

## ELABORAREA BLOCULUI ELECTRONIC PENTRU INSTALAȚIA DE EXPUNERE

Octavian CAINAREAN<sup>1\*</sup>, Maxim CHIRIAC<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică,  
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, grupa MN-201, Chișinău, Republica Moldova

<sup>2</sup>Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică,  
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori,  
Chișinău, Republica Moldova

\*Autorul corespondent: Cainarean Octavian, [octavian.cainarean@mib.utm.md](mailto:octavian.cainarean@mib.utm.md)

Coordonator: **ABABII Nicolai**, dr., conf. univ.

**Rezumat.** În lucrarea dată este descris modul de funcționare a dispozitivului elaborat. Sunt expuse capacitățile acestuia, împreună cu documentația specifică a componentelor electronice utilizate. Diferența de bază dintre dispozitivul descris și cele existente pe piață constă în integrarea componentelor și funcționalităților specifice într-un design compact și accesibil, cu un control modern și un consum redus de energie, care îmbină eficiența și ușurința în utilizare. Astfel, dispozitivul dat urmează să fie integrat în instalația existentă de aliniere și expunere, păstrând partea mecanică a standului de laborator, care este destul de tehnologizată. Capacitatea sa de a îmbina tehnologia existentă cu noul control modern și eficiența energetică, precum și interfața intuitivă care permite operatorilor să configureze și să controleze dispozitivul fără dificultate, oferă oportunități semnificative pentru optimizarea procesului de expunere. Drept consecință, se modernizează echipamentul și crește eficacitatea acestuia, ceea ce permite studenților să efectueze lucrările de laborator într-un mod mai eficient.

**Cuvinte Cheie:** Expunere, fotorezist, leduri ultraviolete, PCB, interfață utilizator, control digital

### Introducere

În procesul de fabricare a circuitelor integrate, fotolitografia sau litografia optică este un termen general pentru a defini tehnicile care utilizează lumina pentru a produce pelicule subțiri cu modele fine peste un substrat, cum ar fi o placă de siliciu (numit și wafer), pentru a proteja zonele selectate ale acesteia în timpul gravării, depunerii sau operații de implantare ulterioare. De obicei, este utilizată lumina ultravioletă pentru a transfera un design geometric de pe o mască optică la o substanță chimică sensibilă la lumină (fotorezist), care este acoperită în prealabil pe substrat în urma unei serii de tratamente chimice. Fotorezistul fie se descompune, fie se întărește acolo unde este expus la lumină. Modelul de pe mască este creat ulterior prin îndepărtarea de pe placheta de siliciu a părților mai moi ale substanței depuse, zonele ne-developate, prin spălare cu solvenți care dizolvă substanța care nu s-a întărit. Lungimea de undă a luminii utilizată determină dimensiunea minimă a caracteristicii pe care o poate imprima pe fotorezist [1]. Procesele de fotolitografie pot fi clasificate în funcție de tipul de lumină utilizat, cum ar fi lumină ultravioletă (litografie UV), cu lumină ultravioletă extremă (cu lungimea de undă între 10 nm și 124 nm, litografie EUV sau EUVL), sau raze X [2]. Fotolitografia este o subclasă a microlitografiei, termenul general pentru procesele care generează pelicule subțiri modelate. Alte tehnologii din această clasă mai largă includ utilizarea fasciculelor de electroni orientabile, nanoimprimarea, interferența, câmpurile magnetice și sondele de scanare. La un nivel mai larg, poate concura cu auto-asamblarea dirijată a micro și nanostructurilor. Fotolitografia este cea mai comună metodă de fabricare a circuitelor integrate, cum ar fi de exemplu memoriile și microprocesoarele. Poate crea modele extrem de mici, cu dimensiuni de până la câteva zeci de nanometri în mărime. Oferă

un control precis al formei și dimensiunii obiectelor pe care le creează și poate crea modele într-un singur pas, rapid și cu un cost relativ scăzut.

Conceptul acestui dispozitiv constă în crearea blocului electronic pentru instalația de expunere, drept scop a fost să aibă un control modern și un consum redus de energie. O astfel de instalație deja există în laborator, însă aceasta este veche și se deteriorează des, ideea de bază a fost păstrarea părții mecanice existente care este destul de tehnologizată și deja implementarea unui control modern cu un consum redus de energie. Astfel, crearea unui dispozitiv care combină tehnologia deja existentă cu inovațiile în control și eficiență energetică, permite modernizarea echipamentului, precum și creșterea eficacității acestuia. Deci, integrarea acestui nou dispozitiv în instalația de laborator oferă studenților oportunitatea de a experimenta și de a învăța procesul de expunere a fotorezistului într-un mediu mai modern și eficient.

### Partea tehnică

Pentru elaborarea acestuia s-a decis crearea plachetei cu cablaj imprimat la suprafața căreia vor fi lipite componentele necesare, pentru proiectarea plăcilor sa utilizat softul Easy Eda [3]. Prima placă este placa cu leduri ultraviolet, prezentă în figura 5. (Schema electrică a plăcii cu leduri vizualizată în 3D): Această placă este destinată să servească drept sursă de iluminare pentru expunerea fotorezistului la raze ultraviolete. Ea este echipată cu 170 de leduri cu lungimea de undă de 405 nanometri, optimizate pentru sensibilizarea fotorezistului. Ledurile sunt distribuite uniform pe suprafața plăcii pentru a asigura o expunere uniformă a fotorezistului, asigurându-se că acestea funcționează în parametrii optimi, tensiunea necesară pentru alimentarea plăcii date este de 24V, iar curentul nominal este de 500 mA.

A doua placă, evidențiată în figura 4. (Schema electrica a blocului electronic pentru instalația de expunere vizualizată în 3D), are rolul de a oferi interfața utilizatorului pentru controlul și monitorizarea procesului de expunere. Ecranul LCD 20x4 permite afișarea informațiilor relevante, precum timpul de expunere setat, starea dispozitivului și alți parametri relevanți[4]. Microprocesorul ATmega32 [5] este responsabil pentru gestionarea operațiunilor dispozitivului, precum și pentru prelucrarea și interpretarea comenzilor utilizatorului. Butoanele de control permit utilizatorului să seteze timpul necesar pentru procesul de expunere, oferind o interacțiune simplă și intuitivă.

Pentru a asigura funcționarea corectă și fiabilitatea dispozitivului, toate componentele sunt montate și integrate pe o placă cu cablaj imprimat (PCB). Acest tip de design permite o dispunere compactă și ordonată a componentelor, minimizând riscul de interferențe și erori de montaj. Conexiunile între plăcile cu LED-uri ultraviolete și cu ecranul LCD/microprocesor sunt realizate printr-un set de fire sau conectoare, asigurându-se o comunicare eficientă între acestea.

În final, blocul electronic elaborat pentru instalația de expunere combină eficiența și accesibilitatea într-un sistem compact și ușor de utilizat. Integrând atât sursele de lumină ultraviolete cât și elementele de control și monitorizare, acest dispozitiv oferă un instrument complet pentru procesul de expunere a fotorezistului, facilitând fabricarea dispozitivelor microelectronice și nanostructurilor.

Avantajele sale includ eficiența energetică, costul redus, interfața utilizator intuitivă și posibilitatea de a fi integrat în sistemele internetului lucrurilor pentru monitorizare și control în timp real, reprezentând astfel o opțiune modernă și eficientă pentru producție.

De asemenea, dispozitivul oferă avantajul unei eficiențe energetice ridicate datorită utilizării eficiente a surselor de iluminare ultravioletă și a tehnologiilor digitale de control. Costul redus al dispozitivului îl face accesibil pentru întreprinderile mici și laboratoarele de cercetare, contribuind la reducerea costurilor de producție. Interfața utilizator intuitivă permite operatorilor să folosească dispozitivul fără dificultate, îmbunătățind eficiența și productivitatea procesului de fabricație. Integrarea în sistemele Internetului lucrurilor permite monitorizarea și controlul în timp real de la distanță, facilitând gestionarea și optimizarea producției în mod eficient și convenabil.

Schema conceptuală a dispozitivului cuprinde o reprezentare grafică a elementelor principale ale acestuia, inclusiv placa cu LED-uri ultraviolete și blocul central (microcontrolerul ATmega), interfața utilizatorului și conexiunile de comunicare între componente, acestea sunt evidențiate în figura 1 - Schema conceptuală a dispozitivului elaborat, în care se observă o reprezentare schematică ce afișează relațiile și interdependențele între diferite părți ale dispozitivului, oferind o privire de ansamblu asupra modului în care acesta funcționează.

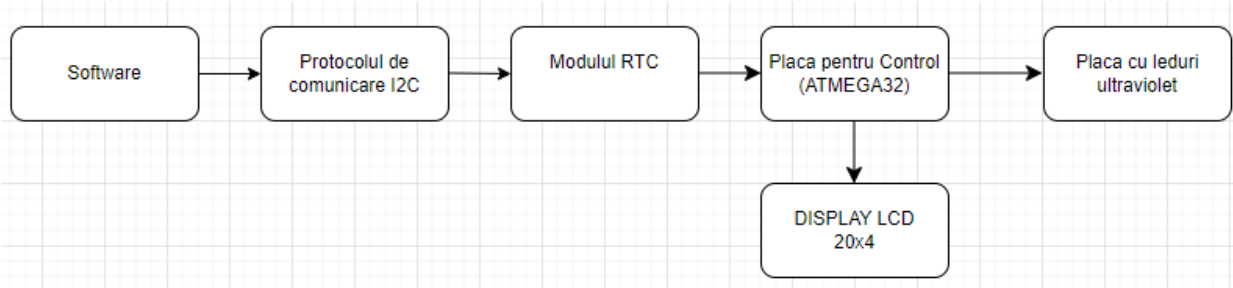


Figura 1. Schema conceptuală a dispozitivului elaborat [6]

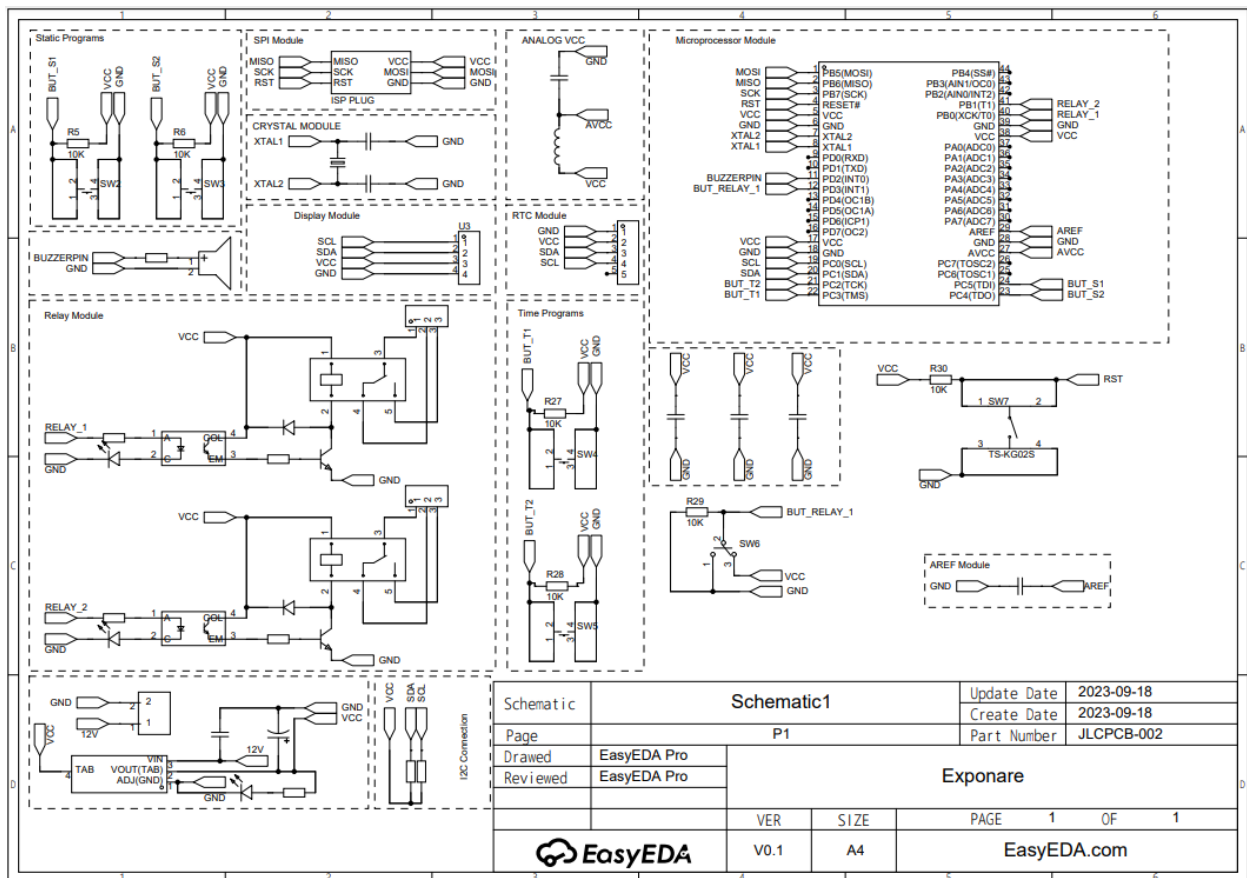


Figura 2. Schema principală de conectare a circuitului electronic a dispozitivului elaborat

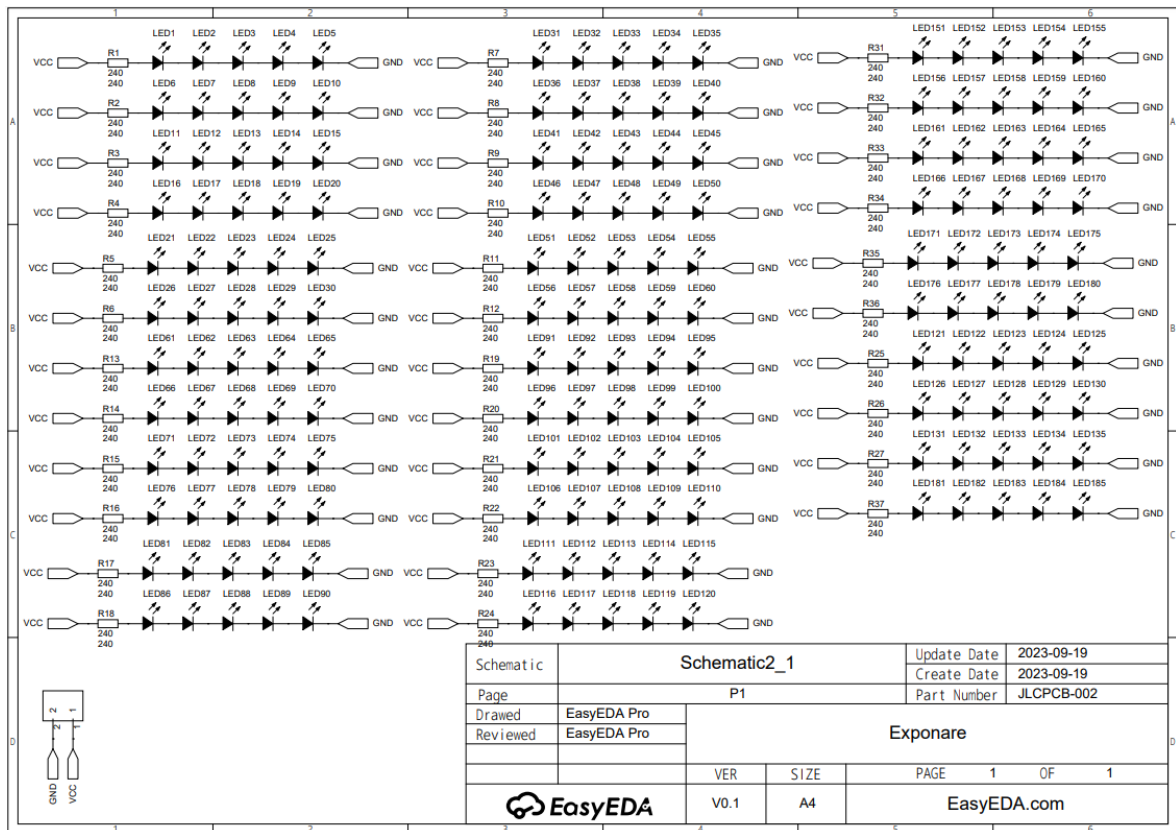


Figura 3. Schema principală de conectare a ledurilor ultraviolete pentru a doua placă

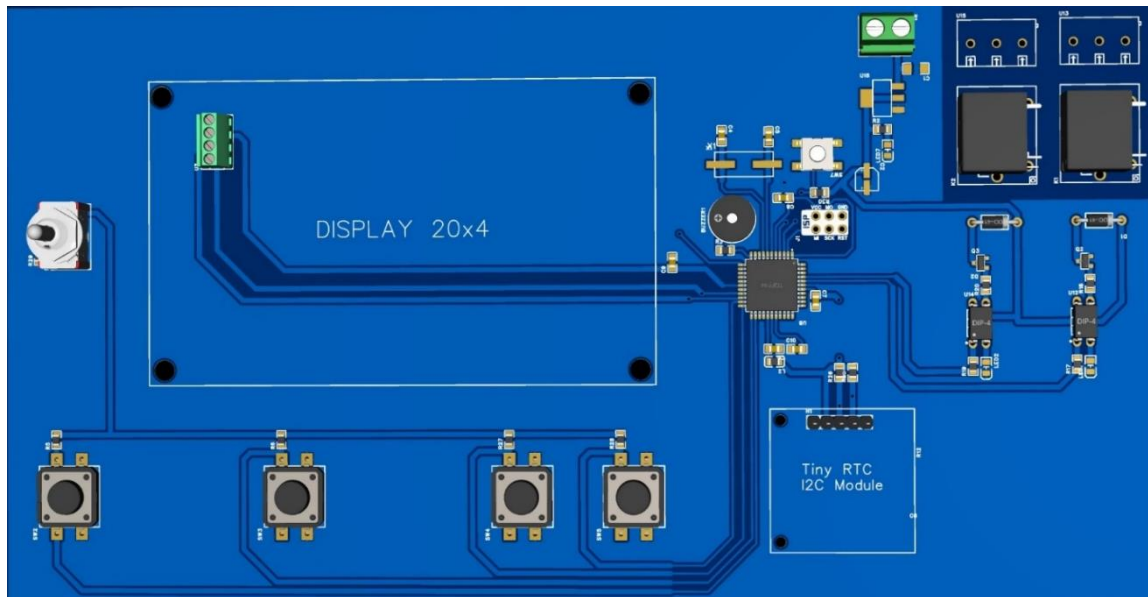


Figura 4. Schema electrica a blocului electronic pentru instalația de expunere vizualizată în 3D

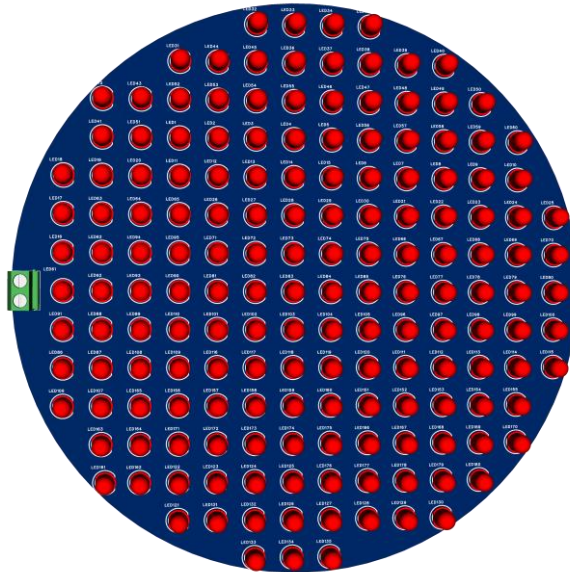


Figura 5. Schema electrică a plăcii cu leduri vizualizată în 3D

### Partea software

Pentru dezvoltarea programului dedicat controlului blocului electronic pentru instalația de expunere, sa lucrat în mediul de dezvoltare Microchip Studio, unde sa utilizat limbajul de programare C++. Deci programul dat are rolul de a gestiona funcționarea și interacțiunea componentelor blocului electronic, asigurând un control precis și eficient al procesului de expunere a fotorezistului.

Principiul de funcționare al software-ului este următorul:

1. Configurarea parametrilor: Utilizatorul poate seta parametrii necesari pentru procesul de expunere, cum ar fi timpul de expunere și alte setări relevante, utilizând interfața disponibilă pe ecranul LCD și butoanele de control.
2. Controlul luminii ultraviolete: Software-ul permite activarea și controlul precis al sursei de lumină ultravioletă, compusă din ledurile ultraviolete montate pe placa corespunzătoare. Astfel, utilizatorul poate regla intensitatea și durata luminii ultraviolete în funcție de cerințele procesului de expunere.
3. Interacțiunea cu microprocesorul: Software-ul facilitează comunicarea și interacțiunea cu microprocesorul ATmega, gestionând funcțiile acestuia și asigurând o execuție corectă a comenzilor utilizatorului.
4. Monitorizarea și raportarea stării: Utilizatorul poate monitoriza și raporta starea procesului de expunere prin intermediul interfeței software, care afișează informații relevante despre timpul rămas, starea dispozitivului și alte detalii importante.

Prin intermediul softului realizat, utilizatorul poate controla și gestiona eficient funcționarea blocului electronic pentru instalația de expunere, asigurând o performanță optimă și rezultate precise în procesul de fabricație a dispozitivelor microelectronice și nanostructurilor.

### Concluzii

În acest articol, este descris un dispozitiv pentru expunerea fotorezistului, elaborat în cadrul tezei de licență. Principiul de funcționare implică utilizarea luminii ultraviolete pentru expunerea fotorezistului, procedura având un rol important în procesul de fabricație a dispozitivelor microelectronice și nanostructurilor. Funcționarea se bazează pe o logică precisă și eficientă, în care utilizatorul configurează parametrii necesari, iar aceștia sunt monitorizați și raportați pe durata procesului, asigurându-se că expunerea este realizată conform specificațiilor și standardelor dorite. Prin intermediul acestei funcționalități, blocul electronic permite realizarea expunerii fotorezistului în mod controlat și fiabil, contribuind la succesul procesului de fabricație

și obținerea rezultatelor dorite. Avantajele sale, precum eficiența energetică, controlul modern, costul redus și interfața utilizator intuitivă, îl diferențiază de alte opțiuni de pe piață. Integrarea în sistemele internetului lucrurilor permite monitorizarea și controlul în timp real, contribuind la optimizarea producției și eficientizarea procesului de fabricație.

**Mulțumiri.** Cainarean Octavian este recunoscător Universității Tehnice a Moldovei, pentru stagiul practic de licență în anul 2023-2024, în special profesorului universitar, doctor habilitat, Trofim Viorel, de asemenea profesorului universitar, doctor habilitat, Oleg Lupan. Studiul a fost susținut de Programul de Stat LIFETECH „Innovations in Biomedical Engineering: Advanced Technologies and Applications for Data Acquisition, Processing and Analysis” Nr. 020404 de la Universitatea Tehnică a Moldovei.

### Referințe

- [1] „The Basics of Microlithography”. Data accesării: 14 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: <https://lithoguru.com/scientist/lithobasics.html>
- [2] „Semiconductor Processing: Photolithography”. Data accesării: 14 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: <https://www.horiba.com/int/semiconductor/process/lithography/>
- [3] „EasyEDA - Online PCB design & circuit simulator”. Data accesării: 14 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: <https://easyeda.com/>
- [4] „20x4 Character LCD Display, 20x4 LCD Display, 2004 LCD Display - Winstar”. Data accesării: 11 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: <https://www.winstar.com.tw/products/character-lcd-display-module/20x4-lcd-display.html>
- [5] „ATmega32 Datasheet”. Data accesării: 14 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc2503.pdf>
- [6] „Flowchart Maker & Online Diagram Software”. Data accesării: 11 aprilie 2024. [Online]. Disponibil la: <https://app.diagrams.net/>