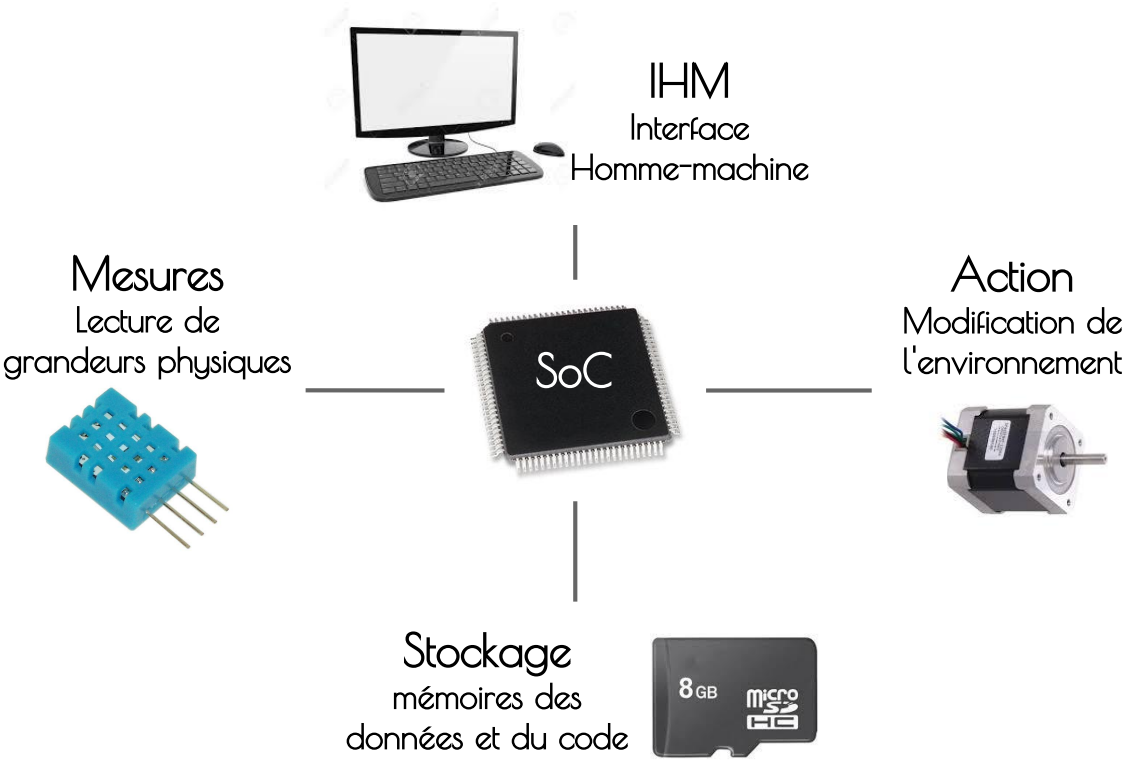
Ports série

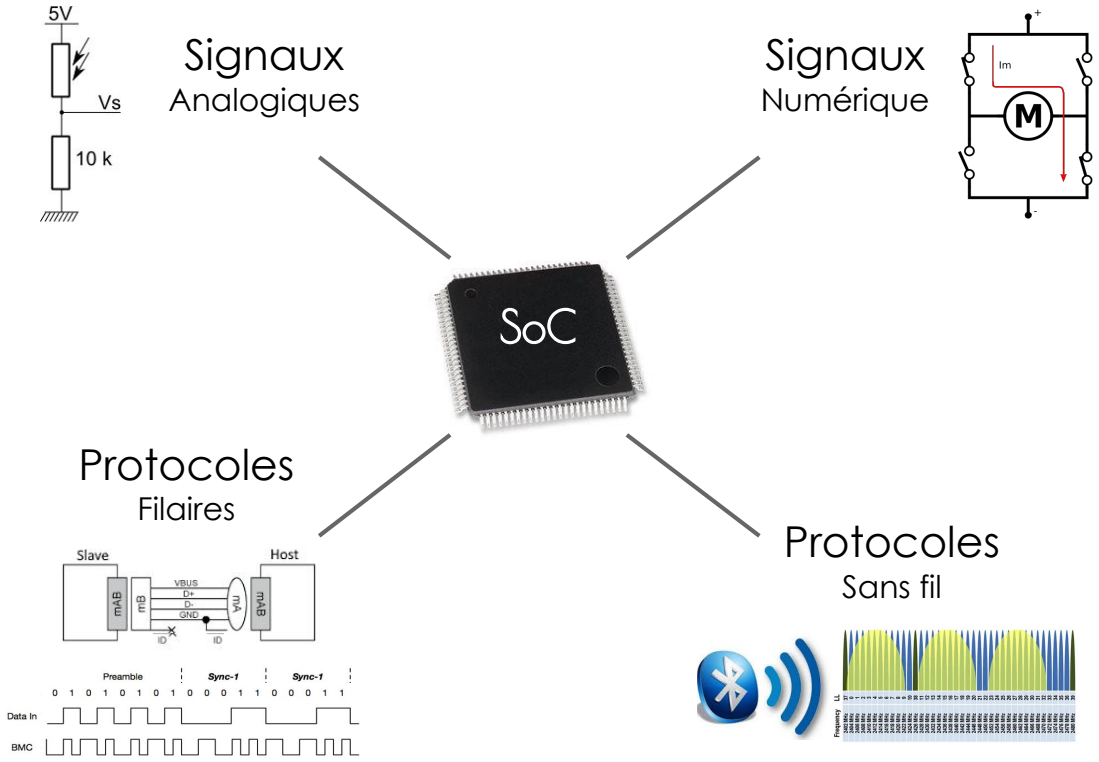
Module IOC — MU4IN109

Franck Wajsbürt

Périphériques

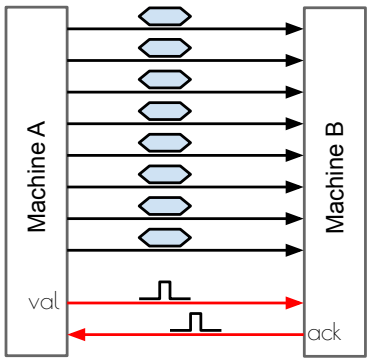


Interfaces



Différence : Série / Parallèle

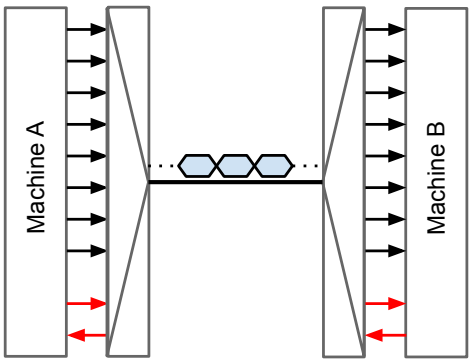
Transmission parallèle



Les bits sont envoyés en parallèle
les caractères sont envoyés en série.

a priori plus simple, mais tous les signaux doivent arriver en même temps, c'est donc cher et difficile pour les grandes distances à haute fréquence.

Transmission série

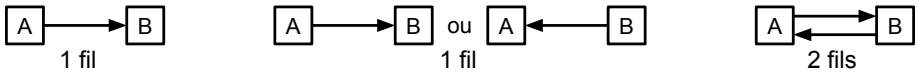


Les bits de chaque caractères sont envoyés en série.

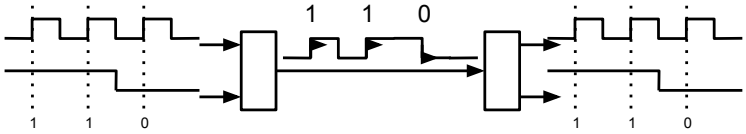
nécessite un sérialiseur/désérialiseur, mais tous les bits arrivent dans l'ordre cela semble plus long, mais on peut augmenter la fréquence.

Points technologiques

- **Half duplex ou Full duplex**
  - transit dans un sens, les deux sens séparément ou en même temps.

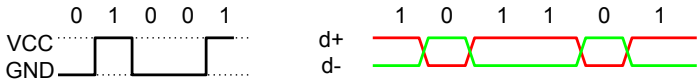


- **Horloge et Data mélangés ou séparés**
  - 1 même fil pour les données et l'horloge, ou 2 fils.

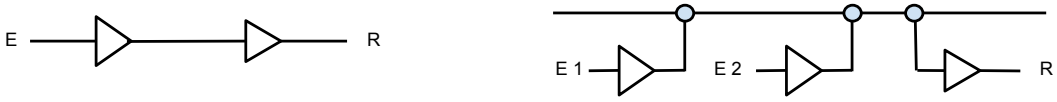


(ici codage Manchester)

- **Signal différentiel ou simple**
  - une donnée utilise 2 fils de valeurs opposées ou 1 seul valant 0 ou 1.



- **Signal point-à-point ou bussé**
  - 1 seul pilote par fil ou plusieurs pilotes par fil



Caractéristiques de ports série

- **RS232**
  - full duplex,
  - pas de signal d'horloge
  - 2 data (3 fils mininum : RX, TX, GND),
  - signal non différentiel
  - point à point
  - de 75 bits/s à 115 kb/s

- **SPI**
  - full duplex,
  - horloge et data séparés (4 fils mininum : SCLK, MISO, MOSI, SS)
  - signal non différentiel
  - point à point
  - adhoc jusqu'à 100Mb/s

- **I2C ls / hs**
  - half duplex
  - horloge et data séparé (3 fils : SDA, SCL, GND),
  - signal non différentiel,
  - bussé
  - 100 kb/s à 3.4 Mb/s

- **USB 1 / 2 / 3**
  - half duplex
  - horloge et data mélangé (4 fils : VBUS, D+, D-, GND),
  - signal différentiel
  - point-à-point
  - de 1.5 Mb/s à 5 Gb/s

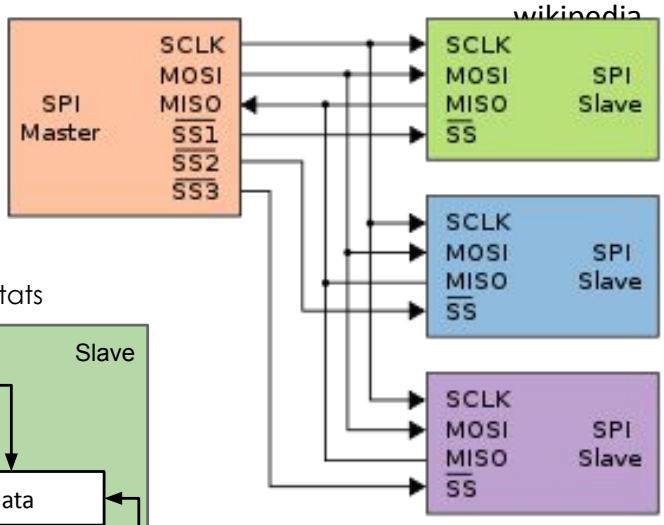
La vitesse est gagnée au prix de la complexité des protocoles et du matériel

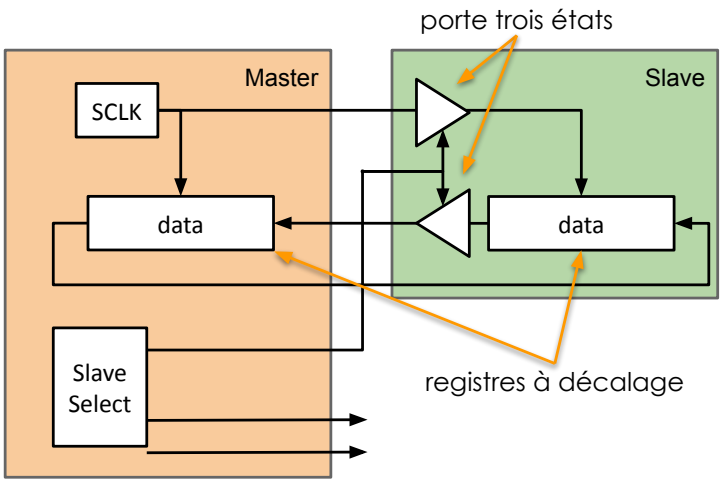
SPI

Protocole SPI

SPI : Serial Peripheral Interface

- protocole très simple
- full duplex
- 1 maître - N esclaves
  - le maître choisit l'esclave
  - le maître impose l'horloge



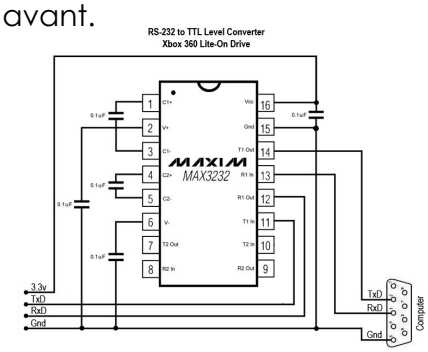


- débit variable → 100Mb/s
- data variable 8 à n bits
- pas de contrôle d'intégrité

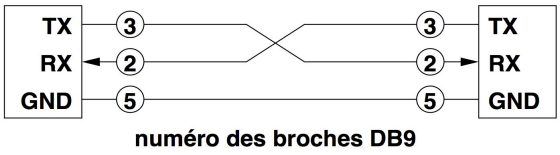
RS232

RS232

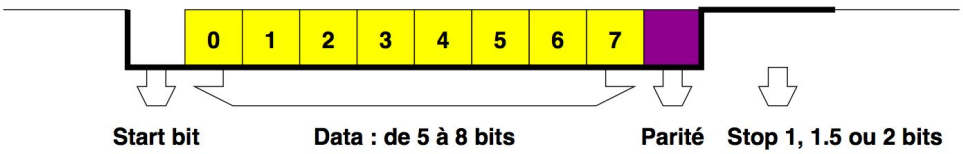
- Protocole **simple faible débit**, très diffusé, datant des années 60
- **Pas d'horloge**: l'émetteur et le récepteur s'entendent avant.
- Protocole *handshake* optionnel : CTS, RTS, ...
- Liaison **point-à-point,** pas de notion d'adresse.
- Trame de données de **5 à 8 bits** avec parité.
- La **parité est optionnelle**:
  parité **paire**: le nombre de 1 de la donnée
  et du bit de parité doit être pair
  parité **impaire**: c'est le contraire



- RS232 prévoit plusieurs types de câblages:
  le câblage null-modem définit la communication entre 2 terminals
- au **minimum 3 fils : TX, RX et GND**
- on peut avoir besoin d'un convertisseur de niveaux électriques :
  - 0 logique : +8 à +12V
  - 1 logique : -8 à -12V



numéro des broches DB9

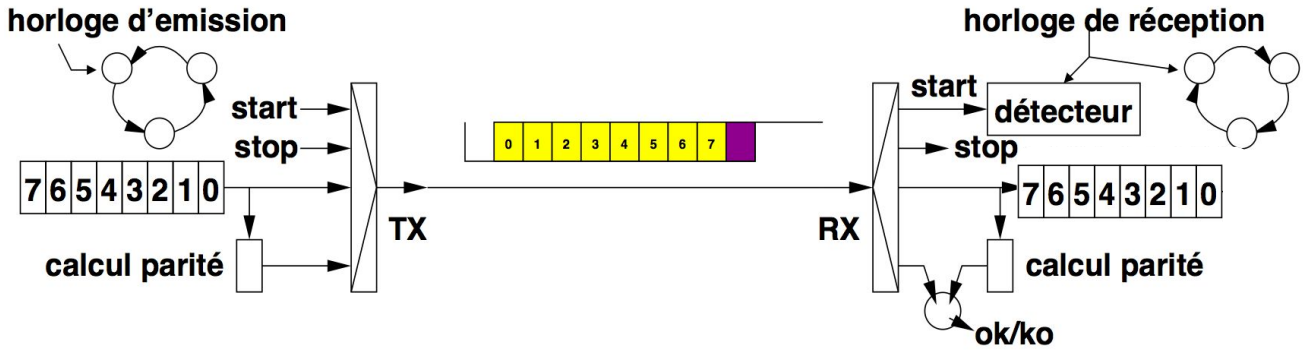


RS232 Schéma de principe

Émetteur — La donnée est mise dans un registre à décalage
— Un automate vide ce registre en commençant par le bit 0

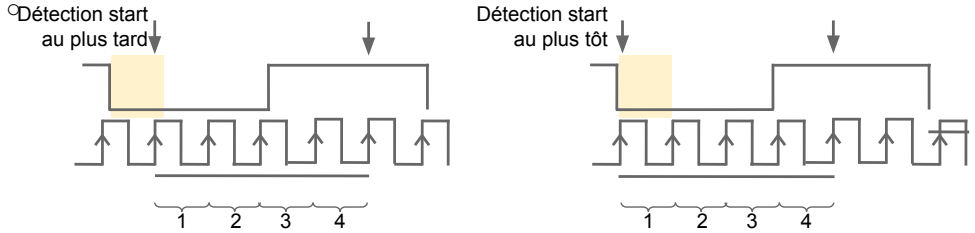
Récepteur — La trame est lue par un automate qui remplit un registre à décalage
— L'horloge de réception sur-échantillonne RX pour détecter le bit start
— Le récepteur recalcule la parité et la compare à celle reçue

Parité — Un bit supplémentaire signe la donnée
— parité paire : le nombre de bit à 1 de la donnée est rendu pair grâce au bit de parité.
— parité impaire : c'est le contraire

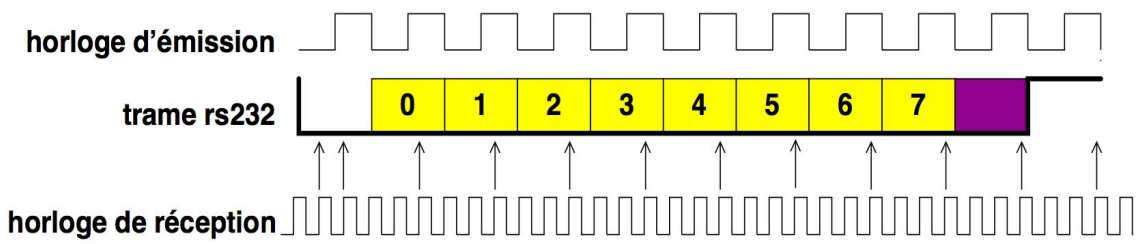


RS232 Synchro émetteur/récepteur

- L'émetteur transmet à une fréquence standardisée (1200, 2400, 4800,...)
- Le **récepteur connaît cette fréquence** et **sur-échantillonne** pour repérer le bit **start**
  - Si la fréquence d'échantillonnage est 3 fois la fréquence d'émission → 1 bits = 3 périodes
  - Lorsqu'on lit 0, on est **nécessairement** dans le **premier tiers du start**
  - L'échantillon suivant est le bit 0, il est pris "**1.5 bit**" plus tard → c'est à 4 périodes plus tard
  - Les bits de la trame sont alors lu toutes les 3 périodes



- Le récepteur a même une petite marge d'erreur autorisée sur la fréquence d'échantillonnage parce que la trame est courte.



I2C

I2C caractéristiques principales

- I2C = IIC = Inter Integrated Circuit
- Protocole défini dans les années 80 par Philips.
- Protocole simple et très diffusé.
- Jusqu'à 128 abonnés (version de base) communiquent sur 3 fils :
  - SCL (horloge) ,
  - SDA (data) ,
  - GND (tension de référence).
- Abonnés Plug and Play acceptant le Hot Plug (branchement à chaud).
- Bus multi-maitres, tout abonné peut devenir maître du bus.
- Arbitrage décentralisé.
- débit de 100Kbauds à 3.4Mbauds.
- Adaptation du débit en fonction de l'abonné.
- Permet la communication entre différentes technologies (5 et 3.3V).

I2C Glossaire

abonné → tout élément connecté sur le bus.

émetteur → tout abonné qui envoie des données sur SDA.

récepteur → tout abonné qui reçoit des données de SDA.

maître → tout abonné qui démarre et termine un échange.
— C'est le maître place l'horloge sur SCL.

esclave → tout abonné adressé par un maître.
— Un esclave à la possibilité de ralentir l'horloge du maitre.

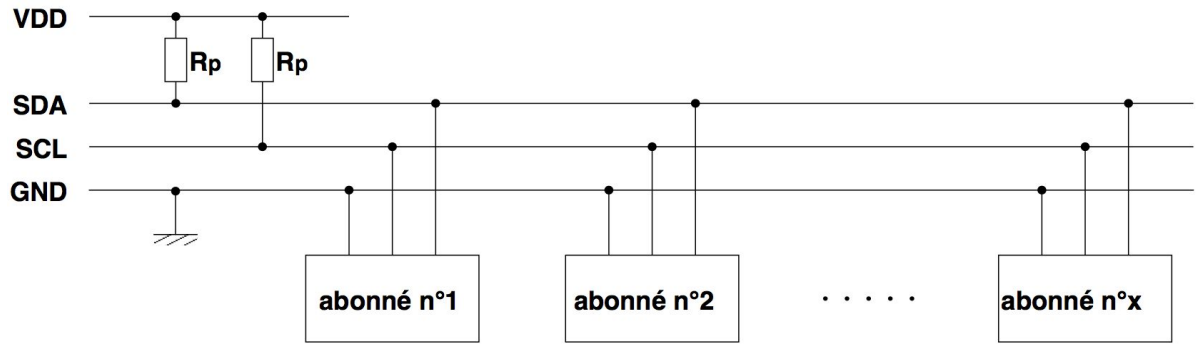
adresse → numéro attribué à un esclave.
— Sur le bus tous les esclaves ont une adresse unique.

échange → dialogue entre un maitre et un esclave.
— commence par une adresse émise par le maitre, suivie d'une ou plusieurs données émises par le maitre ou l'esclave.
— Un maitre peut chainer plusieurs échanges d'affilé.

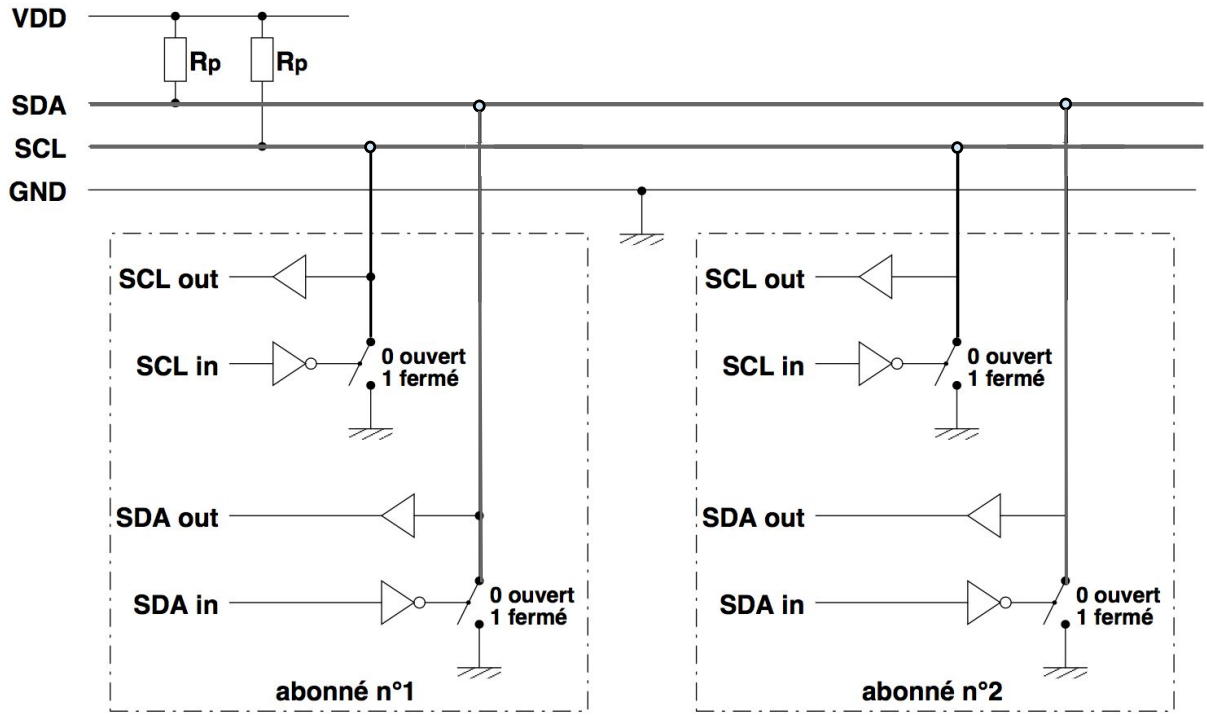
arbitrage → résolution du conflit d'un accès simultané par 2 maîtres.

I2C câblage

- Les lignes SCL et SDA sont à VDD si aucun abonné ne parle.
- Pour mettre 1 sur SCL ou SDA, un abonné programme le port en entrée, la résistance Rp se charge de tirer la ligne à 1
- Pour mettre 0 sur SCL ou SDA, un abonné doit écrire un 0, c.-à-d. relier la ligne à la masse.
- Il ne peut jamais y avoir de conflit électrique (court-circuit VDD-GND).



I2C schéma de principe



I2C principe d'un échange

Le maître :

- émet une condition de démarrage
- envoie une adresse sur 7 bits
- envoie la commande r/w
- lit l'accusé et stoppe si NACK
- pour une écriture, il boucle sur
  - envoie les 8 bits de donnée
  - lit l'accusé et stoppe si NACK
- pour une lecture, il boucle sur
  - lit les 8 bits de donnée
  - émet ACK, ou NACK pour stopper
- émet une condition de stop

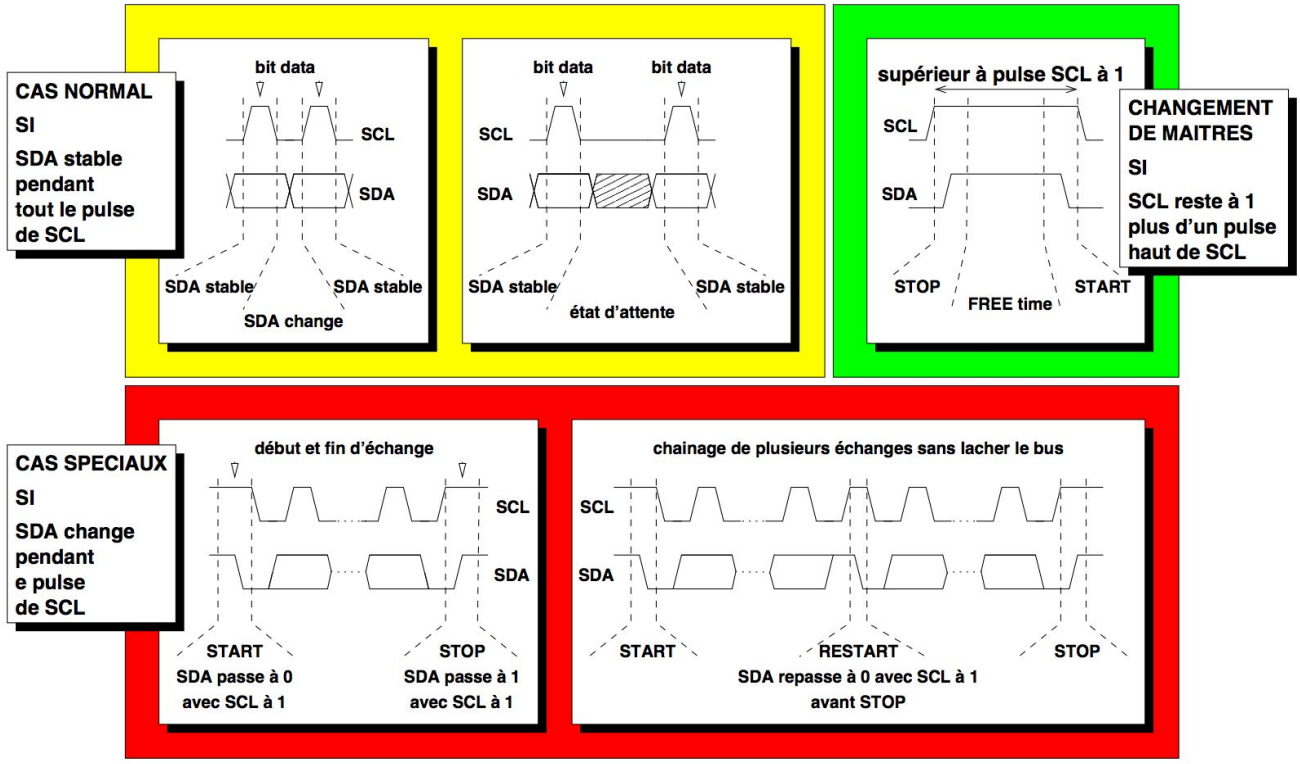
L'esclave :

- attend une condition de démarrage
- lit l'adresse sur 7 bits
- lit la commande r/w
- émet ACK si concerné
- pour une écriture, il boucle sur
  - lit les 8 bits de donnée
  - met ACK ou NACK pour arrêter
- pour une lecture, il boucle sur
  - écrit les 8 bits de donnée
  - lit l'accusé et stoppe si NACK

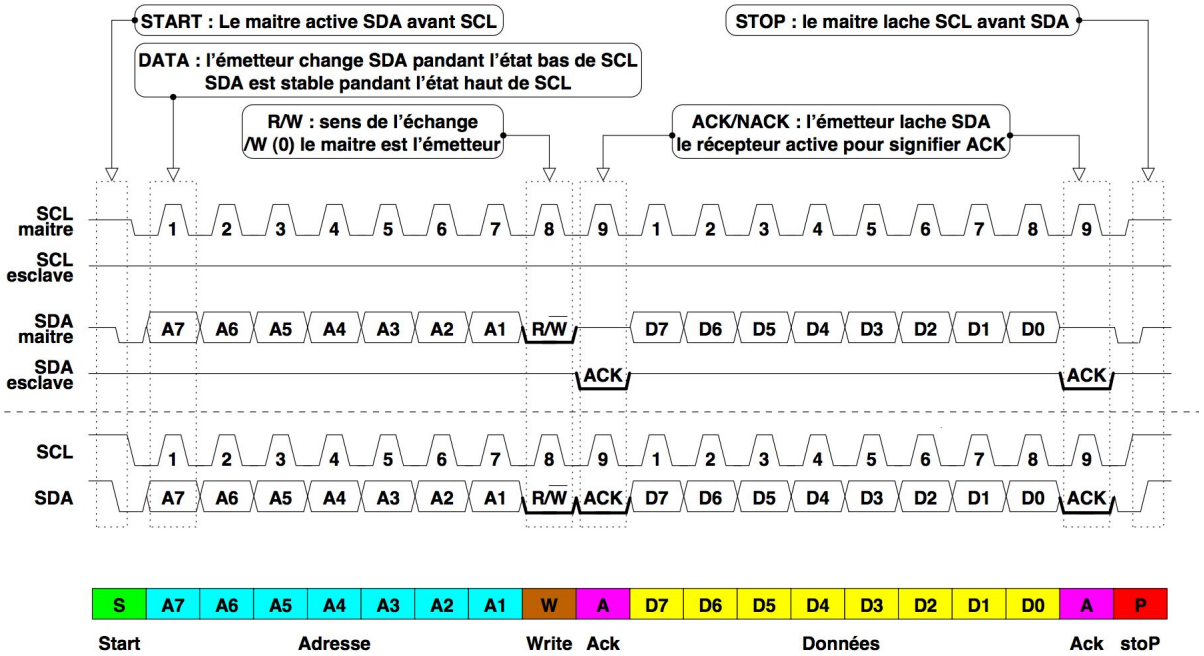
Le maitre et l'esclave peuvent **ralentir l'échange** en jouant sur SCL

- C'est le maître qui pilote l'horloge SCL en la mettant à 0 et à 1
- Si l'esclave force l'horloge à 0, le maitre ne peut plus la mettre à 1
  Le maître comprend qu'il doit attendre que l'esclave "relâche" l'horloge

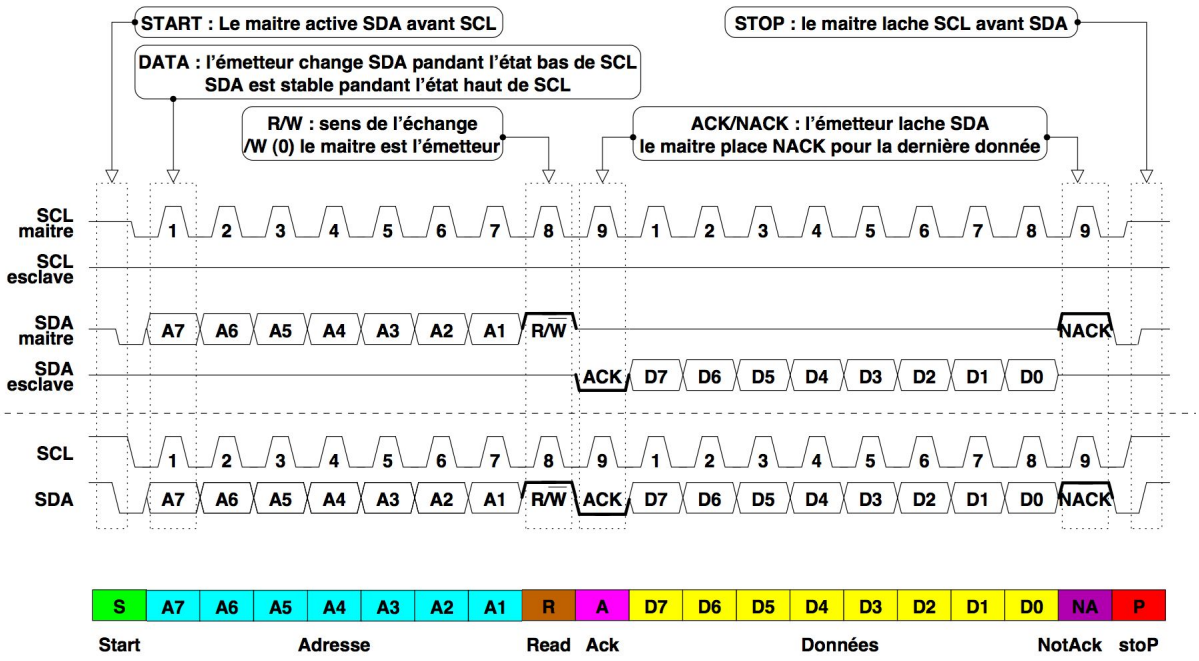
Etat des lignes SDA et SCL



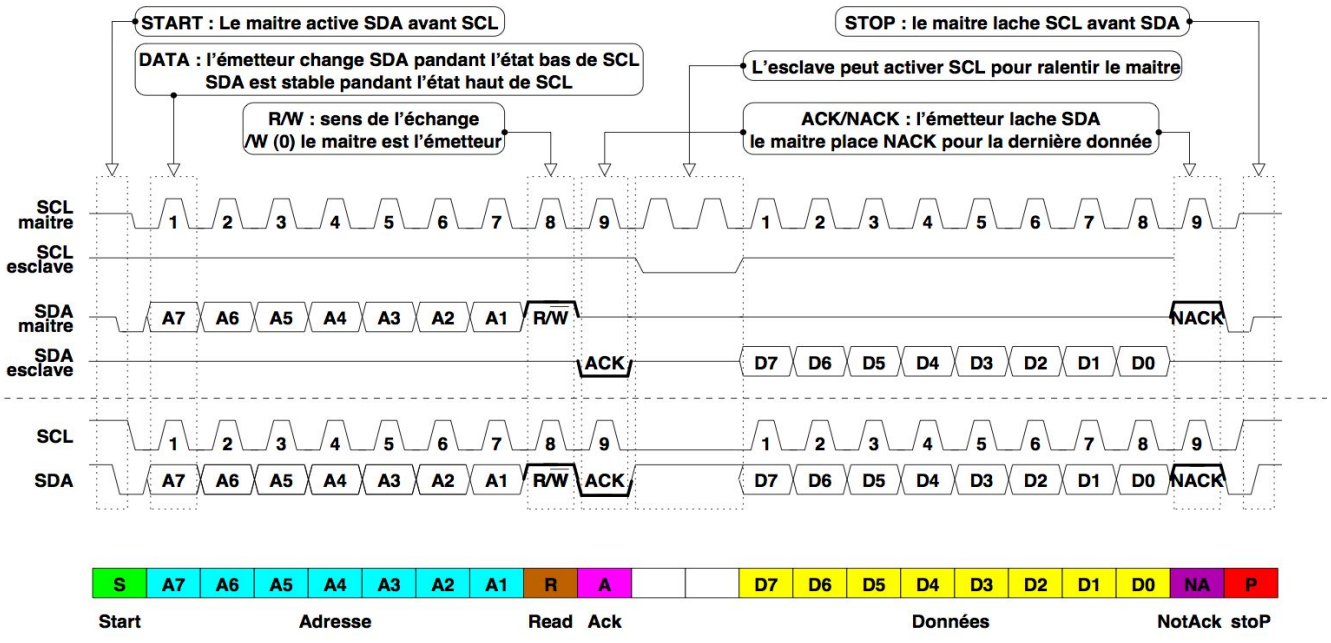
I2C trame de base : écriture d'un octet



I2C trame de base : lecture d'un octet

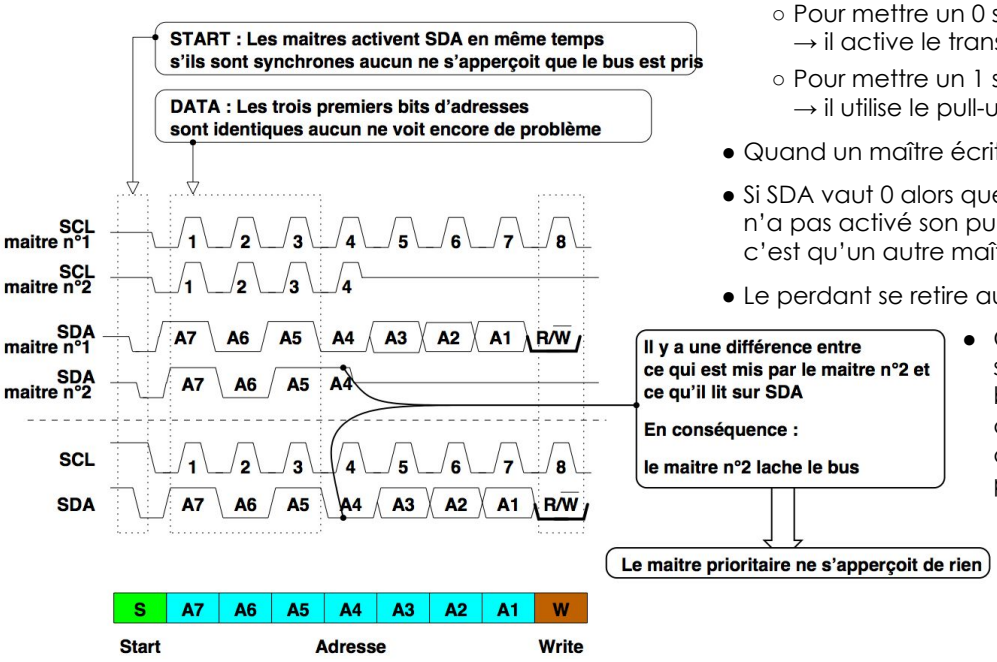


I2C trame de base : état d'attente



Arbitrage entre maîtres

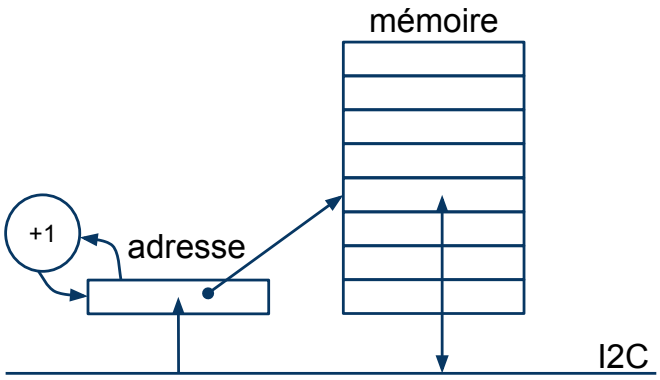
Si deux maîtres tentent de démarrer un échange simultanément :
→ **le premier qui dit 1 sur SDA a perdu.@**



- Quand un maitre adresse un esclave, il place l'adresse de celui-ci sur SDA.
  - Pour mettre un 0 sur SDA, → il active le transistor de pull-down
  - Pour mettre un 1 sur SDA, → il utilise le pull-up de la ligne.
- Quand un maître écrit sur SDA, il vérifie SDA
- Si SDA vaut 0 alors que le maître n'a pas activé son pull-down alors c'est qu'un autre maître communique aussi
- Le perdant se retire aussitôt
- Comme les adresses sont données avec les bits de poids fort d'abord, les adresses d'esclaves les plus petites sont prioritaires

I2C écriture d'une mémoire

- Un abonné I2C dispose d'une adresse sur le bus (numéro d'abonné)
- Dans le cas général un abonné contient de la mémoire adressable.
- La manière de lire ou d'écrire la mémoire interne d'un abonné est propre à l'abonné
- Le principe général est le suivant



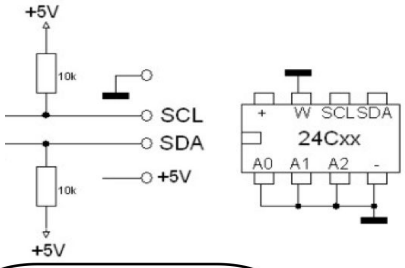
<u>Pour une écriture</u>

- la première écriture est faîte dans un registre d'adresse
- Les écritures suivantes sont faîtes dans la mémoire aux adresses pointées par le registre d'adresse avec auto incrément *ou pas*

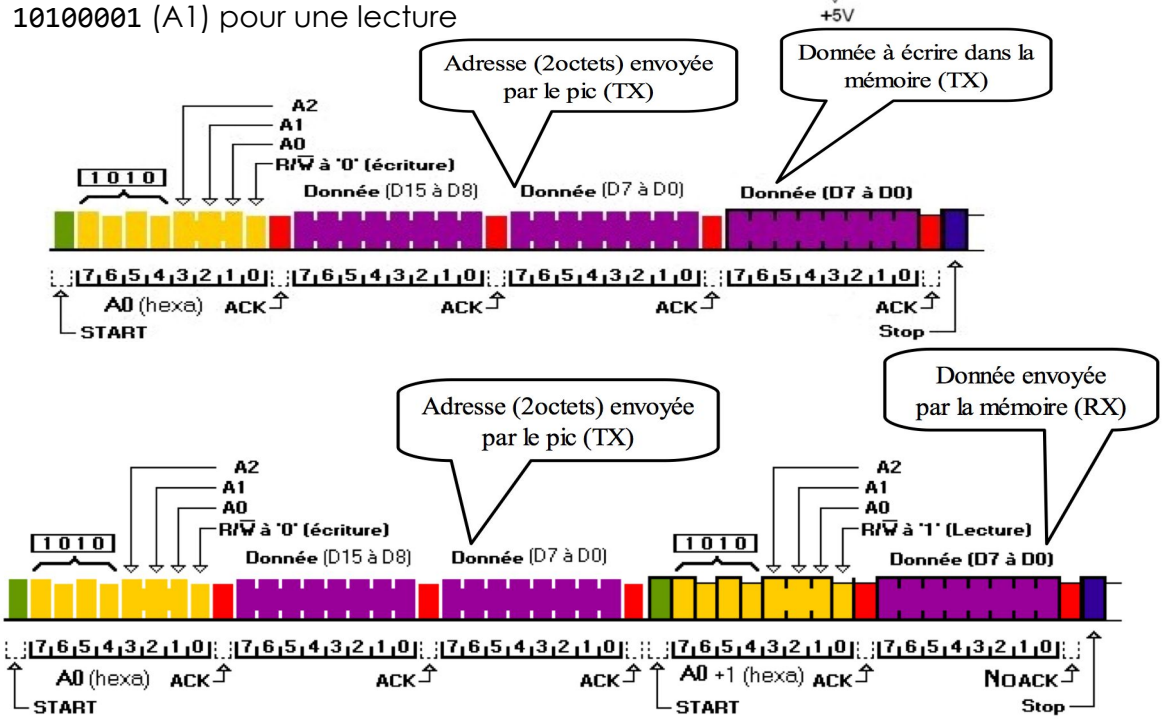
<u>Pour une lecture</u>

- on commence par faire une écriture ... forcément l'adresse
- on fait ensuite des lectures qui lisent forcément la mémoire, et donc pas le registre d'adresse, avec auto incrément *ou pas*

Exemple 1 : Mémoire 24Cxx



Mémoire flash de 32kb 4ko
`A[2:0] = 000` => répond à l'adresse
- `10100000` (A0) pour une écriture
- `10100001` (A1) pour une lecture

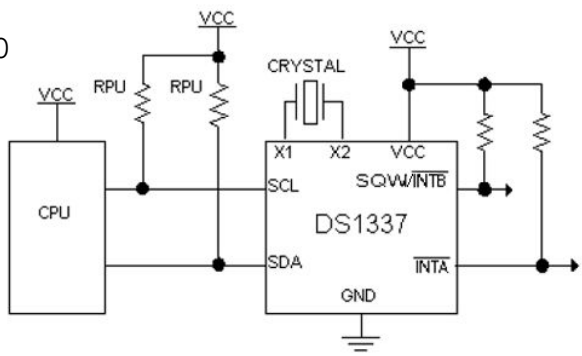


Exemple 2 : Horloge temps réel ds1337

The DS1337 serial real-time clock is a low-power clock/calendar with two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output. Address and data are transferred serially through an I²C bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator.

The device is fully accessible through the serial interface while VCC is between 1.8V and 5.5V.Timekeeping operation is maintained with VCC as low as 1.3V.

Key Features
- Real-Time Clock (RTC) Counts Seconds, Minutes, Hours, Day, Date, Month, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
- I²C Serial Interface
- Two Time-of-Day Alarms
- Oscillator Stop Flag
- Programmable Square-Wave Output Defaults to 32kHz on Power-Up
- Available in 8-Pin DIP, SO, or µSOP
- -40°C to +85°C Operating Temperature Range



Exemple 2 : Horloge temps réel ds1337

Table 2. Timekeeper Registers

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00H	0	10 Seconds			Seconds				Seconds	00–59
01H	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00–59
02H	0	12/$\overline{24}$	$\overline{AM}$/PM 10 Hour	10 Hour	Hour				Hours	1–12 +AM/PM 00–23
03H	0	0	0	0	0	Day			Day	1–7
04H	0	0	10 Date		Date				Date	01–31
05H	Century	0	0	10 Month	Month				Month/ Century	01–12 + Century
06H	10 Year				Year				Year	00–99
07H	A1M1	10 Seconds			Seconds				Alarm 1 Seconds	00–59
08H	A1M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 1 Minutes	00–59
09H	A1M3	12/$\overline{24}$	$\overline{AM}$/PM 10 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 1 Hours	1–12 + AM/PM 00–23
0AH	A1M4	DY/$\overline{DT}$	10 Date		Day				Alarm 1 Day	1–7
					Date				Alarm 1 Date	01–31
0BH	A2M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 2 Minutes	00–59
0CH	A2M3	12/$\overline{24}$	$\overline{AM}$/PM 10 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 2 Hours	1–12 + AM/PM 00–23
0DH	A2M4	DY/$\overline{DT}$	10 Date		Day				Alarm 2 Day	1–7
					Date				Alarm 2 Date	01–31
0EH	$\overline{EOSC}$	0	0	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE	Control	—
0FH	OSF	0	0	0	0	0	A2F	A1F	Status	—

***Note:** Unless otherwise specified, the state of the registers is not defined when power is first applied or V_{CC} falls below the V_{OSC}.*

Exemple 2 : Horloge temps réel ds1337

Figure 3. Data Write—Slave Receiver Mode

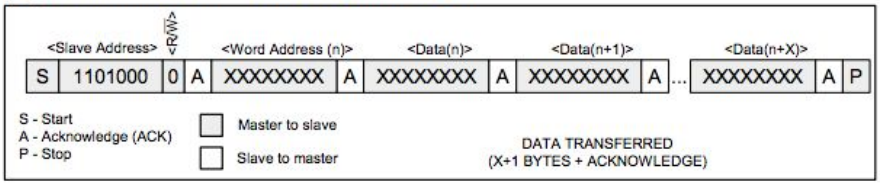


Figure 4. Data Read (from Current Pointer Location)—Slave Transmitter Mode

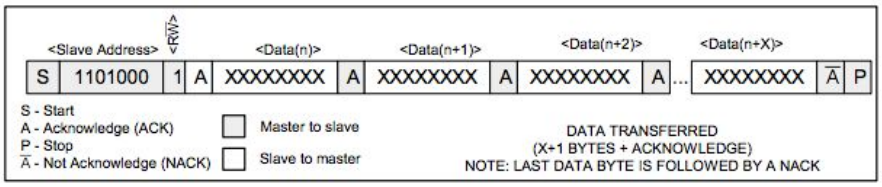
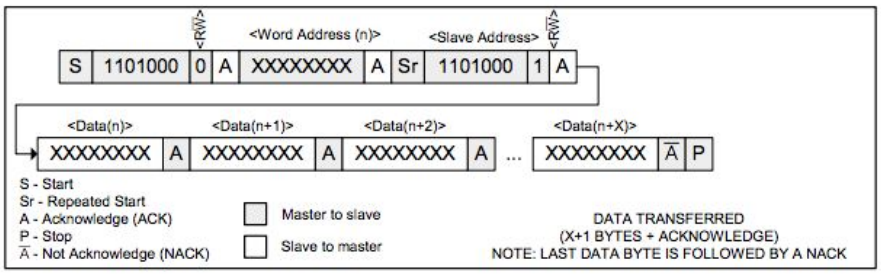


Figure 5. Data Read (Write Pointer, Then Read)—Slave Receive and Transmit



API Arduino

RS232 Arduino : serial library

Arduino nano a 1 seul port serial, l'ESP32 a 3 ports

- **serial.begin**(speed[,config]) → speed: 300..9600..115200, config: SERIAL_8N1
- **serial.end**() → ferme la connexion
- **serial.available**() → rend le nombre de char en attente (jusqu'à 64)
- **serial.read**() → retire et rend le caractère en attente ou -1
- **serial.peek**() → rend le caractère en attente ou -1
- **serial.flush**() → vide le buffer en sorties
- **serial.print**(var[,base | frac]) → imprime la variable (int, char, string)
  base : BIN, OCT, DEC, HEX
  frac : nombre de chiffres après la virgule
- **serial.println**() → comme print + '\n' (ascii 10)
- **serial.write**(val) → val entier ou string rend le nombre de char écrits
- **serial.write**(buf, len) → buf pointeur, len size
- **serialEvent**() → appelée quand il y a une donnée présente

I2C Arduino : Wire Library

Pins

- UNO A4 (SDA), A5 (SCL)
- Mega2560 20 (SDA), 21 (SCL)
- ESP32 4(SDA)-15(SCL) et 21(SDA)-22(SCL)

} Le choix est imposé par le microcontrôleur

API

INITIALISATION

• begin()	initialise communication avec Arduino "maître"
• begin(address)	initialise communication avec Arduino "esclave"

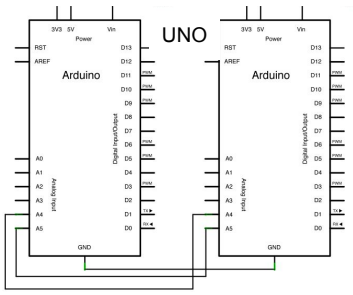
MODE MAÎTRE

• beginTransmission(address)	débute communication avec un esclave
• endTransmission()	envoi des données vers esclave, rend 0 si succès
• write(<value|string|pointer,size>)	écrit les données à envoyer vers esclave
• requestFrom(address, size)	demande de données à un esclave
• available()	rend le nombre d'octets disponibles après un requestFrom
• read()	lit l'octet reçu de l'esclave après un requestFrom

MODE ESCLAVE

• onReceive(function)	définit la fonction à la réception de données du maître
• onRequest(function)	définit la fonction à appeler sur requête du maître
• write()	envoie les données vers le maître après requête
• available()	test si données dispo. en venant du maître (cf. onReceive)
• read()	lit données en provenance maître

Exemple 1 : http://arduino.cc/en/Tutorial/MasterWriter



Master Writer Code - Program for Arduino 1

```
#include <Wire.h>

void setup()
{
  Wire.begin(); // join i2c bus (address optional for master)
}

byte x = 0;

void loop()
{
  Wire.beginTransmission(4); // transmit to device #4
  Wire.write("x is ");        // sends five bytes
  Wire.write(x);              // sends one byte
  Wire.endTransmission();    // stop transmitting

  x++;
  delay(500);
}
```

```
#include <Wire.h>

void setup()
{
  Wire.begin(4);                // join i2c bus with address #4
  Wire.onReceive(receiveEvent); // register event
  Serial.begin(9600);           // start serial for output
}

void loop()
{
  delay(100);
}

// function that executes whenever data is received from master
// this function is registered as an event, see setup()
void receiveEvent(int howMany)
{
  while(1 < Wire.available()) // loop through all but the last
  {
    char c = Wire.read(); // receive byte as a character
    Serial.print(c);         // print the character
  }
  int x = Wire.read();    // receive byte as an integer
  Serial.println(x);         // print the integer
}
```

Slave Receiver Code - Program for Arduino 2

```
// by Nicholas Zambetti <http://www.zambetti.com>
```