

9. ALTE REGLEMENTĂRI PENTRU TRANSFERURI SERIALE

9.1. TRANSFERURI DE DATE ÎN INFRAROȘU

Pe lângă metodele convenționale de transfer, cu o transmisie prin aer în infraroșu se pot obține performanțe deosebite, însemnând 4 Mbps și posibilitatea de a conecta până la 126 de echipamente.

Radiația infraroșu este o radiație electromagnetică invizibilă cu lungimea de undă între 700-1000 angstrom. IrDA specifică o lungime de undă între 850-900 angstrom.

În 28 iunie 1993, un grup de 120 de reprezentanți din 50 de companii de calculatoare au creat o asociație numită Infrared Developers Association (IrDA) cu scopul de a standardiza comunicațiile în infraroșu. Tehnologia era deja pusă la punct în telecomenzile TV și la transferul de date între Notebook-uri, dar se simțea nevoia unui standard. Primul standard, bazat pe portul serial RS232 a fost aprobat în 1994. Acest standard folosește specificațiile portului serial, aceeași structură de date dar din păcate și limitele vitezei. În 1995 a fost aprobat un nou standard de mare viteză care împinge limita de viteză la 1Mbps.

În cadrul comunicațiilor necablate (wireless), standardul IrDA face parte din categoria transmisiei infraroșu directe, o comunicație punct la punct. Între echipamente trebuie să existe vizibilitate directă. În afara acestui tip de comunicație mai există comunicația infraroșu difuză, o comunicație ce permite legături multiple și care nu necesită vizibilitate directă între echipamente, dar care necesită materiale speciale de construcție a clădirilor.

Avantajele comunicației infraroșu sunt evidente: ușurarea portabilității aparatelor, eliminarea cuplajelor cablate (nu se mai întrerup firele și nu se mai întâmplă ca un conector să nu facă contact), eliminarea perturbațiilor electromagnetice radiate, deci implicit eliminarea interferențelor electromagnetice. Aceste avantaje sunt majore în zonele de lucru cu regim special, cum ar fi centralele nucleare, laboratoarele de cercetare și măsurări de precizie, acceleratoarele de particule etc. Aceste avantaje au dus la răspândirea echipamentelor cu interfață IrDA. Nu există Notebook care să nu aibă o astfel de interfață, imprimante pentru Notebook-uri, dar și mouse și tastaturi infraroșu pentru calculatoarele desktop uzuale. Faptul că perifericele în infraroșu se fabrică în multe exemplare a dus firesc și la scăderea prețurilor, care le face accesibile (chiar și nouă).

Față de comunicațiile radio, cele în infraroșu au avantajele unei puteri mai mici, dimensiuni mai mici ale diodei de emisie față de o antenă, nu sunt supuse reglementărilor și nu generează interferență electromagnetică.

Transmisia în infraroșu are și dezavantaje, cum ar fi viteze mici de transfer care se încadrează între 9600-115200 bps în cazul Serial InfraRed (SIR) și un maxim de 4 Mbps la Fast InfraRed (FIR). În viitor se estimează atingerea unei viteze de 16 Mbps, ceea ce ar permite realizarea de rețele cu transfer în infraroșu (IrLAN). Limita tehnologică a vitezei de transfer se estimează la 50 Mbps.

De asemenea distanța pe care se pot transfera date este mică, 1-2 m uzual, dar se speră atingerea unei distanțe de 10 m în viitor. Acest dezavantaj se poate ușor considera un avantaj din punctul de vedere al securității datelor, pentru că transmisia nu se poate intercepta.

Un alt dezavantaj este unghiul mic în care se pot transmite date. De exemplu, o diodă LASER în infraroșu focalizează lumina într-un con cu o deschidere de cca. 30°.

IrDA a publicat 6 standarde care acoperă diferite aspecte ale transmisiei în infraroșu. Partea hardware formează nivelul fizic. Se definește un protocol de acces **IrLAP** (Link Acces Protocol) și un protocol de gestionare **IrLMP** (Link Management Protocol) care descriu formatul datelor folosite pentru realizarea legăturii și menținerea ei. Standardele **IrCOMM** descriu posibilitățile de emulare a porturilor seriale și paralele. Au fost publicate și standarde pentru capabilități suplimentare, cum ar fi de exemplu conectarea prin sistemul Plug and Play.

La început, transferul în infraroșu a fost destinat să înlocuiască transferul serial RS 232, în mod half duplex. A fost nevoie de un mic dispozitiv hardware care să transforme semnalul de la ieșirea UART-ului în infraroșu. Așa a fost de exemplu dispozitivul ADAPTEC AirPort, un prim accesoriu IrDA pentru calculatoare personale. Dezavantajul acestei conectări este viteza redusă (maxim 115.2 kbps).

Următorul pas a fost emularea portului paralel, ceea ce a impus necesitatea unei plăci adaptoare care se cuplează pe magistrală (sau pe USB sau pe CENTRONICS), și mai nou, toate plăcile de bază conțin hardware-ul necesar pe placă, este nevoie doar de conectarea diodei emisivă. A fost posibilă astfel creșterea limitei de viteză la 4Mbps, prin folosirea unui controller specializat pentru transferul în infraroșu.

9.1.1. Stiva de protocoale IrDA

Protocoalele de comunicație sunt împărțite pe mai multe nivele, fiecare având un set de sarcini și oferind suport pentru nivelele inferioare și superioare. O stivă de protocoale IrDA este setul de protocoale organizat pe nivele, Fig. 9.1.

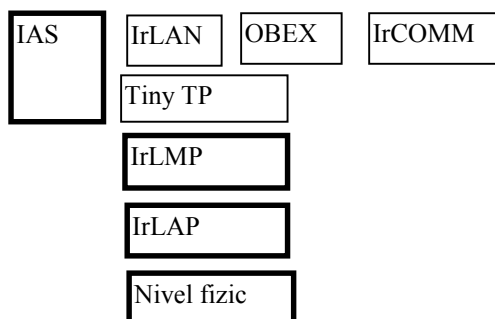


Fig. 9.1. Stiva de protocoale IrDA

Nivelele obligatorii sunt:

- nivelul fizic - specifică codificarea și formatul datelor;
- IrLAP (Link Access Protocol) - stabilește modurile de conectare;
- IrLMP (Link Management Protocol) - gestionează serviciile de conectare;
- IAS (Information Access Service) - oferă servicii de nivel înalt unui echipament.

Nivelele opționale sunt:

- Tiny TP (Tiny Transport Protocol) adaugă informație de gestionare a traficului pentru fluidizare;
- IrOBEX (The Object Exchange Protocol) gestionează transferul de obiecte: fișiere sau alte blocuri de date;
- IrCOMM emulare de porturi seriale și paralele, permițând aplicațiilor existente bazate pe comunicațiile seriale sau paralele să folosească comunicația IR fără modificări;
- IrLAN acces la rețea locală, permițând unor echipamente IR conectarea la rețele locale.

9.1.2. Codificarea datelor

La viteze între 2.4 kbps și 1.152 Mbps datele se codifică RZI (Return to Zero Invert). Prin această codificare unui 0 logic îi corespunde un impuls, iar la un 1 logic nu apare nici un impuls. Impulsul are o durată fixă, mai mică decât durata celulei bit. Tabelul 9.1. exprimă durata impulsului în funcție de viteza de transfer.

Tabel 9.1. Durata impulsurilor corespunzătoare la diferite viteze de transfer

Viteza de transfer	2.4 kbps	9.6 kbps	19.2 kbps	38.4 kbps	57.6 kbps	115.2 kbps	0.576 Mbps	1.152 Mbps
Durata impulsului	78.13 μ s	19.53 μ s	9.77 μ s	4.88 μ s	3.26 μ s	1.63 μ s	434 ns	217 ns

Un impuls durează 3/16 din lungimea unei celule bit. Un impuls cu 10% mai lung este acceptabil. De exemplu, celula bit la viteza de 9600 bps durează 104.2 μ s, deci durata impulsului este 19.53 μ s. La viteze mai mari durata impulsului este 1/4 din durata celulei bit. Durata scurtă a impulsului în celula bit face ca receptorul optic să poată distinge impulsurile.

La viteza de 4 Mbps codificarea se face prin modularea impulsurilor în poziție. IrDA implică 4 poziții pentru impuls, de aceea codificarea se numește 4PPM (4 Pulse Position Modulation). Această codificare folosește poziția unui impuls în celula bit pentru a indica o valoare logică.

Lungimea celulei bit se numește durata unui simbol (symbol duration) și este împărțită în 4 segmente egale numite chips. Un impuls poate apare în unul și numai în unul din aceste segmente. Fiecare impuls în una din 4 poziții poate codifica 2 valori binare. În tabelul 9.2. sunt arătate pozițiile posibile și codurile corespunzătoare la 4 Mbps.

Tabel 9.2. Codificare 4PPM

Codul 4PPM	00	01	10	11
Poziția în celula bit	1000	0100	0010	0001

Pentru transmisia unui octet sunt suficiente 4 celule bit. Datele sunt transmise în format pe 8 biți de date, un bit de start, un bit de stop, fără bit de paritate. Se transmit astfel 10 biți/caracter. Cel mai puțin semnificativ bit se transmite primul.

Durata impulsului este de 125ns pentru un impuls singular. Pentru mărirea siguranței transferului se pot folosi impulsuri duble, a căror durată totală este de 250ns.

În Fig 9.2. sunt arătate cele două tipuri de codificare pe un exemplu:

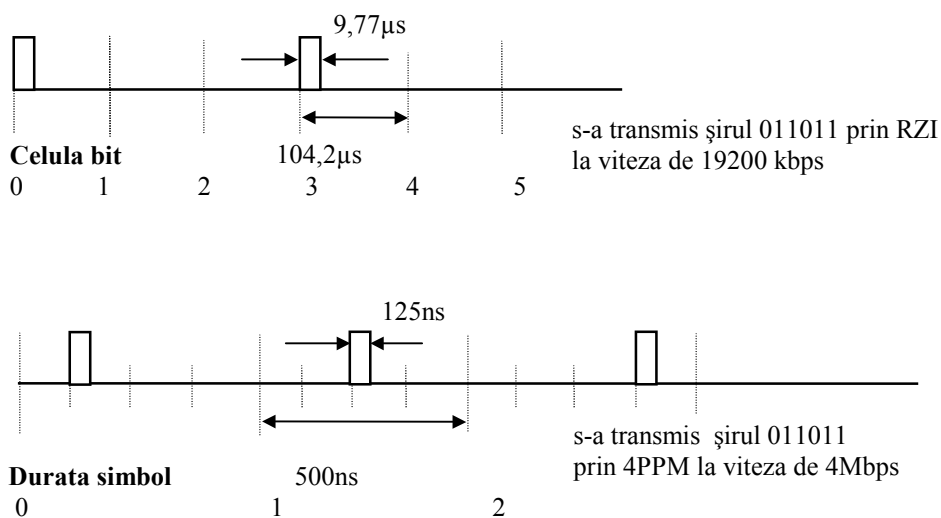


Fig. 9.2. Codificarea datelor prin RZI și 4PPM

Codificarea 4PPM este autosincronizabilă, deoarece în fiecare celulă bit există un impuls. Codificarea RZI însă nu este autosincronizabilă, deoarece poate apare un șir lung de valori logice 1 care înseamnă lipsa impulsurilor transmise o perioadă lungă de timp, perioadă în care receptorul poate pierde sincronizarea.

Sistemele IrDA de viteze mici lucrează în mod asincron și la aceste sisteme transmisia se face corect chiar și cu acest cod neautosincronizabil, pentru că nu pot apare erori prea mari la transmisia a doar 10 biți. La viteze medii însă, în cazul transmisiei sincrone, este nevoie de autosincronizare. De aceea emițătorul inserează automat o valoare de 0 la sfârșitul unui șir de 5 valori de 1 logic. Emițătorul calculează CRC fără acești biți suplimentari iar receptorul elimină biții suplimentari după care calculează CRC.

9.1.3. Formatul datelor

Pentru viteze mari de transfer sistemul IrDA transferă date sub formă de pachete sau cadre. Un cadru poate avea între 5 și 2050 de octeți. Ca orice transmisie sincronă, cadrul conține adresa destinatarului și sursei, date, informație pentru detectarea și corectarea erorilor. Formatul cadrului este definit în standardul "Link Access Protocol"

(IrLAP). IrLAP este bazat pe transmisia serială RS232 în mod asincron sau sincron, cu protocolul HDLC (High Level Data Link Control). Se definesc protocoale diferite pentru transmisiile de mare viteză și cele lente, astfel:

- asincron (ASYNC) la viteze 9600 bps-115.2 kbps;
- sincron (SYNC) la viteze 576 kbps și 1152 kbps;
- sincron 4PPM la viteza de 4Mbps.

IrLAP are următoarele funcții:

- descoperire echipament (Device Discovery): se explorează spațiul din jur pentru a descoperi un dispozitiv IrDA;
- conectare (Connect): se alege un partener, se negociază parametrii de comunicație și se conectează;
- transfer de date (Send Data): transferul efectiv de date;
- deconectare (Disconnect): se închide conexiunea.

Un echipament IrDA poate avea două moduri de operare:

- NDM (Normal Disconnect Mode) este o stare de așteptare. În această stare se verifică posibilitatea unei legături. Înainte de a transmite se urmărește activitatea mediului. Dacă nu este detectată activitate mai mult de 0,5s se consideră că se poate iniția o conexiune.
- NRM (Normal Response Mode) este modul de operare pentru echipamentele conectate.

IrLAP clasifică echipamentele în stații primare și secundare. Rolul de stație primară sau secundară este atribuit la începutul oricărei legături IrDA și este menținut până la terminarea legăturii.

O stație primară este echipamentul care controlează realizarea legăturii. Stația primară poate adresa o singură stație secundară sau poate transmite date tuturor stațiilor secundare. Într-o legătură IrDA poate exista doar o stație primară.

O stație secundară poate transmite date doar unei stații primare.

Un echipament IrDA poate cere legătura unui alt echipament cunoscut sau poate căuta continuu un echipament cu care să se conecteze. Pentru a începe transferul se formează o cerere de conexiune la viteza standard de 9600bps, 8 biți, fără paritate, mod asincron. Cererea de conexiune include adresa celui ce solicită conexiunea, viteza la care se dorește conexiunea, etc. Echipamentul care răspunde (care primește rolul de stație secundară) trimite informații cu propria adresă și vitezele de lucru. Stația primară comandă transferul cu viteza negociată.

După modelul HDLC, IrLAP utilizează 3 tipuri de cadre: cadre cu date (Information Frames), cadre de inițializare (Unnumbered Frames) prin care se poate stabili o conexiune, se poate descoperi un dispozitiv IrDA etc., cadre de comandă (Supervisory Frames) care controlează traficul de date. Fiecare cadru este încadrat între câmpuri proprii de start și stop.

Structura cadrului este dată în tabelul 9.3.

Tabel 9.3. Structura cadrelor

Denumire	Definiție	Lungime (viteza 2400bps- 115,2kbps)	Lungime (viteza >115,2kbps)
STA	Octet de start	8 biți, C0h	8 biți, 7Eh
ADDR	Câmp de adresă	8 biți	8 biți
DATA	Câmp de control	8 biți	8 biți
DATA	Câmp de date	2045 octeți	<2046 octeți
FCS	Câmp pentru CRC	16 biți	16 biți
STO	Octet de stop	8 biți C1h	8 biți, 7Eh

Câmpul de date este opțional, deoarece sunt cadre cum ar fi cele de comandă care nu conțin date. Câmpul de date trebuie să fie multiplu de 8 biți.

Primul bit din octetul de adresă indică sensul transferului: 1 de la stația primară, 0 spre stația primară. Două din adrese sunt rezervate: adresa 00h este adresa stației primare, iar FFh identifică global toate stațiile secundare.

Dacă receptorul detectează un șir de 7 sau mai multe valori de 1 logic, ceea ce înseamnă lipsa impulsurilor în infraroșu, abandonează cadrul în curs și consideră cadrul ca invalid. Un cadru poate fi invalid pentru că emițătorul a abandonat transmisia sau din cauza întreruperii razei infraroșii.

Pentru evitarea interferențelor între mai multe echipamente care comunică în infraroșu în aceeași încăpere, transmisiile de mare viteză comandă oprirea automată a transmisiilor lente. Acest lucru se realizează de către echipamentul de mare viteză care emite un semnal infraroșu numit "Serial Infrared Interaction Pulse" (SIP) care blochează emisia echipamentelor lente pe un interval de 0.5 secunde. Semnalul SIP este un impuls cu lungimea de 1.6μs urmat de lipsa emisiei 7.1μs, parametrii care definesc un impuls de start al unui cadru. Sistemul de viteză mică interpretează acest semnal ca începerea unei transmisii și verifică existența datelor, suspendând propria transmisie pentru un interval de 0.5s.

9.1.4. Nivele software superioare

Sarcinile IrLMP sunt:

- multiplexare: sunt gestionate mai multe echipamente care sunt conectate pe aceeași legătură;
- descoperire la nivel înalt: se ocupă de cazul echipamentelor care au aceeași adresă IrLAP, comandând generarea de adrese noi.

IrLMP adaugă doi octeți cadrului pentru a se putea distinge cadrele de control de cele de date și pentru a se putea insera destinația și sursa cadrului.

IrCOMM este un nivel opțional, creat pentru a permite aplicațiilor existente pe PC și care foloseau portul paralel sau porturile seriale (de exemplu imprimarea, aplicații modem,

transfer de fișiere) să ruleze fără modificări pentru transferul datelor în infraroșu. Au fost definite 4 servicii IrCOMM:

- 3 Wire Raw, trimite doar date, nu există canal de control. Rulează direct cu IrLMP;
- 3 Wire, uz minimal al al canalului de control;
- 9 Wire, (emulare serială RS 232), se folosește canalul de control pentru a emula interfața serială; RS232;
- Centronics (emulare CENTRONICS).

IrLAN se folosește pentru accesul în infraroșu al laptop-urilor la rețelele LAN. Permite ca două calculatoare să comunice ca și când ar fi conectate într-o rețea, deci să aibă acces fiecare la resursele celuilalt. Permite ca un calculator să se atașeze unei rețele prin intermediul unui al doilea calculator ce face deja parte din rețea.

9.1.5. Circuite utilizate pentru transferul datelor în infraroșu

Există multe firme care produc circuite pentru transferul de date IrDA, așa cum sunt: Texas Instruments, MAXIM, Sharp, Novalog, Agilent Technologies, California Eastern Laboratories, EXAR, Linear Technology etc. Ca variante constructive se poate opta pentru un transceiver IrDA care să se conecteze la un circuit UART existent, se poate alege un circuit UART cu port IrDA sau se poate realiza o interfață IrDA cu microcontroller.

Un transceiver TI de tip TIR1000 poate lucra atât IrDA cât și în standardul de transfer infraroșu al Hewlett Packard HPSIR. Viteza poate fi între 1200 și 115200 bps, iar tensiunea de alimentare între 2,7 și 5V. Este disponibil în capsulă PSOP (Plastic Small Outline Package) cu 8 terminale. Circuitul codează și decodează semnalele IrDA, așa încât el se poate conecta la un UART. Schema bloc funcțională este dată în Fig. 9.3.

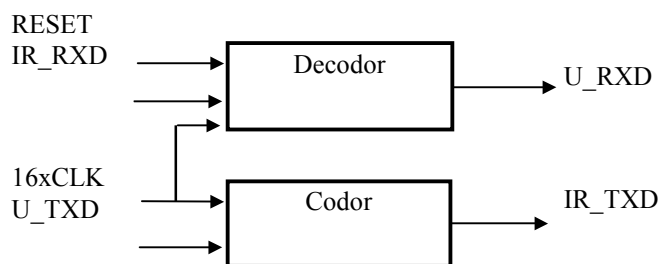


Fig. 9.3. Schema circuitului TIR1000

16xCLK este un semnal de ceas care trebuie să fie de 16 ori mai mare decât rata de transmisie. Tactul maxim este de $16 \times 115200 = 1.843 \text{ MHz}$.

IR_RXD intrarea pentru date recepționate IrDA, cu factorul de umplere de 3/16, de la un dispozitiv optoelectronic.

IR_TXD ieșire pentru datele emise IrDA către o diodă în infraroșu.

RESET inițializare circuit, legat la linia de RESET a circuitului UART.

U_RXD date decodate, spre intrarea de date a UART.

U_TXD date de transmis de la ieșirea de date a UART.

Un alt transceiver de la MAXIM este circuitul MAX3120, care este un circuit optimizat pentru alimentarea de la baterii care în modul de economie de energie consumă doar 10nA. În modul de lucru normal consumul este de 120μA. Cu acest circuit se pot realiza aplicații în laptop-uri, telefoane celulare și diferite echipamente periferice. Circuitul este încapsulat într-o capsulă miniatură μMAX cu 8 pini. O aplicație tipică este dată în Fig. 9.4.

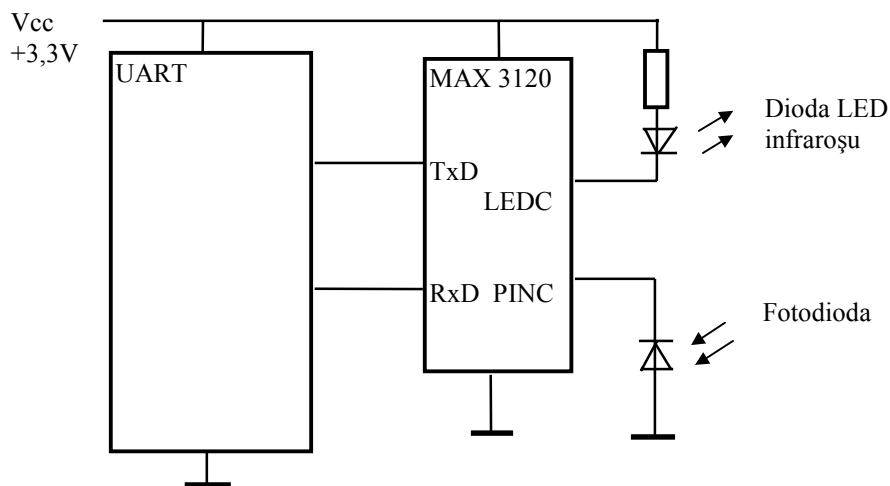


Fig. 9.4. Aplicație tipică pentru transceiverul IrDA MAX 3120

O altă variantă de interfațare pentru IrDA este utilizarea de circuite care conțin atât canale RS232 cât și interfețe IrDA. Circuitul MAXIM MAX3131/MAX3131 combină într-un circuit hibrid un transceiver IrDA cu viteze între 2.4-115.2kbps și 2 canale RS232 cu viteze până la 120 kbps. Circuitul se poate alimenta între 3V-5,5V, permițând astfel alimentarea de la baterii. Curentul de alimentare este de 370μA, dar în regim de economie de energie (doar receptoarele RS232 active) poate ajunge la doar 1μA. Circuitul de emisie IrDA poate asigura impulsuri de curent pentru dioda LED de 200mA. Codorul și decodorul intern pot lucra și în alte standarde decât IrDA, fiind prevăzute cu intrări/ieșiri exterioare. Montajul necesită un minim de circuite exterioare.

Un circuit care include un UART și o interfață IrDA este circuitul ST16C580 de la EXAR, compatibil pin la pin cu circuitul UART ST16550. Circuitul UART conține o stivă FIFO de 16 octeți, controlul soft și hard al traficului și permite rate de transfer de până la 1.5Mbps.

Pentru viteze mari de transfer IrDA este nevoie să se folosească transceivere speciale, așa cum este de exemplu LT1328 de la Linear Technology care acoperă gama 2400bps-4Mbps. Pentru distanțe mai mari de transfer se pot folosi de asemenea transceivere speciale, de exemplu Unitrode UCC5342 care poate asigura un impuls de curent de 500mA în dioda LED.

O ultimă variantă propusă este realizarea interfeței IrDA cu microcontroller. Microcontrollerul MSP430 este un microcontroller creat de TI, cu arhitectură RISC pe 16 biți, cu un set redus de 51 de instrucțiuni în 7 moduri de adresare. Circuitul conține convertoare A/D, temporizatoare, interfață cu afișaj LCD, circuit de înmulțire hardware și porturi UART. Frecvența de tact este de până la 5MHz. Circuitul poate lucra și în modul de economie de energie. Acest circuit este numit Mixed Signal Processing pentru că are capacități de prelucrare apropiate de un DSP, dar are incluse și convertoare A/D.

Într-o variantă de realizare cu un microcontroller din familia MSP430 s-a ales circuitul MSP430x112. Rata de transfer urmărită este 2400-115200bps. MSP430x112 este cel mai mic membru al familiei, el nefiind echipat cu convertoare A/D sau cu interfață LCD. Circuitul conține un timer de 16 biți cu 3 registre de intrare și comparare, 14 linii I/O și un modul oscilator. Schema bloc a circuitului este dată în Fig. 9.5.

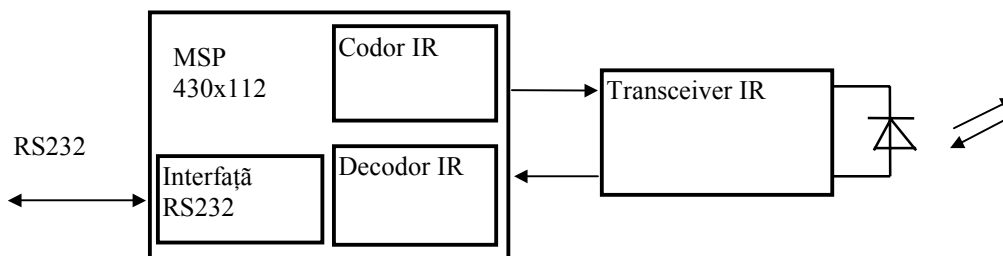


Fig. 9.5. Schema bloc a interfeței IrDA cu MSP430x112

Circuitul se cuplează direct la orice interfață RS232. Ca și transceiver se poate folosi circuitul TIR1000.

9.2. MAGISTRALA I²C

9.2.1. Scurt istoric

Magistrala I²C este materializarea unui mod de transferare a datelor pe două fire conductoare între blocuri funcționale ale unui sistem electronic. Metoda este folosită în echipamente din industria electronică, telecomunicații și în bunuri de larg consum deoarece simplifică mult schemele de legătură între blocuri funcționale implementate în circuite integrate și reduce semnificativ susceptibilitatea la perturbații.

Magistrala I²C (prescurtarea de la Inter-IC Bus) a fost propusă de firma Philips în anul 1980 pentru a realiza o legătură simplă între circuitele integrate specializate dintr-un echipament audio/video și controlerul care coordonează funcționarea sistemului. Astăzi magistrala este acceptată în general în industrie. În prezent se produc mai mult de 150 tipuri de circuite integrate cu funcții diferite în domeniul audio/video care sunt compatibile I²C. Câteva din caracteristicile magistralei I²C sunt enumerate în continuare

- necesită doar două linii active de semnal (o linie de date - SDA, o linie de ceas - SCL);
- permite conectarea unui număr mare de dispozitive I²C din care cel puțin unul este master (master poate fi doar un controler de magistrală);

- la un moment dat există un singur emițător în magistrală;
- dispozitivele pot fi apelate prin program la o adresă unică;
- protocolul de adresare și transfer de date este definit soft și este recunoscut implicit de orice componentă I²C;
- dispozitivele se pot cupla sau decupla fără să afecteze funcționarea sistemului.

9.2.2. Structura și protocolul I²C

Configurația unui sistem care funcționează pe baza acestei magistrale este prezentată în Fig. 9.6.

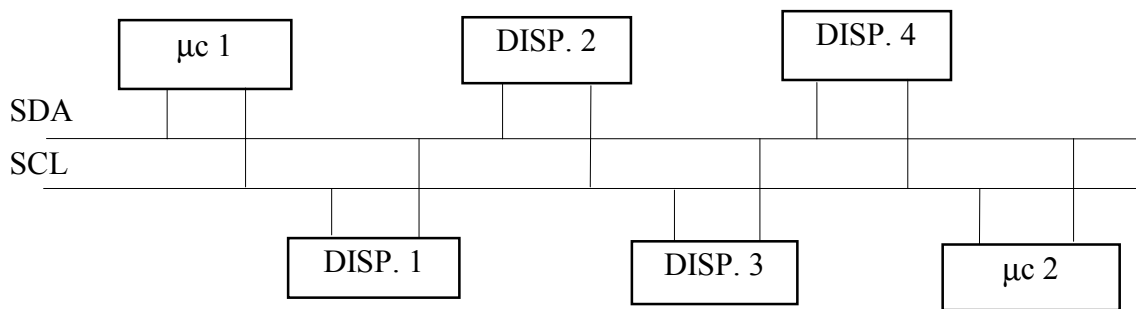


Fig. 9.6. Structura magistralei I²C

Sistemul necesită existența a cel puțin unui controler. Fizic, magistrala constă în două linii active, SDA (Serial Data) și SCL (Serial Clock) și o legătură de masă. Liniile SDA și SCL sunt bidirecționale și transportă informație de date și sincronizare între dispozitive. Fiecare element conectat la magistrală este prevăzut cu o interfață care implementează protocolul specific unui transfer I²C. Fiecare din componentele legate la magistrală este recunoscută printr-o adresă unică. Elementele conectate pot fi MASTER (dispozitiv care inițiază un transfer, generează semnalul de tact pentru transfer și încheie transferul) sau SLAVE (dispozitiv adresat de master). În același timp pot fi emițător sau receptor. După cum se poate observa, sistemul este multiMASTER; la un moment dat, printr-un sistem de arbitraj există un singur MASTER pe magistrală. La o magistrală I²C se pot conecta oricâte dispozitive I²C, numărul acestora este limitat doar de capacitatea magistralei (400pF).

9.2.3. Conectarea hardware

Interfața de magistrală este construită în jurul unui buffer de intrare și un tranzistor cu colectorul în gol. Când nu se întâmplă nimic, liniile magistralei sunt în stare HIGH. Este necesar un rezistor exterior conectat la tensiunea de alimentare. Când magistrala este idle (nu se întâmplă nimic), ambele linii sunt în stare HIGH. În ceea ce privește protocolul liniilor SDA și SCL, acestea pot fi comandate doar în starea LOW. Pentru ca linia să fie HIGH, componenta care comandă trebuie să elibereze linia.

Dispozitivele conectate la magistrală pot fi realizate în tehnologii diferite, deci cu caracteristici electrice diferite. În Fig. 9.7. este prezentată o posibilă combinație de dispozitive.

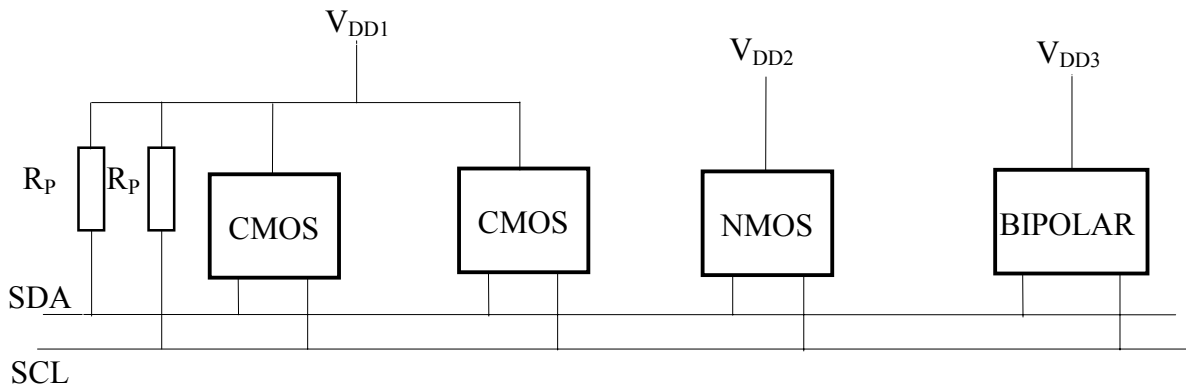


Fig. 9.7. Conectarea de dispozitive cu tensiuni de alimentare diferite

9.2.4. Evenimente pe magistrală

9.2.4.1. Condițiile START și STOP

Începutul și sfârșitul unui transfer de date sunt identificate prin condițiile de START și STOP. Acestea sunt ilustrate de succesiunile de semnal reprezentate în Fig. 9.8.

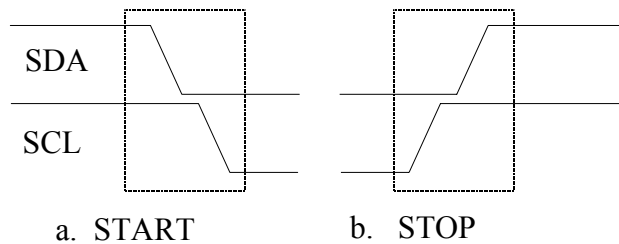


Fig. 9.8. Condițiile de START și de STOP

Pentru START, inițial ambele linii sunt în 1 logic. Circuitul care generează condiția de START trece întâi linia SDA în LOW, apoi trece linia SCL în LOW. Condiția de START este interpretată de toate elementele conectate la magistrală ca un semn că se va transmite ceva pe magistrală.

Condiția de STOP este chiar imaginea în oglindă a condiției de START. Condiția de STOP este interpretată de elementele atașate la magistrală ca încheierea unui mesaj.

9.2.4.2. Trimiterea unor date pe magistrală

Pentru transferul de date pe magistrală, emițătorul selectează SDA la nivelul dorit, eliberează SCL pentru puțin timp și îl stabilește din nou LOW înainte de schimbarea stării SDA. Datele sunt valide pe durata nivelului HIGH al semnalului SCL. Datele trebuie să rămână valide în timpul nivelului HIGH al semnalului SCL. Datele se pot modifica doar

atunci când semnalul SCL este LOW. Un bit este citit pe un palier HIGH al semnalului de ceas SCL. Condiția este reprezentată în Fig. 9.9.

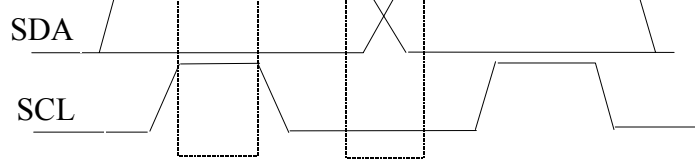


Fig. 9.9. Condiția de citire a datelor

9.2.5. Formatul datelor

9.2.5.1. Elemente componente ale unui transfer de date

După o condiție START urmează cicluri de câte 8 impulsuri SCL, urmate fiecare de un al nouălea impuls pe durata căruia SLAVE-ul răspunde cu un semnal ACK. Informațiile transferate imediat după START constituie adresă a SLAVE-ului, după care până la apariția condiției de STOP sunt transferate succesiv grupuri de câte 8 biți de date urmate fiecare de câte un bit ACK. O condiție de STOP resetează toate dispozitivele conectate, acestea așteaptă de acum o condiție de START. Un transfer de date exprimat printr-o diagramă de semnal poate arăta ca în Fig. 9.10.

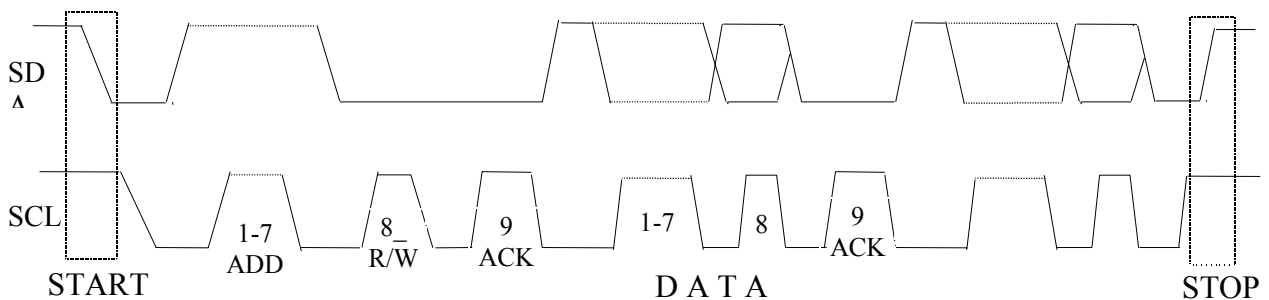


Fig. 9.10. Diagrama unui transfer de date

Se pot distinge următoarele elemente ce compun un transfer de date:

- condiția de START - S
- condiția STOP - P
- adresă slave - ADD (R/nW inclus)
- bit de recunoaștere (acknowledge) - A (sau nA)
- date - DATA

Neținând cont de condiționările de nivel al semnalelor SDA și SCL, considerând doar formatul datelor, diagrama de mai sus poate fi exprimată ca în Fig. 9.11.



Fig. 9.11. Formatul datelor transferate în magistrala I²C

Condițiile de START și de STOP au fost precizate anterior la evenimente de magistrală. De asemenea, condițiile de citire a secvenței de date au fost precizate la evenimente de

magistrală. În continuare se vor face precizări legate de câmpul de adresare a slave-ului și de bitul acknowledge.

9.2.5.2. Adresarea unui slave

Adresarea unui slave se face în mod obișnuit cu 7 biți care sunt transmiși de către master-ul de magistrală imediat după condiția de START. Se pot adresa deci 128 de dispozitive. Bitul următor celor 7 biți, de adresă, R/nW, este cel care stabilește sensul în care vor fi transferate datele ce urmează. Sensul poate fi de la master spre dispozitiv, ceea ce înseamnă scriere (R/nW - LOW) sau invers, de la dispozitiv spre master, ceea ce înseamnă citire (R/nW- HIGH).

Există posibilitatea de adresare pe 10 biți a dispozitivelor. În această situație se folosesc doi octeți de adresare, fiecare urmat de un Acknowledge. În spațiul de adrese disponibil există poziții rezervate pentru diferite situații diferite cum ar fi adresarea pe 10 biți, poziții rezervate dezvoltărilor viitoare, poziții pentru conectarea altor magistrale (CBUS).

9.2.5.3. Bitul Acknowledge

Transferul datelor este obligatoriu însoțit de bitul Acknowledge. Acesta este generat de unitatea care a recepționat informație (adresă sau date). Dacă receptorul nu este capabil să recepționeze, nu va răspunde, ceea ce va fi interpretat de emițător ca nAcknowledge, condiție care va determina suspendarea tranzacției la inițiativa master-ului prin generarea unei condiții de STOP. După cum se poate observa în diagrama de semnal din Fig. 10.5., pentru acknowledge linia SDA este LOW, iar SCL are un impuls HIGH.

9.2.6. Caracteristici electrice

Pricipalele caracteristici electrice sunt redate în Tabelul 9.4. În acest tabel modul rapid înseamnă viteză spre 400Kbps. Numărul maxim de circuite conectate este limitat de numărul de adrese disponibile și de capacitatea maximă de încărcare pe magistrală. Capacitatea nu trebuie să fie mai mare de 400pF. În modul rapid este de preferat să fie sub 200pF.

Tabel 9.4. Caracteristici electrice ale magistralei I²C

	Simbol	UM	Mod standard		Mod rapid	
			min	max	min	max
intrare LOW relativ la V _{DD}	V _{IL}	V	-0.5 -0.5	1.3 0.3 V _{DD}	-0.5 -0.5	1.5 0.3 V _{DD}
intrare HIGH relativ la V _{DD}	V _{IH}	V	3.0 0.7 V _{DD}	1 1	3.0 0.7 V _{DD}	1 1
histerezis	V _{his}	V	-	-	0.2	-
durata impulsului suprimat	t _{SP}	nS	-	-	0	50
iesire LOW la 3mA la 6mA	V _{OL1} V _{OL2}	V V	0 -	0.4 -	0 0	0.4 0.6
curent de intrare la pini	I _i	μA	-10	10	10	10
capacitate la fiecare	C _i	pF	-	10	-	10

pin						
-----	--	--	--	--	--	--

9.3 Magistrala ACCESS.bus

ACCESS.bus nu este o legătură mai rapidă decât RS-232C; ceea ce o recomandă este a doua parte a numelui său: poate conecta până la 125 de dispozitive la un singur port, spre deosebire de RS-232C, care conectează doar două. Deși nu este mai rapidă decât bătrâna RS-232C, oferă versatilitate.

ACCESS.bus face parte din universul calculatoarelor PC. Este folosită pentru a monitoriza starea bateriilor inteligente și este adoptată de Video Electronic Standards Association ca parte componentă a interfeței DDC (Display Data Channel). Versatilitatea acestei interfețe poate conduce la următoarea configurație: monitorul calculatorului poate deveni o componentă centrală la care să se conecteze prin distribuitoare (hub) tastatura, mouse-ul și joystick-ul.

Magistrala ACCESS.bus poate fi caracterizată în două cuvinte: simplă și lentă. Folosește o legătură serială simplă care are la bază un protocol foarte bine definit. Scopul acestei interfețe este de a conecta unul sau mai multe dispozitive de intrare/ieșire la un calculator. ACCESS.bus nu controlează transferul prin dialog de semnale (hardware), ci prin mesaje transmise pe canalul de comunicație.

Numele magistralei derivă din scopul pentru care a fost creată, o magistrală pentru conectarea dispozitivelor accesorii la un calculator gazdă. Deși se bazează pe interfața fizică I²C, definită de Philips Electronics, ACCESS.bus a fost dezvoltată de DEC (Digital Equipment Corporation) și oferită în industria calculatoarelor ca un standard deschis.

9.3.1. Arhitectura

Dispozitivele conectate prin ACCESS.bus pot fi master sau slave, iar starea lor se poate schimba dinamic. Un master controlează transferul, iar un slave doar recepționează date. Masterul emite atât semnalele de date cât și clock-ul serial. În cadrul sistemului, calculatorul PC are un rol special, acesta este gazdă. Calculatorul este acela care inițializează magistrala, atribuie adrese dispozitivelor la fiecare pornire sau la adăugarea vreunui dispozitiv în timpul funcționării. Toate transferurile în ACCESS.bus se desfășoară între gazdă și un dispozitiv, dar în timpul transferului calculatorul poate fi atât master cât și slave.

ACCESS.bus prevede trei nivele ale transferului de date:

- Nivelul fizic - controlează semnalele și protocolul de transfer, inclusiv modul de definire a pachetelor folosind semnalele de bază.
- Nivelul protocolului de bază - definește conținutul mesajului, formatul mesajului (rolul fiecărui bit, inclusiv headere și detecția de erori) și comenzile care pot fi transmise în cadrul mesajelor.
- Nivelul protocolului de aplicație - definește modul în care se înglobează în mesaj informația de la tipuri diferite de dispozitive.

Specificațiile ACCESS.bus definesc trei clase de dispozitive:

- tastaturi;
- locatori (ex. mouse);
- dispozitive text (ex. dispozitive care trimit date txt - cititor de bare sau identificatorul txt trimis de un monitor ca parte a DDC).

9.3.2. Semnale de magistrală

ACCESS.bus folosește patru semnale:

- SDA -linia pe care se emit date în magistrală;
- SCLK -este linia de clock care exprimă momentul când datele sunt valide și pot fi citite;
- +5V -linie de alimentare de la calculatorul gazdă pentru alimentarea dispozitivelor de mică putere - se garantează cel puțin 50 mA;
- GND -referința comună tuturor semnalelor.

Tabelul 9.5 recapitulează semnalele de magistrală împreună cu atribuirea la conector și culoarea cablului purtător.

Tabel 9.5 Semnalele ACCESS.bus

Pin	Funcție	Mnemonică	Culoare
1	referință	GND	negru
2	date seriale	SDA	verde
3	+5 VDC	+5V	roșu
4	clock serial	SCL	alb

Linia de date și linia de clock operează la 100 KHz. Deoarece prin protocol se adaugă biți nepurtători de informație, (bit de confirmare, header-e și informație pentru detecția și corecția erorilor), rata de transfer de informație utilă este în jurul valorii de 80 Kbps.

Liniile de date și de clock sunt menținute la un potențial ridicat de către calculatorul gazdă sau printr-o sursă de tensiune sau simplu, prin legarea liniilor printr-o rezistență la potențialul pozitiv de alimentare. Starea acestor linii este monitorizată de toate dispozitivele care sunt capabile să detecteze HIGH sau LOW. Orice dispozitiv conectat la magistrală poate trage aceste linii în LOW, stare citită de toate celelalte dispozitive din magistrală, indiferent cine a stabilit LOW.

9.3.3. Transferuri ACCESS.bus

Condiția de START este generată de un dispozitiv care urmează să emită mesaje pe magistrală și aceasta este concretizată prin forțarea liniei de date în stare LOW, în timp ce linia de clock este menținută în stare HIGH. Celelalte dispozitive conectate la magistrală sunt capabile să sesizeze aceasta stare și consideră că din acest moment magistrala este ocupată; nici un alt dispozitiv nu va mai încerca să emită pe magistrală până la detectarea condiției STOP. Condiția de STOP este generată de asemenea de dispozitivul care a inițiat

transferul și constă într-o tranziție LOW-HIGH pe linia de date în timp ce linia de clock este menținută de asemenea în stare HIGH.

După emiterea condiției de START dispozitivul master va forța linia de clock în stare LOW, după care generează o tranziție LOW-HIGH pentru a indica validitatea datelor pe linia de date. Fiecare byte de date este emis ca o succesiune de opt biți, începând cu cel mai semnificativ, sincronizați de câte un puls pe linia clock.

Confirmarea recepției datelor este realizată printr-un dialog de tip acknowledge; dispozitivul master emite în încheierea fiecărui byte de date un bit acknowledge care constă într-un puls pe linia clock. Dispozitivul slave confirmă recepția datelor prin menținerea liniei de date în stare LOW pe durata acestui puls. Dacă dispozitivul slave permite liniei de date să rămână în stare HIGH pe durata pulsului acknowledge, dispozitivul master interpretează că datele nu au fost recepționate.

9.3.4. Arbitrarea magistralei

Arbitrarea magistralei ACCESS.bus este simplă; în cazul în care două dispozitive master încearcă să trimită date pe magistrală simultan, ambele dispozitive vor începe emisia. Atâta timp cât dispozitivele trimit date identice, ambele emisii continuă. În momentul în care apare un bit de date diferit, dispozitivul care emite un unu logic va pierde capacitatea de administrare a magistralei și întrerupe transmisia. Celălalt dispozitiv master va continua și finaliza transmiterea mesajului.

9.3.5. Mesaje de magistrală

Toate pachetele de informație vehiculate pe magistrala ACCESS.bus sunt numite mesaje. Fiecare mesaj este compus dintr-un header de trei octeți, unu până la 127 octeți de date și un octet de verificare. Primul octet din header conține adresa dispozitivului destinație, al doilea octet conține adresa dispozitivului sursă și al treilea octet specifică numărul biților de date din mesaj (7 biți) și un fanion de protocol (1 bit).

Atât datele cât și comenzile sunt vehiculate în sistem ca mesaje. Majoritatea comenzilor sunt transmise în timpul operației de configurare a sistemului. Dintre comenzile posibile enumerăm următoarele: forțarea tuturor dispozitivelor în starea inițială, asignarea unei adrese pentru un dispozitiv, comandă pentru identificarea unui dispozitiv, identificarea capacităților unui dispozitiv, identificarea prezenței unui dispozitiv în sistem. Dispozitivele răspund cu informație de identificare (adresă, capacități). Un dispozitiv poate de asemenea să transmită un mesaj de atenționare atunci când este conectat la magistrală.

9.3.6. Adresarea dispozitivelor

Adresele dispozitivelor sunt codificate cu 7 biți, ceea ce înseamnă că sunt posibile 128 de adrese distincte în sistem. Din cele 128 de adrese, trei sunt rezervate astfel:

- calculatorul gazdă are adresa 50H;
- adresa implicită a dispozitivelor la punerea sub tensiune este 6EH;

- dispozitivul de management al sistemului are adresa 10H.

Cele 125 de adrese rămase sunt disponibile pentru asignarea de dispozitive în sistem; majoritatea sunt asignate dinamic de către calculatorul gazdă.

9.3.7. Conectica magistralei

Legătura fizică este realizată prin conectori modulari de tip jack cu patru conexiuni. Pentru a permite legături multiple, fiecare dispozitiv este prevăzut cu câte un conector de intrare și unul de ieșire, identici din punct de vedere electric. Dispozitivele cu un singur conector sau cu cablu permanent atașat, pot fi poziționate doar ca dispozitiv final în sistem. Există de asemenea și posibilitatea folosirii unui conector de tip T pentru a extinde configurația.

Cablul folosit este un cablu cu patru conductoare ecranat. Lungimea maximă recomandată pentru cablu este de 10m. Aria de plasare a unui sistem ACCESS.bus poate fi mărită folosind repetoare. Conectoarele cu care sunt echipate cablurile sunt de asemenea definite și sunt identice la ambele capete.