

Práctica 3:

Uso del puerto GPIO de la Raspberry Pi

Fundamentos de Sistemas Embebidos

Autor: José Mauricio Matamoros de Maria y Campos

1. Objetivo

El alumno aprenderá a utilizar el puerto GPIO de la Raspberry Pi, configurando varios pines como salidas digitales para el control de leds y circuitos de lógica TTL.

2. Material

Se asume que el alumno cuenta con una Raspberry Pi con sistema operativo Raspbian e interprete de Python instalado. Se aconseja encarecidamente el uso de *git* como programa de control de versiones.

Además, el alumno necesitará:

- 7 Diodos emisores de luz LEDS
- 8 resistencias de 330Ω
- 1 Condensador de $0.1\mu F$
- 1 Array Darlington ULN2003 (o 7 transistores de potencia)
- 1 Decodificador de 7-segmentos ánodo común
- 1 Display de 7 segmentos ánodo común
- 1 Conector DIL con cable plano tipo listón para el GPIO de la Raspberry Pi (similar al de un Disco Duro PATA, véase [Figura 1](#))
- 1 protoboard o circuito impreso equivalente
- 1 fuente de alimentación regulada a 5V y al menos 2 amperios de salida
- Cables y conectores varios

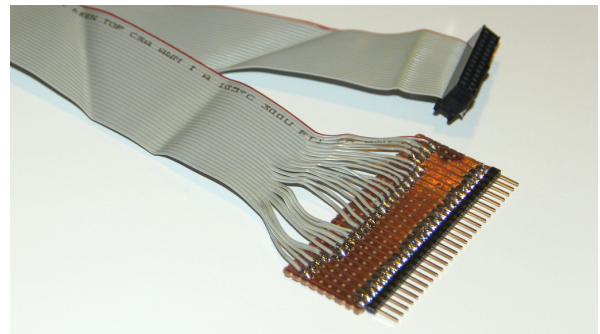


Figura 1: Cable plano con conector DIL

3. Instrucciones

1. Alambre el circuito tal y como se detalla en la [subsección 3.1](#)
2. Antes de conectar la Raspberry Pi, pruebe el circuito como se explica en la [subsección 3.2](#)
3. Realice los programas de las [subsecciones 3.3 a 3.5](#)
4. Analice los programas de las [subsecciones 3.3 a 3.5](#), realice los experimentos propuestos en la [sección 4](#) y con los resultados obtenidos responda el cuestionario de la [sección 5](#).

3.1. Paso 1: Alambrado

El proceso de alambrado de esta práctica considera dos circuitos.

El primer circuito permitirá controlar con las salidas digitales del GPIO de la Raspberry Pi el encendido y apagado de siete leds mediante el uso de un encapsulado de varios controladores de potencia tipo Darlington

(*Darlington Array*). De manera similar, el segundo circuito se auxiliará de un integrado TTL para desplegar números del 0 al 9 en un display de 7 segmentos (véase [Figura 2](#)).

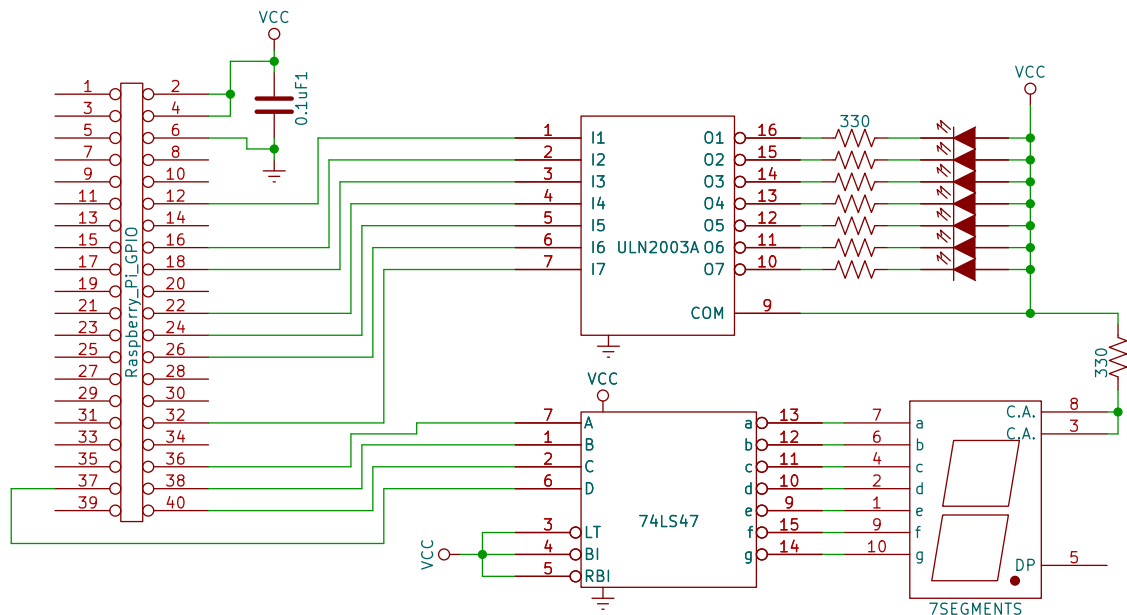


Figura 2: Diagrama de conexiones del circuito a alamburar

3.1.1. Subcircuito 1: leds en línea

. Forme los siete leds en línea, cuidando de que todos tengan la misma orientación. A continuación, conecte el cátodo de cada LED a una resistencia de 300Ω , y ésta a su vez a una salida libre del controlador ULN2003, de tal manera que el primer led de la fila esté conectado a la salida 1, el segundo a la salida 2, y así sucesivamente.

De manera similar, conecte las entradas 1 a 7 del ULN2003 a las salidas GPIO 18, 23, 24, 25, 8, 7, y 12 de la Raspberry Pi mediante el cable tipo listón (pines 12, 16, 18, 22, 24, 26 y 32). La conexión de uno de los leds se conecte al GPIO12/PWM es importante, pues éste pin se utilizará para variar la intensidad del led más adelante.

Complete el alambrado del ULN2003 conectándolo a tierra, conectando el común de éste a VCC mediante el capacitor de $0.1\mu F$. Finalmente, conecte el ánodo de todos los leds a VCC.

3.1.2. Subcircuito 2: Display de 7 segmentos

. Comience conectando las salidas *a* a *g* del display del circuito controlador 74LS47 con los pines homónimos del display de siete segmentos. A continuación, conecte el integrado a tierra y las terminales LT y RBI (pines 3 y 5) a VCC, dejando BI (pin 4) sin conectar tal como se muestra en la [Figura 2](#). Como siguiente paso, conecte el ánodo común del display a VCC mediante una resistencia de 330Ω .

A continuación conecte las entradas A, B, C, D a las salidas GPIO 16, 20, 21 y 26 respectivamente (pines 36, 38, 40 y 37 de la Raspberry Pi) mediante el cable tipo listón.

Finalmente, para terminar el alambrado, conecte el 74LS47 a VCC y tierra.

3.2. Paso 2: Configuración y prueba del circuito

Antes de proceder, verifique conexiones con un multímetro en busca de corto circuitos. En particular verifique que exista una impedancia muy alta entre los pines 4 y 6 (VCC y tierra) del cable listón que conectará al GPIO de la Raspberry Pi.

Tras lo anterior, conecte VCC y tierra del circuito alambrado a un eliminador de corriente de 5V y cierre el circuito entre los pines 4 y 32 del cable listón. Si todo está alambrado correctamente, el último del de la fila deberá encender.

Ahora cierre el circuito entre los pines 4 y 37 del cable listón. Si todo está alambrado correctamente, el display de siete segmentos deberá mostrar un 1.

Importante: Ninguno de los circuitos o resistencias debe calentarse. Si alguno de los componentes emitiera calor, verifique las conexiones en busca de corto circuitos o reemplace los componentes dañados.

Verificadas las conexiones, instale los complementos de desarrollo del puerto de propósito general de la Raspberry Pi (deberían venir instalados por defecto).

```
| $ sudo apt-get install python-pigpio python3-pigpio
```

3.3. Paso 3: Led parpadeante

Con todas las conexiones probadas y verificadas, es seguro proceder al control de señales digitales utilizando el GPIO de la Raspberry Pi.

Inicie su Raspberry Pi y, ya sea mediante una terminal remota o directamente en ella, ejecute el siguiente código Python para hacer parpadear uno de los leds del circuito alambrado.

```
1 # Importa la librería de control del GPIO de la Raspberry Pi
2 import RPi.GPIO as GPIO
3 # Importa la función sleep del módulo time
4 from time import sleep
5
6 # Desactivar advertencias (warnings)
7 GPIO.setwarnings(False)
8 # Configurar la librería para usar el número de pin.
9 # Llame GPIO.setmode(GPIO.BCM) para usar el canal SOC definido por Broadcom
10 GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
11 # Configurar el pin 32 como salida y habilitar en bajo
12 GPIO.setup(32, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
13
14 # El siguiente código hace parpadear el led
15 while True: # Bucle infinito
16     sleep(0.5) # Espera 500ms
17     GPIO.output(32, GPIO.HIGH) # Enciende el led
18     sleep(0.5) # Espera 500ms
19     GPIO.output(32, GPIO.LOW) # Apaga el led
```

3.4. Paso 4: Led parpadeante con PWM

En lugar de utilizar tiempos de espera (mismos que consumen tiempo de procesamiento y energía), es posible hacer parpadear el led de manera mucho más precisa y rápida utilizando uno de los moduladores de ancho de pulso (en inglés *Pulse Width Modulation* o *PWM*) por hardware que incorpora la Raspberry Pi.

Ejecute el siguiente código Python para hacer parpadear uno de los leds del circuito alambrado.

```
1 # Importa la librería de control del GPIO de la Raspberry Pi
2 import RPi.GPIO as GPIO
3 # Importa la función sleep del módulo time
4 from time import sleep
5
6 # Desactivar advertencias (warnings)
7 GPIO.setwarnings(False)
8 # Configurar la librería para usar el número de pin.
9 GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
10 # Configurar el pin 32 como salida y habilitar en bajo
11 GPIO.setup(32, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
12 # Inicializar el pin 32 como PWM a una frecuencia de 2Hz
13 pwm = GPIO.PWM(32, 1)
```

```

14
15 # El siguiente código hace parpadear el led
16 pwm.start(50)
17
18 flag = True
19 while flag:
20     try:
21         dutyCycle = int(input("Ingrese ciclo de trabajo: "))
22         pwm.ChangeDutyCycle(dutyCycle)
23     except:
24         flag = False
25         pwm.ChangeDutyCycle(0)
26 # Detiene el PWM
27 pwm.stop()
28 # Reinicia los puertos GPIO (cambian de salida a entrada)
29 GPIO.cleanup()

```

3.5. Paso 5: Display de siete segmentos

El último ejemplo consiste en mostrar números en el display de siete segmentos. Analice y ejecute el código mostrado a continuación.

```

1 # Importa la librería de control del GPIO de la Raspberry Pi
2 import RPi.GPIO as GPIO
3 # Importa la función sleep del módulo time
4 from time import sleep
5
6 # Desactivar advertencias (warnings)
7 GPIO.setwarnings(False)
8 # Configurar la librería para usar el número de pin.
9 GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
10 # Configurar pines 36, 38, 40 y 37 como salida y habilitar en bajo
11 GPIO.setup(32, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
12 GPIO.setup(38, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
13 GPIO.setup(40, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
14 GPIO.setup(37, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
15
16 # Mapea bits a los pines de la GPIO
17 def bcd7(num):
18     GPIO.output(32, GPIO.HIGH if num & 0x00000008 else GPIO.LOW )
19     GPIO.output(38, GPIO.HIGH if num & 0x00000004 else GPIO.LOW )
20     GPIO.output(40, GPIO.HIGH if num & 0x00000002 else GPIO.LOW )
21     GPIO.output(37, GPIO.HIGH if num & 0x00000001 else GPIO.LOW )
22
23 flag = True
24 while flag:
25     try:
26         num = int(input("Ingrese número entero: "))
27         bcd(num)
28     except:
29         flag = False
30 # Reinicia los puertos GPIO (cambian de salida a entrada)
31 GPIO.cleanup()

```

4. Experimentos

1. [1pt] Modifique el código de la [subsección 3.3](#) para todos los leds de la fila parpaddeen.
2. [1pt] Modifique el código de las [subsecciones 3.3](#) y [3.5](#) para que los leds de la fila enciendan de manera continua en una marquesina de izquierda a derecha.

3. [2pt] Modifique el código de las [subsecciones 3.3](#) y [3.5](#) para que los leds de la fila enciendan de manera continua en una marquesina de derecha a izquierda con velocidad variable definida por el usuario.
4. [1pt] Con base en las modificaciones anteriores, genere una marquesina que haga parecer que «la luz rebota» al llegar a las orillas (efecto ping-pong) con velocidad variable definida por el usuario.
5. [3pt] Tomando como base el código de la [subsección 3.4](#), haga que uno de los leds encienda gradualmente a lo largo de un segundo hasta adquirir máxima potencia, permanezca encendido medio segundo, y después se apague gradualmente a lo largo de otro segundo.

5. Cuestionario

1. [0.5pt] Explique por qué usar corrimientos es la manera más eficiente de generar una marquesina.
2. [0.5pt] Explique las ventajas o desventajas que tiene utilizar un modulador de ancho de pulso sobre tiempos de espera programados (*delays*).
3. [0.5pt] ¿Sería posible generar una marquesina circular utilizando el 74LS47 y el display de siete segmentos? Justifique su respuesta.
4. [0.5pt] ¿Es posible configurar cualquier pin de la GPIO como PWM? Justifique su respuesta.

A. Programa Ejemplo: `blink.py`

src/blink.py

```
1 # Importa la librería de control del GPIO de la Raspberry Pi
2 import RPi.GPIO as GPIO
3 # Importa la función sleep del módulo time
4 from time import sleep
5
6 # Desactivar advertencias (warnings)
7 # GPIO.setwarnings(False)
8 # Configurar la librería para usar el número de pin.
9 # Llame GPIO.setmode(GPIO.BCM) para usar el canal SOC definido por Broadcom
10 GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
11
12 # Configurar el pin 32 como salida y habilitar en bajo
13 GPIO.setup(32, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
14
15 # El siguiente código hace parpadear el led
16 while True: # Bucle infinito
17     sleep(0.5) # Espera 500ms
18     GPIO.output(32, GPIO.HIGH) # Enciende el led
19     sleep(0.5) # Espera 500ms
20     GPIO.output(32, GPIO.LOW) # Apaga el led
```

B. Programa Ejemplo: `bcd.py`

src/bcd.py

```
1
2 # Importa la librería de control del GPIO de la Raspberry Pi
3 import RPi.GPIO as GPIO
4 # Importa la función sleep del módulo time
5 from time import sleep
6
7 # Desactivar advertencias (warnings)
8 # GPIO.setwarnings(False)
9 # Configurar la librería para usar el número de pin.
10 GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
11 # Configurar pines 36, 38, 40 y 37 como salida y habilitar en bajo
12 GPIO.setup(36, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
13 GPIO.setup(38, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
14 GPIO.setup(40, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
15 GPIO.setup(37, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
16
17 # Mapea bits a los pines de la GPIO
18 def bcd7(num):
19     GPIO.output(36, GPIO.HIGH if (num & 0x00000001) > 0 else GPIO.LOW )
20     GPIO.output(38, GPIO.HIGH if (num & 0x00000002) > 0 else GPIO.LOW )
21     GPIO.output(40, GPIO.HIGH if (num & 0x00000004) > 0 else GPIO.LOW )
22     GPIO.output(37, GPIO.HIGH if (num & 0x00000008) > 0 else GPIO.LOW )
23
24 flag = True
25 while flag:
26     try:
27         num = int(input("Ingrese número entero: "))
28         bcd7(num)
29     except:
30         flag = False
31 #end try
32 #end while
33
34 # Reinicia los puertos GPIO (cambian de salida a entrada)
35 GPIO.cleanup()
```

C. Programa Ejemplo: `pwm.py`

src/pwm.py

```
1 # Importa la librería de control del GPIO de la Raspberry Pi
2 import RPi.GPIO as GPIO
3 # Importa la función sleep del módulo time
4 from time import sleep
5
6 # Desactivar advertencias (warnings)
7 GPIO.setwarnings(False)
8 # Configurar la librería para usar el número de pin.
9 GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
10 # Configurar el pin 32 como salida y habilitar en bajo
11 GPIO.setup(32, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
12 # Inicializar el pin 32 como PWM a una frecuencia de 1Hz
13 pwm = GPIO.PWM(32, 1)
14
15 # El siguiente código hace parpadear el led
16 pwm.start(50)
17 flag = True
18 while flag:
19     try:
20         dutyCycle = int(input("Ingrese ciclo de trabajo: "))
21         pwm.ChangeDutyCycle(dutyCycle)
22     except:
23         flag = False
24         pwm.ChangeDutyCycle(0)
25     #end try
26 #end while
27 # Detiene el PWM
28 pwm.stop()
29 # Reinicia los puertos GPIO (cambian de salida a entrada)
30 GPIO.cleanup()
```

D. Programa Ejemplo: `pwm_fast.py`

src/pwm_fast.py

```
1 import RPi.GPIO as GPIO
2 from time import sleep
3
4 GPIO.setwarnings(False)
5 GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
6 GPIO.setup(32, GPIO.OUT, initial=GPIO.LOW)
7 pwm = GPIO.PWM(32, 1000)
8
9 pwm.start(50)
10 flag = True
11 while flag:
12     try:
13         dutyCycle = int(input("Duty cycle: "))
14         pwm.ChangeDutyCycle(dutyCycle)
15     except:
16         flag = False
17         pwm.ChangeDutyCycle(0)
18     #end try
19 #end while
20 pwm.stop()
21 GPIO.cleanup()
```
