UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN "REY BALDUINO DE BÉLGICA"

Creación de una base de datos para el registro de un totalizador eléctrico a una nube accesible

Alumnos: Sr. Dilan Roberto González Obreque

Sr. Joaquín Gustavo Moreno Poblete

Profesor guía: Sr. Alex Ulloa Reinoso

2019

Índice

Índice 1
Resumen 3
Introducción 4
Descripción del problema 5
Objetivo general 5
Objetivos específicos 5
Alcance 6
Exclusiones 6
Metodología 6
Marco Teórico 7
MODBUS 7
Norma eléctrica 10
Comunicación Serial 10
Modbus RTU 10
Dirección de Modbus 13
Código de la Función 13
Campo de Datos 13
Redes WI-FI 15
Modulaciones 16
MIMO 16
Beamforming 17
Ancho de canal 17
Bluetooth 18
Datos técnicos del formato de paquetes 20
Windows 22
Android 22
Totalizador 22
Totalizador Eastron SDM120 23
Adquisición de datos 23
Sistemas en tiempo real 24
Arduino 24
Node MCU 27
Página web 29
Servidor 30
Servidor Local 31
Servidor Remoto 32
Hosting web 33

Dominio 33
Lenguaje de programación 33
Lenguaje C 34
Lenguaje PHP 35
Base de datos 36
MySQL 36
Visual Studio Code 36
Laravel 37
Laragon 37
Desarrollo 38
Capítulo 1: Implementación de conexión física entre Arduino MEGA y NodeMCU 38
Level Shifter 40
Mosfet 2n7000 41
Software Serial 44
Módulo Wifi 44
Comandos AT 46
AT+CWMODE_DEF=<modo>\r 49
AT+CWMODE?\r 50
AT+CWLAP\r 51
Capítulo 2: Configuración de Dispositivos. 58
Análisis del código de programación Arduino MEGA 59
Modificación del código de programación Arduino MEGA 60
Creación de código de programación de NodeMCU v3 61
Capítulo 3: Creación y enlace de página web con dispositivos 64
Descripción 64
Base de datos 64
Lenguaje de programación 64
Puesta en marcha 64
Capítulo 4: Procedimiento para migración de servidor web 69
Conclusión 75
Índice de imágenes 76
Índice de tablas 77
Bibliografía 78

Resumen

Se implementará un sistema para la transmisión de datos medidos desde un totalizador eléctrico SD 120, mediante la programación de una placa de desarrollo ARDUINO UNO, para luego ser transmitida hacia una nube destinada a tal efecto, mediante una placa NodeMCU con antena Wi-Fi esp8266.

Se desarrollará una página web con el propósito de almacenar la información recepcionada, con el fin de generar un registro histórico consultable sobre las variables adquiridas. En este proyecto tenemos presentes variados métodos de comunicación, del cual destaca el protocolo Modbus, el cual es un protocolo de solicitud respuesta usando una relación maestro esclavo, al ser esta relación, la comunicación se produce en pares. Un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta, siendo el dispositivo maestro de inicio el responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-maquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable o controlador de automatización programable.

Para el desarrollo de este trabajo enfocamos nuestro desarrollo en RTU. Este proyecto estará ligado rigurosamente a la norma eléctrica, estándar nivel físico RS-485, la cual permite solo usar 1 emisor y 31 receptores, con un modo de trabajo de tipo diferencial ya que elimina de forma más eficiente el ruido, la simultaneidad de la transmisión es de tipo Half duplex.

Por otra parte, se utilizará la comunicación serial entre la placa Arduino y el dispositivo inalámbrico esp8266. El concepto de comunicación serial consiste en un puerto que envía y recibe byte de información un bit a la vez a través del canal de comunicación. Aun cuando este es más lento que la comunicación en paralelo es un método más barato, sencillo y con el que se puedan alcanzar mayores distancias.

Palabras clave: DAQ’s, NodeMCU v3, mySQL, php, Registro histórico consultable, Variables de consumo.

Introducción

En un mundo con cada vez más escasos recursos la correcta administración de los mismos se convierte en un concepto fundamental para el desarrollo de las actividades humanas. Dicho esto, podemos afirmar que la energía eléctrica tiene un rol preponderante dentro de las anteriores, por lo que el ahorro o el uso eficiente es una obligación al emplear la misma.

Podemos definir el ahorro o eficiencia energética como la forma de utilizar la energía de la mejor manera posible. Sin lugar a duda, la tendencia actual es a lograr dicha economía en el consumo de electricidad, con el surgimiento de electrodomésticos con eficiencia energética en el ámbito domiciliario como lavadoras, refrigeradores, entre otros.

Sin embargo, es en el área industrial, donde se hace imprescindible una planificación técnica, más acabada y detallada del consumo de energía actual y pasado de la maquinaria empleada, y por sobre todo de fácil acceso, todo con el objeto de tomar las medidas correspondientes para mejorar la productividad, disminuir los gastos asociados y evaluar los datos a disposición para tomar decisiones a futuro.

Por lo anterior, no es suficiente disponer de la información en tiempo real, se hace imperativo complementarla con un registro histórico, y el medio más adecuado para su implementación es la web, debido a su universalidad y facilidad de acceso.

Descripción del problema

Basándonos en el análisis de un trabajo de título previo de la carrera de Técnico Universitario en Automatización y Control de nuestra sede, el cual correspondía a un totalizador de energía eléctrica que comparte la información obtenida vía bluetooth con una aplicación de smartphone (Android), se identificó la inexistencia de un método de registro de estos datos, no pudiendo acceder así a la información histórica del dispositivo.

Debido a lo anterior, se implementará un registro histórico a fin de crear un informe de consumo, el cual tiene por finalidad realizar una monitorización constante del funcionamiento de los equipos eléctricos asociados en este caso al Taller de Electricidad y Automatización de la Universidad, permitiendo, de este modo, realizar estudios a futuro sobre el tema.

Objetivo general

Realizar un método de los datos obtenidos por un totalizador eléctrico a una plataforma online, en la cual se pueda acceder a la información histórica de dispositivo.

Objetivos específicos

- Identificar y registrar los consumos de energía que se producen en el taller de Electricidad y Automatización o un área determinada con el fin de realizar un informe con los resultados obtenidos a través de esta aplicación.
- Seleccionar el tipo de comunicación más adecuado para la transmisión de datos desde el dispositivo a una plataforma online (página web) en la cual se pueda registrar de forma adecuada.
- Implementar una programación para el dispositivo programable que permita comunicar el totalizador con el registro web.
- Desarrollo de una página web por medio de un lenguaje de programación para el registro de los datos obtenidos.

Alcance

Se desarrollará un enlace vía NodeMCU v3 entre el totalizador eléctrico SDM-120 y una página web destinada como el registro histórico. Se generará un código destinado a operar dicha placa de desarrollo mediante un módulo Wi-Fi.

Se desarrollará una base de datos mediante mySQL y página web con lenguaje php con el fin de establecer el registro. Dicha página funcionará como servidor local alojado en un laptop que servirá de prototipo para el proyecto en cuestión.

Exclusiones

Debido a la naturaleza de prototipo del proyecto, la página web no será puesta a disposición en un servidor remoto ni contará con dominio para su acceso indiscriminado desde cualquier computador.

Metodología

En el presente, se tiene como objetivo realizar una hipótesis, estudio e implementación.

Una vez reconocido el problema, se plantea la hipótesis de crear una base de datos para el registro a una nube accesible, para esta ser visualizada en una página web, la cual evidenciará el consumo de una red determinada, siendo graficada, para ser utilizada con los fines que el operador o cliente estime conveniente.

Posteriormente se realizará de esta forma, un estudio de variadas temáticas y formas que puede abarcar y ser útiles para abordar los objetivos, buscando alternativas y de comunicación y los dispositivos utilizados, como también la investigación y práctica de métodos de programación, tanto en dispositivos de adquisición, como de registro de datos.

Recalcando y considerando lo anterior se procederá a realizar una implementación, complementando el sistema ya creado anteriormente y llevarlo a un siguiente paso muy importante para el uso del dispositivo medidor. Todo esto se evidenciará tomando en cuenta un estudio previo.

Marco Teórico

MODBUS

Modbus es un tipo de protocolo de comunicación industrial diseñado en los años 80, con el fin de lograr comunicar dispositivos de automatización. En sus inicios fue utilizado como protocolo a nivel de aplicación con la finalidad de transferir datos por una capa serial, sin embargo, se ha desarrollado para incluir mejoras a través del protocolo serial TCP/IP y UDP.

Imagen 5-1

Relación Maestro esclavo

Modbus es un protocolo de solicitud respuesta usando una relación maestro esclavo, al ser esta relación, la comunicación se produce en pares. Un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta, siendo el dispositivo maestro de inicio el responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-maquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable (PLC) o controlador de automatización programable (PAC). El contenido de estas solicitudes y respuesta, y las capas de red a través de las cuales se envían estos mensajes, son definidas por las diferentes capas del protocolo.

En sus inicios, Modbus solo funcionaba mediante la comunicación serial, por esto, no se divida en múltiples capas. Junto con sus avances, se le introdujeron diferentes unidades de datos de aplicación, ya sea para cambiar el formato del paquete utilizado a través de comunicación serial o para permitir el uso de redes TCP/ y DUP. Produciéndose así una separación del protocolo principal, el cual define la unidad de datos de protocolo (PDI) y la capa de red, que define la unidad de datos de aplicación.

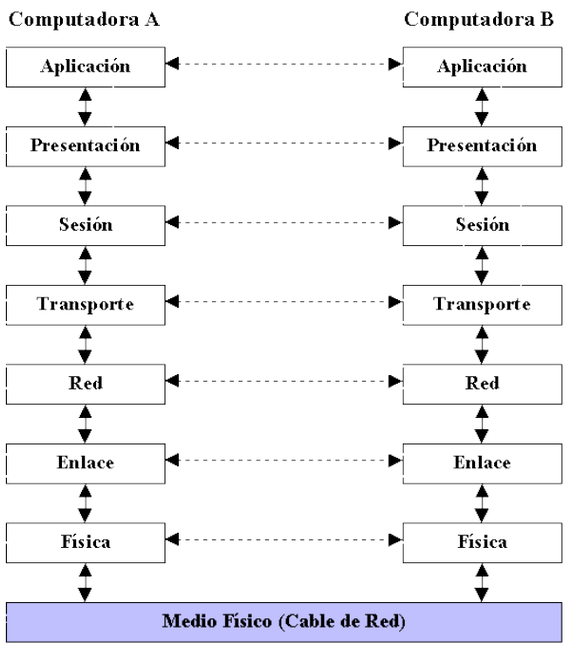


Imagen 5-2

Interacción maestro esclavo capas modelo OSI

Los datos de ADU considera tres formatos estándares los cuales son TCP, unidad terminal remota (RTU) y ASCII. El RTU y ASCII son ADUs generalmente usados mediante una línea serial, mientras que el TCP es usado a través de redes TCP/IP o UDP/IP modernas.

Para la implementación de este trabajo enfocamos nuestro desarrollo en RTU, que posee características similares a ASCII. A pesar de esto, identificamos diferencias entre Modbus RTU y ASCII, entre las cuales podemos señalar:

- Modbus RTU comunica a 8 bits de datos y Modbus ASCII a 7 bits.
- El inicio y fin de trama en RTU se realiza por intervalos de tiempo, el inicio y fin es una pausa de 3.5 tiempo de transmisión de un carácter y entre caracteres no se puede superar una pausa superior a 1.5 tiempo de transmisión de un carácter.
- En ASCII la trama inicia con el carácter: y el final de esta son los caracteres carrier return + line feed (CRLF).

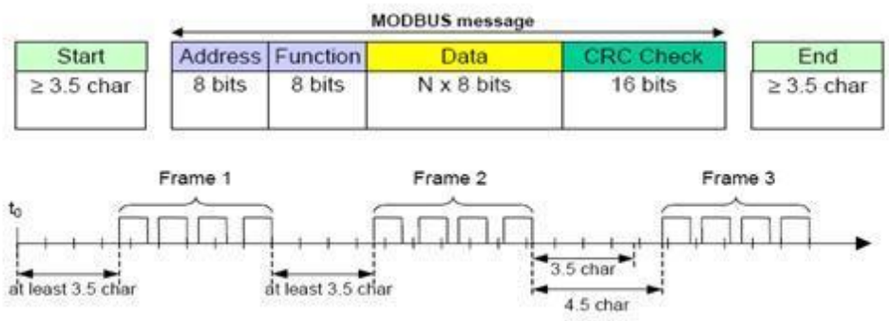


Imagen 5-3

Separación de tiempo entre cuadros en trama

La TCP/IP a diferencia de la ADU, es más compleja, esta ADU incluye solamente dos piezas de información, además de la PDU principal. Primero, una dirección es usada para definir para que esclavo está diseñada una PDU. En las redes, mayoritariamente, una dirección 0 define la dirección de "broadcast". Es decir, un maestro, puede enviar un comando de salida a la dirección 0 y todos los esclavos deben procesar la solicitud, pero ningún esclavo debe responder. Además de esta dirección, un CRC es usado para asegurar la integridad de los datos.

Sin embargo, la realidad es que en las implementaciones más modernas está lejos de ser simples. Encapsulando el paquete hay un par de tiempos en silencio, es decir, periodos en los que no hay comunicación en el bus. Para una velocidad de transferencia de 9,600 Baudios, este tiempo es de alrededor 4 ms. El estándar define una longitud mínima de silencio, independientemente de la velocidad de transferencia, de un poco menos de 2 ms.

La capa lógica de Modbus admite el uso de hasta 248 dispositivos, ósea, 247 esclavos y 1 maestro. Cada esclavo tiene su propia dirección, pudiendo ir de 1 a 247. El maestro siempre inicia la comunicación enviando un paquete de información bien estructurado a todos los esclavos. El esclavo elegido por la dirección correspondiente a la información de "request" proveniente, responde a la petición enviando un "response" también en un paquete de información bien estructurado.

Para direcciones o datos utiliza una representación de Bing – Ending, en el cual el byte más significativo se encuentra primero.

Norma eléctrica

Estándar nivel físico RS-485, la cual permite solo usar 1 emisor y 31 receptores, con un modo de trabajo de tipo diferencial ya que elimina de forma más eficiente el ruido, a una longitud máxima del cable (el que debe ser par trenzado, debido a que usa 2 líneas, datos y control por software) de 1200 metros y a velocidad de transmisión máxima de 10 mbps. La simultaneidad de la transmisión es de tipo Half duplex.

Comunicación Serial

El concepto de comunicación serial consiste en un puerto que envía y recibe byte de información un bit a la vez a través del canal de comunicación. Aun cuando este es más lento que la comunicación en paralelo es un método más barato, sencillo y con el que se puedan alcanzar mayores distancias.

Para el intercambio de datos, el formato de estos y cómo se tratan los errores puede utilizar cualquier tipo de red de comunicación, pudiendo ser RS-485, RS-232, RS-422, etc.

Modbus RTU

MODBUS RTU El modo RTU (Unidad terminal remota) contiene caracteres hexadecimales de 4 bits divididos en 8 bits de datos, 1 bit de paridad, 1 bit de inicio y 1 bit de parada. Utiliza CRC (Comprobación de redundancia cíclica) para la comprobación de errores. RTU tiene la ventaja de que puede enviar más datos en la misma cantidad de tiempo, pero tiene que estar en un flujo continuo (sin demoras entre los caracteres). En una interface serial los bits de datos son enviados de modo secuencial a través de un canal de comunicación o bus. Diversas tecnologías utilizan comunicación serial para la transferencia de datos, incluyendo las interfaces RS232 y RS485. Las normas que especifican los padrones RS232 y RS485, sin embargo, no especifican el formato ni la secuencia de caracteres para la transmisión y recepción de datos. En este sentido, además de la interface, es necesario identificar también el protocolo utilizado para la comunicación. Entre los diversos protocolos existentes, un protocolo muy utilizado en la industria es el protocolo Modbus-RTU. A seguir serán presentadas las características de la interface serial RS485 disponible para el relé inteligente SRW 01, bien como el protocolo Modbus-RTU para la utilización de esta interface.

El protocolo Modbus fue desarrollado por la empresa Modicon, parte de la Schneider Automation. En el protocolo están definidos el formato de los mensajes utilizado por los elementos que hacen parte de la red Modbus, los servicios (o funciones) que pueden ser ofrecidos vía red, y también como estos elementos intercambian datos en la red.

Los métodos de transmisión RTU, en la especificación del protocolo están definidos dos modos de transmisión: ASCII y RTU. Los modos definen la forma como son transmitidos los bytes del mensaje. No es posible utilizar los dos modos de transmisión en la misma red. En el modo RTU, cada palabra transmitida posee 1 start bit, ocho bits de datos, 2 stop bits, sin paridad. De este modo, la secuencia de bits para la transmisión de un byte es la siguiente: En el modo RTU, cada byte de datos es transmitido como siendo una única palabra con su valor directamente en hexadecimal. El SRW 01 utiliza solamente este modo de transmisión para comunicación, no poseyendo, por lo tanto, comunicación en el modo ASCII.

Orden de bits ASCII

With Parity Check									
Start	1	2	3	4	5	6	7	Par	Stop
Without Parity Check									
Start	1	2	3	4	5	6	7	Stop	Stop

Orden de bits RTU

With Parity Check										
Start	1	2	3	4	5	6	7	8	Par	Stop
Without Parity Check										
Start	1	2	3	4	5	6	7	8	Stop	Stop

Imagen 5-4

Orden de bits ASCII y RTU

En la especificación del protocolo están definidos dos modos de transmisión: ASCII y RTU. Los modos definen la forma como son transmitidos los bytes del mensaje. No es posible utilizar los dos modos de transmisión en la misma red. En el modo RTU, cada palabra transmitida posee 1 start bit, ocho bits de datos, 2 stop bits, sin paridad. De este modo, la secuencia de bits para la transmisión de un byte es la siguiente: En el modo RTU, cada byte de datos es transmitido como siendo una única palabra con su valor directamente en hexadecimal. El SRW 01 utiliza solamente este modo de transmisión para comunicación, no poseyendo, por lo tanto, comunicación en el modo ASCII.

La estructura en la red Modbus-RTU utiliza el sistema maestro-esclavo para el intercambio de mensajes. Permite hasta 247 esclavos, más solamente un maestro. Toda comunicación inicia con el maestro haciendo una solicitación a un esclavo, y esta contesta al maestro el que fue solicitado. En ambos los telegramas (pregunta y respuesta), la estructura utilizada es la misma: Dirección, Código de la Función, Datos y Checksum. Solo el contenido de los datos posee tamaño variable.

La última parte del telegrama es el campo para el chequeo de errores de transmisión. El método utilizado es el CRC-16 (Cycling Redundancy Check). Este campo es formado por dos bytes, donde primero es transmitido el byte menos significativo (CRC-), y después el más significativo (CRC+). El cálculo del CRC es iniciado cargándose una variable de 16 bits (referenciado a partir de ahora como variable CRC) con el valor FFFFh. Después se debe ejecutar los pasos de acuerdo con la siguiente rutina:

- 1. Se somete al primer byte del mensaje (solamente los bits de datos - start bit, paridad y stop bit no son utilizados) a una lógica XOR (O exclusivo) con los 8 bits menos significativos de la variable CRC, retornando el resultado en la propia variable CRC;
- 2. Entonces, la variable CRC es desplazada una posición a la derecha, en dirección al bit menos significativo, y la posición del bit más significativo es rellenada con 0 (cero);
- 3. Luego de este desplazamiento, el bit de flag (bit que fue desplazado para fuera de la variable CRC) es analizado, ocurriendo lo siguiente: Si el valor del bit fuera 0 (cero), nada se hace; Si el valor del bit fuera 1 (uno), el contenido de la variable CRC es sometida a una lógica XOR con un valor constante de A001h y el resultado es regresado a la variable CRC.
- 4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta que ocho desplazamientos hayan sido hechos;

- 5. Se repiten los pasos de 1 a 4, utilizando el próximo byte del mensaje, hasta que todo el mensaje tenga sido procesado. El contenido final de la variable CRC es el valor del campo CRC que es transmitido en el final del telegrama. La parte menos significativa es transmitida primero (CRC-) y en seguida la parte más significativa (CRC+). Velocidades de transmisión: estas pueden ser de 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400. es la velocidad que se usará para el puerto serie. Conectores recomendados: modbus recomienda terminales de tornillo y para la conexión de dispositivos terminal RJ-45 o DB9.

Dirección de Modbus

El maestro inicia la comunicación enviando un byte con la dirección del esclavo para el cual se destina el mensaje. Al enviar la respuesta, el esclavo también inicia el telegrama con él su propia dirección, posibilitando que el maestro conozca cual esclavo está enviándole la respuesta. El maestro también puede enviar un mensaje destinado a la dirección "0" (cero), lo que significa que el mensaje es destinado a todos los esclavos de la red (broadcast). En este caso, ninguno esclavo irá contestar al maestro.

Código de la Función

Este campo también contiene un único byte, donde el maestro especifica el tipo de servicio o función solicitada al esclavo (lectura, escrita, etc.). De acuerdo con el protocolo, cada función es utilizada para acceder un tipo específico de dato. En el SRW 01, los datos están dispuestos como registradores del tipo holding (words), o del tipo coil/input discrete (bits), y, por lo tanto, x|el relé solo acepta funciones que manipulan estos tipos de datos.

Campo de Datos

Campo con tamaño variable. El formato y el contenido de este campo dependen de la función utilizada y de los valores transmitidos. Este campo está descrito juntamente con la descripción de las funciones

Tipos de conectores disponibles

- RS232

Imagen 5-5

Conector tipo RS232

- RJ45

Imagen 5-6

Conector tipo RJ45

- RS485

Imagen 5-7

Conector tipo RS 485

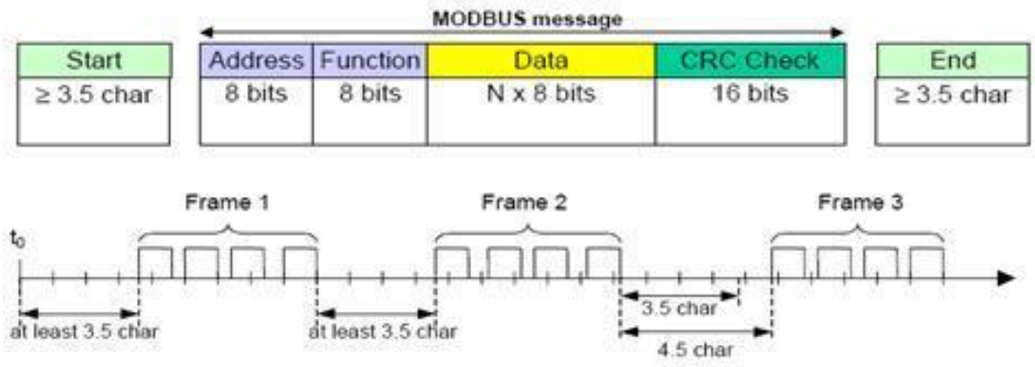


Imagen 5-8

Mensaje Modbus

Para diferenciar entre tramas debe haber un tiempo no mayor a 3.5 veces el tiempo de un bit y para diferenciar entre bits debe haber un tiempo no superior a 1.5 veces el tiempo de un bit. En Modbus existen 2 formas de intercambiar información con los otros dispositivos de la red en la tabla se explica la diferencia entre ellas.

Redes WI-FI

En 1996 se crea "Wi-Fi Alliance", organización que nació con la intención de verificar, certificar e impulsar sistemas con el protocolo 802.11.

En términos generales, la estructura básica de este tipo de red está conformada por un gestor de comunicación y una serie de clientes. Los clientes, escucharán siempre para detectar la presencia de uno o más gestores que les indicará, entre otros datos, el nombre de la red que gestionan, el canal a usar, la seguridad y algoritmos de autentificación disponibles, etc. En base a esta información y la configuración del dispositivo en cuestión, el cliente será capaz de unirse a la red adecuada.

Modulaciones

La modulación es una técnica que permite transmitir información sobre una frecuencia portadora. Dependiendo de la modulación que se utilice se pueden transportar más datos y por lo tanto tener mayor velocidad de transmisión, para lo cual necesitamos señales mucho más potentes y limpias.

En WiFi como en otras tecnologías de banda ancha inalámbrica se pueden usar varias modulaciones (o velocidades de conexión) y en muchos equipos estas modulaciones se ajustan automáticamente según la calidad de la señal que estemos recibiendo.

Modulación	Velocidad de transmisión
BPSK	15 Mbps
QPSK	45 Mbps
16QAM	90 Mbps
64QAM	150 Mbps
256QAM	200 Mbps

Tabla 5-1

Comparación modulación con su velocidad de transmisión

MIMO

"Multiple Input Multiple Output" permite una cobertura mayor en zonas de difícil acceso eliminando en lo posible la pérdida de paquete de datos vía inalámbrica. También proporciona mayor velocidad inalámbrica por el uso simultáneo de varias antenas, de tal manera que cada una de ellas transmite y recibe al mismo tiempo en el mismo canal.

Beamforming

Consiste en utilizar varias antenas directivas para completar 360°. Estas transmiten en todas direcciones, pero la inteligencia aplicada hace que cada antena individual transmita únicamente a una zona determinada donde está el receptor. Si el receptor se mueve (en el caso de WiFi un cliente, tablet o Smartphone) o se empieza a transmitir a otro cliente, se cambia de antena a la que funcione de mejor manera a la hora de alcanzar el dispositivo cliente.

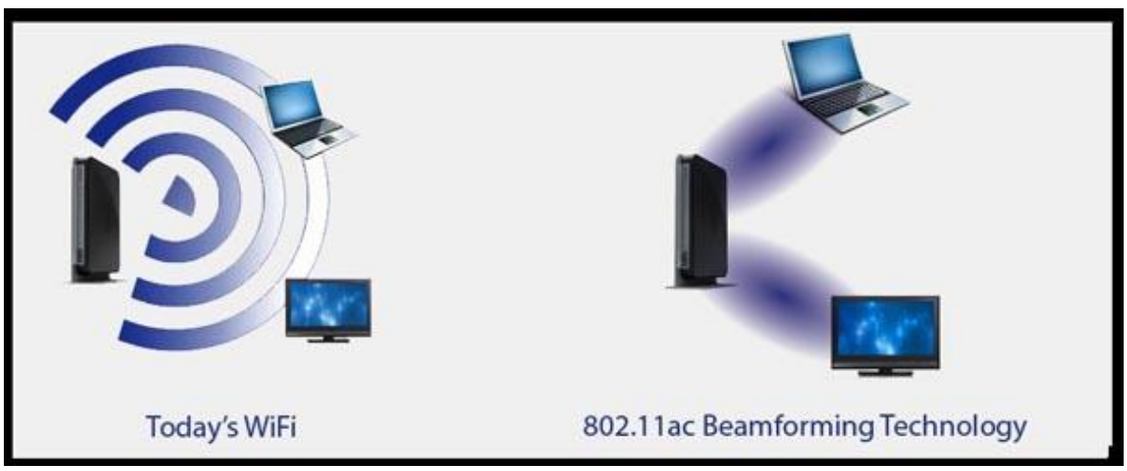


Imagen 5-9

Conexión Wifi en sus direcciones

Ancho de canal

Corresponde al ancho que se ocupa en el espectro radioeléctrico para transmitir la información. En el caso del Wifi, para sus primeros estándares 802.11 a/b/g, los canales eran de un ancho fijo de 20 MHz, lo que permitía tener hasta 3 canales diferentes en el espacio reservado para esta tecnología en 2,4 GHz. Para el estándar "n" se propusieron canales de 40 MHz y para el nuevo estándar 802.11ac se proponen canales de hasta 160 MHz, en otras bandas de frecuencias donde esta cantidad de espacio está disponible.

Bluetooth

Corresponde a una tecnología que facilita la comunicación entre dispositivos a altas velocidades, sin el uso de cables. Ésta pertenece a la especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN). De esta manera, se realiza transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz.

Principales objetivos:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Proveer alta velocidad en la comunicación.
- Eliminar cables y conectores entre los dispositivos.
- Ser lo suficientemente adaptables para el todo tipo de usuarios.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas.
- Proporcionar la sincronización de datos entre equipos personales.
- Tecnología a pequeña escala y bajo costo.

La siguiente tabla muestra la evolución de sus anchos de banda:

Versión	Ancho de Banda
Versión 1.2	1 Mbit/s
Versión 2.0+EDR	3 Mbit/s
Versión 3.0+HS	24 Mbit/s
Versión 4.0	24 Mbit/s

Tabla 5-2

Anchos de Banda

De acuerdo a sus clases, podemos ver las potencias de salida y el rango aproximado:

Clase	Potencia de salida máxima (mW)	Potencia de salida máxima (dBm	Rango (aproximado)
Clase 1	100 mW	20 dBm	~100 metros
Clase 2	2.5 mW	4 dBm	~10 metros
Clase 3	1 mW	0 dBm	~1 metro

Tabla 5-3

Potencias de salida

La frecuencia de radio con la que trabaja está en el rango de 2.4 a 2.48 Ghz, con amplio espectro. Tiene la posibilidad de transmitir en full duplex con un máximo de 1600 saltos/s. Los saltos de frecuencia se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1Mhz. La topología de las redes Bluetooth puede ser punto-a-punto o punto-a-multipunto.

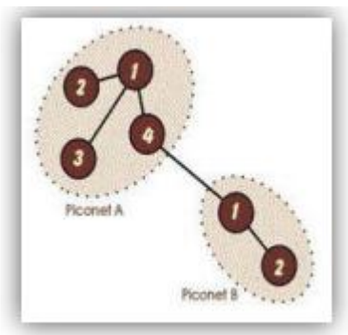


Imagen 5-10

Conexión multipunto bluetooth

La pila está constituida por dos clases de protocolos:

Una primera clase llamada de protocolos específicos la cual implementa los protocolos propios de Bluetooth; y una segunda clase formada por el conjunto de protocolos adoptados de otras especificaciones.

Esto permite aprovechar un conjunto muy amplio de ventajas de ambas, así como la posibilidad de que Bluetooth este abierto a implementaciones libres o nuevos protocolos de aplicación de uso común. La pila de protocolos se puede dividir en cuatro capas lógicas:

La pila de protocolos se puede dividir en cuatro capas lógicas:

- Núcleo de Bluetooth: Radio, Banda Base, LMP, L2CAP, SDP
- Sustitución de cable: RFCOMM
- Protocolos adoptados: PPP, UDP, TCP, IP, OBEX, WAP, IRMC, WAE
- Control de telefonía: TCS-binary, AT-Commands.

Imagen 5-11

Pila de protocolos Bluetooth

Datos técnicos del formato de paquetes

En Bluetooth todos los datos que se envían a través del canal son fragmentados y enviados en paquetes. Además, la información se encuentra protegida mediante códigos detectores y/o correctores de errores. En cada ranura solo se puede enviar un paquete. El receptor los recibirá y los procesará empezando por el bit menos significativo.

Composición del paquete:

- Código de acceso (72 bits): Es usado para sincronización, identificación y compensación.
- Cabecera (54 bits): Contiene información del control de enlace con 6 campos:

1. Dirección o AM_ADDR: dirección temporal de 3 bits que se utiliza para distinguir los dispositivos activos en una piconet, siendo la dirección 000 la dirección broadcast.
2. Tipo: Define qué tipo de paquete es enviado y cuántos slots va a ocupar.
3. Flujo o Flow: El bit de control de flujo es usado para notificar al emisor cuándo el buffer del receptor está lleno y que debe de dejar de transmitir, en ese caso el bit tendrá el valor “0”.

4. ARQN: bit de reconocimiento de paquetes recibidos paquetes correcto o incorrecto (último paquete recibido). Si es un "1 es un ACK, y con un "0" un NAK.
5. SEQN: bit que se va invirtiendo para evitar retransmisiones en el receptor.
6. HEC: Código de redundancia para comprobar errores en la transmisión.

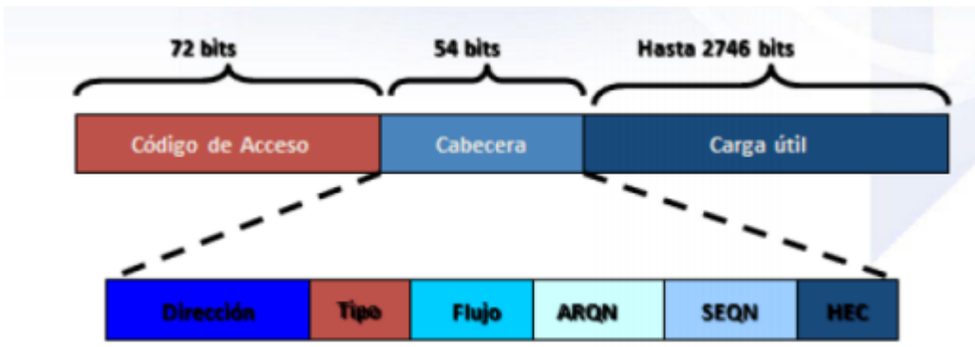


Imagen 5-12

Trama de paquetes de protocolos Bluetooth

Tabla comparativa con estándar Wi-Fi

Bluetooth	Wi-Fi
IE 802.15	IEEE 802.111
WPAN	WLAN
Muy bajo alcance	Mayor alcance
Bajo consumo	Mayor consumo
Baja tasa de transferencia	Alta tasa de transferencia
Menor costo	Mayor costo
Cantidad de nodos reducida	Gran cantidad de nodos

Tabla 5-4

Tabla comparativa con estándar Wi-Fi

Windows

Microsoft Windows es un sistema operativo, es decir, un conjunto de programas que posibilita la administración de los recursos de un computador. Este tipo de sistemas trabaja para gestionar el hardware del computador, en este caso, a partir desde los niveles más básicos.

Es importante tener en cuenta que los sistemas operativos funcionan tanto en las computadoras como en otros dispositivos electrónicos que usan microprocesadores (celulares, televisores, etc.).

Es el sistema operativo más utilizado en el mundo y sus principales características son su simplicidad gráfica y versatilidad, haciéndolo apto tanto como para usuarios principiantes, como para usos avanzados y para el desarrollo de múltiples aplicaciones de diversas áreas de trabajo.

Android

Android es un sistema operativo muy versátil empleado principalmente para dispositivos móviles. Basado en el Kernel de Linux, es un sistema libre, gratuito y multiplataforma, con gran capacidad de adaptación a todo tipo de dispositivos lo que le confiere un gran potencial de desarrollo.

Esta libertad facilita la labor a los desarrolladores ya que libera periódicamente su código y no tiene ningún coste añadido en licencias. Android tiene una serie de librerías en lenguaje C/C++ y las aplicaciones se realizan principalmente en JAVA usando Dalvik, una adaptación de la máquina virtual de JAVA para dispositivos con poca memoria. El sistema operativo tiene una serie de API's para el uso de las distintas funciones del teléfono, como, por ejemplo; GPS, giroscopio, entre otras. De manera reciente ha lanzado librerías para su trabajo en otros lenguajes como PHP y .NET con variada aceptación.

Totalizador

Un totalizador es un dispositivo que acumula sobre sí mismo la suma de un conjunto de valores, para de esta manera tener la adición de dichos valores en una sola variable. La diferencia entre un contador y un totalizador es que mientras el primero va aumentando de uno en uno, el totalizador o acumulador va aumentando en una cantidad variable.

Totalizador Eastron SDM120

Imagen 5-13

Totalizador SDM 120

La bobina de detección de corriente (alrededor del cable que va a la carga a monitorear) medirá el voltaje, la corriente, la potencia (activa) y la energía utilizada por la carga. Los valores de energía se guardan (en EEPROM).

El protocolo MODBUS define el formato para la consulta del maestro y la respuesta del esclavo. La consulta contiene la dirección del dispositivo, un código de función que define el pedido a realizar, la información y un campo de comprobación de errores.

La respuesta contiene campos que confirman la acción tomada, los datos que se devolverán y la comprobación de errores.

Adquisición de datos

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable.

Imagen 5-14

Partes de un sistema DAQ

Sistemas en tiempo real

Se define como aquel sistema digital que interactúa activamente con un entorno con dinámica conocida en relación con sus entradas, salidas y restricciones temporales, para darle un correcto funcionamiento de acuerdo con los conceptos de predictibilidad, estabilidad, controlabilidad y alcanzabilidad.

Podemos encontrarlos frecuentemente en la cotidianeidad, como por ejemplo en aviones, trenes, automóviles, televisor, entre otros. Constituyen un elemento imprescindible para garantizar la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, además de asegurar la calidad y la seguridad de incontables procesos industriales.

Un STR tiene tres condiciones básicas:

- Interactúa con el mundo real (proceso físico)
- Emite respuestas correctas
- Cumple restricciones temporales

Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (cables dupont).

Una PCB o placa de circuito impreso, corresponde a una manera compacta y estable de construir un circuito electrónico. Dichas placas son fabricadas en material no conductor. De esta manera, la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna, por lo que el usuario final no se debe preocupar por las conexiones eléctricas que necesita el microcontrolador para funcionar, y puede empezar directamente a desarrollar las diferentes aplicaciones electrónicas que necesite.

Características

- Acceso a documentación bastante extensa, debido a gran comunidad trabajando en la plataforma.
- Entorno de programación multiplataforma, ya que se puede instalar y ejecutar en sistemas operativos Windows, Mac OS y Linux.
- Utiliza un lenguaje de programación basado en C++, lo que lo hace de fácil comprensión.
- Es de bajo costo; la placa Arduino estándar tiene un valor aproximado de $17.000 CLP, incluso armable por el propio usuario, disminuyendo aún más el precio final de la misma.
- Es re-utilizable, debido a que una vez empleada en un proyecto se pueden desmontar fácilmente los componentes externos y comenzar una nueva iniciativa. De igual manera todos los pines del microcontrolador están accesibles a través de conectores hembra, lo cual permite sacar partido de todas las bondades del microcontrolador con un riesgo muy bajo de hacer una conexión errónea.

Características técnicas Arduino Uno R3

Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I/O	54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
PWM digital pines I/O	16
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC por Pin I/O	40mA
Corriente DC para Pin 3.3V	50mA
Memoria flash	256 KB (8KB usados por el bootloader)
SRAM	8 KB.
EEPROM	4 KB.
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	68,6 mm
Anchura	53,4 mm
Peso	25 g

Tabla 5-5

Características técnicas Arduino Uno R3

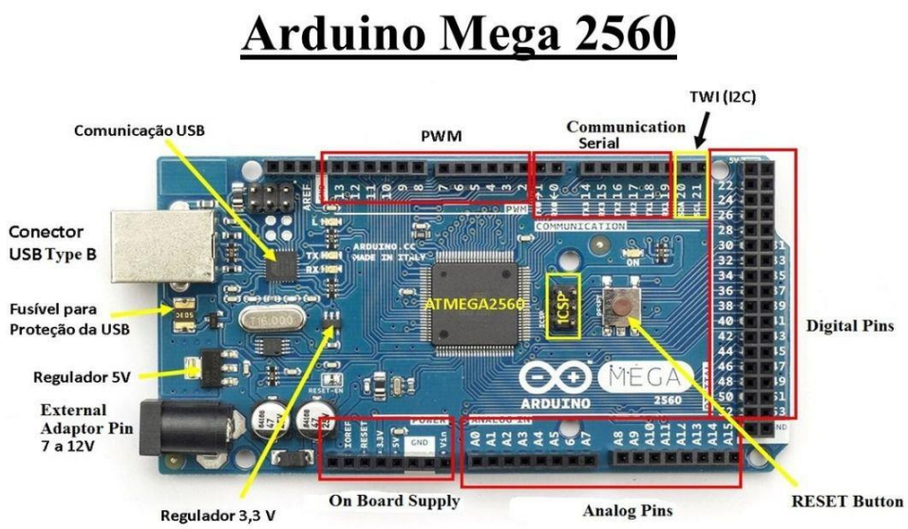


Imagen 5-15

Diagrama de pines Arduino Uno

Node MCU

NodeMCU es una placa de desarrollo abierta, a nivel de software y de hardware. Al igual que ocurre con Arduino, en NodeMCU todo está dispuesto para facilitar la programación de un microcontrolador o MCU (del inglés Microcontroller Unit).

NodeMCU es una placa o kit de desarrollo que llevan incorporados un chip que se suele llamar SoC (Sytem on a Chip) que dentro tiene un microcontrolador o MCU.

Tiene incluida en su placa una antena WiFi con el chip es8266, el cual fue utilizado como medio de comunicación para el envío de datos, siendo programado con el lenguaje nativo de Arduino, utilizando el software del dicho desarrollador.

Características principales son:

- Conversor Serie-USB para poder programar y alimentar a través del USB
- Fácil acceso a los pines
- Pines de alimentación para sensores y componentes.
- LEDs para indicar estado
- Botón de reset

Imagen 5-16

Placa de Desarrollo NodeMcu

La mayor ventaja que tienen placas como la NodeMCU es que incorporan un módulo WiFi que nos permite crear proyectos del Internet de las cosas (IoT) o sistemas inalámbricos, es decir, Pueden enviar datos, recibirlos e incluso controlar los pines de entrada y salida de forma remota e inalámbrica.

MCU o microcontrolador de NodeMCU

En el NodeMCU este chip se integra dentro del SoC (System on Chip). Como veremos a continuación, a todo este conjunto (SoC) se le conoce como ESP8266.

Por lo tanto, en términos estrictos el ESP8266 no es un microcontrolador. Dentro si que lleva uno y se llama Tensilica L106 de 32-bit. La MCU se va a encargar de gestionar todas las entradas, salidas y cálculos necesarios para hacer funcionar el programa que hayamos cargado.

Funciona con 32-bit lo que viene a decir que puede realizar operaciones con números de ese tamaño (de 0 a 4.294.967.295 o de -2.147.483.648 a 2.147.483.647).

Trabaja a una velocidad de 80MHz aunque puede llegar a los 160MHZ. Esto nos indica la frecuencia con la que la MCU ejecuta las instrucciones.

SoC ESP8266 – características técnicas

- Incorpora una MCU de 32-bit de bajo consumo (Tensilica L106)
- Módulo WiFi de 2.4 GHz
- RAM de 50 kB
- 1 entrada analógica de 10-bit (ADC)
- 17 pines de entrada y salida GPIO (de propósito general)

Módulo ESP-12 de NodeMCU

Este módulo incorpora la memoria Flash para almacenar los programas o sketchs y la antena. Aquí comienza la tarea de facilitar el acceso a los pines y demás conectores del SoC y del microcontrolador.

Internamente los pines del ESP8266 están cableados hasta los pines del módulo ESP-12 siendo así más fácil su acceso.

Imagen 5-17

Antena WiFi NodeMcu

Página web

Una página web es un documento disponible en Internet, o World Wide Web (www), codificado según sus estándares y con un lenguaje de programación específico utilizado para su configuración.

A estos sitios se accede a través de los navegadores de Internet, que reciben la información del documento interpretando su código y entregando al usuario la información de manera visual.

Estos suelen ofrecer textos, imágenes y enlaces a otros sitios, así como animaciones, sonidos u otros.

Una página web necesita un lugar donde alojarse para que cuando el usuario solicite la información desde su navegador, la información que esta contiene se cargue y aparezca en el ordenador. De esta manera, la información es contenida por un servidor.

Servidor

Un servidor web es el encargado de manejar páginas web y enviarlas a través de la red a quienes lo requieran y tengan los permisos para dichas páginas. Toda página web está almacenada en uno de estos servidores, los cuales en su mayoría pertenecen a empresas de hosting que arriendan sus servicios para que los clientes almacenen sus páginas web en ellos teniendo acceso a ellos en cualquier momento.

Técnicamente, el servicio web no es más que un software con procesos en espera de que algún usuario conectado a él, solicite el contenido que almacene. Al llegar una solicitud, el servidor web, genera los procesos propios para entregar el contenido por medio de protocolo http, al solicitante según los permisos que este tenga sobre los archivos, por lo cual si el sitio que se solicite solo está disponible para usuarios que se identifiquen ante el sistema.

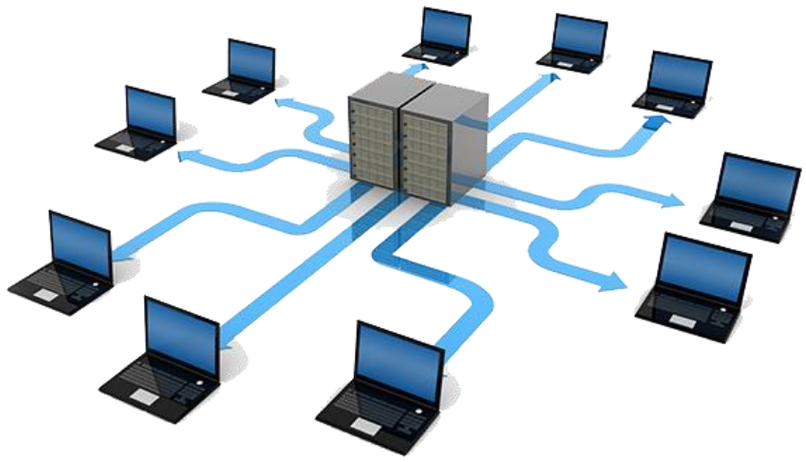


Imagen 5-18

Representación acceso a servidor

Podemos distinguir 2 clases de servidor:

Servidor Local

Un servidor web local es aquel que corre, ya sea en una sola computadora (localhost) o que funcione en una red de área local (intranet). Un servidor local proporciona al usuario acceso exclusivo a los datos y objetos de un conjunto de carpetas de Windows denominadas directorios de datos. Durante una sesión de cliente, solo el usuario autorizado puede crear, examinar y modificar los datos u objetos que almacena un servidor local. También puede controlar la ubicación de los directorios de datos.

Ventajas:

- Ofrece la posibilidad de realizar pruebas en el sitio web sin estropearlo, debido a que se aloja en el computador personal (localhost).
- No es necesario contratar un dominio (dirección) ya que corresponde a 127.0.0.1 y el disco duro del computador funciona como el hosting.
- Teniendo el sitio montado en internet, se puede respaldar de igual manera en el localhost.

Una desventaja es que el sitio web solo es visible en el computador donde se encuentra alojado el programa.

Servidor Remoto

La contratación de un servidor web remoto, ya sea gratuito o de pago, brinda un espacio de alojamiento (hosting) y una dirección (dominio) con la cual se puede acceder a los archivos alojados.

Los servidores remotos proporcionan acceso a objetos y datos compartidos por una organización. El nivel de acceso de usuario depende del grupo de seguridad que el administrador asigne al nombre de usuario (ID de cliente) que el usuario utiliza para acceder al servidor remoto.

Generalmente un servidor web remoto ya tiene incluidos las aplicaciones para contestar peticiones de los usuarios, es decir, APACHE-MySQL-PHP.

La principal ventaja es que el sitio web es visible desde cualquier lugar.

Como puntos en contra podríamos citar que es necesario un arriendo de hosting web, además de requerir cierta configuración del mismo.

De esta manera, ambos tipos de servidor web tienen en esencia el mismo funcionamiento, el cual es estar a la espera de peticiones y contestarlas. Ya sea en un ambiente local o remoto. También se destaca la naturaleza adaptable del servidor local, el cual podemos transformar en remoto con la misma base de datos.

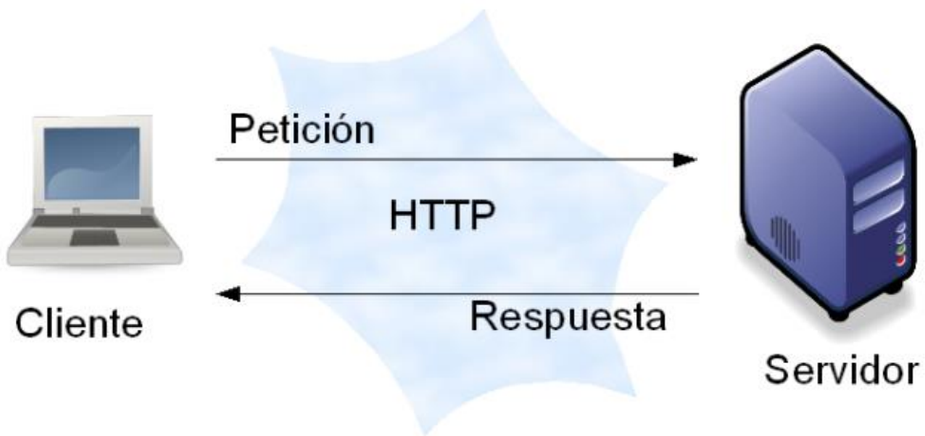


Imagen 5-19

Funcionamiento de un servidor web

Hosting web

Exclusivo del servidor remoto, el web hosting, o alojamiento web, es un servicio que presta una empresa, el cual proporciona espacio en un servidor para alojar un sitio web. Todos los sitios web en Internet se encuentran hospedados en algún lugar y a ese lugar se le denomina web hosting o en español alojamiento web.

Dentro del mundo del alojamiento web existe una gran variedad de formas de alojar sitios, entre los más comunes están:

- Webhosting compartido.
- Hosting reseller (revendedor)
- Servidores virtuales privados (VPS)
- Servidores Dedicados.

Dominio

Dominio web, o domain en inglés, es una dirección o nombre alfanumérico único que se caracteriza por ser fácil de recordar, utilizado para identificar un sitio en internet, ya sea servidor de correo electrónico o un servidor web.

Para registrar un dominio se hace de forma similar a como se registra un negocio en cada país en particular, incluyendo datos personales para mostrarse como el responsable; además de pagar un alquiler anual. Un dominio está compuesto por tres partes; primero las «www» seguido por el nombre de la organización y por último el tipo de organización, que entre los más comunes están .COM, .NET Y .COM.

Lenguaje de programación

Se define lenguaje de programación a un programa destinado a la construcción de otros programas informáticos. Esta denominación se debe al uso de un lenguaje formal, el cual está diseñado para organizar algoritmos y procesos lógicos que luego serán ejecutados por un computador o sistema informático, permitiendo controlar así su comportamiento físico, lógico y su comunicación con el usuario humano.

Dicho lenguaje está compuesto por símbolos y reglas sintácticas y semánticas, expresadas en forma de instrucciones y relaciones lógicas, por medio de las cuales se desarrolla el código fuente de una aplicación o software determinado.

Dentro de las clasificaciones más importantes que podemos distinguir dentro de este concepto, tenemos:

- Lenguajes de bajo nivel: Son aquellos que están diseñados para un hardware específico y que por lo tanto no pueden migrar o exportarse a otros computadores.
- Lenguajes de alto nivel: Consisten en lenguajes de programación que aspiran a ser un lenguaje más universal, por lo que pueden emplearse sin tomar en consideración la arquitectura del hardware, es decir, en diversos tipos de sistemas.

Lenguaje C

El lenguaje de programación en C, es un lenguaje conocido como de alto nivel. Como característica principal tenemos que es de propósito general. Fue originalmente desarrollado por Dennis Ritchie entre 1969 y 1972 en los Laboratorios Bell, como evolución del anterior lenguaje B.

Una de las características del lenguaje de programación en C, es que es un lenguaje estructurado, lo que permite generar un código claro y sencillo, ya que está basado en el modularidad.

El lenguaje de programación en C, está conformado por tres partes fundamentales, las cuales son: una librería estándar, un programa compilador y un preprocesador.

Las librerías estándar son aquellas realizadas en código objeto y puede haber sido realizada en otro lenguaje diferente que el C. Estas librerías se deben colocar el un programa de lenguaje programación en C, en la instrucción conocida como INCLUDE.

El programa compilador tiene como función traducir las instrucciones del programa fuente en C a el lenguaje conocido por los computadores; llamado lenguaje máquina. Además, el programa compilador, depura y detecta los posibles errores en el lenguaje fuente, y es capaz de notificar el error ocurrido al programador, mediante un mensaje de texto.

Por su parte, el preprocesador es un componente perteneciente propiamente al lenguaje C, el cual traduce cada instrucción del programa fuente, eliminando los comentarios colocados por el programador. Luego incluye en el programa fuente el contenido de los archivos que se encuentran declarados en INCLUDE (a menudo llamados cabeceras), y por último, sustituye los valores de las constantes declaradas en define.

Lenguaje PHP

PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

Todo el código PHP es invisible para el usuario, porque todas las interacciones que se desarrollan en este lenguaje son por completo transformadas para que se puedan ver imágenes, variedad de multimedia y los formatos con los que somos capaces de interactuar añadiendo o descargando información de ellos.

Lo que distingue a PHP de algo del lado del cliente como Javascript es que el código es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente. El cliente recibirá el resultado de ejecutar el script, aunque no se sabrá el código subyacente que era.

Lo mejor de utilizar PHP es su extrema simplicidad para el principiante, pero a su vez ofrece muchas características avanzadas para los programadores profesionales.

Imagen 5-20

Funcionamiento de PHP

Base de datos

Se llama base de datos a un conjunto de información perteneciente a un mismo contexto, ordenada de modo sistemático para su posterior recuperación, análisis y/o transmisión. Existen actualmente muchas formas de bases de datos, que van desde una biblioteca hasta los datos de usuarios de una empresa de telecomunicaciones.

Tipos de bases de datos según su variabilidad:

- Bases de datos estáticas: Comunes en el área empresarial y otras de análisis histórico. Corresponden a bases de datos de sólo lectura, de las cuales se puede extraer información, pero no modificar la ya existente.
- Bases de datos dinámicas: Aparte de las operaciones básicas de consulta, estas bases de datos manejan procesos de actualización, reorganización, añadidura y borrado de información.

MySQL

MySQL es un sistema de administración de bases de datos para bases de datos relacionales. De esta manera, MySQL no es más que una aplicación que permite gestionar archivos llamados de bases de datos.

MySQL, como base de datos relacional, utiliza múltiples tablas para almacenar y organizar la información. Fue escrito en C y C++ y destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interactuación con los lenguajes de programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos.

También es muy destacable la condición de open source de MySQL, que hace que su utilización sea gratuita e incluso se pueda modificar con total libertad, pudiendo descargar su código fuente.

Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft para Windows, Linux y macOS. Incluye soporte para la depuración, control integrado de Git, resaltado de sintaxis, finalización inteligente de código, fragmentos y refactorización de código. Es gratuito y de código abierto, por lo que cualquier persona puede trabajar con él.

Un aspecto fundamental de un editor de código es que podamos utilizarlo con los lenguajes de programación más comunes. Visual Studio Code es una herramienta que tiene soporte nativo para gran variedad de lenguajes, entre ellos podemos destacar los principales del desarrollo Web: HTML, CSS, y JavaScript, entre otros.

Otra ventaja interesante es la posibilidad de configurar la vista a nuestro gusto. De esta forma, podremos tener más de un código visible al mismo tiempo, las carpetas de nuestro proyecto y también acceso a la terminal o un detalle de problemas, entre otras posibilidades.

Laravel

Laravel es uno de los frameworks de código abierto más fáciles de asimilar para PHP. Es simple, muy potente y tiene una interfaz elegante y sencilla de usar. Fue creado en 2011 y tiene una gran influencia de frameworks como Ruby on Rails, Sinatra y ASP.NET MVC.

Ese framework permite el uso de una sintaxis refinada y expresiva para crear código de forma sencilla, evitando el desorden en el código formulado y permitiendo multitud de funcionalidades. Aprovecha las ventajas de otros frameworks y utiliza las características de las últimas versiones de PHP.

Laragon

Laragon es una suite de desarrollo para PHP que funciona sobre Windows, diseñado especialmente para trabajar con Laravel. Similar a otras herramientas como Xampp o Wampp, Laragon nos permite crear un entorno de desarrollo completo para el proyecto.

Este programa tiene un entorno aislado con sistema operativo y ofrece todo lo necesario para crear aplicaciones web modernas. Es portátil y muy flexible, debido a que permite exportar el proyecto a una carpeta que podrá ser migrada a cualquier otro computador para su posterior ejecución.

Desarrollo

Capítulo 1: Implementación de conexión física entre Arduino MEGA y NodeMCU

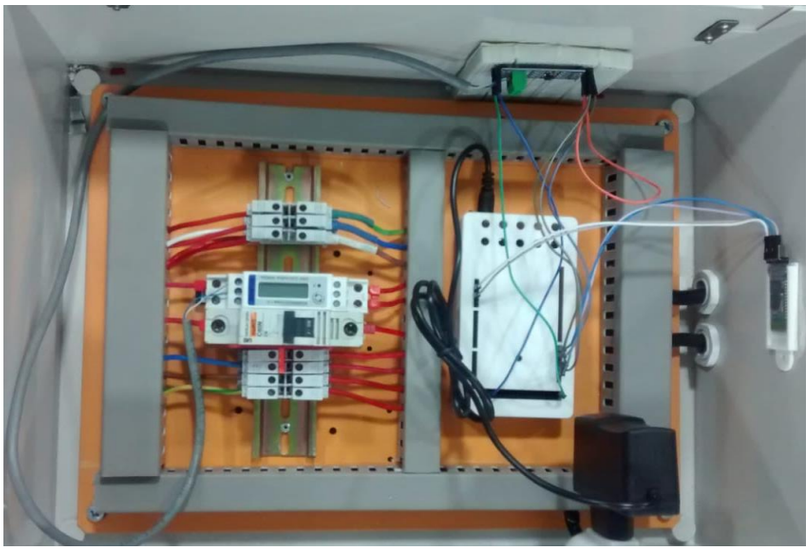


Imagen 6-1

Vista de Proyecto Inicial

Inicialmente, como base para el comienzo del proyecto, tenemos la implementación del totalizador SDM120 junto a un Arduino MEGA. Su principio de funcionamiento consiste en la conexión de este dispositivo medidor a una red monofásica, de la cual adquiere datos, para estos ser enviados a un Arduino mega, esto mediante el protocolo de comunicación Modbus RTU, sin embargo, el totalizador trabaja con el estándar RS485, por lo que se utilizó un conversor RS485 a TTL , que es la entrada aceptada por el Arduino Mega, para luego, ser enviada mediante modulo Bluetooth de Arduino hacia la app Android.

Tomando como punto de partida la configuración inicial del totalizador, disponemos de un DAQ conformado por los siguientes elementos:

- Arduino Mega 2560
- Totalizador Monofásico SDM120
- Módulo Bluetooth HC – 05
- Módulo conversor RS485 – TTL
- Transformador 9(v)

Por lo tanto, para inicializar la comunicación vía Wi-Fi, dispondremos de una placa programable NodeMCU v3, la cual, entre sus múltiples ventajas, permite una configuración sencilla y adecuada para enlazar nuestros dispositivos, esto al ser programada de la misma manera que la placa Arduino, es decir, con un lenguaje basado en C++, además de poseer un módulo Wi-Fi integrado, lo cual facilita la conexión a la red. Esta placa será conectada hacia el Arduino mega, para esto, se utilizó

Para conectar ambos dispositivos, utilizaremos pines digitales del Arduino, ya que los tres pares de pines de comunicación del Arduino mega están utilizados por la implementación anterior, para esto, es necesario incluir una librería de programación en el Software de Arduino, especializada para la configuración de pines.

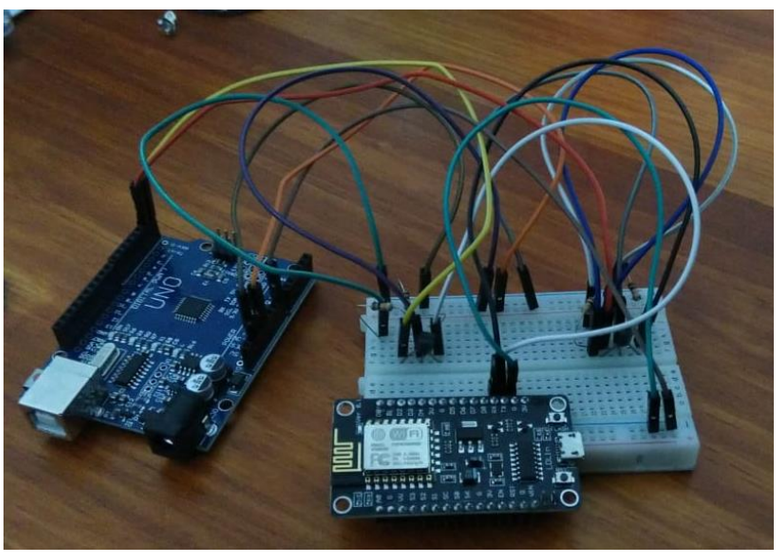


Imagen 6-2

Conexión prueba Arduino – NodeMcu

Se procedió a realizar una conexión de montaje, sin energizar, para simular la conexión de la placa Nodemcu al Arduino Mega. De esto, primeramente, se pretendía realizar la unión de los respectivos pines de comunicación y digitales del Arduino (Serial).

Se investigó los parámetros de funcionamiento de la placa y el dispositivo esp8266, de lo cual se identificó la necesidad de alimentar tanto la placa como las conexiones de comunicación bajo una tensión de 3,3(v), por lo que la tensión de salida de los pines superaría la máxima aceptada por la placa Nodemcu. A causa de esto, se realizó una división de entrega de voltaje mediante el método "level shifter", que se utiliza como estabilizador de tensión, bajo el siguiente esquema:

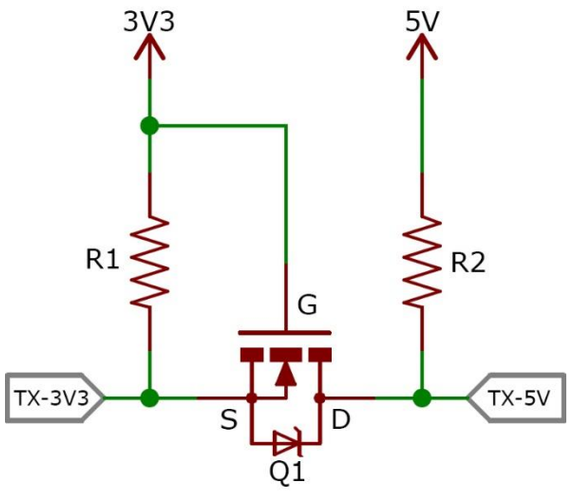


Imagen 6-3

Circuito regulador de voltaje

Level Shifter

Un adaptador de nivel (level shifter) es un componente que permite convertir señales lógicas de distintos niveles de tensión. Es un dispositivo muy útil en un procesador como Arduino.

Como se sabe, los procesadores operan en distintos voltajes, siendo los más habituales 5V, 3.3V y, en menor medida, 2.8 y 1.8V. Tradicionalmente los modelos de Arduino más frecuentes son de 5V. Sin embargo, la mayoría de los procesadores modernos (Arduino Due, STM32, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi) operan 3.3V. Para poder conectar dispositivos digitales de distintas tensiones nominales es necesario adaptar los niveles de tensión. De lo contrario lo más probable es que el montaje no funcione, e incluso que se dañe algún dispositivo.

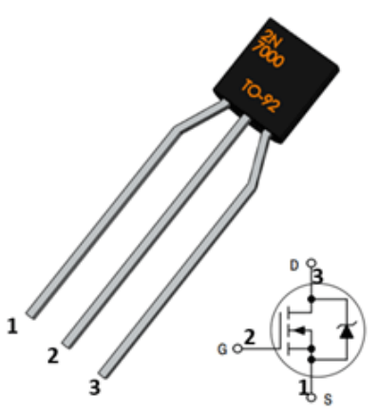
La velocidad de conmutación de estos módulos es lo suficientemente rápida para permitir usarse en la adaptación de tensión de señales de comunicación, como puerto serie (UART), I2C o SPI, siempre que dispongamos de canales suficientes para todas las líneas de comunicación.

Mosfet 2n7000

El 2N7000 es un transistor de efecto de campo de modo mejorado con canal N, fabricado con la tecnología DMOS propia de alta densidad de celdas de Fairchild. Este proceso de muy alta densidad se ha diseñado para minimizar la resistencia en estado de conducción al tiempo que se proporciona un rendimiento duradero, fiable y de conmutación rápida. Se puede utilizar en la mayoría de las aplicaciones que requieren hasta 400mA DC y puede proporcionar una corriente pulsada de hasta 2A. También es apto para aplicaciones de baja tensión y corriente como control de servomotores pequeños, controladores de puerta MOSFET de potencia y otras aplicaciones de conmutación.

El Mosfet controla el paso de la corriente entre una entrada o terminal llamado fuente sumidero (source) y una salida o terminal llamado drenador (drain), mediante la aplicación de una tensión (con un valor mínimo llamada tensión umbral) en el terminal llamado puerta (gate)**.** Es un interruptor controlado por tensión. Al aplicar tensión conduce y cuando no hay tensión en la puerta no conduce.

El transistor de efecto de campo se comporta como un interruptor controlado por tensión, donde el voltaje aplicado a la puerta permite hacer que fluya o no corriente entre drenador y fuente. El movimiento de carga se produce exclusivamente por la existencia de campos eléctricos en el interior del dispositivo.



2N7000	
1	Source
2	Gate
3	Drain

Imagen 6-4

Composición de terminales Mosfet

De esta forma, utilizamos el Mosfet 2n7000 como componente principal del level shifter, aplicando uno para cada cable de comunicación, tx y rx respectivamente, esto para asegurar con certeza que las señales que reciba la placa con el dispositivo inalámbrico sean las adecuadas para garantizar un optimo funcionamiento. Por las salidas de señal del Arduino fluirán 5(v), luego convergen en el estabilizador de tensión, para luego ser recibidas en 3,3(v) por el Nodemcu.

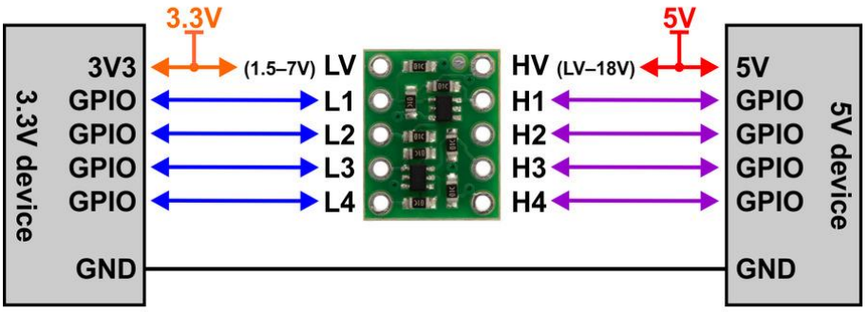


Imagen 6-5

Representación reguladora de voltaje

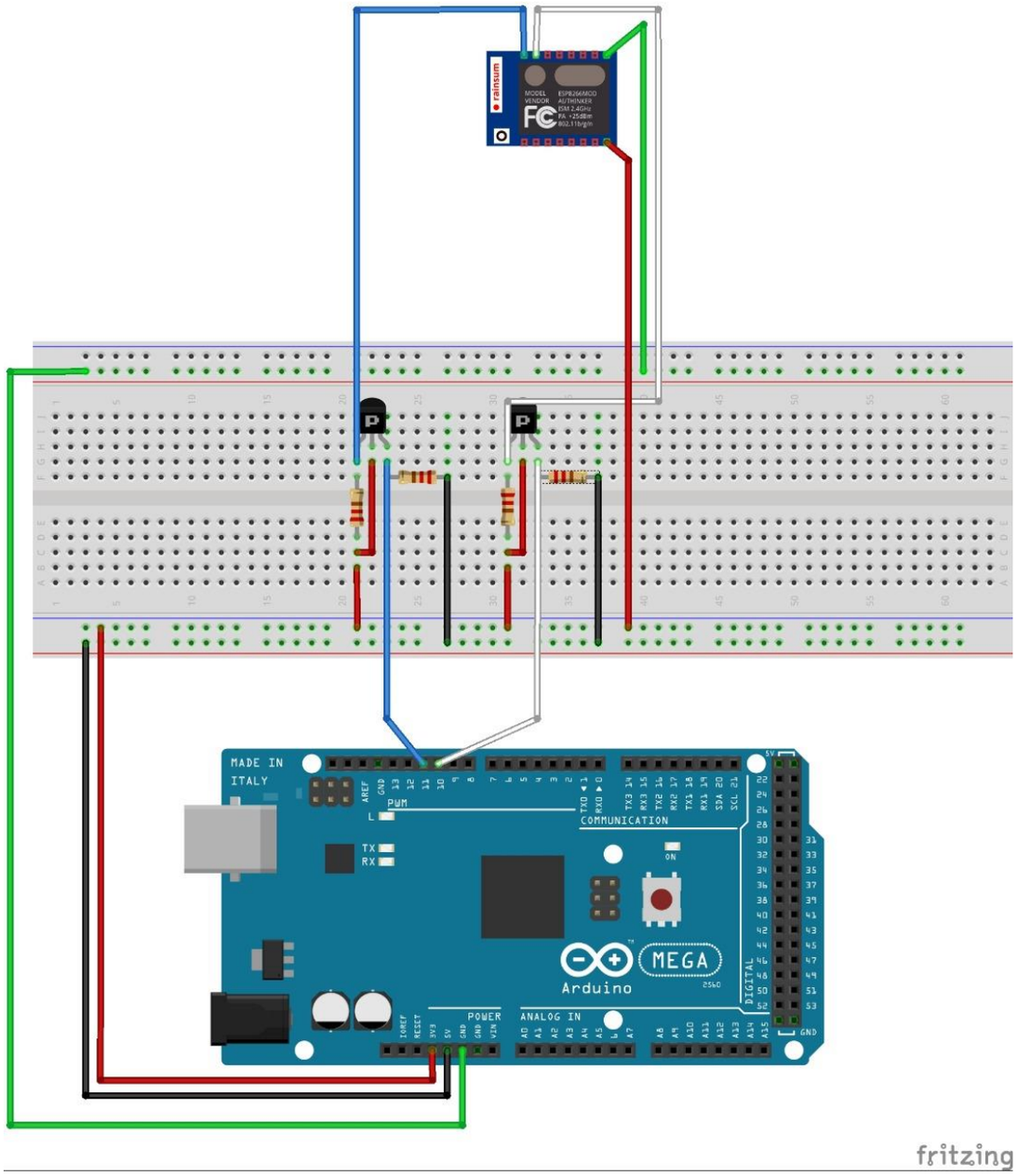


Imagen 6-6

Diagrama de conexión de divisor de voltaje entre Arduino Mega y Node MCU.

Como se mencionó, el Arduino mega presente, tiene tres pares de pines comunicación, de los cuales todos se encuentran utilizados para la recepción de datos desde el totalizador y posterior envío por bluetooth.

Por lo que procederemos a utilizar los pines digitales de esta placa de desarrollo, esto mediante la librería SoftwareSerial, que nos permite emular pines Tx y Rx

Software Serial

Las placas Arduino y Genuino están construidas para soportar la comunicación serie en los pines 0 y 1, pero a veces se necesitan más puertos serie. La Biblioteca SoftwareSerial ha sido desarrollada para permitir la comunicación serie que tendrá lugar en otros pines digitales de sus placas, utilizando el software para replicar la funcionalidad de las líneas RX y TX. Esto puede ser extremadamente útil cuando surge la necesidad de comunicarse con dos dispositivos serie, o para hablar con un solo dispositivo, dejando el puerto serie principal abierto para propósitos de depuración.

Para incluir esta librería, basta con incluirla en el código a efectuar;

#include <**SoftwareSerial**.h> Incluye la librería.

SoftwareSerial mySerial(10, 11); // RX, TX Determina pines a utilizar de comunicación

Módulo Wifi

El wifi es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con wifi como Arduino, pueden conectarse a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica.

El ESP8266 es un chip Wi-Fi de bajo coste con pila TCP/IP completa y capacidad de MCU (Micro Controller Unit) producida por el fabricante chino Espressif Systems, con sede en Shanghai.

El chip primero llegó a la atención de los fabricantes occidentales en agosto de 2014 con el módulo ESP-01. Este pequeño módulo permite a los microcontroladores conectarse a una red Wi-Fi y realizar conexiones TCP/IP sencillas utilizando comandos de tipo Hayes. Sin embargo, en ese momento casi no había documentación en inglés sobre el chip y los comandos que aceptaba. El precio muy bajo y el hecho de que había muy pocos componentes externos en el módulo que sugiere que podría ser muy barato en el volumen, atrajo a muchos hackers para explorar el módulo, el chip y el software en él, así como para traducir La documentación china.

El ESP8285 es un ESP8266 con 1 MB de flash incorporado, lo que permite dispositivos de un solo chip capaces de conectarse a Wi-Fi. Muchos encapsulados del ESP8266 viene con 1 MB de flash.

El módulo WIFI ESP8266, que es algo muy parecido a los módulos Bluetooth y que al igual que ellos incluye toda la electrónica necesaria para la comunicación Radio Frecuencia en la banda WFI, así como la pila TCP/IP y que se comunica con nosotros a través de un puerto serie. De hecho, exactamente igual que los modos HC-06 y HC-05 se gobierna mediante comandos AT y todo por un precio similar al de los Bluetooth.

Imagen 6-7

Módulo ESP8266 WiFi

Este módulo, más bien dicho, chip 8266, está presente en el Nodemcu, como dispositivo incluido, con su respectiva antena WiFi, para tener las mismas prestaciones, pero con las ventajas que corresponden a una placa de desarrollo con programación directa desde el software Arduino.

Imagen 6-8

Placa de desarrollo NodeMCU

Dentro de la gran cantidad de usos para este módulo caben destacar los siguientes:

- Electrodomésticos conectados.
- Automatización del hogar.
- Automatización de la industria.
- Cámaras IP.
- Redes de sensores.
- Wereables.
- IoT (Internet of Things o Internet de las Cosas)
- IIoT (Industrial Internet of Things o Internet de las Cosas para el sector Industrial)

Comandos AT

El módulo Wifi ESPP8266 puede ser usado como un microcontrolador conectado por puerto serie y manejarlo con comandos AT, o programarlo como si se tratara con el IDE de Arduino, mediante a adición de extensiones al software, utilizando así, el lenguaje nativo de Arduino.

Nodemcu 8266 Wifi Pinout

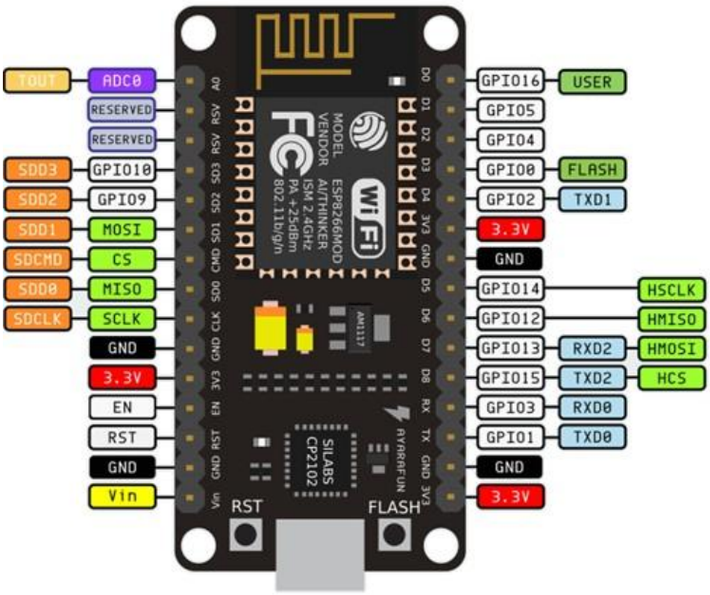


Imagen 6-9

Diagrama de pines NodeMCU

Para la configuración y entablamiento de conexiones del ESP8266, se utiliza una placa Arduino de la siguiente forma:

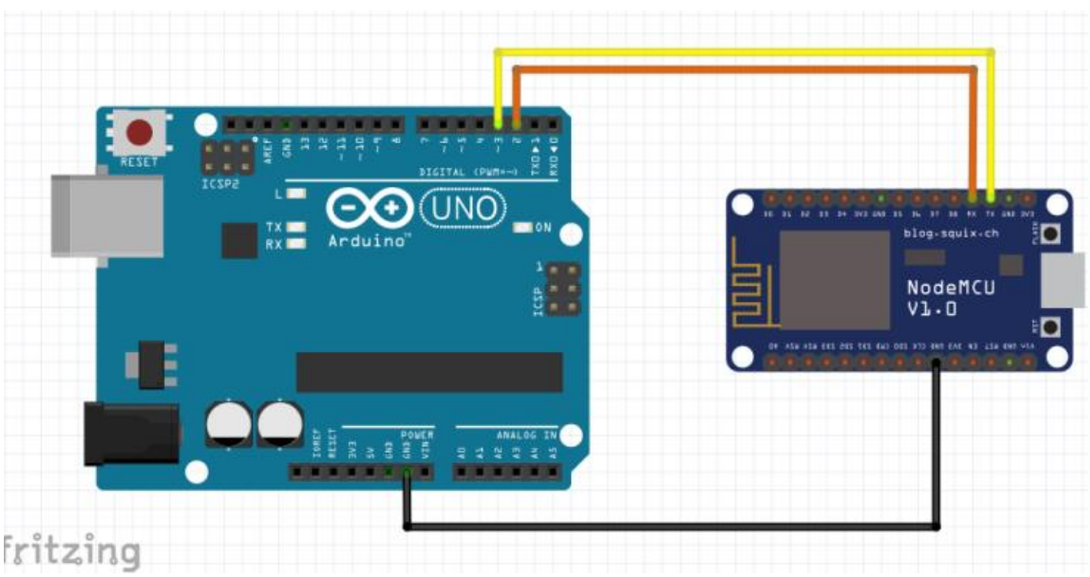


Imagen 6-10

Conexión Arduino para alimentación y comunicación NodeMCU

Del mismo modo, este dispositivo puede ser configurado y programado al ser conectado directamente a un ordenador con software de Arduino con su respectiva librería descargada, (librería esp8266, disponible en el portal GITHUB):

Imagen 6-11

Conexión NodeMCU para programación directa

Installing with Boards Manager

Starting with 1.6.4, Arduino allows installation of third-party platform packages using Boards Manager. We have packages available for Windows, Mac OS, and Linux (32 and 64 bit).

- Install the current upstream Arduino IDE at the 1.8.7 level or later. The current version is on the Arduino website.
- Start Arduino and open the Preferences window.
- Enter `https://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json` into the *Additional Board Manager URLs* field. You can add multiple URLs, separating them with commas.
- Open Boards Manager from Tools > Board menu and install *esp8266* platform (and don't forget to select your ESP8266 board from Tools > Board menu after installation).

Latest release release v2.5.2

Boards manager link: `https://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json`

Documentation: https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/2.5.2/

Using git version (basic instructions)

build canceled

- Install the current upstream Arduino IDE at the 1.8 level or later. The current version is on the Arduino website.
- Go to Arduino directory
  - For Mac OS X, it is `Arduino.app` showing as the Arduino icon.
    This location may be your `~/Downloads`, `~/Desktop` or even `/Applications`.

Imagen 6-12

Página web librería Esp8266

Copiar enlace en preferencias del Software Arduino.

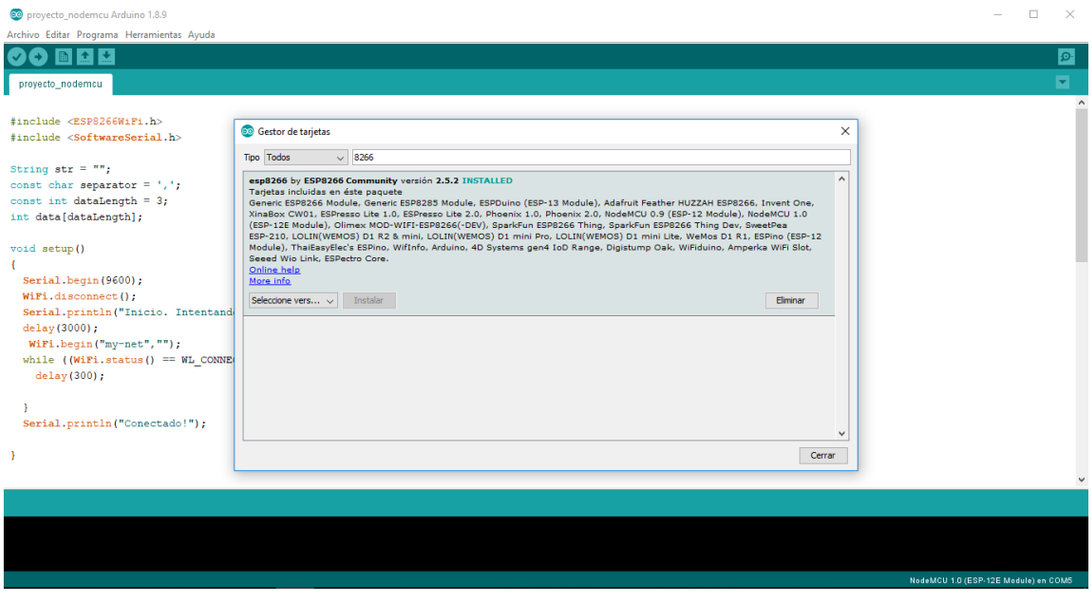


Imagen 6-13

Gestor de tarjetas Arduino IDE

Instalar en gestor de tarjetas, librería esp8266.

Dado esta conexión serial, se procede a la configuración del módulo, a través de los siguientes comandos:

AT+CWMODE_DEF=X. Configura modo de operación.
AT+CWMODE?. Indica el modo de operación actual.
AT+CWJAP_DEF="ssid","pass". Conecta a una red WiFi.
AT+CIPSTA?. Lee la dirección IP, cliente y/o servidor.
AT+CIPSTA=ip. Asígna una IP al módulo cuando se configura como cliente.
AT+CWLAP . Proporciona una lista con las redes disponibles al módulo WiFi.
AT+CWQAP . Desconecta el módulo de la red.
AT+RST . Resetea el módulo, y si ya tenía una red guardada se vuelve a conectar.

AT+CWMODE_DEF=<modo>\r

Configura el modo de operación y guarda la configuración en la memoria Flash, es decir, que la próxima vez que se inicie el sistema automáticamente iniciará en este modo.

Modos de operación <modo>

- 1 = cliente
- 2 = servidor
- 3 = cliente+servidor

Respuesta del comando CWMODE_DEF
Este comando regresará por el puerto serial donde este conectado, un string "OK" cuándo el comando se haya ingresado correctamente o "ERROR" cuando el comando ingresado este incompleto.
(SerialX, Serial para Arduino UNO, o Serial1, Serial2 o Serial3 para Arduino MEGA).

Ejemplo CWMODE_DEF:
AT+CWMODE_DEF=1\r
Configura al ESP8266 en modo cliente.
Lenguaje Arduino:
SerialX.begin(115200); //Velocidad estándar del módulo
SerialX.println("AT+CWMODE_DEF=1");
SerialX.print("AT+CWMODE_DEF=1\r ");

AT+CWMODE_DEF=?\r
Verifica el modo actual de operación.
Lenguaje Arduino:
SerialX.begin(115200); //Velocidad estándar del módulo
SerialX.println("AT+CWMODE_DEF=?");
SerialX.print("AT+CWMODE_DEF=?\r ");

AT+CWMODE?\r

Verifica el modo de operación actual del módulo WiFi.

Respuesta del comando AT+CWMODE?

El comando indica cual es el modo actual de operación.

Ejemplo AT+CWMODE?:

AT+CWMODE?
Verifica el modo de operación actual

AT+CWJAP_DEF="NombreRedWiFi","Contraseña"\r

Conecta el módulo ESP8266EX a una red WiFi. Para este comando hay que tener cuidado con los caracteres especiales en el nombre de la Red o en la contraseña.

Respuesta del comando CWJAP_DEF
Si se ingresa una red y contraseña valida.

AT+CIPSTA?\r

Indica la IP asignada al módulo. Este comando sólo funciona en el modo de operación 1 ó 3, es decir, cuando el ESP8266 esta configurado como cliente o como cliente/servidor. Cuando está configurado en el modo 2, esta instrucción regresa todos sus valores en cero. Si se ejecuta el comando antes de conectarse a una red, regresara como ip ceros y unicamente el valor de la dirección MAC.

Respuesta del comando AT+CIPSTA?
El comando AT regresa los valores de la ip, gateway y netmask. Al final de estos tres mensajes regresa un string "OK". Cuando no se ha conectado a una red WiFi, sólo responde con una IP en ceros y la dirección MAC.
AT+CIPSTA=ip\r

Este comando asigna una IP al módulo cuando está configurado como cliente

Respuesta del comando AT+CIPSTA=ip
El comando AT regresa los valores de la ip, gateway y netmask. Al final de estos tres mensajes regresa un string "OK"

Ejemplo AT+CIPSTA=ip:

AT+CIPSTA=192.168.100.72
El comando asigna una IP nueva y fija al módulo WiFi cuando está configurado como cliente

AT+CWLAP\r

Este comando nos proporciona una lista con las redes WiFi disponibles e información adicional de estas.

Respuesta del comando AT+CWLAP
El comando responde con una cadena de caracteres que incluye:
+CWLAP: <ecn>, <ssid>, <rssi>, <mac>, <canal> OK
<ecn>:
0 - Red abierta (sin contraseña).

1 - Red con contraseña WEP.
2 - Red con contraseña WPA_PSK.
3 - Red con contraseña WPA2_PSK
4 - Red con contraseña WPA_WPA2_PSK
<ssid>:
String con el nombre de la Red.
<rssi>:
String con el nivel (potencia) de la señal.
<mac>:
String con la dirección MAC de la Red.

Ejemplo AT+CWLAP:
AT+CWLAP
Muestra las redes disponibles

AT+CWQAP\r

Este comando desconecta al módulo ESP8266EX de la red WiFi. No hay problema si se ejecuta más de una vez, sólo actúa 1 sóla vez. Es importante señalar que si el módulo se apaga y enciende, automáticamente intentará conectarse a la última red configurada.

Respuesta del comando AT+CWQAP
La respuesta del comando incluye a la siguiente cadena de caracteres.
WIFI DISCONNECT

OK

Si se ejecuta posterior a una desconexión:
AT+CWQAP

OK

Ejemplo AT+CWQAP:

AT+CWQAP
Desconecta la red actual

El wifi es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con wifi como Arduino, pueden conectarse a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica.

Wi-Fi es una marca de la Alianza Wi-Fi, la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen con los estándares 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local.

Los estándares IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n disfrutan de una aceptación internacional debido a que la banda de 2,4 GHz está disponible casi universalmente, con una velocidad de hasta 11 Mbit/s, 54 Mbit/s y 300 Mbit/s, respectivamente.

En la actualidad ya se maneja también el estándar IEEE 802.11ac, conocido como WIFI 5, que opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. La banda de 5 GHz ha sido recientemente habilitada y, además, no existen otras tecnologías (Bluetooth, microondas, ZigBee) que la estén utilizando, por lo tanto existen muy pocas interferencias. Su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2,4 GHz (aproximadamente un 10 %), debido a que la frecuencia es mayor (a mayor frecuencia, menor alcance).

Existen otras tecnologías inalámbricas como Bluetooth que también funcionan a una frecuencia de 2,4 GHz, por lo que puede presentar interferencias con la tecnología wifi. Debido a esto, en la versión 1.2 del estándar Bluetooth actualizó su especificación para que no existieran interferencias con la utilización simultánea de ambas tecnologías, además se necesita tener 40 000 kbit/s.

Existen varias alternativas para garantizar la seguridad de estas redes. Las más comunes son la utilización de protocolos de cifrado de datos para los estándares wifi como el WEP, el WPA, o el WPA2 que se encargan de codificar la información transmitida para proteger su confidencialidad, proporcionados por los propios dispositivos inalámbricos. La mayoría de las formas son las siguientes:

WEP, cifra los datos en su red de forma que sólo el destinatario deseado pueda acceder a ellos. Los cifrados de 64 y 128 bits son dos niveles de seguridad WEP. WEP codifica los datos mediante una "clave" de cifrado antes de enviarlo al aire. Este tipo de cifrado no está recomendado debido a las grandes vulnerabilidades que presenta ya que cualquier cracker puede conseguir sacar la clave, incluso aunque esté bien configurado y la clave utilizada sea compleja.

WPA: presenta mejoras como generación dinámica de la clave de acceso. Las claves se insertan como dígitos alfanuméricos.

WPA2 (estándar 802.11i): que es una mejora relativa a WPA. En principio es el protocolo de seguridad más seguro para Wi-Fi en este momento. Sin embargo, requieren hardware y software compatibles, ya que los antiguos no lo son. Utiliza el algoritmo de cifrado AES (Advanced Encryption Standard).

IPSEC (túneles IP) en el caso de las VPN y el conjunto de estándares IEEE 802.1X, que permite la autenticación y autorización de usuarios.

Filtrado de MAC, de manera que solo se permite acceso a la red a aquellos dispositivos autorizados. Es lo más recomendable si solo se va a usar con los mismos equipos, y si son pocos.

- Ocultación del punto de acceso: se puede ocultar el punto de acceso (router) de manera que sea invisible a otros usuarios.
- Dispositivos de distribución o de red en wifi son:

- Los puntos de acceso son dispositivos que generan un set de servicio, que podría definirse como una red wifi a la que se pueden conectar otros dispositivos. Los puntos de acceso permiten, en resumen, conectar dispositivos de forma inalámbrica a una red existente. Pueden agregarse más puntos de acceso a una red para generar redes de cobertura más amplia, o conectar antenas más grandes que amplifiquen la señal.
- Los repetidores inalámbricos son equipos que se utilizan para extender la cobertura de una red inalámbrica, éstos se conectan a una red existente que tiene señal más débil y crean una señal limpia a la que se pueden conectar los equipos dentro de su alcance. Algunos de ellos funcionan también como punto de acceso.
- Los enrutadores inalámbricos son dispositivos compuestos, especialmente diseñados para redes pequeñas (hogar o pequeña oficina). Estos dispositivos incluyen, un enrutador (encargado de interconectar redes, por ejemplo, nuestra red del hogar con Internet), un punto de acceso (explicado más arriba) y generalmente un conmutador que permite conectar algunos equipos vía cable (Ethernet y USB). Su tarea es tomar la conexión a Internet, y brindar a través de ella acceso a todos los equipos que conectemos, sea por cable o en forma inalámbrica.

Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan la banda de 2,4 GHz. En esta banda se definieron 11 canales utilizables por equipos wifi, que pueden configurarse de acuerdo a necesidades particulares. Sin embargo, los 11 canales no son completamente independientes (un canal se superpone y produce interferencias hasta un canal a 4 canales de distancia). El ancho de banda de la señal (22 MHz) es superior a la separación entre canales consecutivos (5 MHz), por eso se hace necesaria una separación de al menos 5 canales con el fin de evitar interferencias entre celdas adyacentes, ya que al utilizar canales con una separación de 5 canales entre ellos (y

a la vez cada uno de estos con una separación de 5 MHz de su canal vecino) entonces se logra una separación final de 25 MHz, lo cual es mayor al ancho de banda que utiliza cada canal del estándar 802.11, el cual es de 22 MHz. Tradicionalmente se utilizan los canales 1, 6 y 11, aunque se ha documentado que el uso de los canales 1, 5, 9 y 13 (en dominios europeos) no es perjudicial para el rendimiento de la red.

Esta asignación de canales usualmente se hace sólo en el Punto de acceso, pues los "clientes" automáticamente detectan el canal, salvo en los casos en que se forma una red "Ad-Hoc" o punto a punto cuando no existe punto de acceso.

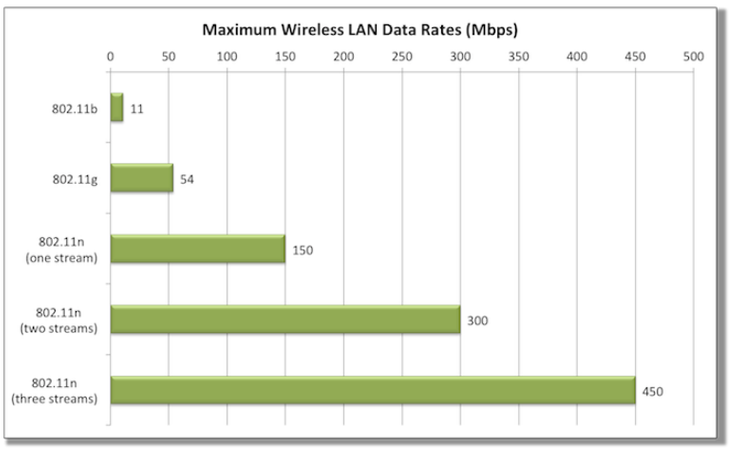


Imagen 6-14

Rango máximo de datos inalámbricos.

Además, el 802.11n puede utilizar la banda de 5 GHz, que es casi siempre menos concurrida y con menos interferencia que la banda de 2,4 GHz. Pero también funciona en 2,4 GHz, y los clientes 802.11n pueden asociarse con facilidad allí. La Tabla 1 muestra las frecuencias disponibles para los diferentes tipos de clientes inalámbricos.

WiFi Frequency Bands		
Band / WiFi version	2.4 GHz	5 GHz
802.11b	√	
802.11g	√	
802.11n	√	√

Imagen 6-15

Bandas de frecuencia de WiFi

IEEE 802.11ac (también conocido como WiFi 5G o WiFi Gigabit) es una mejora a la norma IEEE 802.11n, se ha desarrollado entre el año 2011 y el 2013, y finalmente aprobada en enero de 2014.

El estándar consiste en mejorar las tasas de transferencia hasta 433 Mbit/s por flujo de datos, consiguiendo teóricamente tasas de 1.3 Gbit/s empleando 3 antenas. Opera dentro de la banda de 5 GHz, amplía el ancho de banda hasta 160 MHz (40 MHz en las redes 802.11n), utiliza hasta 8 flujos MIMO e incluye modulación de alta densidad (256 QAM).

Wi-Fi Direct es una norma que permite que varios dispositivos Wi-Fi se conecten entre sí sin necesidad de un punto de acceso intermedio.

Wi-Fi Direct incrusta en esencia un punto de acceso en forma de software (Soft AP), en cualquier dispositivo que deba soportar Direct. El soft AP proporciona una versión de Wi-Fi Protected Setup al ser pulsado el botón o con la configuración basada en PIN. Cuando un dispositivo ingresa al rango del anfitrión Wi-Fi Direct, éste se puede conectar usando el protocolo ad hoc existente, y luego recolecta información de configuración usando una transferencia del mismo tipo de la de Protected Setup. La conexión y configuración se simplifica de tal forma que algunos sugieren que esto podría reemplazar al Bluetooth en algunas situaciones. El estándar también incluye seguridad WPA2 y ofrece controlar el acceso a redes corporativas. Los dispositivos certificados para Wi-Fi Direct se pueden conectar "uno a uno" o "uno a muchos", y no todos los productos conectados necesitan tener Wi-Fi Direct. Con un solo dispositivo Wi-Fi Direct habilitado se pueden conectar dispositivos con el estándar previo de Wi-Fi.

Además de funcionar en diferentes canales, varias redes Wi-Fi pueden compartir canales. Un conjunto de servicios (Sevice Set) es el conjunto de todos los dispositivos asociados con una red Wi-Fi particular. El conjunto de servicios puede ser local, independiente, extendido o de malla. Cada conjunto de servicios tiene un identificador asociado, el identificador de conjunto de servicios (SSID) de 32 bytes, que identifica la red en particular. El SSID se configura dentro de los dispositivos que se consideran parte de la red, y se transmite en los paquetes. Los receptores ignoran paquetes inalámbricos de redes con un SSID diferente.

Software Arduino IDE compatible con ESP8266

Capítulo 2: Configuración de Dispositivos.

Una vez realizado el divisor de tensión para la correcta conexión serial del NodeMCU a la placa de desarrollo Arduino MEGA, corresponde el comienzo de la fase de configuración de ambos dispositivos para realizar los fines esperados.

Este proceso consta de la modificación del programa del Arduino MEGA, inicialmente configurado para tomar los datos entregados por el conversor de estándar 485 a TTL, transformarlos a variables y retransmitirlos por medio de un módulo bluetooth, para posteriormente incluir el envío de datos medidos al dispositivo Wi-Fi. Por lo que en primer lugar se realizará un análisis de este y luego la mencionada edición.

Posteriormente, se procederá a crear un código de programación original para la placa de desarrollo Node MCU v3, el cual en primer lugar abrirá la conexión Wi-Fi, recibirá los datos en bytes enviados desde la placa Arduino MEGA, los transformará a variables, para luego retransmitirlos hacia la página web diseñada para el proyecto.

Para ambos casos se utilizará el programa nativo de Arduino: Arduino IDE.

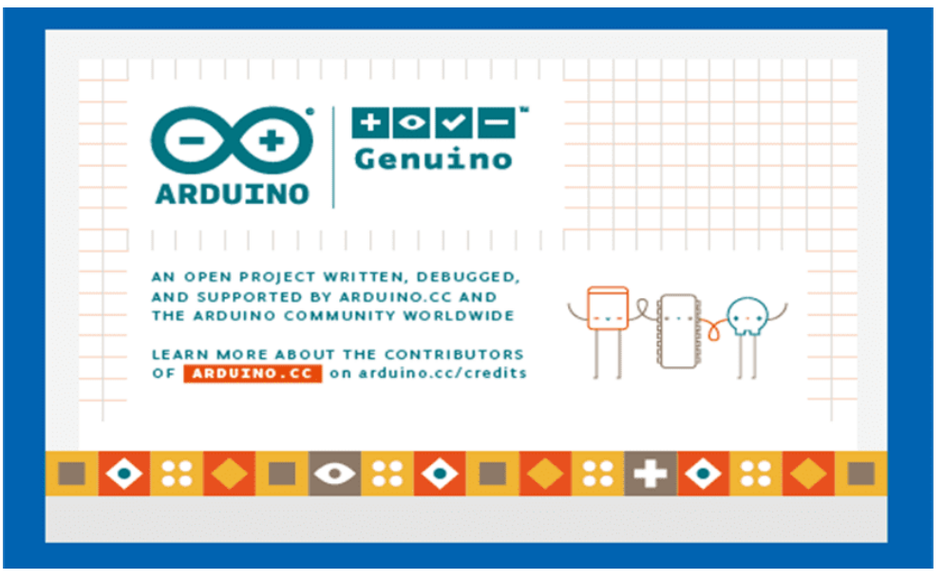


Imagen 7-1

Arduino IDE

Análisis del código de programación Arduino MEGA

```
 Serial.println("enviando datos");

sprintf(buffer, "%d,%d,%d,%d,%d,%d",energy,maxVoltage,maxCurrent,maxPower,powerFactor,maxFreq);
Serial3.println(buffer);

    sprintf(buffer, "%d,%d,%d,%d,%d,%d",energy,maxVoltage,maxCurrent,maxPower,powerFactor,maxFreq);
mySerial.println(buffer);

contador = 0;
}
```

Imagen 7-2

Código envío de datos

- Serial.println("enviando datos"); Corresponde a la muestra en monitor de lo que se está llevando a cabo.
- sprintf(buffer,"%d,%d,%d,%d,%d,%d",energy,maxVoltage,maxCurrent,max Power,powerFactor,maxFreq); Configura los datos descritos para ser enviados al módulo Nodemcu.
- mySerial.println(buffer); Imprime los datos enviándolos al Nodemcu (esp8266).

Cabe destacar, que las variables que nos interesan en la implementación del proyecto, que serán analizadas para ser enviadas al módulo inalámbrico. La longitud de estas variables es de 2 Bytes por cada una, para una resolución de seis datos, obtendríamos 12 Bytes.

*Por lo anterior y en base a la memoria del Arduino MEGA, se determino transferir en una velocidad de 9600 baudios, para así no perder ninguna variable durante la transmisión de estos.

Modificación del código de programación Arduino MEGA

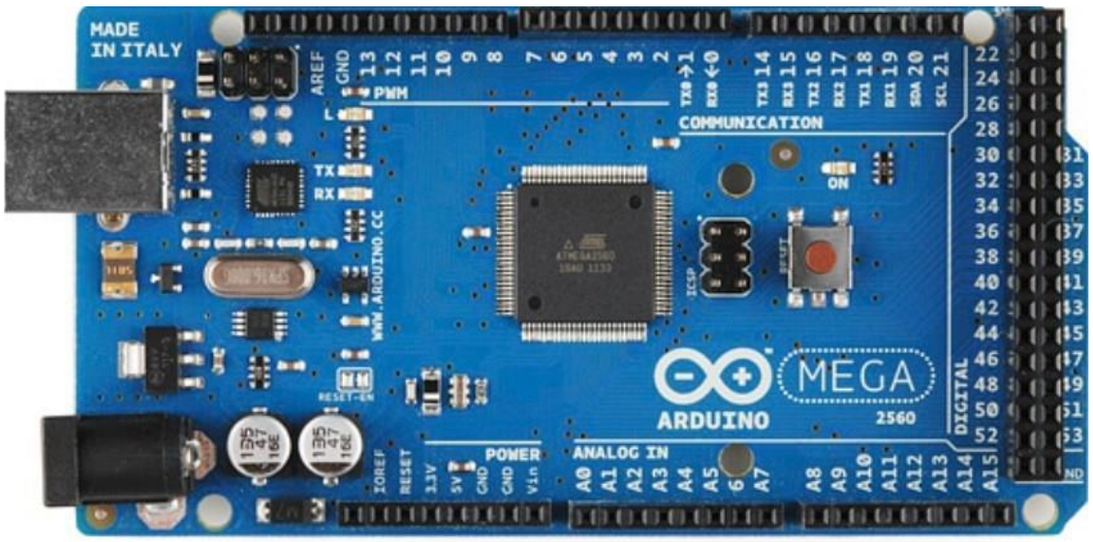


Imagen 7-3

Arduino Mega

Como sabemos, la placa en cuestión posee 3 pares de comunicación puertos Tx y Rx, de los cuales para la implementación anterior se utilizaron 5 de estos: 14 y 15 para la conexión de datos con el módulo bluetooth, 17, 18 y 19 para la unión con el totalizador SDM120 mediante el conversor RS485 a serial TTL, Por lo anterior se procederá a conectar el NodeMCU en los pines digitales 10 y 11, mediante el denominado SoftwareSerial de Arduino.

Habiendo excedido las conexiones físicas de transmisión y recepción, se opta por utilizar una librería que nos permite emular las mismas, utilizando los pines ya mencionados como si fueran Tx y Rx, respectivamente. El nombre de dicha librería es el de Software Serial.

Para lo anterior, en primer lugar, se incluye la nueva librería a utilizar, junto a las ya incorporadas. Esta corresponde a una librería preconfigurada por el programa de Arduino IDE, por lo que solo hace falta mencionarla.

Luego, se proceden a declarar los pines virtuales Tx y Rx, esto se realiza en la sección de void setup, junto a las demás variables. El nombre de los pines virtuales será mySerial, por lo que nos remitiremos a mencionarlo de esta manera de ahora en adelante.

Se procede a realizar un duplicado de esta sección de variables, debido a que la primera está asociada al envío de las mismas al módulo Bluetooth, por lo que la copia sería destinada al envío vía serial al módulo Wi-Fi. Sin embargo, se modifica el puerto serial con el que se trabajará, el cual corresponderá al citado mySerial, puerto virtual creado para imprimir dichos datos vía serial.

Cabe destacar que el envío de las variables recopiladas se realizada mediante una string, es decir, una cadena de datos.

Creación de código de programación de NodeMCU v3

Como se mencionaba anteriormente, se requiere en primer lugar que el dispositivo conecte a Wi-Fi, por lo anterior se declaran las variables de host, ip y se incluye el nombre de la red a utilizar y la contraseña de la misma. Al ser estos datos modificables a futuro, se visualizarán para estos efectos como "red" y "contraseña". Por otro lado, se debe declarar la creación de una string nueva, que tendrá el objeto de recepcionar la string del anterior código analizado.

Posteriormente, se inicia la comunicación serial, esto a 9600 baudios, debido a que es la tasa de refresco de datos predeterminado de la placa de desarrollo. A continuación, se procede a declarar la recepción y lectura de la string, esto se realiza con una condición que se cumple cuando el puerto serial está disponible.

```
if (Serial.available()) {

 a = Serial.readString();// lee los datos entrantes como string

 Serial.println(a); //imprime los datos entrantes
}
```

Imagen 7-4

Lectura e impresión de datos

De esta manera, se leen los datos entrantes como string, y a su vez se imprimen en el monitor serial del NodeMCU.

Teniendo ya la información disponible en la placa, corresponde programar su envío a la página web creada para tal fin, por lo que lo haremos configurando la ip del computador que aloja el servidor local y asociando el nombre de la string dentro de las siguientes líneas de comando.

```
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) { //verifica conexión WiFi
  HTTPClient http;  //declara un objeto de clase HTTPClient

  http.begin("http://192.168.43.242/medidores/public/medidor/registro/" + a);  //enlace de página web con la string incorporada
  int httpCode = http.GET();

  if (httpCode > 0) {
    Serial.println("Entro en la URL");                    //aviso de que se están ingresando los datos en página web
  }
```

Imagen 7-5

Envío de datos a página web

A continuación, se observa un diagrama de flujo que explica el funcionamiento del aludido código:

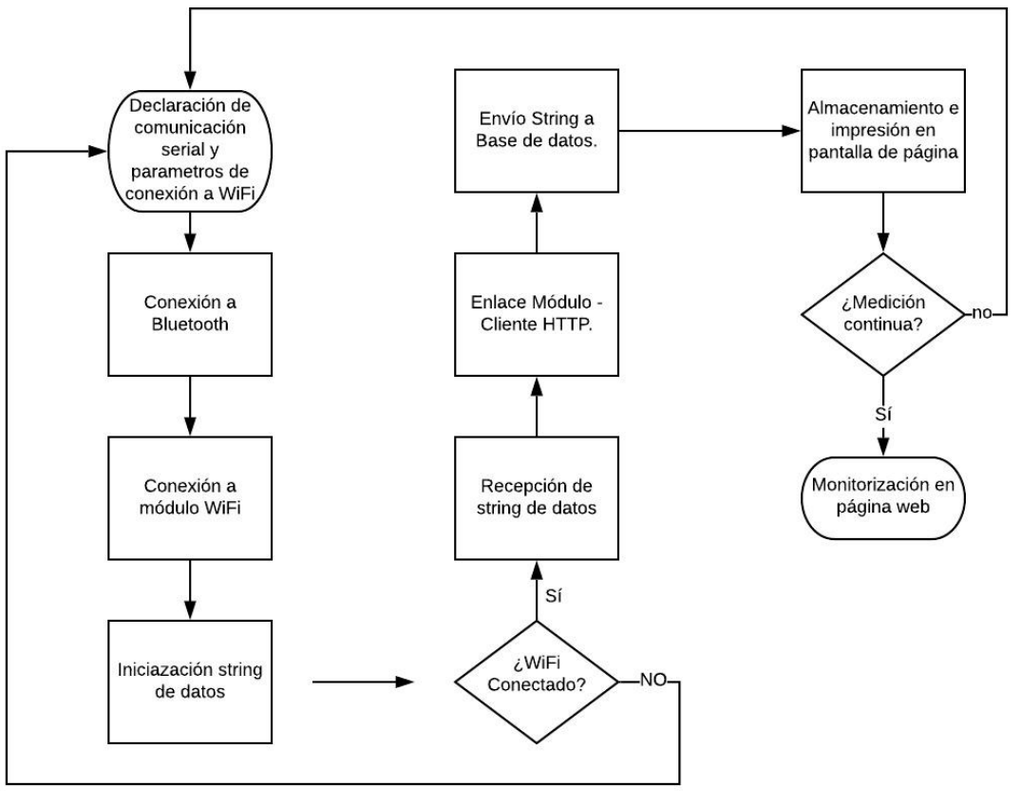


Imagen 7-6

Lógica de trabajo de la implementaci

Capítulo 3: Creación y enlace de página web con dispositivos

Descripción

De acuerdo a lo expuesto, se realizó la programación y puesta en marcha de una página web que albergue los datos enviados por el Arduino desde el Totalizador, a modo de crear el registro histórico propuesto en un principio por nuestro proyecto.

La página es ejecutada desde un servidor local, puesto que permite un manejo más personalizado del programa, permitiendo ejecutarlo desde un computador que delegamos para tales efectos, versus un servidor remoto, el cual debe ser arrendado junto con un hosting anual, por lo que lo consideramos una ventaja estratégica en cuanto a manejo del sistema y costos. No obstante, lo anterior, la base de datos de la misma puede ser alojada en un servidor remoto a futuro, si se desea modificar el alcance de este proyecto.

Base de datos

Para la generación de la base de dato de la página web, optamos por una de tipo mySQL, debido a la versatilidad de la misma, sencillez, debido a que permite tanto a usuarios experimentados como iniciados su manejo, y a que nuestro proyecto contempla el manejo de poca cantidad de datos. Si estos fueran mayores, se utilizaría, PL/SQL.

Lenguaje de programación

A su vez, el lenguaje de programación utilizado fue el de PHP, esto debido a que es un código típicamente utilizado para el desarrollo de páginas web, versátil y muy masificado, por lo que destaca la cantidad de información que hay al respecto para su manejo.

Puesta en marcha

Por medio del framework Laravel se procedió a desarrollar el código, con apoyo del lenguaje de programación PHP. Este programa entrega ciertos modelos los cuales sirven de base para que el programador comience a desarrollar el código, por lo que elegimos el más adecuado para estos efectos, y se realizaron modificaciones específicas en ciertos sectores del mismo como lo son las carpetas (en términos del producto final): controllers, model, database y resource, los cuales se explicarán a continuación.

app	01-06-2019 15:23	Carpeta de archivos	
bootstrap	01-06-2019 14:23	Carpeta de archivos	
config	01-06-2019 14:23	Carpeta de archivos	
database	01-06-2019 14:23	Carpeta de archivos	
public	01-06-2019 14:23	Carpeta de archivos	
resources	01-06-2019 14:23	Carpeta de archivos	
routes	01-06-2019 14:23	Carpeta de archivos	
storage	01-06-2019 14:23	Carpeta de archivos	
tests	01-06-2019 14:23	Carpeta de archivos	
vendor	01-06-2019 14:32	Carpeta de archivos	
.editorconfig	01-06-2019 14:23	Archivo EDITORC...	1 KB
.env	01-06-2019 15:56	Archivo ENV	1 KB
.env.example	01-06-2019 14:23	Archivo EXAMPLE	1 KB
.gitattributes	01-06-2019 14:23	Archivo GITATTRI...	1 KB
.gitignore	01-06-2019 14:23	Archivo GITIGNORE	1 KB
.styleci.yml	01-06-2019 14:23	Archivo YML	1 KB
artisan	01-06-2019 14:23	Archivo	2 KB
composer.json	01-06-2019 14:23	Archivo JSON	2 KB
composer.lock	01-06-2019 14:23	Archivo LOCK	164 KB
package.json	01-06-2019 14:23	Archivo JSON	2 KB
phpunit	01-06-2019 14:23	Documento XML	2 KB
server.php	01-06-2019 14:23	Archivo PHP	1 KB
webpack.mix	01-06-2019 14:23	Archivo JavaScript	1 KB
yarn.lock	01-06-2019 14:23	Archivo LOCK	199 KB

Imagen 8-1

Captura de apariencia del código por carpetas generado por software Laragon

```php
<?php

use Illuminate\Support\Facades\Schema;
use Illuminate\Database\Schema\Blueprint;
use Illuminate\Database\Migrations\Migration;

class CreateMedidorsTable extends Migration
{
    /**
     * Run the migrations.
     *
     * @return void
     */
    public function up()
    {
        Schema::create('medidores', function (Blueprint $table) {
            $table->bigIncrements('id');
            $table->float('voltaje');
            $table->float('corriente');
            $table->float('potencia');
            $table->float('factor_potencia');
            $table->float('frecuencia');
            $table->float('energia_electrica');
            $table->timestamps();
        });
    }
```

Imagen 8-2

Código base de datos página web ingreso de datos

```php
<?php

/*
|--------------------------------------------------------------------------
| Web Routes
|--------------------------------------------------------------------------
|
| Here is where you can register web routes for your application. These
| routes are loaded by the RouteServiceProvider within a group which
| contains the "web" middleware group. Now create something great!
|
*/

Route::get('/', 'MedidorController@index');
Route::get('/medidor/registro/{dato_1}/{dato_2}/{dato_3}/{dato_4}/{dato_5}/{dato_6}', 'MedidorController@reg

//medidores.test/medidor/registro/1/2/3/4/5/6
```

Imagen 8-3

Captura y registro de datos en página web

Captura de rutas creadas para el proyecto. Como se observa por cada dato se obtiene un link, el cual servirá de enlace entre el módulo Arduino y la página web. De esta manera tenemos:

medidores.test/medidor/registro/1/2/3/4/5/6

Asignados consecutivamente a los valores medidos.

```
35                                  <th>Frecuencia</th>
36                                  <th>Energía Eléctrica</th>
37                                  <th>Fecha Registro</th>
38                              </thead>
39                              <tbody>
40                                  @forelse ($datos as $item)
41                                      <tr align="center">
42                                          <td> {{ $item->id }} </td>
43                                          <td> {{ $item->voltaje }} </td>
44                                          <td> {{ $item->corriente }} </td>
45                                          <td> {{ $item->potencia }} </td>
46                                          <td> {{ $item->factor_potencia }} </td>
47                                          <td> {{ $item->frecuencia }} </td>
48                                          <td> {{ $item->energia_electi }} </td>
49                                          <td> {{ $item->created_at }} </td>
50                                      </tr>
51                                  @empty
52                                      <tr align="center">
53                                          <td colspan="8">Sin registros</td>
54                                      </tr>
55                                  @endforelse
56                              </tbody>
57                          </table>
58                      </div>
59                  </div>
60              </div>
61          </body>
62      </html>
63
64
```

Imagen 8-4

Diseño de visualización de datos

Captura de vistas creadas para para la página web. Corresponden a la visualización que tiene el usuario respecto a la página web. Obtenidas con el software de Visual Studio Code.

Para el acceso a la página se utilizó la dirección medidores.test

Imagen 8-5

Página web desarrollada.

Vista preliminar de la página web. Para lograr de manera más sencilla una interfaz visual más estéticamente correcta se utilizó buzzlab que es una librería de estilo csc precargada la cual ayuda a facilitar mucho el diseño.

Capítulo 4: Procedimiento para migración de servidor web

Como explicitamos anteriormente durante el desarrollo de este proyecto, para la implementación de la página web que recibirá los datos medidos por el totalizador, nos valdremos de un servidor local, el cual, al tratarse de un prototipo, funcionará de esta manera solo en el computador donde se encuentre alojado.

En primer lugar, debemos descargar e instalar Laragon. Este software, como bien dijimos antes, permite hacer uso de un entorno de desarrollo para lenguaje PHP en Windows, en otras palabras, estaríamos emulando las condiciones necesarias para montar una página web en un servidor remoto.

Para esto iremos a la página oficial del software Laragon, ingresando en la dirección web: https://laragon.org

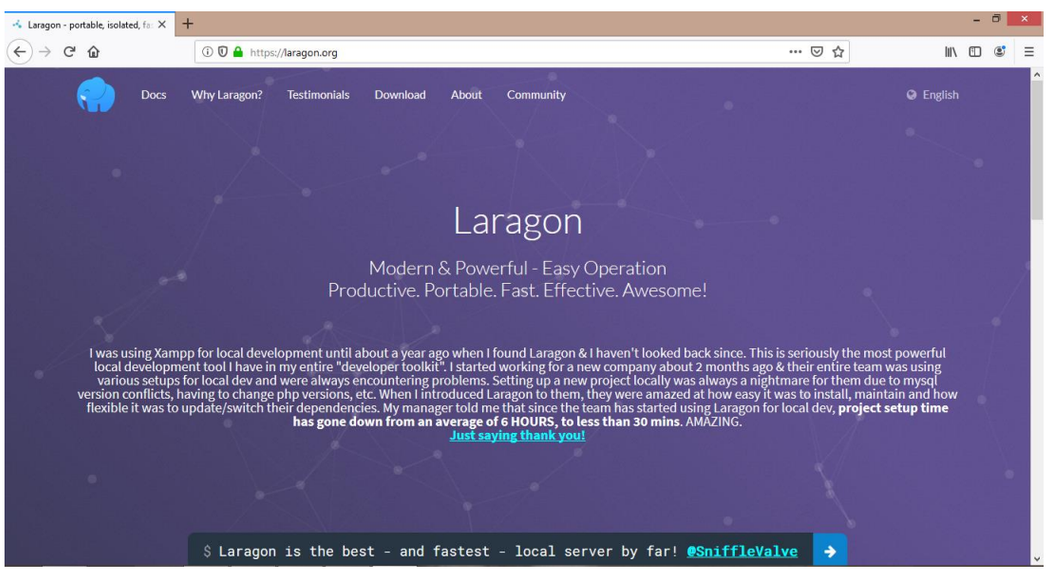


Imagen 9-1

Página oficial de laragon

Una vez habiendo ingresado a la página, ingresamos al apartado de descargas: “Downloads”, y hacemos click en la versión completa del programa, en este caso: “Download Laragon - Full (130 MB)”.

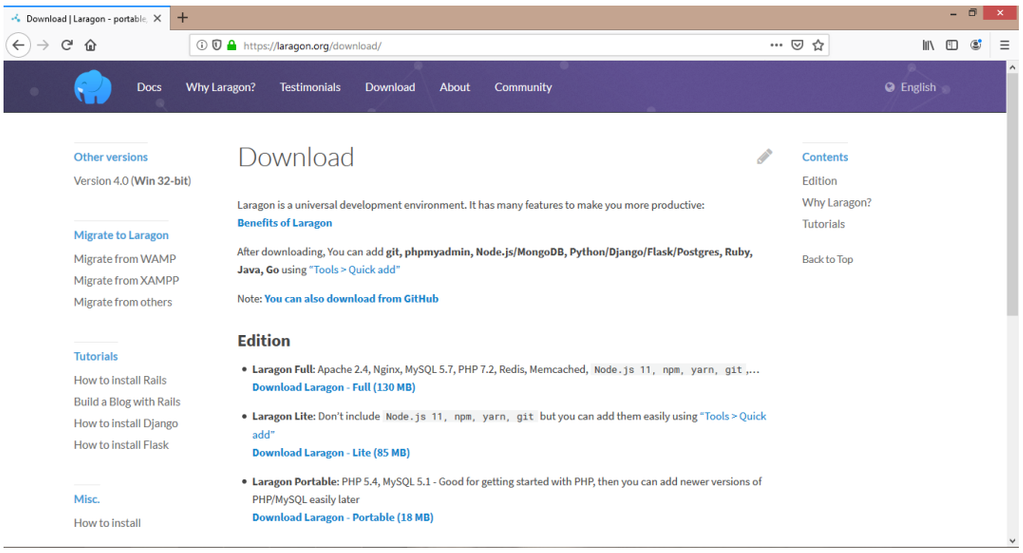


Imagen 9-2

Descarga software de Laragon

Una vez descargado el archivo, lo ejecutamos y seguimos las instrucciones de instalación.

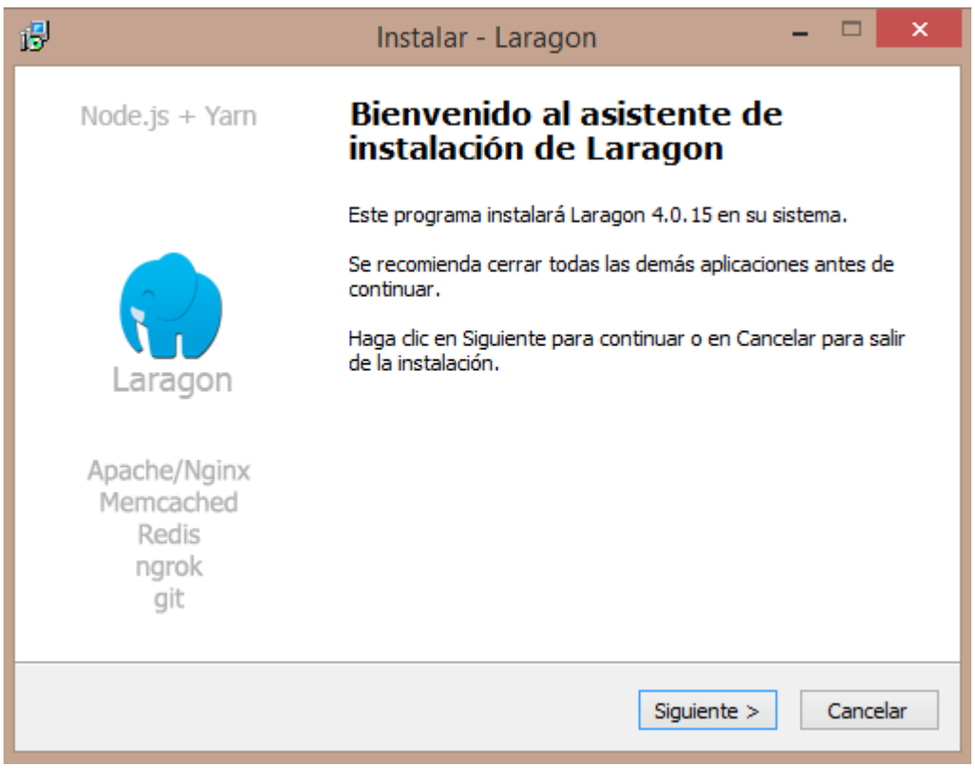


Imagen 9-3

Instalación de software Laragon

Luego, teniendo al archivo comprimido (WinRAR) de la programación del proyecto, hacemos click derecho sobre él y seleccionamos "Extraer ficheros…" y seleccionamos la ruta: **C:\laragon\www**. El archivo se descomprimirá.

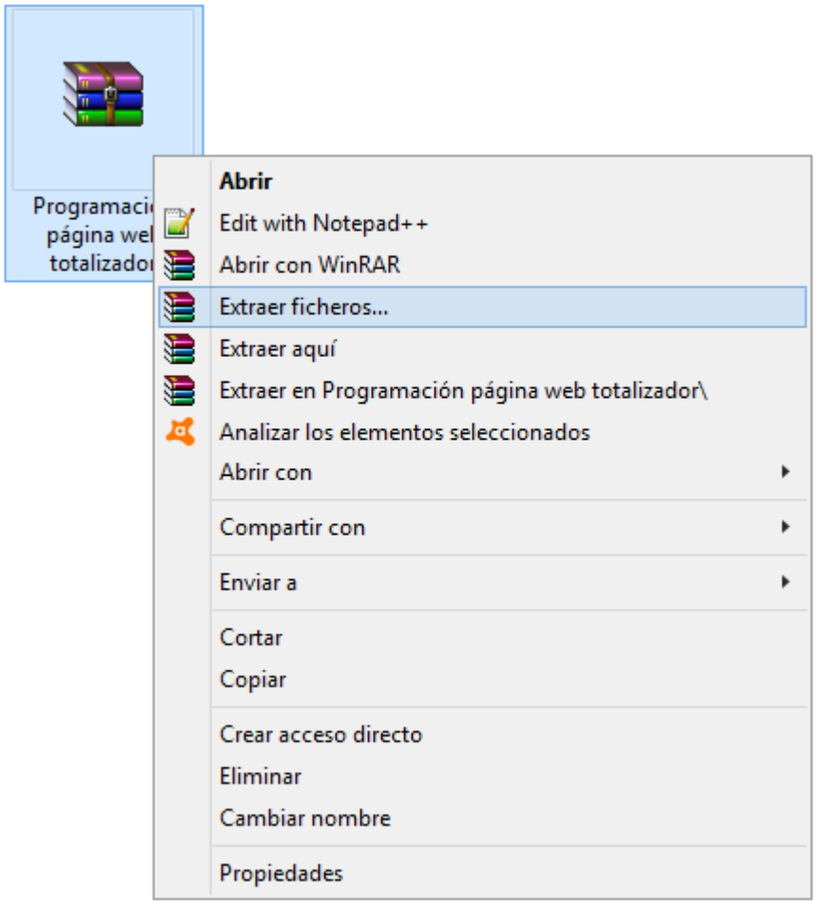


Imagen 9-4
Extracción de archivos de programación

A continuación, ejecutamos el programa ya instalado, y dentro del menú hacemos click en "Iniciar todo". De esta manera, estamos ejecutando el entorno del servidor local.

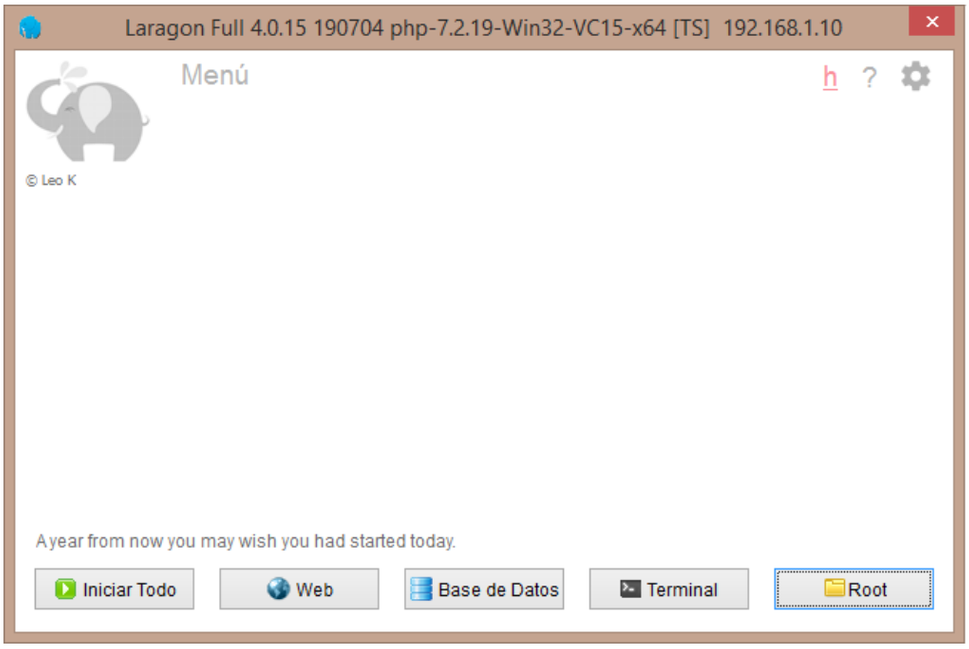


Imagen 9-5

Menú principal de software Laragon.

Luego, ingresamos en la opción "Base de Datos". Una vez allí dentro, entramos en Laragon, que sería la sesión por defecto del programa. Una vez dentro hacemos click derecho en el lado izquierdo de la pantalla, para luego seleccionar crear nueva base de datos, la cual llamaremos con el nombre del proyecto, en este caso, medidores.

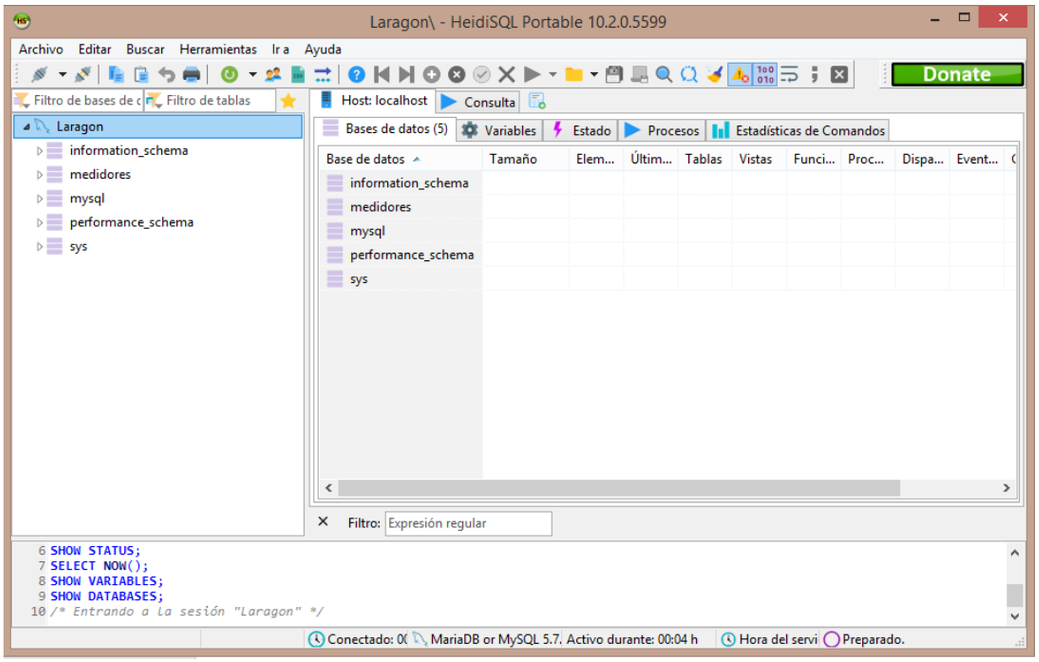


Imagen 9-6

Creación de base de datos en software Laragon.

Finalmente, salimos de la sección Base de datos, para luego ingresar en la opción Terminal, dentro de la cual ejecutaremos nuestro programa. Teniendo en cuenta que el nombre de la carpeta y Base de Datos es “medidores”, procedemos a escribir:

cd medidores\

php artisan migrate

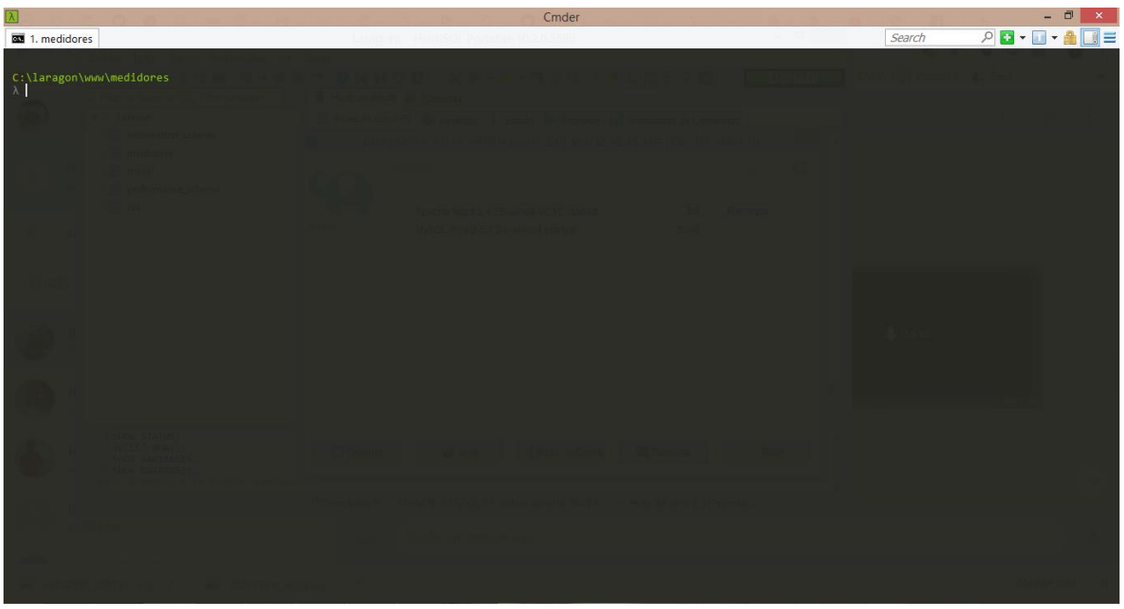


Imagen 9-7
Terminal de software Laragon.

De esta forma, la programación de la página web del proyecto fue migrada con éxito, por lo que podríamos ingresar a ella escribiendo la dirección web (en este caso medidores.test) desde cualquier navegador instalado en el computador. Así también, para futuras ediciones al código, se recomienda utilizar el programa Visual Studio Code, de Microsoft, el cual es gratuito y versátil, donde se puede ingresar sin problemas a la carpeta contenedora del código, cuya dirección se señaló en este apartado, para modificar el correspondiente aspecto.

Imagen 9-8

Vista de página web cargada en el computador

Conclusión

Luego de realizar tanto el estudio teórico y de viabilidad del trabajo de título, y la posterior implementación de este, podemos concluir que:

- Se logró cumplir con el objetivo principal del proyecto, el cual era establecer una comunicación vía Wi-Fi del totalizador eléctrico SDM-120 con una página web diseñada para almacenar los datos para tales efectos.

- Se realiza un estudio minucioso sobre las alternativas de comunicación Wi-Fi, estableciendo y a la vez comprobando que la placa de desarrollo NodeMCU, antena WiFi, cumple con creces en cuanto a versatilidad y sencillez de programación, al usar como lenguaje nativo el de Arduino.

- Se determinó que, para los alcances del proyecto, lo más adecuado para el mismo sería que la página web funcionara mediante un servidor local, dejando asimismo la alternativa a futuro de migrar la programación a un servidor remoto.

- Se cumplieron los objetivos en los tiempos designados en la Carta Gantt, pudiendo integrar y poner en práctica, además de profundizar, un gran abanico de conocimientos y habilidades desarrollados durante el transcurso de la carrera, tales como: circuitos eléctricos, electrónica, microprocesadores y microcontroladores, adquisición de datos, redes industriales, entre otros.

- Este proyecto forja bases de conocimiento para el desarrollo técnico de cualidades e iniciativas tanto para proyectos como para la aplicación de la especialidad, que permiten desplantarse de le mejor forma adquirida a la hora de ser designado a un trabajo o a la solución de un problema, atendiendo a la habilidades adquiridas de automatización, electrónica, neumática, redes industriales, microcontroladores, entre otros, los cuales en conjunto podemos encontrar en gran parte de las distintas áreas de empresas e industrias laborales.

- Se deja abierta la posibilidad de continuación de uso o ampliación de este proyecto, pudiendo ser adecuada a variadas alternativas de empleo, de lo cual es colmadamente útil el registro de datos a una página web, para permitir y colaborar en estudios de análisis de consumos en una red de determinada área, en incluso ayudar como herramienta pedagógica para instruir de forma didáctica a los futuros estudiantes, no sólo de la carrera, sino de las diversas ramas ligadas a la aplicación.

Índice de imágenes

Imagen 5-1.....pág.7
Imagen 5-2.....pág.8
Imagen 5-3.....pág.9
Imagen 5-4.....pág.11
Imagen 5-5.....pág.14
Imagen 5-6.....pág.14
Imagen 5-7.....pág.14
Imagen 5-8.....pág.15
Imagen 5-9.....pág.17
Imagen 5-10.....pág.19
Imagen 5-11.....pág.20
Imagen 5-12.....pág.21
Imagen 5-13.....pág.23
Imagen 5-14.....pág.24
Imagen 5-15.....pág.27
Imagen 5-17.....pág.29
Imagen 5-19.....pág.32
Imagen 5-20.....pág.35
Imagen 6-1.....pág.38
Imagen 6-2.....pág.39
Imagen 6-3.....pág.40
Imagen 6-4.....pág.41
Imagen 6-5.....pág.42
Imagen 6-6.....pág.43
Imagen 6-7.....pág.44
Imagen 6-8.....pág.44
Imagen 6-9.....pág.45
Imagen 6-10.....pág.46
Imagen 6-11.....pág.46
Imagen 6-12.....pág.47
Imagen 6-13.....pág.47
Imagen 6-14.....pág.54
Imagen 7-1.....pág.56
Imagen 7-2.....pág.57
Imagen 7-3.....pág.58
Imagen 7-4.....pág.59
Imagen 7-4.....pág.59
Imagen 7-5.....pág.60
Imagen 7-6.....pág.61
Imagen 8-1.....pág.63
Imagen 8-2.....pág.64
Imagen 8-3.....pág.64
Imagen 8-4.....pág.65
Imagen 9-1.....pág.67
Imagen 9-2.....pág.68
Imagen 9-3.....pág.68
Imagen 9-4.....pág.69
Imagen 9-5.....pág.70
Imagen 9-6.....pág.70
Imagen 9-7.....pág.72
Imagen 9-8.....pág.72

Índice de tablas

Imagen 5-1.....pág.16

Imagen 5-2.....pág.18

Imagen 5-3.....pág.18

Imagen 5-4.....pág.21

Imagen 5-5.....pág.26

Bibliografía

- Aprendiendo Arduino. WiFi en Arduino. Recuperado de https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/11/12/wifi-en-arduino/

- Github. Esp8266. Recuperado de https://github.com/esp8266/Arduino

- Aprendiendo Arduino. Uso ESP8266 con Arduino (Puerto Serie). Recuperado de https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/comandos-at/

- Foro Oficial de Arduino. Recupeado de https://forum.arduino.cc/

- Arduino. ¿Qué es Arduino? Recuperado de http://arduino.cl/que-es-arduino/

- Electrónica USM. Recuperado de http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s12/project/reports/LopezCofre/BLUETOOTH.pdf

- National Instruments. ¿Qué es adquisición de datos? Recuperado de https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/