

## ELABORAREA ȘI CONFECTIONAREA SISTEMELOR FIZIOTERAPEUTICE INTEGRATE

**DOROGAN Valerian, VIERU Stanislav, SECRIERU Vitalie,  
VIERU Tatiana, MUNTEANU Eugeniu,**  
Universitatea Tehnică a Moldovei Laboratorul Micro-Optoelectronică

**Abstract:** As a result of experimental developments in the field of modern technologies a new complex for physiotherapy was designed. Complex provides physiotherapy treatment using complex methods: trans-cutaneous nerve electrostimulation (TENS); millimeter wave therapy; laser radiation therapy in the infrared and visible ranges; ultraviolet radiation therapy, therapy with ionized air.

The therapeutic complex consists of an electronic unit based on a performance microcontroller, which ensures operating of all elements, setting operating modes, storing patient information and operating modes. The system is connected via USB / 12 / a netbook which is equipped with specialized software that allows routing the output terminals and control their functionality. Using the netbook allows graphic visualization of parameters selected for therapy.

În urma efectuării studiilor și elaborărilor experimentale complexe în domeniul tehnologiilor moderne s-a proiectat un nou sistem complex pentru fizioterapie, ce asigură tratament fizioterapeutic complex cu utilizarea metodelor: electrostimulare trans-cutanată a nervilor (TENS); terapie cu unde milimetrice; terapie cu radiație laser în domeniile vizibil și infraroșu; terapie cu radiație ultravioletă, terapie cu aer ionizat.

Sistemul complex terapeutic constă dintr-un bloc electronic în baza unui microcontroler de performanță, care asigură funcționarea tuturor elementelor, setarea regimurilor de lucru, stocarea informației despre pacienți și regimuri de lucru. Sistemul este conectat prin interfață USB la un netbook, care este înzestrat cu un soft specializat ce permite dirijarea terminalelor de ieșire și controlul funcționalității acestora. Utilizarea netbook-ului permite vizualizarea grafică a parametrilor selectați pentru terapie.

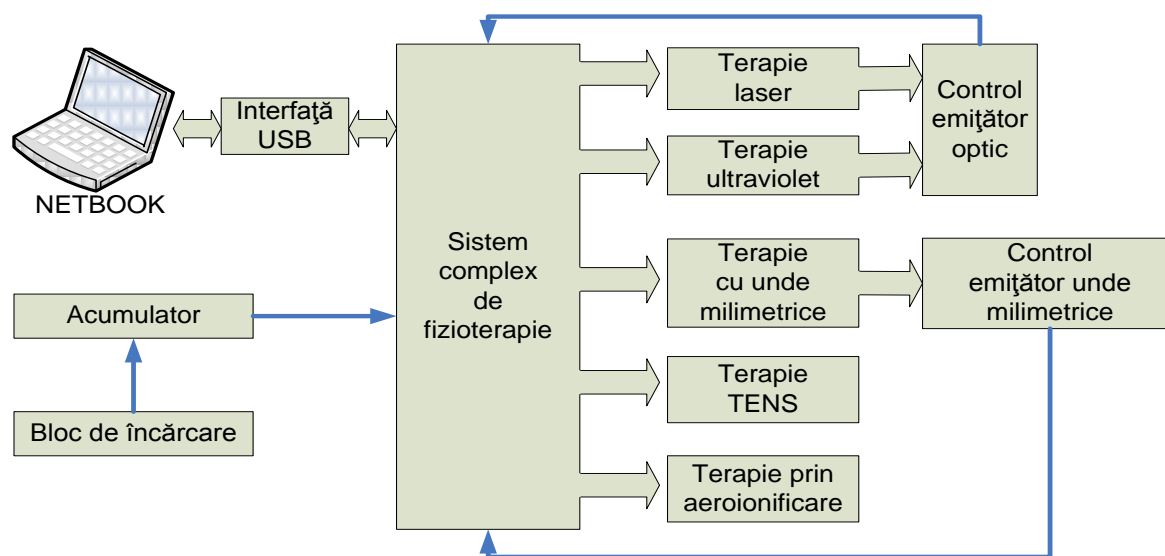


Fig. 1. Schema bloc a sistemului complex pentru fizioterapie

Alimentarea se efectuează de la rețea și de la un sistem autonom de alimentare, ce asigură mobilitatea sistemului și exclude bruiatul rețelei electrice. Sistemul dat permite utilizare a 5 terminale independente destinate pentru terapie laser în infraroșu, terapie ultravioletă, terapie cu unde milimetrice, terapie prin electrostimulare trans-cutanată a nervilor și terapie prin aeroionizare.

Modulul principal și modulele periferice din cadrul complexului pot fi modernizate. Tot mai utilizată 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 dotat cu un *bootloader*, astfel este 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 conținutul 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.

Comunicarea PC cu complexul fizioterapeutic are loc prin intermediul magistralei USB a calculatorului. Magistrala USB reprezintă un sistem destul de complex de comunicare de viteză înaltă (până la 480 Mbps). S-a decis utilizarea unui circuit specializat pentru asigurarea comunicării dintre netbook și complex. Circuitul FT232RL este o alegere convenabilă, deoarece poate fi ușor adaptat pentru comunicarea dintre calculator și un microcontroler dotat cu USART.

Rețelele de alimentare ale netbook-ului și complexului fizioterapeutic pot fi diferite, este preferențială separarea lor galvanică, cu păstrarea parametrilor de comunicare. Pentru aceasta blocul de comunicare al complexului este dotat cu un sistem de optocuploare de viteză înaltă, ce sunt alimentate separat.

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 supra-descărcarea 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).

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.

Modulul de terapie cuantică include terapia cu unde infraroșii (lungimea de undă 0,85 sau 0,98  $\mu\text{m}$ ) emise de dioda laser și terapia cu unde ultraviolete prin utilizarea diodelor UV. Schema bloc a modulului laser și ultravioletă este prezentat în figura 2. Blocul principal de comandă comunică cu Netbookul prin interfața USB, având ca funcție realizarea legăturii dintre netbook și module de terapie și are sursa de alimentare de 6V și 220V.

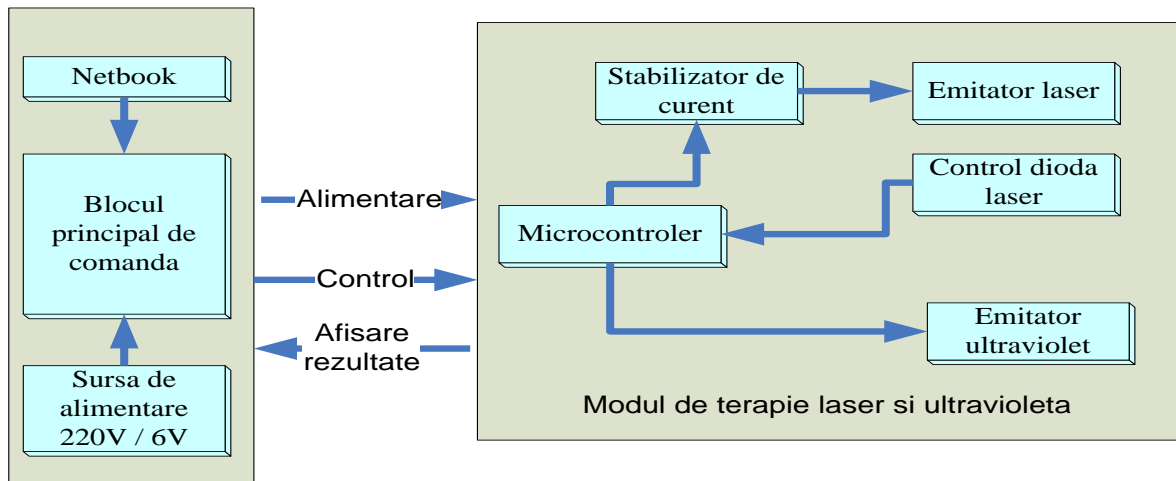


Fig. 2. Schema bloc de conectare a modului de tratament cuantic

În calitate de sursă de curent pentru stabilizarea curentului atât prin laser cât și prin diodele ultraviolete s-a proiectat schema clasică pe un amplificator operațional. Utilizarea tranzistorului cu efect de câmp permite o dependență liniară a curentului la ieșire de tensiunea de intrare. Acest modul este conectat la placa de bază care comandă și controlează funcționarea emițătoarelor optice. Pentru diodele ultraviolete curentul este fixat cu ajutorul unei punți de rezistențe. Pentru dioda laser este prevăzută posibilitatea de reglare a curentului datorită unui potențiomtru digital care formează tensiunea de intrare pentru sursa de curent și este conectat la placa de bază.

Controlul emițătoarelor este realizat măsurând curentului prin emițător cu ajutorul unei intrări al convertorului analog digital din placa de bază. Deoarece undele emise de laser nu sunt vizibile a fost prevăzut un fotodetector pentru verificarea emițătorului. Regimul de funcționare a diodei laser poate fi continuu sau în impuls. Impulsurile se pot regla de la 1Hz până la 10kHz și sunt formate de placa de bază, care este comandat de un netbook dotat cu un soft specializat. În mod analogic și frecvența diodelor ultraviolete poate fi reglată până la 300Hz. Parametrii sunt setați și vizualizați pe ecranul netbook-ului. Procedurile de terapie sunt contorizate de către softul elaborat pentru complexul fizioterapeutic și timpul tratamentului poate fi reglat de la câteva secunde până la o oră.

Modulul de terapie cu aeroioni negativi este utilizat doar staționar deoarece are nevoie de alimentare de tensiune de 220V. Blocul principal de comandă transmite parametrii de lucru prin panoul de comandă și primește datele de afișare prin panoul de afișare.

Modulul de aeroionoterapie are funcția de:

- recepționarea impulsurilor generatorului de frecvență (frecvența e proporțională cu tensiunea de ieșire), tensiune joasă;
- dezlegarea galvanică între circuitul de dirijare de tensiune joasă și circuitului de tensiune înaltă;
- formarea impulsurilor pentru blocul de multiplicare a tensiunii (310V).

Prin intermediul optocuplorului se face dezlegarea galvanică între circuitul de tensiune joasă și cel de tensiune înaltă. Impulsurile de tensiune înaltă se fac în felul următor: modulul se alimentează de la 220V/50Hz, tensiunea de rețea se redresează cu ajutorul punții diodelor și se filtrează pe capacitatea, prin rezistențe se încarcă alta capacitatea, care în continuare se descarcă prin înfășurarea primară a transformatorului de tensiune înaltă și tranzistorul cu efect de câmp. Impulsurile de tensiune pe grila tranzistorului se fac cu ajutorul diodei, rezistențelor și capacității.

În cadrul sistemului complex pentru fizioterapie s-a proiectat un modul de electrostimulare trans-cutanată a nervilor pentru țesuturi musculare. Acest modul este destinat pentru ameliorarea durerilor musculare prin stimulare și permite ajustarea unui set de parametri pentru a căpăta rezultat benefic. Stimulatorul dat, datorită circuitelor microelectronice moderne a fost realizat după o schema diferită de cele existente, astfel asigurându-se calitate în procedurile de terapie.

În urma studierii a aparatelor TENS existente am elaborat un modul diferit atât prin principiul de lucru cât și prin deținerea parametrilor unici. Acest modul va permite studiarea stimulării a fibrelor nervoase și în rezultat se vor defini parametrii optimi pentru acest tip de terapie. Dispozitivele

existente sunt construite dintr-un generator de impulsuri de tensiune joasă, care pentru creșterea tensiunii este conectat la un transformator de ridicare. Electrozii sunt conectați la ieșirea transformatorului ceea ce produce în cadrul impulsului a unor semnale parazitare. Pentru modulul proiectat s-a mers pe o cale mai avansată: tensiunea înaltă se formează cu ajutorul convertorului DC-DC (fig. 3) și se acumulează pe capacități, astfel încât ajunge la 100 V. Cu ajutorul unei reacții inverse această tensiune se poate regla. Cu ajutorul microcontrolerului de bază a sistemului pentru terapie sunt formate impulsuri de o anumită durată și frecvență setată de utilizator, la fel pot fi formate un pachet de impulsuri.

Modulul TENS este comandat și controlat în totalitate de microcontrolerul de pe placa de bază a complexului fizioterapeutic și permite producerea impulsurilor cu următorii parametri:

- Amplitudine reglabilă 15-80V
- Durata impulsului reglabilă 25-250  $\mu$ s
- Frecvența reglabilă 1- 300 Hz
- Amplitudinea maximă a impulsului negativ este 30% din amplitudinea impulsului pozitiv.

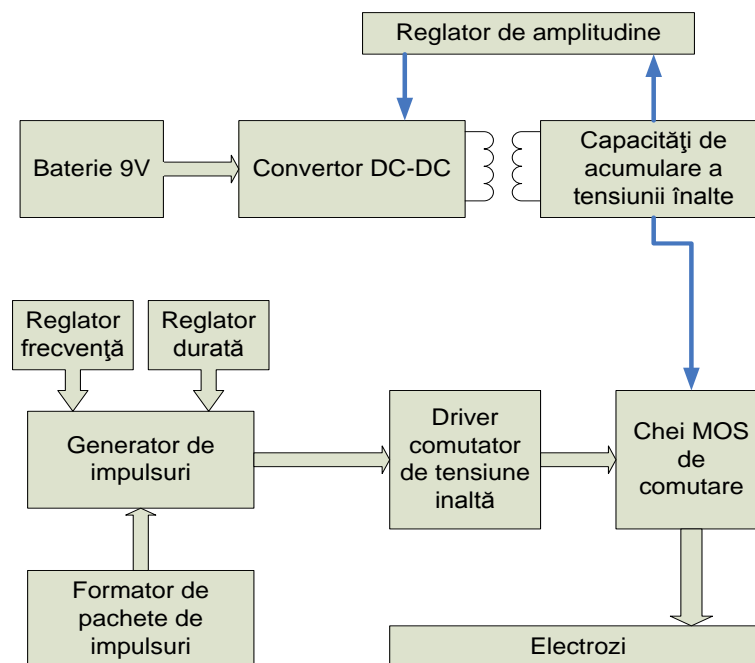


Fig. 3. Schema bloc a modulului TENS realizat pentru sistemul complex pentru terapie

Amplitudinea impulsurilor de tensiune ridicată (max. 80V) este realizată cu ajutorul unui driver PWM. Alimentarea driver-ului este de la sursa de 12÷14,8 V pentru a putea funcționa de la acumulator. Driver-ul generează impulsuri de frecvență înaltă (500 kHz), care prin transformatorul ridicător după redresare și filtrare se capătă tensiune continuă. Amplitudinea este stabilizată de schema de feed-back și se poate regla de către placa de bază prin convertorul digital analogic. La baza convertorului digital analogic stă un potențiomtru digital care are interfață serială sincronă și permite schimbarea a 256 de trepte a rezistenței la ieșire. După ce s-a format tensiunea ridicată microcontrolerul de pe placa de bază o verifică printr-un convertor de nivel de tensiune și apoi începe formarea impulsurilor de ieșire. Driverul formator de impulsuri permite formarea impulsurilor de durată mică (min 25  $\mu$ s) și este comandat de placa de bază. Pentru formarea impulsului bipolar sa utilizat schema RC. Forma impulsului format la ieșirea TENS depinde de sarcină.

Ca rezultat a fost elaborat și confecționat un Sistem complex pentru fizioterapie (fig. 4 ) în prima variantă, care conține diferite module, și anume: modulul principal, modulul de comunicare cu PC, modulul Teralaser, modulul de aeroionoterapie, modulul de electrostimulare transcutană a terminațiilor nervoase (TENS).

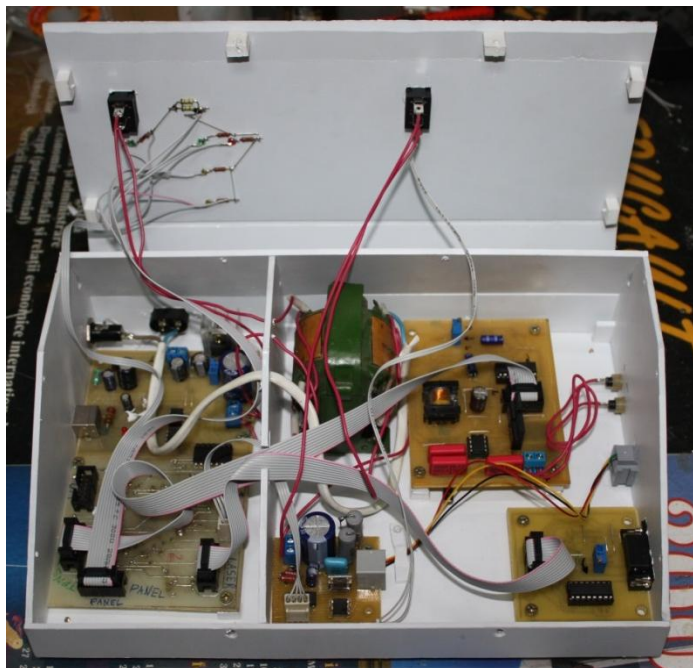


Fig. 4. Structura interioara, plasarea si conexiunea cablajului imprimat.

Pentru conectarea cu PC și dirijarea de la acesta, au fost antrenate principiile ce țin de mediul Visual Studio, limbajul C#. În acest limbaj am realizat conexiunea unui dispozitiv periferic prin portul USB, utilizând driverul RS232. Am utilizat diferite biblioteci cum ar fi ADO.NET pentru înregistrarea, modificarea și ștergerea datelor pacienților în fișierul de tip Acces. Mediul, utilizând interfața grafică, poate să-și aleagă modulul cu care va lucra. În program am realizat transmiterea comenzilor către periferic, și totodată primirea răspunsului de la periferic (dacă a fost executată comanda sau nu). Programul conduce echipamentul periferic printr-un anumit set de comenzi, cum ar fi “help/r/n”, “TENS\_VOLTAGE 40 mW/r/n” e.t.c. Fiecare modul are proprietățile sale și tabelul său aparte din baza de date. Orice înregistrare în baza de date ține de proprietățile pe care trebuie să le aleagă medicul și, totodată, poate alege schimbarea.

## CERCETAREA DIODELOR LASER CU EMISIE VERTICALĂ PENTRU MODULE OPTOELECTRONICE

**DOROGAN Valerian, VIERU Tatiana, DOROGAN Andrei, VIERU Stanislav,**  
Universitatea Tehnică a Moldovei Laboratorul Micro-Optoelectronică

**Abstract:** *The paper presents the results of measurements and analysis of parameters and characteristics of Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL) Diode to use in optoelectronics module for communication and gas detectors on the basis of the tunable diode laser spectroscopy method. The measurement results showed that the possibility of increasing the output power of VCSEL by enlarging the diameter of the tunnel junction being limited by the increase of the number of modes in the emission spectrum. The analysis of the encapsulated VCSEL modules had demonstrated high SMRS (above 40 dB), high temperature stability of the emission wavelength ( $d\lambda/dT \approx 0.05-0.08$  nm/K), possibility of continuous change of emission wavelength with operation current, which allows efficient use of VCSEL for ammoniac detection by TDLS method.*

Au fost studiate parametrii și caracteristicile a laserilor cu emisie verticală VCSEL pentru estimarea proprietăților și aplicării lor în telecomunicația și detecția gazelor. Structura dispozitivului VCSEL studiată a fost elaborată de către Școala Politehnică Federală din Lausanne, Laboratorul de Fizică a Nanostructurilor.