

1. COMPONENTELE SISTEMULUI DE COMUNICAȚII

Comunicarea este transferarea datelor (informațiilor) de la o locație la alta. Pentru ca aceasta să aibă loc trebuie să fie îndeplinite trei condiții:

1. Să existe calea de comunicare.
2. Să existe un echipament la capătul de emisie al căii de comunicare, ce să condiționeze datele și să le pună într-o formă transmisibilă, prin modul ales.
3. Să existe un echipament la capătul de recepție al căii de comunicare ce să extragă mesajul transmis și să-l înțeleagă.

Echipamentele de comunicație de date (DCE - data communication equipments) sunt capabile să adapteze informația primită și să o transmită pe linia de comunicație. La celălalt capăt al liniei de comunicație DCE-ul reconstituie informația primită și o transformă într-o formă compatibilă sistemului de comunicație.

ISO (International Organization for Standardization) a dezvoltat un model al interconectării sistemelor deschise OSI (Open Systems Interconnection) (Fig.1). El conține 7 straturi ale căror funcții sunt definite de modelul OSI.

Protocoale de comunicații

Un protocol este un set de reguli care definesc înțelesul unei structuri de cuvinte binare. Pe baza acestuia se realizează transmisia datelor pe linia stației receptoare utilizând aceleași reguli pentru a decodifica informația. Diversitatea protocoalelor de comunicație este foarte mare ele fiind dezvoltate cu mult înainte de a se fi introdus standarde în domeniu.

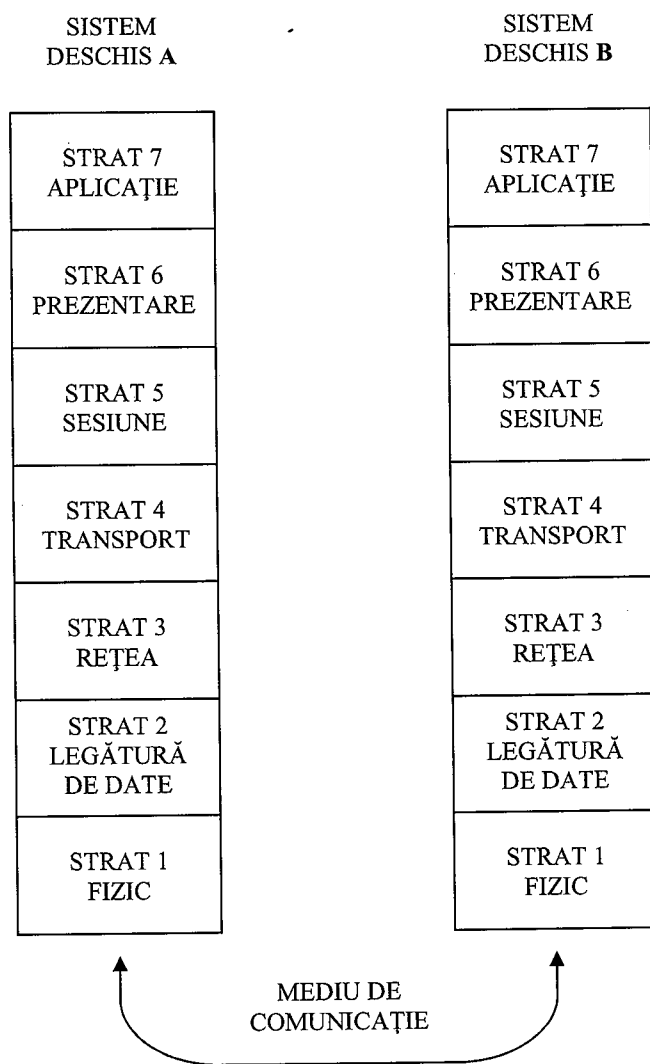


Fig. 1. Modelul interconectării sistemelor deschise

2. STRUCTURA COMUNICAȚIILOR ÎN SISTEMELOR DISTRIBUITE

Schimbul de informații între echipamente reprezintă o problemă importantă în sistemele distribuite și se realizează prin următoarele căi:

- schimbul de date despre proces între stațiile inteligente de monitorizare și control.
- realizarea comunicațiilor prin intermediul unor magistrale de legătură sau căi de comunicație de nivel înalt pentru fiecare di aceste sisteme.
- structura distribuită a sistemului impune utilizarea unor tipuri diferite de magistrale și rețele de comunicații de date structurate pe diverse nivele ierarhice.

Structura unui sistem de conducere este prezentată în figura 2.

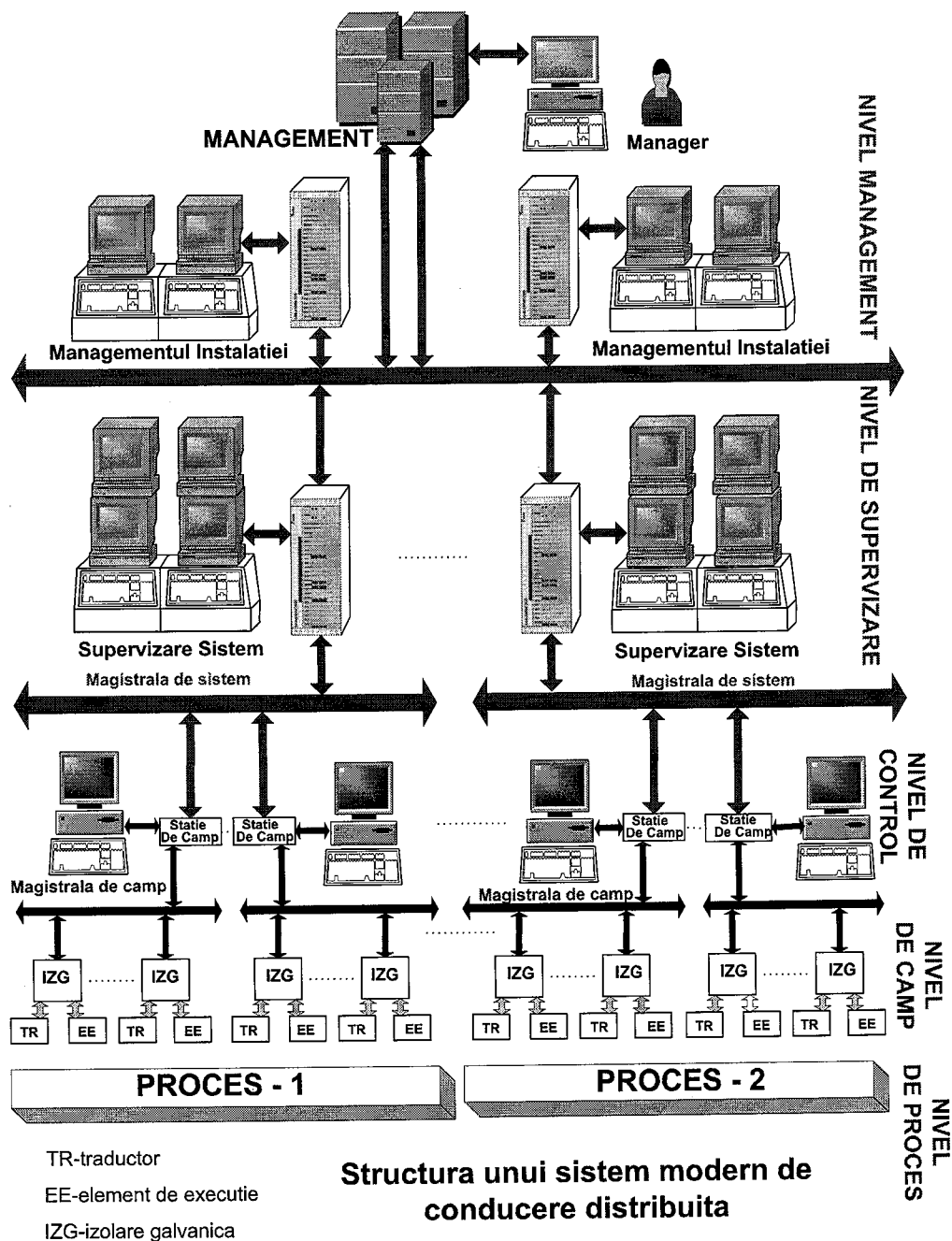


Fig. 2. Structura unui sistem modern de conducere

Echipamente și funcțiuni componente:

Nivel de câmp:

- instrumentație de proces clasică
- Echipamente de câmp (traductoare, EE, condiționatoare (adaptoare) de semnal), interblocări și protecții.

Nivelul de reglare al procesului:

- algoritmi de reglare (reglatoare programabile mono sau multivariabile reglatoare cu reacție etc)

Nivelul supervisor:

- algoritmi de conducere optimă a procesului (modele matematice ale procesului, strategii de conducere etc.)

Transferul de date:

- între echipamentele aceluiași nivel se utilizează rețele locale (LAN (Local Area Network))
- între nivele => sisteme de magistrale moderne

În prezent se eforturi pe plan mondial în standardizarea internațională a magistrelor și a rețelilor locale - LAN.

Rezultate importante impuse pe plan mondial de:

- ISO - Open Systems Interconnection Model

3. TRANSFERUL DATELOR DE PROCES

Transferul datelor de proces presupune:

- Transferul centralizat al datelor de la traductoare la sala de comandă
- Transferul comenzilor de la sala de comandă la elementele de execuție
- Transferul datelor între echipamentele de la același nivel și/sau de la niveluri diferite.

Concepții noi în structura sistemelor automate:

- Structuri de sisteme descentralizate ce permite:
 - => micșorarea costurilor cablurilor precum și a lungimii și numărului de conductoare
 - => creșterea fiabilității, asigurare diagnosticare defecte și creșterea siguranței sistemelor automate.

Se vor analiza aceste posibilități.

3.1. Interfețe de proces izolate

- Soluții:
 - 1 - descentralizarea sistemelor numerice de reglare prin plasarea interfețelor I/O "în câmp"
 - => **conceptul de interfață izolată**. Acest concept a fost implementat cu succes utilizând instrumentație convențională (comutatoare, scanere, rele).
 - 2 - **Dezvoltarea microcalculatoarelor** => module de interfață I/O izolate și eficiente au fost implementate fiind compatibile cu cerințele instrumentației de proces.

3.2 Multiplexoare de câmp

O altă posibilitate de reducere a numărului de fire și a costului instalației precum și creșterea fiabilității și siguranței achiziției de date a transferului de date prin utilizarea unui MULTIPLEXOR DE CÂMP ca interfață I/O.

Principiul de funcționare

- Semnalele de intrare electronice și pneumatice sunt eșantionate ciclic, convertite în semnal numeric, convertite în mesaje și transmise la subsistemele automate atașate.
- Semnalele de ieșire (poziționare și comenzi de reglare pentru subsistemele automate) sunt transferate ciclic la elementele de comandă ale instalației.
- Transmisia este serială, asincronă, transfer full-duplex de date.

Varietatea mare de firme ce produc o diversitate de multiplexoare dar cu aceleași principii constructive și funcționale.

Exemple: CP - 80 (AEG), MASTER (ASEA), P4000 (Kent), PLS80 (Eckardt), SPECTRUM (Foxboro), TDC 3000 (Honeywell), TELEPERM M (Siemens)

3.3. Magistrale de câmp

În structurile de conducere actuale se folosesc elemente finale moderne, inteligente și cu înaltă precizie, din categoria senzori și elemente de execuție, având caracteristici performante: telediagnosticare, autocalibrare, interfațare între câmp și nivelul de reglare și comandă.

Interconectarea lor se realizează prin **MAGISTRALĂ DE CÂMP (FIELD BUS)**

MAGISTRALĂ DE CÂMP: comparație cu legăturile de transfer convenționale

- conținut informațional indicat al semnalelor transferate incluzând diagnosticarea și calibrarea datelor
- cheltuieli minime cu cablurile
- interfață simplificată a unității de reglare a procesului

Transferul unui număr mare de date de proces și de comandă pe o magistrală comună introduc aspecte neplăcute în sistem:

- fiabilitate și disponibilitate redusă a transferului de date dacă se utilizează structura de magistrală bifilară
- timp de răspuns lung datorat distribuirii (împărțirii) magistralei
- circuite electronice complexe la care senzorii și elementele de execuție sunt conectate
- dificultăți în alimentarea cu energie a elementelor finale de reglare atașate magistralei

Datorită cerințelor speciale și restricțiilor specifice impuse de procesele instalațiilor, **magistrala de câmp trebuie să asigure următoarele condiții operaționale** (de funcționare):

1. utilizatorii magistralei trebuie să fie independenți unul de altul (nu trebuie să existe influențe mutuale între ei și schimbarea sau defectarea unui participant nu trebuie să afecteze alți participanți sau sistemul magistralei);
2. elementele finale trebuie să fie izolate galvanic de liniile de transfer ale magistralei;
3. interferențele electromagnetice între instrumentele atașate trebuie să corespundă standardelor internaționale în domeniu;
4. deși se preferă transferul prin cabluri perechi torsadate sistemul magistralei are încă cerința alimentării cu energie a elementelor finale individuale;
5. compatibilitatea cu interfețele standardizate ale diferiților fabricanți;
6. în scopul atingerii unui cost total al magistralei relativ scăzut, multiplexarea în timp este bazată pe tehnica transferului sincron sau asincron și cu arbitraj centralizat de magistrală;
7. asigurarea unei manevrabilități totale a sistemului magistralei.

Magistrale de câmp - posibili candidați la standardizare internațională

- **BITBUS** - magistrală de câmp INTEL pentru sistem de reglare distribuită.
 - cabluri torsadate perechi pentru interconectarea a 250 stații secundare prin interfața RS 485
 - informația se transmite cu codificare NRZI și tehnici de detecție a erorilor CRC pe 16 biți bazat pe protocolul IBM SDLC.
 - rata de transfer cuprinsă între 64 kbps ÷ 2,4 Mbit /s
- **FIP (Factory Instrumentation Protocol)** - sistem de magistrale francez (academic și industrial) 3Mbps rat[de transfer, bazat pe schema de codare Manchester. Este un sistem de comunicații cu arbitrar orientat cu posibilități de detecție a erorilor CRT și controlul parității.
- **MIL-STD-1553** - dezvoltat de U.S.Air Force/Navy - utilizează cabluri torsadate perechi, permite conectarea a 31 de terminale, rata de transfer de 1Mbps. Semnalele transmise sunt codate în sistemul Manchester II bifazic. Pentru detecția erorilor se folosește 1 bit de paritate și 3 biți la violarea codului Manchester atașati la 16 biți de date.

- PROFIBUS (Process Field Bus) - magistrala de câmp germană bazată pe RS485 pentru interconectarea a 127 participanți (grupați în maxim 32 pe un segment de magistrală), utilizează cablu torsadat perechi cu o lungime de maxim 1,5 km. Transmisia este sincronă (un pachet conține 256 bytes de date). Rata de transfer poate fi între 3,6 ÷ 500 kbps.

Magistrala de date MIL-STD-1553

MIL-STD-1553 este un standard militar publicat de Departamentul Apărării al Statelor Unite care definește caracteristicile mecanice, electrice și funcționale ale unei magistrale de date seriale. Acesta a fost inițial conceput ca un bus de date pentru utilizarea în avionica militară, dar a devenit, de asemenea, utilizat în mod obișnuit în subsistemele de manipulare a datelor la bordul navelor (OBDH), atât militare cât și civile. Dispune de straturi fizice multiple (de obicei dublu) redundante, o interfață de rețea (diferențială), multiplexare cu diviziune de timp, protocol de comandă / răspuns de jumătate duplex și poate gestiona până la 30 de terminale la distanță (dispozitive). O versiune a MIL-STD-1553, care utilizează cablaje optice în loc de electrice, este cunoscută ca MIL-STD-1773.

Modelul MIL-STD-1553 a fost publicat pentru prima dată ca standard al Forțelor Aeriene din S.U.A. în 1973 și a fost folosit pentru avionul de luptă F-16 Falcon. Au urmat rapid alte modele de aeronave, printre care F-18 Hornet, AH-64 Apache, P-3C Orion, F-15 Eagle și F-20 Tigershark. Acum este utilizat pe scară largă de toate ramurile armatei americane și de NASA.

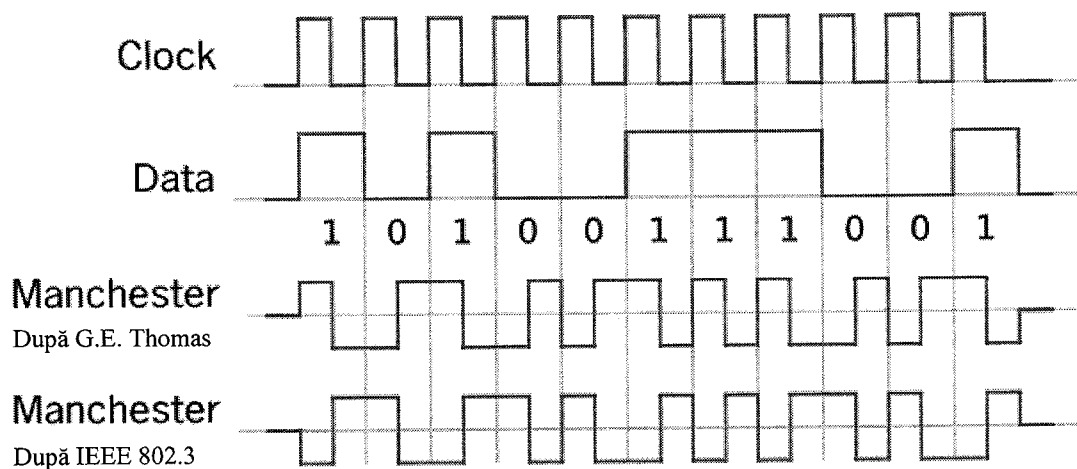
În afara SUA, a fost adoptată de NATO ca STANAG 3838 AVS. STANAG 3838, sub forma Regatului Unit MoD Def-Stan 00-18 Partea 2, este utilizat pe Panavia Tornado; BAE Systems Hawk (Mk 100 și mai târziu); și pe larg, împreună cu STANAG 3910 - "EFABus", pe Eurofighter Typhoon. Saab JAS 39 Gripen utilizează MIL-STD-1553B. De asemenea, avionul rusesc MiG-35 utilizează MIL-STD-1553. MIL-STD-1553 este înlocuit pe unele modele mai noi din S.U.A. de către IEEE 1394.

Revizuri:

MIL-STD-1553B, care a înlocuit specificația anterioară din 1975 MIL-STD-1553A, a fost publicată în 1978. Diferența de bază între revizuirile 1553A și 1553B este că, în acesta din urmă, opțiunile sunt definite mai clar. S-a constatat că atunci când standardul nu a definit un element, nu a existat o coordonare în utilizarea acestuia. Hardware-ul și software-ul trebuiau să fie reproiectate pentru fiecare aplicație nouă. Scopul principal al modelului 1553B a fost de a oferi flexibilitate, fără a crea noi modele pentru fiecare utilizator nou. Acest lucru a fost realizat prin specificarea interfețelor electrice în mod explicit, astfel încât să poată fi asigurată compatibilitatea electrică între modelele fabricate de diferiți producători. Șase modificări ale standardului au fost publicate din 1978. De exemplu, anunțul de schimbare 2 din 1986 a schimbat titlul documentului din "Comandă de date multiplexă comandă diviziune de timp aeriană / răspuns multiplex" la "Comandă de date multiplexă comandă / răspuns multiplex". Standardul MIL-STD-1553 este menținut de către Departamentul Apărării al SUA și sucursala Aerospace a Societății de ingineri de automobile.

Codurile Manchester și Miller folosesc pentru transmisii de date. În telecomunicații și stocare de date, codul Manchester (cunoscut și ca codificare de fază sau PE) este un cod de linie în care codarea fiecărui bit de date este fie mică, fie mare, sau mare, apoi scăzută, timp egal. Conexiunile electrice care utilizează un cod Manchester sunt ușor izolate galvanic. Primul cod Manchester a fost publicat pentru prima oară de către G. E. Thomas. Specifică faptul că pentru un bit 0 nivelurile de semnal vor fi scăzute cu un nivel scăzut în prima jumătate a perioadei de biți și un nivel ridicat în a doua jumătate. Pentru un bit 1 nivelurile de semnal vor fi ridicate.

A doua convenție este urmată, de asemenea, de numeroși autori (de exemplu, William Stallings) precum și de versiunile de viteză mai mică ale standardelor IEEE 802.3 (Ethernet) și IEEE 802.4 (token bus) Acesta afirmă că o logică 0 este reprezentată de o secvență de nivel înalt și o logică 1 este reprezentată de o secvență de nivel jos.



Data		Clock		Cod Manchester
0	XOR \oplus	0	=	0
		1		1
0		1		
1		0		

Stratul fizic

O singură magistrală constă dintr-o pereche de fire cu impedanță de 70-85 Ω la 1 MHz. În cazul în care se utilizează un conector circular, pinul său central este utilizat pentru semnalul bi-fazic de înaltă (pozitiv) Manchester. Transmițătorii și receptoarele se cuplează la magistrala prin intermediul transformatoarelor de izolație, iar racordurile se decuplează folosind o pereche de rezistențe de izolare și, opțional, un transformator de cuplare. Aceasta reduce impactul unui scurtcircuit și asigură că magistrala nu produce curent prin aeronavă.

Un cod Manchester este utilizat pentru a transmite atât semnalul de ceas dar și date pe aceeași pereche de fire și pentru a elimina orice componentă DC din semnal (care nu poate trece de transformatoare). Rata de comunicații este de 1,0 Mbit/sec (1 bit/ μ s). Acuratețea combinată și stabilitatea pe termen lung a vitezei de transmitere sunt specificate numai în limitele a $\pm 0,1\%$; stabilitatea pe termen scurt a ceasului trebuie să fie de $\pm 0,01\%$. Tensiunea de ieșire de vârf-vârf a unui emițător este de 18-27 V. Busul poate fi dublu sau triplu redundant prin utilizarea mai multor perechi de fire independente, iar apoi toate dispozitivele sunt conectate la toate magistralele. Există posibilitatea de a desemna un nou computer de control al magistralelor în cazul unei defecțiuni la controlerul principal actual. De obicei, computerul auxiliar de control al zborului, monitorizează computerul principal și senzorii de aeronava prin magistrala principală de date. O versiune diferită a magistralei utilizează fibră optică, care cântărește mai puțin și are o rezistență mai bună la interferențe electromagnetice. Acest lucru este cunoscut sub numele de MIL-STD-1773. Implementarea "AS 1773" are o rată dublă de 1 Mbit/s sau de 20 Mbit/s.

Protocolul magistralei MIL-STD-1553

Un sistem de comunicații multiple de date MIL-STD-1553 constă dintr-un controler de magistrală (bus controller - BC) care controlează mai multe terminale la distanță (remote terminal - RT), toate conectate împreună printr-o magistrală de date care asigură o singură cale de date între controlerul de magistrală și toate terminalele de la distanță asociate. Poate fi, de asemenea, unul sau mai multe monitoare de magistrală (bus monitor - BM), cu toate că, monitoarele de magistrală nu au voie să participe la transferurile de date și sunt folosite numai pentru captarea sau înregistrarea datelor pentru analiză etc.

În cazul implementărilor de magistrală redundante, mai multe magistrale de date sunt utilizate pentru a furniza mai mult de o cale de date, magistrala de date redundantă. Toate transmisiile pe magistrala de date sunt accesibile BC și tuturor RT-urilor conectate. Mesajele constau în unul sau mai multe cuvinte pe 16 biți (comanda, date sau stare). Cei 16 biți care conțin fiecare cuvânt sunt transmisii folosind codul Manchester. Fiecare cuvânt este precedat de o sincronizare de 3 μ s puls și urmate de un bit de paritate. Practic, fiecare cuvânt ar putea fi considerat un cuvânt de 20 de biți: 3 biți pentru sincronizare, 16 biți pentru sarcină utilă și 1 bit pentru control paritar. Cuvintele dintr-un mesaj sunt transmise continuu și trebuie să existe un interval minim de 4 μ s între mesaje. Cu toate acestea, acest decalaj între mesaje poate fi și adesea este mult mai mare decât 4 μ s, chiar până la 1 ms cu niște controlori de magistrală.

Toată comunicarea pe magistrală este controlată de controlerul de bus folosind comenzi de la BC la RT pentru a recepționa sau a transmite.

Secvența de cuvinte pentru transferul datelor de la BC la un terminal este:

master.command (terminal) → terminal.status (master) → master.data (terminale) → comand.command (terminal) → terminal.status (master)

și pentru comunicarea terminal-terminal este:

master.command (terminal₁) → terminal₁.status (master) → master.command (terminal₂) → terminal₂.status (master) → master.command (terminal₁) → terminal₁.data (terminal₂) → master.command (terminal₂) → terminal₂.status (master)

Aceasta înseamnă că în timpul unui transfer, întreaga comunicare este pornită de către controlerul de bord și un dispozitiv terminal nu poate porni singur un transfer de date.

În cazul transferului RT până la RT, secvența este următoarea: O aplicație sau o funcție din subsistemul din componența interfeței RT (de exemplu, RT₁) scrie datele care urmează să fie transmise într-o subadresă specifică (transmisie). Momentul în care aceste date este scris la sub-adresa nu este neapărat legat de timpul tranzacției, deși interfețele asigură că datele parțial actualizate nu sunt transmise. Controlerul de comandă RT care este destinația datelor (de exemplu, RT₂) este interogată dacă este pregătit pentru a recepționa datele de la o sub-adresă de date specificată și apoi comenzile RT₁ pentru a transmite de la adresa de transmisie specificată în comandă. RT₁ transmite un cuvânt de stare, indicând starea sa actuală și datele. Controlorul de bord primește cuvântul de stare RT₁ și vede dacă comanda de transmisie a fost recepționată și acționată fără probleme. RT₂ primește datele de pe magistrala de date partajată și o scrie în sub-adresa de destinație desemnată și transmite cuvântul său de stare. O aplicație sau o funcție pe subsistemul din componența interfeței RT receptoare poate accesa apoi datele. Din nou, calendarul acestei citiri nu este neapărat legat de cel al transferului. Controlerul de bord primește cuvântul de stare al RT₂ și vede dacă comanda de primire și datele au fost primite și acționate fără probleme.

Dacă, totuși, fie RT nu reușește să trimită starea sau datele așteptate, fie indică o problemă prin setarea unor biți de eroare în cuvântul de stare, controlerul bus-ului poate încerca din nou transmisia. Pentru astfel de încercări sunt disponibile mai multe opțiuni, inclusiv o reîncercare imediată (pe magistrală de date a unei perechi redundante de magistrale de date) și o încercare ulterioară (pe aceeași magistrală) în secvența transferurilor. Cuvântul de stare de la sfârșitul unei secvențe de transfer de date asigură că datele au fost primite și că rezultatul transferului de date este acceptabil. Această secvență oferă MIL-STD-1553 integritatea ridicată.

Cu toate acestea, standardul nu specifică un anumit moment pentru un anumit transfer - este vorba de proiectanții de sistem. În general (modul în care se realizează majoritatea aeronavelor militare), controlorul de bus are un program de transferuri care acoperă majoritatea transferurilor, adesea organizate într-un ciclu major, care este adesea împărțit în cicluri minore. Într-o astfel de structură ciclică executivă, transferurile care apar în fiecare ciclu minor (grupul de rată 1) se întâmplă la cea mai mare rată, în mod tipic 50 Hz, transferurile care apar în orice alt ciclu minor (din care există două grupuri) se întâmplă la următoarea rată mai mică, de exemplu 25 Hz. În mod similar, există patru grupuri, de exemplu, 12,5 Hz și așa mai departe. Prin urmare, în cazul în care se utilizează această structură de programare, transferurile sunt toate la frecvențe legate armonic, de ex. 50; 25; 12,5; 6,25; 3,125 și 1,5625 Hz. În timp ce RT-urile nu pot porni un transfer direct pe cont propriu, standardul include o metodă când o unitate RT trebuie să transmită date care nu sunt programate automat de controlerul de bord. Aceste transferuri sunt deseori numite transferuri aciclice, deoarece acestea se află în afara structurii utilizate de executivul ciclic. În această secvență, RT cere transmisia printr-un bit în cuvântul de stare, bitul "Solicitare de serviciu". În general, acest lucru determină controlerul de bord să transmită un cod de comandă a modului de transmisie vectorial. Cu toate acestea, în cazul în care un RT are doar un posibil transfer aciclic, controlerul de bord poate sări peste această parte. Cuvântul vector este transmis de RT ca un singur cuvânt de date pe 16 biți. Formatul acestui cuvânt vectorial nu este definit în standard, deci proiectanții sistemului trebuie să precizeze ce acțiune trebuie să efectueze controlerul de bord în funcție de valorile din vectorul transmis de RT. Acesta poate fi să programeze un transfer aciclic fie imediat, fie la sfârșitul ciclului minor. Aceasta înseamnă că, controlerul de bord trebuie să scaneze toate terminalele de la distanță conectate la magistrala de date, în general, cel puțin o dată într-un ciclu major. RT-urile cu funcții cu prioritate mai mare (de exemplu, cele care operează suprafețele de control ale aeronavei) sunt scanate mai des. Funcțiile cu prioritate redusă sunt trimise mai rar.

Sunt permise șase tipuri de tranzacții între BC și un RT specific sau între controlorul de bord și o pereche de RT:

1. Controler la RT Transfer. Controlerul de bord trimite un cuvânt de comandă de primire pe 16 biți, imediat urmat de 1 până la 32 de cuvinte de date pe 16 biți. Terminalul de la distanță selectat trimite apoi un singur cuvânt de stare pe 16 biți.
2. RT la transferul controlerului. Controlerul de magistrală trimite un cuvânt de comandă de transmisie unui Terminal la Distanță. Terminalul de la distanță trimite apoi un singur cuvânt de stare, imediat urmat de 1 până la 32 de cuvinte.
3. Transferuri RT la RT. Controlerul bus transmite un cuvânt de comandă de primire imediat urmat de un cuvânt de comandă de transmisie. Terminalul de la distanță trimite un cuvânt de stare imediat urmat de 1 până la 32 de cuvinte de date. Terminalul de primire trimite apoi cuvântul său de stare.
4. Comandă de mod fără cuvânt de date. Controlerul de bord trimite un cuvânt de comandă cu o sub-adresă de 0 sau 31 care semnifică o comandă de tip Cod de mod. Terminalul de la distanță răspunde cu un cuvânt de stare.
5. Comandă de mod cu cuvântul de date (Transmite). Controlerul de bord trimite un cuvânt de comandă cu o sub-adresă de 0 sau 31 care semnifică o comandă de tip Cod de mod. Terminalul de la distanță răspunde cu un cuvânt de stare imediat urmat de un singur cuvânt de date.
6. Comandă de mod cu cuvântul de date (primiți). Controlerul de bord trimite un cuvânt de comandă cu o sub-adresă de 0 sau 31 care semnifică o comandă de tip de cod de stare imediat urmată de un singur cuvânt de date. Terminalul de la distanță răspunde cu un cuvânt de stare.

De asemenea, MIL-STD-1553B a introdus conceptul de transferuri opționale de emisie, în care datele sunt trimise tuturor RT-urilor care implementează opțiunea, dar la care nu răspunde niciun RT, deoarece acest lucru ar cauza conflicte în magistrala. Acestea pot fi utilizate în cazul în care aceleași date sunt trimise la RT-uri multiple, pentru a reduce numărul de tranzații și, astfel, a reduce încărcarea pe magistrala de date. Cu toate acestea, lipsa răspunsurilor explicite de către RT-urile care primesc aceste emisiuni înseamnă că aceste transferuri nu pot fi reîncărcate automat în cazul unei erori în tranzație.

Sunt permise patru tipuri de tranzații difuzate între BC și toate RT-urile capabile:

1. Controler la RT - Transfer. Controlerul de bord trimite un cuvânt de comandă de primire cu o adresă Terminal 31 care semnifică o comandă de tip date, imediat urmată de 0 până la 32 de cuvinte de date. Toate Terminalele de la distanță vor accepta datele, dar nu vor răspunde.
2. RT la RT - Transferuri. Controlorul de bord trimite un cuvânt de comandă de primire cu o adresă Terminal 31 care semnifică o comandă de tip date, imediat urmată de o comandă de transmisie. Terminalul de la distanță trimite un cuvânt de stare imediat urmat de 1 până la 32 de cuvinte de date. Toate Terminalele de la distanță dar nu vor răspunde.
3. Comandă de mod fără cuvânt de date. Controlerul de magistrală trimite un cuvânt de comandă cu o adresă Terminal 31 care semnifică o comandă de tip de date și o sub-adresă de 0 sau 31 care semnifică o comandă de tip Comandă de mod.
4. Mod de comandă cu Cuvânt de date. Controlorul de bord trimite un cuvânt de comandă cu o adresă Terminal 31 care semnifică o comandă de tip de date și o sub-adresă de 0 sau 31 care semnifică o comandă de tip Mod de comandă, imediat urmată de un cuvânt de Date. Nu există terminale la distanță.

În figura 3 se prezintă un sistem de probă MIL-STD-1553B care constă din:

- redundante MIL-STD-1553B
- un controler de bus
- un controler bus de rezervă
- un monitor de bus
- un terminal la distanță cu unul sau mai multe subsisteme care comunică cu acesta un subsistem cu terminal Terminal încorporat

Se observă că:

- funcționează în funcție de o listă de comenzi stocată în memoria sa locală
- comandă diferite terminale la distanță pentru a trimite sau primi mesaje
- orice solicitare pe care o primește de la terminalele de la distanță
- detectează și recuperează din erori
- păstrează o istorie a erorilor



Figura 3 Sistem de probă MIL-STD-1553B

Specificația 1553B dictează faptul că toate dispozitivele din sistem sunt conectate la o pereche redundantă de magistrale pentru a furniza o cale alternativă de date în caz de avarie sau de defectare a magistralei primare. Mesajele din magistrală se deplasează numai pe o singură magistrală, determinată de controlerul de bord.

Monitorul magistralei

Un monitor de magistrală (bus monitor - BM) nu poate transmite mesaje pe magistrala de date. Rolul său principal este monitorizarea și înregistrarea tranzacțiilor de informații fără a interfera cu funcționarea controlerului de bord sau a RT. Aceste tranzacții înregistrate pe magistrală pot fi apoi stocate, pentru o analiză off-line ulterioară.

În mod ideal, un BM captează și înregistrează toate mesajele transmise prin magistrala de date 1553. Cu toate acestea, înregistrarea tuturor tranzacțiilor pe o magistrală de date ocupată ar putea fi impracticabilă, astfel încât un BM este adesea configurat să înregistreze un subset al tranzacțiilor, pe baza anumitor criterii furnizate de programul de aplicație.

Cablare

Deși MIL-STD-1553B specifică faptul că magistrala de date ar trebui să aibă o impedanță caracteristică între 70 și 85 ohmi, industria a standardizat la 78 ohmi. MIL-STD-1553B nu specifică lungimea magistralei. Cu toate acestea, lungimea maximă a magistralei este direct legată de ecartamentul conductorului de cablu și de întârzierea semnalului transmis. Un conductor mai mic atenuează semnalul mai mult decât un conductor mai mare. Întârzierea tipică de propagare pentru un cablu 1553B este de 1,6 nsec/ft (abrevierea pentru picior în limba engleză: 1 ft=0,3048 m). Astfel, magistrala de 30 de metri de la capăt la capăt (30 m) ar avea o întârziere de propagare de 160 nsec, egală cu timpul mediu de creștere a unui semnal 1553B. Conform MIL-HDBK-1553A, atunci când timpul de întârziere a propagării unui semnal este mai mare de 50% din timpul de creștere sau de cădere, este necesar să se ia în considerare efectele liniei de transmisie. Acest timp de întârziere este proporțional cu distanța propagată. De asemenea, trebuie luată în considerare distanța reală dintre emițător și receptor și caracteristicile individuale ale formei de undă ale transmițătorilor și receptoarelor. MIL-STD-1553B specifică faptul că lungimea cea mai lungă este de 20 ft (6,1 m) pentru cilindrii cuplați de transformator, dar poate fi depășit.

Cuple de magistrală

Piesele pentru RT, BC sau BM sunt în general conectate la magistrală prin intermediul cutiilor de cuplare, care pot furniza conexiuni simple sau multiple. Acestea asigură ecranarea necesară ($\geq 75\%$) și, pentru transformatoarele cuplate, conțin transformatoare de cuplare și rezistențe de izolare. Acestea au două conectori externi prin care se alimentează magistrală și unul sau mai mulți conectori. Acești conectori nu trebuie să se termine cu rezistențe potrivite, ci să lase un circuit deschis atunci când nu este utilizat, cu capacele de închidere, dacă este necesar. Una dintre conectorii de magistrală poate fi terminată acolo unde cuplajul de magistrală este fizic la capătul cablului de autobuz, adică nu este în mod normal considerat esențial să existe o lungime a cablului de autobuz între ultimul cuplaj de magistrală și rezistorul de terminare.

Magistrala ARINC 429

"Sistemul de transfer digital de informații Mark33 (DITS)" este, de asemenea, cunoscut ca standardul tehnic aeronautic radio INC (ARINC) pentru transferul de date avionice predominant utilizat pe majoritatea aeronavelor comerciale și de transport de vârf. Acesta definește interfețele fizice și electrice ale unei magistrale de date cu două fire și un protocol de date pentru a sprijini rețeaua locală de avionică a avionului.

Descriere tehnică

Mediu și semnalizare

ARINC 429 este un standard de transfer de date pentru avionică. Utilizează un protocol de sincronizare cu magistrala de date (Tx și Rx pe porturi separate). Firele de conectare fizică sunt perechi răsucite care poartă o semnalizare diferențială echilibrată. Cuvintele de date sunt de 32 de biți în lungime și majoritatea mesajelor constau dintr-un singur cuvânt de date. Mesajele sunt transmise fie la 12,5, fie la 100 kbit / s la alte elemente de sistem care monitorizează mesajele din magistrală. Transmițătorul transmite în mod constant cuvinte de date pe 32 de biți, fie starea NULL (0 Volți). O singură pereche de fire este limitată la un emițător și nu mai mult de 20 de receptoare. Protocolul permite auto-clocking la sfârșitul receptorului, eliminând astfel necesitatea de a transmite date de ceas. ARINC 429 este o alternativă la MIL-STD-1553.

Unitatea de transmisie ARINC 429 este o structură pe 32 de biți cu lungime fixă, pe care standardul îl numește "cuvânt". Biții dintr-un cuvânt ARINC 429 sunt identificați serial de la bit-ul număr 1 la bit-ul număr 32 sau pur și simplu Bit 1 până la Bit 32. Câmpurile și structurile de date ale cuvântului ARINC 429 sunt definite prin această numerotare. Chiar dacă transmisia cuvântului ARINC 429 începe cu Bit 1 și se termină cu Bit 32, este comună și descrie cuvintele și în ordinea de la Bit 32 la Bit 1. În termeni simpli, ordinea de transmisie a biților (de la primul bit transmis la ultimul bit transmis) pentru un cuvânt pe 32 de biți este în mod convențional: Primul bit 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,

10, 11, 12, ... 29, această secvență este adesea reprezentată în publicațiile ARINC 429 în direcția opusă: Ultimul bit 32, 31, 30, 29, ... 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 Primul bit.

Atunci când formatul de cuvânt ARINC 429 este ilustrat cu Bit 32 în stânga, reprezentările numerice din câmpul de date sunt citite, în general, cu cel mai semnificativ bit din stânga. Totuși, în această prezentare specială a ordinii de biți, câmpul Etichetă citește cu cel mai semnificativ bit din dreapta. Ca și câmpurile de identificare a protocoalelor CAN (Controller Area Network), câmpurile de etichetă ARINC 429 sunt transmise mai întâi biților cei mai semnificativi. Cu toate acestea, la fel ca și protocolul UART (Universal asynchronous receiver-transmitter), numerele zecimale codate binare și numerele binare din câmpurile de date ARINC 429 sunt în general transmise în primul rând cu bitul cel mai puțin semnificativ.

Anumiți furnizori de echipamente publică ordinea de transmisie a biților ca: Primul bit 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 9, 10, 11, 12, 13 ... 32 Ultimul bit.

Fiecare cuvânt ARINC 429 este o secvență pe 32 de biți care conține cinci câmpuri:

- Bitul 32 este bitul de paritate și este folosit pentru a verifica dacă cuvântul nu a fost deteriorat sau defectat în timpul transmisiei. Fiecare canal ARINC 429 utilizează de obicei paritatea: acest bit este setat la 1 sau 0 în funcție de numărul impar sau par de biți "1" în cuvânt.

- Biții de la 30 la 31 sunt Matricea de Semnătură / Statut (SSM) - acești biți pot avea diferite codificări în funcție de reprezentarea particulară a datelor aplicată unui cuvânt dat. În toate cazurile, folosind SSM, acești biți pot fi codificați pentru a indica:

- Operație normală (NO) - Indică faptul că datele din acest cuvânt sunt considerate date corecte.

- Test funcțional (FT) - Indică faptul că datele sunt furnizate de o sursă de testare.

- Avertisment de defecțiune (FW) - Indică o eroare care determină ca datele să fie suspecte sau să lipsească.

- Nu există date computerizate (NCD) - Indică faptul că datele lipsesc sau sunt inexacte din alte motive decât cele de eșec. De exemplu, comenzile de autopilot vor fi afișate ca NCD atunci când pilotul automat nu este pornit. lipsească.

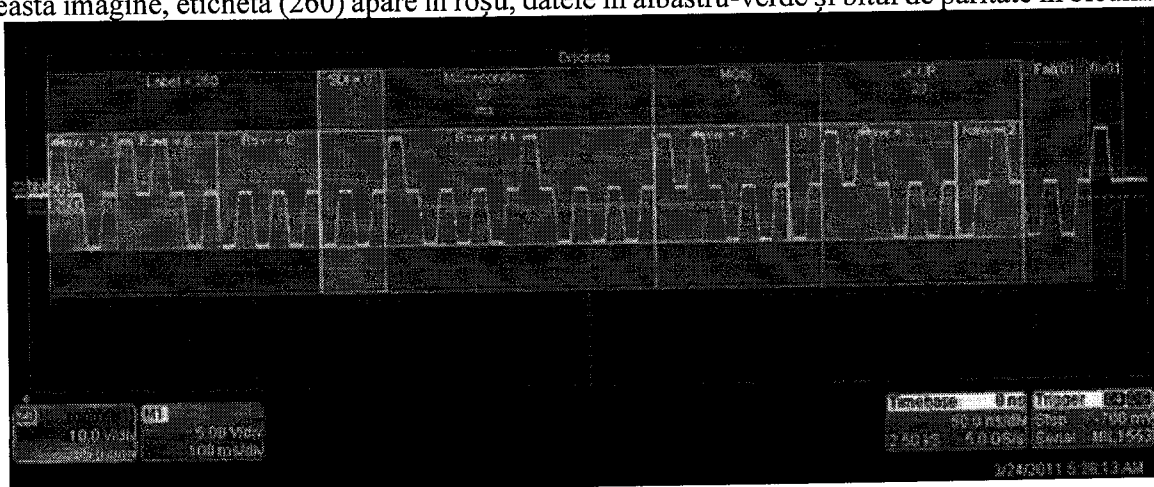
- Bitul 29 reprezintă semnul numărului în cazul reprezentării a numerelor binare cu semn și ia valoarea 0 pentru semnul plus și 1 pentru minus.

- Biții 11 până la 29 conțin datele. Câmpul de biți, zecimalele codificate binare (BCD) și reprezentările numerice binare (BNR) sunt formate comune de date ARINC 429. Formatele de date pot fi, de asemenea, amestecate.

- Biții 9 și 10 sunt Identificatori de Sursă / Destinație (SDI) și pot indica receptorul dorit sau, mai frecvent, indică subsistemul de transmitere.

- Biții de la 1 la 8 conțin o etichetă (cuvinte pe etichetă), exprimată în octal (numărătoarea de biți 1 MSB), identificând tipul de date.

Imaginea de mai jos exemplifică multe dintre conceptele explicate în secțiunile adiacente. În această imagine, eticheta (260) apare în roșu, datele în albastru-verde și bitul de paritate în bleumarin.



Etichete

Instrucțiunile de etichetare sunt furnizate ca parte a specificației ARINC 429, pentru diferite tipuri de echipamente. Fiecare aeronavă va conține un număr de sisteme diferite, cum ar fi computerele de management al zborului, sistemele de referință inerțiale, computerele de date din aer, altimetrele radar, radiourile și senzorii GPS. Pentru fiecare tip de echipament este definit un set de parametri standard, care este comun tuturor producătorilor și modelelor. De exemplu, orice computer cu date din aer va furniza altitudinea barometrică a aeronavei ca etichetă 203. Există însă doar un număr limitat de etichete, astfel încât eticheta 203 poate avea o semnificație complet diferită dacă este trimisă de un senzor GPS, de exemplu. Parametrii de aeronave foarte necesari totuși, utilizează aceeași etichetă indiferent de sursă. De asemenea, ca orice specificație, fiecare producător are diferențe mici față de specificația formală, cum ar fi furnizarea de date suplimentare, excluderea unor date recomandate de specificație sau a altor modificări diferite.

Protecție împotriva interferențelor

Sistemele avionice sunt obligate să îndeplinească cerințele de mediu, declarate de obicei ca categorii de mediu RTCA DO-160. ARINC 429 utilizează mai multe tehnici fizice, electrice și de protocol pentru a minimiza interferența electromagnetică cu radiourile de la bord și cu alte echipamente, de exemplu alte cabluri de transmisie.

Cablajul său este o pereche răsucită de 78Ω ecranată. Analiza ARINC definește o diferență de 20V între nivelele datelor A și ale datelor B din cadrul transmisiei bipolare (adică 10V pentru datele A și -10V pentru datele B ar constitui un semnal de conducere valabil), iar specificația definește timpii de creștere și de cădere acceptabili. Codificarea datelor de la ARINC 429 utilizează o formă de undă de transmisie bipolară diferențială complementară bipolară, reducând în continuare emisiile EMI (Electromagnetic Interference) de la cablul propriu-zis.