

# Laboratorio 5: Conexión PC – RPi; Puertos de E/S de Uso General de la RPi (Programas en C)

## Objetivos

- Aprender a conectarse a la RPi desde una PC usando Cygwin/PowerShell/cmd (terminal) y VNC Viewer (interfaz gráfica), y aprender a transferir archivos entre ambos dispositivos.
- Aprender a usar los puertos de la RPi desde programas en el Espacio de Usuario, escritos en lenguaje C.

**Duración:** 1½ sesiones

## Primera Parte: Conexión PC – RPi

Muchas veces es conveniente conectarse a dispositivos como la RPi desde otras computadoras. A continuación, aprenderá a hacerlo desde terminales y desde el programa VNC Viewer. Este último permite visualizar la interfaz gráfica de la RPi en la otra computadora. También aprenderá a transferir archivos entre dispositivos.

1. Arranque la RPi. Si la fecha y hora están mal, las configurará manualmente. Esto se puede hacer desde una terminal con el comando **date**, así:

**sudo date -s 'YYYY-MM-DD HH:MM:SS'**

Verifique que la fecha está bien ingresando **date** en la terminal. La hora también se ajustará en la esquina superior derecha de la interfaz gráfica, aunque eso puede tomar aprox. 1 minuto.

**Nota:** Esto no debería ser necesario si la RPi se conecta a Internet a través de una red sin restricciones (la red UVG tiene algunas). Si prueba conectar la RPi en la red de su celular (usado como hotspot), la fecha y hora deberían corregirse automáticamente.

2. Conecte tanto su laptop como su RPi a la red inalámbrica **NETGEAR\_iemtbmUVG** (Router que usaremos para el curso). La contraseña es: **iemtbmUVG**

**Nota:** en su laptop, primero desconéctese de la red UVG (si estaba conectado a dicha red). Luego, al seleccionar la red NETGEAR\_iemtbmUVG, marque la opción de conectarse automáticamente. Esto es para prevenir que su laptop se vuelva a conectar a la red UVG. Más adelante podrá “olvidar” la red NETGEAR\_iemtbmUVG y reconectarse a la red UVG. Note que NETGEAR\_iemtbmUVG NO da acceso a Internet.

3. Averigüe la dirección IP de la RPi. Recuerde que lo puede hacer en una terminal con el comando **ifconfig** (busque la inet de la wlan0).

**Nota:** La dirección IP no necesariamente será la misma cada vez que se conecte a la red, ya que la asignación no es estática. Es posible definir IPs estáticas, cambiando configuraciones en la red. Puede investigar esto y aplicarlo en la red de su casa, si lo desea. Más adelante verá la ventaja de hacer esto, aunque no es indispensable.

4. Abra una terminal de Cygwin en su laptop. Ingrese el comando **ipconfig**. Verifique que la dirección IP de la LAN inalámbrica Wi-Fi sea “similar” a la de su RPi (busque la dirección IPv4). “Similar” se refiere a que los tres primeros números de la IP deben ser iguales, y sólo el último debe ser distinto.
5. Ahora se conectará a la RPi desde Cygwin. Esto se hace con el comando **ssh**, así:

**ssh pi@dir.ip.dela.RPi**                      ejs.: ssh pi@10.0.0.5   o   ssh pi@192.168.1.20

Es posible que la primera vez que haga lo anterior le aparezca un mensaje preguntando si realmente desea hacer lo que está a punto de hacer. Ingrese **yes**. Ya no debería necesitar hacerlo nuevamente. Se le pedirá que ingrese la contraseña del usuario pi. Como se indicó en un laboratorio anterior, la contraseña es: 1. Note que no aparece nada al ingresar la contraseña.

6. Si todo salió bien, notará que la línea de comandos ahora se ve como cuando abrió una terminal en la RPi anteriormente. Pruebe comandos como **ls** y **cd**, y convéncese de que está conectado a la RPi. Desde esta terminal, se puede hacer todo lo que ha hecho en laboratorios anteriores que no requiera interfaz gráfica. En particular, se puede compilar y correr programas. Incluso se puede editar programas con algunos editores básicos como **vi** o **nano** (estos no los veremos en el curso, aunque puede investigarlos, si tiene curiosidad).
7. Para terminar la conexión entre la computadora y la RPi, puede usar tanto el comando **exit** como el comando **logout**. Pruebe cualquiera de los dos. Notará cómo la línea de comandos vuelve a verse como cuando abrió Cygwin.
8. Es posible establecer más de una conexión entre su computadora y la RPi. Abra otra terminal de Cygwin, y conéctese nuevamente a la RPi desde ambas terminales.
9. También es posible conectarse a través del PowerShell o el cmd de Windows. Abra una ventana de cada uno, y conéctese a la RPi. Se hace de la misma forma:

**ssh pi@dir.ip.dela.RPi**

**Nota:** la conexión también se puede hacer desde terminales de sistemas Linux o Mac.

10. Es posible transferir archivos entre la RPi y una PC (o entre distintas RPis) desde una terminal. Esto se puede hacer con el comando **scp**. La sintaxis es la siguiente:

**scp archivo(s)\_a\_transferir destino**

En Cygwin (en su computadora, no conectado a la RPi), vaya a algún directorio que tenga varios archivos .txt o .c (por ejemplo, donde tenga los programas del lab 1 o del lab 3). Si no tiene ningún folder así, cree uno con un par de archivos de texto. Ingrese lo siguiente:

**scp un\_archivo.txt pi@dir.ip.dela.RPi:**

Se le pedirá ingresar la contraseña del usuario pi. Luego de ingresarla, deberá ver una línea indicando que el archivo se transfirió.

**Nota 1:** luego de la dirección IP, siempre se debe escribir el caracter dos puntos ':'. Si no se escribe nada después de los dos puntos, el archivo se transfiere al directorio **/home/pi** en la RPi. Si desea transferir el archivo a otro directorio, debe ingresar la ruta después de los dos puntos. Por ejemplo, si quisiera transferir el archivo a un folder llamado Lab5, dentro del folder Documents (la ruta completa sería /home/pi/Documents/Lab5; el folder ya debe existir en la RPi), debería ingresar lo siguiente:

**scp un\_archivo.txt pi@dir.ip.dela.RPi:Documents/Lab5**

**Nota 2:** si el nombre de su archivo tiene espacios en blanco, y/o el folder destino en la RPi tiene espacios en blanco, debe usar comillas simples y el caracter '\ ', así:

**scp 'otro\_archivo.txt' 'pi@dir.ip.dela.RPi:ruta\_al/folder\ con\ espacio'**

Por cosas como lo anterior, es preferible evitar usar nombres de archivos o directorios con espacios en blanco.

**Nota 3:** se puede transferir cualquier tipo de archivos. No tienen que ser archivos de texto.

En la RPi, vaya al folder destino. Deberá ver el archivo transferido.

11. Se pueden transferir varios archivos a la vez. Todos los archivos que se escriban antes del último argumento (si existen), serán transferidos. Por ejemplo:

**scp archivo1 archivo2 archivo3 pi@dir.ip.dela.RPi:Documents/Lab5**

También es posible usar el caracter de comodín, '\*', para transferir múltiples archivos a la vez. Por ejemplo, si quisiera enviar todos los archivos con extensión .c, podría hacer lo siguiente:

**scp \*.c pi@dir.ip.dela.RPi:Documents/Lab5**

**Nota:** el comodín también funciona para otros comandos, no sólo para **scp**, y puede estar en cualquier parte del argumento de los comandos. Por ejemplo, si quisiera eliminar todos los archivos que comiencen con L1\_, o mover todos los archivos que terminen con .txt de un folder a otro, puede ingresar lo siguiente, respectivamente:

**rm L1\_\***

**mv \*.txt ruta/al/folder/destino**

Pruebe transferir todos los archivos .txt (o .c) de Cygwin a la RPi. Verifique que se hayan transferido exitosamente. Luego, en la RPi, borre todos los archivos que transfirió.

12. El comando **scp** también funciona en el PowerShell o en el cmd. Abra alguno de los dos, vaya a un directorio de su computadora donde tenga varios archivos, y pruebe transferirlos a la RPi. Pruebe transferir uno por uno, y pruebe transferir varios a la vez.
13. También es posible transferir archivos de la RPi a su computadora. Esto se puede hacer desde Cygwin (o PowerShell o cmd) en su computadora, invirtiendo el origen y el destino. Suponga que hay un archivo en la RPi en el directorio /home/pi/Documents que quiere transferir al directorio en el que se encuentra en la terminal de su computadora. Para hacer la transferencia, ingresaría:

**scp pi@dir.ip.dela.RPi:Documents/su\_archivo .**

El punto al final significa “aquí”. Si quisiera transferir a otro directorio, no a donde está actualmente, ingresaría:

**scp pi@dir.ip.dela.RPi:Documents/su\_archivo ruta/al/directorio/destino**

Pruebe transferir algo desde la RPi a su computadora, desde Cygwin. Use el comando **ls** para verificar que efectivamente se transfirió el archivo. Luego, transfiera algo más, pero desde PowerShell o cmd. Verifique la transferencia. Recuerde que **ls** funciona en PowerShell, pero no en cmd. En lugar de **ls**, puede usar el comando **dir**.

14. Muchas veces es suficiente establecer conexiones a través de la terminal. Sin embargo, también es útil poder ver la interfaz gráfica de la RPi en nuestra computadora (o tableta, o incluso celular). Una forma de hacerlo es a través del programa VNC Viewer. La RPi necesita tener el VNC Server (el cual ya está instalado y activo en las RPis que le prestaron).

En su computadora, abra VNC Viewer. En la parte superior, ingrese la dirección IP de la RPi (que es la dirección del servidor VNC al que se desea conectar). Si le aparece un mensaje de advertencia, acepte proseguir. Le deberá aparecer una ventana para ingresar el nombre de usuario y la contraseña. Ingrese pi y 1, respectivamente. Si todo está bien, le aparecerá una ventana con la interfaz gráfica de la RPi.

Ya estando conectado, usted puede trabajar en la RPi usando el teclado y ratón de su computadora, y visualizando todo en su pantalla. Esto es muy útil, si no cuenta con monitor, otro teclado y otro ratón para conectarlo a la RPi. Lo único que necesita es que ambas computadoras estén en la misma red local (y que esta no tenga muchas restricciones), y conocer la dirección IP de la RPi.

15. Si coloca el puntero del ratón por la parte superior de la ventana del VNC Viewer, le aparecerá un menú como el que se muestra en la figura a continuación. Con uno de los íconos abrirá una herramienta para transferencia de archivos. Podrá seleccionar qué archivos quiere transferir de su computadora a la RPi, y dónde, en su computadora, se guardarán archivos copiados desde la RPi.



Para seleccionar archivos a transferir de la RPi a su computadora, y seleccionar dónde, en la RPi, se guardarán archivos transferidos desde su computadora, deberá hacer clic en el ícono del VNC Server. Busque la opción “File Transfer...” en el menú de la esquina superior derecha. Vea las figuras abajo.



Pruebe transferir archivos desde su computadora a la RPi, y vice-versa. Pruebe cambiar las ubicaciones de destino, tanto en la RPi como en su computadora.

16. Para finalizar la sesión del VNC Viewer, puede cerrar la ventana, o hacer clic en el último ícono del menú de la parte superior.

Todo lo anterior se puede hacer sin la necesidad de una red Wi-Fi. Basta usar un cable de red (Ethernet) para conectar la PC con la RPi.

17. Tome un cable de red y conéctelo al puerto Ethernet de la RPi y al de su computadora. Si su computadora no cuenta con puerto Ethernet, deberá observar lo que hace algún compañero, siempre manteniendo el debido distanciamiento.

**Nota:** Con un adaptador USB – Ethernet se puede realizar la conexión y todo lo descrito a continuación. **No es necesario que compre uno.**

18. Luego de unos instantes después de conectar el cable, averigüe la dirección IP de la RPi asociada a Ethernet. Use el comando **ifconfig** y busque la inet de la eth0. Esta dirección también debe aparecer en el ícono de red de la esquina superior derecha de la interfaz gráfica de la RPi.

**Nota:** Esta dirección IP de la RPi sí es muy probable que sea la misma cada vez que se conecte a su computadora, así que apúntela. Esto es muy conveniente, ya que podrá conectarse a la RPi sin tener que averiguar la IP cada vez.

19. Pruebe conectarse desde una terminal de Cygwin usando la IP de Ethernet. Note que puede mantener las conexiones anteriores (Wi-Fi), o no. No importa. De hecho, no es necesario que el Wi-Fi esté habilitado en la RPi para conectarse por Ethernet.

**Nota:** La IPv4 de Ethernet de su computadora también la puede encontrar usando **ipconfig** desde Cygwin o PowerShell. Los primeros dos números deberían coincidir con los de la IP de la RPi.

20. Pruebe conectarse desde PowerShell y/o cmd.
21. Pruebe conectarse por medio de VNC Viewer. En este caso, sí es mejor cerrar la sesión que tenía por Wi-Fi, por la cantidad de datos que se transfieren con las interfaces gráficas.

## **Segunda Parte: Desarrollo de programas usando el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) “Eclipse” en la Raspberry Pi 3 Modelo B/B+**

La RPi tiene instalados algunos editores de texto, como KWrite, que conoció en el laboratorio 4. Como ya ha visto antes, no es necesario utilizar IDEs como Eclipse para editar y compilar sus programas. Sin embargo, es útil conocer dichas herramientas.

1. En el escritorio puede encontrar un ícono de acceso directo a Eclipse. Alternativamente, puede invocar Eclipse desde una terminal. Se hace igual que en CentOS: ingrese el comando

**eclipse &**

Recuerde que el símbolo & se usa para mandar el proceso al trasfondo. No es necesario, pero eso permite continuar en control de la terminal.

2. Cuando Eclipse arranque, le pedirá que ingrese una ruta para su directorio de trabajo. Ingrese: **/home/pi/workspace**, que debería ser la ruta predeterminada.
3. Cree un proyecto “Hello World” en lenguaje C. Compílelo y córralo en la terminal integrada de Eclipse.
4. Como hemos visto antes, la mayoría de los programas es mejor correrlos desde una terminal aparte. Abra una terminal de Cygwin o PowerShell en su computadora, y conéctese a la RPi (esto no es necesario, es sólo para ilustrar que se pueden ejecutar programas en la RPi, conectado desde su PC). Utilice el comando **cd** para acceder a su proyecto. El ejecutable debería estar en el folder **/home/pi/workspace/su\_proyecto/Release/**. Ingrese **ls**. Como en CentOS, notará que el ejecutable se muestra en color verde. Corra el programa desde la terminal.

## **Tercera Parte: Manejo de Puertos GPIO con Programas Escritos en C**

A continuación, deberá crear programas en C que manipulen los puertos GPIO. Tendrá la libertad de crearlos/editarlos usando KWrite y compilarlos directamente desde una terminal, o crear proyectos en Eclipse y editar y compilar los programas desde dicho entorno.

1. Encendido y Apagado de LEDs: Escriba un programa en C que alternativamente encienda y apague dos LEDs, cada cierto tiempo aleatorio entre 0.5 s y 1.5 s. Cuando un LED esté encendido, el otro deberá estar apagado, y vice-versa. El tiempo debe ser distinto cada vez. **Ayuda:** investiguen la funciones **rand** y **srand**.

Considere las siguientes funciones de wiringPi:

- int **wiringPiSetup**(void)
- int **wiringPiSetupGpio**(void)
- void **pinMode**(int Pin, int Value)
- void **digitalWrite**(int Pin, int Value)

**Nota:** Necesitará incluir el encabezado **wiringPi.h** en su código, y necesitará incluir la librería wiringPi al compilar/enlazar su programa (-lwiringPi).

**Deberá mostrar el funcionamiento del programa al instructor o auxiliar.**

Para el siguiente inciso, el instructor discutirá con ustedes conexiones para usar una bocinita. Necesitará resistencias y un transistor. **Recuerde usar el pin de 3.3 V de la RPi para alimentar su circuito.**

2. Producir un sonido con la bocina: Escriba un programa en C que genere una señal cuadrada para activar una bocina. La señal no debe empezar de inmediato al correr el programa. Deberá esperar hasta que un *push button* sea presionado. La señal será generada cambiando constantemente el valor del puerto GPIO conectado a la bocina de alto a bajo (en un bucle). Deberá probar distintas frecuencias hasta lograr escuchar algo. Trate de obtener un sonido “bonito”. Además de estar en un bucle generando la señal cuadrada, el programa debe ser capaz de aceptar las siguientes opciones ingresadas por medio del teclado: ‘p’, para pausar el sonido, ‘r’, para reanudar el sonido, y ‘s’ para salir del programa (terminar la ejecución).

**Ayuda:** si usa **scanf**, coloque un espacio en blanco antes del %c para “consumir” el *enter* de la captura anterior: **scanf(“ %c”, ...);**

Además de las funciones de wiringPi mencionadas en el inciso 1 de la Tercera Parte, considere las funciones siguientes:

- void **pullUpDnControl**(int Pin, int pud\_mode)
- int **digitalRead**(int Pin)

**También deberá mostrar el funcionamiento de este programa al instructor o auxiliar.**

Recuerde mantener un respaldo de sus programas. Como se mencionó antes, es conveniente mantener un folder con todas sus prácticas en Google Drive, Dropbox, Box, GitHub, etc. Puede abrir su cuenta de Drive (Dropbox, Box, etc.) desde el navegador de Internet de la RPi. Adicionalmente, puede transferir sus archivos de la RPi a su PC, como aprendió en la Primera Parte de esta práctica. Lo importante es tener un *back-up* de sus archivos, en caso de que le pase algo a la tarjeta SD.

**Al terminar de usar la RPi, recuerde apagarla correctamente. Pruebe apagarla desde una terminal de Cygwin o PowerShell, estando conectado a la RPi.**

### **Evaluación:**

Además de la demostración de sus programas de la Tercera Parte, deberá subir a Canvas **los archivos fuente (archivos .c)**. Asegúrese de incluir su nombre, carné, curso y número de laboratorio, como comentarios.

Trabajo en el laboratorio:	40%
Demostración:	30%
Programas (.c):	30%

**Fecha límite de entrega: consulte la tarea de Canvas.**

### **Material de Apoyo**

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