entrada
-	Resistencia	100 Ω	1	199	Entrada
-	Resistencia	240 Ω	1	199	Entrada
-	Resistencia	150 Ω	6	199	Salida
-	LED 5mm	2.1 V , 15 mA	6	55	Salida

Tabla 1: Información de los componentes utilizados

2.4 Diseño de los circuito Complementarios

Los dos circuitos complementarios serán explicados en detalle a continuación, mientras que el diseño del firmware se explicará en la siguiente sección.

2.4.1 Circuito de Entrada

El circuito de entrada se compone de un pulsador y un circuito RC para controlar los picos de tensión al accionar el pulsador. El RC es un poco más complejo debido a que el microcontrolador requiere una resistencia de pull down. Para este circuito se debía determinar el valor de dos resistencias y un capacitor conociendo ciertos datos:

- La tensión de entrada al PIN 6 del microcontrolador debe ser superior a 3 V ya que es suficiente tensión para que el microcontrolador reconozca como un valor en alto.
- El capacitor debe cargarse a su valor final en un tiempo no mayor a 5 ms, un tiempo mucho menor a la velocidad de reacción que puede tener un ser humano al pulsar un botón.

En la Figura 5 se muestra el esquemático del circuito de entrada, con este y un poco de cálculo se obtendrán los valores para las resistencias y la capacitancia.

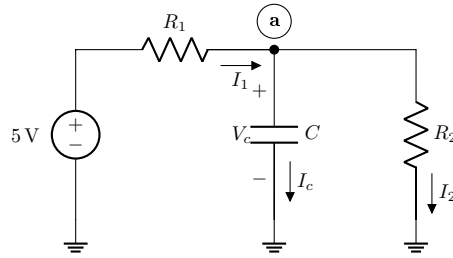


Figura 5: Esquemático del Circuito entrada [imagen propia]

Aplicando Ley de Corrientes de Kirchhoff en el nodo a, obtenemos que:

$$\frac{5 - V_c}{R_1} = C \frac{dV_c}{dt} + \frac{V_c}{R_2} \quad (1)$$

Reacomodando la ecuación llegamos a:

$$\frac{dV_c}{dt} + \frac{R_1 + R_2}{CR_1 R_2} \cdot V_c = \frac{5}{CR_1} \quad (2)$$

sea $a = \frac{R_1 + R_2}{CR_1 R_2}$ y $b = \frac{5}{CR_1}$ tenemos que:

$$\frac{dV_c}{dt} + aV_c = b \quad (3)$$

Claramente el factor integrante para resolver este problema será: e^{at} , multiplicando esto a ambos lados de (3) y luego agrupando tenemos que:

$$\begin{aligned} e^{at} \frac{dV_c}{dt} + aV_c e^{at} &= b e^{at} \\ \frac{d}{dt} [e^{at} V_c] &= b e^{at} \\ d[e^{at} V_c] &= b e^{at} dt \end{aligned}$$

Integrando a ambos lados y luego despejando:

$$e^{at}V_c = \frac{b}{a}e^{at} + k$$

$$V_c = \frac{b}{a} + ke^{-at}$$

Suponiendo que en $t = 0$, $V_c(0) = 0$ (capacitor está descargado en el tiempo 0) entonces $k = -\frac{b}{a}$, por lo que:

$$\boxed{V_c = \frac{b}{a} [1 - e^{-at}]}$$
 (4)

Sabemos por tanto que b/a es el valor de la tensión en régimen permanente, y fijaremos tal valor en 3.5 V :

$$\frac{b}{a} = \frac{5R_2}{R_1 + R_2} = 3.5$$

manipulando la ecuación se obtiene la relación entre las resistencias:

$$\boxed{R_2 = \frac{7}{3}R_1}$$
 (5)

Por otro lado sabemos por los requerimientos mencionados antes que $5\tau \leq 5 \text{ ms}$

$$5\tau = \frac{5}{a} = \frac{5CR_1}{R_1 + R_2}$$
 (6)

Utilizando la relación de las resistencias obtenida anteriormente tenemos que:

$$5\tau = \frac{7CR_1}{2} \leq 5 \times 10^{-3}$$
 (7)

despejando C obtenemos finalmente la relación entre C y R_1 :

$$\boxed{C \leq \frac{1}{700R_1}}$$
 (8)

Por lo que tomando un R_1 definimos ya todos los valores:

$$\boxed{R_1 = 100 \Omega, R_2 = 233.33 \Omega, C = 10 \mu\text{F} \leq 14.29 \mu\text{F}}$$
 (9)

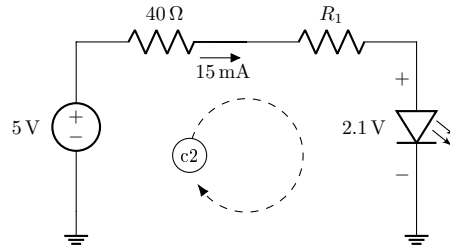


Figura 6: Esquemático del Circuito de línea que maneja 1 LED [imagen propia]

2.4.2 Circuito de Salida

El circuito de salida está compuesto por 6 resistencias y 6 LEDs, que componen 6 circuitos independientes conectados a 6 pines del microcontrolador, cada circuito consta de una resistencia y un LED. Para las características de fábrica de los componentes se pueden calcular los valores requeridos para las resistencias y los LEDs. La resistencia de 40Ω obedece a una medida empírica en el microcontrolador que al manejar una carga actúa como una fuente ideal en serie con una resistencia.

Aplicando LTK en c2 y despejando R_1

$$-5 + 40 \cdot 15 \times 10^{-3} + R_1 \cdot 15 \times 10^{-3} + 2.1 = 0 \Rightarrow \quad (10)$$

$$R_1 = \frac{5 - 40 \cdot 15 \times 10^{-3} - 2.1}{15 \times 10^{-3}} \Rightarrow \quad (11)$$

$$\boxed{R_1 = \frac{460}{3} \approx 153.33\Omega} \quad (12)$$

3 Análisis de Resultados

En este apartado se mostrará una captura de pantalla el circuito creado para este laboratorio, además se suministra un link a un video en youtube donde se muestra el funcionamiento del circuito, así como el diagrama de flujo del circuito final.

En la Figura 7 se muestra un diagrama de las partes del circuito final.

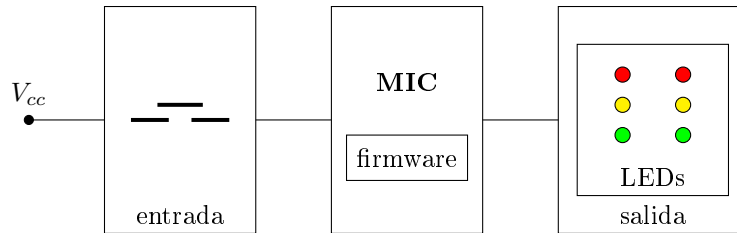


Figura 7: Diagrama de flujo del circuito [imagen propia]

En la Figura 8 se muestra el estado del circuito antes de presionar el pulsador. En este caso el semáforo vehicular mantendrá su luz verde encendida mientras que el semáforo peatonal estará en rojo, de este estado no saldrá el sistema hasta que se presione el pulsador solicitando el paso para peatones. También puede notarse que la corriente de entrada a los LED's cumple con el valor teórico.

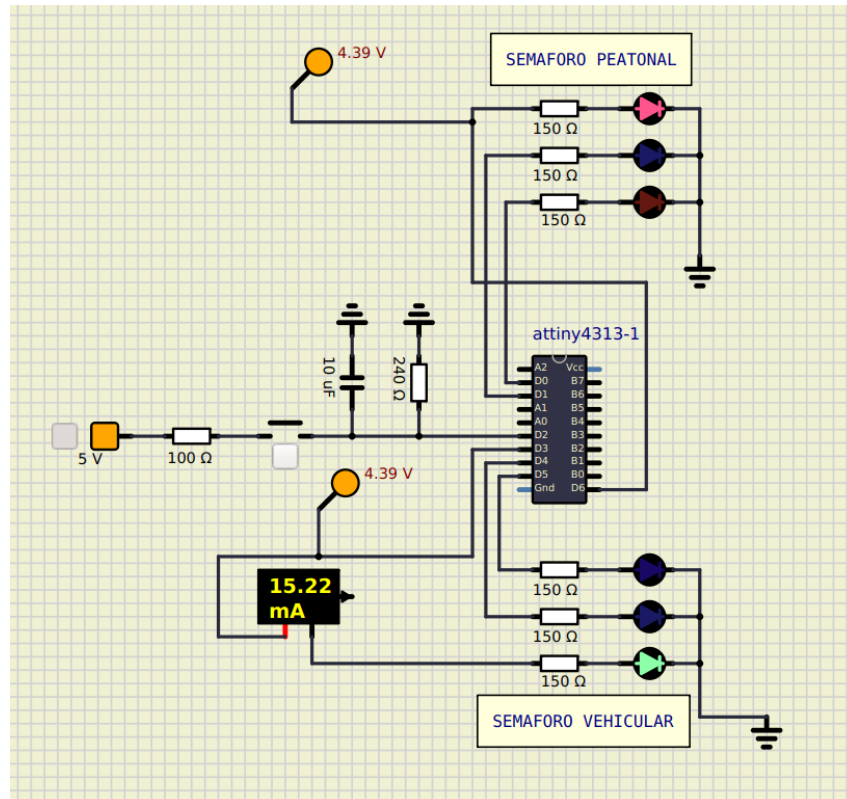


Figura 8: Sistema en estado "GREEN_RED" [imagen propia]

Por la naturaleza dinámica de este laboratorio, para mostrar el funcionamiento de manera más clara se grabó un video corto donde se muestran los cambios ocurridos al presionar el pulsador:

<https://youtu.be/xCUqDyIGrTE>

En el video se puede apreciar que si no se presiona el pulsador el estado se mantiene con el LED en verde del semáforo vehicular encendido al igual que el LED rojo del semáforo peatonal. Se necesita presionar el pulsador para que la interrupción haga un cambio en el flujo del programa. Se puede apreciar también que si ya ha pasado suficiente tiempo, al presionar el pulsador se pasa a amarillo sin esperar, mientras que si se presiona el botón en cualquier momento, el cambio en el semáforo peatonal tendrá que esperar a que pase el tiempo del verde vehicular, tal y como se especificó.

4 Conclusiones y Recomendaciones

En el presente trabajo se mostró como un microcontrolador, específicamente el ATtiny4313, puede ser usado para realizar un tarea tan compleja como el control de un par de semáforo, programado con una máquina de estados y atendiendo a interrupciones.

Como aspecto negativo en la realización de este laboratorio se tiene que mencionar el cálculo de los tiempos del semáforo en general, fueron hechos mediante prueba y error, pero este debe ser un aspecto hecho de una forma más teórica, por lo que se requiere investigar más al respecto. No obstante el circuito funcionó bastante apegado a lo esperado y solicitado, con respecto a los tiempos.

Como aspectos positivos se destaca que la máquina de estados diseñada cumplió perfectamente su cometido, mientras que el manejo de interrupciones también fue correctamente implementado.

4.1 Recomendaciones

Si bien el laboratorio, a nivel de lógica de funcionamiento era muy sencillo de implementar en un algoritmo, se hizo muy complicado manejar lo referente a las interrupciones, por desgracia la hoja de datos resultó complicada de interpretar y debido a la falta de ejemplos en ella se gastó mucho tiempo buscando información similar con ejemplos de donde se consiguió una idea más clara [2].

Bibliografía

- [1] ATMEL Corporation, *8-bit AVR Microcontroller with 2/4K Bytes In-System Programmable Flash ATtiny2313A ATtiny4313*, 2011.
- [2] M. M., “attiny2313 und pin change interrupt.” Mikrocontroller, Nov. 24, 2015 [Online].