



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea de Inginerie Electrică şi Stiinţa Calculatoarelor

Tinashe CHAMUNORWA

Noi metode şi sisteme pentru învăţarea bazată pe computer în educaţia electronică digitală

New Methods and Systems for Computer- based Learning in Digital Electronics Education

REZUMAT

Conducător ştiinţific

Prof.univ.dr.fiz. Doru URSUŢIU

BRAŞOV, 2022



Cuprins

REZUMAT	Error! Bookmark not defined.
1 Introducere	3
1.2 Rezultatele cercetării.....	5
Provoacări evidenţiate din sondaj.....	6
Importanţa cercetării	7
2 Hardware reconfigurabil din software – Placă de dezvoltare multi-periferică	9
Considerente de securitate PSoC.....	15
2.1 Inovaţiile plăcii de dezvoltare.....	17
2.2 Motivele utilizării plăcii de dezvoltare	17
3 Sistem extensibil hardware şi software - Dezvoltarea platformei de laborator la distanţă.....	18
3.1 Inovaţia platformei de laborator	22
3.2 Considerentele de utilizare a platformei de laborator	23
4 Interfaţă interactivă bazată pe web pentru experimente virtuale şi la distanţă	24
5 CONCLUZIE, Contribuţii originale şi potenţial de dezvoltare a cercetării	27
5.1 Contribuţii originale.....	28
5.2 Potenţialul cercetării în dezvoltarea tehnologică.....	30
5.3 Viitoare cercetări.....	31
BIBLIOGRAFIE.....	32
ANEXE	Error! Bookmark not defined.
Anexa 1 – Lista publicaţiilor.....	Error! Bookmark not defined.



MULȚUMIRI

Sunt recunoscător Universității Transilvania din Brașov pentru că mi-a oferit bursa de doctorat, care mi-a permis să-mi continui studiile. Următoarea persoană merită mulțumiri speciale pentru îndrumarea, inspirația, sprijinul și încurajarea pe parcursul studiilor mele de doctorat: profesorul meu supervisor, Prof. Dr. Doru URSUTIU. Acesta a fost de un mare ajutor și mi-a oferit o bună îndrumare. El mi-a oferit întotdeauna feedback constant și m-a ajutat ori de câte ori am avut provocări. Recunoștința mea sinceră merge către NI România, Digilent și Infineon Technologies pentru sprijinul constant acordat acestei cercetări. NI România mi-a furnizat dispozitive myRIO, LabVIEW și licențe SystemLink. Digilent a furnizat kiturile de accesorii NI myRIO. Infineon Technologies a furnizat software-ul de creație PSoC, kiturile PSoC6 și toate au oferit suport tehnic util.

REZUMAT

Dirrecția de cercetare este împărțită în două concepte de bază: dezvoltarea unui sistem de învățare de laborator la distanță folosind hardware extensibil și sisteme software reconfigurabile iar celălalt crearea de hardware configurabil software folosind o placă multi-periferică bazată pe PSoC 6. Un modul PSoC 6 CYBLE Creator, care este reprogramabil atât din punct de vedere software, cât și din punct de vedere hardware, a fost folosit pentru a crea placa de dezvoltare. Modulul PSoC a fost ales ca o alternativă la chip-urile bazate pe FPGA, deoarece este mai puțin costisitor. Având în vedere că designul PSoC utilizează stilul de programare vizuală, acesta oferă o modalitate de învățare treptată în comparație cu FPGA-urile. Placa pentru studenți include diverși conectori compatibili cu Arduino care pot conecta o varietate de dispozitive, precum și conectori Pmod (Peripheral Module Interface) pentru atașarea unei varietăți de module periferice. Platforma online pentru profesori este similară cu un ecosistem IoT. Are noduri hardware legate de o platformă de cloud computing. Dispozitivul myRIO încorporat pentru studenți a fost selectat ca platformă hardware. Hardware-ul a fost apoi conectat la serverul SystemLink și la platformele cloud. Pentru platforma online de laborator la distanță, care conține mai multe experimente într-un singur dispozitiv myRIO, a fost dezvoltată o metodă de reconfigurare a dispozitivului de pe o platformă cloud pentru a selecta experimente specifice. A fost concepută o metodă originală pentru a transporta date între dispozitivul myRIO și Cloud. Folosind un mecanism în două etape, datele au fost transferate de la dispozitivul myRIO la computer utilizând variabile globale și de la computer la Cloud folosind etichete (tag-uri) SystemLink. Conexiunea în două etape a fost utilizată deoarece a eliminat instalarea software-ului client SystemLink în dispozitivul myRIO, ceea ce i-ar permite să fie un client independent, dar ar duce cu siguranță la suprasolicitarea sistemului din cauza constrângerilor de memorie myRIO. Această comunicare conservă, de asemenea, memoria, care este utilizată pentru a stoca și a rula experimente. Interfețele bazate pe WebVI au fost proiectate folosind instrumentul de dezvoltare G Web, iar SystemLink Server și Cloud au fost utilizate pentru a le găzdui.

1 INTRODUCERE

În timpul celor zece ani de predare a cursurilor de inginerie orientate spre practică la trei universităţi tehnologice din Zimbabwe, autorul a remarcat mai multe provocări în timpul efectuării de experimente practice. Provocările au necesitat studiul şi dezvoltarea unui cadru inedit pentru predarea şi învăţarea conceptelor de inginerie electronică în laboratoare, utilizând atât resurse fizice, cât şi online. Oportunitatea de a studia la Universitatea Transilvania din Braşov din România în cadrul Centrului de Valorificare şi Transfer de Competenţe (CVTC) a făcut posibilă realizarea unui cadru inedit pentru desfăşurarea laboratoarelor. Provocările cu care se confruntă livrarea laboratoarelor sunt un fenomen global. Primul capitol al tezei descrie contextul teoretic, stadiul actual al tehnicii, motivaţia şi obiectivele. În acest capitol sunt prezentate şi conceptele legate de laboratoarele la distanţă.

Capitolul 2 descrie construirea unei plăci de dezvoltare multi-periferice bazate pe PSoC 6 ca fiind primul pas în dezvoltarea unui sistem hardware reconfigurabil din software. Capitolul descrie, de asemenea, crearea plăcii PCB şi a circuitului pentru aplicaţiile prototipate, care sunt furnizate ca exemple de proiectare. Capitolul prezintă paşii făcuţi pentru a proiecta placa studentescă, folosind iniţial Proteus şi Voltera. Sunt descrise integrarea şi conectarea modulului de creare CYBLE-416045-02 EZ-BLE™ la mai multe periferice, inclusiv conectori Pmod, LED-uri RGBW, conectivitate serială, conexiuni BNC şi stiva Arduino. Este, în acelaşi timp, acoperit modul de prototipare a unui număr de aplicaţii model folosind un kit PSoC 063 BLE şi o placă NI ELVIS II. De asemenea, sunt descrişi paşii pentru efectuarea experimentelor pentru diferitele aplicaţii. Aceste experimente servesc drept proiecte de pornire pentru bord şi demonstrează cum să configuraţi atât hardware-ul, cât şi software-ul.

Crearea unui cadru pentru a permite predarea şi învăţarea laboratorului la distanţă utilizând sisteme şi module hardware şi software extensibile este descrisă în capitolul 3. Acesta descrie cum au fost încorporate mai multe experimente într-un myRIO folosind tehnici de codificare a maşinilor în stare finită în LabVIEW şi modalitatea de reconfigurare a dispozitivele myRIO de pe o platformă cloud, pentru a alege anumite experimente la un moment dat. Datorită restricţiilor de memorie myRIO, este descrisă o metodă pentru transferul de date între dispozitivul myRIO şi server fără a instala software-ul client SystemLink pe myRIO. Au fost folosite modele standard pentru a arăta cum funcţionează platforma. Acest capitol discută despre conceperea şi crearea sistemului de laborator la distanţă folosind componentele NI My RIO.

Un sistem de instrumentaţie la distanţă şi virtual bazat pe web este dezvoltat şi descris în capitolul 4. G Software-ul de dezvoltare web este utilizat pentru a crea interfeţe bazate pe WebVI, care sunt găzduite pe serverele SystemLink şi cloud şi pot fi utilizate pentru a accesa experimentele. Pentru a demonstra modul în care funcţionează platformele, au fost create experimente model. Pentru a

evalua cât de bine funcționează serverul SystemLink și SystemLink Cloud, a fost dezvoltat un test de performanță.

Semnificația studiului, potențialul său de a avansa știința și tehnologia în general și valoarea de care poate fi extrasă din acesta sunt toate discutate în Capitolul 5, care încheie teza. Există o listă a publicațiilor și conferințelor. În acest capitol, teza este rezolvată și sunt oferite oportunități și idei pentru studii ulterioare.

Scopul acestui studiu este de a:

- Căutarea modalităților de îmbunătățire a STEAM (Știință, Tehnologie, Inginerie, Arte și Matematică) și a sistemelor integrate de predare și învățare a tehnologiei sistemelor, atât offline, cât și online.
- Având în vedere că pandemia de COVID-19 a demonstrat inadecvarea formării "față în față", este imperativ să se stabilească noi standarde pentru procesul didactic folosind mediul de învățare dorit. Noi orientări pentru mediile de învățare online și la distanță sunt prevăzute de această teză.
- Oferirea unei platforme pentru formarea tinerilor pentru profesiile din domeniul ingineriei.

1.1 Obiectivele

1. Dezvoltarea unui sistem hardware configurabil de software prin crearea unei plăci multi-periferice bazate pe PSoC 6. Sistemul are următoarele atribute:
 - Reconfigurabilitatea software-ului pentru a sprijini interschimbabilitatea modulului periferic hardware.
 - Conector fizic stiva pentru diferite scuturi Arduino.
 - Conectori Pmod (Peripheral Module Interface) pentru conectarea la diferite module periferice.
 - Comunicare serială LabVIEW-Web, conectori BNC, zona de prototipare, LED RGBW.
 - Model de experimente.
2. Crearea metodologiei pentru învățarea laboratorului la distanță prin utilizarea sistemelor și modulelor hardware și software extensibile.
 - Crearea unei metode pentru încorporarea mai multor experimente într-un myRIO și reconfigurarea dispozitivelor myRIO de pe o platformă cloud, permițându-vă să selectați un anumit experiment în orice moment.
 - În LabVIEW, utilizarea unui stil arhitectural de tipul Finite State Machine (FSM), pentru a încorpora mai multe experimente și a alege unul câte unul.
 - Crearea unei metode de transfer de date între dispozitivul myRIO și cloud.
 - Transferul de date trebuie realizat fără a instala software-ul client SystemLink în myRIO din cauza limitărilor de memorie și a necesității de a realiza o gestionare îmbunătățită a resurselor.
3. Crearea unei interfețe interactive bazată pe web pentru experimente la distanță și virtuale.

- Configurarea unui model interactiv extensibil de interfață web cu utilizatorul pentru a accesa experimentele.
- Proiectarea unei interfețe de experiment bazată pe WebVI în software-ul de dezvoltare G Web și găzduindu-le pe serverele SystemLink și cloud.
- Găzduirea experimentelor model pentru a ilustra modul în care funcționează platformele.
- Crearea unui test de performanță care compară serverul SystemLink cu SystemLink Cloud.

1.2 Rezultatele sondajului

Un total de 46 de foști studenți de licență în inginerie electronică au fost rugați să răspundă la întrebările sondajului, iar unele dintre răspunsuri sunt prezentate în Figura 1, Figura 22 și

Figura 3.

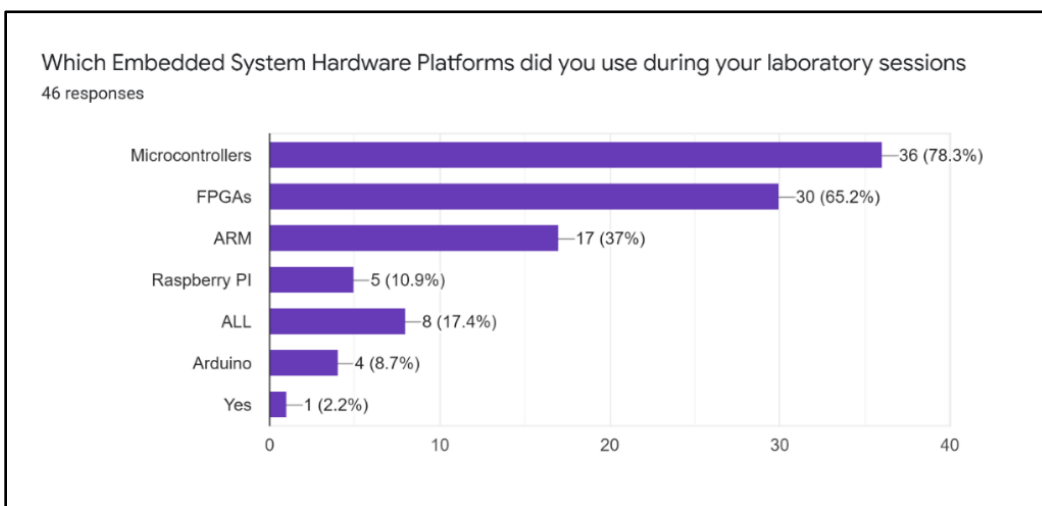


Figura 1: Grafic care arată răspunsul pentru platformele hardware utilizate [original].

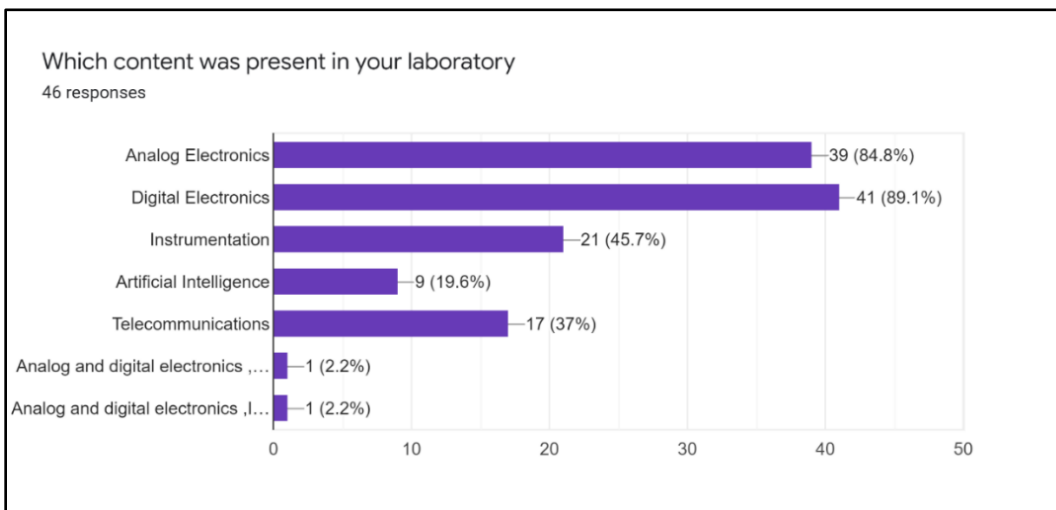


Figura 2: Grafic care afişează răspunsul pentru conţinutul acoperit [original].

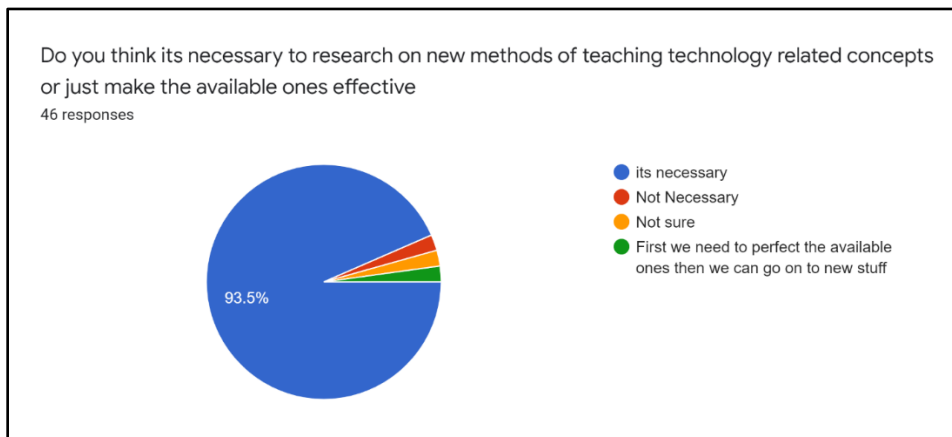


Figura 3: Diagramă circulară care prezintă răspunsul cu privire la necesitatea de a cerceta noi metode [original].

93.5 dintre răspunsuri au indicat că studenții au considerat că este necesar să se îmbunătățească predarea și învățarea cursurilor de laborator. De asemenea, respondenților li s-a oferit șansa de a evidenția dificultățile cu care s-au confruntat în timpul învățării și au fost evidențiate mai multe provocări.

Provocări evidențiate din sondaj

- Costul echipamentelor de laborator la fața locului

Cum mulți studenți au fost încurajați să urmeze cursuri de inginerie, nevoia de echipamente de laborator a crescut, de asemenea. Având în vedere costurile asociate cu instrumentele electronice independente, cei mai mulți colegi nu își pot permite să doteze laboratoarele lor.

- Timp limitat de acces la laborator

Multe dintre programele de inginerie desfasoară cursuri lungi și intensive. Cadrele didactice trebuie să găsească un echilibru între orele teoretice și cele practice. Consecința este că, odată cu creșterea numărului de studenți, trebuie să existe ore limitate de învățare practică.

- Obsolescența rapidă a echipamentului de laborator

Unul dintre dezavantajele majore ale instrumentelor hardware bazate pe furnizori este obsolescența relativ rapidă în comparație cu cea bazată pe software. Colegiile nu au fonduri pentru înlocuirea continuă a instrumentelor și, prin urmare, de multe ori sunt blocate cu echipamente vechi. Este posibil ca acest echipament să nu fie compatibil cu tehnologiile moderne.

- Lipsa experimentelor personalizate și reconfigurabile

Software-ul și hardware-ul configurabil oferă posibilitatea de a crea experimente extensibile. Experimentele pot fi, de asemenea, personalizate pentru a îndeplini specificațiile cursului.

Importanța cercetării

Cercetarea și îmbunătățirea continuă a ecosistemelor de proiectare integrate pentru laboratoarele colegiilor și implementarea industrială sunt de o importanță capitală, după cum se subliniază în această secțiune.

- Platformă accesibilă

O platformă de controler, cum ar fi NI myRIO (reconfigurabile de intrare / ieșire în timp real încorporat bord de evaluare) este ieftin (aproximativ 415 Euro), comparativ cu alte platforme, cum ar fi NI Elvis III, care costă aproximativ 3000 Euro. Deși capacitățile lui Elvis III sunt mult mai largi, în scopuri educaționale, myRIO este încă suficient. NI myRIO conține un FPGA și un procesor ARM dual-core care oferă versatilitate. A avea o alternativă mai ieftină este de o importanță capitală pentru societățile defavorizate. Costul unora dintre sistemele de laborator de la distanță disponibile nu este la îndemâna multor instituții de învățare. Acest lucru deraiază dobândirea de abilități practice, deoarece sesiunile de laborator în persoană sunt descurajate de apariția pandemiei de COVID-19.

- Accesibilitate

Accesul la platformele de experimente de laborator ar trebui să fie flexibil și să nu se limiteze la prezența fizică în timpul orelor. În modulele tradiționale de laborator, prezența fizică este obligatorie. Creșterea utilizării tehnologiei în societate a dus la creșterea asimilării cursurilor de inginerie. Deficitul de competențe STEAM (știință, tehnologie, inginerie, arte și matematică) la nivel mondial, a condus la nevoia de absolvenți suplimentari de inginerie pentru a umple golurile. Recent, necesarul de ingineri în Australia a depășit ceea ce instituția de învățare poate oferi, în special în infrastructura civilă, minerit, și industria prelucrării. Între timp, Biroul de Statistică a Muncii din Statele Unite presupune că aproximativ 140.000 de noi posturi vacante de inginerie vor fi generate până în 2026 doar în Statele Unite, ceea ce se traduce printr-o cerere mare pentru viitorii absolvenți de inginerie [38]. Toate acestea au pus laboratorul de inginerie sub o presiune intensă pentru a reechilibra și a găzdui mulți studenți care pun presiune pe alocarea spațiului și pe cerințele bugetare. Ingineria de la distanță devine mijlocul de evadare din această buclă și, în consecință, rezolvă problema deficitului de resurse.

- Configurabilitate

Platforma de laborator proiectată ar trebui să fie flexibilă și să se adapteze la schimbările pentru un viitor vizibil pentru a proteja împotriva obsolescenței rapide a echipamentelor.

- Modularitate

Placa experimentală va consta din diferite module. Modulele sunt propuse a fi detașabile și separate electric pentru a crește flexibilitatea plăcii, iar studenții pot efectua diferite experimente simultan. Modulele pot fi unice pentru anumite experimente.

- Standardizare

Scopul este de a confirma aceleași standarde pentru unele lucrări de laborator. Munca de laborator efectuată într-o parte a lumii poate fi recunoscută în alta.

- Prototipare rapidă

În toate acestea, cercetarea ar trebui să permită un mecanism rapid de prototipare, deoarece avansarea tehnologiei se produce cu o viteză alarmantă. Fiecare proiectare realizată într-un laborator ar trebui să treacă rapid de la concept la implementare.

- Utilizarea proiectării de referință

Aceasta este utilizarea cadrului tehnic existent al elementelor esențiale ale unui sistem. Cadrul poate fi modificat în mod corespunzător și personalizat pentru aplicația preconizată. Acest lucru este deosebit de important în ecosistemul de proiectare încorporat. Aceste modele de referință ajută clienții prin tăierea procedurii de dezvoltare, accelerând astfel timpul de introducere pe piață, ceea ce duce la reducerea costurilor de proiectare [39]. NI myRIO este un instrument de anvergură care pune în mâinile studenților capacitățile arhitecturii NI LabVIEW RIO, o tehnică de proiectare hardware/software acceptată la nivel internațional, atestată în industrie.

- Aplicații model

Codurile de aplicație model îi ajută pe elevi să efectueze experimente și să înțeleagă conceptele înainte de a-și putea face proiectele. Aceste laboratoare pot fi efectuate offline.

- Capacități de control de la distanță

Capacitățile de acces de la distanță elimină problema prezentei fizice într-un laborator și aglomerarea în sala de laborator. Studenții pot lucra în confortul caselor lor. Studenții pot dedica mai mult timp aspectului practic al studiului lor și, în consecință, își pot îmbunătăți priceperea.

- Multi-user activat

Mai mulți utilizatori ar trebui să poată accesa platforma simultan. Această facilitate îi ajută pe elevi să lucreze în grupuri care promovează munca în echipă.

- Instrumentație virtuală

Indicatorii panoului frontal din LabVIEW sunt atât de versatili și pot fi personalizați pentru a se potrivi unui anumit design și aplicație și pentru a lucra ca instrumente virtuale.

- Platformă unică de laborator

Multe sunt laboratoare axate pe anumite concepte sau subiecte. Această platformă încearcă să aibă o placă unică pentru un proiect de inginerie electronică. Acest lucru poate fi realizat prin utilizarea următoarelor caracteristici:

- Capacități mixte (analogice și digitale) de manipulare a semnalelor.
- Configurabilitate.
- Modularitate.
- Dispozitiv extern de interfațare.

Laboratorul este considerat de diverși cercetători ca jucând un rol semnificativ în educația științifică. În inginerie, expunerea practică la învățare este o parte la fel de esențială a activității de învățare a elevului ca și componenta teoretică a unui anumit curs. Odată cu apariția automatizării în învățământul superior, laboratoarele de la distanță și simulate au devenit o alternativă la laboratoarele față în față. Aceste tipuri de modele de laborator pot fi implementate de facultăți. Figura 4 prezintă o clasificare a laboratoarelor la distanță și a hibrizilor acestora, pe baza locațiilor experimentatorului și a experimentului.

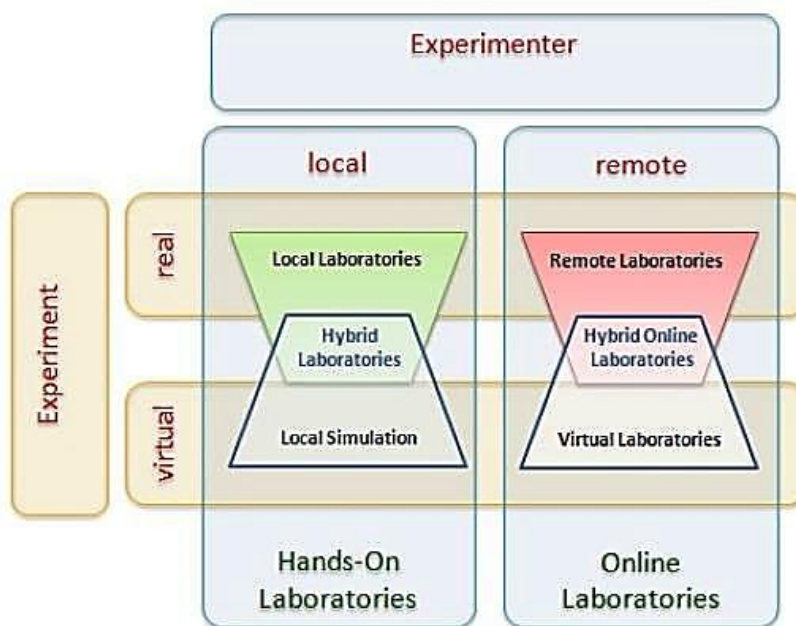


Figura 4: Modele de laborator

2 HARDWARE RECONFIGURABIL DIN SOFTWARE - PLACA DE DEZVOLTARE MULTI-PERIFERICĂ

Secțiunea prezintă dezvoltarea unui sistem hardware reconfigurabil de software. Placa studentască conține conectori Pmod (Peripheral Module Interface) pentru conectarea a numeroase module

periferice, precum şi un conector de stivă compatibil cu Arduino potrivit pentru diverse shield-uri. Placa poate fi reconfigurată din software, permiţând schimbul hardware la conectorii pentru modulele periferice. În plus, placa acceptă conectivitate serială care poate fi utilizată pentru a vă conecta la internet utilizând LabVIEW. Celelalte periferice fizice sunt un LED RGBW, conectori BNC, şi un spaţiu prototip. Această placă demonstrează reconfigurabilitatea hardware-ului, permiţând conexiuni interschimbabile la diferiţi senzori folosind acelaşi protocol printr-o singură interfaţă Pmod. Configurarea componentelor software este posibilă cu PSoC Creator. Şi reconfigurabilitatea este posibilă atunci când o componentă PSoC preconfigurată este configurată în continuare prin LabVIEW în timpul rulării.

Figura 5 prezintă componentele şi conceptele care au fost combinate pentru a forma placa de dezvoltare reconfigurabilă.

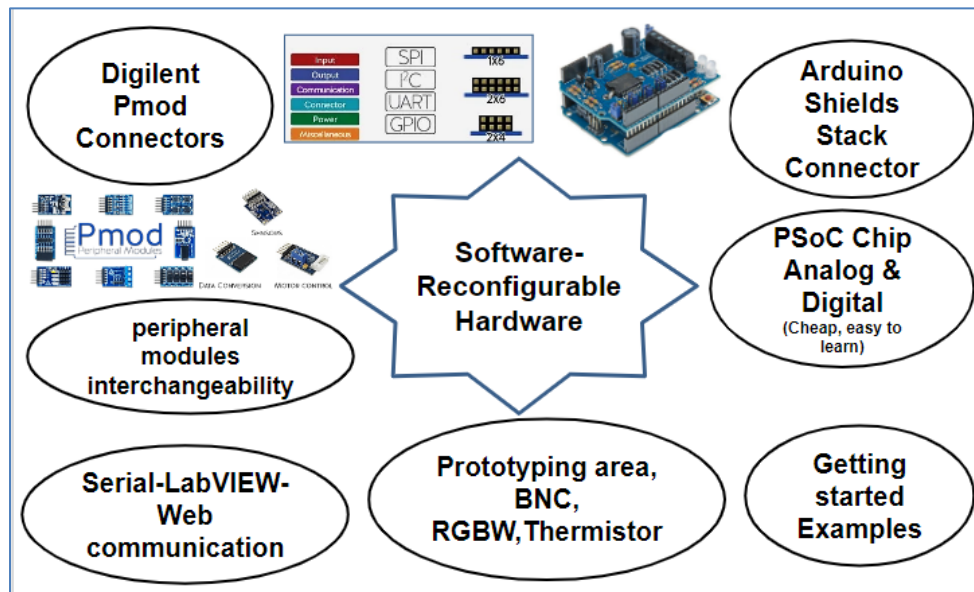


Figura 5: Sistem hardware reconfigurabil din software

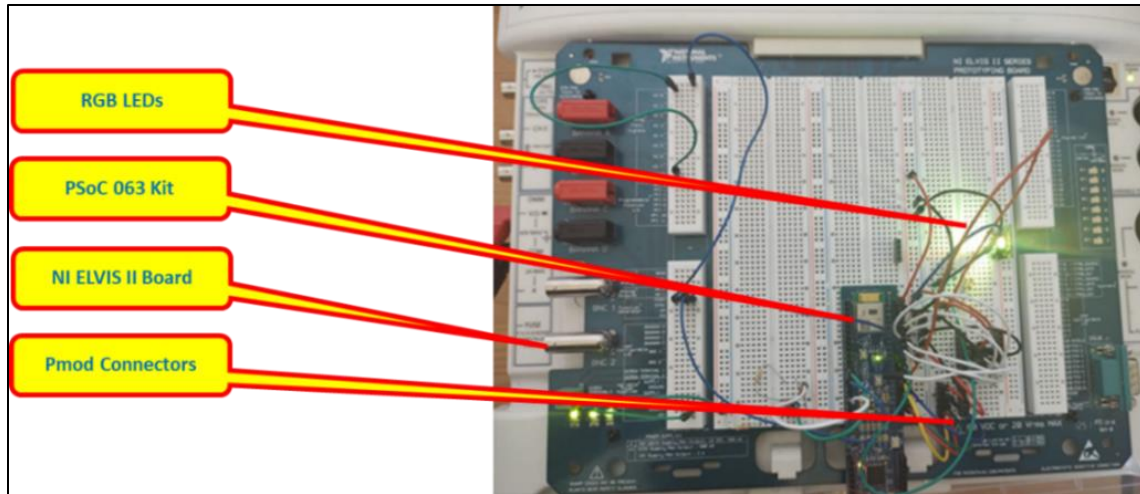


Figura 6: Prototiparea circuitului pe NI ELVIS

Toate aplicațiile exemplu au fost prototipate pe placa NI ELVIS II (Figura 6).

Placa de dezvoltare a studenților are următoarele atribute și capacități:

- CYBLE-416045-02 placă de dezvoltare modulară.
- Kit take-home de sine stătător pentru aplicații electronice.
- Platforma de expansiune Arduino.
- Placa de baza pentru modulele Digilent Pmod
- Platformă de dezvoltare pentru testarea și aplicarea MiniSmartGPU.
- Proiectarea unor mici circuite electronice digitale și analogice.
- Detectarea și măsurarea caracteristicilor de mediu (IoT adaptabil).
- Bluetooth PWM în aplicații cu LED-uri RGBW.
- Generarea, procesarea, măsurarea și analiza semnalelor analogice
- Prototiparea unui dispozitiv mic folosind capacitățile touch-screen
- Reconfigurarea unității de procesare.

Învățarea prin experiență este o componentă crucială a educației ingineresti moderne. În ultimii ani, datorită evoluțiilor tehnologice rapide, virtuale, la distanță și laboratoarele virtuale sunt utilizate pe scară largă. Această secțiune a prezentat proiectarea și dezvoltarea unui consiliu studentesc care poate fi utilizat atât de profesori, cât și de studenți în scopuri educaționale. Placa este o platformă ieftină de semnal mixt pentru a preda diverse concepte în laboratoarele de sisteme electronice încorporate, cum ar fi:

- Protocoale de comunicare (UART, SPI, I2C).
- Electronică analogică (amplificare, ADC, DAC).
- Electronică Digitală (Logică, PWM, FSM-uri).

Următorul hardware este disponibil pe placa PSoC pentru studenți:

- PSoC CYBLE-416045-02 EZ-BLE Creator Module - acesta este controlerul de bază al consiliului de student.
- Conector Micro B USB 2.0 5 -CONN RCPT USB2.0 MICRO B SMD R/A si USB Bridge-IC USB TO I2C BRIDGE DEVICE 14SO - ofera interfață si conexiune USB-UART
- Conectorul PMOD – acest lucru permite conectarea la modulele periferice Pmod de la Digilent.
- Cap de programare – Pentru programarea modulului CYBLE.
- Zona de prototipare – oferă resurse suplimentare utilizabile pentru alte experimente și aplicații complexe.
- Conector de expansiune Arduino Uno (Compatibilitate Uno R3), se poate referi la scuturi arduino.
- Procesul de proiectare

Modulul CYBLE-416045-02 EZ-BLE™ Creator este alegerea pentru proiectarea bordului studentului take-home, deoarece:

- Poate gestiona semnale mixte și este ieftin în comparație cu FPGA-urile.
- Oferă flexibilitate prin reconfigurabilitate hardware și software.
- Cipul modulului este capabil de BLE, conformându-se astfel tendințelor IoT actuale.

Capacitatea plăcii proiectate a fost demonstrată prin dezvoltarea mai multor aplicații, care sunt prezentate în această secțiune următoarele două:

1. Control LabVIEW și bazat pe Bluetooth al intensității RGBW LED.
2. CySmart Android aplicație de control al LED-urilor RGB folosind Bluetooth Low Energy (BLE).
3. Circuit bazat pe termistor de tensiune.
4. Generarea semnalului bazat pe PSoC cu frecvență variabilă cu manipulare și afișare LabVIEW.

Cele mai multe aplicații experimentale demo prototipate pe placa NI ELVIS II sunt pentru familiarizarea cu placa studențească. Subsistemele bordului sunt prezentate după cum urmează:

- Sursa de alimentare

Sursa de alimentare (Figura 7) are trei opțiuni de alimentare, sursele de alimentare de 12V, 5V și 3,3. Acest aranjament crește gama de aplicații care pot fi implementate, deoarece sunt satisfăcute diferite cerințe de putere.

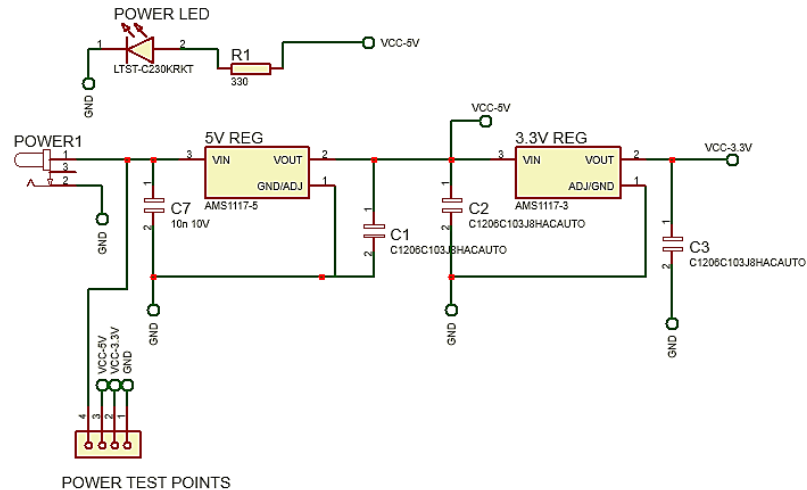


Figura 7: Sursa de alimentare [original].

- Interfața USB-UART

Conectorul USB (Figura 8) oferă alimentare cipului USB-UART și permite conexiunea board-to-computer care este crucială pentru comunicarea serială LabVIEW cu placa.

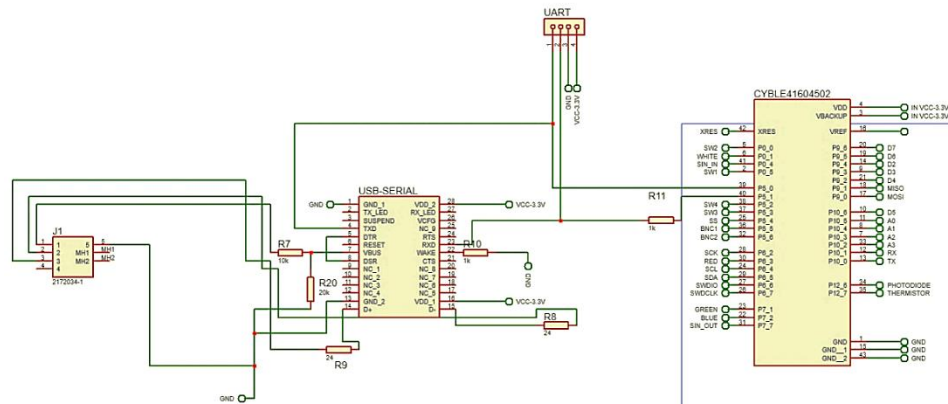


Figura 8: Interfața USB-UART [original].

- Modulul CYBLE și perifericele

CYBLE (Figura 9) este controlerul central al plăcii și se conectează la mai multe periferice. Perifericele includ:

- Conectori BNC: Acestea dobândesc sau transmit semnale către și de la surse sau noduri externe.
- Stivă Arduino: Arduino Uno R3 pot fi conectate într-un aranjament stivă pe bord student și pot fi utilizate pentru a crește funcționalitatea de bord prin conexiunea PSoC-Arduino.

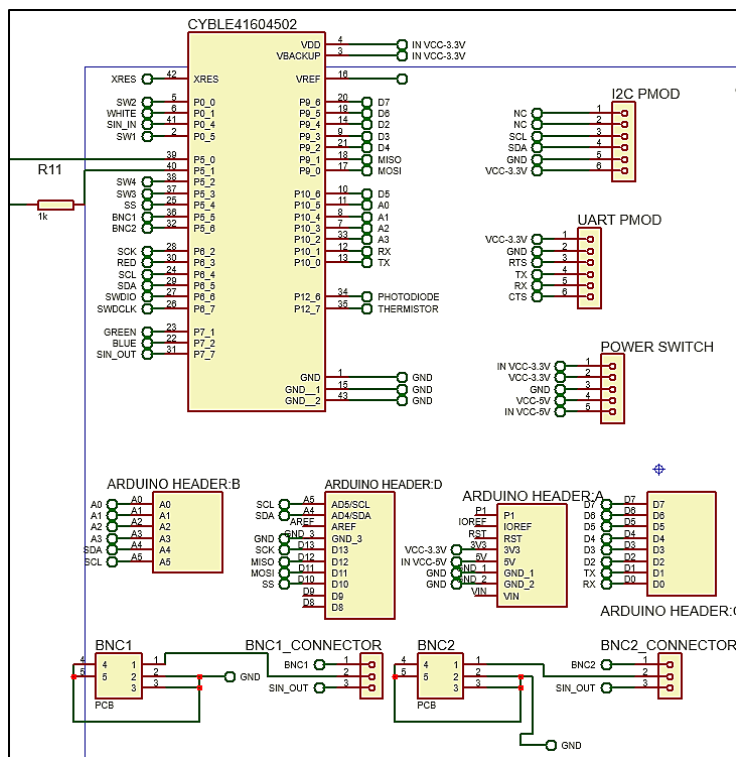


Figura 9: Modulul CYBLE şi perifericele [original].

- Afişajul RGBW

Figura 10 prezinta circuitul pentru afisajul LED RGBW care este controlat din LabVIEW prin interfaţa UART.

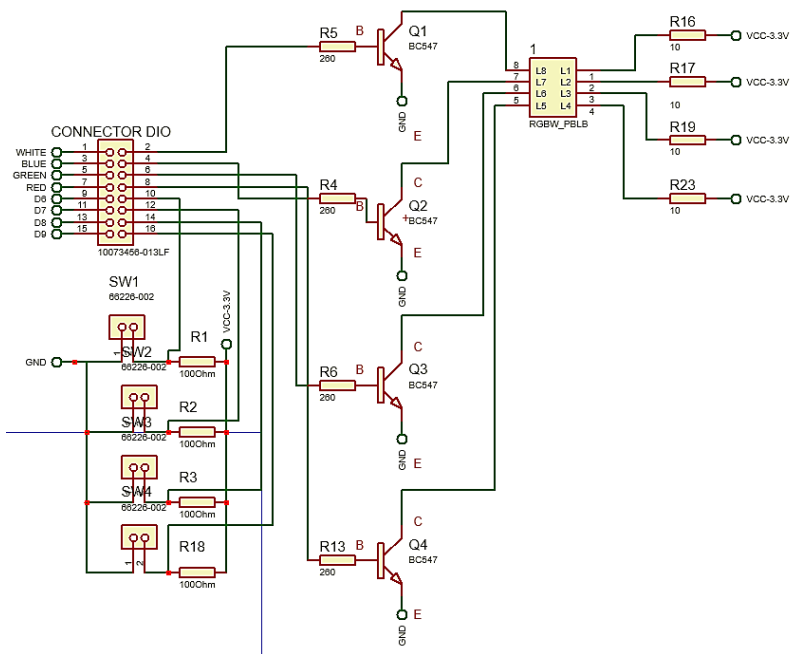


Figura 10: Circuitul de afişare RGBW [original].

- Circuite termistor şi fotodiodă

Circuitele termistorului şi fotodiodelor (Figura 11) sunt incluse ca experimente demo pentru a familiariza studenţii cu funcţionalitatea plăcii.

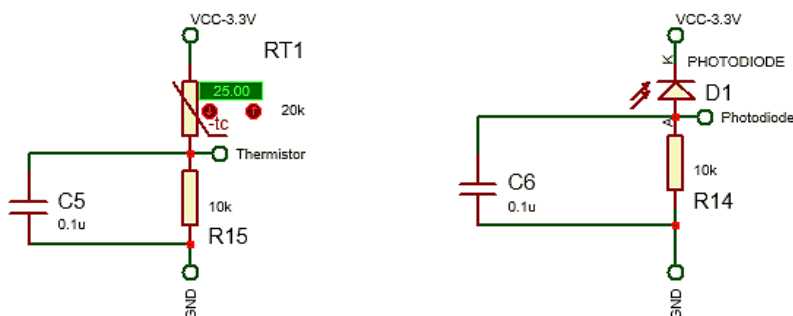


Figura 11: Circuite termistor şi fotodiodă [original].

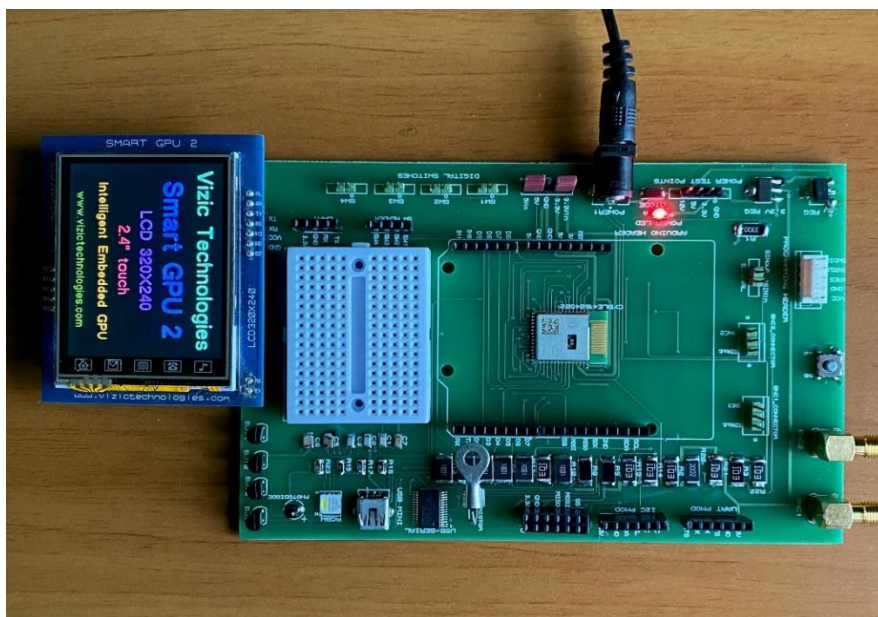


Figura 12: Placa de dezvoltare bazată pe modulul PSoC [original]

Considerente de securitate PSoC

În funcţie de aplicaţie, PSoC oferă o serie de caracteristici încorporate pentru a securiza dispozitivele şi comunicarea. Pentru obiectivele acestui studiu, comunicaţiile în cloud şi wireless, cum ar fi Bluetooth, necesită protecţie. Fără un dispozitiv separat pentru elemente securizate, proiectanţii pot integra cu uşurinţă securitatea pe un singur cip folosind UCP-uri PSoC 6. La securizarea unui sistem bazat pe PSoC, trebuie tratate următoarele consideraţii:

- Guard OEM (producător de echipamente originale) proprietate intelectuală, inclusiv coduri, date şi chei.
- Protejarea cheilor şi a datelor utilizatorilor finali
- Verificaţi integritatea codului (utilizând o verificare hash sau o redundanţă ciclică).
- Autentificarea sursei codului (semnare).
- Împiedicarea utilizării ilegale a hardware-ului.
- Separarea spaţiilor de memorie ale celor două procesoare (dual core).
- Protejarea datelor trimise către şi de pe dispozitiv.

Un sistem securizat personalizat poate fi construit folosind caracteristicile de securitate ale UCP-urilor PSoCTM 6. Majoritatea cerinţelor de securitate pot fi îndeplinite prin securizarea unui sistem cu o singură caracteristică sau o combinaţie de caracteristici. Utilizatorul poate alege din listă în funcţie de nevoile sale.

- Programarea elementelor sigure în nucleul CMO+, care este mai sigur decât nucleul CM4+.
- eFuse- Stocarea valorilor hash-ului sistemului şi a caracteristicilor de securitate în blocurile de efuse neschimbabile.
- Etapa ciclului de viaţă al dispozitivului – Specifică modul în care dispozitivul porneşte şi ce caracteristici de securitate, cum ar fi Data at Rest (DAR), pentru a permite: metode care împiedică atacatorii să acceseze stocare nevolatilă, chiar dacă au acces fizic. Ştergerea şi criptarea datelor sunt metode tipice.
- Secvenţă de încărcare securizată - atunci când hardware-ul este preconfigurat pentru autentificarea codului utilizând acreditări de securitate de încredere.
- Chain of Trust (CoT)- Acest lucru necesită ca ROM-ul dispozitivului să fie conectat la validarea codului aplicaţiei de utilizator. Cheia publică a utilizatorului care este salvată în SFlash este utilizată pentru a verifica codul. Pentru regiunea SFlash, un hash este generat şi salvat în eFuse. Boot-ul va eşua dacă există modificări ale eFuse, ale cheii publice sau ale codului de utilizator.
- Semnarea codului – software şi aplicaţii care au o semnătură digitală şi confirmă că codul asociat nu a fost modificat de când a fost semnat
- Unităţi şi context de protecţie - Acestea protejează codul şi datele de la diferiţi maeştri de bus' sau le izolează de acestea. În plus, acestea sunt folosite pentru a proteja hardware-ul cum ar fi flash şi effuse de programare. În plus, utilizatorul are opţiunea de a securiza GPO-uri sau porturi de comunicare.
- Configuraţia portului de depanare - Portul de depanare este utilizat mai întâi pentru dezvoltarea şi depanarea aplicaţiilor de utilizator; cu toate acestea, ar trebui dezactivat odată ce dispozitivul ajunge la faza ciclului de viaţă SECURE.

2.1 Consiliul de dezvoltare Inovare

- Conector fizic pentru diferite scuturi Arduino.
- Conectori Pmod (Peripheral module interface) pentru conectarea la diferite module periferice.
- Reconfigurabilitatea software-ului pentru a sprijini interschimbabilitatea modulelor periferice hardware.
- Comunicare serial-LabVIEW-Web, conectori BNC, zona de prototipare, LED RGBW
- Experimente model pentru a înțelege funcționarea plăcii.

2.2 Motive pentru a utiliza placa de dezvoltare

- Un modul CYBLE-BLE aduce concepte analogice și digitale într-un singur loc la un cost relativ mai mic decât o combinație FPGA plus MCU comparabilă.
- combină configurabilitatea software-ului furnizată de ecosistemul PSoC și LabVIEW;
- și interschimbabilitatea hardware oferită de conectorii Digilent Pmod
- Proiectarea grafică PSoC Creator IDE are o curbă de învățare mai blândă decât implementările FPGA, prin urmare placa oferă un ciclu rapid de concept-dezvoltare.
- La nivel de licență, consiliul studentesc se ocupă de următoarele concepte:
 - Electronică analogică și digitală.
 - Concepte legate de sisteme încorporate (ADC, DAC, PWM, Op-amperi)
 - Protocoale de comunicare (UART, I2C, SPI)

3 SISTEM EXTENSIBIL HARDWARE ŞI SOFTWARE - DEZVOLTARE PLATFORMĂ DE LABORATOR DE LA DISTANŢĂ

Crearea unei noi tehnologii şi metodologii pentru a crea o platformă de învăţare de laborator la distanţă este descrisă în acest capitol. Platformele combină LabVIEW, NI SystemLink şi extensibilitatea dispozitivelor myRIO. Utilizarea maşinilor de stare finită în LabVIEW pentru a încorpora mai multe experimente într-un myRIO şi pentru a concepe o metodă de reconfigurare a dispozitivelor myRIO de pe o platformă cloud, selectând astfel un experiment specific pentru un anumit timp, a fost detaliată. Este prezentată o metodă de transfer de date între dispozitivul myRIO şi software-ul client SystemLink fără a instala software-ul client SystemLink în myRIO din cauza limitării memoriei. Design-urile tipice sunt implementate pentru a ilustra funcţionarea platformei. Proiectarea şi dezvoltarea sistemului de laborator la distanţă alimentat de dispozitivele NI My RIO sunt acoperite în acest capitol. Studenţii au acces la o interfaţă de utilizator bazată pe web folosind laboratorul de la distanţă bazat pe cloud, extensibil şi adaptabil pentru a efectua experimente. Mai multe dispozitive myRIO sunt configurate pentru a rula mai multe experimente fiecare. O singură stare poate conţine mai multe experimente, iar o maşină de stare finită este utilizată pentru a selecta diferite experimente. Cloud-ul System Link şi serverul System Link sunt utilizate pentru a găzdui interfeţele de instrumente virtuale bazate pe web pentru laboratoare. O interfaţă uşor de utilizat care acoperă electronica analogică fundamentală, electronica digitală şi Internetul lucrurilor a fost creată pentru a ajuta studenţii să înţeleagă conceptele electronice cheie. Pentru ca studenţii să aibă acces la o mare varietate de experimente online, experimente reale şi virtuale au fost combinate. Rezultatele unui experiment efectuat pe aparat pot fi verificate de către profesor. Sistemul poate fi extins deoarece fiecare pin din myRIO poate fi utilizat drept canal pentru un experiment. Un experiment specific poate fi selectat şi efectuat în timp ce alte experimente sunt suspendate din cauza tehnicii de codificare bazată pe maşină în stare finită. Platforma de experimente este un laborator online hibrid, deoarece este real, virtual şi la distanţă. Platforma de laborator la distanţă dezvoltată poate acoperi concepte de inginerie electronică în principal la nivel de licenţă şi la un nivel mai puţin extins la nivel de master. Capacitatea platformei de laborator nu se limitează la funcţionalitatea demonstrată, ci poate fi extinsă şi reconfigurată pentru a se potrivi nevoilor în schimbare. Interfaţa web de laborator furnizată este un design conceptual al modelului.

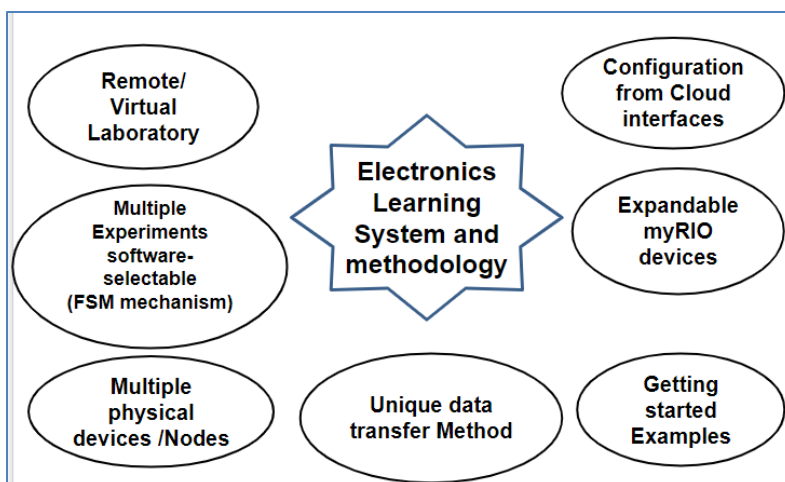


Figura 13: Atributele platformei de laborator la distanță

Figura 13 prezintă componentele și conceptele care au fost combinate pentru a forma platforma extensibilă de laborator la distanță.

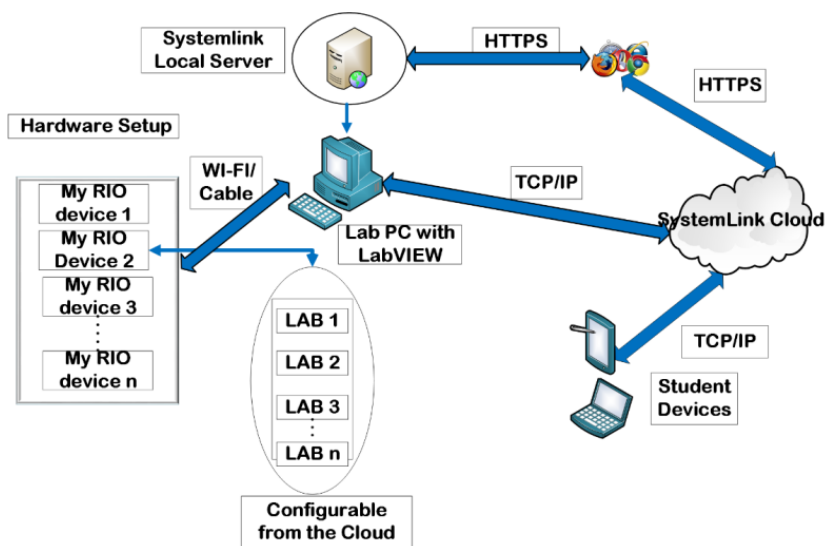


Figura 14: Conectivitatea sistemului de laborator la distanță

Dispozitivele MyRIO sunt conectate la computer în laborator fie printr-un cablu USB, fie printr-un protocol Wi-Fi. O mașină de stare finită bazată pe VI este implementată în fiecare dispozitiv myRIO (Figura 18). Orice număr de stare poate fi prezent într-un FSM. În plus, există VI-uri care rulează pe un PC și interacționează cu alte VI-uri în dispozitivele myRIO și etichetele cloud SystemLink. Variabilele globale sunt utilizate de codul LabVIEW FSM implementat în dispozitivele myRIO pentru a transfera date către și de la codul care rulează pe PC. Între programul implementat în dispozitivul myRIO și interfața cu utilizatorul online, codul care rulează pe PC servește ca intermediar de transmisie a

datelor. Datele de pe dispozitivul myRIO sunt primite de codul LabVIEW intermediar care rulează pe PC folosind variabile globale şi apoi sunt transferate în interfaţa web prin intermediul etichetelor SystemLink. O cheie pentru interfaţa de programare a aplicaţiilor (API) şi Cloud server URL-ul trebuie să fie definită pe configuraţia deschisă în LabVIEW pentru ca datele să fie transferate de la LabVIEW la SystemLink Cloud. Fiecare etichetă SystemLink are un nume distinct şi un tip de date şi sunt formate în Cloud-ul SystemLink şi serverul SystemLink. În LabVIEW, numele etichetei şi tipul de date sunt comparate şi declarate pe eticheta VI (Figura 15). Specificarea URL-ului serverului, a cheii API şi a etichetelor SystemLink asociate permit transferul de date de la PC la Web VI situat în Cloud SystemLink.

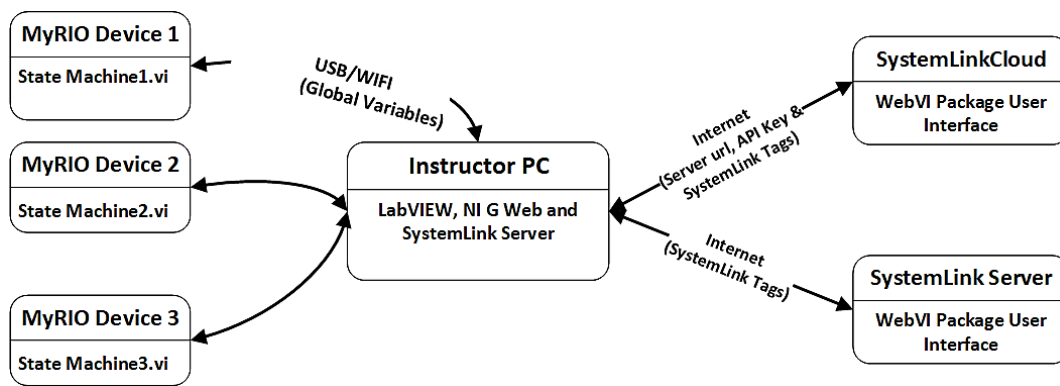


Figura 15: Diagrama fluxului de laborator



Figura 16: Configurare experimentală

Pe o singură pagină a unei interfețe web, interfețele sunt vizibile. Coduri de experiment din aceeași stare, rulate separat una de cealaltă. Codul LabVIEW al diferitelor dispozitive pentru mașinile finite de stat rulează separat unul de celălalt (Figura 17).

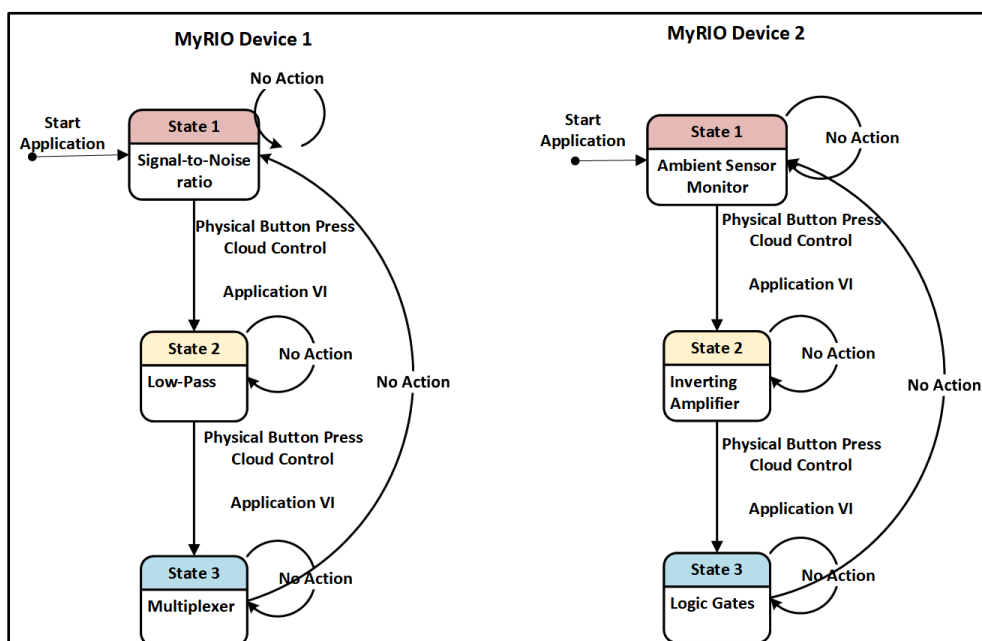


Figura 17: Arhitectura mașinilor de sistem finite

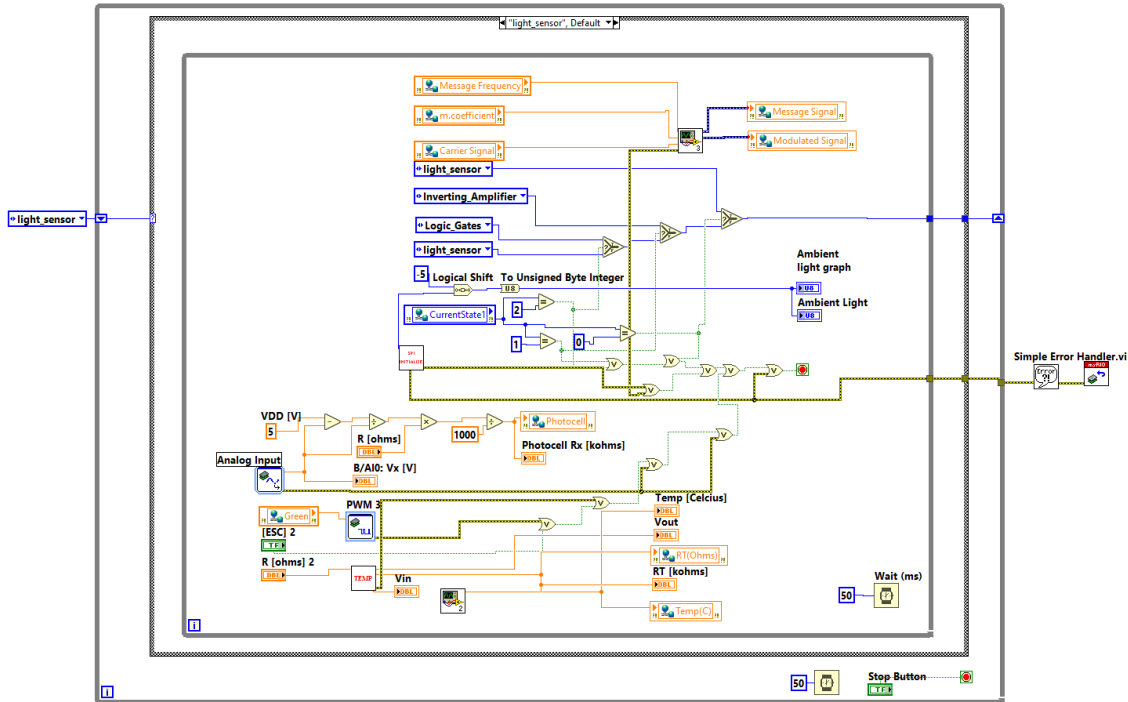


Figura 18: Codul maşinii cu stare finită

Un WebVI-ului găzduit pe un server SystemLink sau în Cloud-ul SystemLink primeşte datele de la LabVIEW. Limbajul grafic compatibil LabVIEW utilizat în instrumentele de dezvoltare web NI G este utilizat pentru a crea WebVI. WebVI utilizează aceleaşi setări ca LabVIEW pentru a primi date de la etichete.

3.1 Inovaţia platformei de laborator

- Mecanism unic şi de transfer de date care economiseşte memorie utilizând variabile globale şi etichete SystemLink.
- Reconfigurabilitatea din interfaţa Cloud SystemLink, activată de tehnica de codificare FSM, care permite selectarea sau încărcarea de experimente specifice pentru a rula în timp ce altele sunt în aşteptare.
- Implementarea mai multor experimente în cadrul fiecărui dispozitiv myRIO activat de o codificare bazată pe o maşină cu stare finită (FSM).
- Proiectarea interfeţei bazate pe WebVI utilizând instrumentul de dezvoltare G Web şi găzduirea pe serverul SystemLink şi Cloud.
- Compararea frecvenţelor de înregistrare a datelor ale serverului SystemLink şi ale Cloud-ului SystemLink.
- Spre deosebire de alte sisteme care oferă doar conectivitate pe computer-la-platforma de laborator, caracteristica specială a acestei platforme include interacţiunea dintre platforma elev-profesor.

3.2 Motive pentru a utiliza platforma laboratorului

- Platforma este reconfigurabilă şi extensibilă pentru a găzdui majoritatea laboratoarelor de inginerie electronică.
- Dispozitivul MyRIO este capabil să se ocupe de concepte de bază pentru concepte complexe, cum ar fi viziunea maşinii.
- Construcţia platformei şi formatul de reţea oferă o cale accelerată de la utilizator la dezvoltator pentru studenţi.
- La nivel de licenţă şi master, placa studenţească se ocupă de următoarele concepte:
 - Electronică analogică
 - Mecatronică şi sisteme încorporate
 - Viziunea maşinii

4 INTERFAȚĂ INTERACTIVĂ BAZATĂ PE WEB PENTRU EXPERIMENTE LA DISTANȚĂ ȘI VIRTUALE

În această secțiune, ideea de instrumentație virtuală la distanță este descrisă prin crearea unui model de interfață de utilizator online pentru accesarea experimentelor. Aceste interfețe sunt create folosind proiectarea de experimente bazate pe WebVI în software-ul de dezvoltare G Web și găzduite pe serverul SystemLink și în Cloud. Experimentele de model au fost concepute pentru a ilustra modul în care funcționează platformele. Un test de performanță a fost realizat, pentru a face o comparație între serverul SystemLink și SystemLink Cloud.

Crearea unei interfețe web este împărțită în două părți:

- G Web VI proiectare
- Găzduire pe SystemLink Local Server și cloud.

La nivel de licență și master, placa studentă se ocupă de următoarele concepte din Internet of Things:

- Configurarea conexiunii Wi-Fi.
- LabVIEW Design ierarhic și conexiune variabilă globală.
- SystemLink Tag și mesaj de comunicare.
- WebVIs design și găzduire pe web.

Puține experimente au fost selectate pentru a demonstra dovada conceptului ecosistemului platformei de laborator la distanță. Se poate accesa site-ul la <https://sites.google.com/view/cvtc-lab/home>. Figura 19 afișează lista de experimente pagina web. Pagina oferă link-uri către mai multe laboratoare. Atât experimentele la distanță care utilizează myRIO, cât și experimentele virtuale folosind Multisim sunt găzduite pe site-ul web.

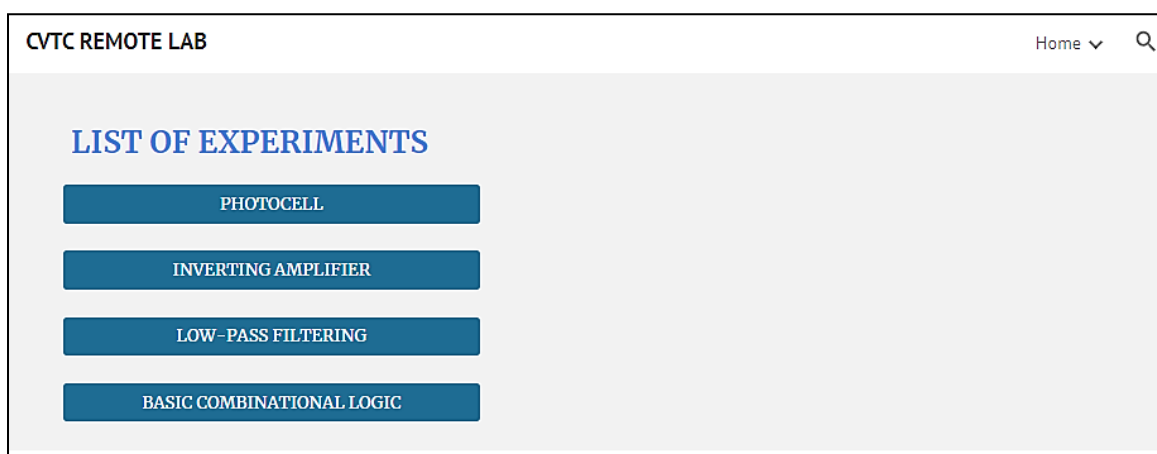


Figura 19: Pagina web a listei de experimente

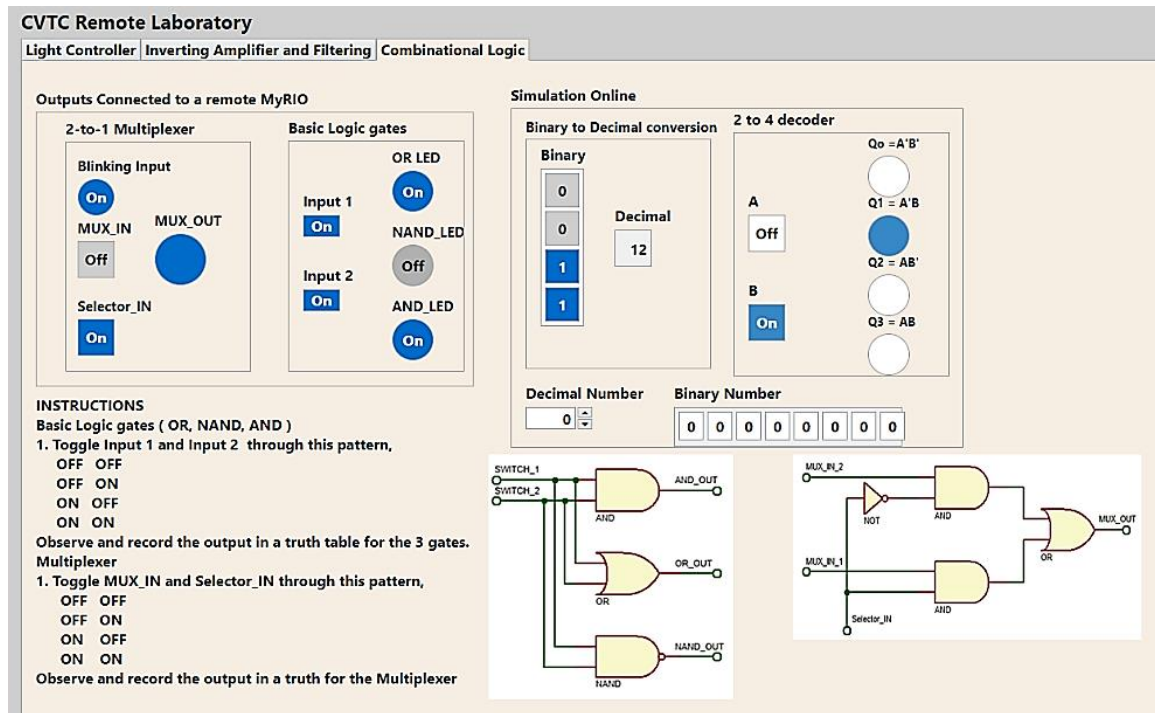


Figura 20: Electronica digitală experimentează interfața web

Figura 20 prezintă un exemplu de interfață de experiment care demonstrează funcția unui multiplexor 2-la-1 și porțile logice fundamentale operate. Trei porți logice- OR gate, AND gate, si NAND - alcătuiesc configurația pentru porți logice. Trei ieșiri și două intrări care pot fi comutate între 00 și 11 sunt atașate la porțile logice. Atât interfața web, cât și LED-ul dispozitivului myRIO al laboratorului afișează fiecare ieșire logică a porții. După acest experiment, studenții vor putea:

- Recunoaște caracteristicile AND, OR, NAND și un multiplexor 2-la-1.
- Înțelege și folosi tabelele adevărului.
- Recunoaște că hardware-ul a fost configurat pentru a reflecta modificările.

Scopul final al acestei teze este de a permite studentului de a avea un concept rapid-la-dezvoltare în crearea de sisteme de la distanță, ei vor:

- Recunoaște contribuția SystemLink la stocarea și transferul de date.
- Fi familiarizați cu citirea și scrierea tag-uri SystemLink.
- Recunoaște legătura dintre o etichetă și calea acesteia.
- Înțelege modul în care etichetele, indicațiile și controalele sunt legate.
- Dezvolta UI-uri pentru a comunica cu serverul SystemLink (Figura 21).

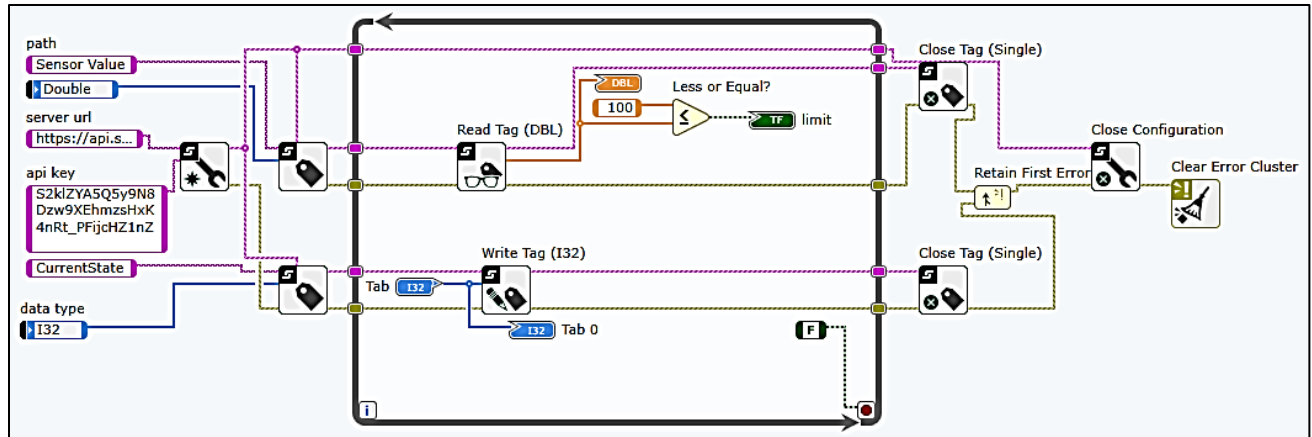


Figura 21: O diagramă bloc WebVI tipică

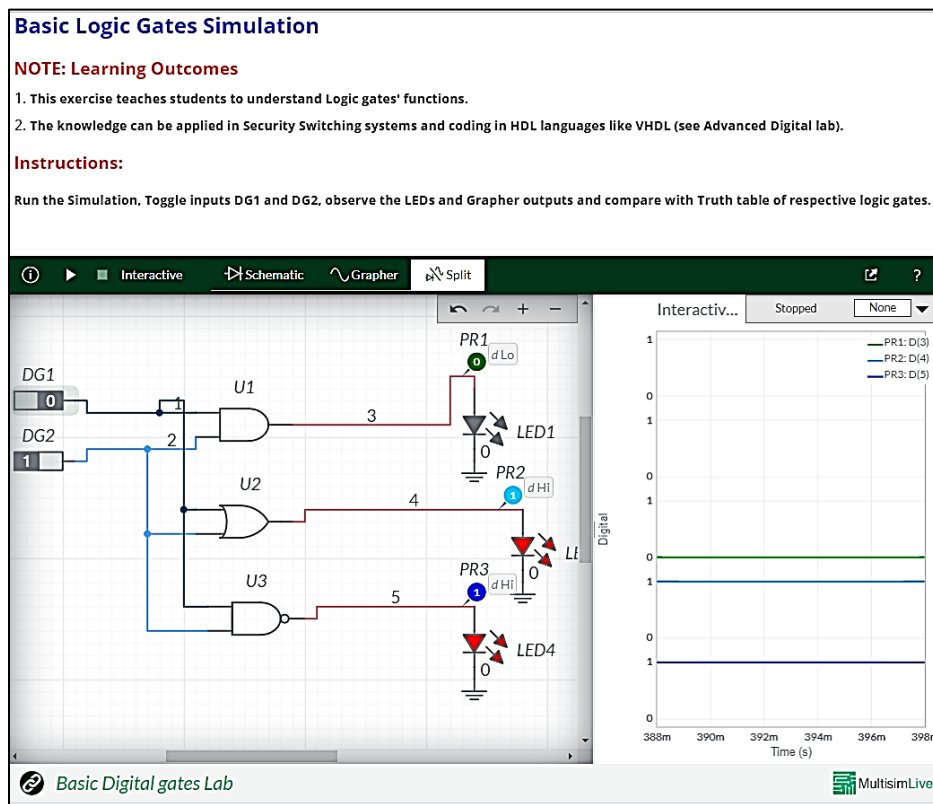


Figura 22: Interfață de simulare Multisim live Logic Gates

Platforma a avut succes în găzduirea experimentelor și a arătat cum să învețe unele dintre conceptele de bază de inginerie electronică. Interfața, inclusiv Multisim Live (Figura 22), poate fi accesată și manipulată de pe orice ecran al dispozitivului conectat. Platforma laboratorului trebuie integrată într-un sistem de management al învățării (LMS) pentru o performanță mai bună. Un sistem LMS va ajuta la gestionarea sloturilor și așteptării elevilor. De asemenea, ar trebui găsite modalități de a crește numărul de aplicații.

5 CONCLUZIE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI POTENȚIAL DE CERCETARE

Studiul a fost realizat de Centrul de Valorificare și Transfer de Competență (CVTC) al Universității Transilvania din Brașov, care datorită actualului președinte Prof. Doru URSUTIU se bucură de relații de lucru productive cu Cypress-Infineon, Diligent și NI România. Acești parteneri au oferit o combinație de hardware, software și modele de referință care au fost utilizate pentru a crea placa de dezvoltare pentru studenți și modelul paginii platformei profesorului. Principalul avantaj a fost capacitatea de a construi în jurul cadrelor resurselor hardware și software disponibile. Integrarea plăcilor de dezvoltare este o idee inedită deoarece integrează funcționalitatea aplicațiilor MCU și FPGA. În plus, îmbină reconfigurabilitatea modului PSoC și interschimbabilitatea hardware a modulelor Pmod pe o singură platformă. Convingerea puternică că va funcționa pentru epoca post-COVID este, de asemenea, încurajată de experiența practică impecabilă pe care o oferă studenților. O placă PSoC BLE, care costă în jur de 80 de dolari SUA și este mai ușor programabilă decât plăcile bazate pe FPGA, care în mod normal costă cel puțin 120 de dolari SUA, este o alegere preferată pentru studiile intermediare. Platforma de laborator a fost construită pe hardware-ul NI myRIO și oferă o valoroasă platformă online experimentală pentru activitățile laboratorului de inginerie electronică. Designul platformei permite înlocuirea altor senzori datorită versatilității și flexibilității conexiunilor Pmod. Conexiunile de prototipare a senzorilor integrați sunt simple furnizate de către compania Diligent. Interiorul conectorului portului de expansiune a dispozitivului myRIO (MXP) este protejat, dar studenții se concentrează pe proiectarea circuitelor de nivel superior. Procesorul ARM și cipul FPGA din myRIO fac posibilă implementarea multor capabilități de complexitate variabilă.

Pentru cei care învață cursuri de inginerie, LabVIEW este excelent deoarece oferă un mediu de programare grafică. Abordarea programării grafice este avantajoasă pentru studenții de inginerie care sunt obișnuiți să prezinte răspunsuri prin diagrame de proces. Programul oferă, de asemenea, o metodă simplă pentru proiectarea FPGA-urilor prin abstractizarea a numeroase detalii și permițând studenților să se concentreze pe algoritmi lor. Mediul SystemLink oferă o platformă potrivită pentru efectuarea de experimente online, utilizarea serviciilor Cloud SystemLink și utilizarea aplicației mobile Dashboard. Integrarea acestei platforme de laborator a serverului LabVIEW SystemLink, SystemLink Cloud și NI WebVis creează ecologia ideală pentru design-urile IoT și laboratoarele de la distanță. Mediul este potrivit pentru studenții care nu au acces ușor la echipamente de laborator scumpe și este o platformă excelentă pentru laboratoarele îndepărtate. De asemenea, va fi inclusă o cameră n LDR, astfel încât elevii să poată vedea dispozitivele reale în acțiune. Feedback-ul elevilor este un proces continuu care poate fi accesat la: <https://forms.gle/Yi1eirAhTxf7CK71A>. Dispozitivele hardware NI în timp real cu mai mult de 512 MB RAM se pot conecta cu platforma Cloud LabVIEW și

SystemLink pentru a structura laboratoarele educaţionale la distanţă şi controlul proceselor industriale. Metodologia exprimată în acest studiu ar putea fi considerată o dovadă a conceptului, încurajând pasiunea pentru proiectele complexe care ajută o mare varietate de studenţi de inginerie din întreaga lume. Nevoia de transmitere şi de absorbţie a informaţiilor se confruntă cu provocările distanţării sociale în mediul educaţional post-SARS-COV2, prin urmare software-ul şi hardware-ul şi soluţiile uşor de programat sunt esenţiale [86]. Teza a reuşit să contribuie cu cunoştinţe la metodele de învăţare în era post-Covid şi la modul de desfăşurare a cursurilor STEAM folosind o platformă combinată pentru hardware şi laboratoare simulate. Crearea unei platforme la distanţă extensibile, accesibile şi adaptabile pune la încercare metodele de experimentare ale cadrelor universitare, în special în regiunea sub Sahariană. Problemele cu resurse insuficiente ar putea fi rezolvate dacă instituţiile colaborează pentru a crea platforme puternic integrate pentru facultăţile lor.

Pe scurt, sistemele prezentate în această teză sunt foarte recomandate deoarece:

- Acestea oferă prototipuri rapide (cale rapidă de la utilizator la creator)
- PSoC este o opţiune mai ieftină în comparaţie cu FPGA şi oferă o curbă de învăţare blândă.
- Acestea oferă interacţiunea dintre platforma student board-to-teacher în comparaţie cu un alt sistem care oferă interacţiunea dintre computer şi platforma educaţională.
- În funcţionarea normală, myRIO necesită un consum maxim de energie de 14 W (6-16VDC).
- Placile studenteşti au un consum maxim de 9W (9VDC), deci cerinţele de putere sunt bune chiar şi pe considerente solare.

5.1 Contribuţii originale

- **Placă multi-periferică configurabilă de software**
 1. Crearea unei combinaţii unice şi versatile periferică pe o placă de dezvoltare
Integrarea modului PSoC CYBLE şi perifericele care includ aceste caracteristici unice ale placii studenteşti.
 - Conector fizic de stivă pentru a conecta diferite scuturi Arduino.
 - Conectori reconfigurabili Pmod (Peripheral module interface) pentru interfaţa cu diverse module periferice.
 - Comunicare serial-LabVIEW-Web, conectori BNC, zona de prototipare, LED RGBW
 2. Ciclu rapid de concept-dezvoltare
 - Un modul CYBLE-BLE aduce concepte analogice şi digitale într-un singur loc la un cost relativ mai mic decât o combinaţie FPGA plus MCU comparabilă. Proiectarea grafică PSoC Creator IDE are o curbă de învăţare mai blândă decât implementările FPGA. Deci, consiliul prevede un ciclu rapid concept-la-dezvoltare.

3. Hardware reconfigurabil software

- Reconfigurabilitatea a fost realizată atunci când o componentă configurată în software-ul creatorului PSoC a fost reconfigurată în continuare folosind LabVIEW în timpul execuției, de exemplu atunci când frecvența unei componente VDAC deja configurate a fost configurată în continuare din interfața LabVIEW prin modificarea intervalului de frecvență de intrare în timpul rulării. Utilizatorul poate utiliza, de asemenea, software-ul pentru a reconfigura timpul de eșantionare și alte aspecte ale hardware-ului.

• Platforma Laborator de la distanță

1. A creat o metodă de a încorpora mai multe experimente într-un myRIO pentru a reconfigura dispozitivele myRIO de pe o platformă cloud, selectând astfel un experiment specific pentru o anumită perioadă de timp.

- Mai multe experimente au fost încorporate într-un dispozitiv myRIO și a fost formulată o metodă de reconfigurare a dispozitivelor myRIO de pe o platformă cloud, oferind astfel posibilitatea de a selecta un experiment specific pe un anumit timp, acest lucru a fost realizat prin utilizarea unui stil de codificare Finite State Machine (FSM) în LabVIEW

2. Conceperea unei metode de transfer de date între dispozitivul myRIO și cloud.

- Transferul de date a fost realizat prin utilizarea variabilelor globale de la myRIO la computer și etichete SystemLink de la computer la cloud. Dispozitivul MyRIO se poate conecta la cloud-ul SystemLink instalând software-ul client SystemLink, dar are limitări de memorie. Deci, a fost formulată o nouă modalitate de a elucida problemele

3. Extensibilitatea sistemului

- Sistemul poate fi extins deoarece fiecare pin din myRIO poate fi utilizat ca un canal pentru un experiment. Mai multe stări pot fi adăugate pentru a conține mai multe experimente și fiecare stare poate fi configurată pentru a organiza mai multe experimente.

• Interfață de instrumentare virtuală și de la distanță bazată pe web

1. A creat un mecanism de utilizare a unei interfețe web pentru a selecta și a rula experimente într-un dispozitiv myRIO la distanță

- Proiectarea unei interfețe de experiment bazate pe WebVI în software-ul de dezvoltare web G care găzduiește serverul SystemLink și cloud și au o funcție pentru a selecta un experiment preferat în dispozitivele myRIO la distanță

2. Formularea unui test de performanță pentru a compara serverul SystemLink și SystemLink Cloud.

- Un test a fost formulat prin LabVIEW pentru a compara frecvența de înregistrare a datelor a serverului SystemLink și a cloud-ului SystemLink. Această comparație ar putea fi utilă pentru aplicațiile sensibile la timp.
- 3. Formularea unei interacțiuni între placa studentească și o platformă hardware profesor în comparație cu alte sisteme care oferă interacțiunea computer - platformă laborator.
 - Sistemul dezvoltat poate oferi interacțiunii platformă student- laborator o altă idee originală care o diferențiază de sistemul de laborator existent. Platforma cloud este extensibilă prin adăugarea mai multor file corespunzătoare creșterii stărilor care rulează în myRIO.
- 4. Creativitatea în dezvoltarea rapidă a sistemului de la distanță
Unul dintre obiectivele majore ale acestei platforme este de a transforma utilizatorii în creatori, astfel încât, după ce a trecut prin exemplele date, un student ar trebui să poată să-și creeze sistemul la distanță și să stabilească comunicarea între hardware și platforma Cloud. Studenții vor putea astfel:
 - Recunoaște contribuția SystemLink la stocarea și transferul de date.
 - Fi familiarizați cu citirea și scrierea tag-uri SystemLink.
 - Recunoaște legătura dintre o etichetă și calea acesteia.
 - Înțelege modul în care etichetele, indicațiile și controalele sunt legate.
 - Dezvolta UI-uri pentru a comunica cu serverul SystemLink.

5.2 Potențialul cercetării în dezvoltarea tehnologică

Cercetarea are un potențial enorm în dezvoltarea științei și tehnologiei. Următoarele domenii au fost identificate ca posibilități de dezvoltare care pot reieși din acest studiu.

1. Laboratorul colaborativ la distanță al universităților

Această activitate oferă posibilitatea creării unei unități de laborator comune într-o țară sau regiune, care să conecteze diferite universități. În acest fel, costurile hardware și abonamentele de licență sunt partajate între participanți. Diferiți experți din inginerie și tehnologia informației se pot reuni pentru a avea un sistem robust de management al învățării hardware, software și online pentru a răspunde cursanților și profesorilor și pentru a oferi programare.

Utilizarea tehnologiei la distanță nu se limitează doar la ingineria electronică, ci poate fi utilizată în mai multe domenii, cum ar fi domeniile medical, auto sau artistic, unde pot fi create platforme de învățare personalizate pentru învățarea colaborativă la distanță.

2. Placa studentească cu dezvoltare comercială

Placa studentească este considerată a fi șablonul optim pentru versiunea comercială. Forma scheletică poate fi adoptată de diferite departamente pentru a se potrivi mediului, gamei de intrări ale senzorilor și elementelor de acționare respective. Ideea reconfigurabilității în software crește gama și domeniul de aplicare al plăcii și al variantelor sale. Versiunea comercială va lua în considerare cu

siguranță actualizarea unor componente utilizate în prototip, dar păstrând șablonul de bază neschimbat.

3. Întreprinderi mici și întreprinderi nou-înființate

Acest studiu este benefic pentru întreprinderile nou-înființate și întreprinderile mici, cum ar fi minerii. Întreprinderile mici își pot monitoriza procesele folosind sistemul ușor de adaptat și configurabil. Simplitatea și costul relativ scăzut pot încuraja utilizarea tehnologiei de la distanță la aceste niveluri inferioare.

5.3 Cercetări suplimentare

Pentru a realiza un succes viabil, realist și continuitatea acestei lucrări, mai multe aspecte necesită cercetări suplimentare și sunt necesare îmbunătățiri.

- Una dintre sugestiile experților din Africa a fost de a cerceta adecvarea sistemului pentru universitățile din țările din lumea a treia, care trebuie să fie combinate cu sisteme de rezervă a energiei regenerabile pentru a facilita accesul la zonele îndepărtate.
- O altă problemă este de a avea o miniatură, la prețuri accesibile, dispozitiv electronic condus cu putere joasă care să servească țărilor în curs de dezvoltare.
- Sistemul are nevoie, de asemenea, de includerea unor dispoziții privind internetul mobil care să permită conectarea în zonele rurale. Integrarea unui astfel de serviciu va îmbunătăți funcționalitatea sistemului.

BIBLIOGRAFIE

- [1] 'Stuck at home, engineers' binge on technical content | Fierce Electronics'.
<https://www.fierceelectronics.com/electronics/stuck-at-home-engineers-binge-technical-content> (accessed Apr. 18, 2022).
- [2] C. M. Markan *et al.*, 'Remote Triggered Analog Communication Laboratory for E-Learning', vol. 9, no. 5, p. 8, 2013.
- [3] M. E. Auer and D. G. Zutin, *Online Engineering & Internet of Things: Proceedings of the 14th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation REV 2017, ... USA*, 1st ed. Springer Publishing Company, Incorporated, 2017.
- [4] A.-S. Khan Pathan, 'Technological advancements and innovations are often detrimental for concerned technology companies', *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 40, no. 4, pp. 189–191, Oct. 2018, DOI: 10.1080/1206212X.2018.1515412.
- [5] 'What is an Embedded System? Definition and FAQs | HEAVY.AI'.
<https://www.heavy.ai/technical-glossary/embedded-systems> (accessed Apr. 18, 2022).
- [6] 'The role of universities in a highly technological age'.
<https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20191023081415452> (accessed Apr. 18, 2022).
- [7] P. A. Young *et al.*, 'Cultural and Regional Perspectives, p. 62.
- [8] R. Huang, J. M. Spector, and J. Yang, *Educational Technology: A Primer for the 21st Century*. Singapore: Springer Singapore, 2019. DOI: 10.1007/978-981-13-6643-7.
- [9] L. Stošić, 'THE IMPORTANCE OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY IN TEACHING', *Int. J. Cogn. Res. Sci. Eng. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 111–114, Jun. 2015, DOI: 10.23947/2334-8496-2015-3-1-111-114.
- [10] 'Industry 4.0 by IntroBooks Team - Ebook | Scribd'.
<https://www.scribd.com/book/435016211/Industry-4-0> (accessed Apr. 14, 2022).
- [11] 'Fifth Annual Educator Confidence Report Introduces First-Ever Educator Confidence Index, Takes the Pulse of Teacher Sentiment across the United States. <https://www.hmhco.com/about-us/press-releases/2019-educator-confidence-report> (accessed Apr. 14, 2022).
- [12] 'The Top 5 Tech Trends That Will Disrupt Education In 2020 - The EdTech Innovations Everyone Should Watch. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2020/01/20/the-top-5-tech-trends-that-will-disrupt-education-in-2020the-edtech-innovations-everyone-should-watch/?sh=6f4b70662c5b> (accessed Apr. 14, 2022).
- [13] 'Trends in Educational Technology for 2020 | InformED'.
<https://www.opencolleges.edu.au/informed/edtech-integration/trends-educational-technology-2020/> (accessed Apr. 14, 2022).
- [14] K. Welbers, E. Konijn, C. Burgers, N. Bij de Vaate, A. Eden, and B. Brugman, 'Gamification as a tool for engaging student learning: A field experiment with a gamified app', *E-Learn. Digit. Media*, vol. 16, pp. 92–109, Mar. 2019, DOI: 10.1177/2042753018818342.

- [15] 'Tackling EdTech Solutions for Student and Teacher Wellness | Emerging Education Technologies'. <https://www.emergingedtech.com/2020/03/edtech-solutions-student-and-teacher-wellness/> (accessed Apr. 14, 2022).
- [16] 'AI Applications in Education'. <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/07/12/ai-applications-in-education/?sh=5f6cb8062a38> (accessed Apr. 14, 2022).
- [17] P. C. Kumar, M. Chetty, T. L. Clegg, and J. Vitak, 'Privacy and Security Considerations for Digital Technology Use in Elementary Schools', *Proc. 2019 CHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst.*, 2019.
- [18] 'Collaboration Tools | Center for Teaching Innovation'. <https://teaching.cornell.edu/learning-technologies/collaboration-tools> (accessed Apr. 14, 2022).
- [19] 'Enterprise potential of mixed reality applications | Deloitte Insights'. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends/2017/mixed-reality-applications-potential.html> (accessed Apr. 14, 2022).
- [20] S. Rokhsaritalemi, A. Sadeghi-Niaraki, and S.-M. Choi, 'A Review on Mixed Reality: Current Trends, Challenges, and Prospects', *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.3390/app10020636.
- [21] O. Mohammed, M. Chkouri, A. Nejari, and kamal eddine el kadiri, 'Studying and comparing the free e-learning platforms', Oct. 2016, pp. 581–586. DOI: 10.1109/CIST.2016.7804953.
- [22] 'What is Computer-Based Learning | IGI Global'. <https://www.igi-global.com/dictionary/designing-effective-computer-based-learning/5120> (accessed Jan. 31, 2022).
- [23] Busbee Kenneth Leroy and Braunschweig Dave, *Programming Fundamentals : A Modular Structured Approach*. Rebus Community, 2018. [Online]. Available: <https://openlibrary-repo.ecampusontario.ca/jspui/handle/123456789/692>
- [24] 'Electrical CAD (ECAD) Definition | Arena'. <https://www.arenasolutions.com/resources/glossary/electrical-cad/> (accessed Feb. 02, 2022).
- [25] 'Distance learning, e-learning, online learning, or virtual learning?' <https://nesslabs.com/distance-learning-e-learning-online-learning-virtual-learning-difference> (accessed May 22, 2022).
- [26] J. Wei, D. F. Treagust, M. Mocerino, A. D. Lucey, M. G. Zadnik, and E. D. Lindsay, 'Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: a literature review', *Discip. Interdiscip. Sci. Educ. Res.*, vol. 1, no. 1, p. 14, Dec. 2019, doi: 10.1186/s43031-019-0015-8.
- [27] J. R. López Gutiérrez, P. Ponce, and A. Molina, 'Real-Time Power Electronics Laboratory to Strengthen Distance Learning Engineering Education on Smart Grids and Microgrids', *Future Internet*, vol. 13, no. 9, p. 237, Sep. 2021, DOI: 10.3390/fi13090237.
- [28] L. F. Z. Rivera and M. M. Larrondo-Petrie, 'Models of remote laboratories and collaborative roles for learning environments', in *2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, Madrid, Spain, Feb. 2016, pp. 423–429. DOI: 10.1109/REV.2016.7444517.

- [29] L. F. Zapata-Rivera, M. M. Larrondo-Petrie, and C. P. Weinthal, 'Generation of Multiple Interfaces for Hybrid Online Laboratory Experiments based on Smart Laboratory Learning Objects', in *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2019, pp. 1–8. DOI: 10.1109/FIE43999.2019.9028421.
- [30] M. Darwish, H. Amreiz, A. Janbey, and C. C. Marouchos, 'Virtual Power Electronics Labs for Online Teaching', in *2020 55th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, Sep. 2020, pp. 1–5. DOI: 10.1109/UPEC49904.2020.9209772.
- [31] H. N. Quang and T. M. Hoang, 'A low-cost remote laboratory of field programmable gate arrays', in *Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, Bangkok, Thailand, Feb. 2015, pp. 172–176. DOI: 10.1109/REV.2015.7087286.
- [32] I. Angulo, J. Garcia-Zubia, P. Orduna, L. Rodriguez-Gil, and A. Villar, 'Integral Remote laboratory for Programmable Logic', in *2019 5th Experiment International Conference (exp.at'19)*, Funchal (Madeira Island), Portugal, Jun. 2019, pp. 253–255. doi: 10.1109/EXPAT.2019.8876561.
- [33] A. Flores, M. Raffo, M. Balcazar, and K. Yllahuaman, 'Remote Laboratory for Teaching Digital Design using a VPN and embedded system', in *2021 IEEE XXVIII International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, Lima, Peru, Aug. 2021, pp. 1–4. doi: 10.1109/INTERCON52678.2021.9532871.
- [34] 'Virtual Instrumentation Using LabVIEW [Updated 2022]'.
<https://mindmajix.com/labview/virtual-instrumentation-using-labview> (accessed Apr. 17, 2022).
- [35] Chamunorwa, Tinashe, 'Electronics & Embedded Technology Teaching in Universities and Colleges. Survey'. <https://docs.google.com/forms/d/1qLEp1eQCdTGc-zKSB05snvMIFufvEOzqiy3Cu0oc5cY/viewanalytics>
- [36] 'Why the Demand for Engineering Graduates Is on The Rise | Top Universities'.
<https://www.topuniversities.com/student-info/careers-advice/why-demand-engineering-graduates-rise> (accessed Apr. 17, 2022).
- [37] 'Design for an embedded ecosystem'. <https://www.electronicsworld.com/market-sectors/embedded-systems/design-for-an-embedded-ecosystem-2008-05/> (accessed Apr. 17, 2022).
- [38] C. Hodges, S. Moore, B. Lockee, T. Trust, and A. Bond, 'The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning', p. 12.
- [39] Wagdy Sawahel, 'Africa: COVID-19 drives development of online laboratories', Jul. 2020. [Online]. Available: <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20200715130543961>
- [40] W.-S. Soh, 'Experiential Learning Through Remote Electrical Engineering Labs During the COVID-19 Pandemic', in *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology Education (TALE)*, 2021, pp. 01–05. doi: 10.1109/TALE52509.2021.9678756.

- [41] S. Kurukunda, C. Trigona, and S. Baglio, 'Laboratory Activity during COVID- 19 as a "Virtual Experience": Restriction or Chance?', in *2020 17th International Multi-Conference on Systems, Signals Devices (SSD)*, 2020, pp. 349–353. doi: 10.1109/SSD49366.2020.9364113.
- [42] R. C. Panicker and D. John, 'Fully Remote Project-Based Learning of Hardware/Software Codesign', in *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2021, pp. 1–5. doi: 10.1109/FIE49875.2021.9637053.
- [43] M. V. Ramya, G. K. Purushothama, and K. R. Prakash, 'Design and Implementation of IoT Based Remote Laboratory for Sensor Experiments', 2020.
- [44] A. A. Altalbe, 'Performance impact of simulation-based virtual laboratory on engineering students: A case study of Australia virtual system', *IEEE Access*, vol. 7, pp. 177387–177396, 2019.
- [45] J. Svatos, J. Holub, J. Fischer, and J. Sobotka, 'Online teaching at CTU in Prague aka university under COVID restrictions', *Meas. Sens.*, vol. 18, p. 100121, 2021.
- [46] O. Velihorskyi, M. Khomenko, and I. Nesterov, 'Remote Debugging of Embedded Systems in STM32CubeMonitor', 2020.
- [47] W. Kaewmanee, B. Yodwong, S. Sikkabut, M. Phattanasak, and D. Guilbert, 'A New Low-cost Hardware-in-the-Loop Simulator for Control of Power Electronics Systems Laboratory', in *2021 Research, Invention, and Innovation Congress: Innovation Electricals and Electronics (RI2C)*, 2021, pp. 233–237.
- [48] T. Vince *et al.*, 'IoT Implementation in Remote Measuring Laboratory VMLab Analyses.', *J Univers Comput Sci*, vol. 26, no. 11, pp. 1402–1421, 2020.
- [49] P. Jacko, M. Guzan, and A. Kalinov, 'Remote Microcontroller Scanner Design for STM32 Microcontrollers Used to Distance Education Form', in *2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, 2021, pp. 1–6.
- [50] G. R. Alves, A. Marques, and J. Bento da Silva, 'Lab-based Education', in *Ninth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'21)*, 2021, pp. 533–535.
- [51] J. Molnár *et al.*, 'Weather Station IoT Educational Model Using Cloud Services.', *J Univers Comput Sci*, vol. 26, no. 11, pp. 1495–1512, 2020.
- [52] D. Praselia, A. N. Handayani, S. Wibawanto, S. N. Mustika, W. C. Kurniawan, and R. A. Asmara, 'Design and Development of Online Media Learning on Analog Electronics Course under COVID-19', in *2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT)*, 2021, pp. 45–49.
- [53] P. Jacko *et al.*, 'Remote IoT Education Laboratory for Microcontrollers Based on the STM32 Chips', *Sensors*, vol. 22, no. 4, p. 1440, 2022.
- [54] J. V. Espinoza, W. I. Alama, J. S. Bohórquez, and I. B. Amaya, 'Implementation of a pilot plant for the integral development of remote laboratories', *IEEE Rev. Iberoam. Tecnol. Aprendiz.*, vol. 16, no. 1, pp. 11–20, 2021.

- [55] S. Martin, A. Fernandez-Pacheco, J. A. Ruipérez-Valiente, G. Carro, and M. Castro, 'Remote Experimentation Through Arduino-Based Remote Laboratories', *IEEE Rev. Iberoam. Tecnol. Aprendiz.*, vol. 16, no. 2, pp. 180–186, 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3089916.
- [56] C. Monzo, G. Cobo, J. A. Morán, E. Santamaría, and D. García-Solórzano, 'Remote Laboratory for Online Engineering Education: The RLAB-UOC-FPGA Case Study', *Electronics*, vol. 10, no. 9, 2021, doi: 10.3390/electronics10091072.
- [57] D. Ursutiu, C. Samoila, and J. Bergmans, 'TEMPUS iCo-op, new trends in LabVIEW — MOODLE integration', in *2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 2014, pp. 685–688. doi: 10.1109/ICL.2014.7017853.
- [58] G. A. G. Carreón, P. C. Lugo, and S. A. C. Valencia, 'Teaching Online Laboratory based on Cloud Services', in *2018 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*, 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/ROPEC.2018.8661427.
- [59] 'IEEE Standard for Networked Smart Learning Objects for Online Laboratories', IEEE. doi: 10.1109/IEEESTD.2019.8723446.
- [60] 'CY8CPROTO-063-BLE PSoC 6 BLE Prototyping Board Guide', p. 42.
- [61] 'IoT Powered Predictive Maintenance with Cypress' PSoC®6 Microcontroller and Excelon-FRAM'. <https://www.rs-online.com/designspark/iot-based-predictive-maintenance-with-cypress-psoc-6-and-excelon-fram> (accessed May 01, 2022).
- [62] 'Downtime costs UK manufacturers £180bn a year - The Manufacturer'. <https://www.themanufacturer.com/articles/machine-downtime-costs-uk-manufacturers-180bn-year/> (accessed May 01, 2022).
- [63] 'Bluetooth-Enabled ECG Monitor - Circuit Cellar'. <https://circuitcellar.com/research-design-hub/bluetooth-enabled-ecg-monitor/> (accessed May 01, 2022).
- [64] Thirusabaresaan Palanivel, 'an introduction to labview', 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.25340.05764.
- [65] M. K. Idris, J. Qiu, G. W. Melenka, and G. Grau, 'Printing electronics directly onto carbon fiber composites: unmanned aerial vehicle (UAV) wings with integrated heater for de-icing', *Eng. Res. Express*, vol. 2, no. 2, p. 025022, May 2020, doi: 10.1088/2631-8695/ab8e24.
- [66] 'CySmart — Bluetooth® LE Test and Debug Tool - Infineon Technologies'. <https://www.infineon.com/cms/en/design-support/tools/utilities/wireless-connectivity/cysmart-bluetooth-le-test-and-debug-tool/> (accessed May 01, 2022).
- [67] D. Ursutiu, C. Samoila, P. Kane, and F. Altoe, 'Powerful Technologies Together for Engineering Education (PTT for EE)', in *Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, Bangkok, Thailand, Feb. 2015, pp. 113–117. doi: 10.1109/REV.2015.7087274.
- [68] T. Chamunorwa, D. Ursutiu, C. Samoila, and H. A. Modran, 'Embedded System Learning Platform for Developing Economies', in *Educating Engineers for Future Industrial Revolutions*, Cham, 2021, pp. 617–627.

- [69] H. Almahzumy, F. Ardilla, and B. S. Marta, 'Board PSoC library design and evaluation for mobile robot implementation', in *2017 International Electronics Symposium on Engineering Technology and Applications (IES-ETA)*, 2017, pp. 257–262. doi: 10.1109/ELECSYM.2017.8240413.
- [70] C. Court and S. Jose, 'Universal Digital Block (UDB) Editor Guide', no. 001, p. 52.
- [71] C. Court and S. Jose, 'CY8CKIT-049-4xxx PSoC® 4 Prototyping Kit Guide', p. 78.
- [72] Kael HANSON, 'Digital Electronics Part III : Finite State Machines', <https://www.wisc.edu/>.
https://www.physics.wisc.edu/courses/home/spring2021/623/lecture_notes/digital/digital-03.html (accessed Apr. 02, 2022).
- [73] A. Somanathan, D. Bhan, N. Salunkhe, J. Joshi, and A. Tambe, 'Implementation and analysis of a FPGA-Programmable SoC interface towards mixed-signal educational platforms', in *2014 International Conference on Circuits, Systems, Communication and Information Technology Applications (CSCITA)*, Mumbai, Maharashtra, India, Apr. 2014, pp. 99–104. doi: 10.1109/CSCITA.2014.6839242.
- [74] A. Ravulavaru, *Enterprise Internet of Things handbook: build end-to-end IoT solutions using popular IoT platforms*. 2018.
- [75] M. Huba and P. Bistak, 'PocketLab: Next step to Learning, Experimenting and Discovering in Covid Time', in *2020 18th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, Košice, Slovenia, Nov. 2020, pp. 182–186. doi: 10.1109/ICETA51985.2020.9379240.
- [76] T. Klinger, C. Kreiter, A. Pester, and C. Madritsch, 'Low-cost Remote Laboratory Concept based on NI myDAQ and NI ELVIS for Electronic Engineering Education', in *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Porto, Portugal, Apr. 2020, pp. 106–109. doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125086.
- [77] B. Ulrich, 'A modern, versatile and low-cost educational system for teaching DC/DC converter control with analog, digital and mixed-signal methods', in *2017 International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM)*, Wolfenbuettel, Germany, Sep. 2017, pp. 1–8. doi: 10.1109/REM.2017.8075234.
- [78] T. Chamunorwa, D. Ursuțiu, C. Samoilă, and H. A. Modran, 'Electronic Laboratory Educational Board', p. 10.
- [79] 'CYBLE-416045-02 EZ-BLE™ Creator Module', no. 002, p. 60.
- [80] T. Chamunorwa, D. Ursuțiu, C. Samoilă, H. Hedesiu, and H. A. Modran, 'Electronic Educational Laboratory Platform for Students', in *Online Engineering and Society 4.0*, vol. 298, M. E. Auer, K. R. Bhimavaram, and X.-G. Yue, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 311–322. doi: 10.1007/978-3-030-82529-4_30.
- [81] 'Transferring Data Using Tags - SystemLink Data Services for LabVIEW NXG Web Module Manual - National Instruments'. <https://www.ni.com/documentation/en/systemlink-data-services/1.0/manual/transfer-tags/> (accessed May 12, 2022).

- [83] T. Chamunorwa, H. A. Modran, D. Ursuțiu, C. Samoilă, and H. Hedeşiu, 'Reconfigurable Wireless Sensor Node Remote Laboratory Platform with Cloud Connectivity', *Sensors*, vol. 21, no. 19, p. 6405, Sep. 2021, doi: 10.3390/s21196405.
- [84] E. Doering, 'NI myRIO Project Essentials Guide - National Instruments', <https://education.ni.com/>. <https://education.ni.com/teach/resources/92/ni-myrio-project-essentials-guide> (accessed Nov. 15, 2022).
- [86] T. Chamunorwa, H. A. Modran, D. Ursuțiu, C. Samoilă, and H. Hedeşiu, 'Cloud-Based, Expandable&mdash Reconfigurable Remote Laboratory for Electronic Engineering Experiments', *Electronics*, vol. 11, no. 20, 2022, doi: 10.3390/electronics11203292.

ANNEXES

Annex 1 – List of Publications

- ISI journals,

Expandable-Reconfigurable Remote Laboratory for Electronic Engineering Experiments.

Chamunorwa, T.; Modran, H.A.; Ursuțiu, D.; Samoilă, C.; Hedeşiu, H.

Electronics 2022, 11, 3292.

ISSN / eISSN 2079-9292

Web of Science Accession Number: WOS: 000872619000001

<https://doi.org/10.3390/electronics11203292>

Reconfigurable Wireless Sensor Node Remote Laboratory Platform with Cloud Connectivity.

Chamunorwa, T.; Modran, H.A.; Ursuțiu, D.; Samoilă, C.; Hedeşiu, H.

Sensors 2021, 21, 6405.

ISSN / eISSN 1424-8220

Web of Science Accession Number: WOS: 000710269900001

PubMed ID34640724

<https://doi.org/10.3390/s21196405>

- International conferences

Embedded System Learning Platform for Developing Economies.

Chamunorwa, T., Ursutiu, D., Samoila, C., Modran, H.A. (2021).

Publisher: Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-68201-9_60

Learning Methods Based on Artificial Intelligence in Educating Engineers for the New Jobs of the 5th Industrial Revolution

Modran, H.A., Ursutiu, D., Samoila, C., Chamunorwa, T. (2021).

Publisher: Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-68201-9_55

Electronic Educational Laboratory Platform for Students

Chamunorwa, T., Ursuțiu, D., Samoilă, C., Hedeşiu, H., Modran, H.A. (2022).

Publisher: Springer, Cham.

Special Session Paper Award Winner

https://doi.org/10.1007/978-3-030-82529-4_30

Artificial Intelligence System for Predicting Cardiovascular Diseases Using IoT Devices and Virtual Instrumentation (Student Paper Award Winner)

Modran, H.A., Ursuțiu, D., Samoilă, C., Chamunorwa, T. (2022).



Publisher: Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-82529-4_28

Software Configurable Hardware-Based Remote Laboratory System

Chamunorwa, T., Ursuțiu, D., Samoilă, C., Hedeşiu, H., Modran, H.A. (2023).

Publisher Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-17091-1_2

Intelligent IoT Biomedical Bluetooth Data Acquisition System.

Modran, H.A., Ursuțiu, D., Samoilă, C., Chamunorwa, T. (2022).

Publisher: Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-96296-8_88

Electronic Laboratory Educational Board

Chamunorwa, T., Ursuțiu, D., Samoilă, C., Modran, H.A. (2022).

Publisher: Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-96296-8_89

Work in Progress: Noise Reduction Through Artificial Intelligence Techniques: An Introductory Study

Modran, H.A., Ursuțiu, D., Samoilă, C., Chamunorwa, T. (2023).

Publisher: Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-17091-1_3

Expandable-Reconfigurable Remote Laboratory for Electronic Engineering Experiments.

Chamunorwa, T.; Modran, H.A.; Ursuțiu, D.; Samoilă, C.; Hedeşiu, H.

Journal: **Electronics** 2022, 11, 3292.

ISSN / eISSN 2079-9292

Web of Science Accession Number: WOS: 000872619000001

<https://doi.org/10.3390/electronics11203292>

Reconfigurable Wireless Sensor Node Remote Laboratory Platform with Cloud Connectivity.

Chamunorwa, T.; Modran, H.A.; Ursuțiu, D.; Samoilă, C.; Hedeşiu, H.

Journal: **Sensors** 2021, 21, 6405.

ISSN / eISSN 1424-8220

Web of Science Accession Number: WOS: 000710269900001

PubMed ID34640724

<https://doi.org/10.3390/s21196405>



Software Configurable Hardware-Based Remote Laboratory System

Chamunorwa, T., Ursuțiu, D., Samoilă, C., Hedesiu, H., Modran, H.A. (2023).

Publisher Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-17091-1_2

Electronic Educational Laboratory Platform for Students

Chamunorwa, T., Ursuțiu, D., Samoilă, C., Hedesiu, H., Modran, H.A. (2022).

Publisher: Springer, Cham.

Special Session Paper Award Winner

https://doi.org/10.1007/978-3-030-82529-4_30