

Laborator 8 – Utilizarea comunicației Bluetooth

1. Ce este Bluetooth?

Bluetooth este un protocol standardizat pentru comunicarea de date folosind frecvența radio de 2.4 GHz. Banda de 2.4 GHz nu necesită licență pentru operare, și este folosită și de alte protocoale de comunicare wireless, precum ZigBee sau WiFi. Deoarece tot mai multe dispozitive periferice devin wireless, nu suntem niciodată departe de tehnologia Bluetooth, pe care o găsim în telefoane, laptopuri, căști, difuzoare portabile, controllere pentru jocuri video, etc.



Fig. 1. Bluetooth: ideal pentru a arăta tuturor ce muzică îți place, pentru a controla roboței cu tableta sau telefonul mobil, sau pentru a copia la examen¹.

Rețelele Bluetooth (numite și piconet) folosesc un aranjament master/slave pentru a controla unde și când dispozitivele pot transmite date. Un dispozitiv master poate fi conectat la până la șapte dispozitive de tip slave, dar un dispozitiv de tip slave poate fi conectat la un singur master. Dispozitivul master coordonează comunicația în rețea, putând transmite date la orice slave, sau cerând date de la un slave. Dispozitivele slave pot să comunice doar cu dispozitivul master, nu și cu alte dispozitive slave din rețea.

1.1. Adrese și nume

Fiecare dispozitiv Bluetooth are o adresă unică de 48 de biți, numită și `BD_ADDR`. Această adresă este de obicei vizibilă sub forma unui număr de 12 cifre, în format hexazecimal. Primii 24 de biți identifică producătorul dispozitivului, iar ultimii 24 sunt adresa unică. Uneori putem găsi această adresă cu denumirea „MAC number”, sau „MAC address”.

Dispozitivele Bluetooth pot avea și un nume mai ușor de reținut. Dacă există acest nume, de obicei el este cel afișat pe ecranul dispozitivului master care este în procesul de căutare de dispozitive pentru a forma rețeaua. Numele pot avea o lungime de până la 248 de caractere, și mai multe dispozitive pot avea același nume. Acest lucru poate crea probleme într-un mediu de laborator, unde vor fi activate mai multe dispozitive Bluetooth în același timp, și de aceea ne-am asigurat că fiecare dispozitiv are un nume unic, de forma **PMP-BT-XX**, unde **XX** este un număr de două cifre, de la 01 la 15.

¹ Va rugăm să nu copiați la examen, pentru că veți fi prinși și veți fi sancționați conform regulamentului ECTS.





Dispozitive disponibile		
	PMP-BT-01	>
	44:6D:BE:65:10:37	>
	52:E3:E6:93:F1:C3	>
	4B:CF:00:44:BD:8D	>

Fig. 2. Dispozitive Bluetooth găsite accesând setările Bluetooth ale unui telefon mobil. Primul dispozitiv este identificat pe baza numelui său, iar celelalte pe baza adresei de 12 cifre hexazecimale. E posibil ca un dispozitiv să fie identificat prima dată de adresă, numele apărând mai târziu.

1.2. Clase de energie

Puterea de transmisie a unui modul Bluetooth este definită de clasa energetică. Există trei clase de energie:

Număr clasă	Putere maximă (mW)	Distanța maximă
Clasa 1	100 mW	100 m
Clasa 2	2.5 mW	10 m
Clasa 3	1 mW	10 cm

Unele module pot opera într-o singură clasă energetică, iar altele pot să își varieze puterea de transmisie.

1.3. Procesul de conectare

Conectarea a două dispozitive Bluetooth este un proces care necesită mai mulți pași:

1. Interogare (descoperire): dacă două dispozitive nu știu nimic unul despre celălalt, unul dintre ele va încerca să descopere existența celuilalt. Unul dintre dispozitive (de obicei laptop, telefon mobil sau tabletă) va transmite o cerere de descoperire, și orice dispozitiv care ascultă și e în zona activă va răspunde cu adresă, nume și alte informații. Adresele și numele din figura 2 sunt afișate în urma procesului de descoperire.

2. Împerechere: procesul de împerechere (pairing) se realizează o singură dată pentru o pereche de dispozitive, și implică autentificare, utilizatorul fiind solicitat pentru a valida conexiunea dintre cele două dispozitive. Uneori acest lucru necesită doar o apăsare de buton, alteori este nevoie de introducerea unui cod de 6 sau 4 cifre. Pentru dispozitivele Bluetooth folosite la laborator, codul PIN este 1234.

Când două dispozitive sunt împerecheate, ele își stochează reciproc adresele, numele și profilurile. De asemenea, ele vor partaja o cheie secretă care le va permite să se conecteze automat în viitor, și care va asigura securitatea transmisiunii de date.

3. Conexiune: după împerechere, se poate efectua conexiunea propriu zisă. În timpul conexiunii se pot transmite și recepționa date (modul Activ), sau se poate intra într-un mod de așteptare cu consum redus de energie.

2. Modulul Bluetooth HC-05

HC-05 este un modul ușor de folosit în proiectele cu Arduino. Configurarea lui implicită este în mod Slave, cu numele HC-05, și setările pentru interfața serială compatibile cu setările implicite ale Arduino (Baud Rate 9600, fără paritate, 8 biți de date, 1 bit de stop). Modulul poate fi comercializat în variantele cu 4 pini (VCC, GND, RX și TX), sau în varianta cu 6 pini, care permite configurarea și verificarea stării prin program.

Caracteristici tehnice:

- Tensiune alimentare: 3.6V - 6V
- Consum: 30mA
- Rază acoperire: max. 100m
- Folosește protocolul IEEE 802.15.1 standardizat
- Poate fi opera atât ca Master cât și Slave
- Baud Rate: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800

Pinii disponibili ai dispozitivului din laborator sunt:

1. EN (Uneori cu numele KEY): Dacă e conectat la nivel logic 1 înainte de a se alimenta modulul, acesta intră în modul de configurare (LED-ul clipește lent, o dată la 2 secunde). În acest mod modulul așteaptă comenzi de tip AT prin interfața serială, la un Baud Rate de 38400 biți pe secundă. **Pentru operare normală, lăsați acest pin neconectat!**
2. VCC: +5v – pin de alimentare, se conectează la Arduino la un pin de 5 V.
3. GND: pin de masă, se conectează la un pin GND al Arduino.
4. TXD: Pin de transmisie al interfeței seriale, se conectează la un RXn al Arduino (de exemplu la RX1, pentru lucrarea de față).
5. RXD: Pin de recepție al interfeței seriale, se conectează la un TXn al Arduino (de exemplu la TX1, pentru lucrarea de față).
6. STATE: spune dacă este conectat sau nu. Acest pin este conectat la LED-ul de pe modul. În funcție de modul în care clipește acest LED, modulul este în una din cele trei stări:
 - Clipire odată la 2 secunde: Modulul este în modul de configurare (de comandă).
 - Clipire rapidă: Modulul așteaptă conexiuni – **acest mod ar trebui să fie activ la pornirea sistemului.**
 - Clipire de două ori în 1 secundă: Conexiune stabilită, se pot transmite și recepționa date.

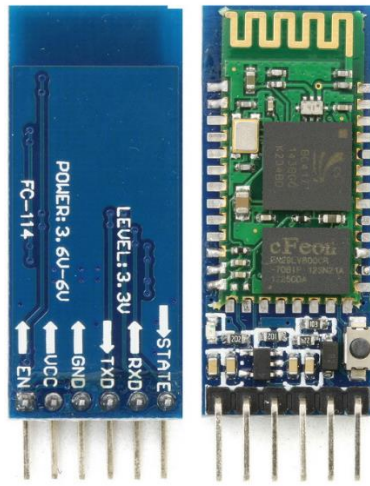


Fig. 3. Modulul HC-05 și pinii acestuia.

3. Conectarea modulului HC-05 la Arduino Mega

Pentru funcționarea în modul slave, ca interfață pentru transmisia de date, modulul va fi conectat ca în figura 4. Conectați pinii de alimentare la +5V și la VCC, iar pinii interfeței seriale la pinii RX1 și TX1, corespunzători interfeței seriale hardware **Serial1**. Pentru stabilitatea montajului, folosiți plăcuța BreadBoard, introducând pinii modulului în aceasta și făcând apoi conexiunile cu fire. **Dați atenție deosebită conexiunilor de alimentare: pinul VCC este imediat lângă pinul GND!**

După conectarea la Arduino Mega, la alimentarea modulului LED-ul de pe acesta ar trebui să înceapă să clipească în mod rapid, acest lucru însemnând că modulul așteaptă o conexiune. **Dacă nu se aprinde LED-ul, sau arată alt mod de lucru, deconectați sistemul și anunțați cadrul didactic!**

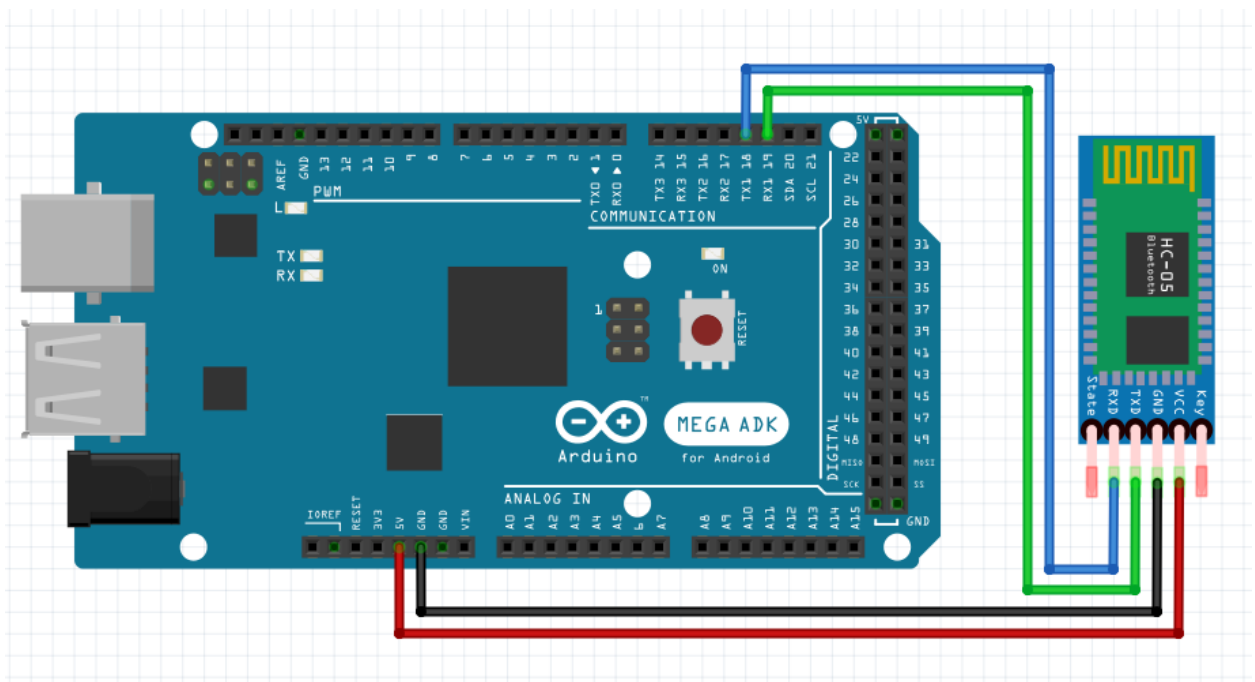


Fig. 4. Conectarea modulului HC-05 la Arduino Mega.

3.1. Programul Arduino pentru transmitere și vizualizare date

Următorul program va ilustra comunicarea bidirecțională între Arduino și Bluetooth, și între Arduino și PC. Compilați programul și programați placa Arduino Mega.

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);      // Interfata Serial 0, pentru PC
  Serial1.begin(9600);    // Interfata Serial 1, pentru Bluetooth
}

void loop()
{
  if (Serial1.available()) // Citire de pe Bluetooth, trimite la PC
    Serial.write(Serial1.read());
  if (Serial.available())  // Citire de la PC, trimite la Bluetooth
    Serial1.write(Serial.read());
}
```

În acest moment Arduino este pregătit să comunice în mod wireless cu un alt dispozitiv. Pentru ilustrarea acestei comunicații este nevoie de un telefon mobil, și de un program de tip terminal Bluetooth. Un astfel de program este Serial Bluetooth terminal, care se poate descărca din Google Play (referința 4).

3.2. Rularea exemplului

Parcurgeți următorii pași pentru a stabili o conexiune între Arduino și telefonul mobil:

1. Descărcați aplicația Serial Bluetooth Terminal, sau o altă aplicație echivalentă, pe telefonul mobil.
2. Conectați modulul Bluetooth la placa Arduino, conform instrucțiunilor de mai sus, și programați placa Arduino cu programul dat.
3. Activați funcția Bluetooth a telefonului dvs, și intrați în meniul de setări la secțiunea Bluetooth, pentru a descoperi dispozitivele disponibile.
4. Identificați numele dispozitivului dumneavoastră. Numele trebuie să fie de forma PMP-BT-XX, ultimele două cifre fiind corespunzătoare numărului scris cu markerul pe modul.
5. Inițiați operațiunea de pairing (împerechere) cu dispozitivul. Dacă vi se solicită un cod PIN, introduceți 1234.



Fig. 5. Pairing.

6. Porniți aplicația terminal pe telefonul mobil. Din meniul aplicației, selectați “Devices”, și apoi alegeți dispozitivul dumneavoastră. În acest moment se va stabili conexiunea.

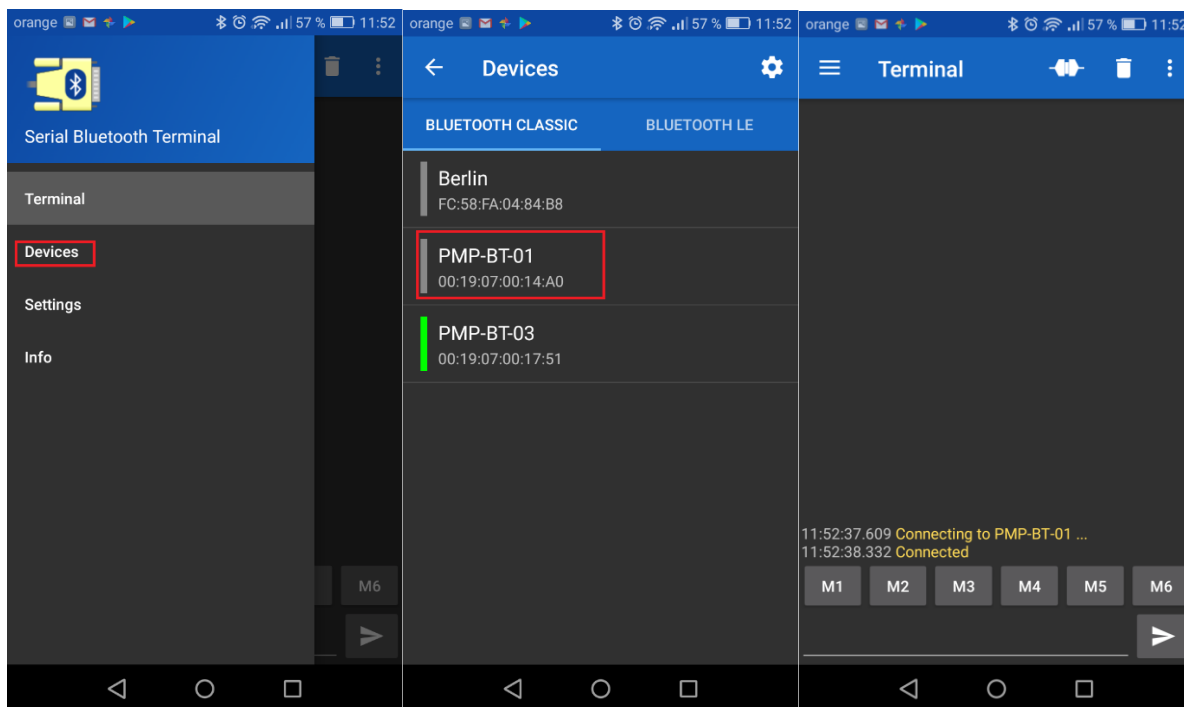


Fig. 6. Stabilirea conexiunii.

7. Pe PC, deschideți Serial Monitor. Tastați caractere în acest program, și apăsați Send. Caracterele ar trebui să apară pe telefonul mobil. De asemenea, puteți tasta pe telefon, și caracterele transmise vor apărea în Serial Monitor.

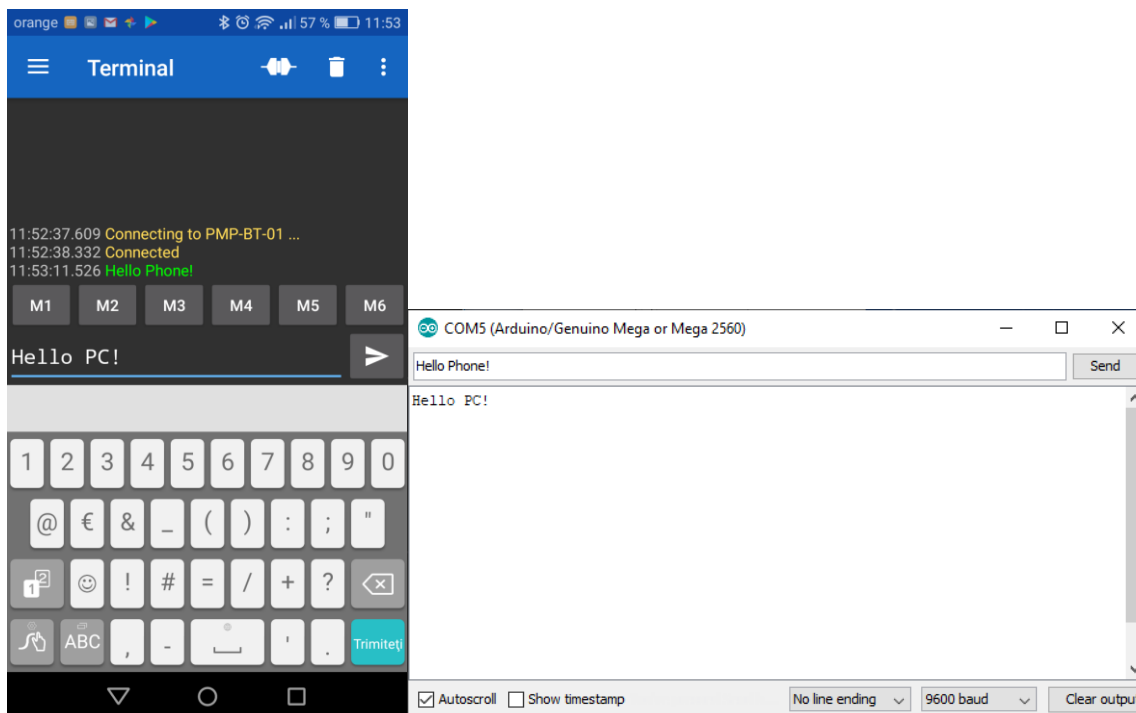


Fig. 7. Schimbul de mesaje între PC și telefon, trecând prin Arduino.

4. Sarcini individuale

1. Rulați exemplul de mai sus, urmărind cu atenție pașii descriși în lucrare.
2. Scrieți un program care va transmite prin Bluetooth, către telefonul mobil, valoarea temperaturii citite de la un senzor (o dată pe secundă). De asemenea, programul va primi de la telefon comenzi sub forma unor șiruri de caractere, care vor fi interpretate pentru a modifica rata de transmisie a temperaturii (de exemplu, comanda “r+” va mări rata de transmitere, iar “r-“ va micșora această rată).
3. Măsurați rata de clipire a LED-ului de pe modul, prin citirea pinului șase. Pe baza ratei calculate, detectați starea modulului Bluetooth (așteptare conexiune, conectat, etc), și afișați această stare pe Serial Monitor.
4. Conectați două plăci Arduino prin I2C, ele fiind în continuare echipate cu modulul Bluetooth. Stabiliți o comunicare bidirecțională între două telefoane mobile, folosind Arduino ca releu.

Bibliografie

1. Bluetooth Basics: <https://www.ele.uri.edu/courses/bme362/handouts/Bluetooth.pdf>
2. Modul Bluetooth HC-05 (160) compatibil Arduino <http://roboromania.ro/produs/modul-bluetooth-hc-05-compatibil-arduino/>
3. HC-05 Datasheet <http://roboromania.ro/datasheet/Bluetooth-HC-roboromania.pdf>
4. Serial Bluetooth Terminal, https://play.google.com/store/apps/details?id=de.kai_morich.serial_bluetooth_terminal&hl=en