

Laborator 6

Protocolul I2C

Secțiuni laborator:

- [Prezentare interfață de comunicație I2C](#)
- [De ce I2C?](#)
- [De ce nu USART/UART?](#)
- [De ce nu SPI?](#)
- [Avantajele I2C](#)
- [Utilizarea senzorului de temperatură TMP102](#)
- [Schema de interconectare a dispozitivelor cu placa NucleoF103](#)

Prezentare interfață de comunicație I2C

Magistrala I2C (IIC – Inter Integrated Circuit) este o magistrală serială cu două fire (TWI - TWO WIRE INTERFACE) care transportă informația între dispozitivele conectate. Cele două linii sunt SDA (Serial Data Line) și SCL (Serial Clock Line).

Linia **SDA** este linia pe care se transmit pachetele de date și comenzi. Linia **SCL** este linia pe care se transmite semnalul de ceas. Întrucât aceasta este o interfață de comunicație sincronă, linia de ceas este necesară pentru sincronizarea ceasurilor între dispozitivele legate la aceasta.

Datorită faptului că nu se pot trimite în ambele sensuri informații în același timp (numai un fir de date) aceasta este interfață de comunicație **half-duplex**.

Fiecare dispozitiv conectat la magistrală este identificat printr-o **adresă unică** (fie că este microcontroler, driver LCD, memorie sau driver tastatură) și poate funcționa ca transmițător sau receptor alternativ. Dispozitivele pot fi considerate de asemenea și **master / slave**. Master este un dispozitiv ce inițiază un transfer de date pe magistrală și tot el încheie transferul. În acel moment, toate celelalte dispozitive sunt considerate slave. Slave este un dispozitiv care primește o comandă de la master și răspunde la această comandă. De obicei sunt mai multe dispozitive slave conectate la magistrală, dar în mod normal este un singur master. Pot exista mai multe dispozitive master, magistrala I2C fiind de tip multi-master. În general, microcontrolerul este master și perifericele sunt slave, dar, uneori, anumite dispozitive, ca de exemplu memoriile, pot iniția transferuri ca dispozitive master. De asemenea, există posibilitatea de conectare a mai multe microcontrolere prin această magistrală, ceea ce implică configurarea unora ca master și a celorlalte ca slave. Deoarece pot apărea momente în care mai multe device-uri ce sunt configurate ca master să inițieze transferuri în același timp, s-a dezvoltat o procedură de arbitrare, astfel se asigură că numai un singur master va avea controlul la un anumit moment.

Generarea semnalului de ceas este responsabilitatea masterului. Fiecare master generează propriul semnal de ceas atunci când se transferă date pe magistrală.

Frecvențele de comunicație ce pot fi atinse pe această magistrală depind de configurarea dispozitivelor. Astfel se poate realiza comunicația la frecvențe de **100kHz (Standard)**, **400kHz (Fast)**, 3.4MHz (High-speed mode – versiunea 2.0) și chiar 5Mhz (Ultra Fast-mode – versiunea 4.0) .

Magistrala I2C se poate realiza în oricare din următoarele tehnologii: **NMOS**, **CMOS** sau **BIPOLARĂ**, prin urmare pe liniile de SDA și SCL se vor conecta **rezistențe de Pull-Up**, o rezistență conectată la VCC, în paralel cu pinul (linia) aflat în starea Not Connected. Acest tip de rezistență poartă numele de Rezistență de Pull – UP deoarece „ridică” nivelul logic la 1.

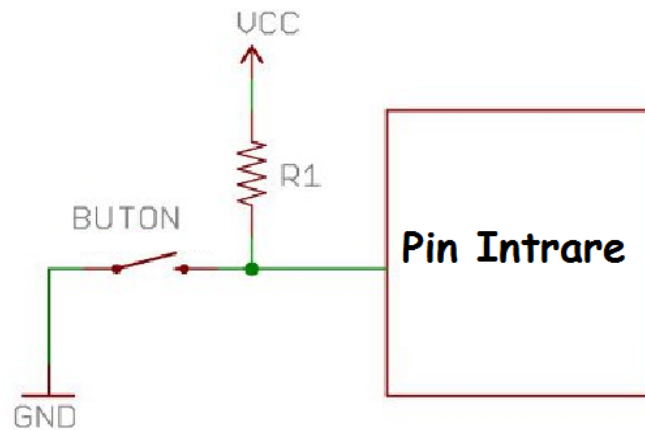


Figura 1. Rezistență de pull-up

De ce I2C?

De ce nu USART/UART?

Comunicația **serială** ridică o primă problemă în ceea ce privește sincronizarea. Deoarece este o comunicație asincronă, cele două dispozitive trebuie să se înțeleagă în privința frecvenței la care se transmit datele (fie se transmite un bit de low la începutul fiecărui octet și se ține cont de durata acestuia, fie se setează baud-rate-ul la începutul comunicației, dacă cele două dispozitive au ceasul la aproximativ aceeași frecvență).

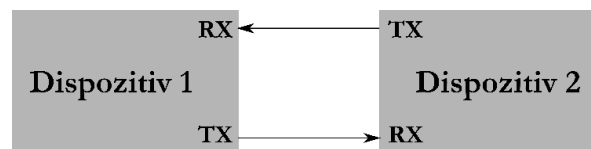


Figura 2. Conectarea dispozitivelor pentru comunicație serială.

De asemenea, deși se pot conecta mai multe dispozitive la același port serial, dacă ambele dispozitive încep să comunice în același timp, vor apărea probleme (garbage), astfel comunicația serială este potrivită numai între două dispozitive. Comunicația serială include pentru fiecare octet

de date trimis cel puțin doi biți de start și stop. Cu alte cuvinte, pentru 10 biți trimiși, doar 8 reprezintă datele efective, ceea ce afectează viteza de transmitere a datelor. O altă problemă cu comunicația serială o reprezintă frecvența cu care se trimit datele (Baud Rate). Cu toate că nu există o limită teoretică a acestei frecvențe, majoritatea dispozitivelor care suportă comunicație serială ating o frecvență maximă de 230400 biți pe secundă.

De ce nu SPI?

SPI (Serial Peripheral Interface) este o interfață pentru comunicația serială care operează în modul full duplex și permite conectarea mai multor dispozitive fiecare prin 4 linii, în felul următor: SCK (semnalul de ceas), MISO (master input slave output), MOSI (master output slave input), SS (slave select). Un singur dispozitiv presupune conectarea a 4 linii, iar adăugarea mai multor dispozitive presupune conectarea la master a unui pin de SS pentru fiecare. Astfel se pot conecta oricât de multe dispozitive, însă acest lucru presupune foarte multe conexiuni și pini ocupați de la master.

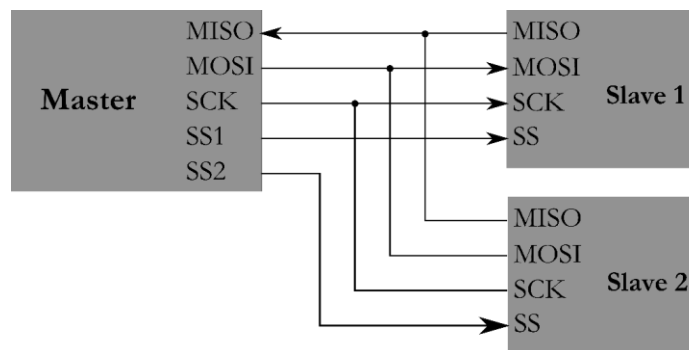


Figura 3. Conectarea dispozitivelor pentru SPI

Avantajele I2C

Comunicația prin I2C este mai complexă decât cele prezentate anterior, fiind necesar ca semnalele să respecte protocolul (majoritatea dispozitivelor au cipuri integrate care se ocupă de acest lucru, lăsând în grija utilizatorului doar transmiterea datelor). Folosind numai două linii, se pot lega mai multe dispozitive (în jur de 127, în cazul adreselor pe 7 biți), atât timp cât dispozitivele sunt identificate prin adrese unice (diferite). Valorile rezistențelor pot varia, cele mai uzuale valori

fiind de 1k8, 4k7, 10k ohm, dar de obicei se găsesc valori recomandate în foile de catalog ale produselor.

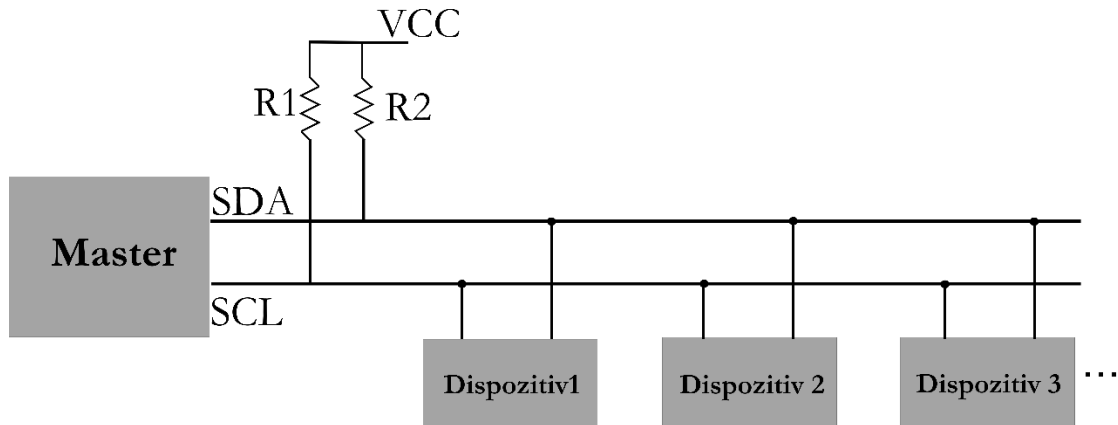


Figura 4. Conectarea dispozitivelor la magistralele de I2C.

Transferul de date începe întotdeauna cu o condiție de Start (masterul trage linia de SDA Low în timp ce SCL rămâne High) și se termină cu o condiție de Stop, acestea fiind singurele semnale în care linia de SDA se modifică în timp ce SCL rămâne High, ambele generate de master.

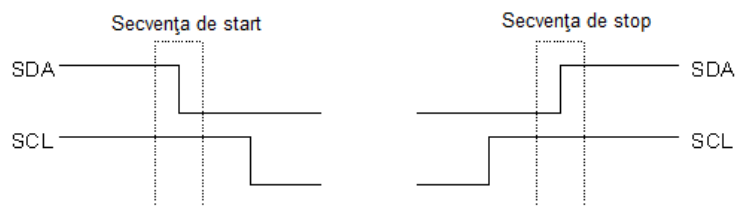


Figura 5. Condiții de Start și Stop

După condiția de Start, prima secvență care se transmite conține adresa dispozitivului slave cu care se dorește comunicarea, urmat de un bit R/W, în funcție de operația ce urmează a fi efectuată, 0 - citire sau 1 - scriere. Cu alte cuvinte, în cazul unei adrese pe 7 biți, aceasta se shiftază la stânga cu 1 și se completează cu bitul de R/W. De exemplu pentru dispozitivul cu adresa 0x21 (00100001) de la care se citește informație, se va trimite 0x42 (01000010).

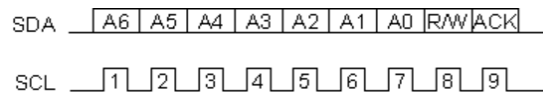


Figura 6. Secvența de trimitere a adresei

După trimiterea adresei, începe schimbul efectiv de date între master-ul și slave-ul selectat. Ordinea de transmitere a datelor și a adreselor se realizează începând cu MSB (Most Significant Bit). Masterul continuă să genereze semnalul de ceas, iar datele vor fi trimise pe linia de SDA, fie de master sau de slave, în funcție de bitul de R/W. Fiecare secvență/byte (fie de adresă, fie de date) este urmat de un bit de NACK/ACK (acknowledge).

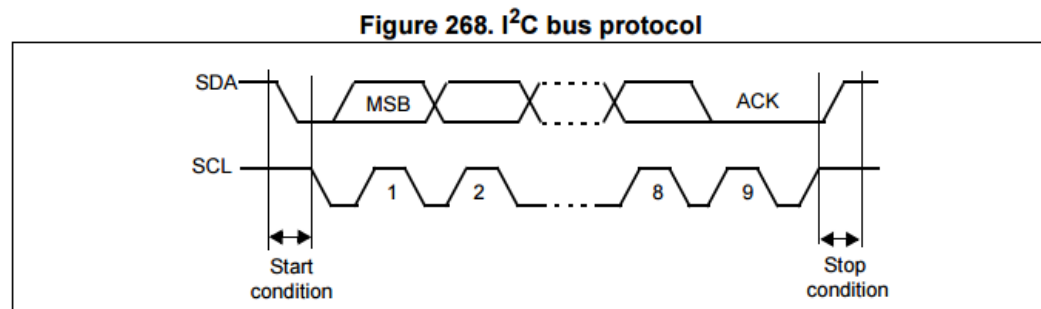


Figura 7. Protocolul IIC, Reference manual pag. 757.

Utilizarea senzorului de temperatură TMP102

TPM102 este un senzor de temperatură cu o ieșire compatibilă TWI (I2C). Rezoluția de citire a temperaturii este de 0.0625 grade Celsius și poate măsura temperaturi pe o plajă de la -40 la +145 grade Celsius.

Configurația pinilor este următoarea:

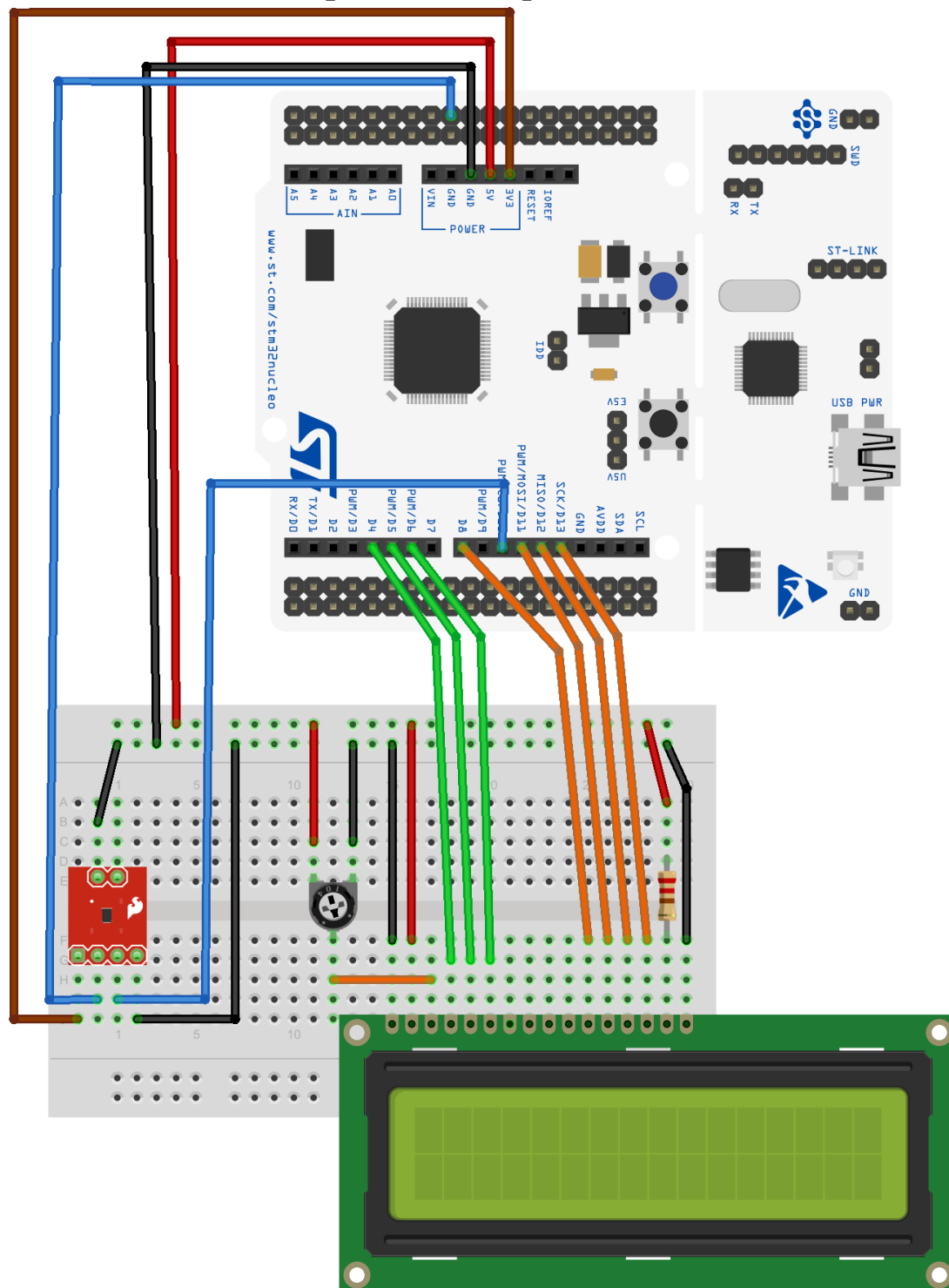
- V+ - alimentarea între 0.5 și 3.6 V – nominal 3.3V
- GND – legătura la masă
- SCL – legătură la interfața TWI, SCL (Serial Clock Line)
- SDA – legătură la interfața TWI, SDA (Serial Data Line)

- ALERT – pin pe care se poate configura o ieșire de tip treaptă pentru emiterea unei alerte la ieșirea dintr-un interval de temperatură TLOW și THIGH

- ADD0 – pin pentru configurarea adresei senzorul în protocolul TWI.

Se pot înseria 4 astfel de senzori pe magistrala de I2C. Pentru a se distinge adresa la care vor răspunde fiecare prin protocolul I2C, se va configura adresa fiecăruia cu ajutorul pinului ADD0. Dacă acest pin este legat la GND atunci senzorul răspunde la adresa 0x48 adică 72, dacă acesta este conectat la 3.3V, adresa la care răspunde senzorul este 0x49 adică 73. În cazul în care se realizează conexiunea pinului ADD0 la SDA senzorul va răspunde la adresa 0x4A adică 74. Ultima posibilitate este de conectare a pinului la SCL caz în care senzorul va răspunde la adresa 0x4B.

Schema de interconectare a dispozitivelor cu placa NucleoF103



Referințe:

1. <http://www.robot-electronics.co.uk/i2c-tutorial>
2. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tmp102.pdf>
3. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21462D.pdf>