

CONTROLUL ȘI DIRIJAREA COMPLEXULUI FIZIOTERAPEUTIC

Autori: Valerian DOROGAN, Stanislav VIERU, Tatiana VIERU, Vitalie SECRIERU, Eugen MUNTEANU, Ștefan BALICA, Egor GORCEAC

Ideea principală: Elaborarea unui complex fizioterapeutic care are la bază un sistem centralizat de control periferic, la care sunt conectate ca module aparte circuite responsabile de diferite tipuri de proceduri fizioterapeutice.

Cuvinte cheie: interpretator de comandă, convertor digital-analogic, convertor analogic-digital, spațiu de adrese, feedback, sursă de curent, magistrală asincronă.

1. Introducere

Prezentul articol este și un raport asupra unui program de stat asupra elaborării unui complex fizioterapeutic. Complexul dat trebuie să includa posibilitatea efectuării următoarelor tipuri de proceduri fiziologice:

- terapie laser;
- stimulare transcutanată a nervilor (TENS);
- aeroionizare;
- terape cu unde milimetrice;
- etc;

2. Structura complexului fizioterapeutic.

Deoarece dispozitivul elaborat ca destinație trebuie să fie folosit la diferite tipuri de proceduri, cu pacienți diferit, iar uneori chiar fiind necesară modificarea parametrilor procedurii de la una la alta, se impune utilizarea unei baze de date pentru procedurile efectuate, care ar simplifica și ar face mai rapidă deservirea pacienților. Operatorul va fi obligat doar sa introducă în baza de date din start doar datele personale ale pacientului, tipul și durata procedurilor, iar la următoarea vizită doar numele pacientului. Parametrii procedurilor fiziologice vor fi automat încărcate de către un calculator personal, de masă sau unul portativ (NetBook).

Deoarece complexul fizioterapeutic include posibilitatea efectuării mai multor tipuri de

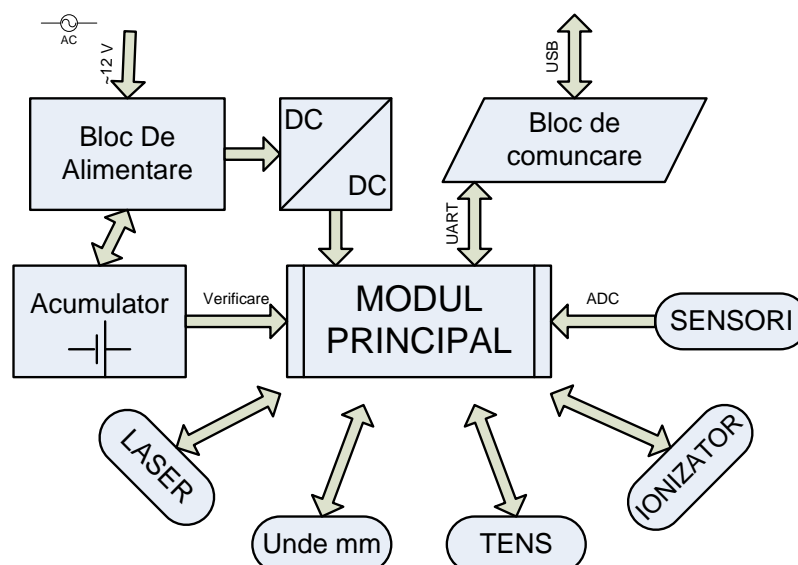


Fig.1 Schema bloc a sistemului de control pentru complexul fizioterapeutic

proceduri, iar cerințele tehnice sunt destul de stricte, pentru fiecare tip de procedură fiind necesară o metoda de control aparte, am decis elaborarea complexului pe module. Anume structura modulară a oricărui dispozitiv oferă un șir de performanțe, printre care:

- deservire rapidă a dispozitivului în caz de defecțiune prin schimbarea simplă a modulului defectat;
- ajustarea ușoară a modulelor, în mod individual, în procesul de producere și calibrare;
- posibilitate de modernizare flexibilă;
- consum redus în timpul funcționării prin deconectarea modulelor pasive;

Lista avantajelor poate fi extinsă, dar punctul forte pentru complexul descris anume fiind posibilitatea extinsă de modernizare.

Cheia complexului prezentat este *modulul principal*, care prin intermediul unor comenzi speciale recepționate de la calculator prin intermediul magistrale *USB*, poate în mod individual ajusta și pune în stare funcțională orice modul periferic, iar modulul la rândul său, în cele din urmă, răspunde de unul din tipurile de proceduri fiziologice convenite în cadrul proiectului.

3. Metoda de modernizare a modulului principal

Trebuie de menționat că nu numai modulele periferice din cadrul complexului pot fi modernizate, dar și modulul principal. Tot mai populară în ultimul timp este ideea de a dota orice dispozitiv cu posibilitatea de înnoire a softului integrat de firmă (**firmware**). Pentru aceasta dispozitivul are un port aparte pentru ”înnoire”, sau folosește unul din porturile de uz general, procedura de înnoire fiind una diferită de cea generală de comunicare a portului selectat. Însăși secvența de program care răspunde de *update*, este numită *bootloader*, și este rulată într-un mod special. Complexul fizioterapeutic este și el dotat cu un *bootloader*, astfel fiind posibilă posibilitatea de înnoire și modernizare a dispozitivului în proporție maximă. Înnoirea se face de la calculator prin interfața de comunicare cu dispozitivul (USB), cu ajutorul unui program special.

Executarea *bootloaderului* are loc imediat după pornirea complexului. Dacă în timp de 2 secunde are loc stabilirea legăturii dintre *bootloader* și calculator, atunci *bootloaderul* trece în regim de *update* al programului de bază. *Firmware*-ul se înnoiește pe secvențe, fiecare secvență fiind verificată cu ajutorul unei sume de control. După finisarea *update*-ului contorul de program trece la secvența de executare a complexului. Dacă timp de 2 secunde nu a avut loc stabilirea legăturii dintre *bootloader* și calculator, atunci în continuare se va executa programul de bază.

4. Sistemul de alimentare a complexului fizioterapeutic

Deoarece complexul fizioterapeutic trebuie să existe în variantă mobilă; blocul de alimentare trebuie să funcționeze alimentându-se și de la un acumulator, iar la conectarea la rețeaua globală de alimentare să permită încărcarea acestuia. Pentru a nu permite supradescărcarea dispozitivului, modulul principal verifică permanent starea acumulatorului, deconectându-se automat dacă este necesar.

Modulul principal și alte module necesită o alimentare de tensiune mai joasă, deoarece circuitele logice interne în mare parte sunt de tip TTL. Pentru a reduce pierderile energetice la obținerea unei tensiuni de alimentare suplimentare am decis utilizarea unui convertor de tensiune de tip **DC/DC**. Anume convertoarele de tensiune au un randament sporit (~**80 %** pentru dispozitivul elaborat) față de utilizarea unui stabilizator de tensiune obișnuit (~**40 %** dacă s-ar fi utilizat).

5. Modulele periferice

După cum am menționat mai sus orice modul periferic poate fi dirijat și controlat de către modulul principal (placa de bază). Ca regulă dirijarea are loc prin intermediul porturilor de intrare/ieșire, și unui port sincron (la proiectul dat TWI sau mai poate fi numit I2C). Porturile de intrare/ieșire sunt ca regulă utilizate pentru formarea semnalelor de frecvență și deconectarea modulelor. Portul sincron este conectat la un circuit de formare a semnalului analogic, care formează tensiunea/curentul de ieșire pentru modulul respectiv. Controlul modulelor se face prin intermediul intrărilor digitale și intrărilor analogice.

6. Modelul de funcționare a complexului fizioterapeutic.

Programul de executare a complexului fizioterapeutic are un model asemănător unui sistem de operare. Există nucleul programului care face legătura dintre modulele periferice și urmărește starea lor funcțională. În același timp este asigurată și interacțiunea cu calculatorul (utilizatorul).

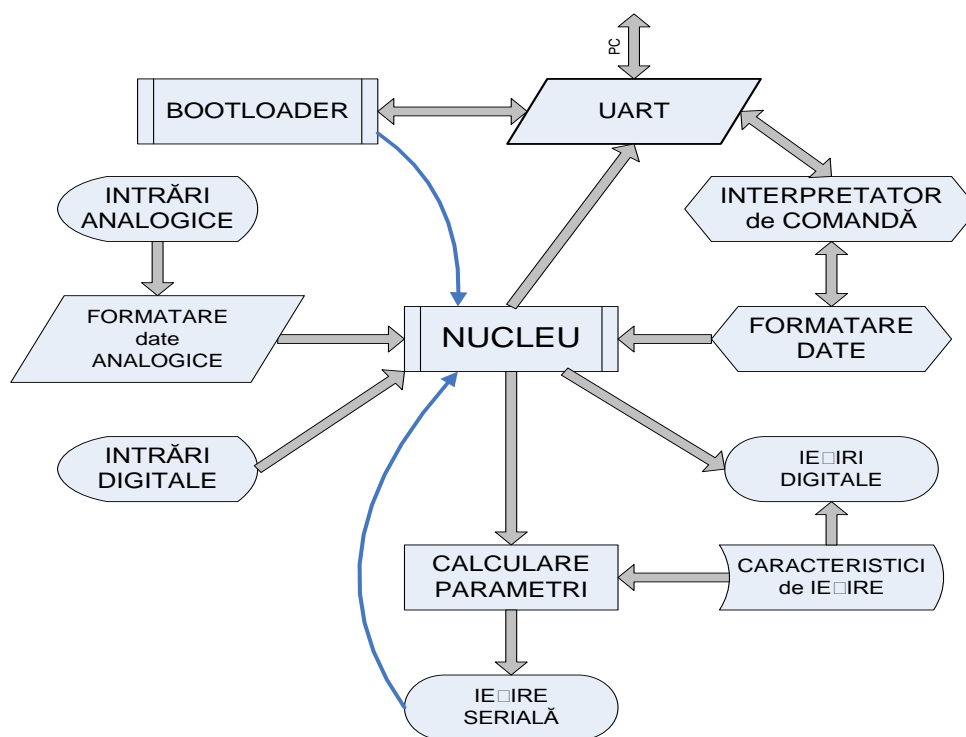


Fig.2 Structura funcționării programului p-u complexului fizioterapeutic

6.1 Interpretatorul de comandă

Datele primite de la calculator prin intermediul magistralei asincrone sunt prelucrate prin intermediul unui **interpretator de comandă**. Interpretatorul folosit are următoarele avantaje:

- comoditate în utilizare;
- flexibilitate ridicată;
- posibilități extinse de operare cu datele;
- funcționare autonomă.

Interpretatorul va căuta la începutul secvenței de date primite cuvântul care va corespunde unei comenzi din partea calculatorului, de exemplu **"PTC_TEMP"**. Dacă există așa comandă atunci nucleul va determina executarea funcției de citire a temperaturii, unde va fi citită temperatura din interiorul complexului, va fi pregătit răspunsul pentru calculator, și va fi ordonată transmiterea

datelor respective. După transmiterea datelor existente în stiva de așteptare spre UART va fi transmis și rezultatul despre temperatura curentă în interiorul cutiei complexului fizioterapeutic.

Interpretatorul de comandă reprezintă un modul aparte, ce are mai multe posibilități de operare cu datele recepționate. Una din posibilitățile interpretatorului folosit este determinarea parametrilor comenzii. De exemplu a venit comanda de la calculator ”*TENS_D 100*”. Comanda respectivă trebuie să seteze durata impulsului pentru modulul *TENS* la 100 μs. Interpretatorul de comandă va depista parametri pentru comanda venită, care are valoarea 100 în cazul respectiv.

Folosirea interpretatorului însă impune și careva impedimente în timpul lucrului legate de următoarele neajunsuri:

- structura închisă nu permite operarea cu toate datele din interiorul sistemului de interpretare a comenzilor;
- timp de execuție ridicat, și mărime a programului ridicată;
- volum mare a memoriei operative utilizate.

6.2 Interacțiunea cu modulele complexului fizioterapeutic.

Operarea cu modulele complexului fizioterapeutic are loc prin intermediul următoarelor componente:

1. Intrări digitale;
2. Intrări analogice;
3. Ieșiri digitale;
4. Ieșiri analogice;

Intrările digitale sunt folosite pentru a vizualiza anumite stări pentru modulul respectiv. Pentru modulul *Laser* ar fi starea butonului amplasat în interiorul capului optic. Butonul este folosit pentru o interacțiune mai ușoară a operatorului cu complexul în timpul procedurilor.

Pentru monitorizarea stării circuitelor de ieșire ale modulelor complexului fizioterapeutic sunt utilizate intrările analogice ale modulului principal. Deoarece diferite module au parametri de ieșire diferiți (amplitudine, precizie necesară), semnalul analogic convertit în digital necesită o formatare specială. Ca regulă semnalul analogic citit este reprezentat într-o formă specială. Pentru modulul *TENS* ar fi reprezentarea finală în tensiune. Dacă tensiunea de ieșire a modulului *TENS* este mai mică decât $\frac{3}{4}$ din valoarea tensiunii setate, atunci nucleul va determina oprirea modulului, în vederea protecției împotriva unui eventual scurtcircuit la ieșire.

Ieșirile digitale sunt cu 2 destinații: de *formare a semnalului* și de *conectare a modulului*. Ca regulă inițial modulul este pornit în stare de așteptare. Urmează efectuarea setărilor convenite după care generarea semnalului de ieșire, și modul va trece din stare de așteptare în regim de funcționare. Pentru a simplifica procedura de oprire a modulului, este necesar ca calculatorul să indice comanda de oprire a semnalului de ieșire, modulul astfel trecând automat în stare de oprire.

Pentru formarea ieșilor analogice s-au folosit potențiometre digitale de 8-biți. Dirijarea cu un potențiomtru digital este efectuată prin intermediul magistralei sincrone *TWI*.

Deoarece potențiometrele folosite într-un singur corp sunt în număr de două a câte 8 biți, am decis cuplarea lor în serie, astfel ridicând precizia la 9-biți. În același timp s-a ridicat și neliniaritatea semnalului de ieșire, dar oricum s-a dovedit a fi în limitele acceptabile.

6.3 Exemplu de funcționare pentru modulul LASER

Conform specificului de funcționare a modului *LASER* inițial este necesară setarea puterii de ieșire a laserului. Pentru aceasta calculatorul cere executarea setării puterii. Nucleul va verifica dacă puterea setată convine diapazonului de 5-50 mW. Urmează pregătirea datelor și consecutiv calculul valorii potențiometrului, care va corespunde caracteristicii Watt-Amperice a laserului. Caracteristica Watt-Amperică a laserului se află într-un masiv de date din spațiul de adrese a EEPROM-ului intern al microcontrolerului. După calculul curentului de lucru al laserului are loc calculul valorii potențiometrului. Potențiometrul setat va forma tensiunea de referință corespunzătoare sursei de curent a laserului. După cum am menționat mai sus potențiometrul este dirijat prin intermediul unei magistrali TWI, care permite verificarea stării potențiometrului în timpul setării. În caz că setarea nu a avut loc, va fi semnalat calculatorul cu mesajul de refuz corespunzător.

Setarea frecvenței de lucru a laserului va fi și un semnal de pornire sau oprire a modului. Inițial va fi verificat dacă diapazonul de frecvențe este [1-10000] Hz, urmează verificarea dacă a fost setată puterea de lucru. Deoarece laserul va funcționa într-un diapazon largit este necesar un calcul mai minuțios a regimului de funcționare pentru semnalul de ieșire. Setarea regimului de generare a frecvenței laserului este însoțită cu trecerea modului *LASER* în regim activ.

Bibliografie

1. AVR109: Self Programming http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1644.pdf
2. Using the TWI module as I2C master on tinyAVR and megaAVR devices http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2564.pdf
3. Using the XMEGA ADC http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8032.pdf.

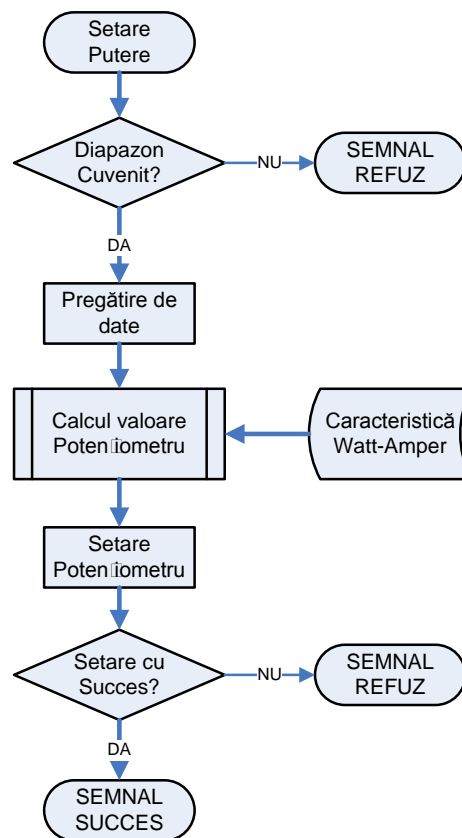


Fig.3 Schema Bloc de setare a puterii Laserului

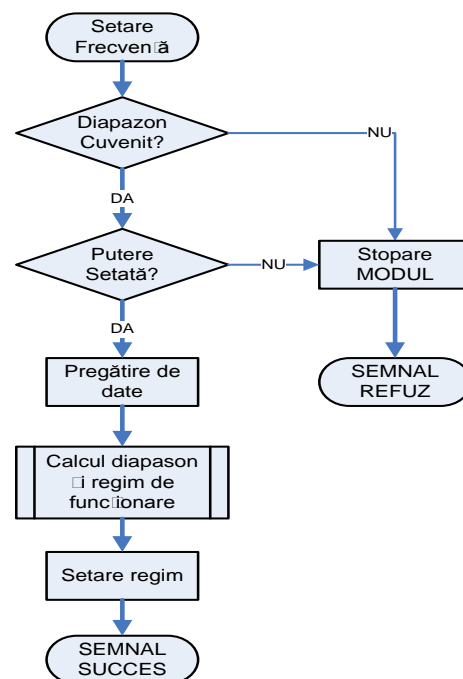


Fig.4 Schema Bloc de setare a frecvenței Laserului