Proyecto3A_Arduino

Generado por Doxygen 1.12.0

Capítulo 1

Proyecto3A_Arduino

Este proyecto implementa una emisora Bluetooth Low Energy (BLE) que permite la publicación de datos de sensores, como CO2 y temperatura, utilizando la arquitectura de clases en C++. Utiliza un servicio BLE para transmitir datos a dispositivos conectados.

1.1. Tabla de Contenidos

- Descripción
- Características
- Instalación
- Uso
- Estructura de Archivos
- Contribuciones
- Licencia

1.2. Descripción

La emisora BLE está diseñada para transmitir datos de medición a través de un servicio BLE. Este programa utiliza clases para encapsular la funcionalidad de la emisora, las características y el servicio BLE, facilitando su reutilización y mantenimiento.

1.3. Características

- Publicación de datos de mediciones (CO2, temperatura, ruido).
- Interfaz de comunicación por puerto serie.
- Soporte para múltiples características en un servicio BLE.
- Posibilidad de añadir características dinámicamente.

1.4. Instalación

1. **Requisitos**:
   - Arduino IDE instalado en tu máquina.
   - Biblioteca BLE para Arduino (puede ser instalada a través del gestor de bibliotecas del IDE).
2. **Clonar el repositorio**:
   ```
   git clone https://github.com/tu_usuario/tu_repositorio.git
   ```
3. **Importar el proyecto**:
   - Abre el Arduino IDE y selecciona Archivo > Abrir... para importar los archivos del proyecto.
4. **Cargar el programa**:
   - Conecta tu dispositivo Arduino y selecciona la placa adecuada en Herramientas > Placa.
   - Carga el programa en el dispositivo.

1.5. Uso

1. **Inicializar la Emisora**: Llama al método encenderEmisora() en el setup() de tu programa para activar la emisora BLE.
2. **Publicar Mediciones**:
   - Utiliza publicarCO2(valorCO2, contador, tiempoEspera) para publicar el nivel de CO2.
   - Utiliza publicarTemperatura(valorTemperatura, contador, tiempoEspera) para publicar la temperatura.
3. **Verificar Datos**: Conecta un dispositivo BLE y utiliza una aplicación compatible para verificar los datos publicados.

1.6. Estructura de Archivos

```
/proyecto-emisora-ble
 Publicador.h            # Clase que gestiona la emisora BLE y la publicación de datos.
 PuertoSerie.h           # Clase para gestionar la comunicación por puerto serie.
 ServicioEmisora.h       # Clase que define el servicio BLE y sus características.
 README.md               # Este archivo.
```

1.7. Contribuciones

Las contribuciones son bienvenidas. Si deseas contribuir, por favor sigue estos pasos:

1. Haz un fork del repositorio.
2. Crea una nueva rama (git checkout -b feature/nueva-funcionalidad).
3. Realiza tus cambios y haz commit (git commit -m 'Añadir nueva funcionalidad').
4. Haz push a la rama (git push origin feature/nueva-funcionalidad).
5. Crea un nuevo Pull Request.

1.8. Licencia

Este proyecto está licenciado bajo la MIT License - consulta el archivo LICENSE para más detalles.

Capítulo 2

Índice de espacios de nombres

2.1. Lista de espacios de nombres

Lista de los espacios de nombres documentados, con breves descripciones:

Globales
: Contiene objetos globales para manejar el LED, la comunicación por puerto serie y otros módulos . . . . . **??**

Loop
: Espacio de nombres para variables del bucle principal . . . . . **??**

Capítulo 3

Índice de clases

3.1. Lista de clases

Lista de clases, estructuras, uniones e interfaces con breves descripciones:

ServicioEnEmisora::Caracteristica
: Clase que representa una característica dentro de un servicio BLE . . . . . **??**

EmisoraBLE
: Clase para manejar la emisora Bluetooth Low Energy (BLE) . . . . . **??**

LED
: Clase para controlar un LED conectado a un pin específico . . . . . **??**

Medidor
: Clase para simular la medición de CO2 y temperatura . . . . . **??**

Publicador
: Clase para publicar mediciones de CO2 y temperatura mediante BLE . . . . . **??**

PuertoSerie
: Clase para manejar la comunicación por puerto serie . . . . . **??**

ServicioEnEmisora
: Clase que gestiona un servicio BLE con características . . . . . **??**

Capítulo 4

Índice de archivos

4.1. Lista de archivos

Lista de todos los archivos con breves descripciones:

HolaMundoIBeacon/EmisoraBLE.h
: Clase para manejar la emisora BLE y la emisión de beacons . . . . . **??**

HolaMundoIBeacon/HolaMundoIBeacon.ino
: Implementación principal del programa que utiliza BLE para publicar datos de sensores . . . . **??**

HolaMundoIBeacon/LED.h
: Definición de la clase LED para controlar un LED en un pin específico . . . . . **??**

HolaMundoIBeacon/Medidor.h
: Definición de la clase Medidor para medir CO2 y temperatura . . . . . **??**

HolaMundoIBeacon/Publicador.h
: Definición de la clase Publicador para emitir anuncios BLE de CO2 y temperatura . . . . . **??**

HolaMundoIBeacon/PuertoSerie.h
: Definición de la clase PuertoSerie para la comunicación por puerto serie . . . . . **??**

HolaMundoIBeacon/ServicioEnEmisora.h
: Definición de la clase ServicioEnEmisora y Clase que representa una característica dentro de un servicio BLE que gestionan un servicio BLE con características . . . . . **??**

Capítulo 5

Documentación de espacios de nombres

5.1. Referencia del espacio de nombres Globales

Contiene objetos globales para manejar el LED, la comunicación por puerto serie y otros módulos.

Variables

- LED elLED (7)

  Objeto para controlar el LED conectado al pin 7.
- PuertoSerie elPuerto (115200)

  Objeto para gestionar la comunicación por puerto serie a 115200 baudios.
- Publicador elPublicador

  Objeto para manejar la publicación de datos vía BLE.
- Medidor elMedidor

  Objeto para gestionar las mediciones de CO2 y temperatura.

5.1.1. Descripción detallada

Contiene objetos globales para manejar el LED, la comunicación por puerto serie y otros módulos.

5.1.2. Documentación de variables

5.1.2.1. elLED

```
LED Globales::elLED( 7) (
            7 )
```

Objeto para controlar el LED conectado al pin 7.

5.1.2.2. elMedidor

```
Medidor Globales::elMedidor
```

Objeto para gestionar las mediciones de CO2 y temperatura.

5.1.2.3. elPublicador

```
Publicador Globales::elPublicador
```

Objeto para manejar la publicación de datos vía BLE.

5.1.2.4. elPuerto

```
PuertoSerie Globales::elPuerto( 115200) (
            115200 )
```

Objeto para gestionar la comunicación por puerto serie a 115200 baudios.

5.2. Referencia del espacio de nombres Loop

Espacio de nombres para variables del bucle principal.

Variables

- uint8_t cont = 0

5.2.1. Descripción detallada

Espacio de nombres para variables del bucle principal.

5.2.2. Documentación de variables

5.2.2.1. cont

```
uint8_t Loop::cont = 0
```

Contador de iteraciones del loop.

Capítulo 6

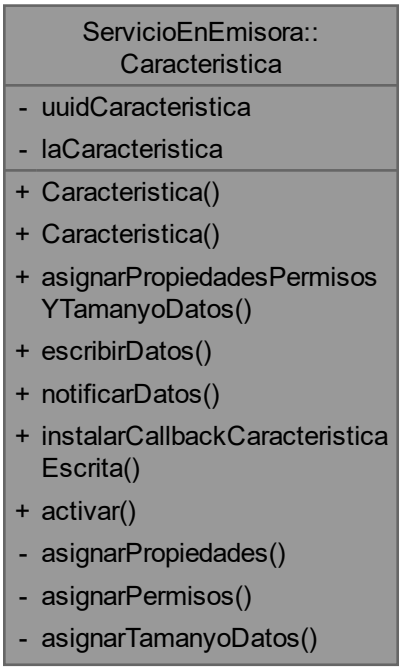
Documentación de clases

6.1. Referencia de la clase ServicioEnEmisora::Caracteristica

Clase que representa una característica dentro de un servicio BLE.

`#include <ServicioEnEmisora.h>`

Diagrama de colaboración de ServicioEnEmisora::Caracteristica:



Métodos públicos

- Caracteristica (const char *nombreCaracteristica_)

  Constructor que inicializa la característica con su UUID.
- Caracteristica (const char *nombreCaracteristica_, uint8_t props, SecureMode_t permisoRead, SecureMode_t permisoWrite, uint8_t tam)

  Constructor que permite definir propiedades y permisos de la característica.
- void asignarPropiedadesPermisosYTamanyoDatos (uint8_t props, SecureMode_t permisoRead, SecureMode_t permisoWrite, uint8_t tam)

  Asigna propiedades, permisos y tamaño de datos de la característica.
- uint16_t escribirDatos (const char *str)

  Escribe datos en la característica.
- uint16_t notificarDatos (const char *str)

  Notifica datos a los suscriptores de la característica.
- void instalarCallbackCaracteristicaEscrita (CallbackCaracteristicaEscrita cb)

  Instala un callback para cuando se escriben datos en la característica.
- void activar ()

  Activa la característica para que esté lista para operar.

Métodos privados

- void asignarPropiedades (uint8_t props)
- void asignarPermisos (SecureMode_t permisoRead, SecureMode_t permisoWrite)
- void asignarTamanyoDatos (uint8_t tam)

Atributos privados

- uint8_t uuidCaracteristica [16]
- BLECharacteristic laCaracteristica

6.1.1. Descripción detallada

Clase que representa una característica dentro de un servicio BLE.

6.1.2. Documentación de constructores y destructores

6.1.2.1. Caracteristica() [1/2]

```
ServicioEnEmisora::Caracteristica::Caracteristica (
            const char * nombreCaracteristica_)  [inline]
```

Constructor que inicializa la característica con su UUID.

Parámetros

*nombre↩ Caracteristica_*	Nombre que será convertido a UUID.

6.1.2.2. Caracteristica() [2/2]

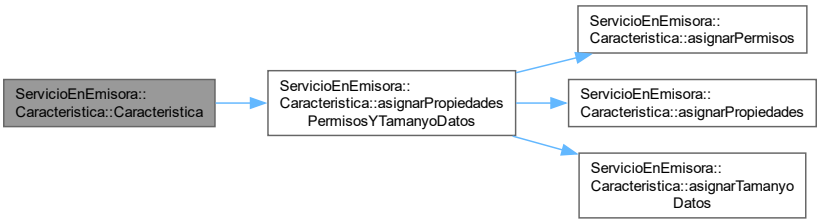
```
ServicioEnEmisora::Caracteristica::Caracteristica (
            const char * nombreCaracteristica_,
            uint8_t props,
            SecureMode_t permisoRead,
            SecureMode_t permisoWrite,
            uint8_t tam)  [inline]
```

Constructor que permite definir propiedades y permisos de la característica.

Parámetros

*nombre↩ Caracteristica_*	Nombre de la característica.
props	Propiedades (lectura, escritura, notificación).
permisoRead	Permiso de lectura.
permisoWrite	Permiso de escritura.
tam	Tamaño máximo de los datos.

Gráfico de llamadas de esta función:



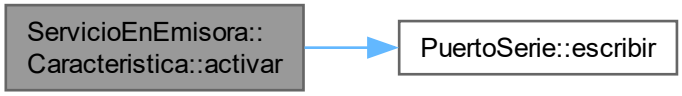
6.1.3. Documentación de funciones miembro

6.1.3.1. activar()

```
void ServicioEnEmisora::Caracteristica::activar ()  [inline]
```

Activa la característica para que esté lista para operar.

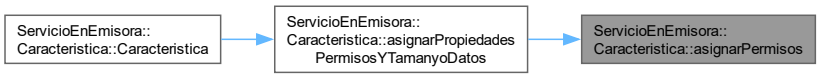
Gráfico de llamadas de esta función:



6.1.3.2. asignarPermisos()

```
void ServicioEnEmisora::Caracteristica::asignarPermisos (
            SecureMode_t permisoRead,
            SecureMode_t permisoWrite)  [inline], [private]
```

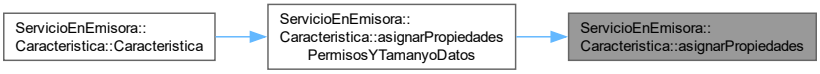
Gráfico de llamadas a esta función:



6.1.3.3. asignarPropiedades()

```
void ServicioEnEmisora::Caracteristica::asignarPropiedades (
            uint8_t props)  [inline], [private]
```

Gráfico de llamadas a esta función:



6.1.3.4. asignarPropiedadesPermisosYTamanyoDatos()

```
void ServicioEnEmisora::Caracteristica::asignarPropiedadesPermisosYTamanyoDatos (
            uint8_t props,
            SecureMode_t permisoRead,
            SecureMode_t permisoWrite,
            uint8_t tam)  [inline]
```

Asigna propiedades, permisos y tamaño de datos de la característica.

Gráfico de llamadas de esta función:

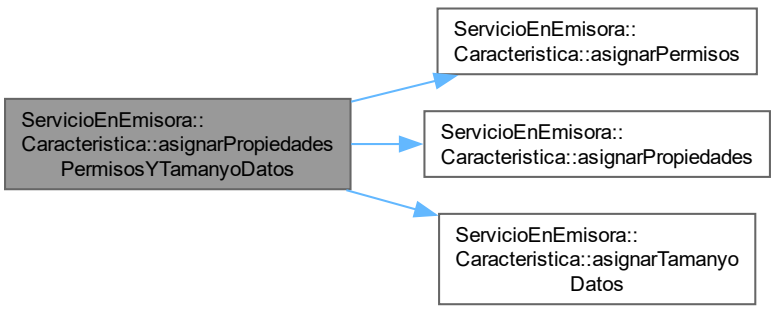
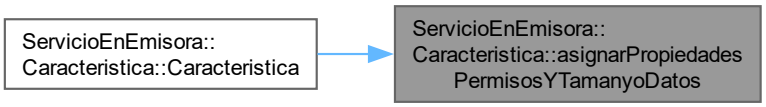


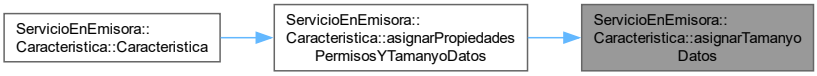
Gráfico de llamadas a esta función:



6.1.3.5. asignarTamanyoDatos()

```
void ServicioEnEmisora::Caracteristica::asignarTamanyoDatos (
            uint8_t tam)  [inline], [private]
```

Gráfico de llamadas a esta función:



6.1.3.6. escribirDatos()

```
uint16_t ServicioEnEmisora::Caracteristica::escribirDatos (
            const char * str)  [inline]
```

Escribe datos en la característica.

Parámetros

str	Cadena de caracteres que se escribirá.

Devuelve

uint16_t Número de bytes escritos.

6.1.3.7. instalarCallbackCaracteristicaEscrita()

```
void ServicioEnEmisora::Caracteristica::instalarCallbackCaracteristicaEscrita (
            CallbackCaracteristicaEscrita cb)  [inline]
```

Instala un callback para cuando se escriben datos en la característica.

6.1.3.8. notificarDatos()

```
uint16_t ServicioEnEmisora::Caracteristica::notificarDatos (
            const char * str)  [inline]
```

Notifica datos a los suscriptores de la característica.

Parámetros

str	Cadena de caracteres que será notificada.

Devuelve

uint16_t Número de bytes notificados.

6.1.4. Documentación de datos miembro

6.1.4.1. laCaracteristica

```
BLECharacteristic ServicioEnEmisora::Caracteristica::laCaracteristica  [private]
```

6.1.4.2. uuidCaracteristica

```
uint8_t ServicioEnEmisora::Caracteristica::uuidCaracteristica[16]  [private]
```

Valor inicial:

```
= {
      '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7',
      '8', '9', 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F'
    }
```

La documentación de esta clase está generada del siguiente archivo:

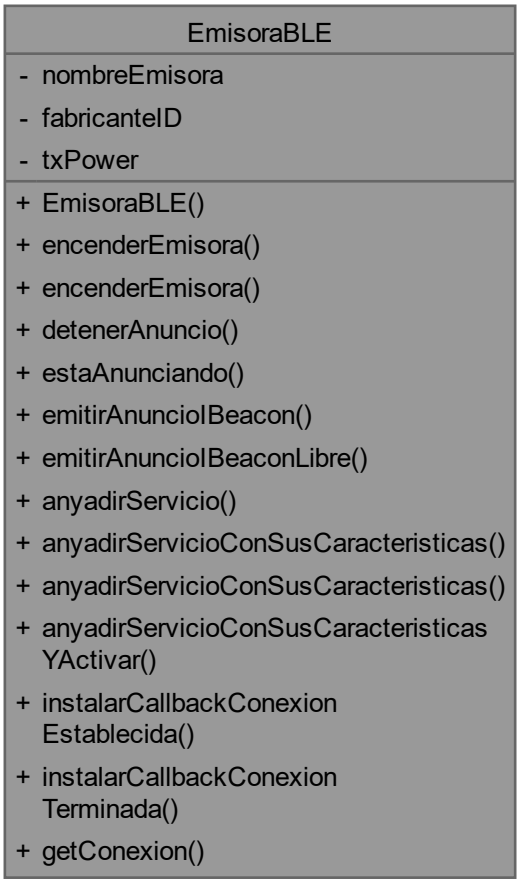
- HolaMundoIBeacon/ServicioEnEmisora.h

6.2. Referencia de la clase EmisoraBLE

Clase para manejar la emisora Bluetooth Low Energy (BLE).

```
#include <EmisoraBLE.h>
```

Diagrama de colaboración de EmisoraBLE:



Tipos públicos

- using CallbackConexionEstablecida = void (uint16_t connHandle)

  Tipo de callback para manejar conexiones establecidas.
- using CallbackConexionTerminada = void (uint16_t connHandle, uint8_t reason)

  Tipo de callback para manejar conexiones terminadas.

Métodos públicos

- EmisoraBLE (const char ∗nombreEmisora_, const uint16_t fabricanteID_, const int8_t txPower_)

  Constructor de la clase EmisoraBLE.
- void encenderEmisora ()

  Enciende la emisora BLE.
- void encenderEmisora (CallbackConexionEstablecida cbce, CallbackConexionTerminada cbct)

  Enciende la emisora BLE con callbacks de conexión.
- void detenerAnuncio ()

Detiene el anuncio BLE actual.

- bool estaAnunciando ()

  Verifica si la emisora está anunciando.
- void emitirAnuncioIBeacon (uint8_t *beaconUUID, int16_t major, int16_t minor, uint8_t rssi)

  Emite un iBeacon con los valores especificados.
- void emitirAnuncioIBeaconLibre (const char *carga, const uint8_t tamanyoCarga)

  Emite un anuncio iBeacon con una carga libre.
- bool anyadirServicio (ServicioEnEmisora &servicio)

  Añade un servicio a la emisora BLE.
- bool anyadirServicioConSusCaracteristicas (ServicioEnEmisora &servicio)

  Añade un servicio junto con sus características a la emisora BLE.
- template<typename ... T>
  bool anyadirServicioConSusCaracteristicas (ServicioEnEmisora &servicio, ServicioEnEmisora::Caracteristica &caracteristica, T &... restoCaracteristicas)

  Añade un servicio con múltiples características a la emisora BLE.
- template<typename ... T>
  bool anyadirServicioConSusCaracteristicasYActivar (ServicioEnEmisora &servicio, T &... restoCaracteristicas)

  Añade un servicio y sus características y luego lo activa.
- void instalarCallbackConexionEstablecida (CallbackConexionEstablecida cb)

  Instala el callback para manejar la conexión establecida.
- void instalarCallbackConexionTerminada (CallbackConexionTerminada cb)

  Instala el callback para manejar la desconexión.
- BLEConnection * getConexion (uint16_t connHandle)

  Obtiene la conexión BLE a través del manejador.

Atributos privados

- const char * nombreEmisora
- const uint16_t fabricanteID
- const int8_t txPower

6.2.1. Descripción detallada

Clase para manejar la emisora Bluetooth Low Energy (BLE).

Esta clase permite gestionar la activación de la emisora, la configuración de iBeacons, y la adición de servicios BLE.

6.2.2. Documentación de los «Typedef» miembros de la clase

6.2.2.1. CallbackConexionEstablecida

```
using EmisoraBLE::CallbackConexionEstablecida = void ( uint16_t connHandle )
```

Tipo de callback para manejar conexiones establecidas.

Parámetros

connHandle	Identificador del manejador de la conexión.

6.2.2.2. CallbackConexionTerminada

```
using EmisoraBLE::CallbackConexionTerminada = void ( uint16_t connHandle, uint8_t reason)
```

Tipo de callback para manejar conexiones terminadas.

Parámetros

connHandle	Identificador del manejador de la conexión.
reason	Razón por la cual se terminó la conexión.

6.2.3. Documentación de constructores y destructores

6.2.3.1. EmisoraBLE()

```
EmisoraBLE::EmisoraBLE (
            const char * nombreEmisora_,
            const uint16_t fabricanteID_,
            const int8_t txPower_)  [inline]
```

Constructor de la clase EmisoraBLE.

Parámetros

*nombre↩ Emisora_*	Nombre de la emisora BLE.
*fabricanteID_*	ID del fabricante para los beacons.
*txPower_*	Potencia de transmisión de la emisora.

6.2.4. Documentación de funciones miembro

6.2.4.1. anyadirServicio()

```
bool EmisoraBLE::anyadirServicio (
            ServicioEnEmisora & servicio)  [inline]
```

Añade un servicio a la emisora BLE.

Parámetros

servicio	Servicio BLE a añadir.

Devuelve

true si el servicio fue añadido exitosamente, false en caso contrario.

Gráfico de llamadas de esta función:

6.2.4.2. anyadirServicioConSusCaracteristicas() [1/2]

```
bool EmisoraBLE::anyadirServicioConSusCaracteristicas (
            ServicioEnEmisora & servicio)  [inline]
```

Añade un servicio junto con sus características a la emisora BLE.

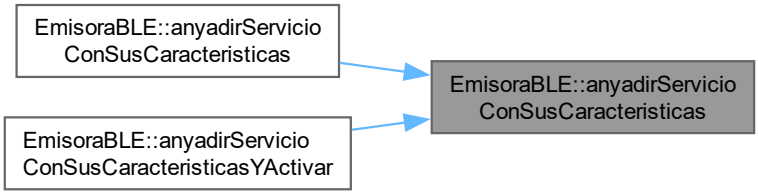
Parámetros

servicio	Servicio BLE a añadir.

Devuelve

true si el servicio y las características fueron añadidos exitosamente.

Gráfico de llamadas a esta función:



6.2.4.3. anyadirServicioConSusCaracteristicas() [2/2]

```
template<typename ... T>
bool EmisoraBLE::anyadirServicioConSusCaracteristicas (
            ServicioEnEmisora & servicio,
            ServicioEnEmisora::Caracteristica & caracteristica,
            T &... restoCaracteristicas)  [inline]
```

Añade un servicio con múltiples características a la emisora BLE.

Parámetros de plantilla

T	Tipos de características adicionales.

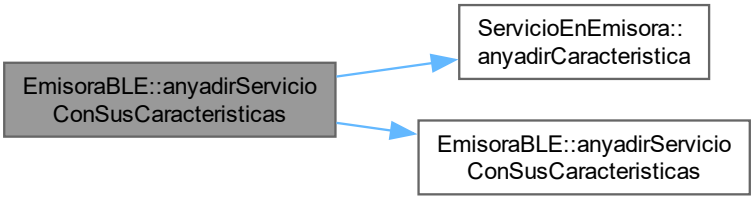
Parámetros

servicio	Servicio BLE a añadir.
caracteristica	Primera característica.
restoCaracteristicas	Otras características adicionales.

Devuelve

true si todo fue añadido correctamente.

Gráfico de llamadas de esta función:



6.2.4.4. anyadirServicioConSusCaracteristicasYActivar()

```
template<typename ... T>
bool EmisoraBLE::anyadirServicioConSusCaracteristicasYActivar (
            ServicioEnEmisora & servicio,
            T &... restoCaracteristicas)  [inline]
```

Añade un servicio y sus características y luego lo activa.

Parámetros de plantilla

T	Tipos de características adicionales.

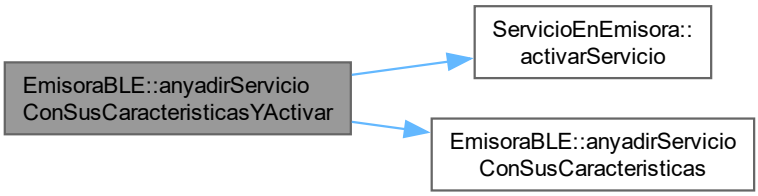
Parámetros

servicio	Servicio BLE a añadir y activar.

Devuelve

true si todo fue añadido y activado correctamente.

Gráfico de llamadas de esta función:



6.2.4.5. detenerAnuncio()

```
void EmisoraBLE::detenerAnuncio ()  [inline]
```

Detiene el anuncio BLE actual.

Gráfico de llamadas a esta función:

6.2.4.6. emitirAnuncioIBeacon()

```
void EmisoraBLE::emitirAnuncioIBeacon (
            uint8_t * beaconUUID,
            int16_t major,
            int16_t minor,
            uint8_t rssi)  [inline]
```

Emite un iBeacon con los valores especificados.

Parámetros

beaconUUID	UUID del iBeacon.
major	Valor mayor del iBeacon.
minor	Valor menor del iBeacon.
rssi	Valor de la señal de transmisión (RSSI).

6.2.4.7. emitirAnuncioIBeaconLibre()

```
void EmisoraBLE::emitirAnuncioIBeaconLibre (
            const char * carga,
            const uint8_t tamanyoCarga)  [inline]
```

Emite un anuncio iBeacon con una carga libre.

Parámetros

carga	Datos que se desean transmitir.
tamanyoCarga	Tamaño de los datos.

Gráfico de llamadas de esta función:

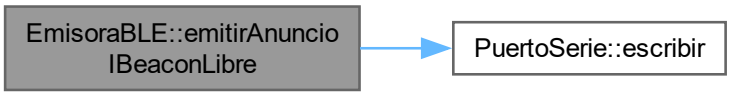
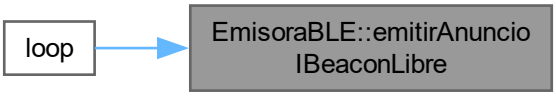


Gráfico de llamadas a esta función:



6.2.4.8. encenderEmisora() [1/2]

```
void EmisoraBLE::encenderEmisora ()  [inline]
```

Enciende la emisora BLE.

Gráfico de llamadas a esta función:

6.2.4.9. encenderEmisora() [2/2]

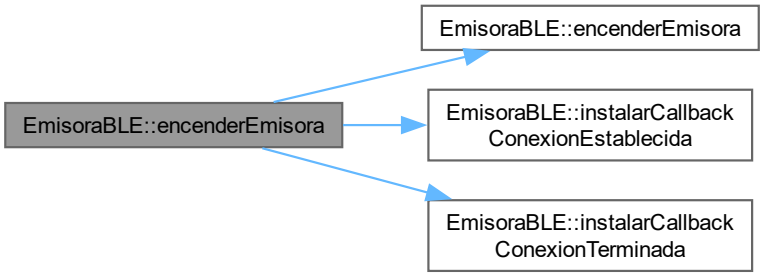
```
void EmisoraBLE::encenderEmisora (
            CallbackConexionEstablecida cbce,
            CallbackConexionTerminada cbct)  [inline]
```

Enciende la emisora BLE con callbacks de conexión.

Parámetros

cbce	Callback para conexión establecida.
cbct	Callback para conexión terminada.

Gráfico de llamadas de esta función:



6.2.4.10. estaAnunciando()

```
bool EmisoraBLE::estaAnunciando ()  [inline]
```

Verifica si la emisora está anunciando.

Devuelve

true si la emisora está anunciando, false en caso contrario.

6.2.4.11. getConexion()

```
BLEConnection * EmisoraBLE::getConexion (
            uint16_t connHandle)  [inline]
```

Obtiene la conexión BLE a través del manejador.

Parámetros

connHandle	Manejador de la conexión.

Devuelve

Puntero a la conexión BLE.

6.2.4.12. instalarCallbackConexionEstablecida()

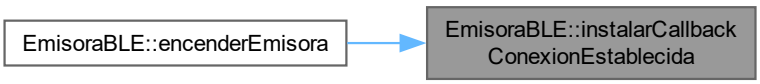
```
void EmisoraBLE::instalarCallbackConexionEstablecida (
            CallbackConexionEstablecida cb)  [inline]
```

Instala el callback para manejar la conexión establecida.

Parámetros

cb	Callback de conexión establecida.

Gráfico de llamadas a esta función:



6.2.4.13. instalarCallbackConexionTerminada()

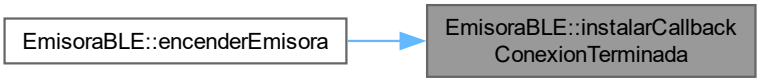
```
void EmisoraBLE::instalarCallbackConexionTerminada (
            CallbackConexionTerminada cb)  [inline]
```

Instala el callback para manejar la desconexión.

Parámetros

cb	Callback de desconexión.

Gráfico de llamadas a esta función:



6.2.5. Documentación de datos miembro

6.2.5.1. fabricanteID

```
const uint16_t EmisoraBLE::fabricanteID  [private]
```

6.2.5.2. nombreEmisora

```
const char* EmisoraBLE::nombreEmisora  [private]
```

6.2.5.3. txPower

```
const int8_t EmisoraBLE::txPower  [private]
```

La documentación de esta clase está generada del siguiente archivo:

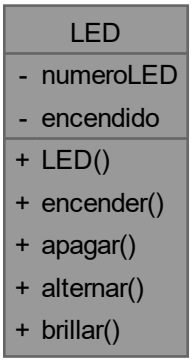
- HolaMundoIBeacon/EmisoraBLE.h

6.3. Referencia de la clase LED

Clase para controlar un LED conectado a un pin específico.

```
#include <LED.h>
```

Diagrama de colaboración de LED:



Métodos públicos

- LED (int numero)

  Constructor de la clase LED.
- void encender ()

  Enciende el LED.
- void apagar ()

  Apaga el LED.
- void alternar ()

  Alterna el estado del LED.
- void brillar (long tiempo)

  Hace que el LED brille por un tiempo determinado.

Atributos privados

- int numeroLED
- bool encendido

6.3.1. Descripción detallada

Clase para controlar un LED conectado a un pin específico.

Esta clase permite encender, apagar, alternar y hacer brillar un LED que está conectado a un pin digital del microcontrolador.

6.3.2. Documentación de constructores y destructores

6.3.2.1. LED()

```
LED::LED (
            int numero)  [inline]
```

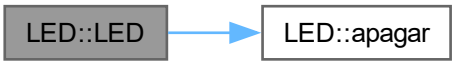
Constructor de la clase LED.

Inicializa el pin del LED y lo apaga por defecto.

Parámetros

numero	Número del pin donde está conectado el LED.

< Apaga el LED al inicializar.Gráfico de llamadas de esta función:



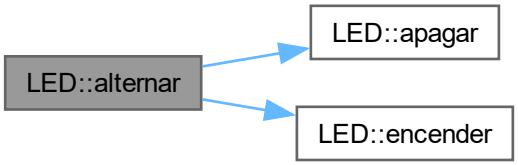
6.3.3. Documentación de funciones miembro

6.3.3.1. alternar()

```
void LED::alternar ()  [inline]
```

Alterna el estado del LED.

Si el LED está encendido, lo apaga; si está apagado, lo enciende. Gráfico de llamadas de esta función:

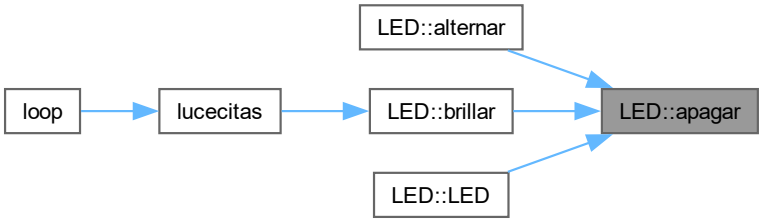


6.3.3.2. apagar()

```
void LED::apagar ()  [inline]
```

Apaga el LED.

Gráfico de llamadas a esta función:



6.3.3.3. brillar()

```
void LED::brillar (
            long tiempo)  [inline]
```

Hace que el LED brille por un tiempo determinado.

Enciende el LED, espera el tiempo especificado, y luego lo apaga.

Parámetros

tiempo	Tiempo en milisegundos durante el cual el LED estará encendido.

Gráfico de llamadas de esta función:

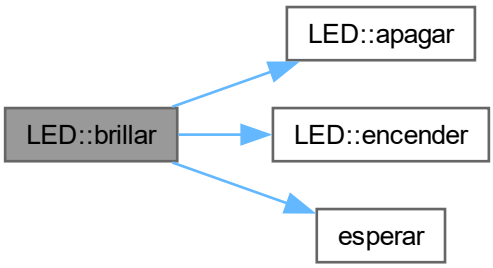


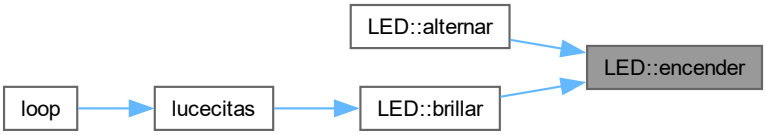
Gráfico de llamadas a esta función:

6.3.3.4. encender()

```
void LED::encender ()  [inline]
```

Enciende el LED.

Gráfico de llamadas a esta función:



6.3.4. Documentación de datos miembro

6.3.4.1. encendido

```
bool LED::encendido  [private]
```

Estado actual del LED (encendido = true, apagado = false).

6.3.4.2. numeroLED

```
int LED::numeroLED  [private]
```

Número del pin al que está conectado el LED.

La documentación de esta clase está generada del siguiente archivo:

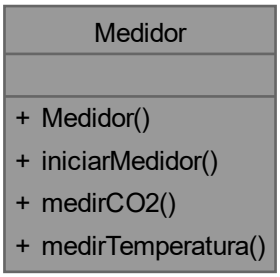
- HolaMundoIBeacon/LED.h

6.4. Referencia de la clase Medidor

Clase para simular la medición de CO2 y temperatura.

```
#include <Medidor.h>
```

Diagrama de colaboración de Medidor:



Métodos públicos

- Medidor ()

  Constructor de la clase Medidor.
- void iniciarMedidor ()

  Método para iniciar el medidor.
- int medirCO2 ()

  Medir el nivel de CO2.
- int medirTemperatura ()

  Medir la temperatura.

6.4.1. Descripción detallada

Clase para simular la medición de CO2 y temperatura.

Esta clase simula la medición de niveles de CO2 y temperatura. En un sistema real, esta clase podría interactuar con sensores reales para obtener lecturas.

6.4.2. Documentación de constructores y destructores

6.4.2.1. Medidor()

```
Medidor::Medidor ()  [inline]
```

Constructor de la clase Medidor.

Inicializa el medidor. Actualmente, no realiza ninguna acción en el constructor.

6.4.3. Documentación de funciones miembro

6.4.3.1. iniciarMedidor()

```
void Medidor::iniciarMedidor ()  [inline]
```

Método para iniciar el medidor.

Se utiliza para realizar cualquier configuración que no pueda hacerse en el constructor. Actualmente no realiza ninguna acción. Gráfico de llamadas a esta función:

6.4.3.2. medirCO2()

```
int Medidor::medirCO2 ()  [inline]
```

Medir el nivel de CO2.

Devuelve un valor simulado de la medición de CO2.

Devuelve

int Valor del nivel de CO2 (simulado).

< Valor simulado de CO2.Gráfico de llamadas a esta función:

6.4.3.3. medirTemperatura()

```
int Medidor::medirTemperatura ()  [inline]
```

Medir la temperatura.

Devuelve un valor simulado de la medición de temperatura.

Devuelve

int Valor de la temperatura (simulado).

< Valor simulado de temperatura.Gráfico de llamadas a esta función:

La documentación de esta clase está generada del siguiente archivo:

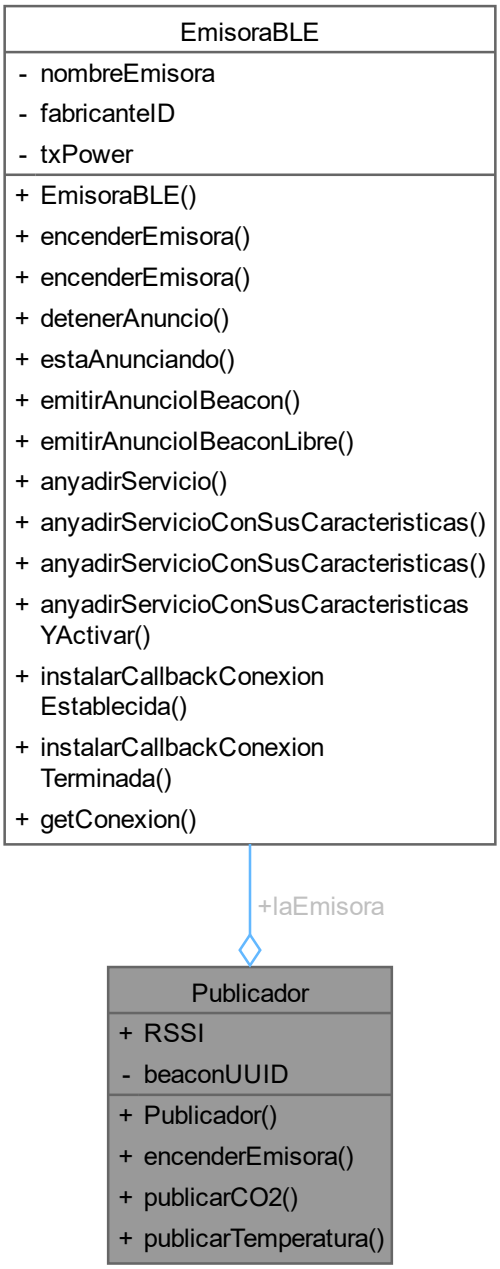
- HolaMundoIBeacon/Medidor.h

6.5. Referencia de la clase Publicador

Clase para publicar mediciones de CO2 y temperatura mediante BLE.

`#include <Publicador.h>`

Diagrama de colaboración de Publicador:



Tipos públicos

- enum MedicionesID { CO2 = 11 , TEMPERATURA = 12 , RUIDO = 13 }

  Identificadores de tipo de medición para el campo major de iBeacon.

Métodos públicos

- Publicador ()

  Constructor de la clase Publicador.
- void encenderEmisora ()

  Enciende la emisora BLE.
- void publicarCO2 (int16_t valorCO2, uint8_t contador, long tiempoEspera)

  Publica un valor de CO2 mediante un anuncio iBeacon.
- void publicarTemperatura (int16_t valorTemperatura, uint8_t contador, long tiempoEspera)

  Publica un valor de temperatura mediante un anuncio iBeacon.

Atributos públicos

- EmisoraBLE laEmisora

  Emisora BLE que se encarga de realizar los anuncios.
- const int RSSI = -53

  Nivel RSSI utilizado para los anuncios. Valor predeterminado.

Atributos privados

- uint8_t beaconUUID [16]

  UUID del beacon utilizado para identificar el origen de los anuncios.

6.5.1. Descripción detallada

Clase para publicar mediciones de CO2 y temperatura mediante BLE.

Esta clase permite emitir anuncios BLE con los valores medidos de CO2 y temperatura. Se utiliza la clase EmisoraBLE para manejar los anuncios de tipo iBeacon.

6.5.2. Documentación de las enumeraciones miembro de la clase

6.5.2.1. MedicionesID

```
enum Publicador::MedicionesID
```

Identificadores de tipo de medición para el campo major de iBeacon.

Estos valores se utilizan para distinguir entre distintos tipos de mediciones en los anuncios.

Valores de enumeraciones

CO2	Identificador de la medición de CO2.
TEMPERATURA	Identificador de la medición de temperatura.
RUIDO	Identificador de la medición de ruido (no implementado).

6.5.3. Documentación de constructores y destructores

6.5.3.1. Publicador()

```
Publicador::Publicador ()  [inline]
```

Constructor de la clase Publicador.

Inicializa el publicador, pero no enciende la emisora BLE. La emisora debe encenderse explícitamente llamando a `encenderEmisora()`.

6.5.4. Documentación de funciones miembro

6.5.4.1. encenderEmisora()

```
void Publicador::encenderEmisora ()  [inline]
```

Enciende la emisora BLE.

Este método debe ser llamado desde el setup del sistema para iniciar la emisora BLE. Gráfico de llamadas a esta función:

6.5.4.2. publicarCO2()

```
void Publicador::publicarCO2 (
            int16_t valorCO2,
            uint8_t contador,
            long tiempoEspera)  [inline]
```

Publica un valor de CO2 mediante un anuncio iBeacon.

Emite un anuncio BLE con el valor de CO2 especificado, incluyendo un contador para diferenciar anuncios.

Parámetros

valorCO2	Valor de la medición de CO2 (minor).
contador	Contador para identificar la secuencia de anuncios (parte del major).
tiempoEspera	Tiempo de espera antes de detener el anuncio.

Gráfico de llamadas de esta función:

Gráfico de llamadas a esta función:

6.5.4.3. publicarTemperatura()

```
void Publicador::publicarTemperatura (
             int16_t valorTemperatura,
             uint8_t contador,
             long tiempoEspera)  [inline]
```

Publica un valor de temperatura mediante un anuncio iBeacon.

Emite un anuncio BLE con el valor de temperatura especificado, incluyendo un contador para diferenciar anuncios.

Parámetros

valorTemperatura	Valor de la medición de temperatura (minor).
contador	Contador para identificar la secuencia de anuncios (parte del major).
tiempoEspera	Tiempo de espera antes de detener el anuncio.

Gráfico de llamadas de esta función:

Gráfico de llamadas a esta función:

6.5.5. Documentación de datos miembro

6.5.5.1. beaconUUID

```
uint8_t Publicador::beaconUUID[16]  [private]
```

Valor inicial:

```
= {
    'E', 'P', 'S', 'G', '-', 'G', 'T', 'I',
    '-', 'P', 'R', 'O', 'Y', '-', '3', 'A'
    }
```

UUID del beacon utilizado para identificar el origen de los anuncios.

6.5.5.2. laEmisora

```
EmisoraBLE Publicador::laEmisora
```

Valor inicial:

```
{
    "GTI-3A",
    0x004c,
    4
  }
```

Emisora BLE que se encarga de realizar los anuncios.

Nombre de la emisora BLE. ID del fabricante (Apple). Potencia de transmisión (txPower).

6.5.5.3. RSSI

```
const int Publicador::RSSI = -53
```

Nivel RSSI utilizado para los anuncios. Valor predeterminado.

La documentación de esta clase está generada del siguiente archivo:

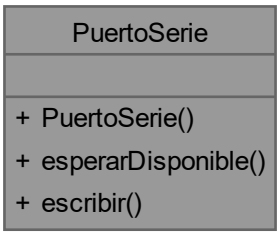
- HolaMundoIBeacon/Publicador.h

6.6. Referencia de la clase PuertoSerie

Clase para manejar la comunicación por puerto serie.

`#include <PuertoSerie.h>`

Diagrama de colaboración de PuertoSerie:



Métodos públicos

- PuertoSerie (long baudios)

  Constructor de la clase PuertoSerie.
- void esperarDisponible ()

  Espera un pequeño tiempo antes de que el puerto serie esté disponible.
- template<typename T >
  void escribir (T mensaje)

  Escribe un mensaje a través del puerto serie.

6.6.1. Descripción detallada

Clase para manejar la comunicación por puerto serie.

Esta clase permite inicializar la comunicación serie y escribir mensajes a través del puerto serie de manera sencilla.

6.6.2. Documentación de constructores y destructores

6.6.2.1. PuertoSerie()

```
PuertoSerie::PuertoSerie (
            long baudios)  [inline]
```

Constructor de la clase PuertoSerie.

Inicializa el puerto serie con la velocidad especificada en baudios.

Parámetros

baudios	Velocidad en baudios para la comunicación serie.

6.6.3. Documentación de funciones miembro

6.6.3.1. escribir()

```
template<typename T >
void PuertoSerie::escribir (
            T mensaje)  [inline]
```

Escribe un mensaje a través del puerto serie.

Este método utiliza plantillas para escribir cualquier tipo de dato compatible con `Serial.print()`.

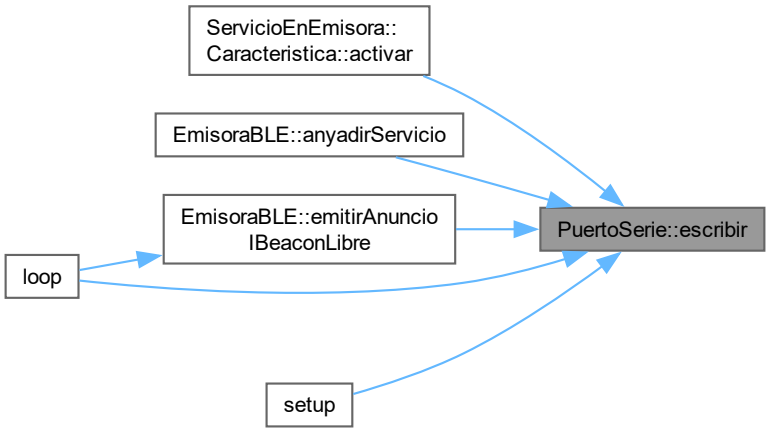
Parámetros de plantilla

T	Tipo del mensaje a escribir.

Parámetros

mensaje	El mensaje a escribir por el puerto serie.

Gráfico de llamadas a esta función:



6.6.3.2. esperarDisponible()

```
void PuertoSerie::esperarDisponible ()  [inline]
```

Espera un pequeño tiempo antes de que el puerto serie esté disponible.

Este método puede ser útil para esperar brevemente antes de operar con el puerto serie. Gráfico de llamadas a esta función:

La documentación de esta clase está generada del siguiente archivo:

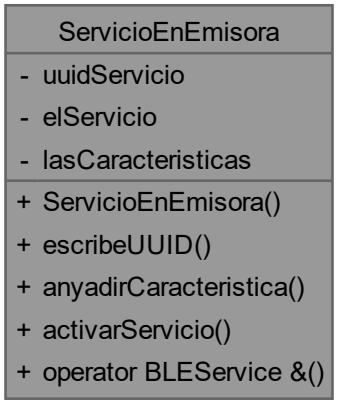
- HolaMundoIBeacon/PuertoSerie.h

6.7. Referencia de la clase ServicioEnEmisora

Clase que gestiona un servicio BLE con características.

```
#include <ServicioEnEmisora.h>
```

Diagrama de colaboración de ServicioEnEmisora:



Clases

- class Caracteristica

  Clase que representa una característica dentro de un servicio BLE.

Tipos públicos

- using CallbackCaracteristicaEscrita = void (uint16_t conn_handle, BLECharacteristic * chr, uint8_t * data, uint16_t len)

  Definición del tipo de callback que se ejecuta al escribir en una característica.

Métodos públicos

- ServicioEnEmisora (const char *nombreServicio_)

  Constructor que inicializa el servicio con su UUID.
- void escribeUUID ()

  Escribe el UUID del servicio en el puerto serie.
- void anyadirCaracteristica (Caracteristica &car)

  Añade una característica al servicio.
- void activarServicio ()

  Activa el servicio y todas sus características.
- operator BLEService & ()

  Operador de conversión a BLEService.

Atributos privados

- uint8_t uuidServicio [16]
- BLEService elServicio
- std::vector< Caracteristica * > lasCaracteristicas

6.7.1. Descripción detallada

Clase que gestiona un servicio BLE con características.

Esta clase representa un servicio en una emisora BLE con soporte para múltiples características.

6.7.2. Documentación de los «Typedef» miembros de la clase

6.7.2.1. CallbackCaracteristicaEscrita

```
using ServicioEnEmisora::CallbackCaracteristicaEscrita = void (uint16_t conn_handle, BLECharacteristic
* chr, uint8_t * data, uint16_t len)
```

Definición del tipo de callback que se ejecuta al escribir en una característica.

6.7.3. Documentación de constructores y destructores

6.7.3.1. ServicioEnEmisora()

```
ServicioEnEmisora::ServicioEnEmisora (
            const char * nombreServicio_)  [inline]
```

Constructor que inicializa el servicio con su UUID.

Parámetros

*nombre↩ Servicio_*	Nombre del servicio que será convertido a UUID.

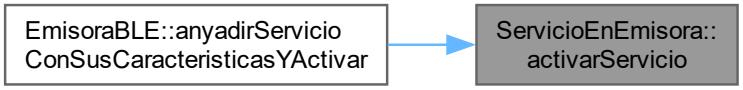
6.7.4. Documentación de funciones miembro

6.7.4.1. activarServicio()

```
void ServicioEnEmisora::activarServicio ()  [inline]
```

Activa el servicio y todas sus características.

Gráfico de llamadas a esta función:



6.7.4.2. anyadirCaracteristica()

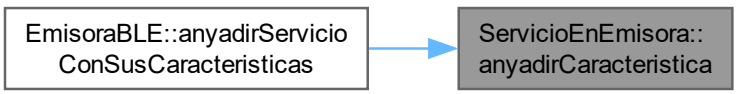
```
void ServicioEnEmisora::anyadirCaracteristica (
            Caracteristica & car)  [inline]
```

Añade una característica al servicio.

Parámetros

car	Referencia a la característica que se añadirá.

Gráfico de llamadas a esta función:



6.7.4.3. escribeUUID()

```
void ServicioEnEmisora::escribeUUID ()  [inline]
```

Escribe el UUID del servicio en el puerto serie.

6.7.4.4. operator BLEService &()

```
ServicioEnEmisora::operator BLEService & ()  [inline]
```

Operador de conversión a BLEService.

Permite usar un objeto de esta clase donde se necesita un BLEService.

6.7.5. Documentación de datos miembro

6.7.5.1. elServicio

```
BLEService ServicioEnEmisora::elServicio  [private]
```

6.7.5.2. lasCaracteristicas

```
std::vector<Caracteristica *> ServicioEnEmisora::lasCaracteristicas  [private]
```

6.7.5.3. uuidServicio

```
uint8_t ServicioEnEmisora::uuidServicio[16]  [private]
```

Valor inicial:

```
= {
    '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7',
    '8', '9', 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F'
  }
```

La documentación de esta clase está generada del siguiente archivo:

- HolaMundoIBeacon/ServicioEnEmisora.h

Capítulo 7

Documentación de archivos

7.1. Referencia del archivo HolaMundoIBeacon/EmisoraBLE.h

Clase para manejar la emisora BLE y la emisión de beacons.

```
#include "ServicioEnEmisora.h"
```

Gráfico de dependencias incluidas en EmisoraBLE.h:

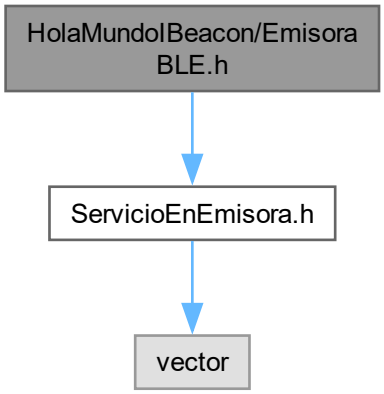
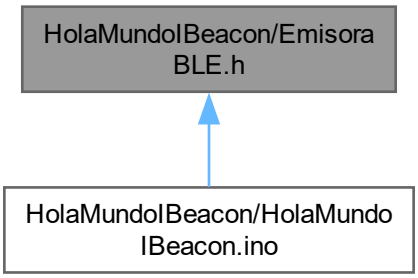


Gráfico de los archivos que directa o indirectamente incluyen a este archivo:



Clases

- class EmisoraBLE

  Clase para manejar la emisora Bluetooth Low Energy (BLE).

7.1.1. Descripción detallada

Clase para manejar la emisora BLE y la emisión de beacons.

Este archivo contiene la definición de la clase `EmisoraBLE` que permite gestionar la emisora BLE, emitir iBeacons y manejar servicios publicitarios a través del protocolo BLE.

7.2. EmisoraBLE.h

Ir a la documentación de este archivo.

```
00001 // -*- mode: c++ -*-
00002
00003 #ifndef EMISORA_H_INCLUIDO
00004 #define EMISORA_H_INCLUIDO
00005
00015 // ---------------------------------------------------------
00016 // ---------------------------------------------------------
00017 #include "ServicioEnEmisora.h"
00018
00027 // ---------------------------------------------------------
00028 // ---------------------------------------------------------
00029 class EmisoraBLE {
00030 private:
00031
00032   const char * nombreEmisora;
00033   const uint16_t fabricanteID;
00034   const int8_t txPower;
00035
00036 public:
00037
00044   using CallbackConexionEstablecida = void ( uint16_t connHandle );
00045
00053   using CallbackConexionTerminada = void ( uint16_t connHandle, uint8_t reason);
00054
00062   EmisoraBLE( const char * nombreEmisora_, const uint16_t fabricanteID_,
00063               const int8_t txPower_ )
00064     :
00065     nombreEmisora( nombreEmisora_ ) ,
```

```
00066     fabricanteID( fabricanteID_ ) ,
00067     txPower( txPower_ ){} // ()
00068
00073   void encenderEmisora() {
00074     // Serial.println ( "Bluefruit.begin() " );
00075      Bluefruit.begin();
00076
00077      // por si acaso:
00078      (*this).detenerAnuncio();
00079   } // ()
00080
00087   void encenderEmisora( CallbackConexionEstablecida cbce,
00088                         CallbackConexionTerminada cbct ) {
00089
00090     encenderEmisora();
00091
00092     instalarCallbackConexionEstablecida( cbce );
00093     instalarCallbackConexionTerminada( cbct );
00094
00095   } // ()
00096
00100   void detenerAnuncio() {
00101
00102     if ( (*this).estaAnunciando() ) {
00103       // Serial.println ( "Bluefruit.Advertising.stop() " );
00104       Bluefruit.Advertising.stop();
00105     }
00106
00107   }  // ()
00108
00114   bool estaAnunciando() {
00115     return Bluefruit.Advertising.isRunning();
00116   } // ()
00117
00126   void emitirAnuncioIBeacon( uint8_t * beaconUUID, int16_t major, int16_t minor, uint8_t rssi ) {
00127
00128     //
00129     //
00130     //
00131     (*this).detenerAnuncio();
00132
00133     //
00134     // creo el beacon
00135     //
00136     BLEBeacon elBeacon( beaconUUID, major, minor, rssi );
00137     elBeacon.setManufacturer( (*this).fabricanteID );
00138
00139     //
00140     // parece que esto debe ponerse todo aquí
00141     //
00142
00143     Bluefruit.setTxPower( (*this).txPower );
00144     Bluefruit.setName( (*this).nombreEmisora );
00145     Bluefruit.ScanResponse.addName(); // para que envíe el nombre de emisora (?!)
00146
00147     //
00148     // pongo el beacon
00149     //
00150     Bluefruit.Advertising.setBeacon( elBeacon );
00151
00152     //
00153     // ? qué valorers poner aquí
00154     //
00155     Bluefruit.Advertising.restartOnDisconnect(true); // no hace falta, pero lo pongo
00156     Bluefruit.Advertising.setInterval(100, 100);    // in unit of 0.625 ms
00157
00158     //
00159     // empieza el anuncio, 0 = tiempo indefinido (ya lo pararán)
00160     //
00161     Bluefruit.Advertising.start( 0 );
00162
00163   } // ()
00164
00165   // .....................................................
00166   //
00167   // Ejemplo de Beacon (31 bytes)
00168   //
00169   // https://os.mbed.com/blog/entry/BLE-Beacons-URIBeacon-AltBeacons-iBeacon/
00170   //
00171   // The iBeacon Prefix contains the hex data : 0x0201061AFF004C0215. This breaks down as follows:
00172   //
00173   // 0x020106 defines the advertising packet as BLE General Discoverable and BR/EDR high-speed
      incompatible.
00174   // Effectively it says this is only broadcasting, not connecting.
00175   //
00176   // 0x1AFF says the following data is 26 bytes long and is Manufacturer Specific Data.
00177   //
```

```
00178   // 0x004C is Apple's Bluetooth Sig ID and is the part of this spec that makes it Apple-dependent.
00179   //
00180   // 0x02 is a secondary ID that denotes a proximity beacon, which is used by all iBeacons.
00181   //
00182   // 0x15 defines the remaining length to be 21 bytes (16+2+2+1).
00183   //
00184   // Por ejemmplo:
00185   //
00186   // 1. prefijo: 9bytes
00187   //       0x02, 0x01, 0x06,       // advFlags 3bytes
00188   //       0x1a, 0xff,             // advHeader 2 (0x1a = 26 = 25(lenght de 0x4c a 0xca)+1)   0xFF ->
      BLE_GAP_AD_TYPE_MANUFACTURER_SPECIFIC_DATA
00189   //       0x4c, 0x00,             // companyID 2bytes
00190   //       0x02,                   // ibeacon type 1 byte
00191   //       0x15,                   // ibeacon length 1 byte (dec=21 lo que va a continuación: desde
      la 'f' hasta 0x01)
00192   //
00193   // 2. uuid: 16bytes
00194   // 'f', 'i', 's', 't', 'r', 'o', 'f', 'i', 's', 't', 'r', 'o', 0xa7, 0x10, 0x96, 0xe0
00195   //
00196   // 2 major: 2bytes
00197   // 0x04, 0xd2,
00198   //
00199   // minor: 2bytes
00200   // 0x10, 0xe1,
00201   //
00202   // 0xca, // tx power : 1bytes
00203   //
00204   // 0x01, // este es el byte 31 = BLE_GAP_ADV_SET_DATA_SIZE_MAX, parece que sobra
00205   //
00206   // ........................................................
00207   // Para enviar como carga libre los últimos 21 bytes de un iBeacon (lo que normalmente sería uuid-16
      major-2 minor-2 txPower-1)
00208   // ........................................................
00209   /*
00210   void emitirAnuncioIBeaconLibre( const char * carga ) {
00211
00212     const uint8_t tamanyoCarga = strlen( carga );
00213   */
00214
00221   void emitirAnuncioIBeaconLibre( const char * carga, const uint8_t tamanyoCarga ) {
00222
00223     (*this).detenerAnuncio();
00224
00225     Bluefruit.Advertising.clearData();
00226     Bluefruit.ScanResponse.clearData(); // hace falta?
00227
00228     // Bluefruit.setTxPower( (*this).txPower ); creo que no lo pongo porque es uno de los bytes de la
      parte de carga que utilizo
00229     Bluefruit.setName( (*this).nombreEmisora );
00230     Bluefruit.ScanResponse.addName();
00231
00232     Bluefruit.Advertising.addFlags(BLE_GAP_ADV_FLAGS_LE_ONLY_GENERAL_DISC_MODE);
00233
00234     // con este parece que no va  !
00235     // Bluefruit.Advertising.addFlags(BLE_GAP_ADV_FLAG_LE_GENERAL_DISC_MODE);
00236
00237     //
00238     // hasta ahora habrá, supongo, ya puestos los 5 primeros bytes. Efectivamente.
00239     // Falta poner 4 bytes fijos (company ID, beacon type, longitud) y 21 de carga
00240     //
00241     uint8_t restoPrefijoYCarga[4+21] = {
00242       0x4c, 0x00, // companyID 2
00243       0x02, // ibeacon type 1byte
00244       21, // ibeacon length 1byte (dec=21)  longitud del resto // 0x15 // ibeacon length 1byte
      (dec=21)  longitud del resto
00245       '-', '-', '-', '-',
00246       '-', '-', '-', '-',
00247       '-', '-', '-', '-',
00248       '-', '-', '-', '-',
00249       '-', '-', '-', '-',
00250       '-'
00251     };
00252
00253     //
00254     // addData() hay que usarlo sólo una vez. Por eso copio la carga
00255     // en el anterior array, donde he dejado 21 sitios libres
00256     //
00257     memcpy( &restoPrefijoYCarga[4], &carga[0], ( tamanyoCarga > 21 ? 21 : tamanyoCarga ) );
00258
00259     //
00260     // copio la carga para emitir
00261     //
00262     Bluefruit.Advertising.addData( BLE_GAP_AD_TYPE_MANUFACTURER_SPECIFIC_DATA,
00263                                    &restoPrefijoYCarga[0],
00264                                    4+21 );
00265
```

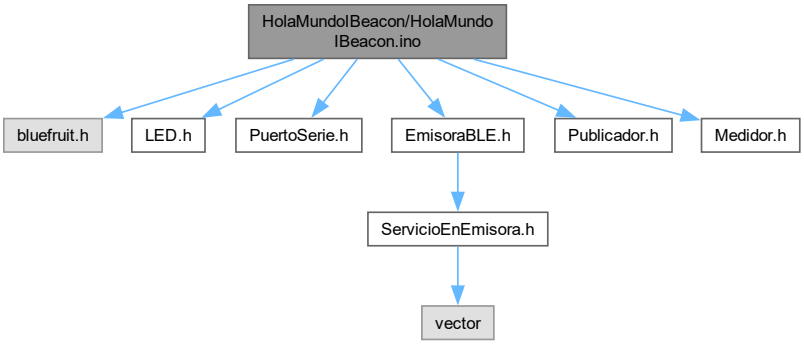
```
00266     //
00267     // ? qué valores poner aquí ?
00268     //
00269     Bluefruit.Advertising.restartOnDisconnect(true);
00270     Bluefruit.Advertising.setInterval(100, 100);    // in unit of 0.625 ms
00271
00272     Bluefruit.Advertising.setFastTimeout( 1 );      // number of seconds in fast mode
00273     //
00274     // empieza el anuncio, 0 = tiempo indefinido (ya lo pararán)
00275     //
00276     Bluefruit.Advertising.start( 0 );
00277
00278     Globales::elPuerto.escribir( "emitiriBeacon libre  Bluefruit.Advertising.start( 0 );  \n");
00279   } // ()
00280
00287   bool anyadirServicio( ServicioEnEmisora & servicio ) {
00288
00289     Globales::elPuerto.escribir( " Bluefruit.Advertising.addService( servicio ); \n");
00290
00291     bool r = Bluefruit.Advertising.addService( servicio );
00292
00293     if ( ! r ) {
00294       Serial.println( " SERVICION NO AÑADIDO \n");
00295     }
00296
00297
00298     return r;
00299      // nota: uso conversión de tipo de servicio (ServicioEnEmisora) a BLEService
00300      // para addService()
00301   } // ()
00302
00303
00310   bool anyadirServicioConSusCaracteristicas( ServicioEnEmisora & servicio ) {
00311     return (*this).anyadirServicio( servicio );
00312   } //
00313
00323   template <typename ... T>
00324   bool anyadirServicioConSusCaracteristicas( ServicioEnEmisora & servicio,
00325                                              ServicioEnEmisora::Caracteristica & caracteristica,
00326                                              T& ... restoCaracteristicas) {
00327
00328     servicio.anyadirCaracteristica( caracteristica );
00329
00330     return anyadirServicioConSusCaracteristicas( servicio, restoCaracteristicas... );
00331
00332   } // ()
00333
00341   template <typename ... T>
00342   bool anyadirServicioConSusCaracteristicasYActivar( ServicioEnEmisora & servicio,
00343                                                      // ServicioEnEmisora::Caracteristica &
    caracteristica,
00344                                                      T& ... restoCaracteristicas) {
00345
00346     bool r = anyadirServicioConSusCaracteristicas( servicio, restoCaracteristicas... );
00347
00348     servicio.activarServicio();
00349
00350     return r;
00351
00352   } // ()
00353
00359   void instalarCallbackConexionEstablecida( CallbackConexionEstablecida cb ) {
00360     Bluefruit.Periph.setConnectCallback( cb );
00361   } // ()
00362
00368   void instalarCallbackConexionTerminada( CallbackConexionTerminada cb ) {
00369     Bluefruit.Periph.setDisconnectCallback( cb );
00370   } // ()
00371
00378   BLEConnection * getConexion( uint16_t connHandle ) {
00379     return Bluefruit.Connection( connHandle );
00380   } // ()
00381
00382 }; // class
00383
00384 #endif // EMISORA_H_INCLUIDO
```

7.3. Referencia del archivo HolaMundoIBeacon/HolaMundoIBeacon.ino

Implementación principal del programa que utiliza BLE para publicar datos de sensores.

```
#include <bluefruit.h>
#include "LED.h"
#include "PuertoSerie.h"
#include "EmisoraBLE.h"
#include "Publicador.h"
#include "Medidor.h"
```

Gráfico de dependencias incluidas en HolaMundoIBeacon.ino:



Espacios de nombres

- namespace Globales

  Contiene objetos globales para manejar el LED, la comunicación por puerto serie y otros módulos.
- namespace Loop

  Espacio de nombres para variables del bucle principal.

Funciones

- void inicializarPlaquita ()

  Inicializa la placa y sus módulos. Actualmente no hace nada.
- void setup ()

  Función de configuración (setup). Inicializa los módulos de comunicación, medición y publicación.
- void lucecitas ()

  Realiza una secuencia de encendido y apagado del LED. Utiliza tiempos de espera definidos entre cambios de estado.
- void loop ()

  Función principal (loop) del programa. Ejecuta mediciones de CO2 y temperatura, publica los datos vía BLE y maneja la emisión de un anuncio iBeacon.

Variables

- LED Globales::elLED (7)

  Objeto para controlar el LED conectado al pin 7.
- PuertoSerie Globales::elPuerto (115200)

  Objeto para gestionar la comunicación por puerto serie a 115200 baudios.
- Publicador Globales::elPublicador

  Objeto para manejar la publicación de datos vía BLE.
- Medidor Globales::elMedidor

  Objeto para gestionar las mediciones de CO2 y temperatura.
- uint8_t Loop::cont = 0

7.3.1. Descripción detallada

Implementación principal del programa que utiliza BLE para publicar datos de sensores.

7.3.2. Documentación de funciones

7.3.2.1. inicializarPlaquita()

```
void inicializarPlaquita ()
```

Inicializa la placa y sus módulos. Actualmente no hace nada.

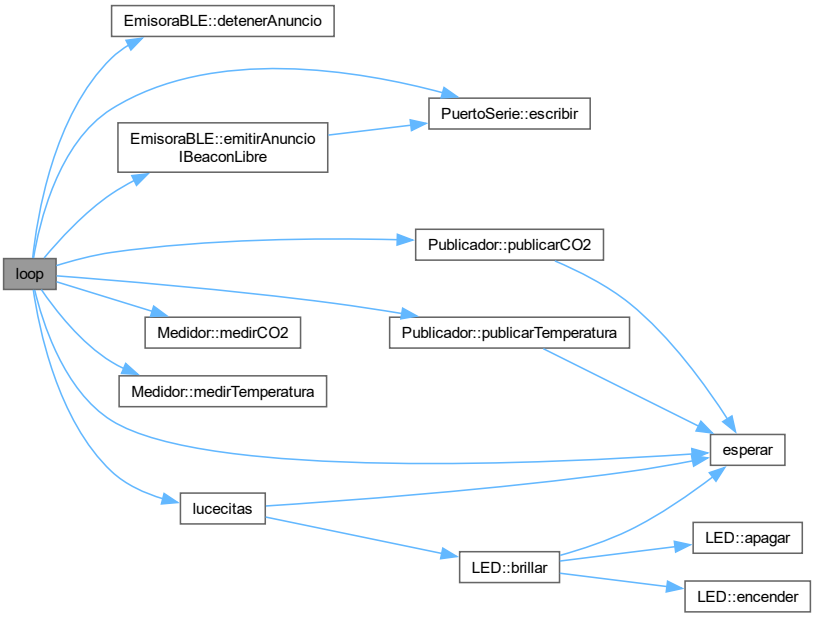
Gráfico de llamadas a esta función:

7.3.2.2. loop()

```
void loop ()
```

Función principal (loop) del programa. Ejecuta mediciones de CO2 y temperatura, publica los datos vía BLE y maneja la emisión de un anuncio iBeacon.

Gráfico de llamadas de esta función:



7.3.2.3. lucecitas()

```
void lucecitas ()  [inline]
```

Realiza una secuencia de encendido y apagado del LED. Utiliza tiempos de espera definidos entre cambios de estado.

Gráfico de llamadas de esta función:

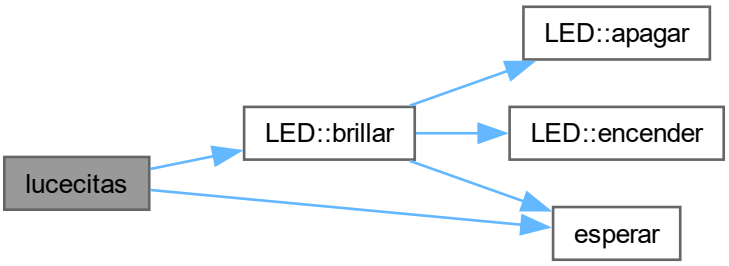
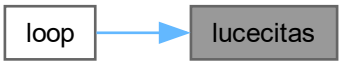


Gráfico de llamadas a esta función:

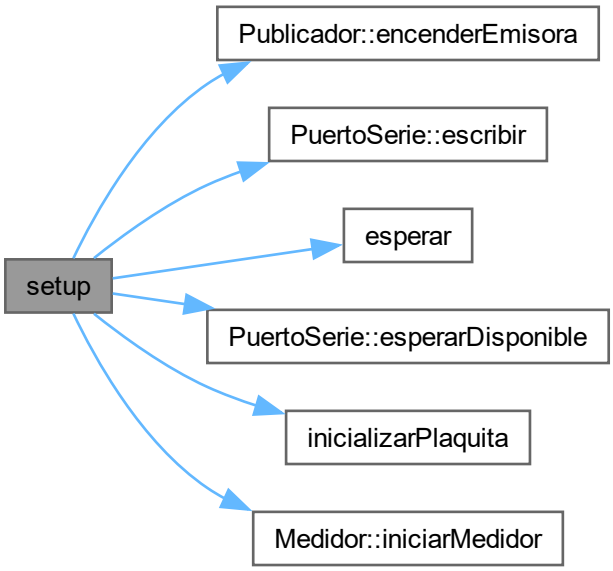


7.3.2.4. setup()

```
void setup ()
```

Función de configuración (setup). Inicializa los módulos de comunicación, medición y publicación.

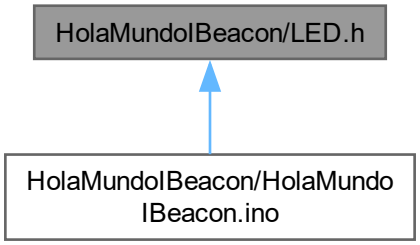
Gráfico de llamadas de esta función:



7.4. Referencia del archivo HolaMundoIBeacon/LED.h

Definición de la clase LED para controlar un LED en un pin específico.

Gráfico de los archivos que directa o indirectamente incluyen a este archivo:



Clases

- class LED

  Clase para controlar un LED conectado a un pin específico.

Funciones

- void esperar (long tiempo)

  Función auxiliar para pausar la ejecución por un tiempo determinado.

7.4.1. Descripción detallada

Definición de la clase LED para controlar un LED en un pin específico.

Este archivo contiene la implementación de la clase `LED` que permite controlar el estado (encendido/apagado) de un LED conectado a un pin digital de un microcontrolador. También incluye funciones para alternar el estado y hacer que el LED parpadee.

7.4.2. Documentación de funciones

7.4.2.1. esperar()

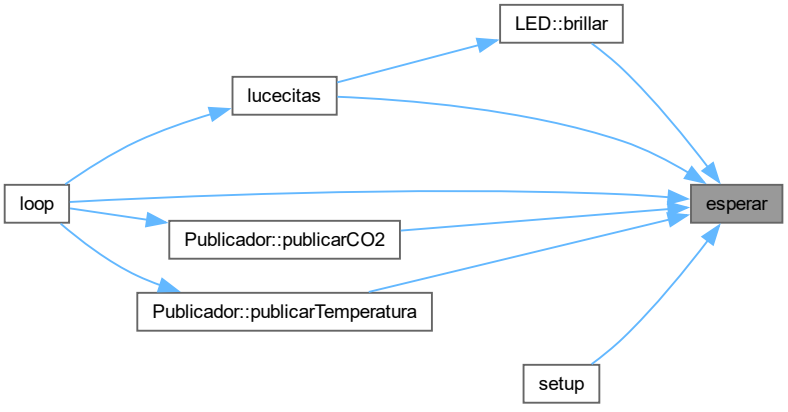
```
void esperar (
            long tiempo)
```

Función auxiliar para pausar la ejecución por un tiempo determinado.

Parámetros

tiempo	Duración de la pausa en milisegundos.

Gráfico de llamadas a esta función:



7.5. LED.h

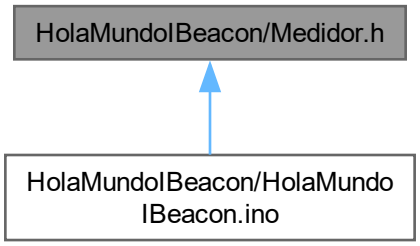
Ir a la documentación de este archivo.

```
00001 // -*- mode: c++ -*-
00002
00003 #ifndef LED_H_INCLUIDO
00004 #define LED_H_INCLUIDO
00005
00020 void esperar(long tiempo) {
00021   delay(tiempo);
00022 }
00023
00031 class LED {
00032 private:
00033   int numeroLED;
00034   bool encendido;
00036 public:
00037
00045   LED(int numero)
00046     : numeroLED(numero), encendido(false)
00047   {
00048     pinMode(numeroLED, OUTPUT);
00049     apagar();
00050   }
00051
00055   void encender() {
00056     digitalWrite(numeroLED, HIGH);
00057     encendido = true;
00058   }
00059
00063   void apagar() {
00064     digitalWrite(numeroLED, LOW);
00065     encendido = false;
00066   }
00067
00073   void alternar() {
00074     if (encendido) {
00075       apagar();
00076     } else {
00077       encender();
00078     }
00079   }
00080
00088   void brillar(long tiempo) {
00089     encender();
00090     esperar(tiempo);
00091     apagar();
00092   }
00093 }; // class LED
00094
00095 #endif // LED_H_INCLUIDO
```

7.6. Referencia del archivo HolaMundoIBeacon/Medidor.h

Definición de la clase Medidor para medir CO2 y temperatura.

Gráfico de los archivos que directa o indirectamente incluyen a este archivo:



Clases

- class Medidor

  Clase para simular la medición de CO2 y temperatura.

7.6.1. Descripción detallada

Definición de la clase Medidor para medir CO2 y temperatura.

Esta clase proporciona una interfaz para simular mediciones de CO2 y temperatura en un sistema. Los valores de medición están actualmente codificados.

7.7. Medidor.h

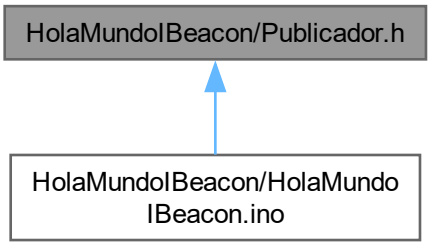
Ir a la documentación de este archivo.

```
00001 // -*- mode: c++ -*-
00002
00003 #ifndef MEDIDOR_H_INCLUIDO
00004 #define MEDIDOR_H_INCLUIDO
00005
00021 class Medidor {
00022
00023 public:
00024
00030   Medidor() {
00031   }
00032
00039   void iniciarMedidor() {
00040     // Código de inicialización si es necesario en el futuro.
00041   }
00042
00050   int medirCO2() {
00051     return 235;
00052   }
00053
00061   int medirTemperatura() {
00062     return 12;
00063   }
00064
00065 }; // class Medidor
00066
00067 #endif // MEDIDOR_H_INCLUIDO
```

7.8. Referencia del archivo HolaMundoIBeacon/Publicador.h

Definición de la clase Publicador para emitir anuncios BLE de CO2 y temperatura.

Gráfico de los archivos que directa o indirectamente incluyen a este archivo:



Clases

- class Publicador

  Clase para publicar mediciones de CO2 y temperatura mediante BLE.

7.8.1. Descripción detallada

Definición de la clase Publicador para emitir anuncios BLE de CO2 y temperatura.

Esta clase utiliza una emisora BLE para emitir datos de CO2 y temperatura mediante beacons iBeacon. Los anuncios se envían con un formato específico que incluye un UUID, major y minor.

7.9. Publicador.h

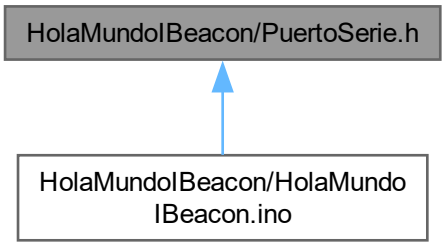
Ir a la documentación de este archivo.

```
00001 // -*- mode: c++ -*-
00002
00003 #ifndef PUBLICADOR_H_INCLUIDO
00004 #define PUBLICADOR_H_INCLUIDO
00005
00021 class Publicador {
00022
00023 private:
00024
00028   uint8_t beaconUUID[16] = {
00029     'E', 'P', 'S', 'G', '-', 'G', 'T', 'I',
00030     '-', 'P', 'R', 'O', 'Y', '-', '3', 'A'
00031     };
00032
00033 public:
00034
00038   EmisoraBLE laEmisora {
00039     "GTI-3A",
00040     0x004c,
00041     4
00042   };
00043
00047   const int RSSI = -53;
00048
00055   enum MedicionesID  {
00056     CO2 = 11,
00057     TEMPERATURA = 12,
00058     RUIDO = 13
00059   };
00060
00066   Publicador( ) {
00067     // No encender la emisora aquí. Debe hacerse en `encenderEmisora()'.
00068   }
00069
00075   void encenderEmisora() {
00076     (*this).laEmisora.encenderEmisora();
00077   }
00078
00088   void publicarCO2( int16_t valorCO2, uint8_t contador, long tiempoEspera ) {
00089     uint16_t major = (MedicionesID::CO2 « 8) + contador;
00090     (*this).laEmisora.emitirAnuncioIBeacon( (*this).beaconUUID,
00091                                             major,
00092                                             valorCO2, // minor
00093                                             (*this).RSSI // rssi
00094                                           );
00095     esperar( tiempoEspera );
00096     (*this).laEmisora.detenerAnuncio();
00097   }
00098
00108   void publicarTemperatura( int16_t valorTemperatura, uint8_t contador, long tiempoEspera ) {
00109     uint16_t major = (MedicionesID::TEMPERATURA « 8) + contador;
00110     (*this).laEmisora.emitirAnuncioIBeacon( (*this).beaconUUID,
00111                                             major,
00112                                             valorTemperatura, // minor
00113                                             (*this).RSSI // rssi
00114                                           );
00115     esperar( tiempoEspera );
00116     (*this).laEmisora.detenerAnuncio();
00117   }
00118
00119 }; // class Publicador
00120
00121 #endif // PUBLICADOR_H_INCLUIDO
```

7.10. Referencia del archivo HolaMundoIBeacon/PuertoSerie.h

Definición de la clase PuertoSerie para la comunicación por puerto serie.

Gráfico de los archivos que directa o indirectamente incluyen a este archivo:



Clases

- class PuertoSerie

  Clase para manejar la comunicación por puerto serie.

7.10.1. Descripción detallada

Definición de la clase PuertoSerie para la comunicación por puerto serie.

Esta clase facilita la comunicación a través del puerto serie. Permite inicializar el puerto a una velocidad específica y escribir mensajes.

7.11. PuertoSerie.h

Ir a la documentación de este archivo.

```
00001
00002 // -*- mode: c++ -*-
00003
00004 #ifndef PUERTO_SERIE_H_INCLUIDO
00005 #define PUERTO_SERIE_H_INCLUIDO
00006
00020 class PuertoSerie {
00021
00022 public:
00023
00031   PuertoSerie (long baudios) {
00032     Serial.begin( baudios );
00033     // Evitar usar el bloqueo de while (!Serial) para permitir un arranque fluido.
00034   }
00035
00041   void esperarDisponible() {
00042     delay(10);
00043   }
00044
00053   template<typename T>
00054   void escribir (T mensaje) {
00055     Serial.print( mensaje );
00056   }
00057
00058 }; // class PuertoSerie
00059
00060 #endif // PUERTO_SERIE_H_INCLUIDO
```

7.12. Referencia del archivo HolaMundoIBeacon/ServicioEnEmisora.h

Definición de la clase ServicioEnEmisora y Clase que representa una característica dentro de un servicio BLE que gestionan un servicio BLE con características.

```
#include <vector>
```

Gráfico de dependencias incluidas en ServicioEnEmisora.h:

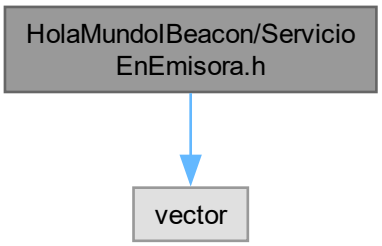
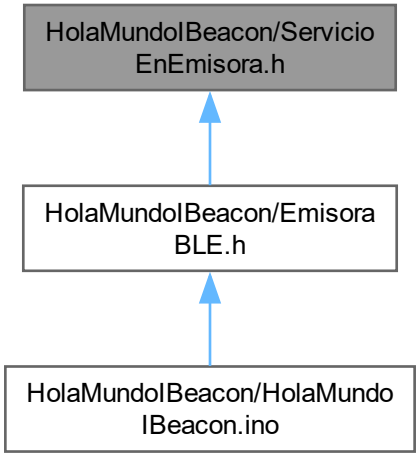


Gráfico de los archivos que directa o indirectamente incluyen a este archivo:



Clases

- class ServicioEnEmisora

  Clase que gestiona un servicio BLE con características.
- class ServicioEnEmisora::Caracteristica

  Clase que representa una característica dentro de un servicio BLE.

Funciones

- template<typename T >
  T * alReves (T *p, int n)

  Función que invierte el contenido de un array.
- uint8_t * stringAUint8AlReves (const char *pString, uint8_t *pUint, int tamMax)

  Convierte una cadena de caracteres a un array de uint8_t en orden inverso.

7.12.1. Descripción detallada

Definición de la clase ServicioEnEmisora y Clase que representa una característica dentro de un servicio BLE que gestionan un servicio BLE con características.

Estass clases representan un servicio en una emisora BLE con soporte para múltiples características.

7.12.2. Documentación de funciones

7.12.2.1. alReves()

```
template<typename T >
T * alReves (
            T * p,
            int n)
```

Función que invierte el contenido de un array.

Parámetros de plantilla

T	Tipo de los elementos en el array.

Parámetros

p	Puntero al array.
n	Tamaño del array.

Devuelve

T* Puntero al array invertido.

7.12.2.2. stringAUint8AlReves()

```
uint8_t * stringAUint8AlReves (
            const char * pString,
            uint8_t * pUint,
            int tamMax)
```

Convierte una cadena de caracteres a un array de uint8_t en orden inverso.

Parámetros

pString	Cadena de entrada.
pUint	Puntero al array de uint8_t donde se copiará la cadena.
tamMax	Tamaño máximo del array.

Devuelve

uint8_t* Puntero al array resultante.

7.13. ServicioEnEmisora.h

Ir a la documentación de este archivo.

```
00001 // -*- mode: c++ -*-
00002
00003 #ifndef SERVICIO_EMISORA_H_INCLUIDO
00004 #define SERVICIO_EMISORA_H_INCLUIDO
00005
00006 #include <vector>
00007
00023 template< typename T >
00024 T * alReves( T * p, int n ) {
00025   T aux;
00026   for( int i = 0; i < n / 2; i++ ) {
00027     aux = p[i];
00028     p[i] = p[n - i - 1];
00029     p[n - i - 1] = aux;
00030   }
00031   return p;
00032 }
00033
00042 uint8_t * stringAUint8AlReves( const char * pString, uint8_t * pUint, int tamMax ) {
00043   int longitudString = strlen( pString );
00044   int longitudCopiar = ( longitudString > tamMax ? tamMax : longitudString );
00045   for( int i = 0; i <= longitudCopiar - 1; i++ ) {
00046     pUint[ tamMax - i - 1 ] = pString[ i ];
00047   }
00048   return pUint;
00049 }
00050
00057 class ServicioEnEmisora {
00058
00059 public:
00063   using CallbackCaracteristicaEscrita = void (uint16_t conn_handle, BLECharacteristic * chr, uint8_t *
      data, uint16_t len);
00064
00069   class Caracteristica {
00070   private:
00071     uint8_t uuidCaracteristica[16] = {
00072       '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7',
00073       '8', '9', 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F'
00074     };
00075     BLECharacteristic laCaracteristica;
00076
00077   public:
00083     Caracteristica(const char * nombreCaracteristica_)
00084       : laCaracteristica(stringAUint8AlReves(nombreCaracteristica_, &uuidCaracteristica[0], 16)) {}
00085
00095     Caracteristica(const char * nombreCaracteristica_, uint8_t props, SecureMode_t permisoRead,
      SecureMode_t permisoWrite, uint8_t tam)
00096       : Caracteristica(nombreCaracteristica_) {
00097       asignarPropiedadesPermisosYTamanyoDatos(props, permisoRead, permisoWrite, tam);
00098     }
00099
00100   private:
00101     void asignarPropiedades(uint8_t props) {
00102       laCaracteristica.setProperties(props);
00103     }
00104
00105     void asignarPermisos(SecureMode_t permisoRead, SecureMode_t permisoWrite) {
00106       laCaracteristica.setPermission(permisoRead, permisoWrite);
00107     }
00108
00109     void asignarTamanyoDatos(uint8_t tam) {
00110       laCaracteristica.setMaxLen(tam);
```

```
00111     }
00112
00113   public:
00117     void asignarPropiedadesPermisosYTamanyoDatos(uint8_t props, SecureMode_t permisoRead, SecureMode_t
      permisoWrite, uint8_t tam) {
00118       asignarPropiedades(props);
00119       asignarPermisos(permisoRead, permisoWrite);
00120       asignarTamanyoDatos(tam);
00121     }
00122
00129     uint16_t escribirDatos(const char * str) {
00130       return laCaracteristica.write(str);
00131     }
00132
00139     uint16_t notificarDatos(const char * str) {
00140       return laCaracteristica.notify(&str[0]);
00141     }
00142
00146     void instalarCallbackCaracteristicaEscrita(CallbackCaracteristicaEscrita cb) {
00147       laCaracteristica.setWriteCallback(cb);
00148     }
00149
00153     void activar() {
00154       err_t error = laCaracteristica.begin();
00155       Globales::elPuerto.escribir("laCaracteristica.begin(); error = ");
00156       Globales::elPuerto.escribir(error);
00157     }
00158   };
00159
00160 private:
00161   uint8_t uuidServicio[16] = {
00162     '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7',
00163     '8', '9', 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F'
00164   };
00165   BLEService elServicio;
00166   std::vector<Caracteristica *> lasCaracteristicas;
00167
00168 public:
00174   ServicioEnEmisora(const char * nombreServicio_)
00175     : elServicio(stringAUint8AlReves(nombreServicio_, &uuidServicio[0], 16)) {}
00176
00180   void escribeUUID() {
00181     Serial.println("**********");
00182     for (int i = 0; i <= 15; i++) {
00183       Serial.print((char) uuidServicio[i]);
00184     }
00185     Serial.println("\n**********");
00186   }
00187
00193   void anyadirCaracteristica(Caracteristica & car) {
00194     lasCaracteristicas.push_back(&car);
00195   }
00196
00200   void activarServicio() {
00201     err_t error = elServicio.begin();
00202     Serial.print("elServicio.begin(); error = ");
00203     Serial.println(error);
00204     for (auto pCar : lasCaracteristicas) {
00205       pCar->activar();
00206     }
00207   }
00208
00214   operator BLEService&() {
00215     return elServicio;
00216   }
00217 };
00218
00219 #endif // SERVICIO_EMISORA_H_INCLUIDO
```

7.14. Referencia del archivo README.md