



Cursos Abiertos de Programación de Sistemas Embebidos

Nivel 2 - Internet de las Cosas (IoT)

Wi-Fi

Profesores turno 1: Dr. Ing. Pablo Gomez, Esp. Ing. Patricio Bos

Profesores turno 2: Ing. Eric Pernia, Esp. Ing. Agustín Bassi



Asociación Civil para la Investigación,
Promoción y Desarrollo de los
Sistemas Electrónicos Embebidos



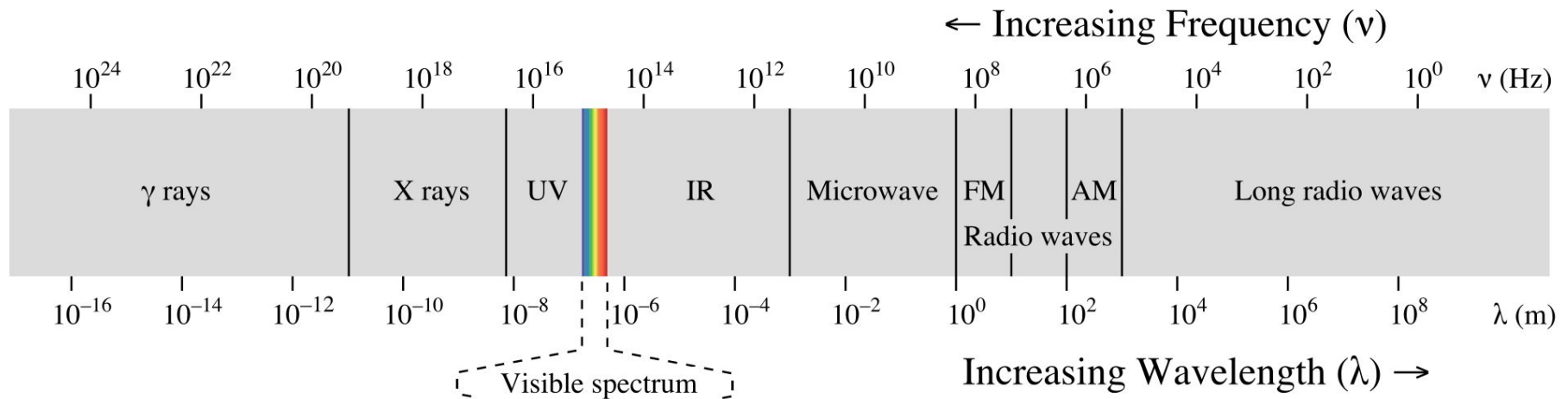
1. Marco teórico
 - a. Comunicación inalámbrica
 - b. Ondas Electromagnéticas
 - c. Modulación de señales
 - d. Modelo OSI de capas
 - e. IEEE
2. Wi-Fi
3. Wi-Fi en los Sistemas Embebidos
 - a. Internet of Things (IoT)
 - b. Módulo ESP8266 (ESP-01)
 - c. ThingSpeak
4. Práctica

Marco teórico

Las comunicaciones inalámbricas involucran la transmisión de información o energía sin utilizar conductores eléctricos.



La transmisión de señales por el aire se logra utilizando antenas que se comunican por ondas de radio. Estas son un tipo particular de radiación electromagnética, y ocupan las más altas frecuencias del espectro electromagnético:



La radiación electromagnética se propaga en forma de **ondas electromagnéticas**.



Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas (E.M.) son oscilaciones sincronizadas de campos eléctricos y magnéticos que viajan a la velocidad de la luz en el vacío, y que no necesitan un medio de propagación.

Estas ondas tienen asociadas una frecuencia y longitud de onda, y una energía proporcional a esta frecuencia.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

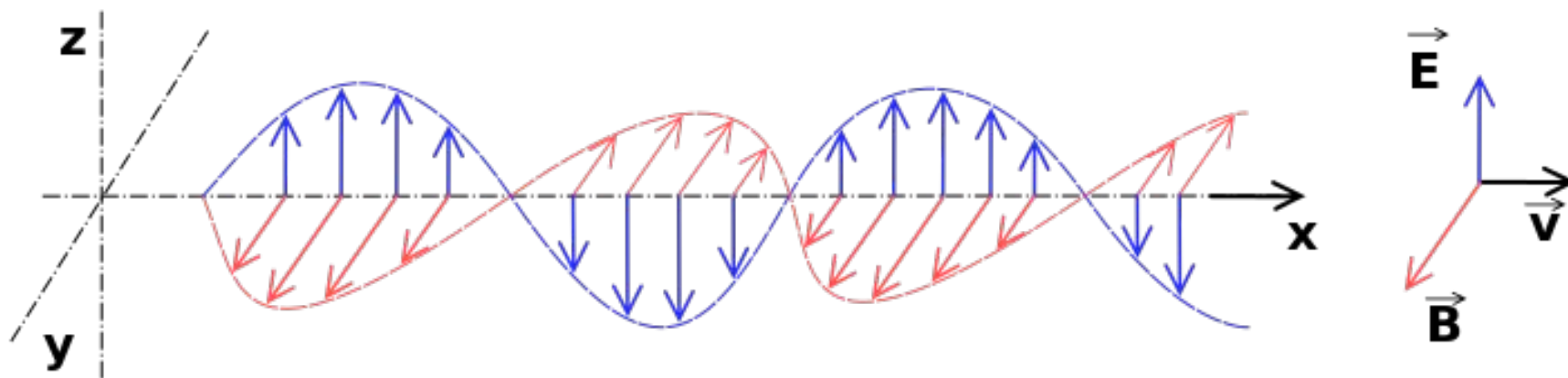
λ = longitud de onda [metros]

c = Velocidad de la luz $\approx 3 \times 10^8$ m/s

f = frecuencia [Hz]

Ondas electromagnéticas

Las ondas EM se crean a partir de una partícula cargada, la cual genera un campo eléctrico. Cuando esta se acelera crea oscilaciones en este campo, lo cual produce un campo magnético. A su vez, el campo magnético que varía en el tiempo produce un campo eléctrico, ciclo que se repite hasta que la energía se agote.





Ondas electromagnéticas

Algunos ejemplos comunes de aplicación son:

- La radio (AM y FM)
- Celulares
- GPS
- Televisión satelital
- Wi-Fi
- Hornos microondas (transmisión de energía)



Modulación de señales

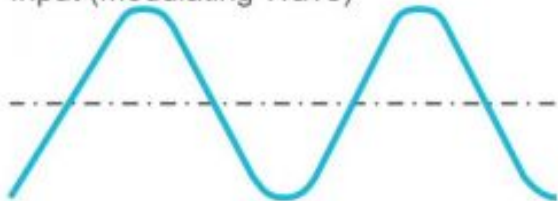
El problema es que no siempre es viable transmitir señales "crudas" inalámbricamente, como por ejemplo la voz humana (20Hz~20KHz) o señales digitales, por lo que es necesario un proceso llamado **modulación** de la señal.

Este consiste en variar propiedades de una señal periódica, denominada portadora o *carrier*, con una moduladora, que generalmente contiene los datos que deseo transmitir.

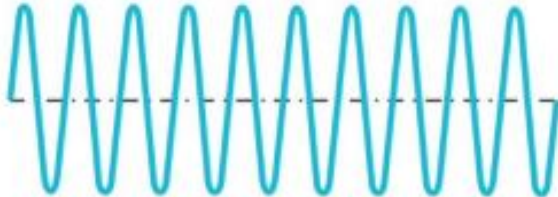
Modulación de señales

Amplitude Modulation (AM)

Input (Modulating Wave)



Carrier



Modulated Result

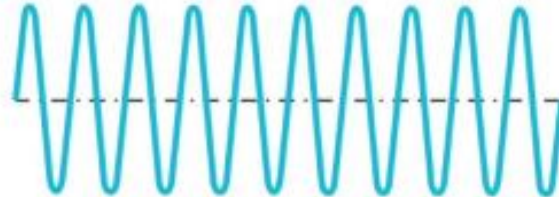


Frequency Modulation (FM)

Input (Modulating Wave)



Carrier

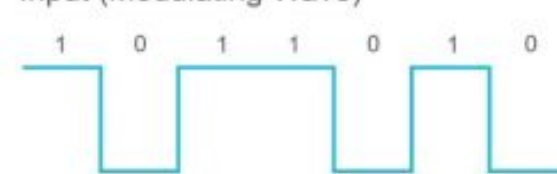


Modulated Result



Digital Modulation

Input (Modulating Wave)



Carrier



Modulated Result

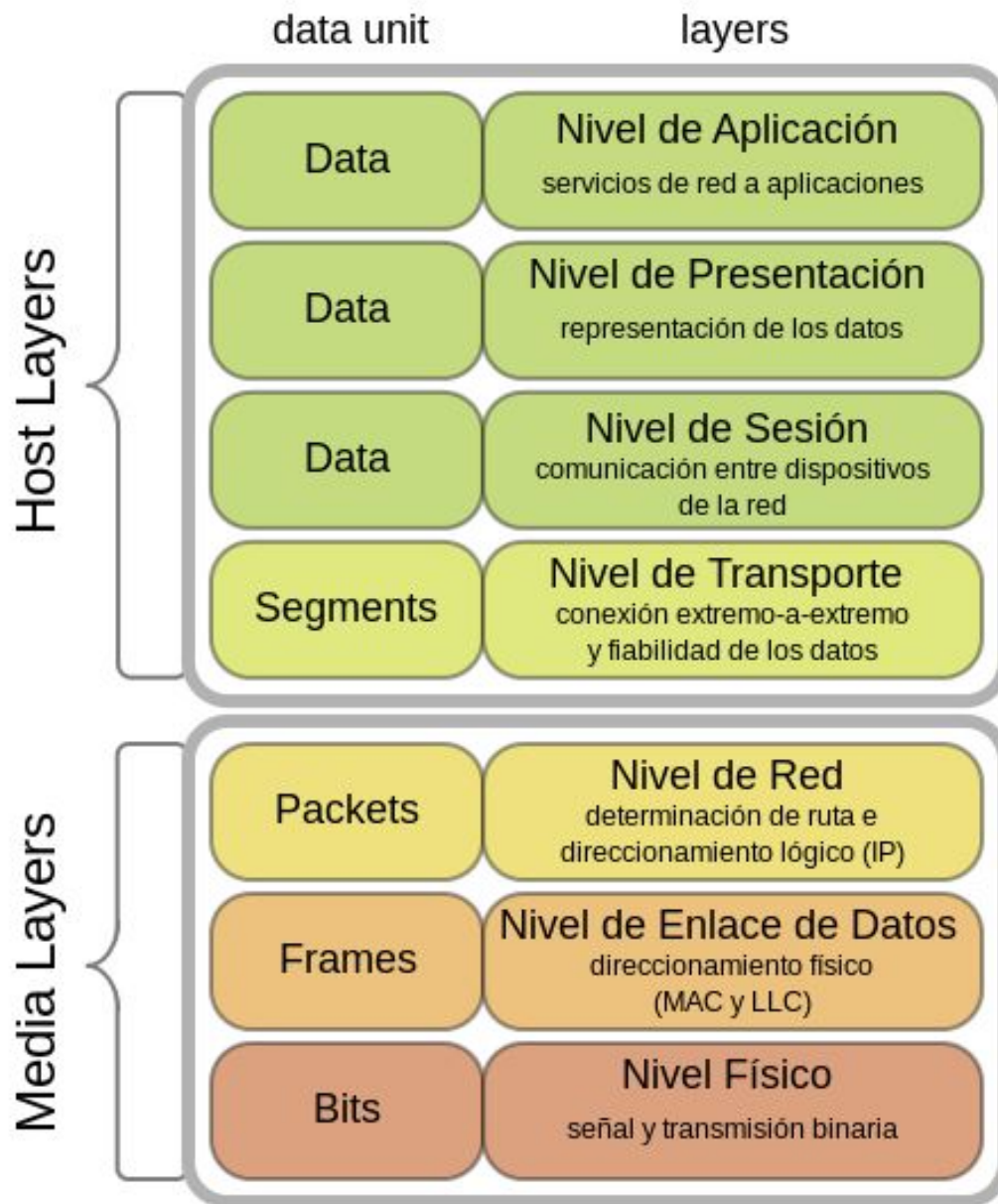




Modelo OSI

El modelo OSI (Open Systems Interconnection) es un modelo de referencia formado por **7 capas** que indica como distintas aplicaciones se comunican dentro de una red.

Modelo OSI





Modelo OSI

Las 2 capas inferiores son las capas **física** y de **enlace de datos**.

Capa física

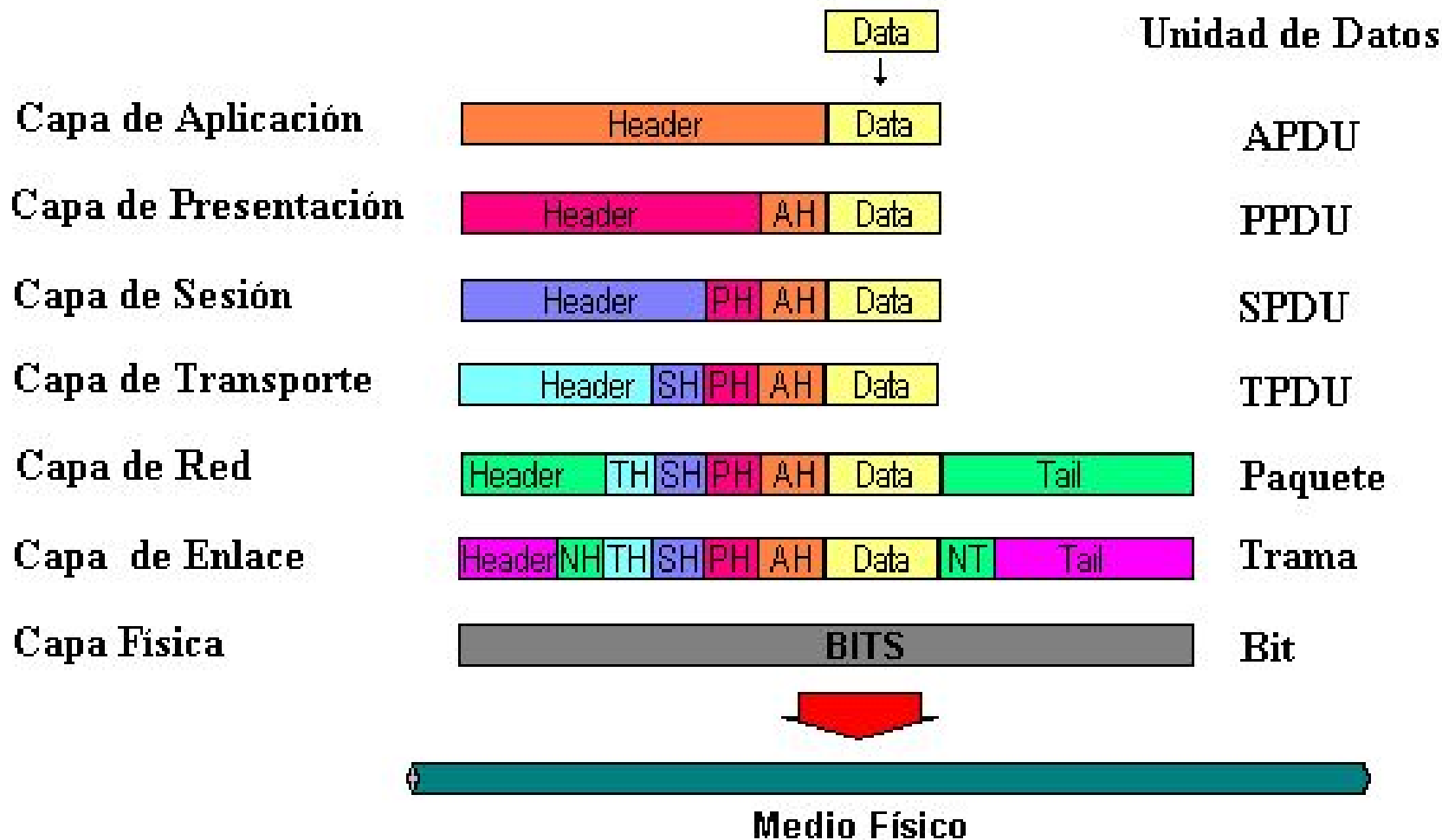
Es la encargada de la transmisión y recepción de la información. Describe el medio de comunicación (cableado o inalámbrico), topología de la red, tipos de señales, tasas de transmisión, etc.

Capa de enlace de datos

Es la encargada de determinar cómo se accederá al medio, detectar errores, del tráfico de frames, de acuses de recibo (acknowledgement) de los frames, etc.

La capa de enlace de datos está formada, a su vez, por la subcapa de ***Control de Acceso al Medio*** (MAC) y la subcapa de ***Control Lógico del Enlace*** (LLC).

Modelo OSI





La *IEEE* (Institute of Electrical and Electronics Engineers) es una organización dedicada a la **creación de estándares** para diversos campos relacionados a la tecnología y ciencias.

Web principal: <https://www.ieee.org/index.html>

Estándares: <http://standards.ieee.org/index.html>

Los estándares IEEE 802, por ejemplo, definen la capa física y la de enlace de datos de redes de área local (LAN), correspondientes a las 2 capas más bajas del modelo de capas OSI. El más nuevo hasta el día de la fecha es el std 802-2014.

Algunos ejemplos de la familia 802:

- 802.2 LLC
- 802.3 Ethernet
- 802.11 WLAN (ej: Wi-Fi)
- 802.15.1 Bluetooth
- 802.15.4 Low-Rate wireless PAN (ej: Zigbee)

Wi-Fi



Wi-Fi



Wi-Fi es una tecnología de redes inalámbricas que le permite a varios dispositivos comunicarse mediante señales de radio.

Es una marca registrada de la *Wi-Fi Alliance*, quien determina si los dispositivos son *Wi-Fi CERTIFIED*TM.



Wi-Fi

Para ser Wi-Fi tiene que basarse en el estándar **IEEE 802.11**. El más nuevo hasta el día de la fecha es el *std 802.11-2012*.

IEEE 802.11 es un conjunto de especificaciones de control de acceso al medio (MAC) y capa física del modelo OSI para implementar redes de área local inalámbrica (WLAN) en bandas de frecuencia específicas, como 2.4GHz y 5GHz.

802.11 a modelo OSI

| | | | | | | | | |
|--|---------------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|
| 802 Overview And Architecture | 802.1 Management | 802.2 LLC Logical Link Control | | | | | | LLC Sublayer |
| | | 802.3 MAC | 802.5 MAC | 802.11 Media Access Control | | | | MAC Sublayer |
| | | 802.3 PHY | 802.5 PHY | 802.11 FHSS PHY | 802.11a OFDM PHY | 802.11b DSSS PHY | 802.11g OFDM PHY | Physical Layer |



Capa física

| Protocolo | Frecuencia | Modulación | Tasa de transmisión máxima |
|-----------------|-------------|-------------|----------------------------|
| 802.11 (legado) | 2.4 GHz | FHSS o DSSS | 2Mbps |
| 802.11a | 5 GHz | OFDM | 54 Mbps |
| 802.11b | 2.4 GHz | HR-DSSS | 11 Mbps |
| 802.11g | 2.4 GHz | OFDM | 54 Mbps |
| 802.11n | 2.4 o 5 GHz | OFDM | 600 Mbps (Teórico) |
| 802.11ac | 5 GHz | 256-QAM | 1.3 Gbps |



Subcapa MAC

Según el estándar *IEEE std 802-2014*, sección 5.2.3, la subcapa de MAC debe cumplir las siguientes funciones:

- Delimitación y reconocimiento de **frames**.
- Direcccionamiento de estaciones de destino.
- Transparencia para el PDU de la subcapa LLC.
- Protección contra errores.
- **Control del acceso al medio** de transmisión físico.



Control de acceso al medio

En la sección 9 del *IEEE std 802.11-2012* se especifica la descripción funcional de la subcapa MAC.

Allí se explica, entre otras cosas, que el método fundamental de acceso utilizado es el **CSMA/CA** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) con **RTS/CTS** (Request to Send/Clear to Send).



Control de acceso al medio

La idea de CSMA es que un Tx verifique que nadie está transmitiendo antes de enviar sus datos.

Existen varios modos de acceso como persistente, no persistente, P-persistente y O-persistente.

Cuando una estación está lista para transmitir “escucha” el canal en busca de la señal portadora. Luego actúa de uno u otro modo si detecta o no una señal, dependiendo del modo.



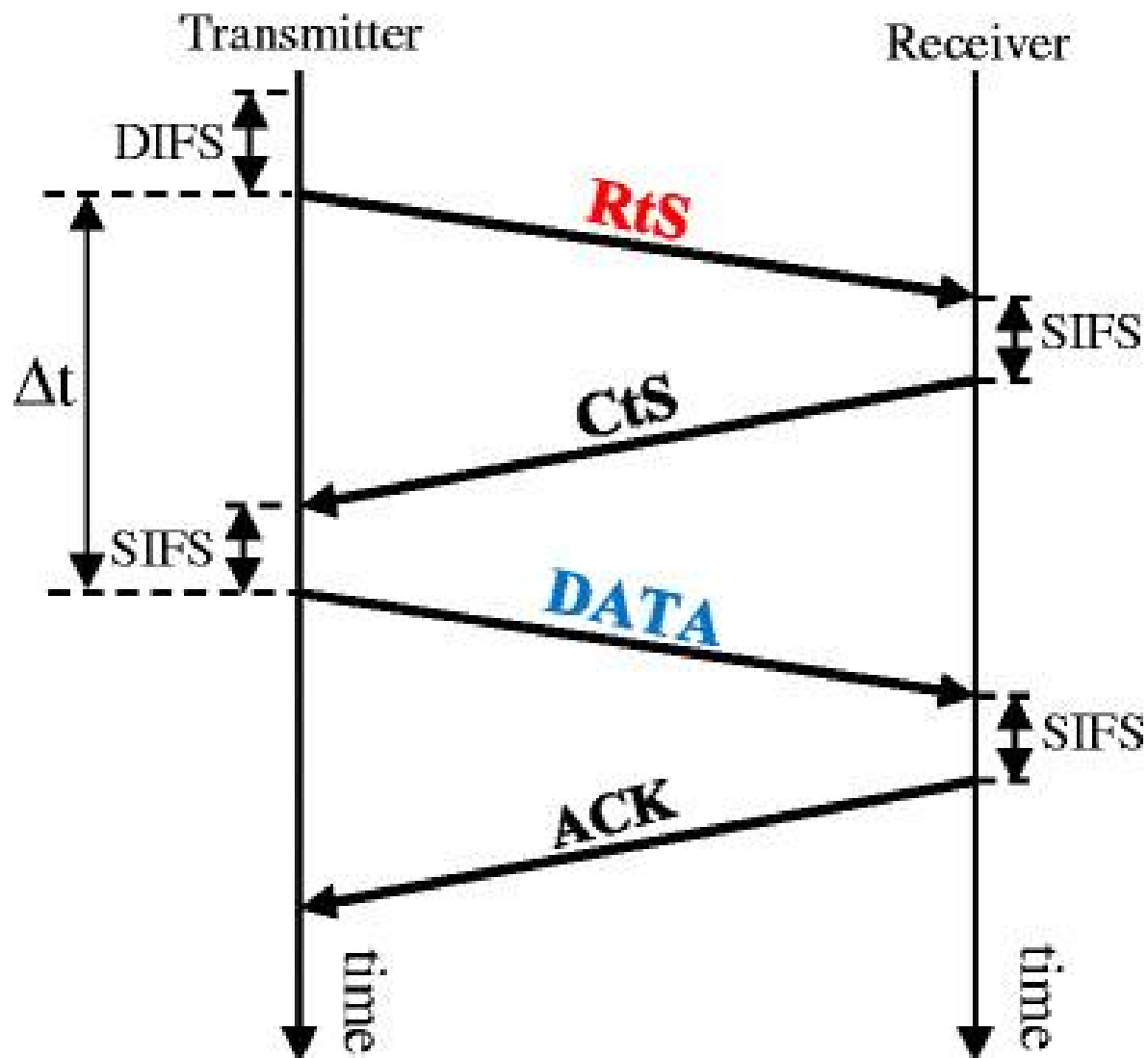
Control de acceso al medio

En 802.11 el método de CA utilizado es, cuando el canal está libre, antes de enviar se espera un tiempo aleatorio (IFS) y luego se envía.

Con RTS y CTS lo primero que se transmite entre Tx y Rx son estos mensajes de control, lo cual le avisa al resto de los Tx que hay una transmisión en curso.

El mensaje fue enviado correctamente si el Tx recibe un ACK.

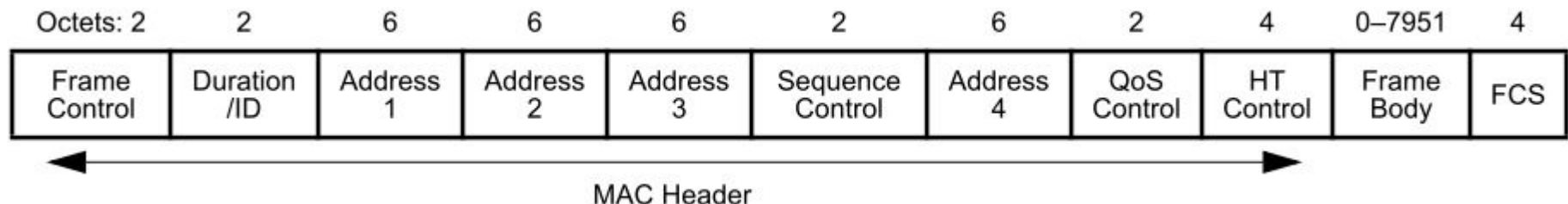
Control de acceso al medio



En la sección 8.2 del *IEEE std 802.11-2012* se especifica el formato de los frames de MAC.

Estos están compuestos por 3 partes principales:

- El Header o encabezado del frame.
- El cuerpo del frame, que son los datos que vienen de la capa superior.
- La secuencia de verificación del frame (FCS).





Frame de MAC - Header

En el header hay información sobre la versión del protocolo, tipo de trama enviada, el sentido de flujo de la trama, si faltan enviar otras partes, si la información está encriptada (WEP), si hay que retransmitir, etc.

Campo de control del frame:

| | | | | | | | | | | |
|------------------|------|---------|-------|---------|----------------|-------|------------------|-----------|-----------------|-------|
| Protocol Version | Type | Subtype | To DS | From DS | More Fragments | Retry | Power Management | More Data | Protected Frame | Order |
| Bits: 2 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

En la sección 8.2.4.8 del *IEEE std 802.11-2012* se especifica FCS, que es un *Código de Redundancia Cíclico (CRC)* polinomial de 32bits.

El FCS se calcula utilizando tanto con el Header de MAC como con el cuerpo del frame, y su valor se determina mediante el polinomio generador de grado 32 $G(x)$.

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + \dots \\ \dots x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

Wi-Fi en los Sistemas Embebidos



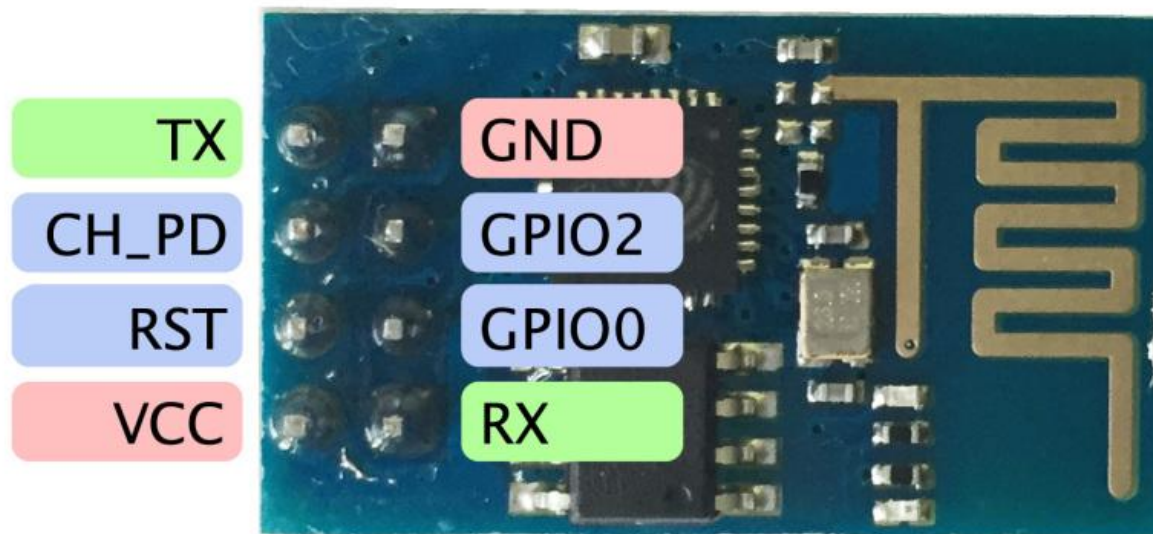
Internet of Things

El término Internet de las cosas (IoT en inglés) se refiere a dispositivos que son capaces de comunicarse con otros dispositivos y/o por internet sin la necesidad de que un humano interactúe con ellos.

En otras palabras, la idea es que las cosas cotidianas tengan un cierto grado de “inteligencia” que les permita resolver problemas de manera independiente. Esto puede ser comunicarse entre ellas, ser monitoreadas o controladas a distancia, dar alarma sobre eventos, etc.



Módulo ESP8266 (ESP-01)



MODULO ESP8266

EDU-CIAA NXP

| | | |
|---------------|-------|---------------------|
| VCC ESP8266 | <---> | +3.3V EDU-CIAA-NXP |
| RST ESP8266 | | (SIN CONEXION) |
| CH_PD ESP8266 | <---> | +3.3V EDU-CIAA-NXP |
| TX ESP8266 | <---> | 232_RX EDU-CIAA-NXP |
| RX ESP8266 | <---> | 232_TX EDU-CIAA-NXP |
| GPIO0 ESP8266 | | (SIN CONEXION) |
| GPIO0 ESP8266 | | (SIN CONEXION) |
| GND ESP8266 | <---> | GND EDU-CIAA-NXP |



Configuración del ESP8266

La configuración de este tipo de módulos se hace mediante una serie de comandos llamados AT.

Muchos módulos de comunicación inalámbrica, como Bluetooth o Zigbee, tienen un set de comandos AT, aunque no suelen ser iguales.

Lista completa de comandos:

https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/4/0/3/4/A-ESP8266_AT_Instruction_Set_EN_v0.30.pdf



Configuración del ESP8266

Descripción de los comandos:

| Type | Command Format | DescriPtion |
|---------|----------------|--|
| Test | AT+<x>=? | Query the Set command or internal parameters and its range values. |
| Query | AT+<x>? | Returns the current value of the parameter. |
| Set | AT+<x>=<...> | Set the value of user-defined parameters in commands and run. |
| Execute | AT+<x> | Runs commands with no user-defined parameters. |

IMPORTANTE:

Todos los comandos tienen que estar en mayúscula y DEBEN terminar en `\r\n` = CR + LF.

El módulo por defecto se encuentra en modo “eco”, por lo que espejará los mensajes incompletos.



Configuración del ESP8266

A continuación se listan algunos de los comandos más comunes. Estos permiten tanto testear y configurar el módulo, como también enviar y recibir datos por internet.

Comandos relacionados con la placa:

- Probar el módulo: **AT**
- Verificar la versión del módulo : **AT+GMP**
- Resetear placa: **AT+RST**



Configuración del ESP8266

Conexion a redes:

- Listar las redes wifi: **AT+CWLAP**

- Unise a una red:

AT+CWJAP="*nombreRed*", "*contraseña*"

(las comillas son parte del mensaje)

Los datos de la red quedan guardados en la flash del módulo, por lo que no es necesario conectarse cada vez que se lo energiza!

- Verificar red actual: **AT+CWJAP?**

- Salir de una red: **AT+CWQAP**



Configuración del ESP8266

Para enviar y recibir datos:

- Unirse a una IP:

AT+CIPSTART="TCP","IPAddress/domainName",80

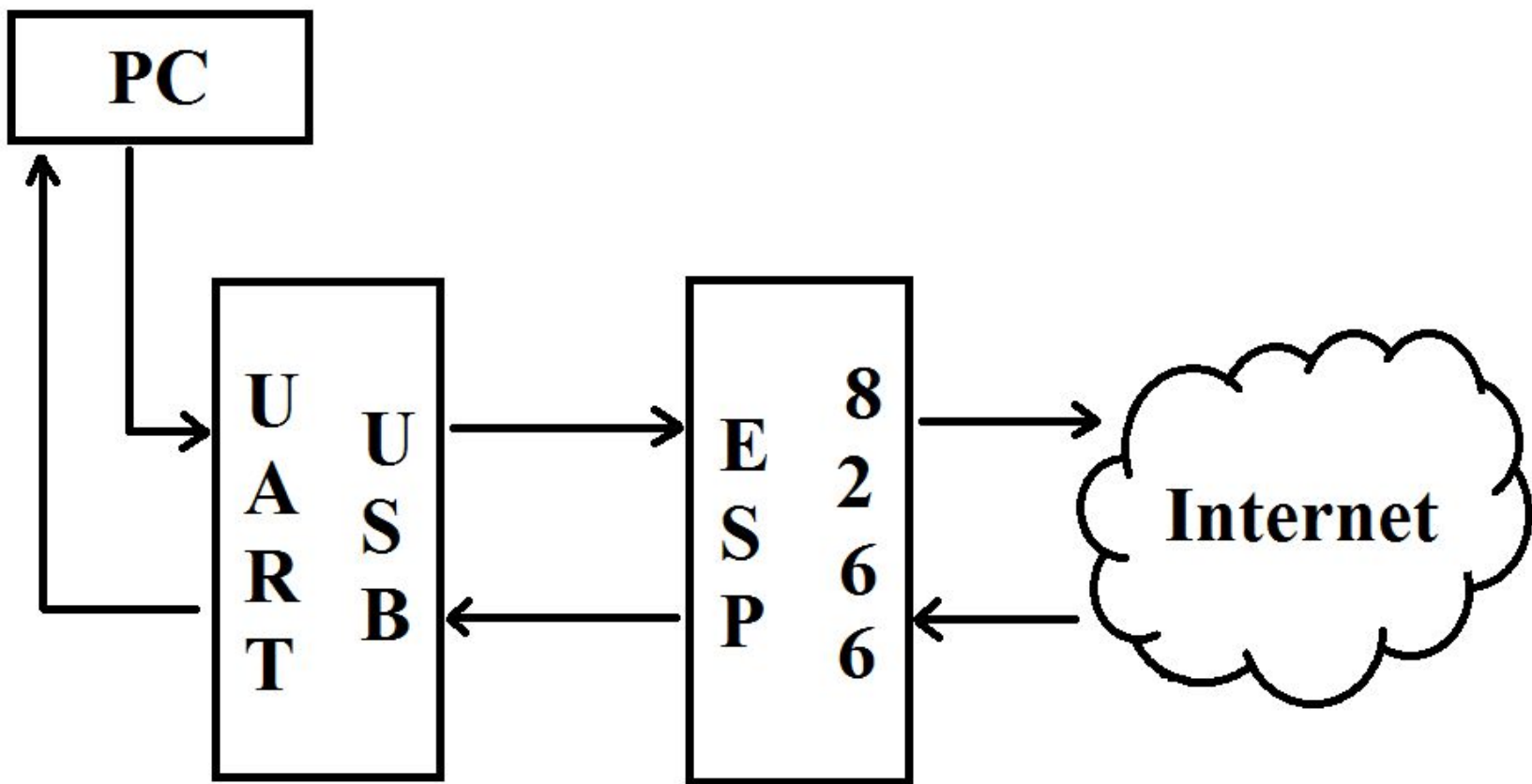
- Enviar un mensaje:

AT+CIPSEND=largoDelMensaje

Luego del comando CIPSEND se envía el mensaje de lectura/escritura deseado, que deberá ser del largo especificado. Este mensaje varía según a donde se desea acceder y qué se quiere hacer.



Configuración del ESP8266





ThingSpeak



ThingSpeak es una plataforma de IoT que permite recolectar y almacenar información en la nube y desarrollar aplicaciones de IoT.

<https://thingspeak.com/>

Algunos de los servicios ofrecidos son:

- Canales para almacenar datos
- Obtener información directamente desde internet
- Conexión con Twitter
- Análisis y visualización de datos



ThingSpeak

Los mensajes de lectura y escritura de un channel, que vienen después del mensaje CIPSEND, son:

Lectura:

GET

**/channels/*CHANNEL_ID*/fields/*FIELD_NUMBER*/last?
api_key=*READ_API_KEY***

Donde:

- *CHANNEL_ID*: se obtiene del canal
- *FIELD_NUMBER*: numero de campo a leer
- *READ_API_KEY* se obtiene de la solapa API Keys dentro del canal.



ThingSpeak

Escritura:

GET

/update?key=WRITE_API_KEY&fieldFIELD_NUMBER=VALUE

Donde:

- *WRITE_API_KEY*: se obtiene de la solapa API Keys
- *FIELD_NUMBER*: numero de campo a escribir
- *VALUE*: valor a enviar

IMPORTANTE: no se puede enviar más de 1 dato cada 15 segundos.





¡Muchas gracias!

Seguinos:

 /ProyectoCIAA

 /ProyectoCIAA

 @ProyectoCIAA



www.proyecto-ciaa.com.ar