TELECOM nancy
Ingénieurs du numérique • Inspiring your digital future

freeRTOS

Module Systèmes Temps-Réels
TP FreeRTOS

Capteur CO^2 - Température - Humidité

ESPRESSIF

Protocoles de communication inter-puces

Source Matthias Puech CNAM

Comment communiquent des puces sur une même carte ?

Exemple

MCU ↔ ADC/DACs externes, LCD, EEPROM, Radio. . .

Les standards

Communication par messages selon le protocole établi:

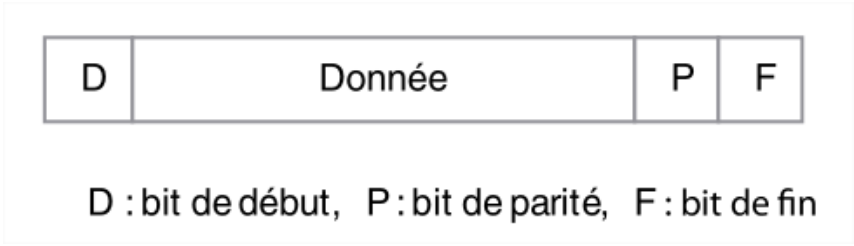
- UART
- I^2C
- SPI

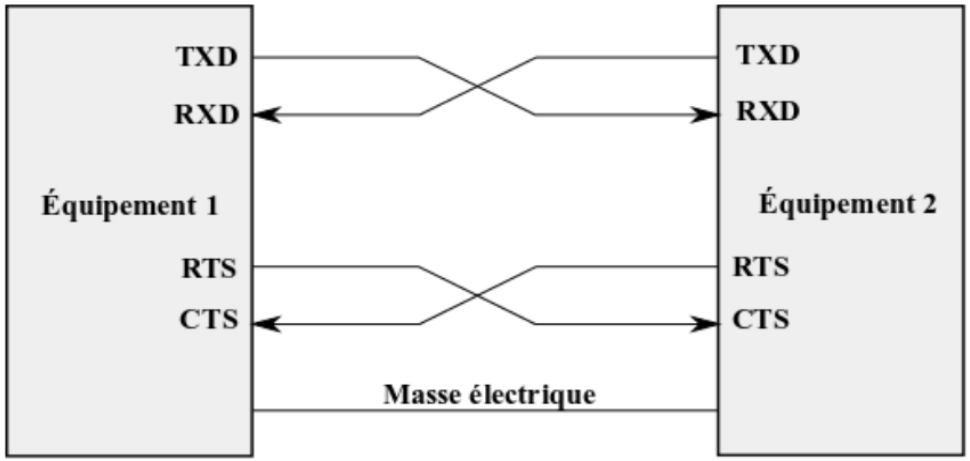
Protocole UART

(*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*)

"Composant" développé par Gordon BELL en 1959:

- 8 bits par trame.
- Vitesse de transmission (9600 ou 115200 bps).
- Asynchrone.
- Half-duplex (1 fil de données TX -> RX).
- Bit de parité (paire ou impaire ou rien).
- Bit de STOP (0.5, 1, 1.5 ou 2)
- 2 normes: RS 232 / RS 485



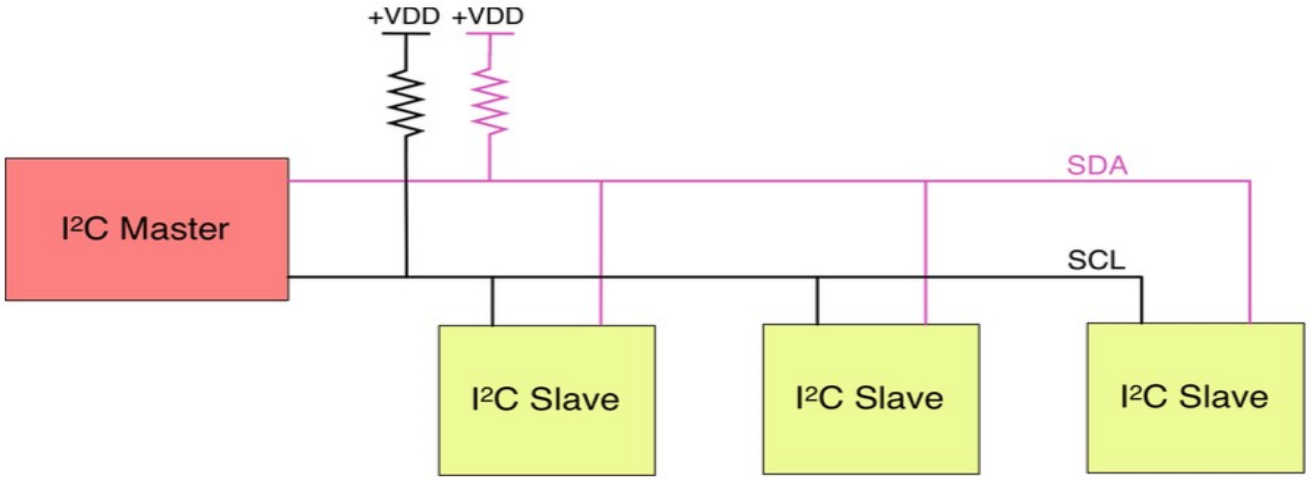


Protocole I²C

(Inter Integrated Circuit)

"Standard" développé par Philips en 1982:

- Deux fils :
  - SDA (*Serial Data Line* : les données);
  - SCL (*Serial Clock Line*).
- Etat haut par défaut (+VDD).
- Chaque partie (maître/esclave) peut abaisser SDA ou SCL (communication bidirectionnelle).
- Chaque esclave a une adresse unique.
- Vitesse: 100kHz (standard) – 400 kHz (fast mode).



Protocole I²C

(Inter Integrated Circuit)

Messages

Tout message est initié et terminé et par le maître

- commence par START: front *descendant* sur SDA quand SCL est *haut,*
- finit par STOP: front *montant* sur SDA quand SCL est *haut,*
- constitué de plusieurs *frames* : (suite de 8 bits)
  - 1 *frame* d'adresse (7 bits + direction R/W),
  - 1 ou plusieurs *frames* de données (8 bits),
  - 1 ACK - > récepteur met SDA à 0.

Protocole SPI

(Serial Peripheral Interface)

"Standard" développé par Motorola en 197x

- Nature des données = paquets d'octets en série.
- Topologie "bus" (+ 1 fil SS par esclave).
- Synchrone (fil clock).
- Full-duplex (2 fils de données).
- Symétrie un client, plusieurs serveurs.

Spécificités

- Beaucoup plus rapide que I^2C(1-100MHz).
- Pas de spécification sur la structure des messages (pas de *frame*, pas d'en-tête).

Protocole SPI

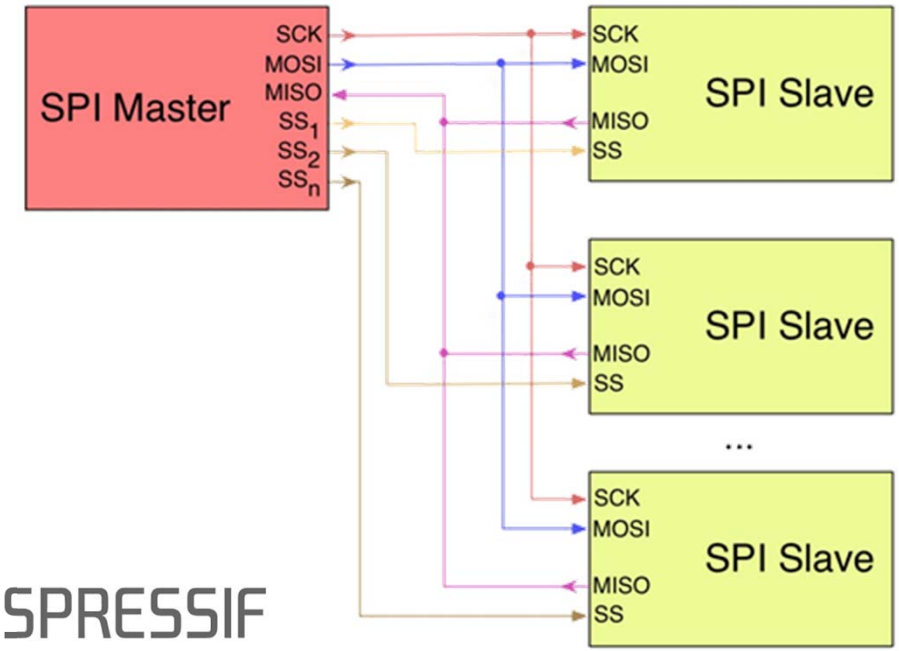
(Serial Peripheral Interface)

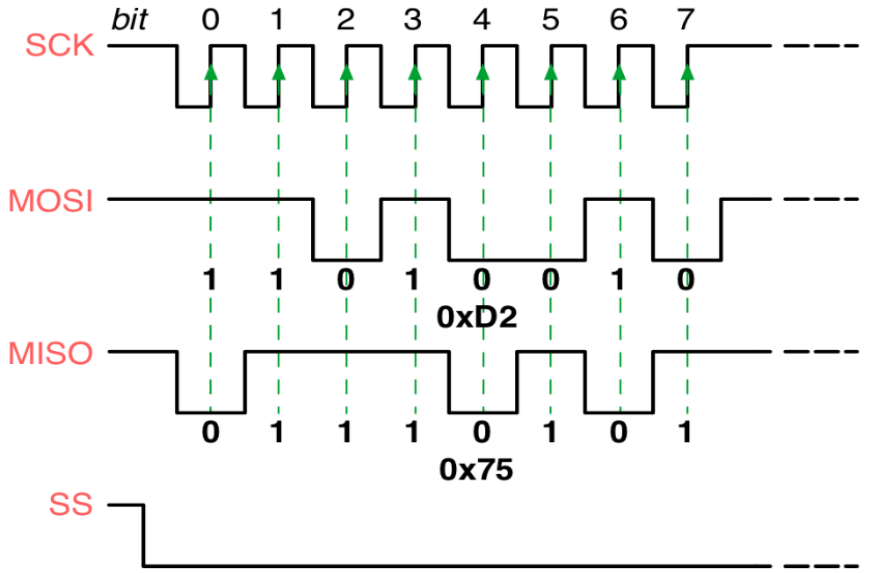
Fonctionnement:

- le maître met SS*i* à 0 –> START
- les données transitent alors simultanément par paquets d'octets

  MOSI maître vers esclave *i*

  MISO esclave *i* vers maître (*most significant bit first* ou MSB)
- le signal est échantillonné à chaque front montant de SCK
- le maître met SS*i* à 1 –> STOP





Comparaison I²C SPI

Vitesse de transmission

I2C

Même s'il existe des variations de l'I2C qui montent au dessus de 1MHz, la grande majorité des implémentations que l'on trouve utilisent généralement 100 ou 400 kHz

SPI

Pour le SPI il est possible de trouver certains composants au delà de 20 Mbits

Topologie

I2C

C'est un véritable protocole qui permet l'interconnexion de multiples boitiers dans différentes configurations : Maitre / Esclave, Maitre / Multiple esclaves, Multiple Maitres / Multiples esclaves

SPI

En général point à point, bien que l'on puisse connecter plusieurs esclaves mais il faut alors des lignes supplémentaires. Un seul maitre qui génère l'horloge.

Consommation

I2C

du à la configuration collecteur/ drain ouvert sur les 2 lignes de transmission (SDA + SCL), consommation relativement élevée

SPI

signaux de type TTL/CMOS donc consommation faible

Avantages/Inconvénients

- ✓ Si on doit interconnecter plusieurs boitiers et que la vitesse n'est pas un problème, préférer l'I2C car c'est un protocole.
- ✓ Si on veut de la vitesse le SPI est loin devant…
- ✓ Implémentation logicielle sur des E/S : Il est BEAUCOUP plus facile (et cela prend moins de ressources) de faire du SPI par logiciel sur des broches d'E/S que de l'I2C dû à la machine d'état.
- ✓ Mise en œuvre : l'I2C est plus compliqué.
- ✓ L'interconnexion de plusieurs boitiers est également plus délicate avec l'I2C car il faut prendre en compte les impédances de chacun des boitiers pour calculer les résistances de rappels.

Affichage OLED:

- Communication ESP32 <-> Afficheur OLED via bus I²C
  - Adresse = 0x3C / SDA = 5 / SCL = 4
- Bibliothèque ESP32 OLED driver for SSD1306 (Framework Arduino)
- Programme SSD1306SimpleDemo
- Include <SSD1306Wire.h>
- Initialisation: *Display.init();*
- Effaçage: *Display.clear();*
- Affichage: *Displays.display();*

- **Réaliser une tâche qui affiche un compteur en s au centre de l'écran (RAZ modulo 60)**

Capteur Température – Humidité : DHT 22

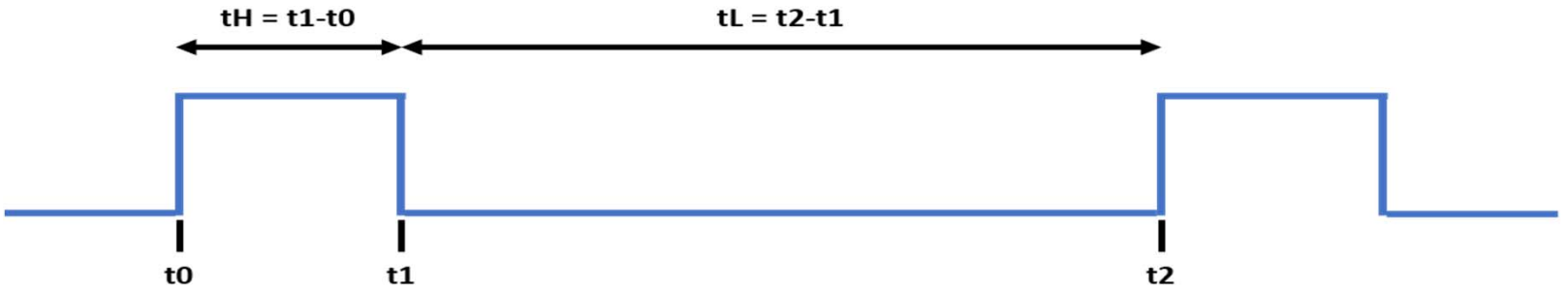
- Communication ESP32 <-> DHT 22 via 1-Wire bus:
  - Input pin = 15

- Bibliothèque DHT sensor library for ESPx (Framework Arduino)
- Programme DHT_ESP32
- Initialisation: *dht.setup(dhtPin, DHTesp::DHT12);*

- **Réaliser une tâche qui affiche la température et le taux d'humidité toutes les 5 secondes (Utilisation des « Tickers » non obligatoire)**

Capteur CO^2: MH-Z19B

- Communication ESP32 <-> MH-Z19B via UART / PWM / Analog:
  - Serial1 pour init + lecture: TXPin = 17 / RXPin = 16
  - PWM (Pulse Width Modulation) pour lecture: PWMPin = 23

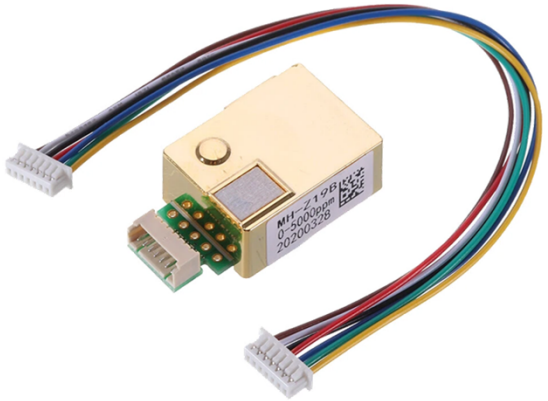


CO2 concentration: Cppm = Range × (tH – 2 ms) / (tH + tL – 4 ms)

- **Réaliser une tâche qui affiche la concentration en CO^2 toutes les 4 secondes.**
- **Comparer les mesures obtenues par liaison série et PWM.**

Capteur CO^2: MH-Z19B

- Communication ESP32 <-> MH-Z19B via UART: `#include "driver/uart.h"`
  - Init: TXPin = 17 / RXPin = 16



```
const uart_config_t uart_config = {
    .baud_rate = 9600,
    .data_bits = UART_DATA_8_BITS,
    .parity = UART_PARITY_DISABLE,
    .stop_bits = UART_STOP_BITS_1,
    .flow_ctrl = UART_HW_FLOWCTRL_DISABLE,
    .source_clk = UART_SCLK_APB,
};
// We won't use a buffer for sending data.
uart_driver_install(UART_NUM_1, RX_BUF_SIZE * 2, 0, 0, NULL, 0);
uart_param_config(UART_NUM_1, &uart_config);
uart_set_pin(UART_NUM_1, TXD_PIN, RXD_PIN, UART_PIN_NO_CHANGE, UART_PIN_NO_CHANGE);
```

  - Lecture:

```
uint8_t* data = (uint8_t*) malloc(RX_BUF_SIZE+1);
rxBytes = uart_read_bytes(UART_NUM_1, data, RX_BUF_SIZE, 1000 / portTICK_RATE_MS);
```

  - Ecriture:

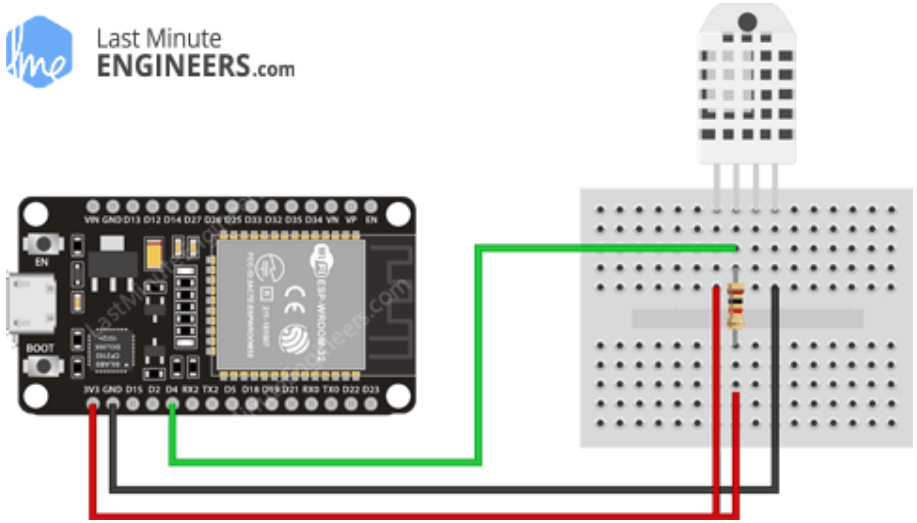
```
txBytes = uart_write_bytes(UART_NUM_1, data, len);
```

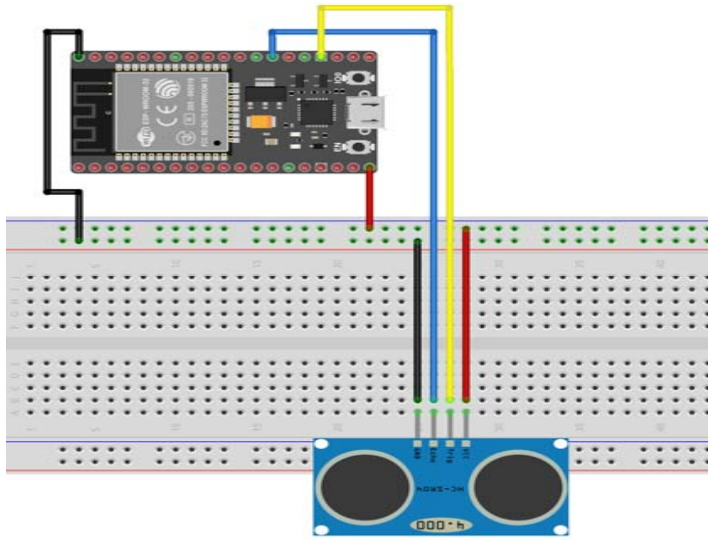
Capteur Ultrason: HC-SR04

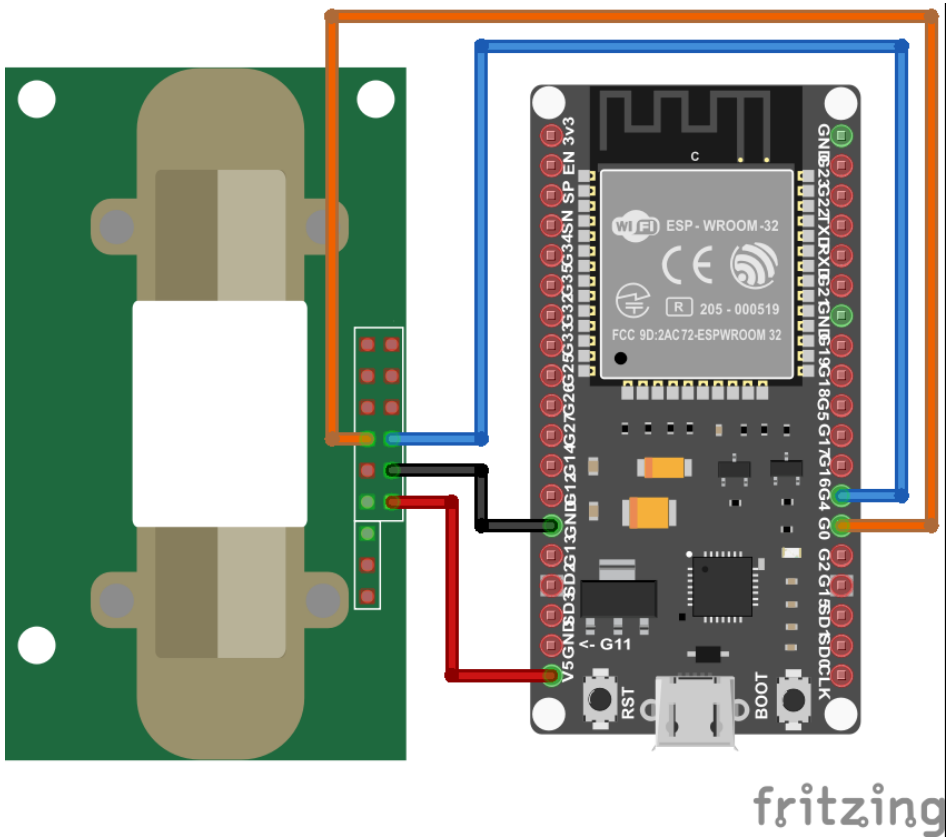
- Communication ESP32 <-> MH-Z19B via UART / PWM / Analog:
  - Trigger: Pin = 33
  - Echo: Pin = 32

- **Réaliser une tâche qui se déclenche sur un front montant d'interruption et affiche la distance de détection.**
- **Régler pour que détection se fasse à 50cm.**

Montages:


Last Minute
ENGINEERS.com




ESP - WROOM - 32
205 - 000519
FCC 9D:2AC72-ESPWROOM 32
RST
BOOT
fritzing

Projet:
Réalisation d'un capteur / afficheur de CO^2 - température – hygrométrie, sur détection de personnes

- Tester les capteurs individuellement.
- Utiliser l'ESP-32 OLED pour la température et l'humidité (Framework Arduino).
- Utiliser l'ESP32 pour le CO^2 et la détection ultrason (Framework IdF).
- Faire communiquer les 2 ESP (communication par RS232 : Pins 26 - 27).
- Déclencher par détection de présence (HC – SR04).
- Mettre en œuvre le modèle Producteurs Multiples (CO^2/ Temp/Hum) – Consommateur unique (Affichage).
- Utiliser « à bon escient » les outils d'exclusion mutuelle et de synchronisation.
- Rédiger un CR détaillant les tâches et leur liens (avec modèle SART).
- Déposer le projet sur Arche.
- *Options : mettre en place un serveur web pour afficher les données.*

Projet:
Réalisation d'un capteur / afficheur de CO^2 - température – hygrométrie, sur détection de personnes