

# Laboratorio 4: Introducción al Dispositivo Raspberry Pi 3 Modelo B/B+

## Objetivos

- Aprender a conectar, configurar y utilizar la Raspberry Pi 3 Modelo B/B+ (RPi).
- Familiarizarse con los puertos de Entrada/Salida de uso general de la RPi.
- Aprender a usar los puertos vía comandos en una terminal.

**Duración:** 1 sesión

## Primera Parte: Conexión y Configuración de la RPi

1. Conecte la RPi a un monitor usando el cable HDMI. Encienda el monitor. **Importante: se debe conectar y encender el monitor ANTES de encender la RPi.**
2. Conecte un teclado y un *mouse* a la RPi (esto sí se podría hacer después de encender la RPi).
3. Conecte el adaptador de alimentación eléctrica. Use el *switch* con el botón. El proceso de arranque comenzará. Luego de unos segundos, deberá observar la interfaz gráfica del **Raspberry Pi OS**, el sistema operativo con el que trabajaremos. Este sistema está basado en Debian, que es una distribución de Linux.
4. Tome unos minutos para explorar el sistema, aplicaciones, configuraciones, sistema de archivos, etc.
5. Busque el ícono de conexión a internet en la esquina superior derecha. Es posible conectarse a una red vía WiFi o vía Ethernet (por cable). Si tiene plan de datos, puede probar conectarse a Internet usando su teléfono como *hotspot* (las redes WiFi de la UVG están limitadas o tienen restricciones que evitan que la RPi pueda hacer actualizaciones o pueda sincronizar la fecha y hora).
6. Cree un archivo de texto usando el editor **KWrite**. Si en el escritorio no hay un acceso directo al editor, lo puede buscar en el menú principal, bajo *Accesorios*. Guarde el archivo en el folder Documentos. Ubique el archivo usando el gestor (explorador) de archivos, el cual puede abrir con el botón que se encuentra en la barra de tareas superior.
7. La tecla “PrintScreen” debe funcionar, ya que el programa **scrot** para captura de imágenes está instalado. Las imágenes se guardan automáticamente en el directorio **/home/pi/**, y están identificadas por fecha y hora (usted puede cambiarles el nombre a los archivos, editarlos, etc.). Pruebe tomar una captura de imagen, y ubique el archivo.

8. Abra una consola (terminal). Notará que es similar a la que usó en CentOS. Pruebe algunos de los comandos que ha usado en prácticas anteriores. Liste archivos/folders, cree folders, navegue en el sistema de archivos, copie/mueva el archivo de texto y la imagen que creó antes, liste los procesos (**ps**, **top**), etc.
9. Es probable que el teclado, idioma, zona horaria, y otras cosas más ya estén configuradas correctamente (dependerá del teclado y de dónde se encuentre). Esas configuraciones y muchas más se pueden hacer desde la interfaz gráfica (*Menú Principal > Preferencias > Configuración de Raspberry Pi*). También se pueden hacer configuraciones usando el comando **raspi-config**. Pruebe el comando en la consola. **¿Hay algún problema? Siga las instrucciones del catedrático. Brevemente explique qué significa y para qué se usa “sudo”.**  
Notará que la herramienta de **raspi-config** se maneja únicamente con el teclado, no con el mouse. Verifique la configuración del teclado, la cual está en *Localisation Options > Keyboard*. Debería estar en *PC genérico 105 teclas (intl) > Español (latinoamericano)*. Si el teclado que usa no es de esa configuración, la puede cambiar.
10. La interfaz gráfica permite apagar o reiniciar el sistema fácilmente (*Menú Principal > Salir*). Lo mismo puede hacerse desde la consola. Pruebe los siguientes comandos para reiniciar y apagar la RPi, respectivamente:

**sudo shutdown -r now**                      (equivalentemente, se puede usar: **sudo reboot**)

**sudo shutdown -h now**                      (now no es obligatorio; es para ejecutar de inmediato)

Al **apagar** la RPi, espere unos 20 segundos para que el sistema termine de cerrar (hasta que el LED verde intermitente se apague definitivamente). Luego, se debe desconectar el adaptador de alimentación, o presionar el botón del *switch*. Para arrancar nuevamente el sistema, reconecte la alimentación. **Lo anterior NO es necesario si solo reinicia la RPi.**

**Nota:** siempre que termine de usar la RPi, asegúrese de apagarla correctamente. Si en algún momento se necesitara remover la tarjeta micro SD, **se debe hacer después de desconectar la alimentación (NO ANTES).**

**Evite desconectar la alimentación si la RPi está encendida. Puede corromper los archivos o el sistema operativo.**

11. Además de la interfaz gráfica, es posible usar consolas/terminales virtuales. Presione Ctrl-Alt-F1 para ir a una de ellas. Notará que se presenta una interfaz basada en texto. Pruebe algunos comandos que probó antes (**ls**, **ps**, **cd**, etc.).  
Presione Ctrl-Alt-F2, Ctrl-Alt-F3, etc. para acceder a las demás consolas. Notará que, a diferencia de la consola virtual 1, no tienen una sesión activa. Para iniciar sesión, debe ingresar un usuario y una contraseña. Pruebe el usuario predeterminado: **pi**, y la contraseña: **1**. Note que cuando ingrese la contraseña no aparecerán asteriscos ni nada. Luego, para salir de la sesión, ingrese **logout** o **exit**. Para regresar a la interfaz gráfica, vaya a la séptima consola (Ctrl-Alt-F7).  
**Nota:** es posible agregar o eliminar usuarios, y cambiar la contraseña. Si usted tiene una RPi propia, es libre de probarlo. **Sin embargo, no debe cambiar usuarios ni contraseñas en la RPi que se le prestó.**

12. Copie los archivos **L2\_fork\_contexto.c** y **L2\_pthread\_contexto.c** del laboratorio 3 a la RPi. Los puede descargar desde Canvas, Drive, GitHub, su correo o una memoria USB. **Sugerencia:** cree un folder para el laboratorio dentro de **Documentos** y guarde los archivos en ese folder.
- Abra uno de los archivos con **KWrite**. Note que el editor reconoce archivos .c (usa colores). Abra una consola, vaya al folder donde están los programas, y compílelos. Ingrese **ls**. Notará que los ejecutables se muestra en color verde, como en CentOS. Abra dos terminales más. En una terminal, corra **L2\_fork\_contexto**. En otra, corra **L2\_pthread\_contexto**. Y en la tercera, ejecute el comando **ps ax**, y luego **ps ax | grep L2\_**. **¿Funcionó todo igual que en Cygwin/CentOS?**

## Antecedentes de los Puertos de Entrada/Salida de la RPi

La RPi tiene varios puertos de entrada y salida (E/S), y un total de 28 líneas digitales de uso general, localizadas en el *header* **GPIO** (*General Purpose Input Output*). Las líneas pueden programarse individualmente como entradas o salidas, y permiten conectar la RPi con hardware externo.

Para usar los puertos como entradas o salidas, éstos deben ser configurados adecuadamente. Existen varios registros asociados a los puertos GPIO, los cuales son de 32 bits. Los registros *Function Select* (GPFSEL) se usan para tal configuración. Modificar bits individuales en los registros determina si los correspondientes puertos de E/S funcionarán como entrada (por defecto) o salida.

Al configurarse como entradas, el valor de los puertos (en los pines) se puede leer de los registros *GPIO Pin Level* (GPLEV). Al configurarse como salidas, los registros *GPIO Pin Output Set* (GPSET) se usan para asignar un valor de voltaje “alto” en los puertos (3.3 V), y los registros *GPIO Pin Output Clear* (GPCLR) se usan para asignar un valor de voltaje “bajo” (0 V).

*Para más detalles, pueden revisar el capítulo 6 en el documento “BCM2835-ARM-Peripherals”, publicado en Canvas, bajo Módulos > Manuales y Material Adicional. **Atención:** el documento tiene algunos errores. Lean el documento “General notes for the Raspberry Pi3 development”, también en Canvas.*

Para manipular los registros de E/S en nuestras aplicaciones, necesitaríamos mapear las direcciones de esos registros en nuestra memoria de programa. Más adelante en el curso aprenderemos sobre descriptores de archivos y mapeos de memoria, lo cual puede presentar algunas dificultades. Por el momento, usaremos una librería muy útil llamada **wiringPi** (<https://projects.drogon.net/raspberry-pi/wiringpi/functions/>), la cual provee muchas funciones que permiten utilizar los puertos GPIO de manera sencilla (¡configura los registros por nosotros!). wiringPi también incluye una herramienta para la línea de comandos, **gpio**, la cual permite configurar y usar los puertos desde una terminal (<http://wiringpi.com/the-gpio-utility/>).

## Pinout del GPIO

Para usar los puertos GPIO correctamente, es importante saber cómo están dispuestos los pines en la RPi. Esta disposición se conoce como el *pinout*. La Figura 1 muestra el llamado *pinout* RPi, también llamado *pinout* BCM\_GPIO. Es el mismo para las RPi modelos 3B/3B+/4B. Una tarjeta como la mostrada se incluye en las cajas de las RPis.

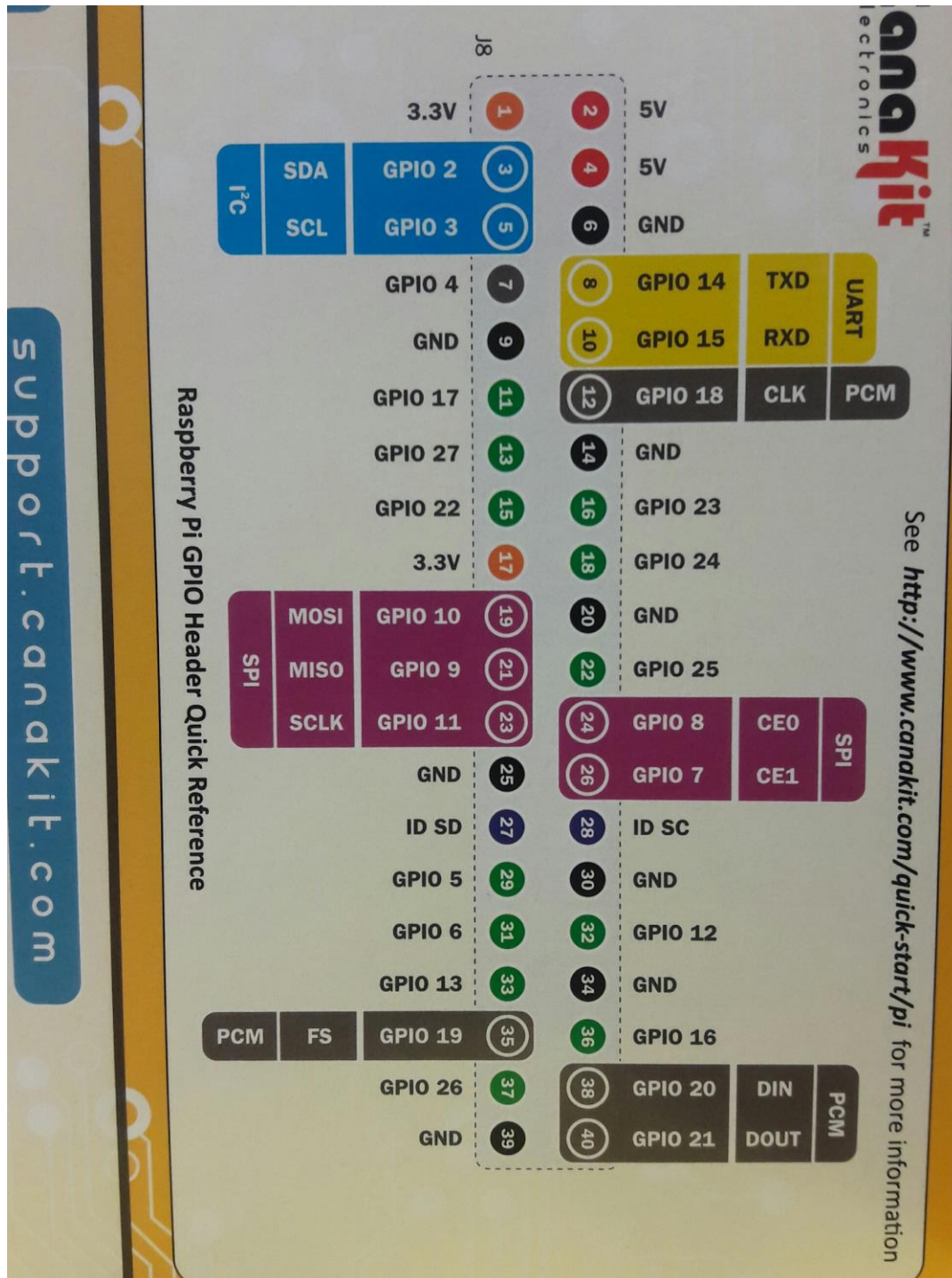


Figura 1. Pinout RPi (BCM\_GPIO). Raspberry Pi 3B/3B+/4B.

Por razones históricas (modelos RPi anteriores), **wiringPi utiliza un *pinout* distinto**. Es decir, los nombres y números asignados a los puertos no necesariamente coinciden entre ambos *pinouts*. La Figura 2 muestra el que llamaremos ***pinout wiringPi***.

Raspberry Pi 3 Model B (J8 Header)					
GPIO#	NAME			NAME	GPIO#
	3.3 VDC Power	1		5.0 VDC Power	2
<b>8</b>	GPIO 8 SDA1 (I2C)	3		5.0 VDC Power	4
<b>9</b>	GPIO 9 SCL1 (I2C)	5		Ground	6
<b>7</b>	GPIO 7 GPCLK0	7		GPIO 15 TxD (UART)	<b>15</b>
	Ground	9		GPIO 16 RxD (UART)	<b>16</b>
<b>0</b>	GPIO 0	11		GPIO 1 PCM_CLK/PWM0	<b>1</b>
<b>2</b>	GPIO 2	13		Ground	14
<b>3</b>	GPIO 3	15		GPIO 4	<b>4</b>
	3.3 VDC Power	17		GPIO 5	<b>5</b>
<b>12</b>	GPIO 12 MOSI (SPI)	19		Ground	20
<b>13</b>	GPIO 13 MISO (SPI)	21		GPIO 6	<b>6</b>
<b>14</b>	GPIO 14 SCLK (SPI)	23		GPIO 10 CE0 (SPI)	<b>10</b>
	Ground	25		GPIO 11 CE1 (SPI)	<b>11</b>
<b>30</b>	SDA0 (I2C ID EEPROM)	27		SCL0 (I2C ID EEPROM)	<b>31</b>
<b>21</b>	GPIO 21 GPCLK1	29		Ground	30
<b>22</b>	GPIO 22 GPCLK2	31		GPIO 26 PWM0	<b>26</b>
<b>23</b>	GPIO 23 PWM1	33		Ground	34
<b>24</b>	GPIO 24 PCM_FS/PWM1	35		GPIO 27	<b>27</b>
<b>25</b>	GPIO 25	37		GPIO 28 PCM_DIN	<b>28</b>
	Ground	39		GPIO 29 PCM_DOUT	<b>29</b>
<p><b>Attention!</b> The GPIO pin numbering used in this diagram is intended for use with WiringPi / Pi4J. This pin numbering is not the raw Broadcom GPIO pin numbers.</p> <p><a href="http://www.pi4j.com">http://www.pi4j.com</a></p>					

**Figura 2.** Pinout wiringPi. Tomado de <https://pi4j.com/getting-started/understanding-the-pins/>

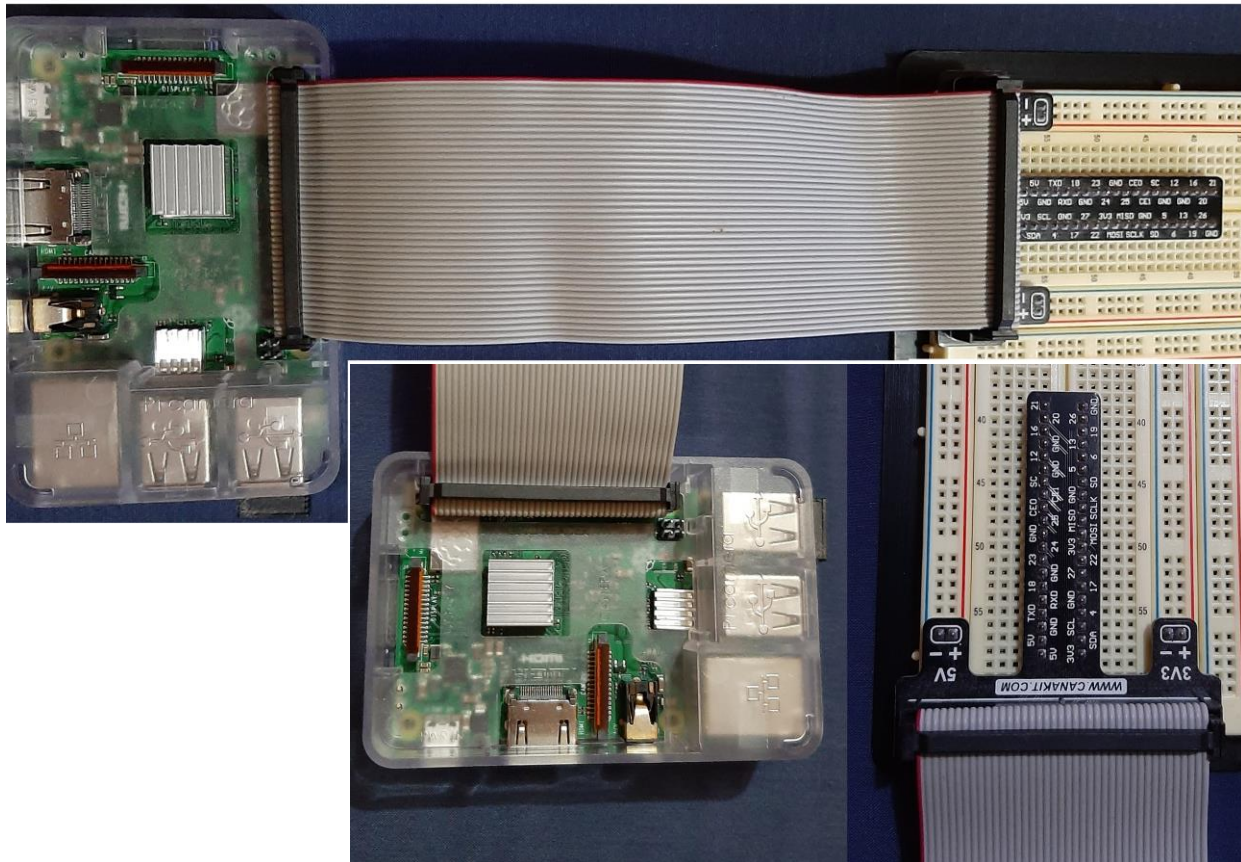


## Circuitos Externos

Para que tenga sentido usar los puertos GPIO, usarán componentes/circuitos simples y los conectarán a la RPi. En la siguiente parte de esta guía se les pedirá encender y apagar LEDs, y detectar si un *push button* está presionado o no. Para ello, deberán colocar esos componentes en un *proto board*, junto con resistencias, según sea necesario. Usarán el conector de 40 pines y el adaptador para *proto board*. Todo deberá ser alimentado por la RPi, la cual ofrece niveles de 3.3 V y 5 V. Dado que **los puertos GPIO manejan niveles de 3.3 V**, asegúrense de usar el pin de 3.3 V para alimentar sus circuitos. NO conecten 5 V a los puertos, ya que los pueden dañar.

El instructor discutirá con ustedes conexiones/configuraciones para los componentes. La Figura 3 muestra cómo se coloca el conector de 40 pines en la RPi y en el adaptador para *proto board*. Asegúrese de conectar todo correctamente, para evitar daños a la RPi o el uso incorrecto de los puertos.

**ANTES DE CONECTAR LOS CIRCUITOS EXTERNOS A LA RPi, ASEGÚRENSE DE IDENTIFICAR LOS PINES CORRECTOS.**



**Figura 3.** Conexión entre la RPi y el adaptador para *proto board*, usando el conector de 40 pines.

## **Segunda Parte: Manejo de Puertos GPIO por Medio de la Línea de Comandos**

Como se mencionó antes, wiringPi incluye una herramienta que permite configurar y usar los puertos GPIO desde una terminal. Consulte <http://wiringpi.com/the-gpio-utility/> al trabajar en esta parte del laboratorio. En cada uno de los casos siguientes, recuerde configurar los puertos como entrada o salida, según corresponda.

1. **Encendido y apagado de LEDs.** Debe usar comandos para encender y apagar un LED. Pruebe usar tanto la numeración GPIO de la RPi (Figura 1) como la de wiringPi (Figura 2). **Ayuda:** revise los ejemplos mostrados en la parte final de la página web indicada arriba. Pruebe usar distintos puertos. **Para el reporte: tome una captura de pantalla de la terminal con algunos comandos, y una fotografía del protoboard con el LED encendido.**
2. **Lectura del estatus del *push button*.** Lea el valor de un puerto cuando no tenga presionado el botón, y cuando lo tenga presionado. **¿Qué valores obtiene? ¿Son los resultados esperados? Tome una captura de pantalla de la terminal, con lo observado.**  
**Nota:** las líneas GPIO tienen resistores *pull up* / *pull down* internos, los cuales se pueden configurar por *software*. Es posible que necesite o no necesite configurar esos resistores (*pull up* o *down*) según como hayan conectado su circuito.

**Al terminar de usar la RPi, recuerde apagarla correctamente.**

### **Evaluación:**

Deberá subir a Canvas un documento (.pdf) con las respuestas a las preguntas planteadas en la guía y las imágenes solicitadas. Asegúrese de identificar/numerar claramente sus respuestas, según la parte/inciso de la pregunta correspondiente.

La fecha/hora de límite de entrega aparecerá en Canvas.

Asistencia y trabajo en el lab:	50%
Reporte (.pdf subido a Canvas):	50%

### **Material de Apoyo**

1. <https://www.raspberrypi.org/documentation/>
2. <http://wiringpi.com/>
3. <http://wiringpi.com/the-gpio-utility/>
4. Manuales publicados en Canvas.