




Universidad Abierta Interamericana


Facultad de Ingeniería en Sistemas

Implementación de UPnP con Raspberry Pi

Materia	Sistemas de Hardware para la Administración
Docente	Lic. Jorge Kamlofsky
Alumnos	Bandiera Alan, Bodas Tomás
Sede	UAI Lomas
Fecha	19/08/2019

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 2/19

Abstract	3
Palabras clave	3
1. Introducción	4
1.1 Trabajos Relacionados	4
1.2 Objetivos	4
2. Marco Teórico	5
2.1 Conceptos Teóricos Protocolo UPnP	5
Componentes	6
Servidor Multimedia UPnP AV	6
UPnP MediaServer ControlPoint	6
UPnP MediaRenderer DCP	6
Funcionamiento	6
Aplicaciones	9
2.2 Introducción a Elementos Utilizados	9
Software Utilizado	9
Placa Raspberry Pi	10
Características	10
3 Desarrollo	13
3.1 Objetivo de la Práctica	13
3.2 Componentes	13
3.3 Código	13
3.4 Pasos de la Práctica	15
4 Conclusión	18
5 Referencias	19

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 3/19

Abstract

Universal Plug and Play (UPnP) es un grupo de protocolos de comunicación que permite que dispositivos como PCs, impresoras, puntos de acceso Wi-Fi, celulares, etc. puedan descubrir de manera simple la presencia de otros dispositivos en una misma red y establecer servicios de red de comunicación, transferencia de datos y entretenimiento.


El presente trabajo tiene por objetivo demostrar una implementación de uso de dicho protocolo, habilitando el uso de dispositivos eléctricos inalámbricamente a través de la red local, conectandolos a una Raspberry Pi.

Con este objetivo en mente, se desarrollan aplicaciones funcionales para hacer el uso del protocolo, utilizando los pines GPIO de una Raspberry Pi para hacer encender y apagar un LED desde cualquier dispositivo conectado a la red.

Adicionalmente, se intenta demostrar la rapidez y utilidad de protocolos UPnP y sus aplicaciones a proyectos IOT, facilitando las conexiones en red.

Palabras clave

Protocolo UPnP, aplicación UPnP, Raspberry Pi

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 4/19

1. Introducción

El presente trabajo expone los aspectos y fundamentos más importantes del proyecto. Se describe conceptual y prácticamente la utilización de protocolos de comunicación de UPnP y el ordenador de placa reducida Raspberry Pi.

Se profundiza el práctico, comunicación y conexión de cada uno de los módulos, demostrando su funcionamiento.


1.1 Trabajos Relacionados

Valverde, Jose Manuel Palacios, et al. "Semantically enabling UPnP Networks of Multimedia Home Content." *IEEE Latin America Transactions* 9.4 (2011): 586-592.

González Luna, Marissa, and Edgar Adrián Lesprón Ramírez. "Sistema para el ahorro de energía mediante el apagado a distancia de dispositivos de oficina basado en tecnología Universal Plug and Play (UPnP)." *Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales* (2009).

1.2 Objetivos

Analizar y aplicar protocolos UPnP para el control de dispositivos electrónicos a distancia por red local de internet.

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 5/19


2. Marco Teórico

2.1 Conceptos Teóricos Protocolo UPnP

“La tecnología UPnP define una arquitectura penetrante para conectividad de redes de peer-to-peer de dispositivos inteligentes, inalámbricos y PCs de todos los tipos. Está diseñado para brindar conectividad fácil de usar, flexible y basada en estándares a redes ad-hoc, o no gestionadas, ya sea para redes hogareñas, negocios pequeños, espacios públicos o conectado a internet. La tecnología UPnP brinda una arquitectura de redes distribuida y abierta que aprovecha TCP/IP y tecnologías web para permitir la creación de redes de dispositivos próximos de manera simple, además de control y transferencia de datos entre los dispositivos conectados.” [\[1\]](#)

Universal Plug and Play (UPnP), es un conjunto de protocolos de comunicación para dispositivos dentro de una red privada. Sus funciones clave es abrir puertos automáticamente, sin que el usuario tenga que asignar puertos para cada programa.

La arquitectura UPnP permite la conexión entre dispositivos como computadoras, electrodomésticos y dispositivos inalámbricos. Es un protocolo de arquitectura abierta que se basa en estándares reconocidos como TCP/IP, HTTP, XML y SOAP.

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 6/19

Componentes

Servidor Multimedia UPnP AV

Un Servidor Multimedia UPnP AV es un servidor UPnP (dispositivo 'maestro') que proporciona información sobre su biblioteca de medios, transmite información multimedia (audio/video/imágenes/ficheros) a clientes UPnP de la red.

Los servidores multimedia UPnP AV proporcionan un servicio a los clientes UPnP AV, denominados puntos de control (ControlPoint). Permite consultar los contenidos del servidor y solicitar el envío de un fichero para su reproducción.

UPnP MediaServer ControlPoint

Un servidor UPnP MediaServer ControlPoint (dispositivo 'esclavo') es un servidor de archivos multimedia que puede detectar automáticamente los clientes UPnP de la red privada, consulta su contenido y controla la transferencia.


UPnP MediaRenderer DCP

Es un dispositivo 'esclavo' capaz de reproducir contenidos provenientes de un servidor multimedia UPnP AV. Asimismo, puede controlar los ajustes de video (brillo, contraste, etc.).

Funcionamiento

Para su funcionamiento, UPnP asume que la red usa Internet Protocol (IP) y aprovecha HTTP por sobre IP para brindar descripción de dispositivos y servicios, acciones, transmisión de datos y eventos.

La arquitectura UPnP permite comunicación de dispositivo a dispositivo de electrónicos domésticos, dispositivos móviles y computadoras. Es un protocolo distribuido, de arquitectura abierta, basado en estándares establecidos, como TCP/IP, HTTP, XML y SOAP. En UPnP existen "Puntos de Control" (CP), los cuales son dispositivos que utilizan protocolos UPnP para controlar "Dispositivos Controlables" (CD).


	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 7/19

El paso número 1 de UPnP es el descubrimiento.

“La base de UPnP es el direccionamiento IP: Un dispositivo u acceso de control UPnP PUEDE soportar sólo IP versión 4 o ámbos IP versión 4 y 6... Cada dispositivo o punto de control UPnP que no implemente un servidor DHCP (Protocolo de Configuración Dinámica de Host) DEBE tener cliente DHCP y buscar un servidor DHCP cuando el dispositivo o punto de control se conecta por primera vez a la red (si el dispositivo o punto de control mismo implementa un servidor DHCP, PUEDE asignarse a sí mismo una dirección del conjunto que controla). Si hay un servidor DHCP disponible, el dispositivo o punto de control DEBE usar la dirección IP que le fue asignada. Si no hay un servidor DHCP disponible, el dispositivo o punto de control DEBE utilizar Auto-IP para obtener una dirección.” [\[2\]](#)

El paso número 2 de UPnP es la descripción. Después de que el dispositivo adquiere una dirección IP, el siguiente paso en UPnP es el descubrimiento. UPnP cuenta con un protocolo de descubrimiento denominado Simple Service Discovery Protocol (SSDP). SSDP permite que cuando un dispositivo se añade a una red, pueda anunciar sus servicios a los puntos de control presentes en dicha red. Adicionalmente, cuando se añade un punto de control a la red, SSDP le permite buscar a los dispositivos controlables que le interese utilizar. En ambos casos, el intercambio fundamental es un mensaje de descubrimiento, el cual contiene datos básicos del dispositivo, o sus servicios. Algunos de los datos básicos son su tipo, identificador y URL en la cual se puede encontrar información más detallada.


Después de que un punto de control encontró un dispositivo, aún no cuenta con suficiente información acerca de su funcionamiento como para poder interactuar con el mismo. El punto de control debe obtener la descripción de dicho dispositivo mediante la URL que proporciona el mismo en el mensaje de descubrimiento. La descripción del dispositivo se codifica en XML. Incluye información más específica y detallada, como su nombre de modelo, número, número de serie, nombre de fabricante, URLs a sitios web del fabricante, etc.

	<p align="center">UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática</p>	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 8/19

“La descripción también incluye una lista de dispositivos o servicios embebidos, así como URLs de control, manejo de eventos y presentación. Para cada servicio, la descripción incluye una lista de los comandos, o acciones, a las que responderá el servicio, y parámetros, o argumentos, de cada acción; la descripción de un servicio también incluye una lista de variables; estas variables modelan el estado del servicio en tiempo de ejecución, y se describen en términos de su tipo de datos, rango y las características de sus eventos.

El paso número 3 en UPnP es el control. Tras obtener la descripción del dispositivo, el punto de control puede enviar acciones a los servicios del dispositivo controlable, mediante el envío de un mensaje de control apropiado a la URL de control de servicio (la cual fue proporcionada en la descripción del dispositivo). Estos mensajes de control se codifican en XML mediante SOAP (Protocolo Simple de Acceso a Objetos). Similar a una llamada a una función, el servicio responderá con un mensaje de control el cual contiene los resultados de la acción. Los efectos de la acción se modelarán mediante cambios en las variables que describen el estado del servicio.

El paso número 4 de UPnP es la notificación de eventos o eventing. Una descripción UPnP para un servicio incluye una lista de acciones a las que responde el servicio y una lista de variables que modelan el estado del servicio en tiempo de ejecución. El servicio publica actualizaciones cuando cambian estas variables y un punto de control puede subscribirse para recibir esta información. El servicio publica actualizaciones enviando mensajes de eventos. Los mensajes de eventos contienen los nombres de una o más variables de estado y el valor actual de dichas variables. Estos mensajes se expresan en XML. Un mensaje de evento inicial y especial se envía cuando un punto de control se subscribe. Este mensaje de evento contiene los nombres y valores para todas las variables de eventos y permite que el suscriptor inicialice su modelo del estado del servicio. Para brindar soporte a escenarios con múltiples puntos de control, eventing está diseñado para mantener a todos los puntos de control igualmente informados de los efectos de cualquier acción. Por lo tanto, se envían todos los mensajes de eventos a todos los suscriptores, los suscriptores reciben mensajes de eventos para todas las variables de eventos que han cambiado, y los mensajes de eventos son enviados sin importar el por qué la variable de estado cambió (tampoco en respuesta a una acción solicitada, o porque el estado el cual modela el servicio ha cambiado). Eventing multicasting es una variable


	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 9/19

en este paso de networking UPnP. A través de eventing multicasting, los puntos de control pueden escuchar los cambios de estado en servicios sin subscripción.

El paso número 5 en UPnP es la presentación. Si un dispositivo tiene una URL de presentación, entonces el punto de control podrá obtener una página desde dicha URL, mostrarla en un navegador y, dependiendo de las características de la página, permitirá al usuario controlar el dispositivo y/o consultar su estado. El grado de control que se puede obtener depende en gran medida del dispositivo y de la interactividad presente en la interfaz de presentación.” [\[3\]](#)

Aplicaciones

UPnP facilita la comunicación y el descubrimiento de dispositivos como impresoras en una red local o el consumo de archivos de un servidor multimedia en esa misma red. Como tal, es ideal para aplicaciones de internet de las cosas (IoT) en entornos hogareños y pequeñas oficinas. Debido a cuestiones de seguridad y especificidades en su etapa de eventing, su uso no es recomendable para ambientes profesionales, de gran escala, o donde la seguridad y privacidad sea de crucial importancia.

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 10/19

2.2 Introducción a Elementos Utilizados

Software Utilizado

- Raspbian (sistema operativo para Raspberry Pi)
- Node.js (framework de código abierto para la capa de servidor)

Placa Raspberry Pi

Características

- CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
- RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM
- Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE
- Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps)
- GPIO de 40 pines
- HDMI
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto CSI para conectar una cámara.
- Puerto DSI para conectar una pantalla táctil
- Salida de audio estéreo y vídeo compuesto
- Micro-SD
- Power-over-Ethernet (PoE)



UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

Facultad de Tecnología Informática

Materia Sistemas de Hardware para la Administración
Docente Lic. Jorge Kamlofsky
Alumnos Bandiera Alan, Bodas Tomás
Tema Implementación UPnP con Raspberry Pi

Fecha 19/08/2019
Página 11/19

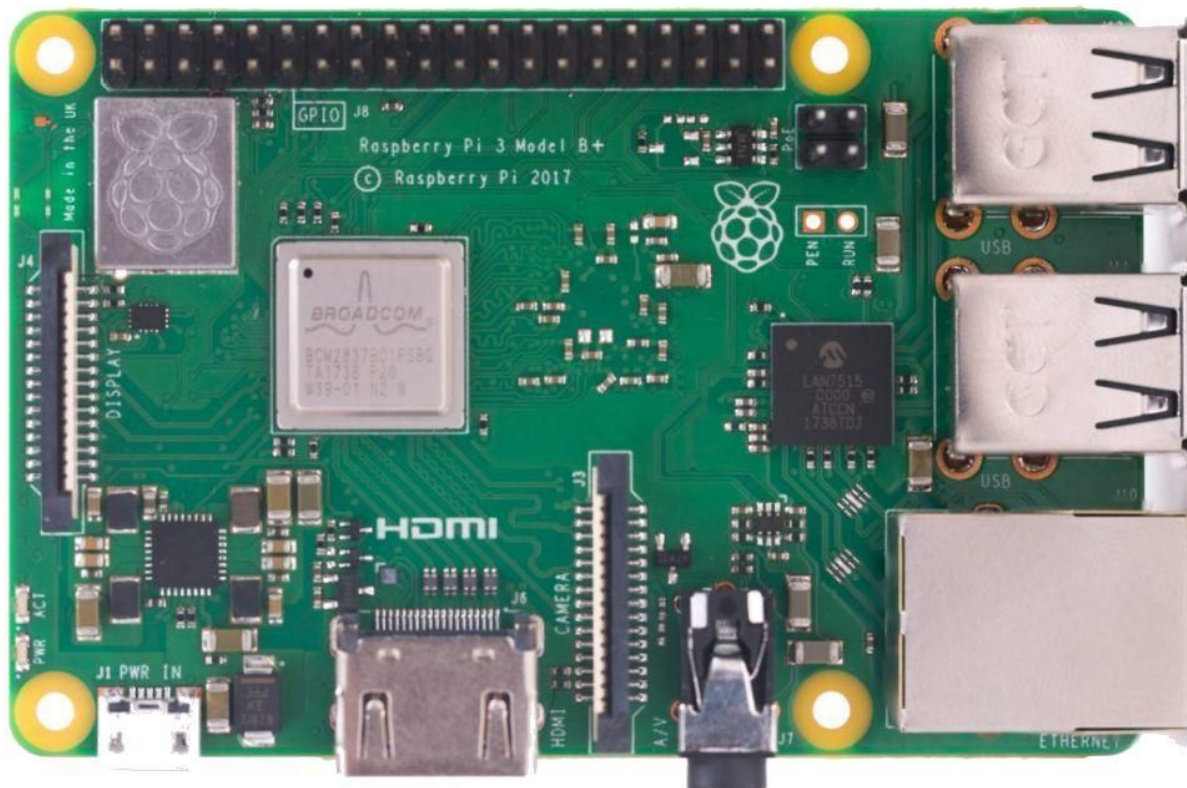
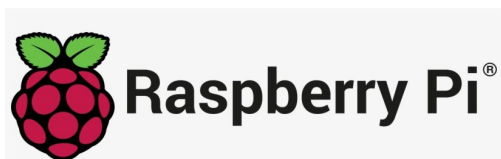


Figura 1. Placa Raspberry Pi 3 modelo B+ [\[4\]](#)

Raspberry Pi es un ordenador pequeño de bajo costo que consta de una placa, monta un procesador, un chip gráfico y memoria RAM. Lanzado en 2006 por la fundación Raspberry Pi con el objetivo de estimular la enseñanza de informática en las escuelas de todo el mundo. [\[5\]](#)



UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

Facultad de Tecnología Informática

Materia Sistemas de Hardware para la Administración
Docente Lic. Jorge Kamlofsky
Alumnos Bandiera Alan, Bodas Tomás
Tema Implementación UPnP con Raspberry Pi

Fecha 19/08/2019
Página 12/19

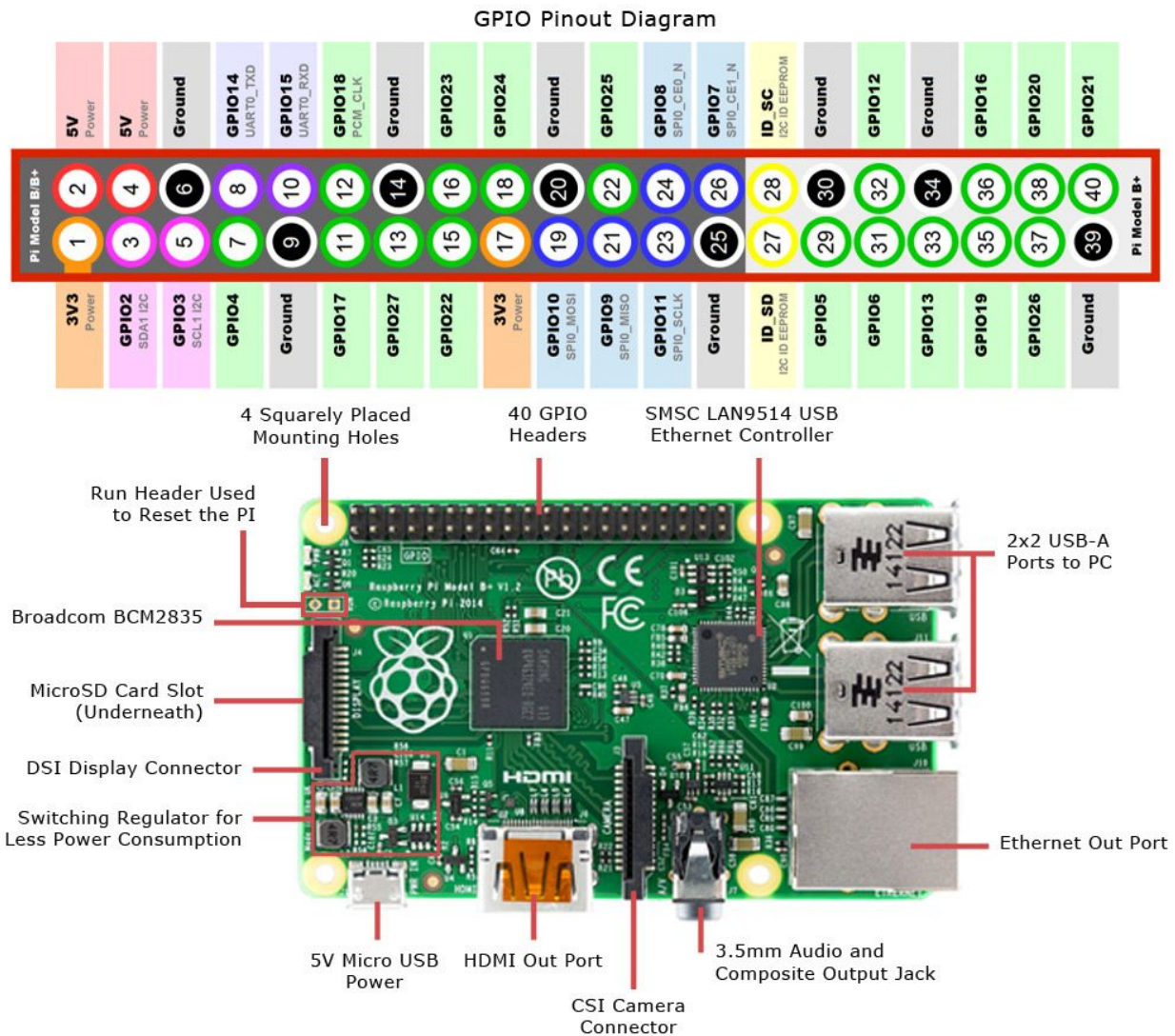



Figura 2. Diagrama de pines de Placa Raspberry Pi 3 modelo B+ [6]

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 13/19

3 Desarrollo

3.1 Objetivo de la Práctica

Utilizar y controlar los pines GPIO de Raspberry Pi a distancia, a través de la red local, habilitando encender y apagar un LED. Esto se hace posible a través de UPNP, abriendo puertos necesarios automáticamente.

3.2 Componentes

- Raspberry Pi Modelo 3B+
- Protoboard
- 2 cables dupont macho/hembra
- 1 resistencia de 330 ohms
- 1 LED

3.3 Código

```
const upnp = require('nat-upnp');
const express = require('express');
const Gpio = require('onoff').Gpio;
let led;
// Observa si los pines GPIO están habilitados para el uso
if (Gpio.accessible) {
  led = new Gpio(26, 'out');
} else {
  led = {
    writeSync: (value) => {
      console.log('virtual led now uses value: ' + value);
    }
  };
};
}
```



UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA


Facultad de Tecnología Informática

Materia Sistemas de Hardware para la Administración
Docente Lic. Jorge Kamlofsky
Alumnos Bandiera Alan, Bodas Tomás
Tema Implementación UPnP con Raspberry Pi

Fecha
19/08/2019
Página
14/19

```
var client = upnp.createClient();
var app = express();

// Envía a index.html (Frontend con opciones "Turn on, Turn off")
app.get('/', (req, res) => res.sendFile('index.html'))
// "Encendido"
app.get('/on', function (req, res) {
  led.writeSync(Gpio.HIGH);
  res.sendFile('index.html');
})
// "Apagado"
app.get('/off', function (req, res) {
  led.writeSync(Gpio.LOW);
  res.sendFile('index.html');
})
// Deshabilita viejos portforwards
client.portUnmapping({
  public: 12345
});
// Habilitar puerto 12345
client.portMapping({
  public: 12345,
  private: 54321,
  ttl: 10
}, function(err) {
});
```

	<p align="center">UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática</p>	
<p>Materia</p> <p>Docente</p> <p>Alumnos</p> <p>Tema</p>	<p>Sistemas de Hardware para la Administración</p> <p>Lic. Jorge Kamlofsky</p> <p>Bandiera Alan, Bodas Tomás</p> <p>Implementación UPnP con Raspberry Pi</p>	<p>Fecha 19/08/2019</p> <p>Página 15/19</p>

```
// Muestra por consola la IP externa asignada con su puerto
client.externalIp(function(err, ip) {
  client.getMappings(function(err, results) {
    console.log(results)
    public_port = results[0].public.port;
    private_port = results[0].private.port;
    app.listen(private_port,()=> console.log('server is running on
'+ip+':'+public_port))
  });
});
```

3.4 Pasos de la Práctica

1. Armamos el circuito con todos los componentes:

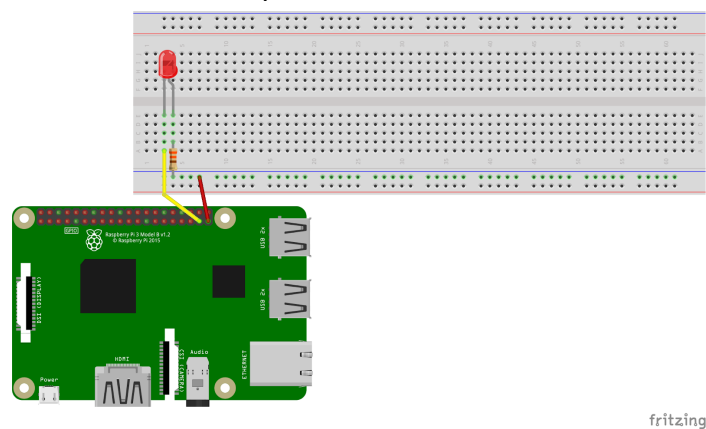



Figura 3 Circuito finalizado

	<p align="center">UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática</p>	
<p>Materia</p> <p>Docente</p> <p>Alumnos</p> <p>Tema</p>	<p>Sistemas de Hardware para la Administración</p> <p>Lic. Jorge Kamlofsky</p> <p>Bandiera Alan, Bodas Tomás</p> <p>Implementación UPnP con Raspberry Pi</p>	<p>Fecha 19/08/2019</p> <p>Página 16/19</p>

Utilizamos el pin GPIO 26 y GRND

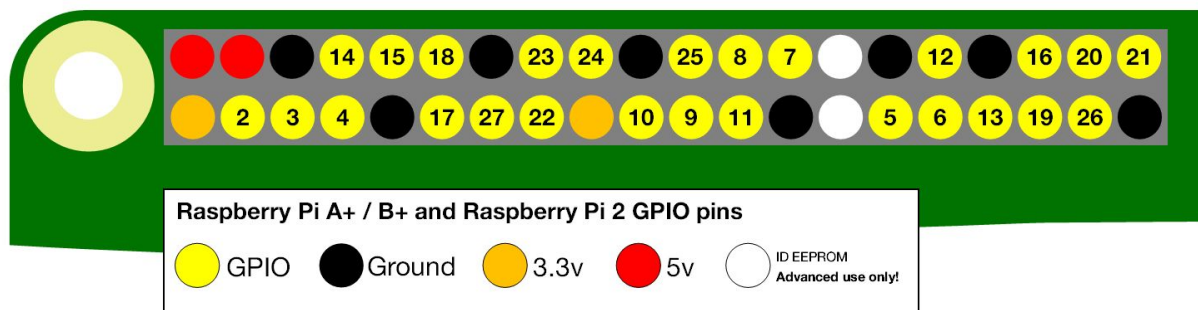



Figura 4 Pines GPIO[\[7\]](#)

GPIO puede incluir:

- Pines GPIO que pueden ser configurados para ser entrada o salida.
- Pines GPIO que pueden ser activados / desactivados.
- valores de entrada se pueden leer (por lo general alto = 1, bajo = 0)
- valores de salida de lectura / escritura.


	<p align="center">UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática</p>	
<p>Materia</p> <p>Docente</p> <p>Alumnos</p> <p>Tema</p>	<p>Sistemas de Hardware para la Administración</p> <p>Lic. Jorge Kamlofsky</p> <p>Bandiera Alan, Bodas Tomás</p> <p>Implementación UPnP con Raspberry Pi</p>	<p>Fecha 19/08/2019</p> <p>Página 17/19</p>

2. Ejecutamos el programa a través de la terminal.



Figura 5. Modelo finalizado (Ver Referencias) [\[8\]](#)

3. En un navegador entramos a la IP y el puerto asignado (
http://xxx.xxx.xx.xxx:12345/)

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 18/19

4. Simple HTML con botones “Turn on” Turn off”, presionar para prender y apagar LED.

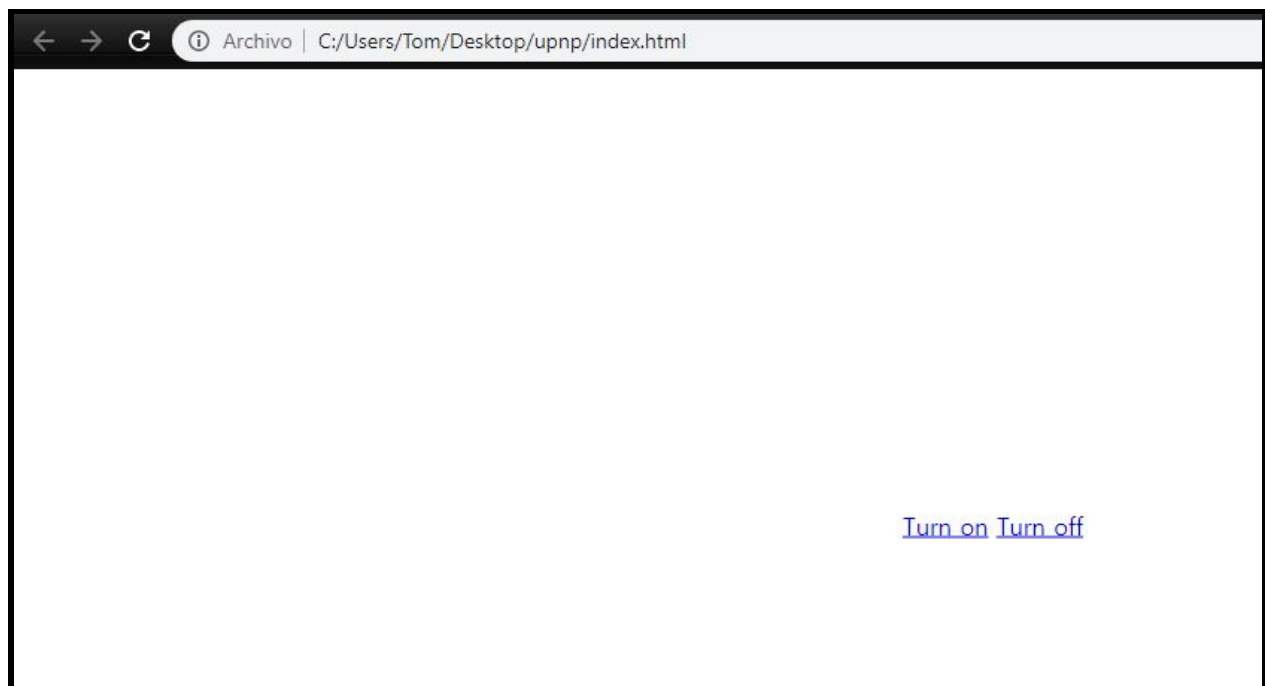



Figura 6. Página de control de dispositivo.

4 Conclusión

Este proyecto ha permitido realizar una implementación de UPnP de manera sencilla. Asimismo, ha servido como puerta de entrada a proyectos con placas Raspberry y a la automatización e interconexión de diferentes dispositivos (internet de las cosas).

	UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA Facultad de Tecnología Informática	
Materia Docente Alumnos Tema	Sistemas de Hardware para la Administración Lic. Jorge Kamlofsky Bandiera Alan, Bodas Tomás Implementación UPnP con Raspberry Pi	Fecha 19/08/2019 Página 19/19

5 Referencias

- [1] "ISO/IEC 29341-24-1:2017(en), Information technology — UPnP"
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso-iec:29341:-24-1:ed-1:v1:en>. Accessed 19 Aug. 2019.
- [2] "UPnP Device Architecture version 1.1 - Open Connectivity Foundation." 15 Oct. 2008,
<http://upnp.org/specs/arch/UPnP-arch-DeviceArchitecture-v1.1.pdf>. Accessed 15 Aug. 2019.
- [3] "UPnP Device Architecture version 1.1 - Open Connectivity Foundation." 15 Oct. 2008,
<http://upnp.org/specs/arch/UPnP-arch-DeviceArchitecture-v1.1.pdf>. Accessed 15 Aug. 2019.
- [4] La figura 1 se obtuvo de [la web raspberrypi.org](http://la.web.raspberrypi.org) (imagen número 4). Accessed 19 Aug. 2019.
- [5] Richardson, Matt, and Shawn Wallace. *Getting started with raspberry PI*. " O'Reilly Media, Inc.", 2012.
- [6] La figura 2 se obtuvo de [la web Jameco](http://la.web.jameco.com). Accessed 19 Aug. 2019.
- [7] Nguyen, Vu. *"Implementation of Linux GPIO Device Driver on Raspberry Pi Platform."* (2014).
- [8] Bodas, Tomás. [LED UPNP with Raspberry Pi](#). "Youtube", 2019.