

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Facultatea Electronică și Telecomunicații**

**Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice**

**Admisă la susținere**

**Șefă de departament:**

**Valentina Tîrșu dr., conf.univ.**

-----  
„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024

# **Proiectarea și implementarea unui ceasornic electronic de timp real sincronizat prin GPS**

**Teză de master**

**Student(a):** \_\_\_\_\_ **Terentii Elena,**  
**gr. MMRT-221M**

**Conducător:** \_\_\_\_\_ **Sava Lilia, dr., conf.univ**

**Chișinău, 2024**

## ADNOTARE

**Autorul:** Terentii Elena gr. MMRT-221M

**Tema:** Proiectarea și implementarea unui ceasornic electronic de timp real sincronizat prin GPS

**Structura lucrării:** constă din pagini de titlu, aviz, rezumat, introducere, 3 capitole, concluzii și bibliografie.

**Cuvinte cheie:** ceasornic electronic, timp real, sincronizare, GPS, măsurarea timpului.

**Problematica studiului:** Proiectarea și implementarea ceasornicului electronic de timp real sincronizat prin GPS

**Scopul lucrării:** de a prezenta elaborarea unui ceasornic electronic de timp real cu sincronizare de la GPS și de a evidenția beneficiile și potențialul acestei tehnologii.

**Obiectivele:**

1. Studiul și înțelegerea conceptului de sincronizare a timpului și a importanței sale în diverse aplicații și domenii.
2. Analiza sistemului GPS și a modului în care poate furniza semnale precise de timp.
3. Definirea cerințelor și specificațiilor sistemului de ceasornic de timp real cu sincronizare de la GPS.
4. Proiectarea și dezvoltarea unui circuit electronic pentru ceasul de timp real, care să includă un receptor GPS și un microcontroler.
5. Configurarea și programarea receptorului GPS pentru a recepționa semnalul de timp și pentru a furniza informații precise de timp.
6. Programarea microcontrolerului pentru a gestiona timpul și pentru a afișa ora curentă pe ceasul de timp real.
7. Integrarea și testarea componentelor sistemului pentru a verifica funcționalitatea corectă și sincronizarea precisă a timpului.
8. Evaluarea performanțelor sistemului implementat prin comparația timpului sincronizat de la GPS cu alte surse de referință.

**Metode aplicate:** Implică proiectarea și implementarea unui ceasornic electronic care să primească semnale GPS pentru a-și sincroniza cu precizie timpul. Pentru a obține datele necesare, s-au folosit antene GPS pentru a capta semnalele emise de sateliții GPS. Aceste semnale au fost apoi prelucrate de către dispozitiv pentru a determina timpul exact.

**Rezultatele obținute** ale cercetării au demonstrat că ceasornicul electronic dezvoltat a reușit să se sincronizeze cu semnalele GPS, oferind astfel un timp exact și precis. Dispozitivul a fost capabil să obțină o precizie ridicată în măsurarea timpului, fiind util în diverse aplicații care necesită sincronizare precisă, cum ar fi navigația, comunicarea și știința.

Sunt date recomandări pentru implementarea acestui ceasornic în Republica Moldova.

## ANNOTATION

**Author:** Terentii Elena gr. MMRT-221M

**Topic:** Design and implementation of a GPS-synchronized real-time electronic clock

**The structure of the paper:** it consists of title pages, opinion, summary, introduction, 3 chapters, conclusions and bibliography.

**Keywords:** electronic clock, real time, synchronization, GPS, time measurement.

**The problem of the study:** Designing and implementing the real-time electronic clock synchronized by GPS

**The purpose of the paper:** to present the development of a real-time electronic clock with GPS synchronization and to highlight the benefits and potential of this technology.

**Objectives:**

1. Study and understanding of the concept of time synchronization and its importance in various applications and fields.
2. Analysis of the GPS system and how it can provide accurate time signals.
3. Define the requirements and specifications of the real-time clock system with GPS synchronization.
4. Design and development of an electronic circuit for the real-time clock, which includes a GPS receiver and a microcontroller.
5. Configuring and programming the GPS receiver to receive the time signal and provide accurate time information.
6. Programming the microcontroller to manage the time and display the current time on the real time clock.
7. Integrating and testing system components to verify correct functionality and accurate time synchronization.
8. Performance evaluation of the implemented system by comparing the synchronized time from GPS with other reference sources.

**Applied Methods:** Involves the design and implementation of an electronic clock that receives GPS signals to accurately synchronize its time. To obtain the necessary data, GPS antennas were used to capture the signals emitted by the GPS satellites. These signals were then processed by the device to determine the exact time.

**The obtained research results** demonstrated that the developed electronic clock was able to synchronize with GPS signals, thus providing an accurate and precise time. The device was able to achieve high accuracy in time measurement, making it useful in various applications that require precise timing, such as navigation, communication, and science.

Recommendations are given for the implementation of this clock in the Republic of Moldova.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	8
<b>1 ANALIZA DOMENIULUI DE STUDIU</b> .....	<b>9</b>
1.1 Importanța temei .....	10
1.1.1 Evoluția tehnologiei ceasurilor electronice.....	11
1.1.2 Importanța preciziei timpului în diverse domenii .....	12
1.2 Tehnologia GPS în sincronizarea timpului.....	13
1.2.1 Principii de funcționare ale sistemului GPS .....	14
1.2.2 Ceasurile electronice sincronizate prin GPS .....	16
1.3 Cerințele de precizie a timpului în diverse aplicații .....	18
1.4 Standarde și reglementări relevante.....	22
1.4.1 Standardele în domeniul ceasurilor electronice bazate pe GPS .....	23
1.4.2 Reglementările privind utilizarea tehnologiei GPS.....	24
1.5 Protocolul de Timp în Rețea (Network Time Protocol - NTP).....	25
<b>2 APLICAȚII ALE TEHNOLOGIEI GPS ÎN DOMENIUL CEASURILOR ELECTRONICE</b> ....	<b>27</b>
2.1 Utilizarea ceasornicului de timp real sincronizat prin GPS în domeniul navigației și a transportului .....	28
2.2 Utilizarea ceasornicului de timp real sincronizat prin GPS în domeniul apărării și militar.....	29
2.3 Utilizarea ceasornicului de timp real sincronizat prin GPS în domeniul localizării .....	31
2.4 Utilizarea ceasornicului de timp real sincronizat prin GPS în domeniul științific și al cercetării	33
<b>3 PROIECTAREA ȘI IMPLEMENTAREA CEASORNICULUI ELECTRONIC DE TIMP REAL SINCRONIZAT PRIN GPS</b> .....	<b>36</b>
3.1 Schema bloc a ceasornicului de timp real sincronizat prin GPS .....	36
3.2 Schema sistemului elaborat și descrierea componentelor .....	39
3.2.1 Microcontrolerul ATmega 8.....	40
3.2.2 Rezonator cu cuarț.....	42
3.2.3 Stabilizator de tensiune 5V L7805 .....	45
3.2.4 Ceasornicul de timp real bazat pe ecran cu segmente de led.....	46
3.2.5 Modul GPS ATGM336H .....	47
3.3 Fabricarea plăcii cu circuit imprimat LUT .....	48
3.4 Formatul de transmitere a mesajelor NMEA .....	50
<b>CONCLUZII</b> .....	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	<b>54</b>

## INTRODUCERE

În era tehnologiei avansate în care trăim, sincronizarea timpului reprezintă un rol esențial într-o multitudine de aplicații și dispozitive. Un domeniu în care aceste caracteristici sunt deosebit de importante este cel al ceasurilor electronice de timp real. O abordare inovatoare pentru obținerea unui timp exact și precis implică utilizarea sistemului global de navigație prin satelit (GPS) pentru sincronizarea ceasurilor electronice.

GPS-ul este un sistem bazat pe rețeaua de sateliți care orbitează în jurul Pământului și furnizează semnale de sincronizare pentru măsurarea precisă a timpului. Această tehnologie a fost inițial dezvoltată în scopul navigației, dar a devenit rapid o sursă de încredere pentru sincronizarea timpului într-o varietate de aplicații, cum ar fi comunicațiile, rețelele de calculatoare, sistemele de control industrial și multe altele.

Scopul acestei lucrări este de a prezenta elaborarea și implementarea unui ceasornic electronic de timp real cu sincronizare prin GPS și de a evidenția beneficiile și potențialul acestei tehnologii. Prin intermediul acestei cercetări, se propune să se demonstreze fezabilitatea și utilitatea acestui dispozitiv în aplicații practice.

Obiectivele lucrării includ următoarele:

- a) studiul și înțelegerea conceptului de sincronizare a timpului și a importanței sale în diverse aplicații și domenii;
- b) analiza sistemului GPS și a modului în care poate furniza semnale precise de timp;
- c) definirea cerințelor și specificațiilor sistemului de ceasornic de timp real cu sincronizare de la GPS;
- d) proiectarea și dezvoltarea unui circuit electronic pentru ceasul de timp real, care să includă un receptor GPS și un microcontroler;
- e) configurarea și programarea receptorului GPS pentru a recepționa semnalul de timp și pentru a furniza informații precise de timp;
- f) programarea microcontrolerului pentru a gestiona timpul și pentru a afișa ora curentă pe ceasul de timp real;
- g) integrarea și testarea componentelor sistemului pentru a verifica funcționalitatea corectă și sincronizarea precisă a timpului;
- h) evaluarea performanțelor sistemului implementat prin comparația timpului sincronizat de la GPS cu alte surse de referință;
- i) analiza erorilor și identificarea posibilelor îmbunătățiri pentru sistemul de ceasornic de timp real.

Prin implementarea unui ceasornic electronic cu sincronizare prin GPS, se deschid noi oportunități pentru măsurarea timpului exact și pentru integrarea în sistemele moderne.

## BIBLIOGRAFIE

1. C. Curry. (2014, April). SENTINEL Project – Report on GNSS Vulnerabilities. Chronos Technology, UK. [Online]. Disponibil: <https://timetoolsltd.com/gps/what-is-the-gps-clock/>
2. L. Cosart, “Characterizing grandmaster, transparent and boundary clocks with a precision packet probe and packet metrics,” in Proc. 2011 IEEE Int. Symp. Precis. Clock Synchr. Meas. Control Commun. (ISPCS), Munich, Germany, 12-16 Sep. 2011, pp. 56-61.
3. E. Southern, “GPS Synchronized Current Differential Protection,” Ph.D. dissertation, School of EEE, UMIST, 1998
4. D. M. E. Ingram, P. Schaub and D. A. Campbell, “Use of Precision Time Protocol to Synchronize Sampled-Value Process Bus,” IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 61, no. 5, pp. 1173 – 1180, May 2012.
5. G. Prytz, “Network Recovery Time Measurements of RSTP in an Ethernet Ring Topology”, in Proc. 2007 IEEE Conf. Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Patras, Greece, 25-28 Sep. 2007, pp. 1427-1253.
6. Li, M.; Wang, F.X.; Balaei, A.T.; Dempster, A.G.; Rizos, C. A GNSS Software Receiver Beamforming Architecture. Proceedings of International Symposium on GPS/GNSS 2008, Tokyo, Japan, 25– 28 November 2008; pp. 904–909.
7. Borre, K.; Akos, D.M.; Bertelsen, N.; Rinder, P.; Jensen, S.H. A Software-defined GPS and Galileo Receiver: A Single-Frequency Approach; Birkhäuser: Boston, MA, USA, 2007.
8. Seo, J.; Chen, Y.-H.; De Lorenzo, D.S.; Lo, S.; Enge, P.; Akos, D.M.; Lee, J. A real-time capable software-defined receiver using GPU for adaptive anti-jam GPS Sensors. Sensors 2011, 11, 8966–8991.
9. Intel Corp. Basic Architecture. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual, March 2010, Disponibil: <http://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/64-ia-32-architectures-software-developer-vol-1-manual.html>
10. Chen Y-H, Juang J-C, Seo J, Lo S, Akos DM, De Lorenzo DS, Enge P. Design and Implementation of Real-Time Software Radio for Anti-Interference GPS/WAAS Sensors. Sensors. 2012; 12(10):13417-13440. <https://doi.org/10.3390/s121013417>
11. Chen, Yu-Hsuan, Jyh-Ching Juang, Jiwon Seo, Sherman Lo, Dennis M. Akos, David S. De Lorenzo, and Per Enge. 2012. "Design and Implementation of Real-Time Software Radio for Anti-Interference GPS/WAAS Sensors" Sensors 12, no. 10: 13417-13440. <https://doi.org/10.3390/s121013417>