

Sistem de vot distribuit în timp real cu STM32

Brujbeanu Gabriel-Lucian
Sisteme electronice și de comunicații integrate-SI
Universitatea Transilvania, Brașov
Brașov, România
gabriel.brujbeanu@student.unitbv.ro
Număr matricol: 4MF2225006

Abstract—Acest proiect pe care l-am realizat își propune dezvoltarea unui sistem de vot electronic distribuit printr-un microcontroller STM32, bazat pe un sistem de operare în timp real FreeRTOS, integrat într-un proces extern cu răspuns rapid. Sistemul realizează două componente esențiale, anume un modul local de interacțiune ce cuprinde un buton de vot, un afișaj LCD și un mecanism de semnalizare prin LED-uri, respectiv un modul de comunicație la distanță prin UART. Procesul de vot este inițiat printr-o aplicație web pe care o accesează utilizatorul, server-ul generând un token unic de autentificare transmis către microcontroller prin intermediul unității centrale. Microcontroller-ul STM32 procesează local interacțiunile utilizatorului în timp real, afișează progresul votului pe LCD și transmite rezultatul către server pentru validare. Confirmarea sau respigerea votului este reprezentată atât pe LCD, cât și pe LED-urile dedicate în acest sens. Comunicarea dintre componentele interne ale sistemului este organizată cu ajutorul mecanismelor oferite de FreeRTOS, facilitând separarea proceselor și coordonarea corectă. Proiectul îmbină atât partea hardware, cât și cea software, având ca scop obținerea unei funcționări eficiente cu un cost cât mai redus, punând accentul pe aplicarea tehnicilor de timp real în sistemele integrate.

Index Terms—STM32, STM32F103C8T6, FreeRTOS, UART, LCD, aplicație web

I. INTRODUCERE

În ultimul deceniu, sistemele moderne de vot electronic au evoluat semnificativ, motivația fiind necesitatea unor procese mai sigure, transparente și mai ușor de administrat. Un punct bun de plecare al acestor sisteme a fost chiar pandemia COVID-19 care a pus în evidență limitările sistemelor tradiționale de vot și a subliniat nevoia unor alternative tehnologice [1] care să ofere mai multă flexibilitate și securitate alegătorilor. În acest sens o zonă interesantă de explorat este utilizarea unor arhitecturi accesibile care pot implementa funcționalități de bază cu resurse limitate prin microcontrolere ce pot opera în timp real.

De-a lungul anilor au fost făcute o serie de sisteme de vot distribuit, unele cu un grad mare de complexitate. Unul dintre acestea, care iese în evidență [2] propune un model distribuit cu verificare end-to-end și toleranță la defecte, punând accentul pe securitate. Deși astfel de soluții sunt puternice, ele presupun în mod evident infrastructuri avansate și mecanisme criptografice complexe, ceea ce poate reprezenta o barieră pentru aplicațiile integrate sau destinate realizării în scop educațional.

În contrast cu sistemele sofisticate existente deja în domeniu, proiectul de față urmărește implementarea unui sistem de vot distribuit construit pe o arhitectura hardware simplificată, folosind un microcontroller din familia STM32, un sistem de operare în timp real și o comunicare simplă prin UART. Scopul principal este acela de a demonstra funcționarea în timp real a unei platforme de vot, integrarea cu o aplicație web și modul în care un sistem integrat poate executa procese distribuite chiar dacă utilizează un număr redus de resurse.

II. PREZENTARE GENERALĂ

A. Sisteme existente

Sistemele deja existente și propuse în cercetarea academică, ce urmăresc votul electronic, pun accentul pe securitate, verificabilitate și distribuție, multe dintre ele fiind orientate către scenarii cu cerințe stricte [2]. Această categorie de soluții demonstrează potențialul arhitecturilor distribuite, dar marchează totodată și complexitatea ce stă la baza implementării.

O parte importantă care a fost studiată în cercetările recente este dedicată tehnologiilor blockchain, datorită faptului că registrele distribuite nu pot fi modificate odată ce datele apucă să fie înregistrate, cât și faptului că oferă o transparență ridicată. O analiză sistematică a sistemelor de vot bazate pe blockchain subliniază atât avantajele de securitate, cât și problemele majore, precum consumul mare de resurse și scalabilitatea [3]. De asemenea, lucrări recente oferă sinteze despre modul în care aceste sisteme se ocupă de criptografie, integritate și acces distribuit, observându-se prin aceste aspecte dorința și provocările de a se adapta pe scară largă [4].

Totodată implementările orientate către cloud [5], arată că votul electronic poate beneficia de stocare distribuită, fără un server central. Totuși, folosirea unor astfel de procese în organizații mari aduce cerințe tehnice ridicate asupra infrastructurii [5]. În mod evident toate aceste soluții sunt valoroase ca referință teoretică, însă nu pot fi aplicabile într-un mod direct în contexte de sisteme integrate cu resurse limitate.

B. Sistemul propus

Sistemul propus urmărește să ofere o alternativă mai simplă și mai ușor de implementat, ce poate fi replicată în scop educațional față de sistemele actuale. Modul de funcționare se bazează pe interacțiunea directă cu hardware-ul și pe funcționarea în timp real. Folosirea unui microcontroller

STM32F103C8T6 permite controlul precis al resurselor, are o reacție rapidă la evenimente externe și prezintă o structură modulară ce poate fi extinsă cu ușurință. În plus, comunicarea prin protocolul UART prin unitatea centrală reprezentată de laptop facilitează un flux de date clar și ușor de analizat între nodul de vot și server-ul web.

Prin adăugarea unui sistem de operare în timp real, platforma capătă mai multă stabilitate în organizarea sarcinilor și sincronizarea dintre componente [6]. Această abordare permite separarea clară a funcțiilor pentru interfața locală, comunicarea și gestionarea confirmărilor, fără a introduce complexitatea observată în sistemele actuale prin folosirea criptografiei sau a infrastructurilor cloud.

Beneficiile sistemului constau în costul redus de implementare, simplitate, claritatea fluxului de vot și ușurința în procesul de utilizare. Deși nu oferă același nivel de securitate precum sistemele blockchain, soluția propusă este cât se poate de adecvată pentru demonstrarea principiilor de comunicare distribuită, reacție în timp real și integrare hardware-software într-un prototip funcțional, accesibil și ușor de înțeles, cu scop educațional.

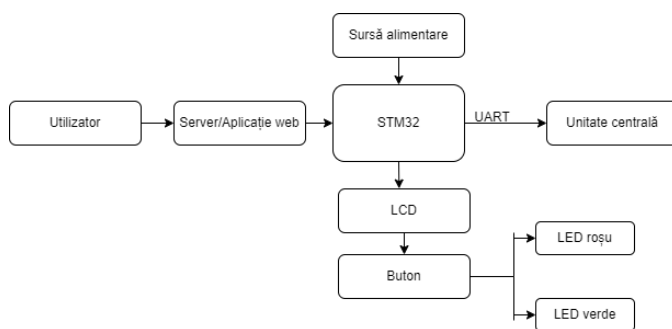


Fig. 1. Schema bloc.

Schema bloc din figura 1 reprezintă principiul de funcționare al temei abordate. În următoarele secțiuni, voi explora mai amănunțit proiectul și voi detalia implementarea tehnică, punând în evidență aspectele originale și avantajele aduse de aceasta implementare.

REFERENCES

- [1] M. Kamil, A. S. Bist, U. Rahardja, N. P. L. Santoso, and M. Iqbal, "Covid-19: Implementation e-voting blockchain concept," *International Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 5, no. 1, 2021.
- [2] N. Chondros, B. Zhang, T. Zacharias, P. Diamantopoulos, S. Maneas, C. Patsonakis, A. Delis, A. Kiayias, and M. Roussopoulos, "D-demos: A distributed, end-to-end verifiable, internet voting system," in *2016 IEEE 36th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)*, 2016, pp. 711–720.
- [3] U. Jafar, M. J. Ab Aziz, Z. Shukur, and H. A. Hussain, "A systematic literature review and meta-analysis on scalable blockchain-based electronic voting systems," *Sensors*, vol. 22, no. 19, p. 7585, 2022.
- [4] M. Hajian Berenjestanaki, H. R. Barzegar, N. El Ioini, and C. Pahl, "Blockchain-based e-voting systems: a technology review," *Electronics*, vol. 13, no. 1, p. 17, 2024.
- [5] F. . Hjalmarsson, G. K. Hreiðsson, M. Hamdaqa, and G. Hjalmtýsson, "Blockchain-based e-voting system," in *2018 IEEE 11th international conference on cloud computing (CLOUD)*. IEEE, 2018, pp. 983–986.
- [6] B. Amos, *Hands-On RTOS with Microcontrollers: Building real-time embedded systems using FreeRTOS, STM32 MCUs, and SEGGER debug tools*. Packt Publishing Ltd, 2020.