

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Eléctrica

IE0624 – Laboratorio de Microcontroladores

II ciclo 2022

Laboratorio 1

# Introducción a microcontroladores y manejo de GPIOs

Kenny Wu Wen C08592

Grupo 01

Profesor: MSc. Marco Villalta Fallas

31 de agosto de 2023

# Índice

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| Índice de figuras                                           | III       |
| <b>1. Resumen</b>                                           | <b>1</b>  |
| <b>2. Nota teórica</b>                                      | <b>1</b>  |
| 2.1. PIC12F683 . . . . .                                    | 1         |
| 2.2. Entradas/Salidas de Propósito General (GPIO) . . . . . | 1         |
| 2.3. LEDs . . . . .                                         | 3         |
| 2.4. Botón . . . . .                                        | 4         |
| 2.5. SimulIDE . . . . .                                     | 5         |
| 2.6. Compilador C de dispositivo pequeños (SDCC) . . . . .  | 5         |
| 2.7. Generación de números aleatorios . . . . .             | 5         |
| 2.8. Algoritmo de simulador de dados . . . . .              | 5         |
| <b>3. Desarrollo/Análisis de resultados</b>                 | <b>8</b>  |
| 3.1. Análisis de funcionalidad electrónica . . . . .        | 8         |
| 3.2. Análisis de la funcionalidad del programa . . . . .    | 9         |
| <b>4. Conclusiones y recomendaciones</b>                    | <b>10</b> |
| <b>Referencias</b>                                          | <b>11</b> |
| <b>5. Apéndice</b>                                          | <b>11</b> |
| 5.1. Precios de componentes . . . . .                       | 11        |
| 5.2. Salidas del simulador . . . . .                        | 12        |

## Índice de figuras

|     |                                                                                  |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.  | Diagrama del PIC12F683 y sus ocho pines . . . . .                                | 2  |
| 2.  | Tabla resumida del funcionamiento de los pines . . . . .                         | 2  |
| 3.  | Registro TRI-STATE . . . . .                                                     | 2  |
| 4.  | Registro GPIO . . . . .                                                          | 3  |
| 5.  | LED conectado a un pin del PIC . . . . .                                         | 3  |
| 6.  | LED conectado a un pin del PIC . . . . .                                         | 4  |
| 7.  | Configuración pull-up . . . . .                                                  | 4  |
| 8.  | Configuración pull-up . . . . .                                                  | 5  |
| 9.  | Diagrama de flujo del algoritmo simple de numero aleatorio basado en un contador | 6  |
| 10. | Algoritmo de simulador de dados . . . . .                                        | 7  |
| 11. | Dado patrón . . . . .                                                            | 7  |
| 12. | Circuito simulador de dados con botón sin presionar . . . . .                    | 8  |
| 13. | Circuito simulador de dados con botón presionado . . . . .                       | 9  |
| 14. | Cara uno del dado . . . . .                                                      | 12 |
| 15. | Cara dos del dado . . . . .                                                      | 12 |
| 16. | Cara tres del dado . . . . .                                                     | 13 |
| 17. | Cara cuatro del dado . . . . .                                                   | 13 |
| 18. | Cara cinco del dado . . . . .                                                    | 14 |
| 19. | Cara seis del dado . . . . .                                                     | 14 |

# 1. Resumen

En este laboratorio se va a tener una introducción del microcontrolador PIC, en específico el PIC12F683. Se va a utilizar los pines del PIC como GPIOs (*General Purpose Input Outputs*) con el fin de armar un simulador de dados con leds.

El simulador de dados va a tener seis leds que se van a encender de manera pseudo-aleatoria entre el número 1 y 6, cuando se pulse un botón, los leds encendidos se van a mantener así por un periodo de tiempo.

Para lograr el simulador primeramente se va a tener que revisar la hoja del microcontrolador y como funciona cada pin de este; para luego escribir el código en C, el firmware, para el microcontrolador.

Para finalizar, se va a armar el circuito con los componentes necesarios para el simulador y para la protección de los componentes y microcontrolador para hacerle pruebas.

El repositorio para el laboratorio es el siguiente: GIT

## 2. Nota teórica

### 2.1. PIC12F683

Las siglas en ingles PIC significan Controlador de Interfaz Programable, este es un circuito electrónico programable a muchas tareas. Pueden funcionar como temporizadores o controladores de producción y mucho más. Se utiliza mucho en sistemas de alarma, sistemas de control de computación, telefonos y en general en cualquier dispositivo electrónico [1].

Existen muchos tipos de PIC, para este laboratorio se trabajara con el PIC12F683 y algunas de sus características son:

- Capacidad de manejo de interrupciones
- Temporizador Watchdog
- Modo de ahorro de energía
- Convertidor analogico digital
- Seis pines I/O
- PWM
- ICSP (Programación In-Circuit Serial)

Tenemos la tabla resumen del funcionamiento de cada pin:

### 2.2. Entradas/Salidas de Propósito General (GPIO)

Los GPIO son pines de señales digitales que se encuentran en un circuito electrico/integrado para usarse como entrada o salida o ambos por medio de software/firmware, sin embargo, no tienen una función específica [2].

En el PIC12F683, tenemos seis pines que se pueden utilizar como GPIOs como lo indica la hoja de fabricante, pero se debe tomar en cuenta que el GPIO3 solo funciona como entrada y no salida, al ser un registro en el cual solo se puede leer su valor y no modificarlo por medio del software.

Para configurar los pines como salidas tenemos primero que configurar el registro **TRIO-STATE** en modo salida exceptuando el bit 3 que solo es entrada como se observa en la figura 3.

## 8-Pin Diagram (PDIP, SOIC)

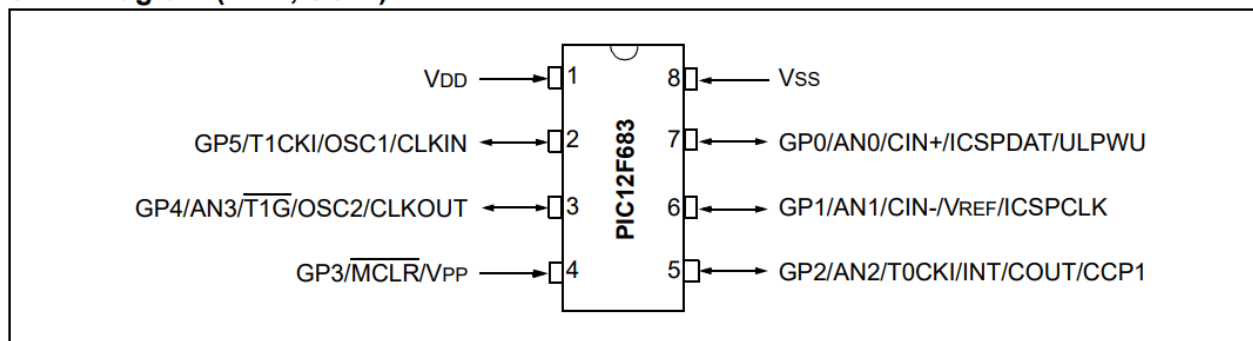


Figura 1: Diagrama del PIC12F683 y sus ocho pines

TABLE 1: 8-PIN SUMMARY

| I/O                | Pin | Analog   | Comparators | Timer | CCP  | Interrupts | Pull-ups         | Basic         |
|--------------------|-----|----------|-------------|-------|------|------------|------------------|---------------|
| GP0                | 7   | AN0      | CIN+        | —     | —    | IOC        | Y                | ICSPDAT/ULPWU |
| GP1                | 6   | AN1/VREF | CIN-        | —     | —    | IOC        | Y                | ICSPCLK       |
| GP2                | 5   | AN2      | COOUT       | T0CKI | CCP1 | INT/IOC    | Y                | —             |
| GP3 <sup>(1)</sup> | 4   | —        | —           | —     | —    | IOC        | Y <sup>(2)</sup> | MCLR/VPP      |
| GP4                | 3   | AN3      | —           | T1G   | —    | IOC        | Y                | OSC2/CLKOUT   |
| GP5                | 2   | —        | —           | T1CKI | —    | IOC        | Y                | OSC1/CLKIN    |
| —                  | 1   | —        | —           | —     | —    | —          | —                | VDD           |
| —                  | 8   | —        | —           | —     | —    | —          | —                | Vss           |

Note 1: Input only.

2: Only when pin is configured for external MCLR.

Figura 2: Tabla resumida del funcionamiento de los pines

REGISTER 4-2: TRISIO GPIO TRI-STATE REGISTER

| U-0   | U-0 | R/W-1                    | R/W-1                  | R-1                    | R/W-1   | R/W-1   | R/W-1   |
|-------|-----|--------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|---------|
| —     | —   | TRISIO5 <sup>(2,3)</sup> | TRISIO4 <sup>(2)</sup> | TRISIO3 <sup>(1)</sup> | TRISIO2 | TRISIO1 | TRISIO0 |
| bit 7 |     |                          |                        | bit 0                  |         |         |         |

### Legend:

R = Readable bit  
-n = Value at POR

W = Writable bit  
'1' = Bit is set

U = Unimplemented bit, read as '0'  
'0' = Bit is cleared  
x = Bit is unknown

bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5:4 **TRISIO<5:4>:** GPIO Tri-State Control bit  
1 = GPIO pin configured as an input (tri-stated)  
0 = GPIO pin configured as an output

bit 3 **TRISIO<3>:** GPIO Tri-State Control bit  
Input only

bit 2:0 **TRISIO<2:0>:** GPIO Tri-State Control bit  
1 = GPIO pin configured as an input (tri-stated)  
0 = GPIO pin configured as an output

Note 1: TRISIO<3> always reads '1'.  
2: TRISIO<5:4> always reads '1' in XT, HS and LP OSC modes.  
3: TRISIO<5> always reads '1' in RC and RCIO and EC modes.

Figura 3: Registro TRI-STATE

Luego, ya se va a poder controlar/modificar los valores del registro **GPIO** al ser salidas, teniendo en cuenta siempre que el bit 3 es de lectura como se muestra en la figura 4.

**REGISTER 4-1: GPIO: GENERAL PURPOSE I/O REGISTER**

|       |     |       |       |     |       |       |       |       |
|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| U-0   | U-0 | R/W-x | R/W-0 | R-x | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |       |
| —     | —   | GP5   | GP4   | GP3 | GP2   | GP1   | GP0   |       |
| bit 7 |     |       |       |     |       |       |       | bit 0 |

Para dos LEDs en serie con los mismos parámetros:

$$R_{led} = \frac{5 - 2 \cdot 2}{20 \times 10^{-3}}$$

$R_{led} = 50\Omega$

(2)

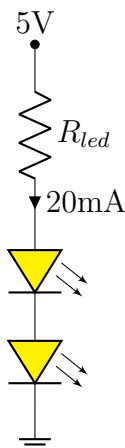


Figura 6: LED conectado a un pin del PIC

## 2.4. Botón

Para el botón conectado al pin de GPIO3 del PIC, se va a utilizar configuración pull-up, osea, estará lógica 1 cuando no se pulse el botón y en lógica 0 cuando se pulse. También se le conoce como lógica negativa.

Como se observa en la figura 7, la señal que va a recibir el GPIO3 va ser alta hasta que se pulse el botón. Utilizar esta configuración nos permite proteger el microcontrolador para que la corriente que le llegue sea cercana a cero. Para eso, vamos a utilizar una resistencia de:

$$R_{boton} = 1k\Omega$$
(3)

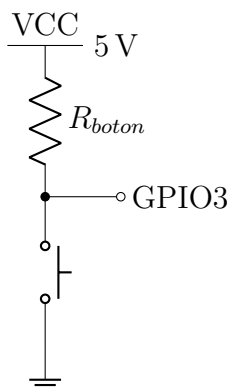


Figura 7: Configuración pull-up

Tambien hay que considerar el rebote al presionar el botón, ya que no es ideal el botón, por ende existen varios métodos para eliminar este efecto, tanto por software como hardware. Para este laboratorio se utilizara un método por hardware que es incluir un capacitor para que

existe un tiempo de subida y bajada de tensión de salida al presionar el botón para así eliminar el efecto de rebote [5].

Para calcular el valor del capacitor en paralelo al botón, hay que establecer el valor de  $T$ , en nuestro caso si queremos sea de  $T = 100\mu s$ , implica que  $C = \frac{R}{T} = \frac{100 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-3}} = 100nF$ .

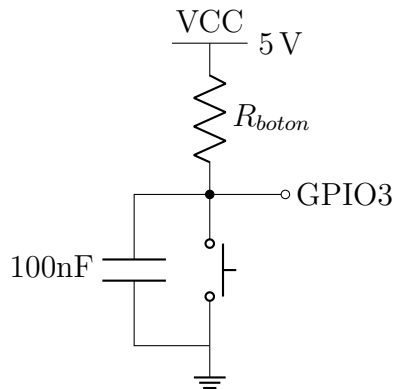


Figura 8: Configuración pull-up

## 2.5. SimulIDE

SimulIDE es un programa pensado para la simulación de circuitos generales y microcontroladores como PIC, AVR y Arduinos. Este simulador es muy completo y bastante potencial. En nuestro caso, vamos a utilizar el microcontrolador PIC para el laboratorio y para eso se va a utilizar el módulo gpsim que se encargara de los requisitos necesarios para tener disponible el PIC [6].

## 2.6. Compilador C de dispositivo pequeños (SDCC)

Como dice sus siglas, es un compilador de software libre para C enfocado en microcontroladores de 8 bits (PIC es uno de ellos). En 2007, se volvió el único compilador de lenguaje C de código abierto para microcontroladores Intel 8051 y compatibles. Es uno de los compiladores más descargados y usados para su enfoque. El compilador funciona para Linux, MacOS y Windows, todos 32 y 64 bits [7].

## 2.7. Generación de números aleatorios

Existen muchas formas de generar números aleatorios tanto con software como con hardware. Para este laboratorio se va a generar números aleatorios con software con contadores.

Para eso se va a utilizar una variable que va a aumentando conforme aumenta el tiempo y cuando se pida el valor del número aleatorio este va a retornar el valor que llevo el contador y se va a reiniciar como se observa en la figura 9.

## 2.8. Algoritmo de simulador de dados

El algoritmo va a iniciar con la etapa de inicialización de los registros TRISIO y GPIO. Para TRISIO poner todos los pines como salidas y GPIO poner todo los pines en bajo. Luego, sigue la etapa de inicialización de variables en este caso ocuparemos tres: time, random y value. Después, vamos a tener el código principal que tiene tres fases, la primera es reiniciar las variables a su valor inicial, la segunda es que ocurre cuando se presiona el botón y que ocurre cuando no se presiona.



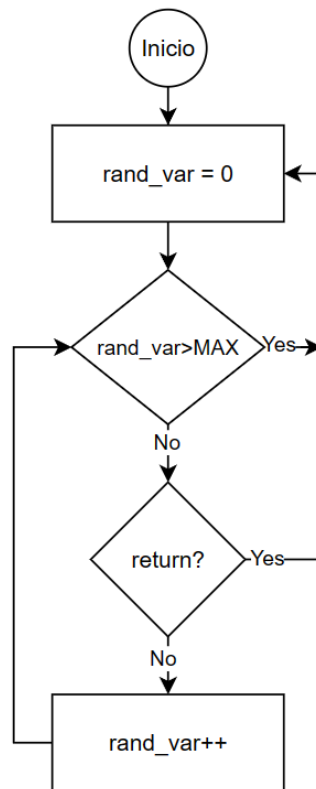


Figura 9: Diagrama de flujo del algoritmo simple de numero aleatorio basado en un contador

1. Cuando se presiona el botón, se va a escribir en el registro GPIO uno de los valores de value y luego se vuelve a poner en cero después de un delay.
2. Si no se presiono el botón, el valor de random seguirá aumentando y se reiniciara si llega a ser mayor a 6.

La lógica del algoritmo viene de que solo ocupa conectar 4 pines del PIC, ya que existe un patrón en los dados, por eso la variable value contiene seis patrones/valores guardados que son las seis caras de los dados.

El patrón del dado viene dado de la siguiente:

1. Caso 1: Solo se prende el LED central, osea 1 pin
2. Caso 2: Se prende dos LEDs superior derecha e inferior izquierda, y solo se necesita 1 pin para ambos LEDs
3. Caso 3: Se prende tres LEDs, osea los pines de Caso 1 y Caso 2.
4. Caso 4: Se prende cuatro LEDs, los de Caso 2 y los LEDs superior izquierda e inferior derecha con un pin.
5. Caso 5: Se prende el Caso 4 junto al Caso 1.
6. Caso 6: Se prende el Caso 4 junto a dos LEDs laterales centrales con un pin.

En la figura 11, se puede observar lo mencionado anteriormente, en donde cada par de LEDs están conectados en serie, exceptuando el central (rojo)

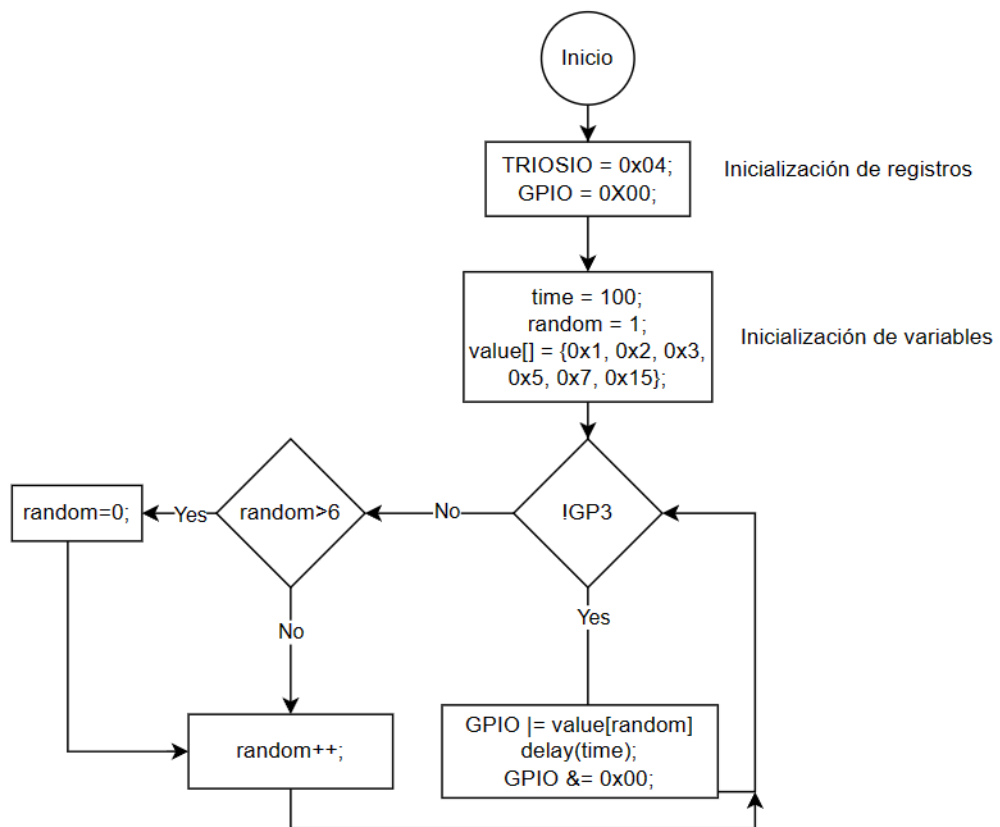


Figura 10: Algoritmo de simulador de dados

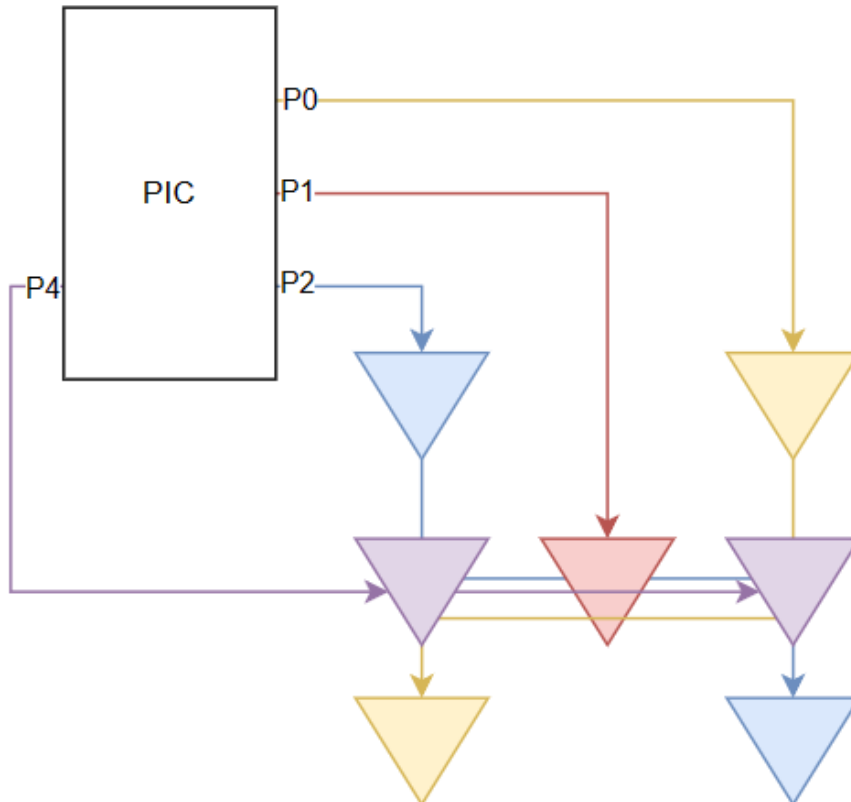


Figura 11: Dado patrón



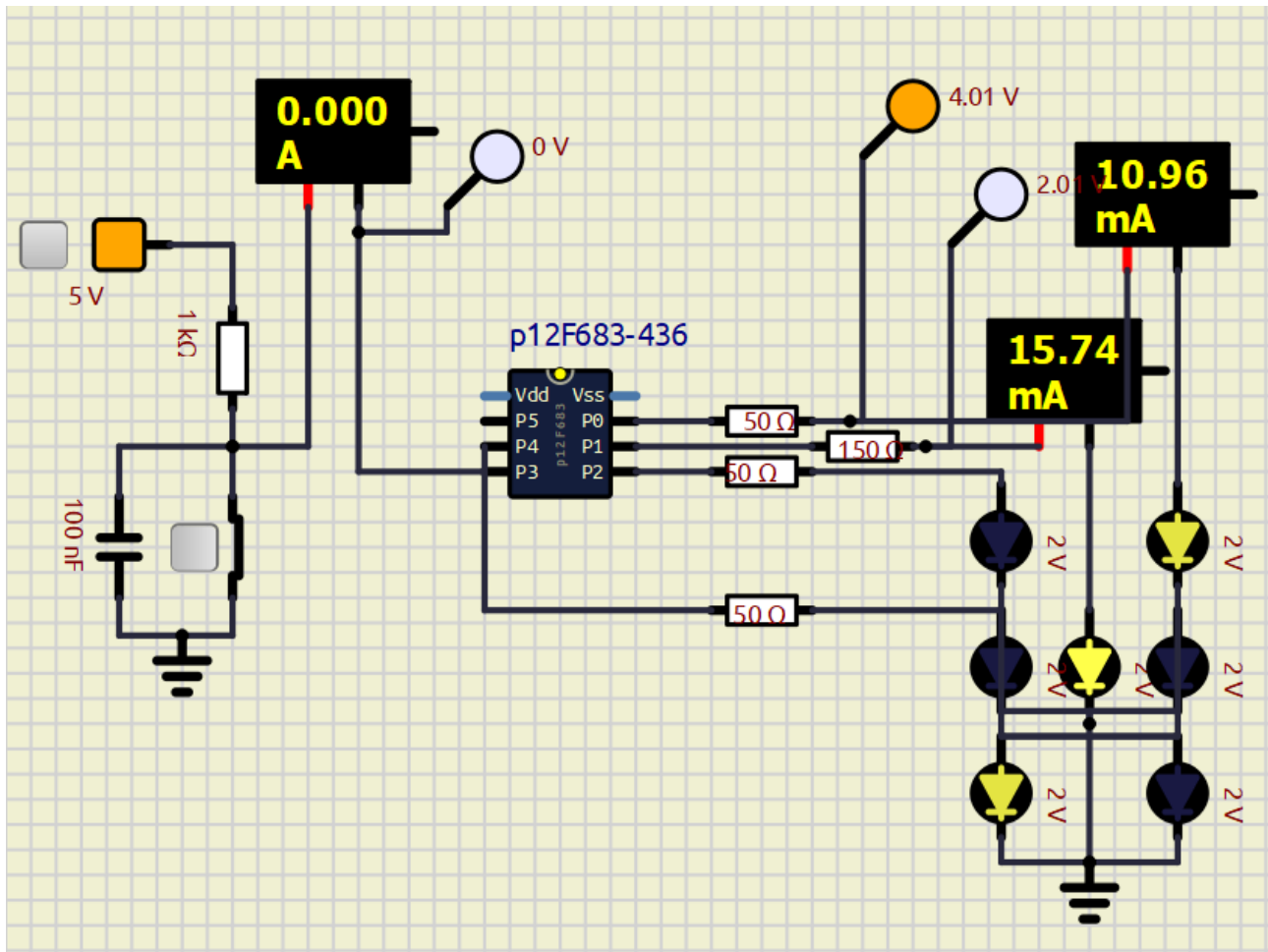


Figura 13: Circuito simulador de dados con botón presionado

### 3.2. Análisis de la funcionalidad del programa

Como se observa en la figura 13, al presionarlo se activaron cinco LEDs de forma aleatoria. También, se debe tomar en cuenta que un LED siempre va a estar prendido ya que el dado va de 1 a 6.

Cuando se presiona el botón por un momento, se muestra en los 5 LEDs conectados al PIC, un valor aleatorio ed 1 a 6 por un momento y luego vuelve a apagarse los LEDs conectados al microcontrolador.

Si se mantiene presionado el botón, se observa que los LEDs van a una secuencia de 1 a 6, perdiendo su aleatoriedad, por ende, la aleatoriedad viene de darle al botón un momento aleatorio o dependiendo del tiempo.

En sección 5.2, se podrá observar todas las caras del dado obtenidos con el simulador.

## 4. Conclusiones y recomendaciones

- Siempre calcular la resistencia de protección para los LEDs.
- Tomar en cuenta la corriente o posibles cortos al microcontrolador, con el fin de cuidarlo.
- Tener un orden en los cables y un esquemático de como serán las conexiones antes de hacerlas.
- A la hora de escribir el firmware, tener orden en el código para entender bien que hace cada sección del código.
- Se logro crear un algoritmo pseudo-aleatorio basado en el momento que se presiona el botón en un instante y no seguido.
- En el SimulIDE, se pueden observar los valores de los registros del PIC en tiempo real, para facilitar el debugeo.

## Referencias

- [1] “What is a pic microcontroller? what can it do?” TechnologyStudent.com, 2023. [Online]. Available: <https://www.technologystudent.com/pics/picgen1.html>
- [2] “Gpio (general purpose input/output) definition,” TechTerms.com, 2023. [Online]. Available: <https://techterms.com/definition/gpio>
- [3] “¿qué es un led? tipos de led, aplicaciones y usos.” Visual Led, 2023. [Online]. Available: <https://visualled.com/glosario/que-es-un-led/>
- [4] “Led 3mm amarillo,” DBU Electronics, 2023. [Online]. Available: <https://www.dbuelectronics.cr/leds/624-led-3mm-amarillo.html>
- [5] C. M. Maxfield”, “Cómo implementar el rebote de hardware para interruptores y relés,” <https://www.digikey.com/es/articles/how-to-implement-hardware-debounce-for-switches-and-relays>, 2021, [Consultado el 30 de agosto de 2023].
- [6] “Simulide: Simulador de diseños de pic y arduino,” Neoteo, 2023. [Online]. Available: <https://www.neoteo.com/simulide-simulador-de-disenos-de-pic-y-arduino/>
- [7] “Compilador sdcc,” Wikiwand, 2023. [Online]. Available: [https://www.wikiwand.com/es/Compilador\\_SDCC](https://www.wikiwand.com/es/Compilador_SDCC)

## 5. Apéndice

### 5.1. Precios de componentes

Cuadro 1: Especificaciones de cada interfaz físico

| Componente     | Precio (Colones) | Cantidad |
|----------------|------------------|----------|
| PIC            | 2000             | 1        |
| 1K ohm         | 200              | 1        |
| 50 ohm         | 300              | 3        |
| 150 ohm        | 300              | 1        |
| Botón          | 200-500          | 1        |
| Cerámico 0.1uF | 80               | 2        |

5.2. Salidas del simulador

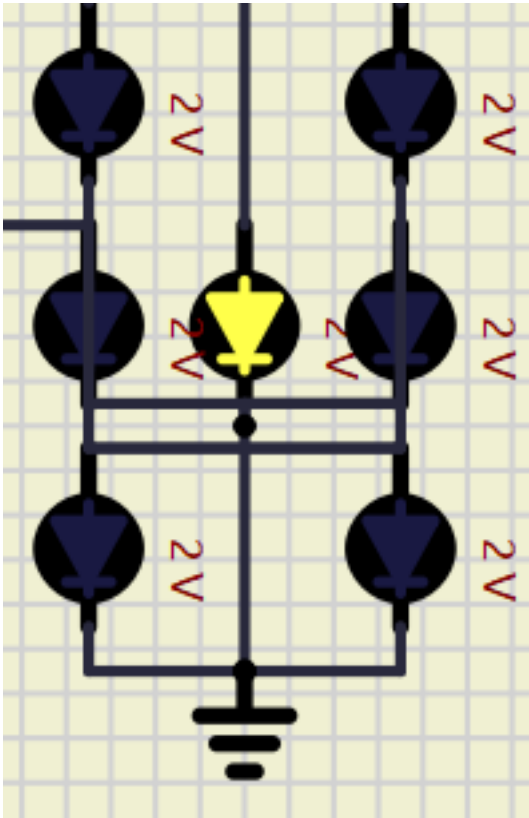


Figura 14: Cara uno del dado

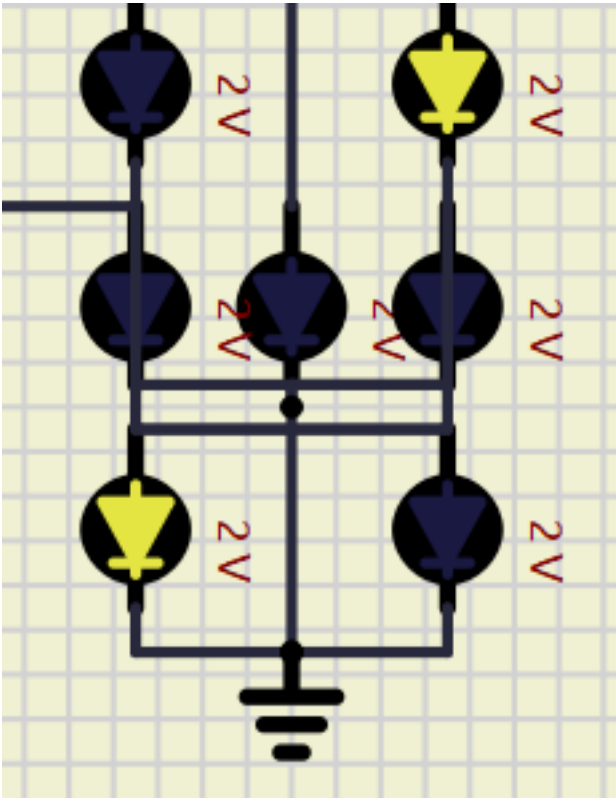


Figura 15: Cara dos del dado

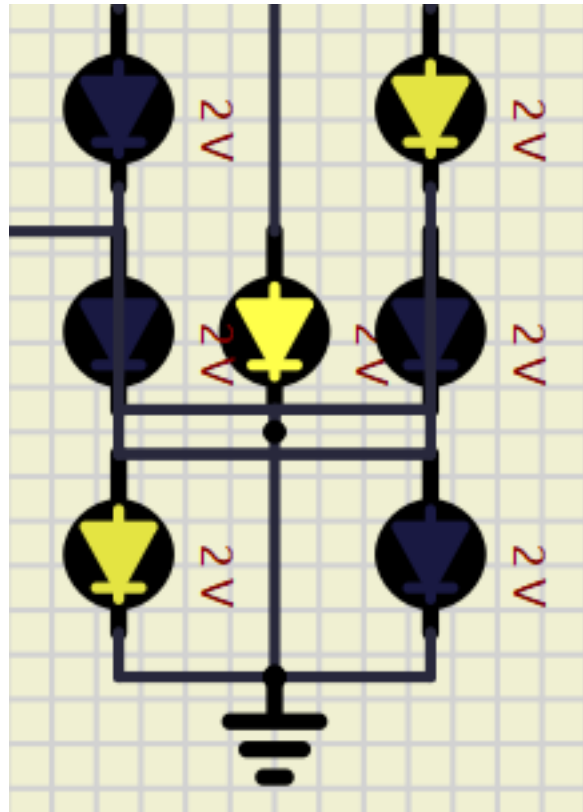


Figura 16: Cara tres del dado

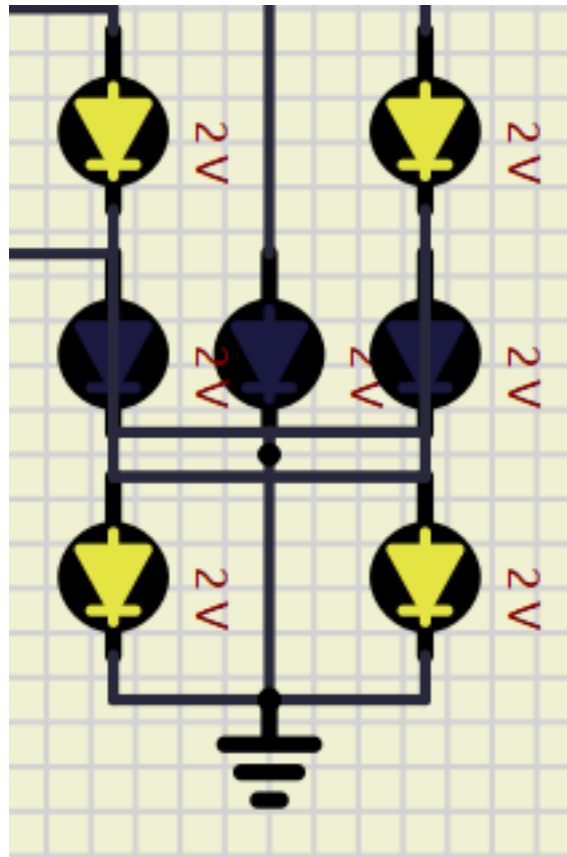


Figura 17: Cara cuatro del dado



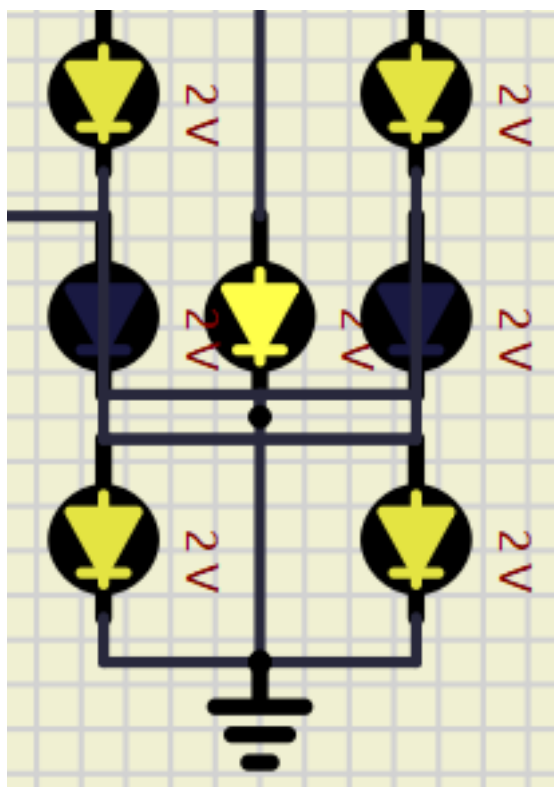


Figura 18: Cara cinco del dado

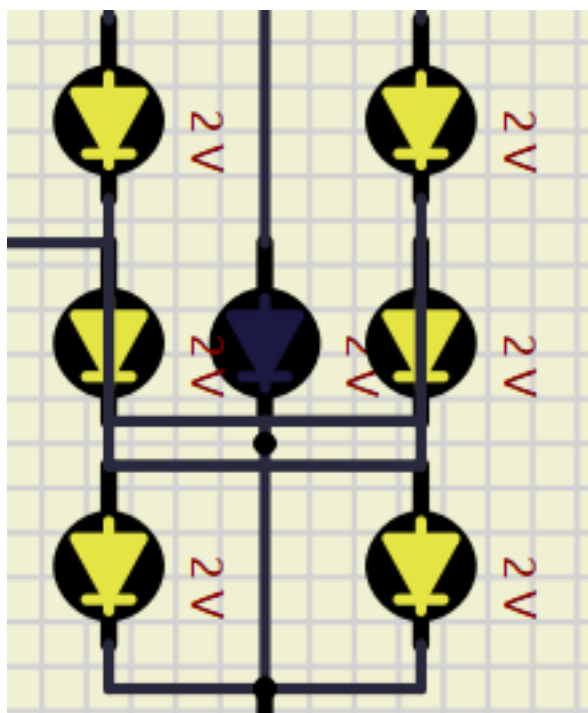


Figura 19: Cara seis del dado