

Abstracts of Dissertations

Institute of Information and
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF
SCIENCES



2 / 2024



INTELLIGENT METHODS
FOR RESEARCH AND
IMPLEMENTATION OF
HARDWARE SOLUTIONS

Krasimir Markov

ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ
ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И
РЕАЛИЗАЦИЯ НА
ХАРДУЕРНИ РЕШЕНИЯ

Красимир Марков

Автореферати на дисертации

Институт по информационни и
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Пореаницата „Авореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

Редактори

Геннадий Агре

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Райна Георгиева

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Даниела Борисова

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите

*The series **Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences** presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

Editors

Gennady Agre

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Rayna Georgieva

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Daniela Borissova

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract of PhD Thesis

INTELLIGENT METHODS FOR RESEARCH AND IMPLEMENTATION OF HARDWARE SOLUTIONS

Krasimir Georgiev Markov

Supervisor: Corr. Member Lyubka Dukovska

Approved by Supervising Committee:

Acad. Vassil Sgurev

Prof. Ivan Kurtev

Prof. Radoslav Yoshinov

Prof. Dimitar Karastoyanov

Prof. Vladimir Monov



**INSTITUTE OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Department of Intelligent Systems

INTRO

A common form of formalization in the field of artificial intelligence is the system, which includes a set of interacting components that function together to achieve a certain goal. An information system is a construct that encompasses all forms of gathering, storing, retrieving, processing and disseminating information. A distributed system is a complex of connected computers and devices that work together as a single information system, but are located in different physical locations. This type of system is used to solve complex tasks and process large volumes of information, with different components sharing work and resources.

With the development of modern technologies, wider prospects for innovation in the field of distributed systems for wireless collection, transmission and management of information flows are opening up. The current dissertation work is aimed at the design and development of technical (hardware and software) tools that play a key role in the implementation of such systems.

Distributed systems for wireless collection, transmission, and management of information flows are essential to modern society, where fast and reliable data exchange is essential for various sectors such as industry, transportation, healthcare, and others. Despite the technical challenges, these systems provide the ability to collect and analyze information in real time, leading to improved efficiency, optimization of resources and the ability to innovate.

The presented dissertation explores key aspects of the technical design and development of components and devices involved in the realization of these systems. The focus is on architectural solutions, communication protocols, sensors and software platforms that are essential to the functionality and reliability of the systems.

In the research and development process, existing approaches and technologies will be analyzed. In addition new and innovative methods for improving the technical aspects of distributed systems will be presented. Through detailed documented experiments and practical tests, a reliable basis for the realization and optimization of these systems in real conditions will be built.

The topic of design and development of technical means for distributed systems

for wireless collection, transmission and management of information flows is highly topical, due to the growing dependence on technologies that facilitate communication and data management in diverse fields. These advances have the potential to change the way businesses operate, infrastructure and even people's behavior.

Several key aspects highlight the relevance of this topic:

1. **Internet of things (IoT) and Industry 4.0:** The ever-widening implementation of IoT and Industry 4.0 is changing the way devices and systems communicate and exchange information. Distributed wireless data collection systems are at the heart of these advances, allowing devices to connect and exchange data in real time.

2. **Smart cities and infrastructure:** The development of smart cities and infrastructure requires the integration of multiple systems and devices for monitoring, management and optimization. Wireless data collection systems are a key technology that enables cities to be more efficient and sustainable.

3. **Healthcare and handheld devices:** Distributed data collection systems also have great potential in healthcare. Wearable devices and sensors can collect data on people's health and provide valuable information for healthcare.

4. **Wireless communication and connectivity:** The development of new wireless technologies such as 5G and LoRa enables faster data exchange and greater range. This opens up new possibilities for collecting and managing information from various remote points.

5. **Information safety and security:** As network infrastructure and communications grow, questions arise about data security and protection against malicious attacks. Research into technical means and methods to protect information becomes critical.

Distributed systems for wireless collection and management of information flows are based on a combination of different technologies, including radio frequency identification (RFID) and artificial intelligence (AI).

Combining neural networks and radio frequency identification can be used to process

and analyze data that is collected by RFID technologies. For example, neural networks can be used to analyze data from RFID tags to predict trends in customer behavior, to optimize logistics processes, or to identify data anomalies.

The combination of these technologies can be implemented through the use of distributed systems and cloud resources. Data processing from RFID tags and sensors can be done locally at the point of data collection or on cloud servers where neural networks can analyze and predict events. This approach can lead to more efficient solutions and optimized processes in various areas.

The current dissertation aims to **research and implement hardware solutions using modern methods from the field of intelligent systems.**

To achieve this goal, the following tasks have been formulated:

1. To conduct a critical analysis of the possibility of applying intelligent methods for research and implementation of hardware solutions.
2. To analyze the possible connections and interactions between two key technologies - radio frequency identification and neural networks.
3. To explore ways to integrate these technologies to achieve intelligent and efficient solutions for collecting, processing and managing information flows.
4. To conduct an analysis of the opportunities and challenges that arise with the implementation of radio frequency identification and neural networks in distributed systems.
5. To conduct an analysis of the opportunities and challenges that arise with the implementation of radio frequency identification and neural networks in distributed systems.
6. To analyze how the incorporation of wireless technologies can enhance the intelligence and functionality of a distributed system by adding additional capabilities for communication and data analysis.
7. To present original hardware solutions for collecting, processing and managing information flows.

The dissertation is structured in an introduction, three chapters, a conclusion, accompanied by a declaration of originality of the obtained results and a bibliography.

In the Introduction, the object and subject of the dissertation work are defined. The relevance of the topic and the motivation for conducting the dissertation research are briefly described. The goal of the research work and the tasks to achieve it are set.

Chapter 1 presents the fundamental theoretical concepts related to distributed systems for wireless collection, transmission and management of information flows. It focuses on a specific technology for radio frequency identification (RFID) and the means of its implementation, as a distributed system for wireless collection, transfer and management of information flows. Signal analysis is performed, a hardware solution in the CADSTAR environment and simulations in the MATLAB environment are provided for wireless communication in noisy environments.

Chapter 2 presents theoretical concepts and methods of artificial intelligence. It focuses on the implementation of a distributed system for wireless collection, transmission and management of information flows with neural networks (NN). An analysis of a communication network with one-way data transmission, from the input layer to the output layer, without feedback loops, as well as simulations in the MATLAB programming environment for wireless transmission of messages in a noisy environment, was carried out.

Chapter 3 describes the specific research tasks that have been carried out in order to analyze and evaluate the proposed Radio Frequency Identification (RFID) and Neural Network (NN) technologies for their inclusion in distributed systems operation algorithms. The results of the simulation studies that were performed to investigate various aspects of the system are presented. In addition to the conducted research,

original hardware solutions of devices for collecting, processing and managing information flows are also presented.

The dissertation ends with a Conclusion summarizing the results obtained from the conducted research.

The achieved results of the analysis of the research carried out in the current dissertation work are presented in the scientific publications - "Problems of Engineering Cybernetics and Robotics" and "Engineering Sciences", as well as in the collection of works of the international conference 10-th International Conference on Intelligent Systems - IS '20.

The dissertation was developed **within the National science programme „Intelligent crop production“, № D01-65/19.03.2021г.**

CHAPTER ONE

OVERVIEW AND ANALYSIS OF RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION METHODS

1.1. Radiofrequency identification – a brief history.

Radio-Frequency IDentification (RFID) is one of the methods of automatic identification and data collection for automatic remote identification of objects through radio frequency communication.

The Near Field Communication (NFC) technology was created in 2002. It is the result of a joint effort by the Sony and Philips companies, which created NFC as a standard for near-field wireless communication between devices. NFC technology uses radio frequency communication and is based on RFID, but with a shorter range and greater ability for two-way communication between devices

1.2. Main approaches of the radiofrequency identification.

RFID technology is based on radio frequency communication between a specially made identifier (label, tag, card, key fob, sticker, etc.) and a reading device. Each identifier contains a chip with a recorded unique number and an antenna..

1.3. Principles of the working of the hardware components of an RFID system.

An identifier, also called a tag, transponder or label, containing an antenna and an integrated circuit with memory, is placed on the object intended for control. The reader (Reader), also called the controller, periodically emits in short time intervals (usually 50 ms) electromagnetic waves with a fixed frequency, which reach the antenna of the identifier. They trigger it for a set time (usually 20ms), during which it sends back a modulated signal with the necessary object data, which in turn can be transmitted to a nearby or remote computer, (Fig. 1).

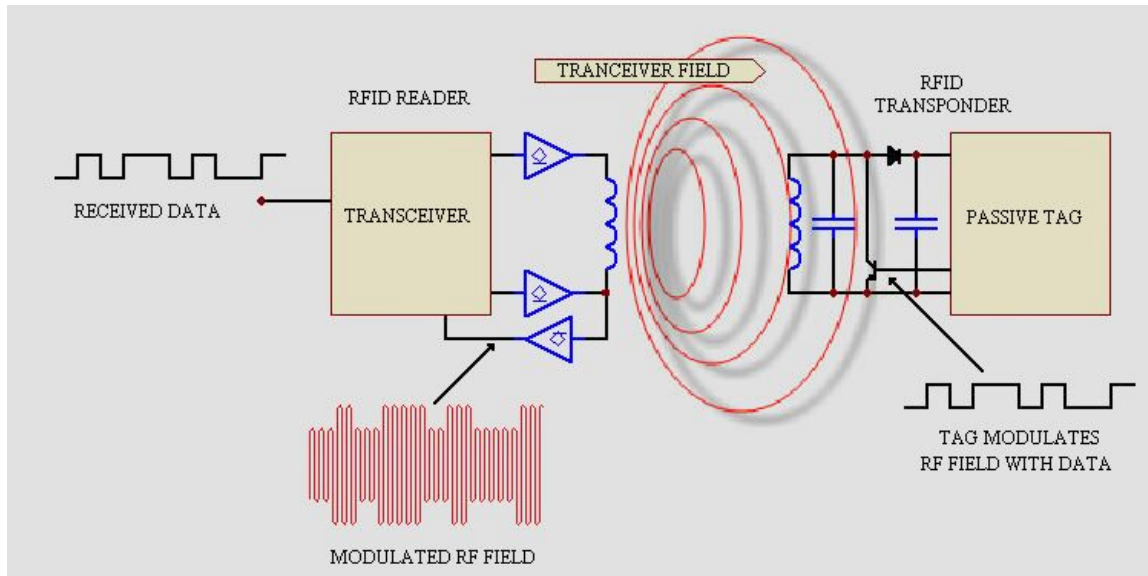


Fig. 1. RFID system principle

According to international standards, there are four ranges for radio frequency identification. (Fig. 2).

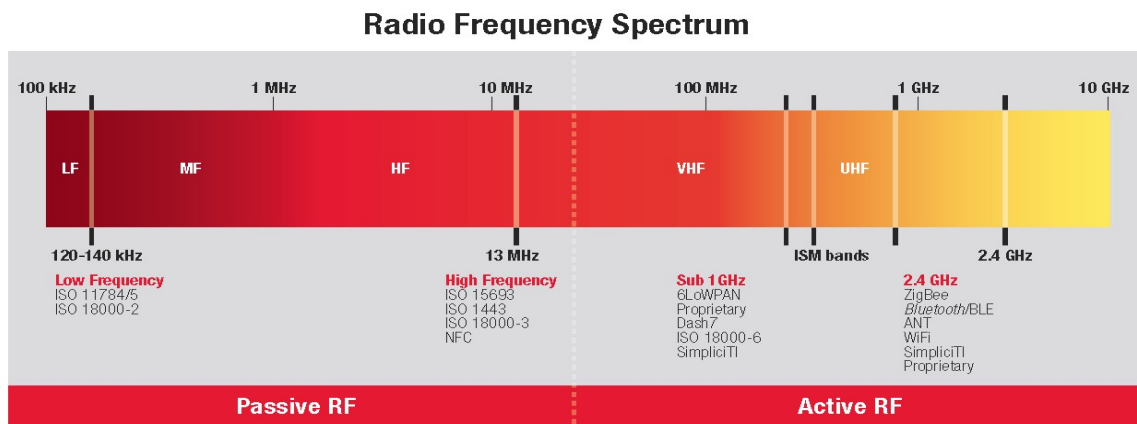


Fig. 2. RFID frequency fields

1.4. Hardware components of an RFID system.

- RFID identifiers

Identifiers are also called transponders, and tags. RFID identifiers can be classified according to their power supply as passive (Fig. 3) without their own power supply and active (Fig. 4) with their own power supply (battery).

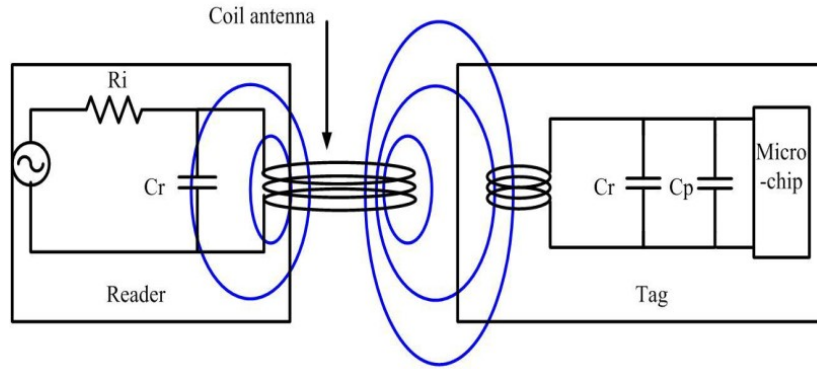


Fig. 3. Passive RFID identifier

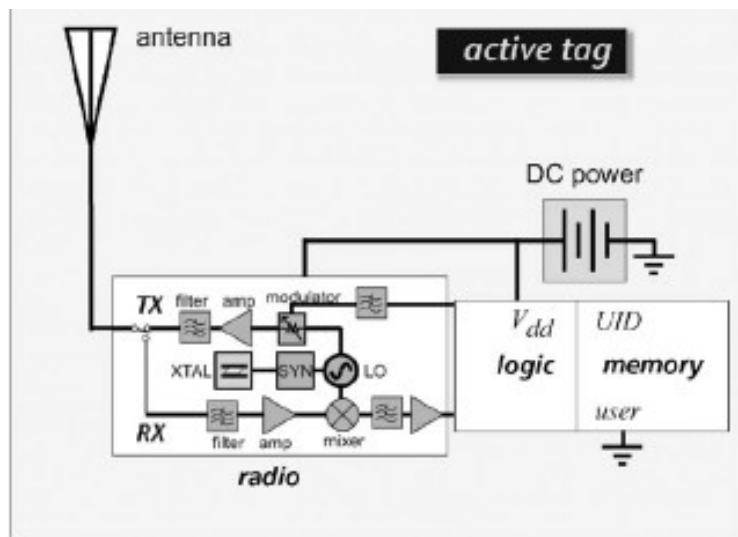


Fig. 4. Active RFID identifier

Passive identifiers do not have their own power supply. The required current is induced in the antenna by receiving a radio frequency signal providing the required voltage for the integrated circuits. The distance at which the data can be read is from a few millimeters to a meter.

- RFID Reader

A reading device contains an antenna, a controller for encoding/decoding the channel and memory, (Fig. 5).

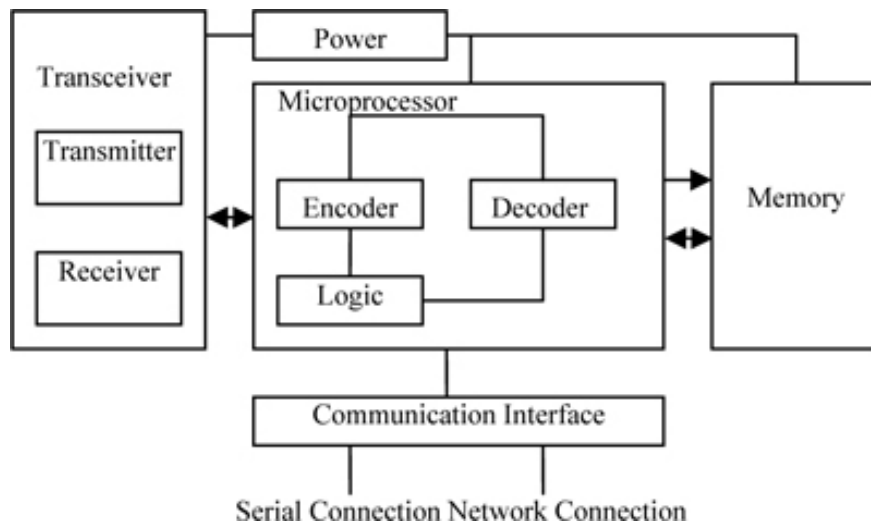


Fig. 5. RFID reader

- Antenn for RFID

A radio frequency identification (RFID) antenna is a specially designed antenna that serves to transmit and receive radio signals in the RFID system. This antenna is an important part of the RFID technology and allows the communication between the RFID reader and the RFID tags.

The methods for channel encoding can be found on Fig. 6:

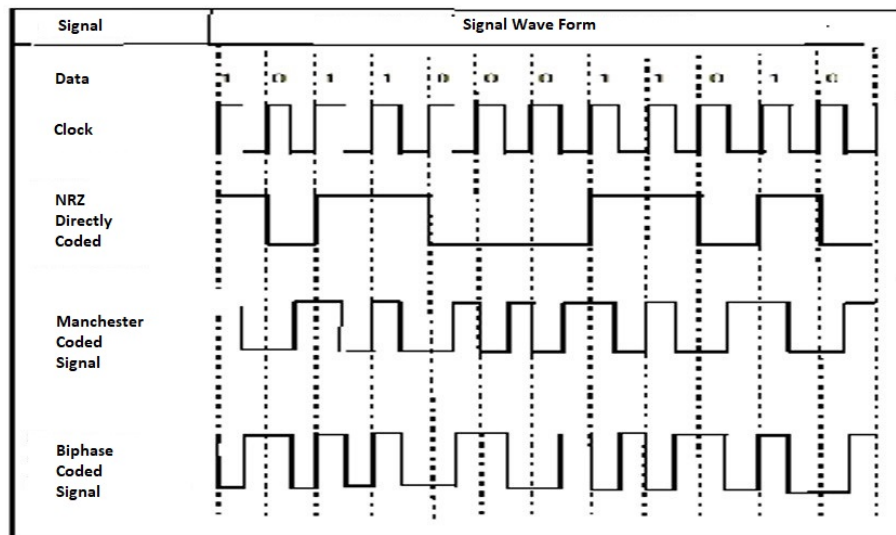


Fig. 6. Channel encoding methods

1.5. Data modulation.

Transmitting data over the air, or across the space separating two components that exchange information, requires that it be represented as a changing field or wave. This transformation is called modulation.

1.6. Data demodulation.

Demodulation of the amplitude modulated signal is performed to recover the original information signal. In the case of envelope separation, the goal is to extract the low-frequency information signal from the modulated signal.

1.7. Hardware implementation of an NFC reader.

Near Field Communication (NFC) is a set of communication protocols and interface based on RFID technology. NFC is the hottest technology trend taking hold worldwide. NFC is monitored by the “NFC Forum”, which is an organization of 150 companies that work together to develop the technology.

1.8. NFC reader.

A preselected microcontroller executing a user program performs digital processing of the data in the reader.

In the dissertation, the object of consideration is the construction of a filter for filtering high-frequency harmonics, as well as a filter for filtering white Gaussian noise. An approach for finding the values of the passive and active elements in the circuit from the point of view of the automatic control theory (ATC) is presented for a specific study of an oscillating unit.

The mathematical model is implemented in the MATLAB program environment for the transmission characteristic of a Chebyshev filter, and the optimal values for the components of the circuit diagram are determined.

1.9. Calculating an RFID antenna.

Two antennas with different parameters are the object of research in this dissertation. They are implemented as flexible printed circuit boards. The copper layer is placed between two layers of polyamide insulation so that it remains in the neutral bend line of the board

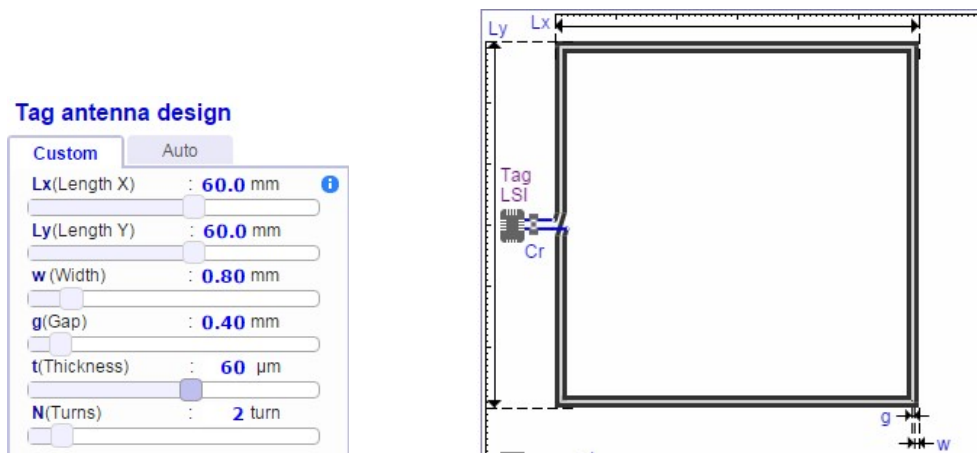


Fig. 15 a. Antenna 1

The matching block together with the EMC filter transform the impedance of the antenna. The results of the calculations are visualized using a Smith chart. In Smith chart terms, one can move the load impedance to the center of the Smith chart where the reflection coefficient is zero. The circles denote the active (real) part of the antenna impedance, and the arcs the reactive (imaginary) part.

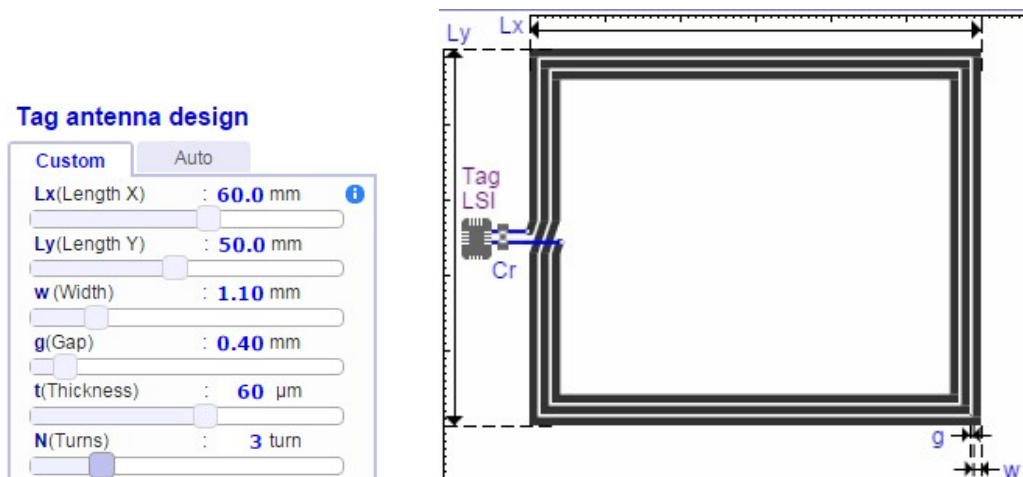


Fig. 15 b. Antenna 2

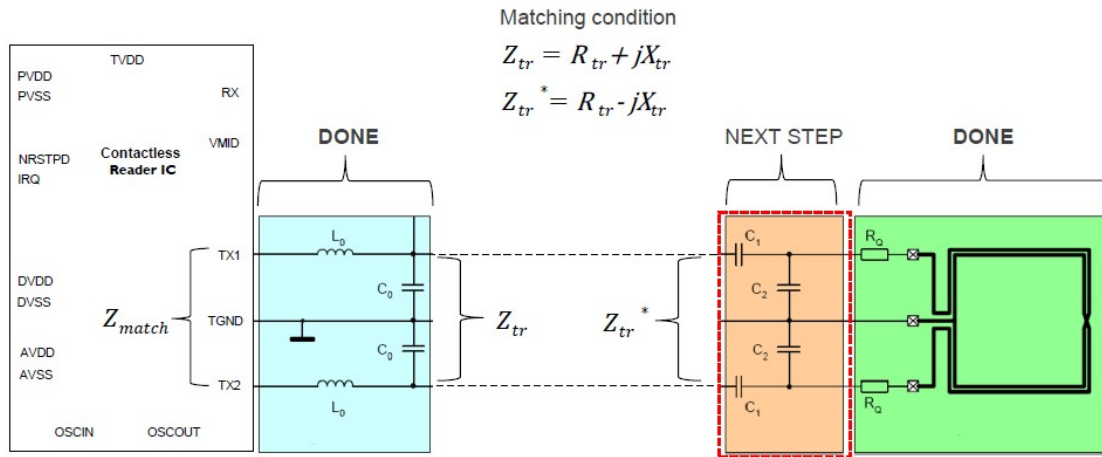


Fig. 17 Aligning block of CLRC663

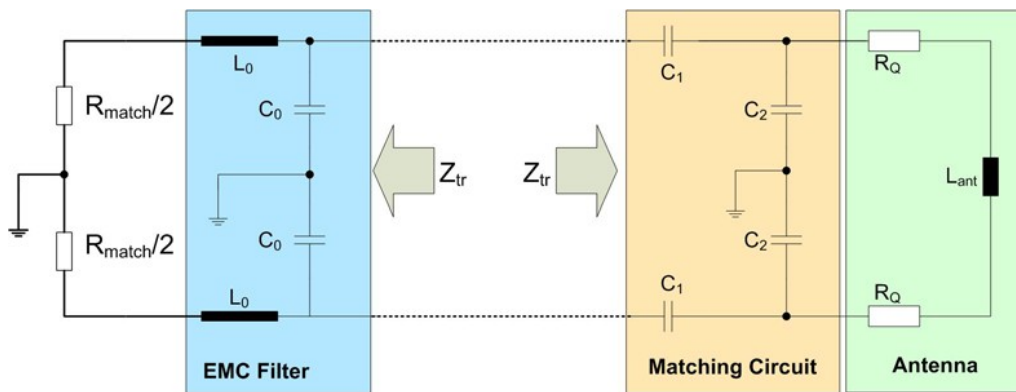


Fig. 18. Aligning circuit with EMC filter

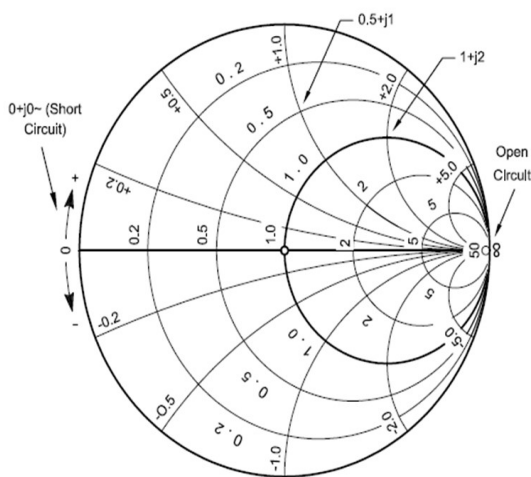


Fig. 19. Smith diagram

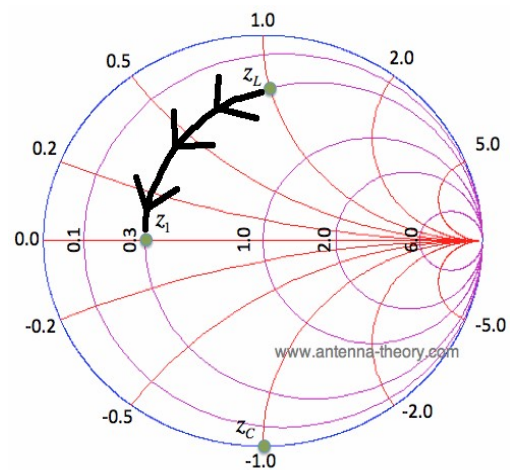


Fig. 20. Reflection coefficient

CHAPTER TWO

REVIEW AND ANALYSIS OF INTELLIGENT METHODS FOR RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION

In the late 1980s and early 1990s, the popularity of applications of classical artificial intelligence methods in industry reached its peak. As the number of implementations increases, it moves from the stage of pioneering enthusiasm, characterized by showing the workability of the basic ideas and methods, to the stage of analysis of the main three aspects of the application of artificial intelligence - methodological, infrastructural and related to people . A number of difficulties and shortcomings of classical artificial intelligence are manifested. These methodological, infrastructural, and human-related difficulties have limited the wide application of AI in a number of areas over the past 15 years.

Despite the high scientific level of theoretical works on AI, which increasingly move to rigorous mathematical proofs and rely on reliable experimental data rather than intuition, classical artificial intelligence, especially in its applied field, faces serious competition in the face of what has emerged in recent years a new direction. It has adopted the name "Computational Intelligence". It attempts to overcome some of the shortcomings of classical artificial intelligence.

2.3. Main aspects of computer intelligence.

Machine Learning, ML

(Artificial Intelligence, AI

Natural Language Processing, NLP

(Computer Vision, CV

Robotics

Self-learning and Autonomy

Neural networks are one of the main training methods in computational intelligence.

The obtained knowledge in neural networks is represented by the numerical values of the weights in the structural connections.

Neural networks are one of the main training methods in computational intelligence. The obtained knowledge in neural networks is represented by the numerical values of the weights in the structural connections.

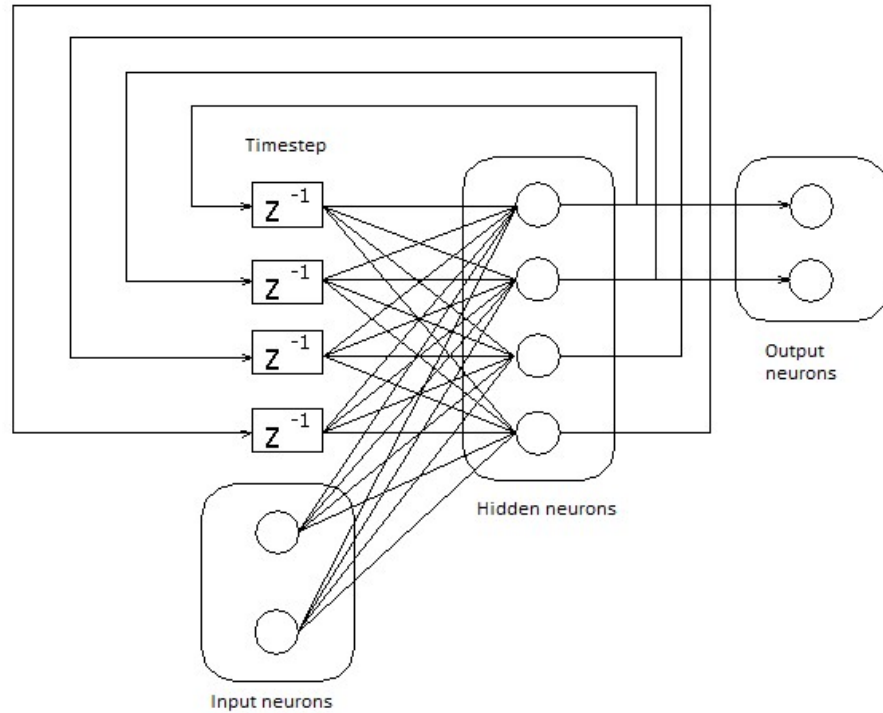


Fig. 29. Recurrent neural network

2.8. Synthesis of an RFID technology and neural networks as a distributed system for wireless collection and manipulation of information streams.

2.8.1. Methodology and plan synthesis:

Generating a modulating signal.

Adding noise.

Creating a neural network.

Training the network.

Decode network output.

Calculation of root mean square error.

Preview the results.

2.8.2. Firmware implementation.

Selection of input and target data for the neural network.

Choosing an Architecture for a Neural Network.

Selection of Neural Network Training.

Decoding the predicted outputs.

2.8.3. Hardware implementation.

This dissertation uses HDL Coder, a tool provided by MathWorks that automatically converts MATLAB and Simulink models into VHDL or Verilog code.

Decoding the RFID data: A neural network code is used to filter and decode the data from the amplitude modulated signal. It is programmed in XC3S550A with Xilinx Vivado.

Processing of data: After the data is decoded, the necessary operations are performed to process the data to be visualized on a display or printer. This may include data formatting, error handling, and other manipulations

Output to a display or printer: Software or hardware-built modules in the FPGA are used to manage communication with the visual or printing devices. This can be via standard interfaces such as HDMI, VGA or USB serial port SPI.

CHAPTER THREE

EXPERIMENTAL RESULTS OF THE APPLICATION OF INTELLIGENT METHODS FOR RESEARCH AND IMPLEMENTATION OF HARDWARE SOLUTIONS

3.1. Filtering of an amplitude modulated signal

In publication [3*], various stages of the performed frequency analysis, time analysis, signal modulation and signal filtering are described. The object of the research are methods of noise suppression by filtering.

A periodic sinusoidal signal in the time domain is presented in Fig. 30. A periodic sinusoidal signal in the frequency domain is presented in Fig. 31.

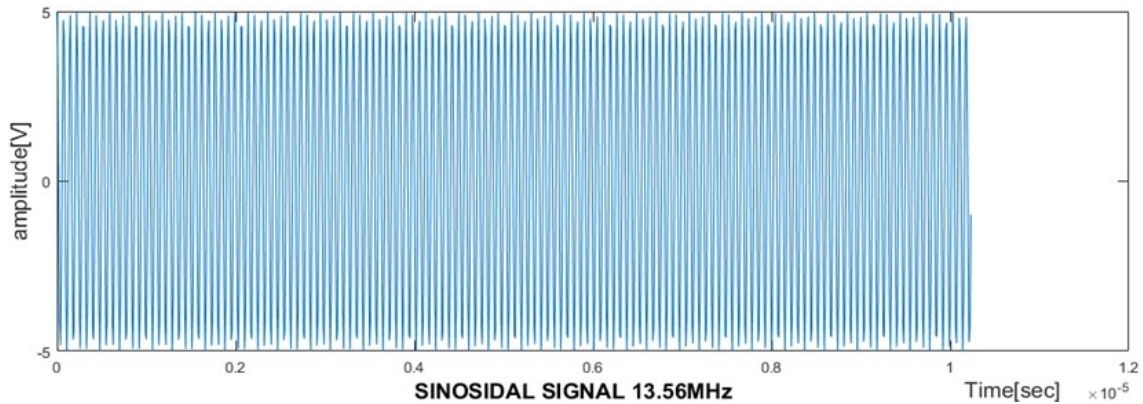


Fig. 30. Sinusoidal signal in time

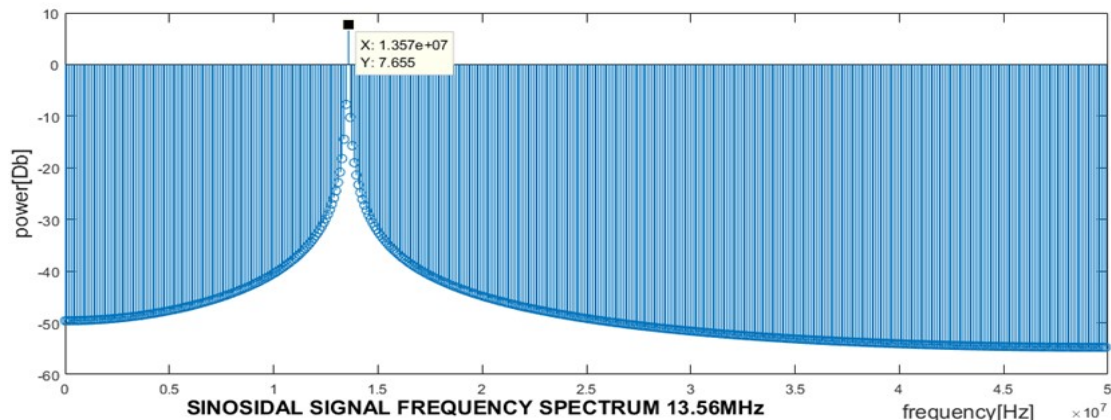


Fig. 31. Sinusoidal signal in frequency

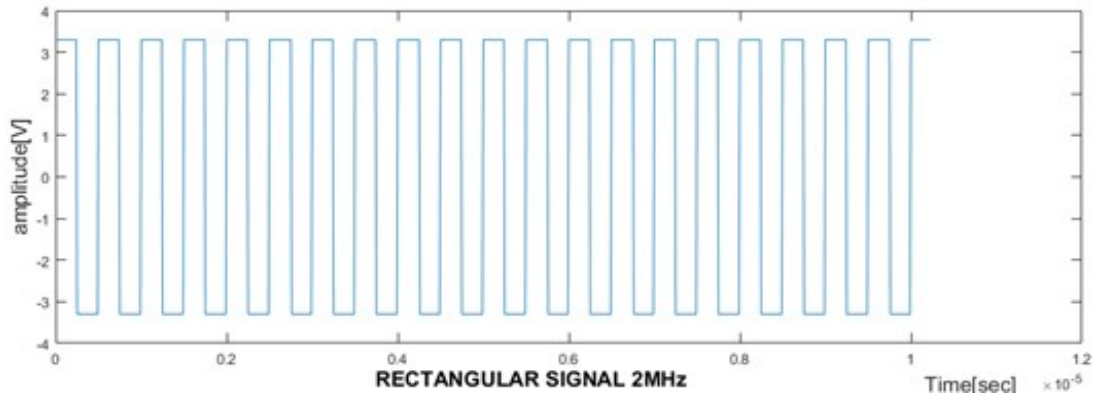


Fig. 32. Rectangular signal in tiime

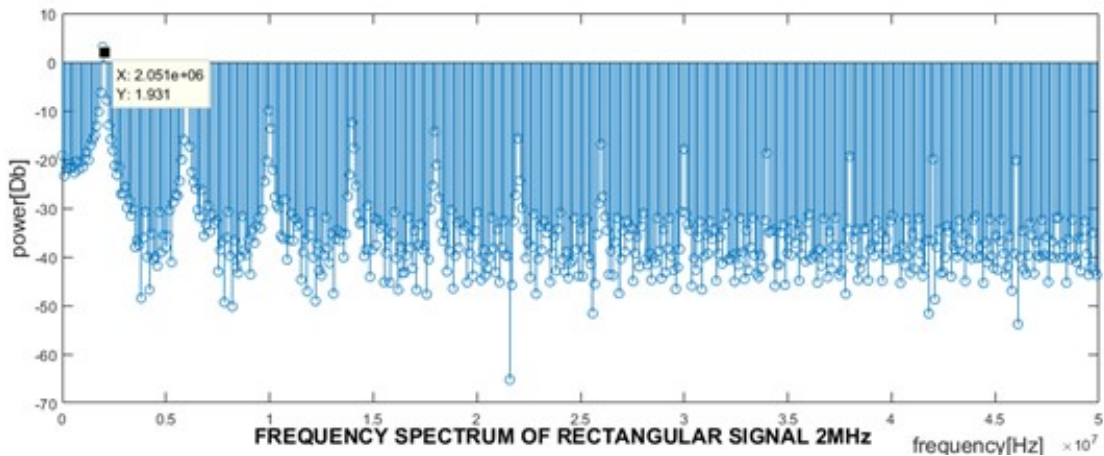


Fig. 33. Rectangular signal in frequency

A periodic rectangular signal in the time domain is shown in Fig. 32. A periodic rectangular signal in the frequency domain is shown in Fig. 33. An amplitude modulated signal in the time domain is shown in Fig. 34.

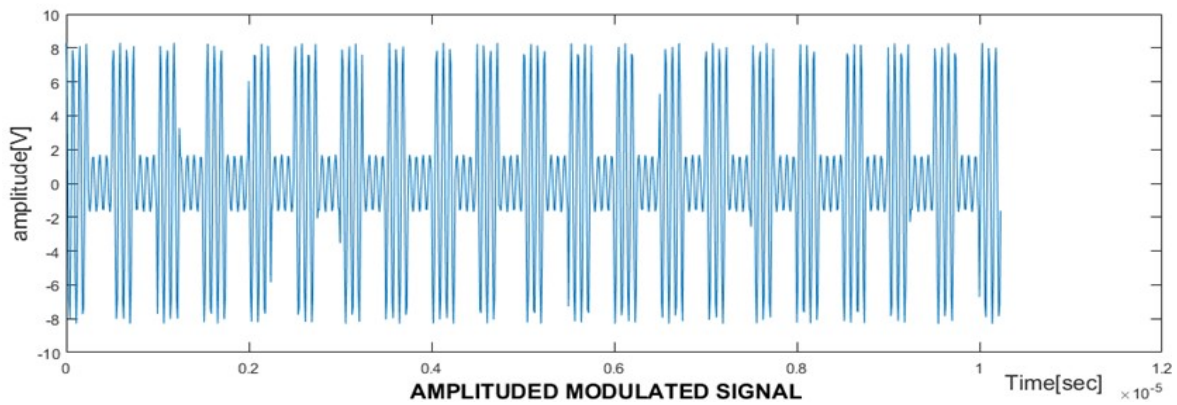


Fig. 34. Amplitued modulated signal

The frequency spectrum of an amplitude modulated signal is shown in Fig. 35.

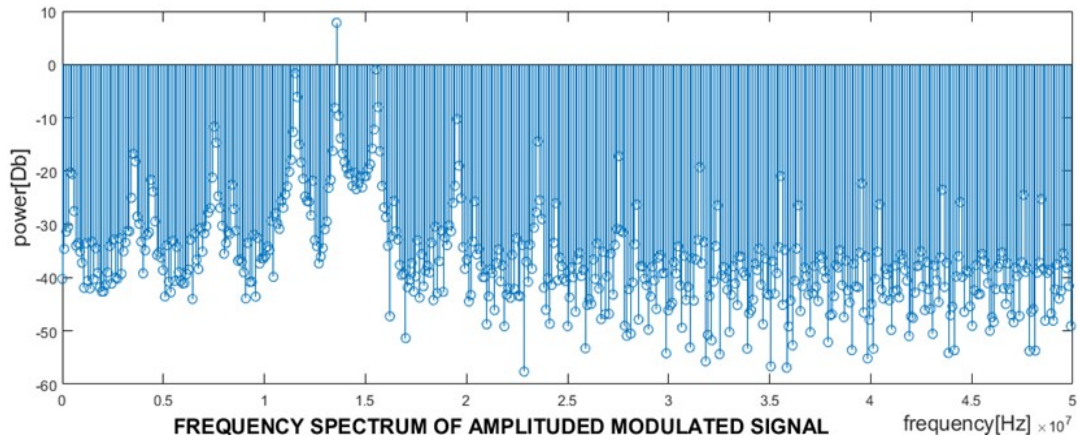


Fig. 35. Frequency spectrum of an amplitude modulated signal

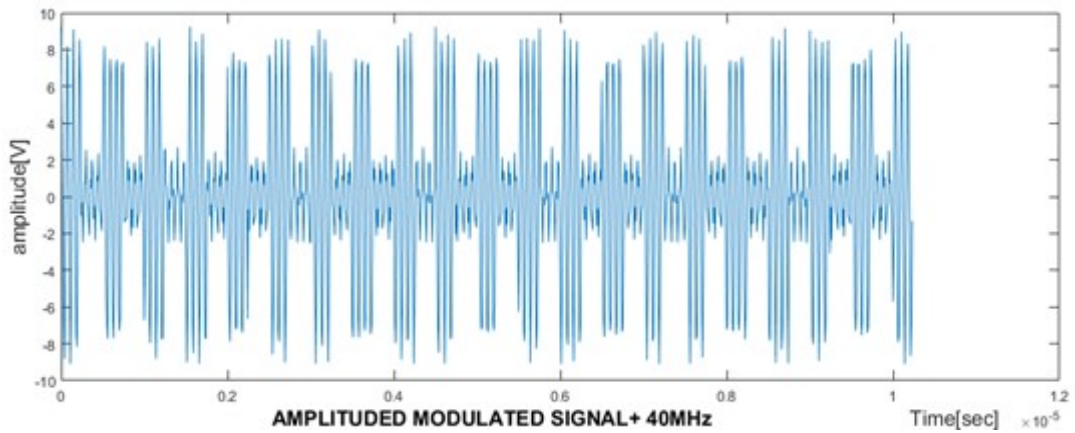


Fig. 36. Amplitude modulated signal

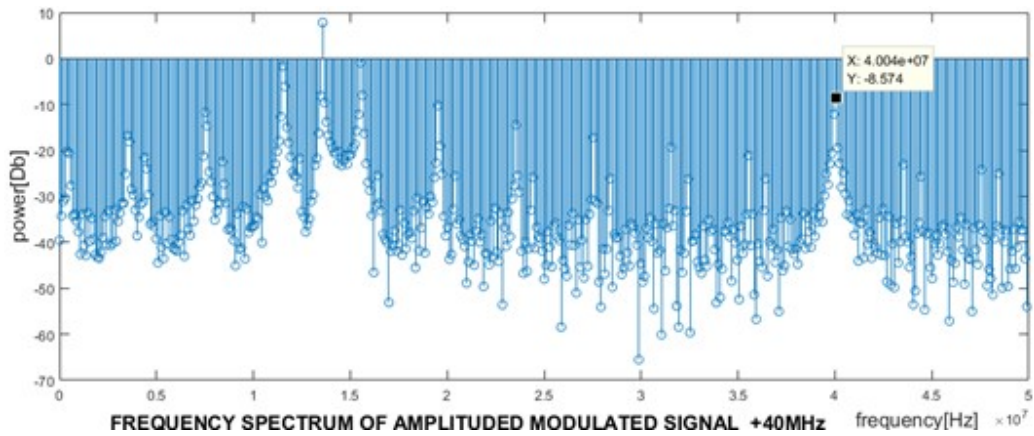


Fig. 37. Frequency spectrum of an amplitude modulated signal

An amplitude modulated periodic sinusoidal signal is presented in Fig. 36.

A frequency spectrum of an amplitude modulated periodic sinusoidal signal is presented in Fig. 37.

The transfer function is calculated after using Kirchhoff's voltage law and summing the values of the circuit parameters, which are presented in Table 1. In Fig. 39 shows the result of filtering the signal in the frequency domain.

n	f_s	T	ξ	Pol	k	R	L	C
-	MHz	s	-	-	-	Ω	nH	pF
2	14.520	1.0961e-08	0.1602	Complex conjugate -1.4613 ± 9.0051i	0.3162	4	150	800

Table 1. Results for the metrics of the passive elements of the circuit of the filter

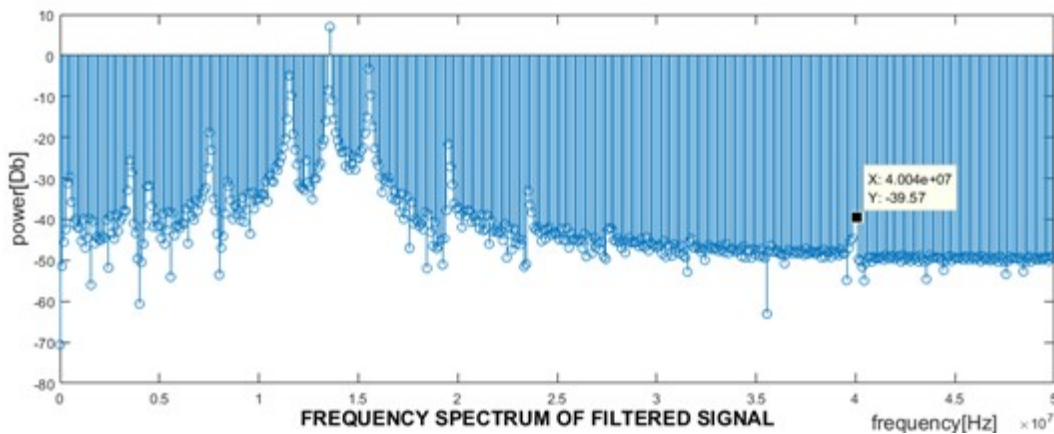


Fig. 39. Frequency spectrum of the filtered signal

From the obtained experimental results, it is clearly seen that the power of the useless signal to us is 40 MHz and has decreased by approximately 30 dB, which means that the used passive filter is effective in removing high frequency signals from the spectrum of the useful signal.

3.2. Techniques for wireless collection, transmission and manipulation of information streams

Articles [2*, 4*] present the results of the analysis of problems in the

processing of wireless information. A hardware implementation of distributed systems for wireless collection, transfer and manipulation of information flows is described. The main stages of this process (encoding, modulation and filtering of the signal) have been studied thoroughly, according to EMC standards. In addition, this paper shows the calculation results of the RFID antenna parameters.

Digital manipulation of the data in the reader is performed by a pre-selected microcontroller (selected due to the functional specifications of the system) that runs the user application. The microcontroller communicates with a dedicated integrated circuit CLRC66302HN, through a serial peripheral interface (SPI).

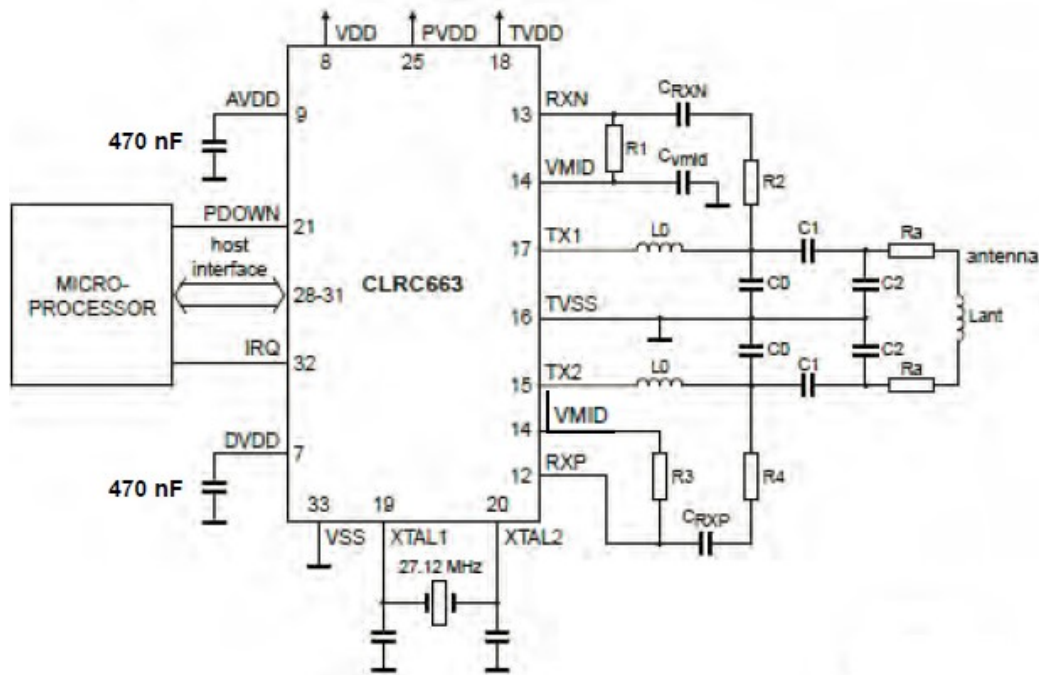


Fig. 40. NFC reader

The NFC reader circuit shown in Fig. 40, includes a microcontroller, a CLRC66302HN integrated circuit, an analog low-pass filter, and an analog impedance matching circuit between it and the rest of the system.

The parameters of an NFC antenna are shown on table two below:

a	b	h	r	Q	N	L	C	R	f_0
cm	cm	cm	cm	-	num	μH	pF	Ω	MHz
14.14	0,5	0,5	50	25	2	1,2	117	4	13.56

Table 2. Results of the metric parameters of an NFC antenna

The quality factor Q describes the energy stored in the antenna. When the Q -factor is high, the antenna needs more time to respond to the modulation, but radiates more power. $Q=25$ is the standard value for NFC antennas. In case of symmetrical alignment, optimal signal shape and read and write distance defined in the requirements according to the EMV Co standard are achieved (Fig. 41).

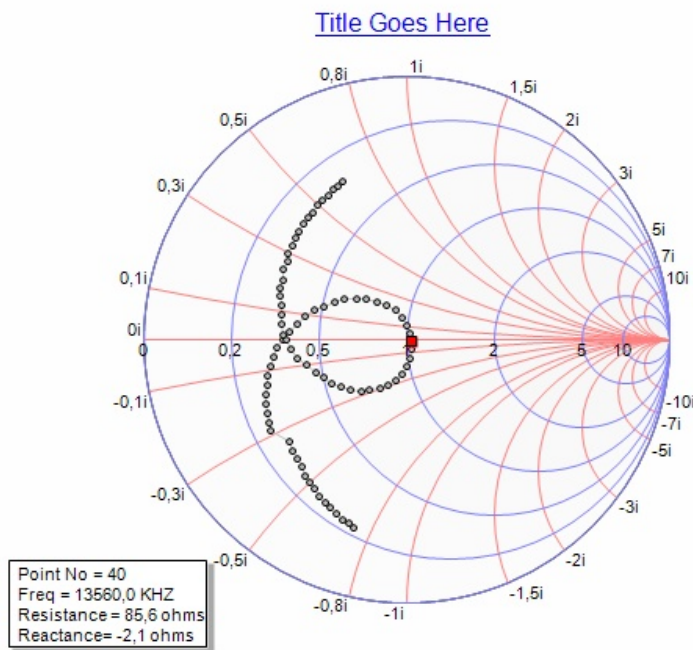


Fig. 41. Smith diagram for the symmetric alignment of the impedance of the antenna

3.3. Intelligent methods in the techniques for wireless collection, transmission and manipulation of information streams.

Hardware Description Language Coder (HDL) is a tool provided by MathWorks that enables the automatic generation of hardware description language code from MATLAB or Simulink models. The obtained results of the analysis are

presented in an article [5*]. An example structure of a multilayer perceptron is shown in Fig. 43.

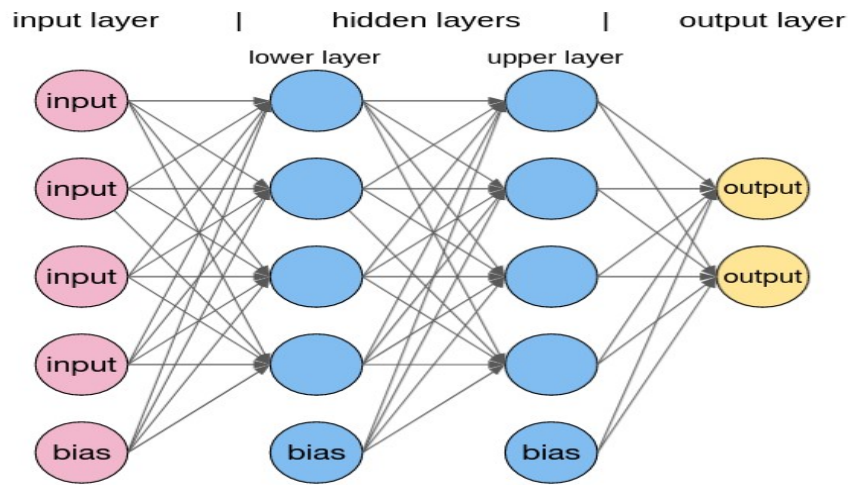
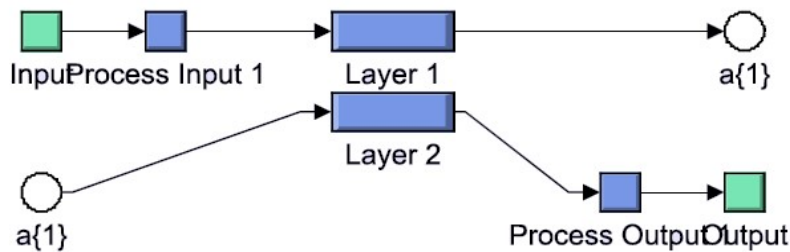
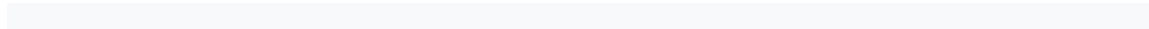
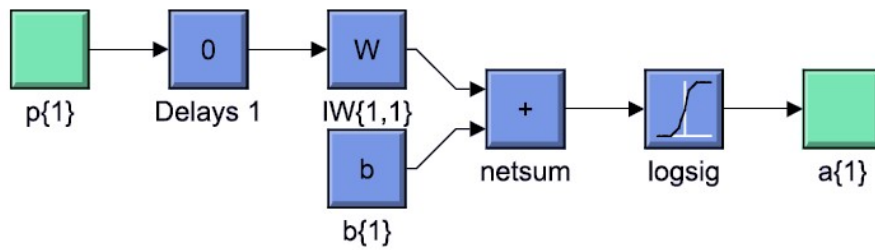


Fig. 43. Multilayer perceptron structure

The hypothesis in the paper is that neural networks, such as MLP, can be used to filter out noise in amplitude modulated signals. Noise filtering is a common task in signal processing, and neural networks can be a powerful tool to accomplish this task. One possible neural network architecture for noise filtering is shown in Fig. 44.



Layer 1:



Layer 2:

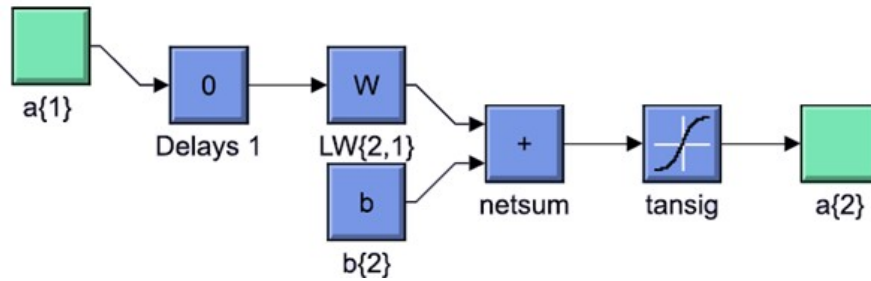


Fig. 44. Neural network architecture

The HDL code generated by HDL Coder can be used in a synthesis and deployment environment such as Xilinx Vivado or Intel Quartus. This process involves compiling VHDL code, creating networks of logic elements, specifying timing constraints, and generating physical configuration files (bit streams) for programming a digital device, such as the FPGA shown in Fig. 45.



Fig. 45. FPGA device

HDL encoder and FPGA modules such as AMD Artix™ 7 50T-2I, TE0714-04-52I-7-B provide the means to transform MLP and other digital systems into real hardware solutions. This enables fast execution and efficient use of FPGA resources. The combination of multilayer perceptron, HDL encoder and FPGA modules offers a wide range of tools and capabilities for developing complex digital systems and solving various tasks in the field of machine learning and data processing.

3.4. Amplitude modulation and demodulation of wireless transfer of data with a neural network.

In article [5*] the results obtained in the application of amplitude modulation and demodulation with the use of a neural network are presented. The article presents a complete process of amplitude modulation and demodulation using a neural network

in the MATLAB programming environment. The presented results and decoded network output demonstrate the effectiveness of the proposed implementation.

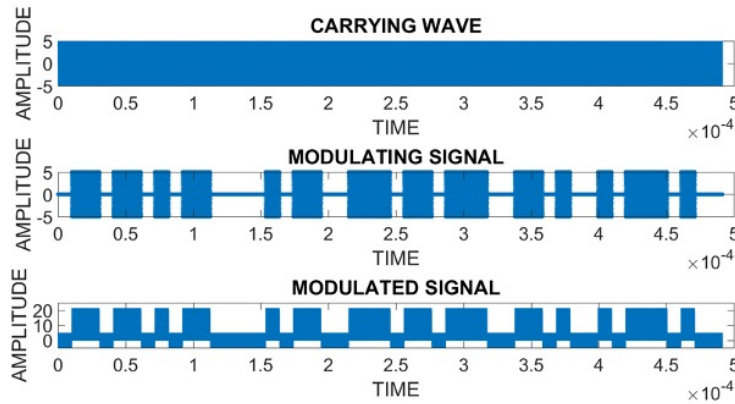


Fig. 46. Amplitude modulation

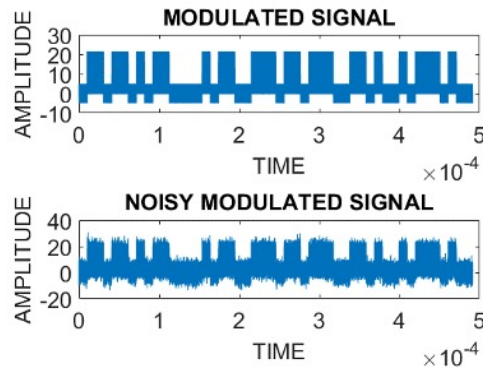


Fig. 47. Noisy modulation of the signal

In Fig. 46 shows the results of the modulation process, showing the carrier signal, the modulating signal and the modulated signal. In Fig. 47 presents the results of the noise process of the modulated signal. The obtained results for real modulated signal, noise modulated signal and neural network output signal are shown in Fig. 48.

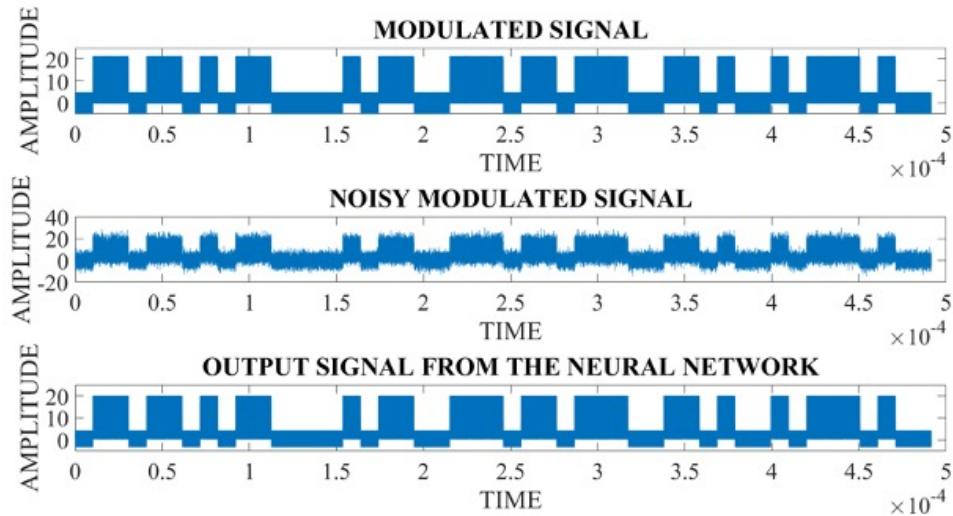


Fig. 48. Output signal of the neural network

This paper presents the basic idea and implementation of wireless data transmission and decoding using neural networks. When developing applications in practice, further optimizations and improvements can be made based on specific requirements and conditions. It is possible to convert the MATLAB code presented in the article to VHDL or Verilog for implementation on programmable logic integrated circuits (FPGA).

3.5. A new generation of wireless networks

The article [1*] describes the method of signal transmission - Handoff (HO) in different generations of networks. Horizontal Handoff (HHO) and Vertical Handoff (VHO) are considered. The article examines the challenge - Sixth Generation Global Networks.

On Fig. 49 the mobile communication evolution is described..

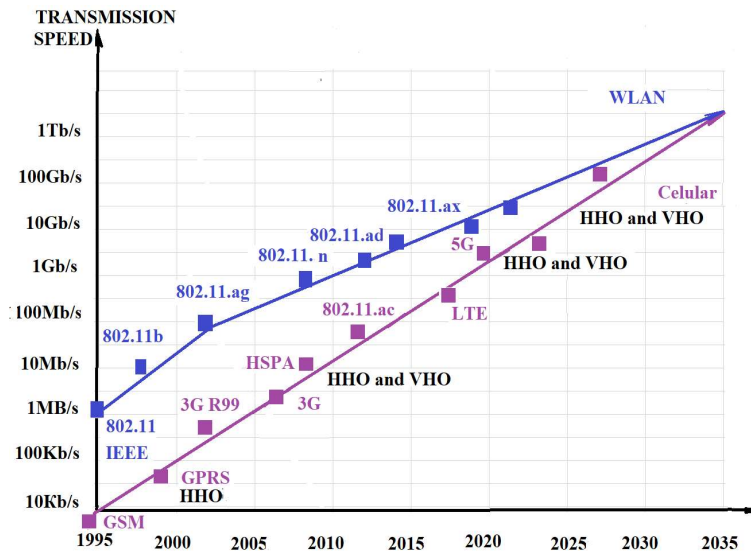


Fig. 49. Mobile communication evolution

The 6G mobile system for global coverage will integrate 5G wireless mobile system and satellite network. Telecommunications satellite is used to broadcast voice, data, internet and video; earth imaging satellite networks are for gathering weather and environmental information; and the navigation satellite network is for Global Positioning System (GPS), (Fig. 50).

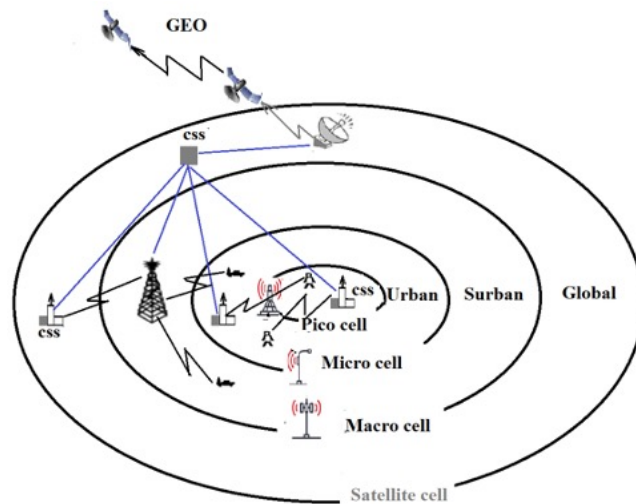


Fig. 50. 6G mobile system

Mobility management is a priority issue in modern mobile networks. The challenge for all networks is to transmit data without loss. The process of handing over a signal when changing a cell or reducing the signal during an active user connection

is known in the literature as Handoff (HO), (Fig. 51).

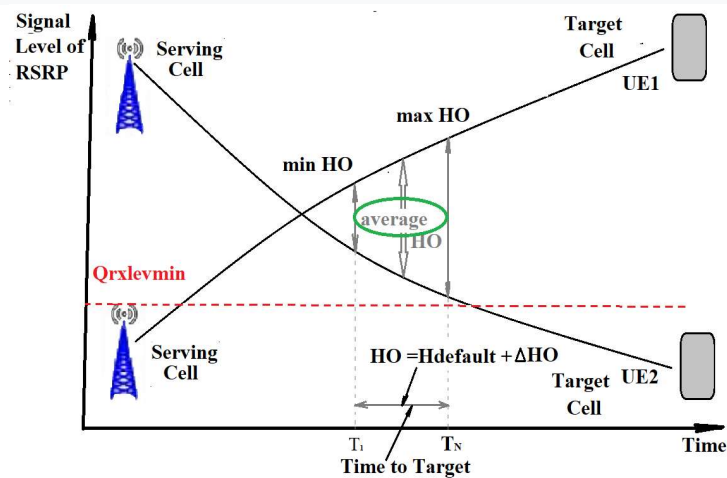


Fig. 51. Handoff (HO)

The development of future wireless networks will lead to an ultra-density of the type and number of base stations, as well as the number of users and the applications they use. The dense, dynamic and multi-layered network architecture requires the development of new mobility management mechanisms adapting to the characteristics of the new generation of networks.

3.6. Implementing hardware solutions.

- POS terminal

A POS terminal is a device that is used to process payments with bank cards or other electronic payment methods. These devices are common in stores, restaurants, gas stations and other commercial establishments where customers can make purchases and pay with credit or debit cards, smartphones, contactless payment chips and other electronic payment methods.

The following Figures present the individual modules of the developed circuit shown in Fig. 52.

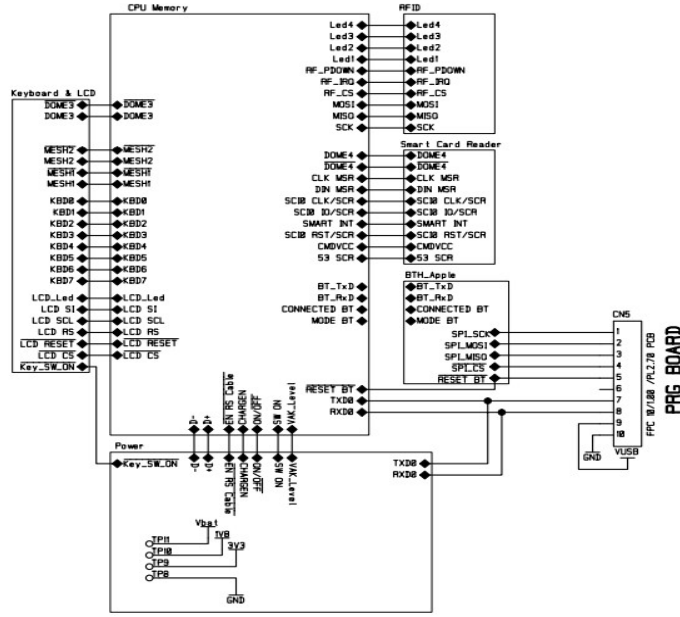


Fig. 52. POS terminal circuit

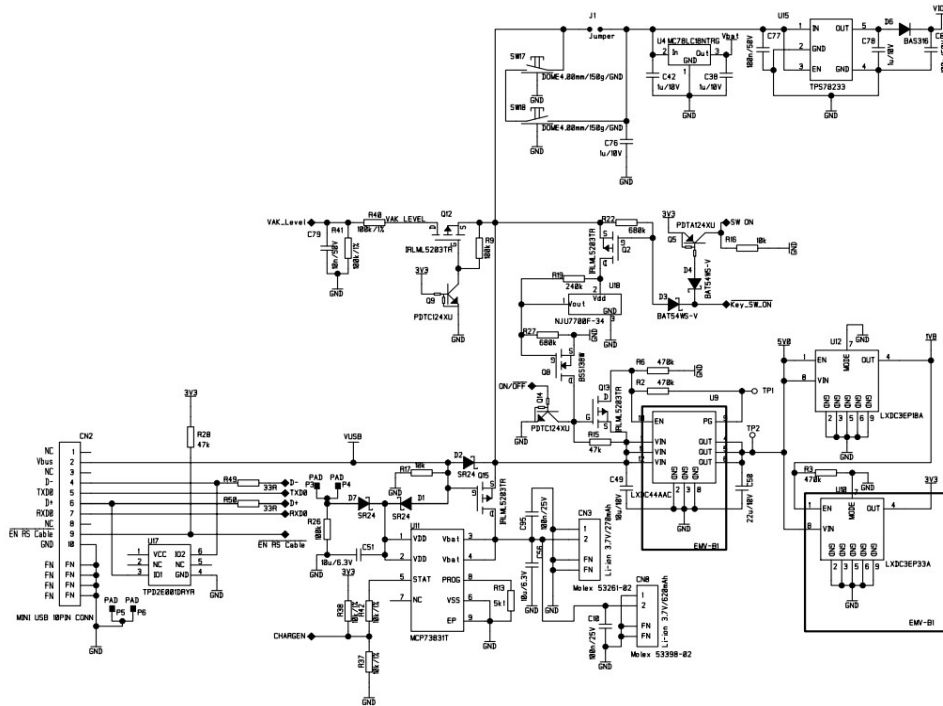


Fig. 53. Power block

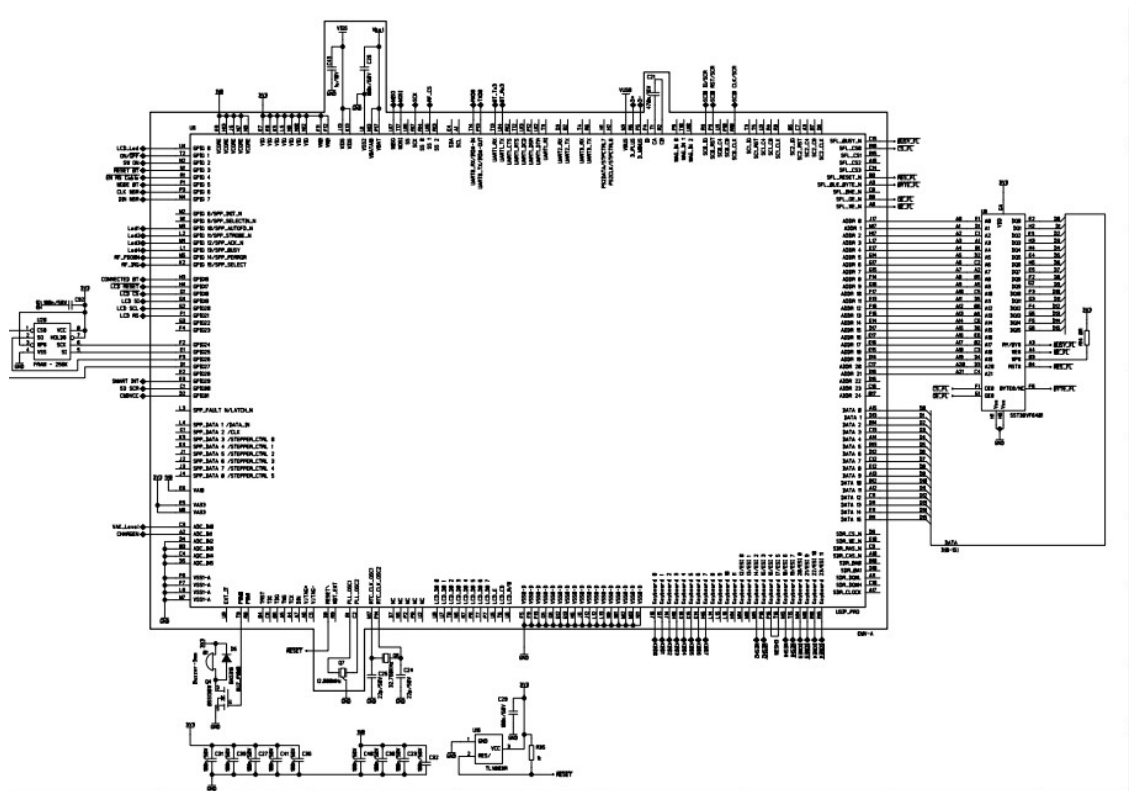


Fig. 54. Data processing microcontroller

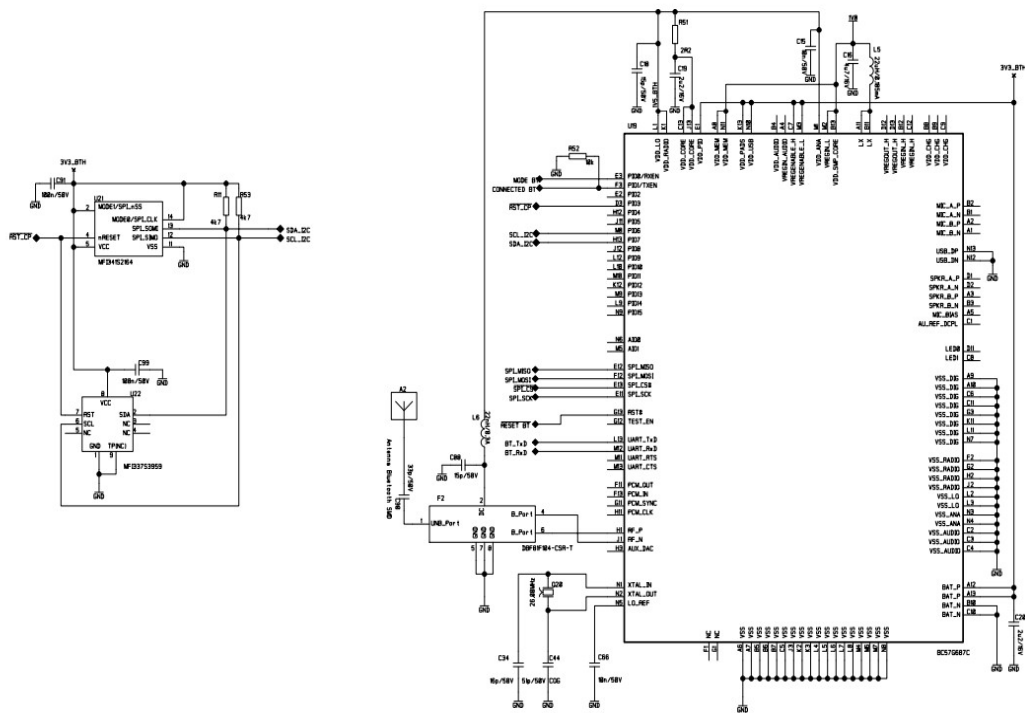


Fig. 55. Bluetooth connection block to an APPLE device

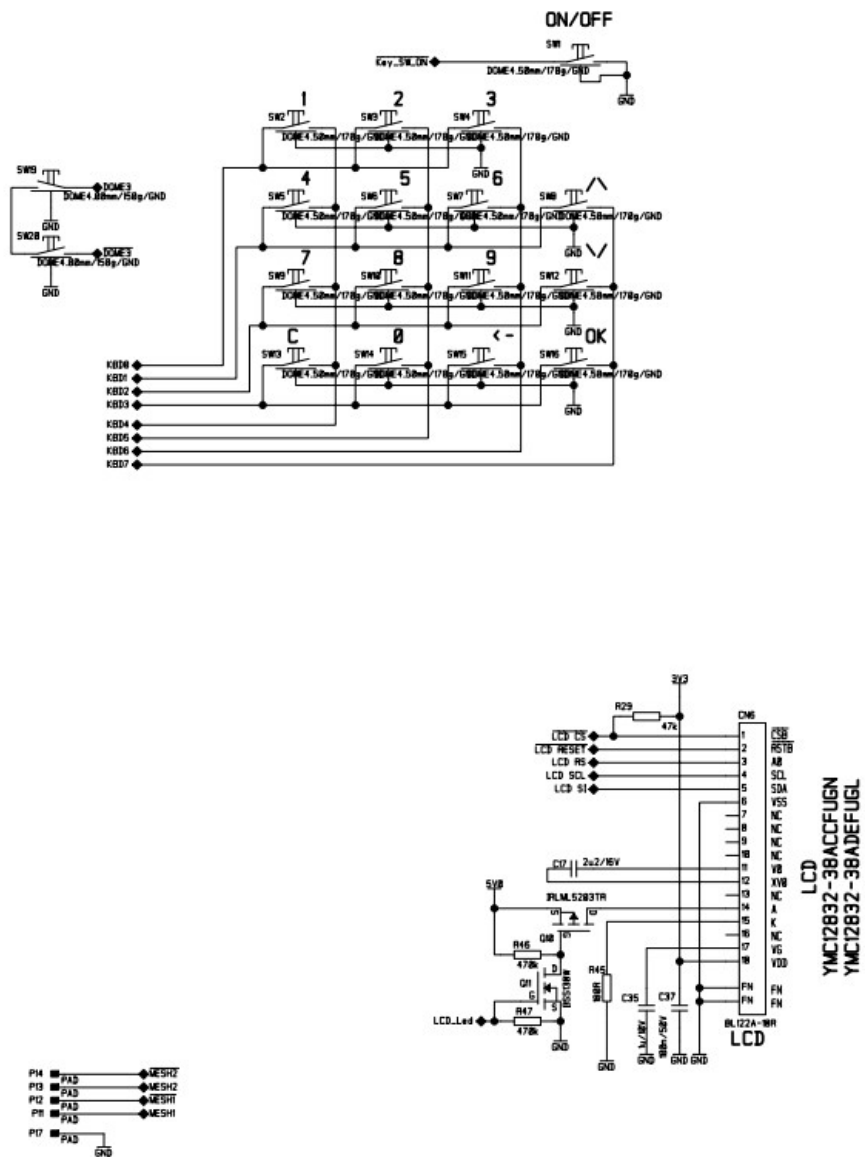


Fig. 58. LCD and manual data entry transaction block

- Wireless smart card reader

A circuit diagram has been developed, which includes the following modules (Fig. 59):

- power block;
- data processing microcontroller;
- block for connection with an audio smart device;
- Wireless card reader block.

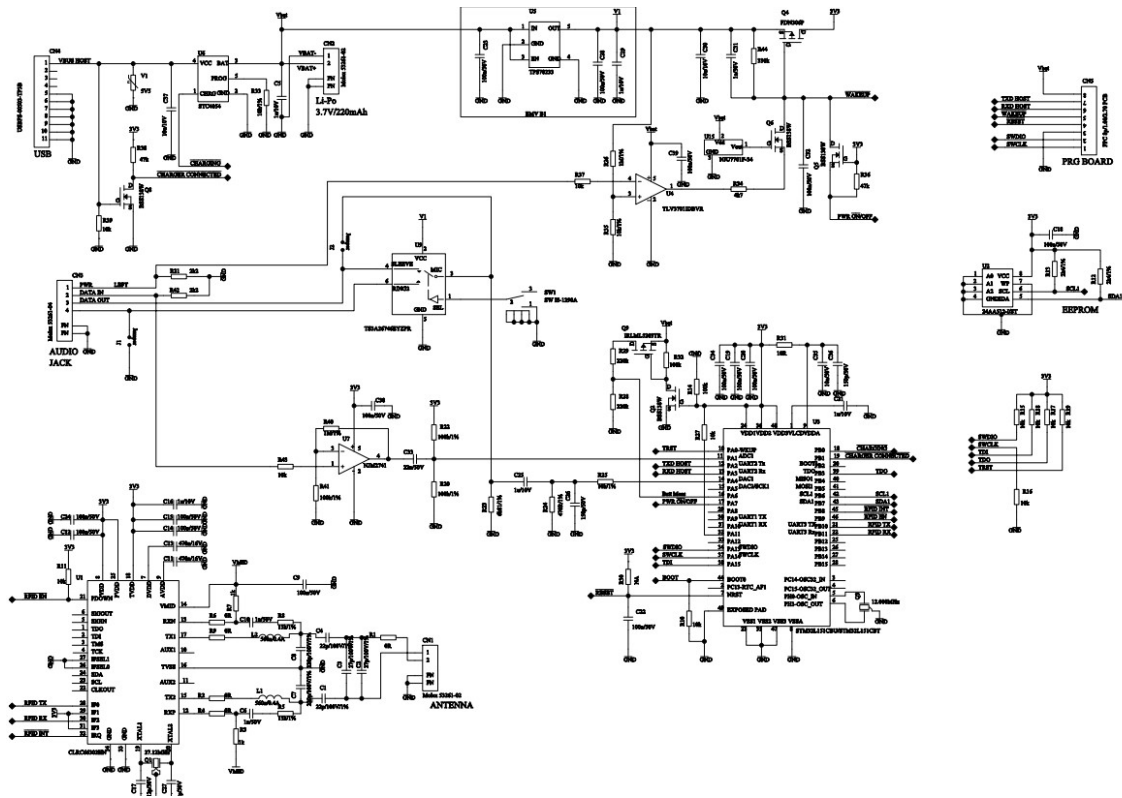


Fig. 59. Electric circuit of a wireless smart card reader

SUMMARY

The dissertation is dedicated to the application of innovative, intelligent methods for research and implementation of hardware solutions in the context of distributed systems for wireless collection, transfer and management of information flows. The possible connections and interactions between two technologies - radio frequency identification (RFID) and neural networks (NN) are analyzed, as well as the potential advantages of their inclusion in communication systems. A rationale is presented on how these two technologies complement each other, providing intelligent solutions and opportunities for process optimization. The challenges that arise with the implementation of radio frequency identification and neural networks in distributed systems are described in order to achieve intelligent and efficient solutions for the collection, processing and management of information flows. The present dissertation also examines how the incorporation of Wi-Fi technologies can enhance the intelligence and functionality of a distributed system by adding additional capabilities for communication and data analysis.

The research methodology in the dissertation includes the use of a numerical and experimental approach. The numerical approach was used in the implementation of the algorithms by means of computer calculation. The experimental approach was used in the creation of the hardware applications.

The aim of this dissertation is to research and implement hardware solutions using modern methods from the field of intelligent systems. To achieve the set goal, six scientific tasks have been formulated. In the process of solving them, original results were obtained related to the research of modern intelligent methods for the implementation of hardware solutions of distributed systems for wireless collection, transmission and management of information flows.

As a result of the conducted research, presented in this dissertation work, the following scientific-applied and applied results were achieved:

1. A critical analysis of the possibility of applying intelligent methods for the analysis and implementation of hardware solutions was carried out.
2. The possible connections and interactions between two key technologies - radio frequency identification and neural networks - are analyzed.
3. The ways to integrate these technologies have been investigated to achieve intelligent and effective solutions to collect, process and manage information flows.
4. An analysis of the opportunities and challenges that arise with the implementation of radio frequency identification and neural networks in distributed systems is carried out.
5. It is analyzed how the incorporation of wireless technologies can enhance the intelligence and functionality of a distributed system by adding additional capabilities for communication and data analysis.
6. Original hardware solutions for collecting, processing and managing information flows are presented.

The achieved results of the analysis of the research carried out in the current dissertation work are presented in the scientific publications - "Problems of Engineering Cybernetics and Robotics" and "Engineering Sciences", as well as in the collection of works of **the international conference 10-th International Conference on Intelligent Systems - IS '20**.

The dissertation is structured in an introduction, three chapters and a conclusion, accompanied by a declaration of originality of the obtained results and a bibliography.

The dissertation was developed within the National **science programme „Intelligent crop production“, № D01-65/19.03.2021r.**

PUBLICATIONS REGARDING THE DISSERTATION

1. Otsetova-Dudin E., **Markov K.**, Mobility Factor in New Generations Wireless Networks. Proceedings of the 10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20, Varna, Bulgaria, IEEE Xplore, ISBN:978-1-7281-5456-5, ISSN:1541-1672, DOI:10.1109/IS48319.2020.9199970, pp. 601-605, 2020.

2. **Markov K.**, Planning and Developing Techniques in Working | Within Distributed Systems for Wireless Gathering, Transferring and Manipulation of Information Streams, Part I. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 75, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:0204-9848, DOI:10.7546/PECR.75.21.07, pp. 59-70, 2021.

3. **Markov K.**, Designing of Technical Tools for Distributed Systems for Wireless Gathering, Transferring and Management of Information. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 76, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:2738-7356, DOI:10.7546/PECR.76.21.02, pp. 25-38, 2021.

4. **Markov K.**, Planning and Developing Techniques in Working with Distributed Systems for Wireless Gathering, Transferring and Manipulation of Information Streams, Part II. Engineering Sciences, LIX, 2, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:1312-5702(Print), ISSN:2603-3542(Online), DOI:10.7546/EngSci.LIX.22.02.05, pp. 53-68, 2022.

5. **Markov K.**, Multilayer Perceptron with Backpropagation, HDL Coder, and FPGA Technology: An Integrated Approach for Efficient Neural Network Implementation. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 80, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:2738-7356, приета за печат: 2023.

6. **Markov K.**, Wireless Data Transmission and Neural Networks: Using Amplitude Modulation and Demodulation. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 80, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:2738-7356, приета за печат: 2023.



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по докторска програма „Компютърни системи, комплекси и мрежи”

ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ НА ХАРДУЕРНИ РЕШЕНИЯ

Красимир Георгиев Марков

Ръководител: Чл. кор. Любка Дуковска

Научно жури:

Акад. Васил Сгурев
Проф. Иван Куртев
Проф. Радослав Йошинов
Проф. Димитър Карастоянов
Проф. Владимир Монов



**Институт по информационни и
комуникационни технологии
Секция „Интелигентни системи”**

УВОД

Разпространена форма на формализация в областта на изкуствения интелект е системата, която включва множество от взаимодействащи си компоненти, които функционират съвместно с оглед постигането на определена цел. Информационна система е средство, което обхваща всички форми на събиране, съхраняване, извличане, обработка и разпространение на информация. Разпределената система е комплекс от свързани компютри и устройства, които работят съвместно като единна информационна система, но са разположени на различни физически места. Този тип система се използва за решаване на сложни задачи и обработка на големи обеми информация, като различните компоненти си споделят работата и ресурсите.

С развитието на съвременните технологии се откриват все по-широки перспективи за иновации в областта на разпределените системи за безжично събиране, пренасяне и управление на информационни потоци. Настоящият дисертационен труд е насочен към проектирането и разработването на технически (хардуерни и софтуерни) средства, които играят ключова роля в реализацията на такива системи.

Разпределените системи за безжично събиране, пренасяне и управление на информационни потоци са от съществено значение за модерното общество, където бързият и надежден обмен на данни е от съществено значение за различни сектори като промишлеността, транспорта, здравеопазването и други. Въпреки техническите предизвикателства, тези системи предоставят възможност за събиране и анализ на информация в реално време, което води до подобрене на ефективността, оптимизация на ресурсите и възможност за създаване на иновации.

Представеният дисертационен труд изследва ключови аспекти на техническото проектиране и разработване на компоненти и устройства, които участват в реализацията на тези системи. Фокусът е върху архитектурни

решения, комуникационни протоколи, сензори и софтуерни платформи, които са от съществено значение за функционалността и надеждността на системите.

В процеса на изследване и разработка ще бъдат анализирани съществуващи подходи и технологии, както и ще бъдат представени нови и иновативни методи за подобряване на техническите аспекти на разпределените системи. Чрез детайлно документирани експерименти и практически изпитания ще се изгради надеждна основа за реализацията и оптимизацията на тези системи в реални условия.

Темата за проектиране и разработване на технически средства за разпределени системи за безжично събиране, пренасяне и управление на информационни потоци е високо актуална, поради растящата зависимост от технологиите, които облекчават комуникацията и управлението на данни в разнообразни области. Този напредък има потенциала да промени начина, по който функционират бизнесите, инфраструктурата и дори поведението на хората.

Няколко ключови аспекта подчертават актуалността на тази тема:

1. **Интернет на нещата (IoT) и Индустрия 4.0:** Все по-широкото прилагане на IoT и Индустрия 4.0 променя начина, по който устройства и системи комуникират и обменят информация. Разпределените системи за безжично събиране на данни са сърцевина на този напредък, като позволяват на устройствата да се свързват и обменят данни в реално време.

2. **Умни градове и инфраструктура:** Разработването на умни градове и инфраструктура изисква интеграция на множество системи и устройства за мониторинг, управление и оптимизация. Безжичните системи за събиране на данни са ключова технология, която позволява на градовете да бъдат по-ефективни и устойчиви.

3. **Здравеопазване и преносими устройства:** Разпределените системи за събиране на данни също имат голям потенциал в областта на здравеопазването. Преносимите устройства и сензори могат да събират данни за

здравословното състояние на хората и да предоставят ценна информация за здравните грижи.

4. **Безжични комуникации и свързаност:** Развитието на нови безжични технологии като 5G и LoRa позволява по-бърз обмен на данни и по-голяма обхватност. Това отваря нови възможности за събиране и управление на информация от различни отдалечени точки.

5. **Информационна сигурност и защита:** С разрастването на мрежовата инфраструктура и комуникациите се задават въпроси за сигурността на данните и защитата от злонамерени атаки. Изследването на технически средства и методи за защита на информацията става от критично значение.

Разпределените системи за безжично събиране и управление на информационни потоци се основават на комбинация от различни технологии, включително радиочестотна идентификация (RFID) и изкуствен интелект (AI).

Комбиниране на невронни мрежи и радиочестотна идентификация могат да бъдат използвани за обработка и анализ на данни, които са събрани от RFID технологиите. Например, невронните мрежи могат да се използват за анализ на данни от RFID тагове, за да се предвидят тенденции в поведението на клиентите, за да се оптимизират логистични процеси или за да се идентифицират аномалии в данните.

Комбинацията на тези технологии може да бъде осъществена чрез използването на разпределени системи и облачни ресурси. Обработката на данни от RFID тагове и сензори може да се извършва локално на мястото на събиране на данните или на облакови сървъри, където невронните мрежи могат да анализират и предсказват събития. Този подход може да доведе до по-ефективни решения и оптимизирани процеси в различни области.

Настоящият дисертационен труд си поставя за цел **със средствата на съвременните методи от областта на интелигентните системи, да се изследват и реализират хардуерни решения.**

За постигането на така поставената цел, са формулирани следните задачи:

1. Да се проведе критичен анализ на възможността за прилагане на интелигентни методи за изследване и реализация на хардуерни решения.
2. Да се анализират възможните връзки и взаимодействия между две ключови технологии - радиочестотна идентификация и невронни мрежи.
3. Да се изследват начините за интегриране на тези технологии, за да се постигнат интелигентни и ефективни решения за събиране, обработка и управление на информационни потоци.
4. Да се проведе анализ на възможностите и предизвикателствата, които възникват с внедряването на радиочестотна идентификация и невронни мрежи в разпределените системи.
5. Да се анализира как включването на безжични технологии може да подсили интелигентността и функционалността на разпределена система, като добавя допълнителни възможности за комуникация и анализ на данни.
6. Да се представят оригинални хардуерни решения за събиране, обработка и управление на информационни потоци.

Дисертационният труд е структуриран в увод, три глави, заключение, придружава се от декларация за оригиналност на получените резултати и библиография.

В Увода са посочени темата, обектът и предметът на дисертационния труд. Описана е накратко актуалността на темата и мотивацията за извършване на дисертационното изследване. Поставена е целта на изследователската работа и задачите, чрез които тя да бъде постигната.

В Глава 1 са представени основополагащите теоретични понятия, свързани с разпределените системи за безжично събиране, пренасяне и управление на информационни потоци. Акцентира се върху конкретна технология за радиочестотна идентификация (RFID) и средствата за нейното реализиране, като разпределена система за безжично събиране, пренасяне и управление на информационни потоци. Направен е анализ на сигналите, предоставени са

хардуерно решение в средата CADSTAR и симулации в средата на MATLAB за безжично пренасяне на съобщения през зашумена среда.

В Глава 2 са представени теоретични понятия и методи на изкуствения интелект. Акцентираща се върху реализиране на разпределена система за безжично събиране, пренасяне и управление на информационни потоци с невронни мрежи (NN). Проведен е анализ на комуникационна мрежа с подаване на данни в една посока, от входния слой към изходния, без обратни връзки, както и симулации в програмната среда MATLAB за безжично пренасяне на съобщения през зашумена среда.

В Глава 3 са описани конкретните изследователски задачи, които са били проведени с цел анализ и оценка на предложените технологии за радиочестотна идентификация (RFID) и невронни мрежи (NN) за включването им в алгоритмите за работа на разпределените системи. Представени са резултатите от симулационните изследвания, които са извършени, за да се изследват различни аспекти на системата. В допълнение на проведените изследвания са представени и оригинални хардуерни решения на устройства за събиране, обработка и управление на информационни потоци.

Дисертационният труд завършва със Заключение, в което се обобщават получените резултати от проведените изследвания.

Постигнатите резултати от анализа на проведените изследвания в настоящия дисертационен труд са представени в научните издания – „*Problems of Engineering Cybernetics and Robotics*“ и „*Engineering Sciences*“, както и в сборника с трудове на международната конференция *10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20*.

Дисертационният труд е разработен в рамките на **Националната Научна Програма „Интелигентно растениевъдство“**, № Д01-65/19.03.2021г.

ПЪРВА ГЛАВА

ОБЗОР И АНАЛИЗ НА МЕТОДИТЕ ЗА РАДИОЧЕСТОТНА ИДЕНТИФИКАЦИЯ

1.1. Радиочестотна идентификация - исторически обзор.

Радиочестотната идентификация (Radio-Frequency IDentification, RFID) е един от методите за автоматична идентификация и събиране на данни за автоматично дистанционно идентифициране на обекти чрез радиочестотна комуникация.

Технологията Near Field Communication (NFC) е създадена през 2002 г. Тя е резултат от съвместни усилия на компаниите Sony и Philips, които създадоха NFC като стандарт за безжична комуникация на близко разстояние между устройства. Технологията NFC използва радиочестотна комуникация и е базирана на RFID, но с по-кратък обхват и по-голяма способност за двупосочна комуникация между устройствата.

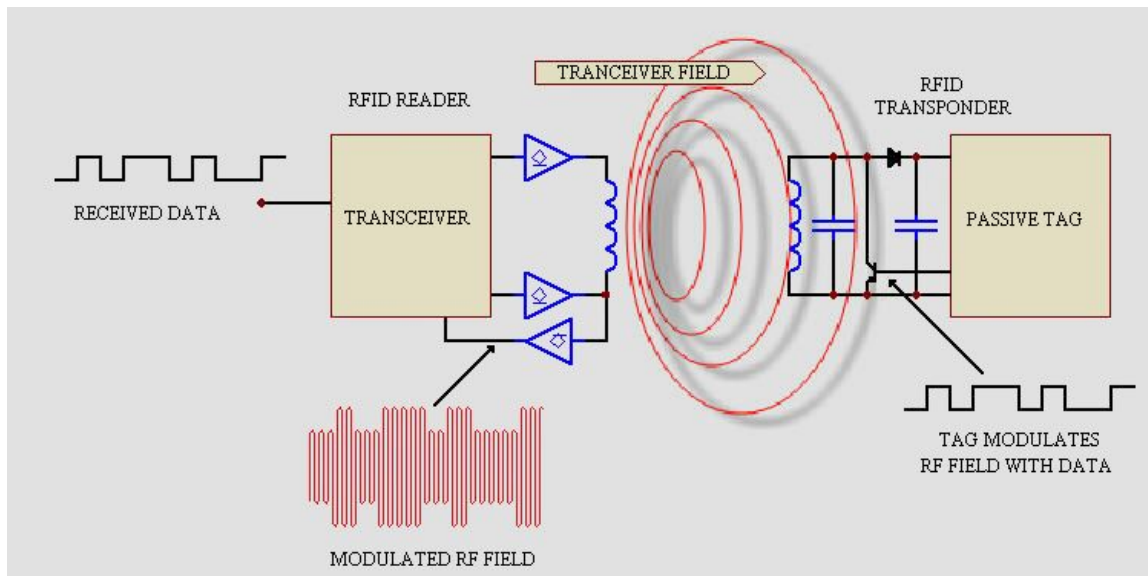
1.2. Основни подходи в радиочестотната идентификация.

RFID технологията е базирана на радиочестотна комуникация между специално изработен идентификатор (етикет, таг, карта, ключодържател, стикер и т.н.) и четящо устройство. Всеки идентификатор съдържа чип със записан уникален номер и антена.

1.3. Принцип на действие и хардуерни компоненти на RFID система.

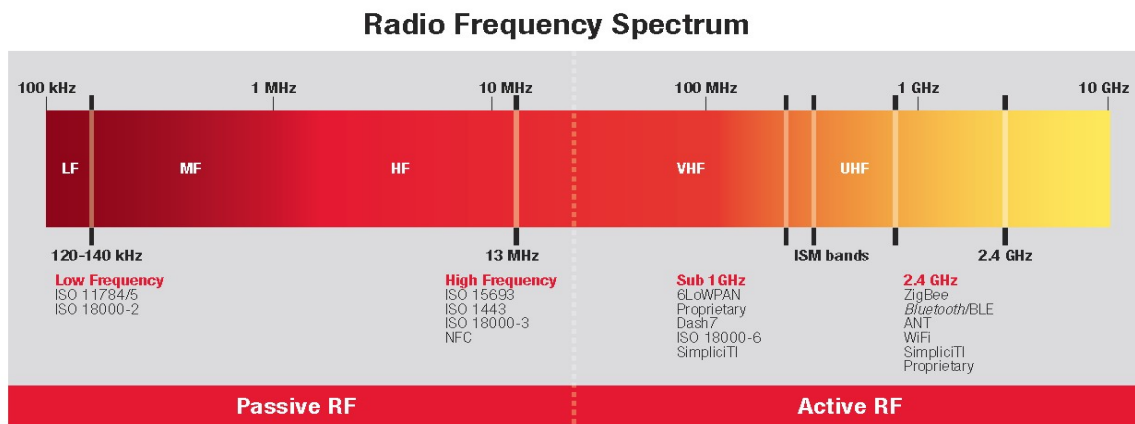
Върху предвидения за контрол обект се поставя идентификатор, наричан също таг, транспондер или етикет, съдържащ антена и интегрална схема с памет. Четецът (Reader), наричан и контролер, периодично излъчва в кратки интервали от време (обикновено 50 ms) електромагнитни вълни с фиксирана честота, които достигат до антената на идентификаторът. Те го задействат за определено време (обикновено за 20 ms), през които той връща обратно модулиран сигнал с

необходимите данни за обекта, а те от своя страна могат да бъдат предадени към близък или отдалечен компютър, (фиг. 1).



Фиг. 1. Принцип на действие на RFID система

В съответствие с международните стандарти съществуват четири обхвата за радиочестотна идентификация, (фиг. 2).



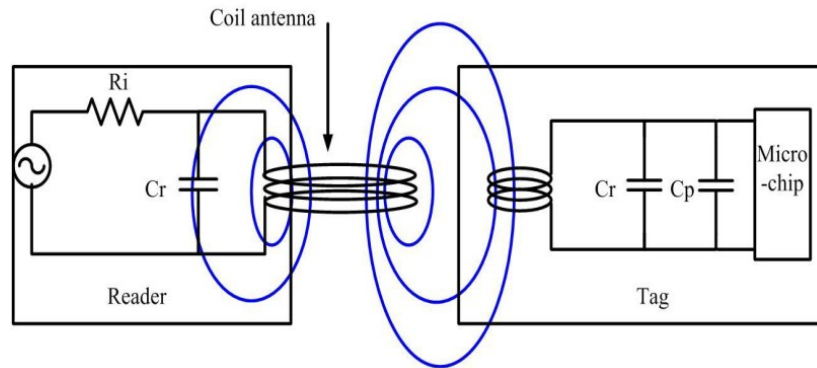
Фиг. 2. Честотни обхвати за RFID

1.4. Хардуерни компоненти на RFID система.

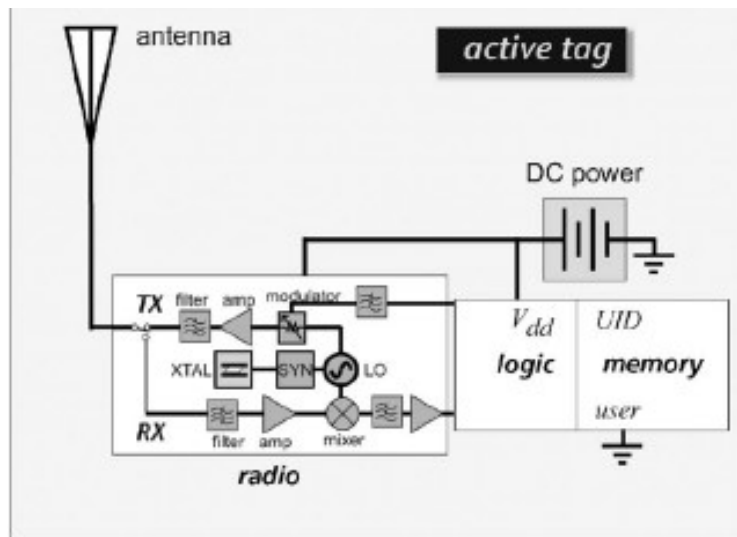
- RFID идентификатори

Идентификаторите са наричани още тагове, транспондери и етикети. RFID

идентификаторите могат да бъдат класифицирани според захранването си като пасивни (фиг. 3) без собствено захранване и активни (фиг. 4) със собствено захранване (батерия).



Фиг. 3. Пасивен RFID идентификатор

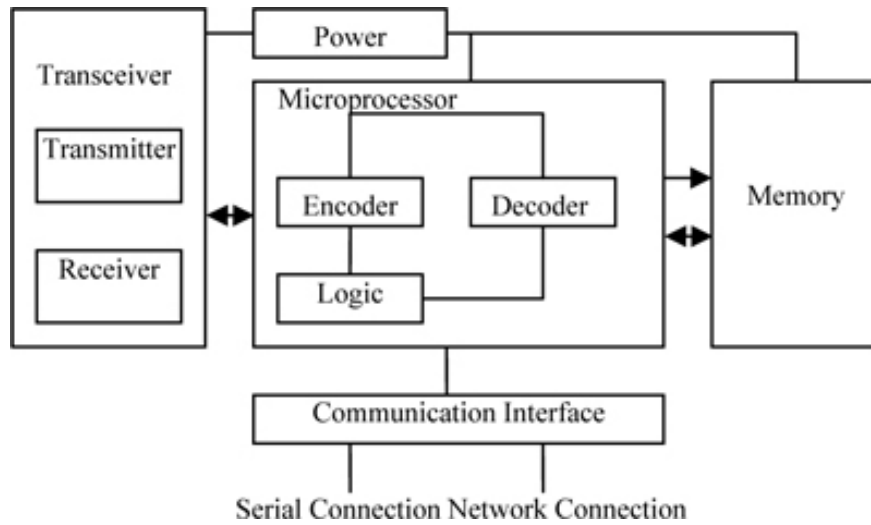


Фиг. 4. Активен RFID идентификатор

Пасивните идентификатори нямат собствено захранване. Необходимият ток се индуцира в антената, чрез получаване на радиочестотен сигнал, осигуряващ необходимото напрежение за интегралните схеми. Разстоянието, на което може да се прочетат данните е от няколко милиметра до метър.

- **RFID четящо устройство (Reader)**

Четящо устройство съдържа антена, контролер за кодиране/декодиране на канала и памет, (фиг. 5).

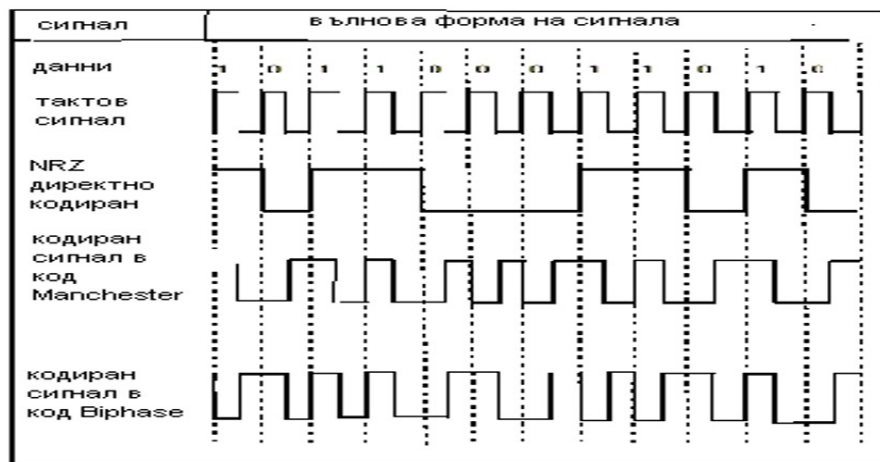


Фиг. 5. RFID четящо устройство

- Антена за RFID

Радиочестотната идентификационна (RFID) антена е специално проектирана антена, която служи за предаване и приемане на радиосигнали в RFID системата. Тази антена е важна част от RFID технологията и позволява комуникацията между RFID четеща и RFID таговете (етикети).

Методите за кодиране на канала са представени на фиг. 6 и са:



Фиг. 6. Методи за кодиране на канала

1.5. Модулация на данни.

Предаването на данни в ефира или в пространството, разделящо два компонента, които обменят информация, изисква тя да бъде представена като променящо се поле или вълна. Тази трансформация се нарича модулация.

1.6. Демодулация на данни.

Демодулацията на амплитудно модулирания сигнал се извършва, за да се възстанови оригиналният информационен сигнал. В случая на отделянето на обвивката, целта е да се извлече нискочестотният информационен сигнал от модулирания сигнал.

1.7. Хардуерна реализация на NFC четящо устройство.

Near Field Communication (NFC) е набор от комуникационни протоколи и интерфейс на базата на RFID технология. NFC е най-горещата технологична тенденция, налагаща се в целия свят. NFC се следи от “NFC Forum”, който е организация от 150 компании, които работят заедно за развитието на технологията.

1.8. NFC четящо устройство.

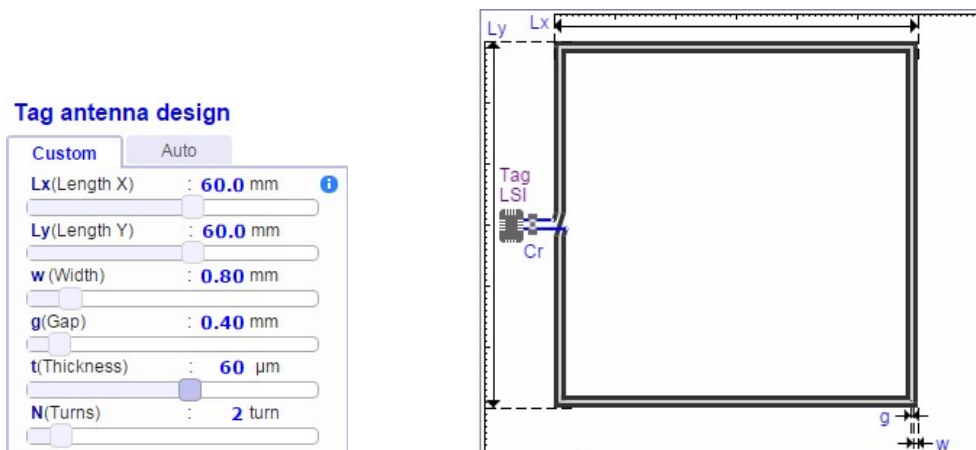
Цифровата обработка на данните в четеца се изпълнява от предварително избран микроконтролер изпълняващ потребителска програма.

В дисертационния труд обект на разглеждане са изградени филтър за филтриране на високочестотни хармоници, както и филтър за филтриране на бял Гаусов шум. Представен е подход за намиране стойностите на пасивните и активните елементи в веригата от гледна точка на теорията за автоматично управление (ТАУ) за конкретно изследване на колебателно звено.

Математическият модел е реализиран в програмната среда MATLAB за предавателна характеристика за филтър на Чебишев и са определени оптималните стойности за компонентите на електрическата схема.

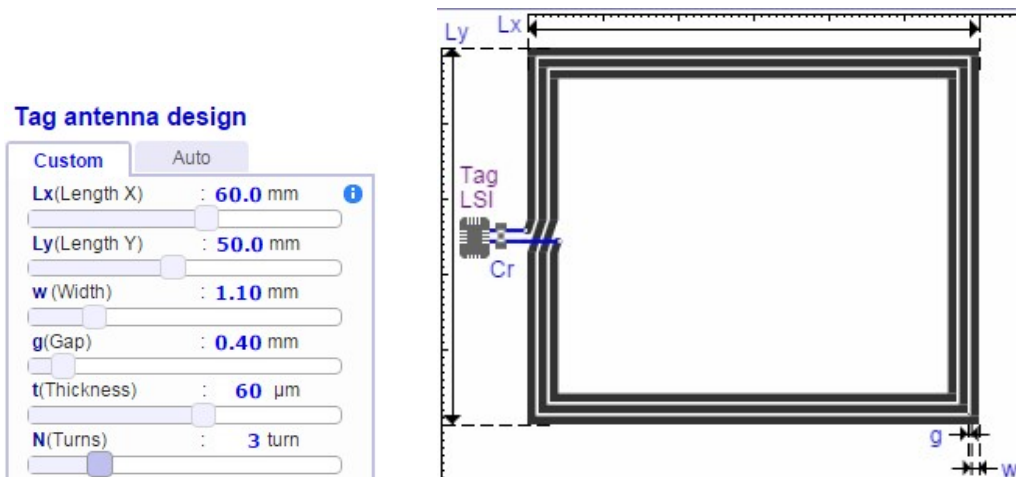
1.9. Изчисляване на RFID антена.

Обект на изследване в настоящия дисертационен труд са две антени с различни параметри. Те са реализирани са като гъвкави печатни платки. Медния слой е поставен между два слоя полиамидна изолация, така че да остане в неутралната линия на огъване на платката.

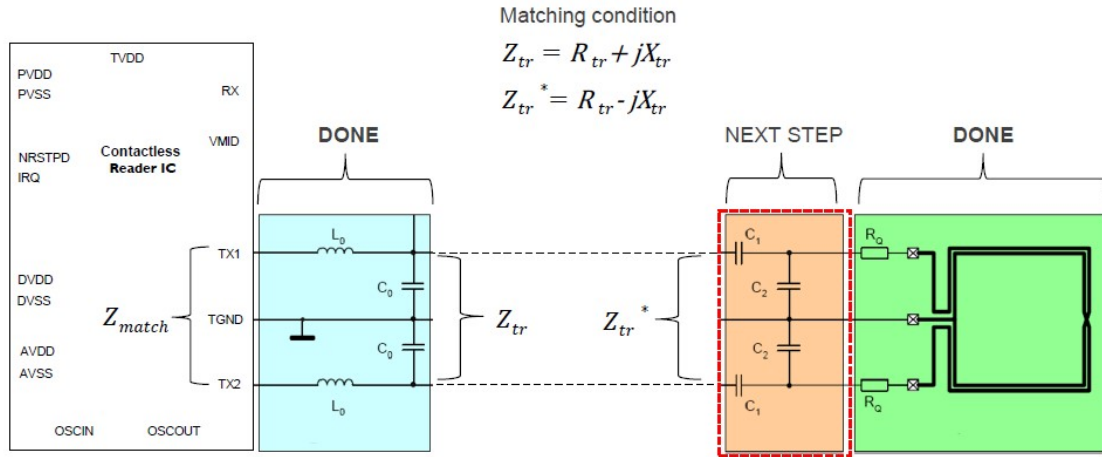


Фиг. 15 а. Антена 1

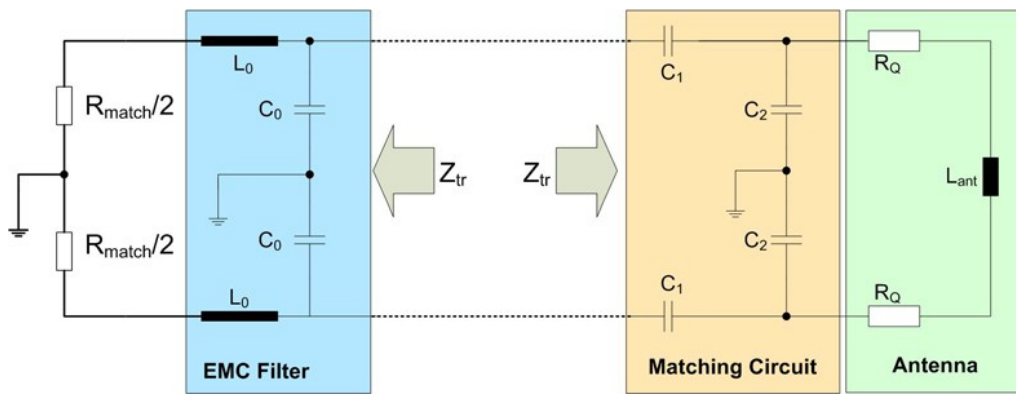
Съгласуващият блок заедно с ЕМС филтъра трансформират импеданса на антената. Резултатите от изчисленията се онагледяват чрез диаграма на Смит. В термините на диаграмата на Смит може да се премести импеданса на товара към центъра на диаграмата на Смит, където коефициентът на отражение е нула. Окръжностите обозначават активната (реалната) част от импеданса на антената, а дъгите реактивната (имагинерната) част.



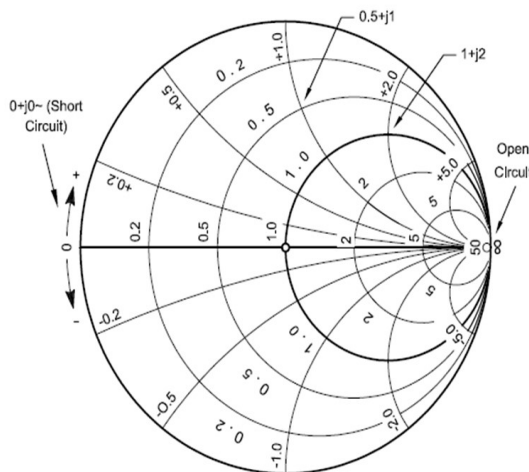
Фиг. 15 б. Антена 2



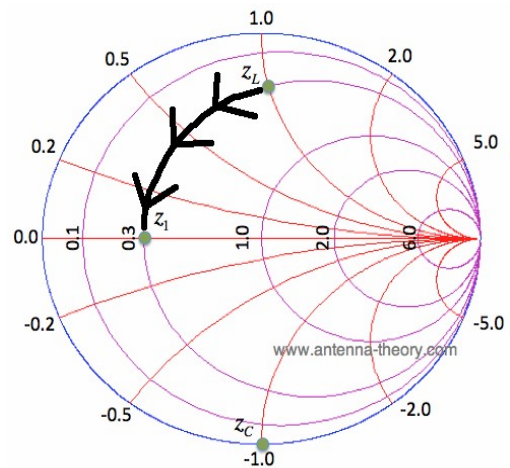
Фиг. 17. Съгласуващ блок на CLRC663



Фиг. 18. Съгласуващ блок с EMC филтър



Фиг. 19. Диаграма на Смит



Фиг. 20. Коефициент на отражение

ВТОРА ГЛАВА

ОБЗОР И АНАЛИЗ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ ЗА РАДИОЧЕСТОТНА ИДЕНТИФИКАЦИЯ

В края на 80-те и началото на 90-те години на миналия век, популярността на приложенията на класическите методи на изкуствения интелект в промишлеността достига своя връх. С нарастването на броя на внедряване, се преминава от етапа на пионерния ентузиазъм, характеризиращ се с това да се покаже работоспособността на основните идеи и методи, към етапа на анализ на основните три аспекта на приложението на изкуствения интелект – методически, инфраструктурни и свързани с хората. Проявяват се редица трудности и недостатъци на класическия изкуствен интелект. Тези трудности от методически характер, от инфраструктурен характер и такива свързани със самия човек ограничават широкото приложение на ИИ в редица области през последните 15 години.

Въпреки високото научно ниво на теоретичните работи по ИИ, които все повече преминават към строги математически доказателства и се опират на сигурни експериментални данни, а не на интуиция, класическият изкуствен интелект, особено в приложната си област, среща сериозна конкуренция в лицето на появилото се в последните години ново направление. То е приело названието „компютърна интелигентност” (Computational Intelligence). В него се прави опит да се преодолеят някои от недостатъците на класическия изкуствен интелект.

2.3. Основни аспекти на компютърната интелигентност.

Машинно обучение (Machine Learning, ML)

Изкуствен интелект (Artificial Intelligence, AI)

Обработка на естествен език (Natural Language Processing, NLP)

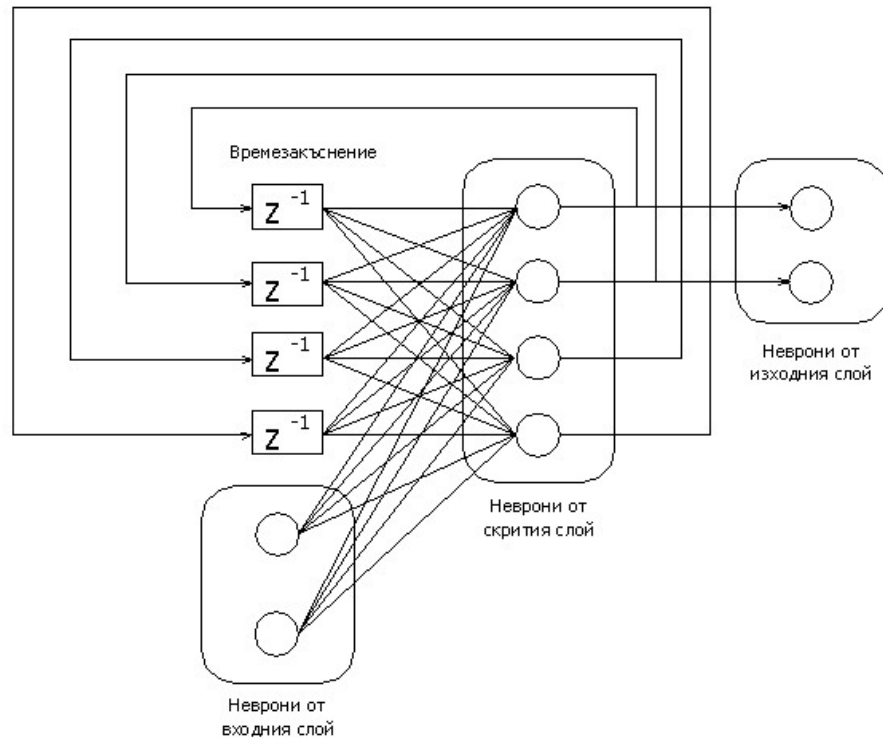
Компютърно зрение (Computer Vision, CV)

Роботика (Robotics)

Самообучение и автономност (Self-learning and Autonomy)

Невронните мрежи са единият от основните методи за обучение в компютърната интелигентност. Полученото знание в невронните мрежи се представя с числените стойности на теглата в структурните връзки.

Обект на разглеждане в настоящия дисертационен труд е апарата на изкуствените невронни мрежи, изграждащи се по аналогия на биологичните невронни мрежи, базирани на невронни микропроцесори FPGA.



Фиг. 29. Рекурентна невронна мрежа

2.8. Синтез на RFID технология и невронни мрежи, като разпределена система за безжично събиране и управление на информационни потоци.

2.8.1. Методология и план за синтез.

Генериране на модулиращ сигнал.

Добавяне на шум.

Създаване на невронна мрежа.

Обучение на мрежата.

Декодиране на изхода на мрежата.

Изчисляване на средноквадратична грешка.

Визуализация на резултатите.

2.8.2. Фърмуерна реализация.

Избор на входни и целеви данни за невронната мрежа.

Избор на архитектура за невронна мрежа.

Избор на обучение за невронна мрежа.

Декодиране на предсказаните изходи.

2.8.3. Хардуерна реализация.

В настоящия дисертационен труд се използва HDL Coder - инструмент, предоставен от MathWorks, който автоматично превръща MATLAB и Simulink модели във VHDL или Verilog код.

Декодиране на RFID данните: Използва се код с невронна мрежа за филтриране и декодиране на данните от амплитудно модулирания сигнал. Програмира се в XC3S550A с Xilinx Vivado.

Обработка на данните: След като данните са декодирани, се извършват необходимите операции за обработка на данните, които трябва да се визуализират на дисплей или принтер. Това може да включва форматиране на данните, обработка на грешки и други манипулации.

Изход към дисплей или принтер: Използват се софтуерно или хардуерно създадени модули в FPGA, за да управление на комуникацията с визуалните или печатащите устройства. Това може да бъде посредством стандартни интерфейси като HDMI, VGA или USB сериен порт SPI.

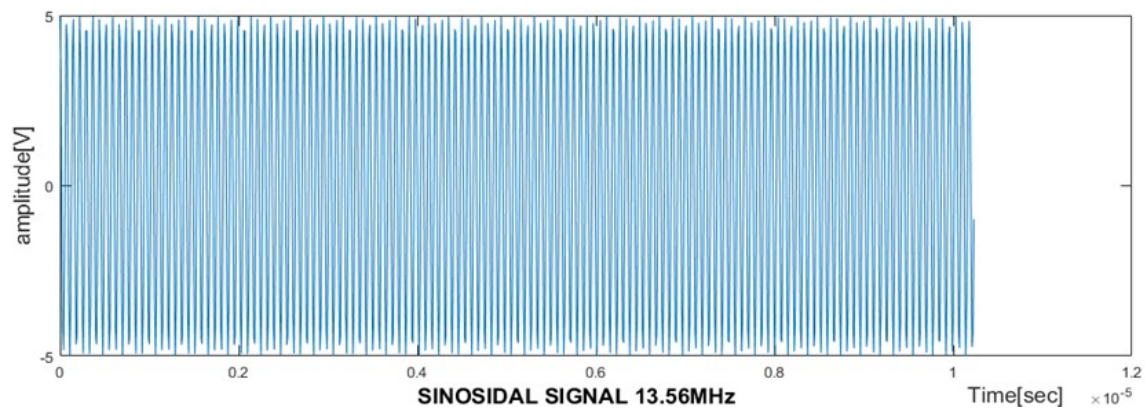
ТРЕТА ГЛАВА

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРИЛАГАНЕТО НА ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ НА ХАРДУЕРНИ РЕШЕНИЯ

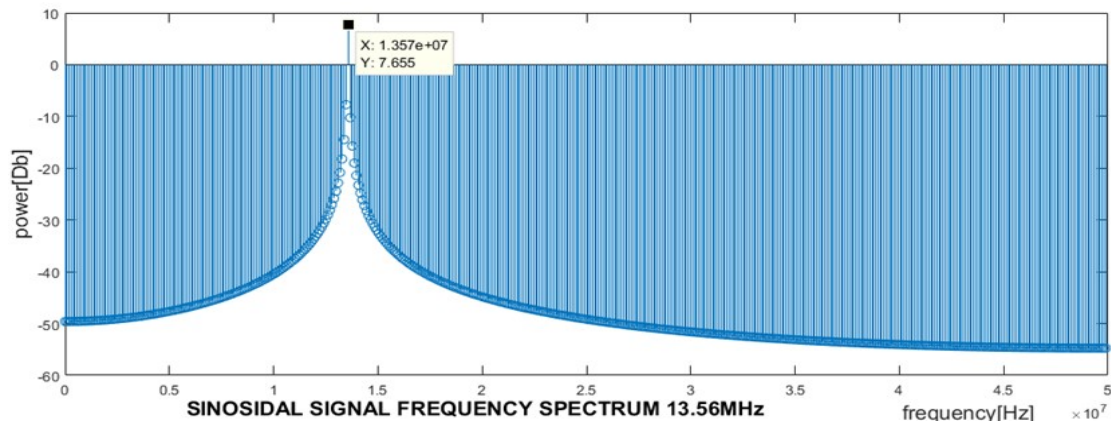
3.1. Филтрация на амплитудно модулиран сигнал.

В публикация [3*], са описани различни етапи от проведения честотен анализ, времеви анализ, модулация на сигнали и филтриране на сигнали. Обект на изследването са методи за потискане на шума чрез филтриране.

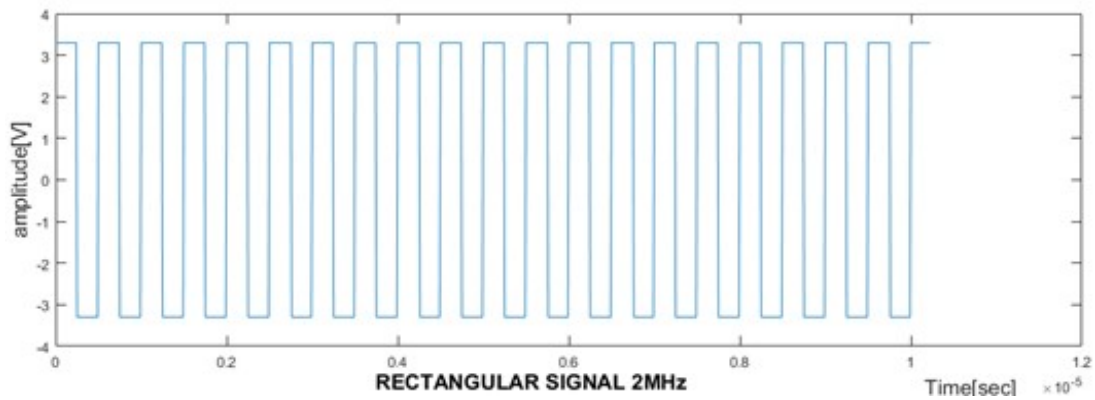
Периодичен синусоидален сигнал във времевата област е представен на фиг. 30. Периодичен синусоидален сигнал в честотната област е представен на фиг. 31.



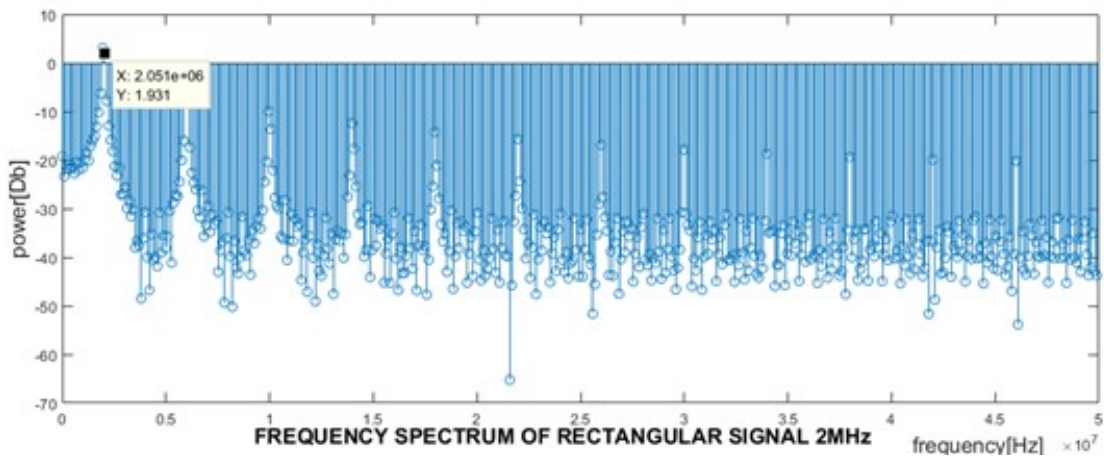
Фиг. 30. Синусоидален сигнал във времевата област



Фиг. 31. Синусодален сигнал в честотната област

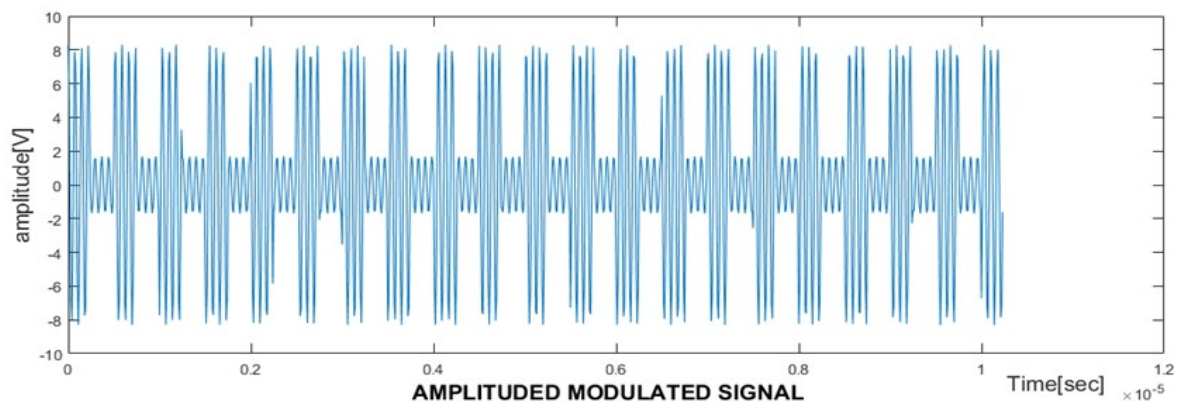


Фиг. 32. Правоъгълен сигнал във времевата област



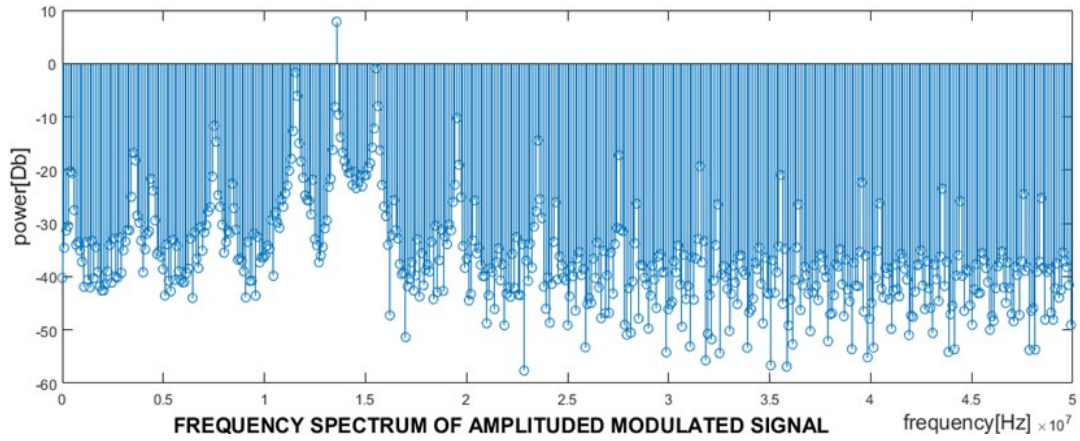
Фиг. 33. Периодичен правоъгълен сигнал в честотната област

Периодичен правоъгълен сигнал във времевата област е показан на фиг. 32. Периодичен правоъгълен сигнал в честотната област е показан на фиг. 33. Амплитудно модулиран сигнал във времевата област е показан на фиг. 34.

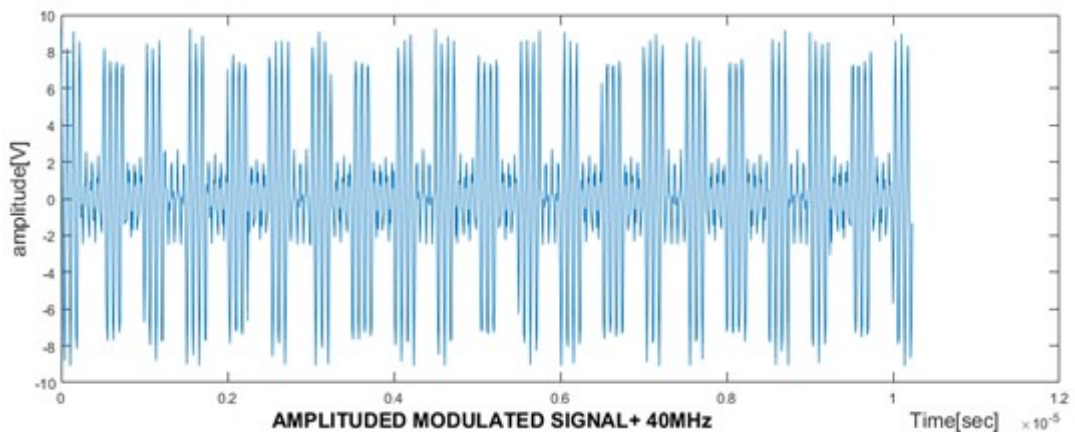


Фиг. 34. Амплитудно модулиран сигнал

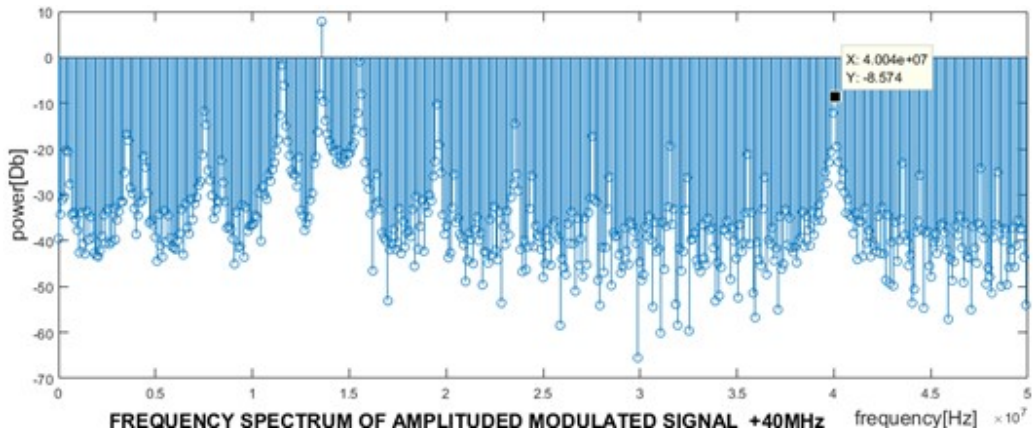
Честотния спектър на амплитудно модулиран сигнал е показан на фиг. 35.



Фиг. 35. Честотен спектър на амплитудно модулиран сигнал



Фиг. 36. Амплитудно модулиран сигнал



Фиг. 37. Честотен спектър на амплитудно модулиран сигнал

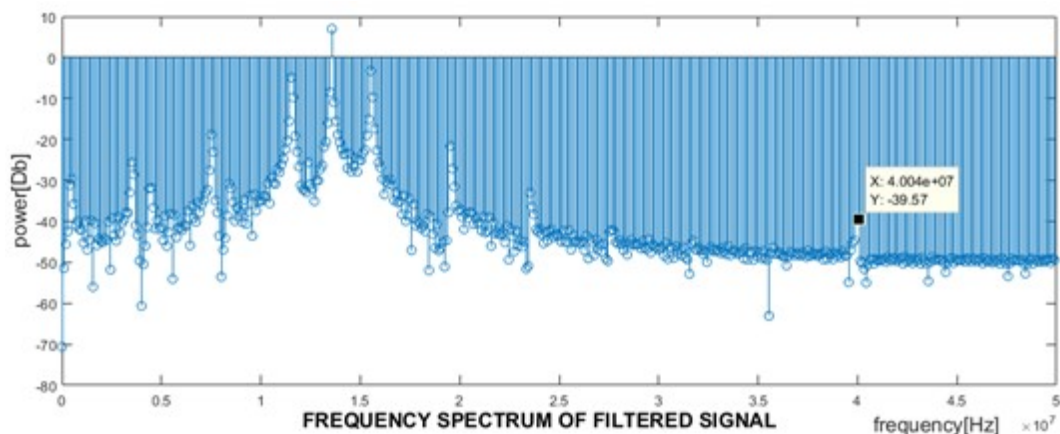
Амплитудно модулиран периодичен синусодален сигнал е представен на фиг. 36.

Честотен спектър на амплитудно модулиран периодичен синусодален сигнал е представен на фиг. 37.

Трансферната функция се изчислява след използване на закона за напрежението на Кирхоф и се оптеделят стойностите на параметрите на електрическата верига, които са представени в таблица 1. На фиг. 39 е представен резултата от филтрирането на сигнала в честотната област.

n	f_s	T	ξ	Pol	k	R	L	C
-	MHz	s	-	-	-	Ω	nH	pF
2	14.520	1.0961e-08	0.1602	Complex conjugate -1.4613 ± 9.0051i	0.3162	4	150	800

Таблица 1. Резултати за стойностите на пасивните елементи, включени в електрическата верига на филтъра



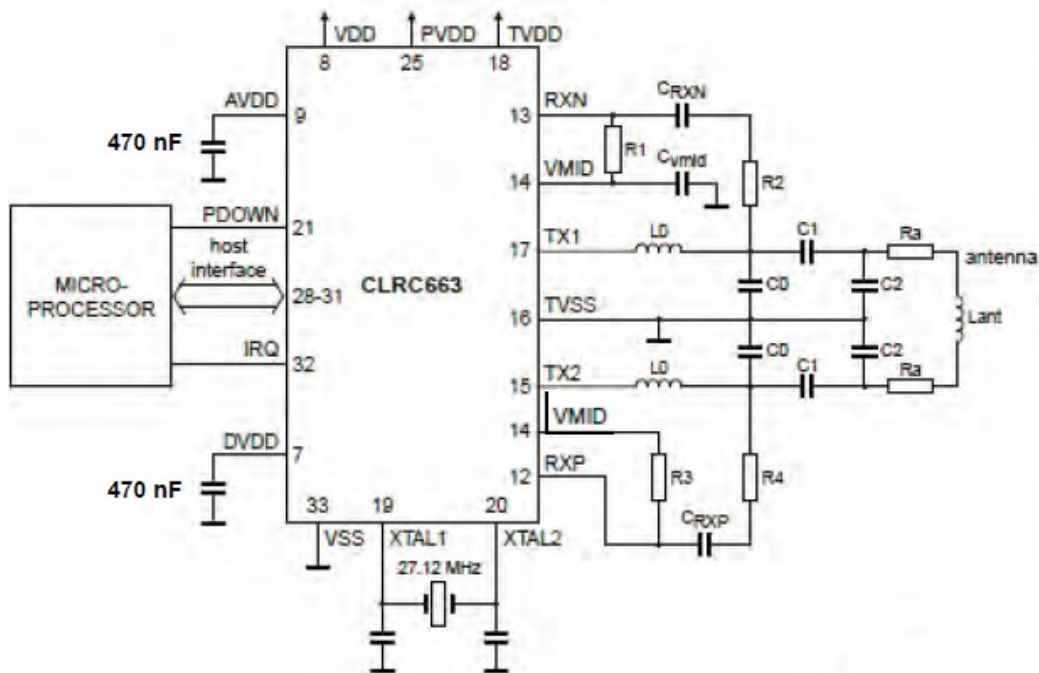
Фиг. 39. Честотен спектър на филтрирания сигнал

От получените експериментални резултати ясно се вижда, че мощността на безполезния за нас сигнал е 40 MHz и е намаляла с приблизително 30 dB, което означава, че използваният пасивен филтър е ефективен при премахване на високочестотни сигнали от спектъра на полезния сигнал.

3.2. Техники за безжично събиране, предаване и манипулиране на информационни потоци.

В статии [2*, 4*] са представени резултатите от анализа на проблеми при обработката на безжична информация. Описано е хардуерно изпълнение на разпределени системи за безжично събиране, прехвърляне и манипулиране на информационни потоци. Основните етапи на този процес (кодиране, модулиране и филтриране на сигнала) са проучени задълбочено, според стандартите за ЕМС. Освен това в тази статия са показани резултати от изчисляване на параметрите на RFID антената.

Цифровото манипулиране на данните в четеца се извършва чрез предварително избран микроконтролер (избран поради функционалните спецификации на системата), който изпълнява потребителското приложение. Микроконтролерът комуникира със специализирана интегрална схема CLRC66302HN, чрез сериен периферен интерфейс (SPI).



Фиг. 40. NFC четец

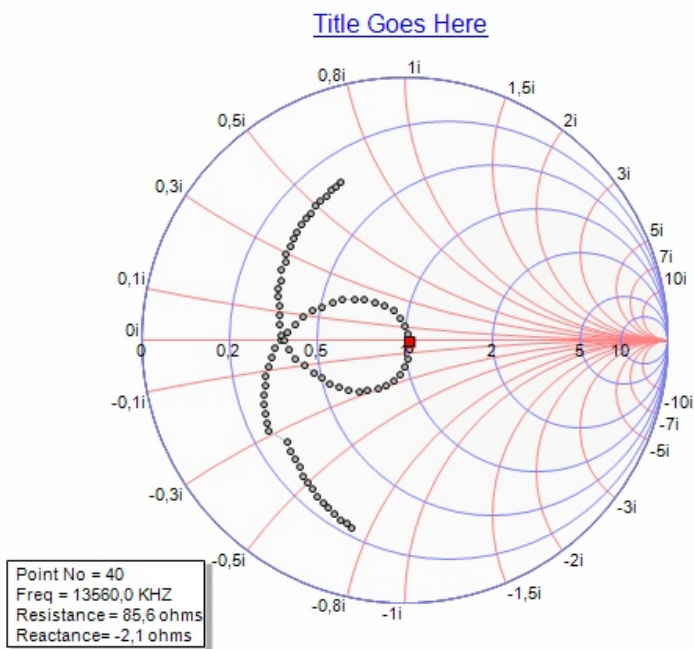
Веригата на NFC четеца, показана на фиг. 40, включва микроконтролер, интегрална схема CLRC66302HN, аналогов нискочестотен филтър и аналогова схема за синхронизиране на импеданса между него и другата част на системата.

Параметрите на NFC антена са представени в таблица 2.

a	b	h	r	Q	N	L	C	R	f_0
cm	cm	cm	cm	-	num	μH	pF	Ω	MHz
14.14	0,5	0,5	50	25	2	1,2	117	4	13.56

Таблица 2. Резултати за стойностите на параметрите на NFC антена

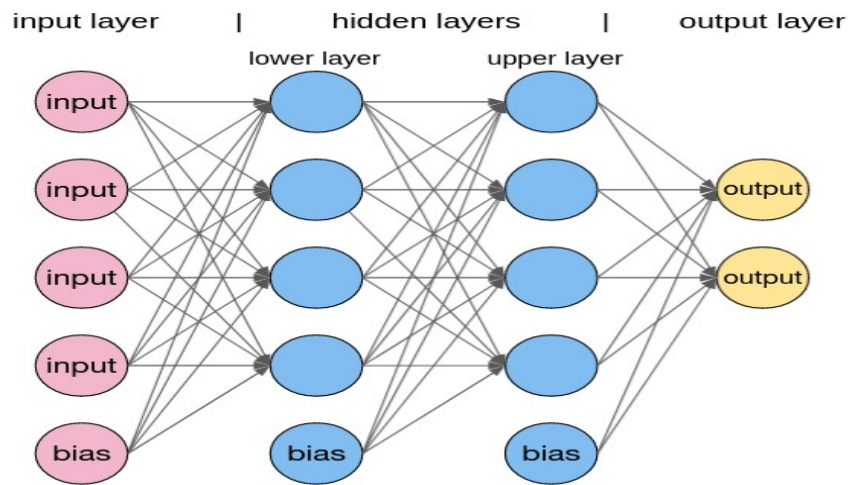
Факторът на качеството Q описва енергията, съхранявана в антената. Когато Q -факторът е висок, антената се нуждае от повече време, за да реагира на модулацията, но излъчва повече енергия. $Q=25$ е стандартната стойност за NFC антени. При симетрично съгласуване се постига оптимална форма на сигнала и разстояние на четене и запис дефинирани в изискванията според стандарта EMV Co, (фиг. 41).



Фиг. 41. Диаграма на Смит за симетрично съгласуване импеданса на антената

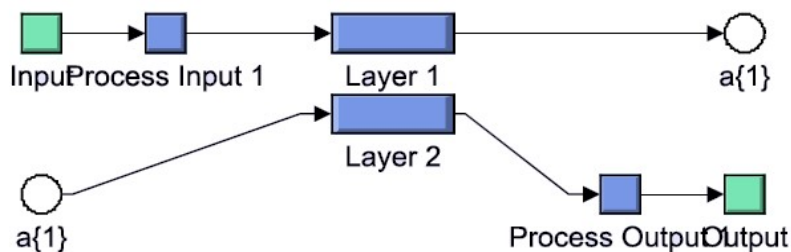
3.3. Интелигентни методи в техниките за безжично събиране, предаване и манипулиране на информационни потоци.

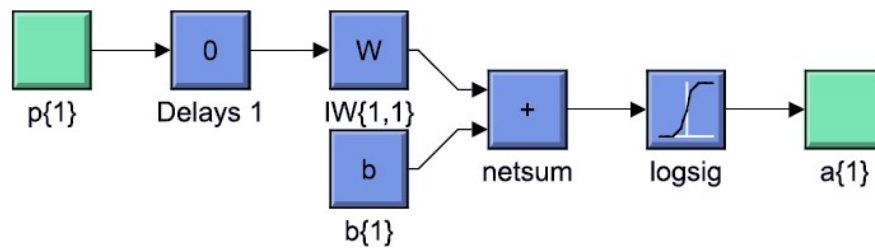
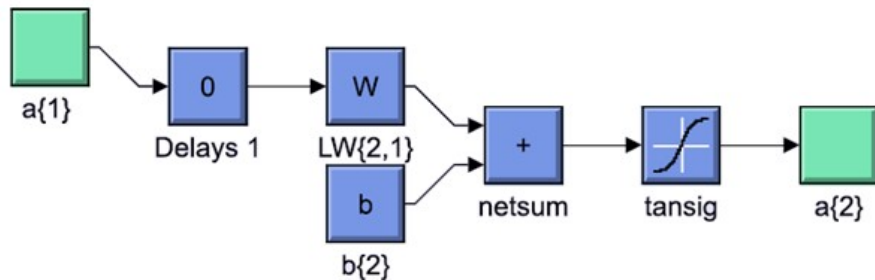
Hardware Description Language Coder (HDL) е инструмент, предоставен от MathWorks, който позволява автоматичното генериране на езиков код за описание на хардуер от модели MATLAB или Simulink. Получените резултати от проведения анализ са представени в статия [5*]. Примерна структура на многослоен перцептрон е показан на фиг. 43.



Фиг. 43. Структура на многослоен перцептрон

Хипотезата в статията е, че невронните мрежи, като MLP, могат да се използват за филтриране на шум в амплитудно модулирани сигнали. Филтрирането на шум е често срещана задача при обработката на сигнали и невронните мрежи могат да бъдат мощен инструмент за изпълнение на тази задача. Една възможна архитектура на невронна мрежа за филтриране на шум е показана на фиг. 44.



Layer 1:**Layer 2:**

Фиг. 44. Архитектура на невронната мрежа

HDL кодът, генериран от HDL Coder, може да се използва в среда за синтез и внедряване, като Xilinx Vivado или Intel Quartus. Този процес включва компилиране на VHDL код, създаване на мрежи от логически елементи, определяне на времеви ограничения и генериране на физически конфигурационни файлове (битови потоци) за програмиране на цифрово устройство, като FPGA, показано на фиг. 45.



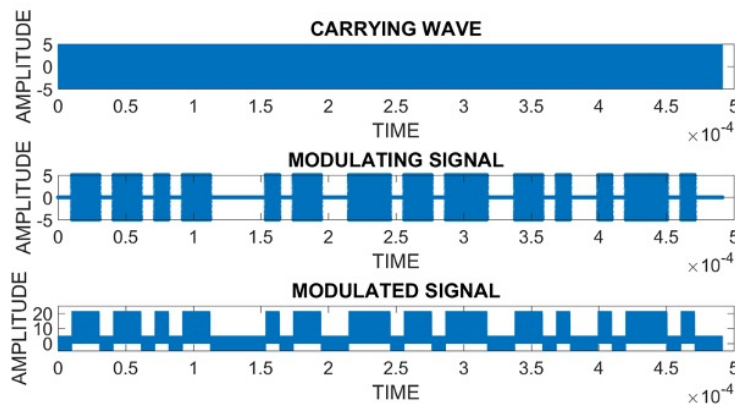
Фиг. 45. FPGA устройство

HDL кодери и FPGA модули като AMD Artix™ 7 50T-2I, TE0714-04-52I-7-B предоставят средства за трансформиране на MLP и други цифрови системи в реални хардуерни решения. Това позволява бързо изпълнение и ефективно използване на ресурсите на FPGA. Комбинацията от многослоен перцептрон,

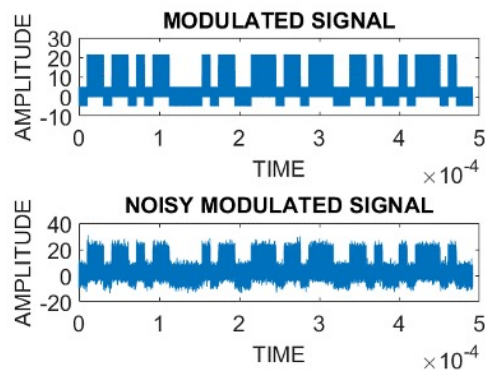
HDL кодери и FPGA модули предлагат широка гама от инструменти и възможности за разработване на сложни цифрови системи и решаване на различни задачи в областта на машинното обучение и обработката на данни.

3.4. Амплитудна модулация и демодулация при безжично предаване на данни с невронни мрежи.

В статия [5*] са представени резултатите, получени при прилагането на амплитудна модулация и демодулация с използването на невронна мрежа. Статията представя цялостен процес на амплитудна модулация и демодулация с помощта на невронна мрежа в програмната среда MATLAB. Представените резултати и декодираният изход на мрежата демонстрират ефективността на предложената реализация.

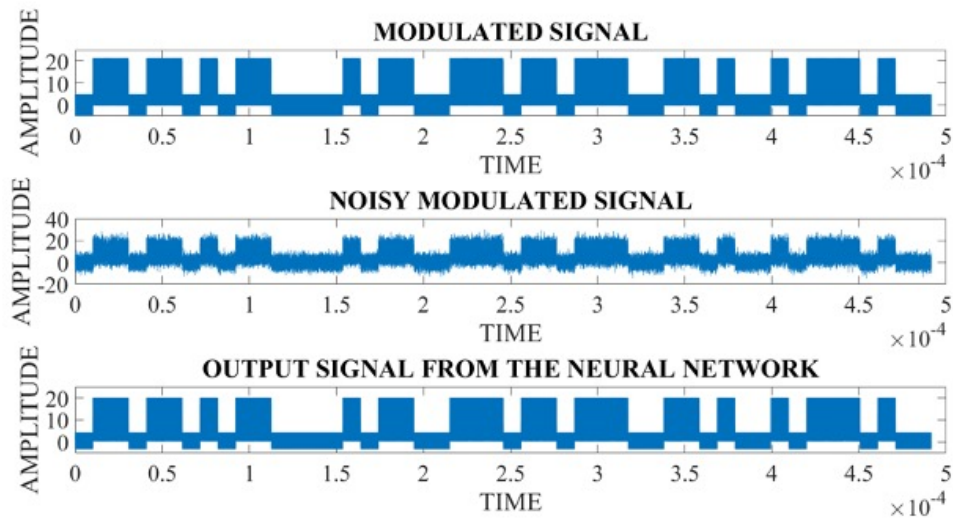


Фиг. 46. Амплитудна модулация



Фиг. 47. Зашумяване на сигнала

На фиг. 46 са представени резултатите от процеса на модулация, като са показани носещия сигнал, модулиращия сигнал и модулирания сигнал. На фиг. 47 са представени резултатите от процеса на зашумяване на модулирания сигнал. Получените резултати за реален модулиран сигнал, модулиран с шум сигнал и изходен сигнал от невронна мрежа са показани на фиг. 48.



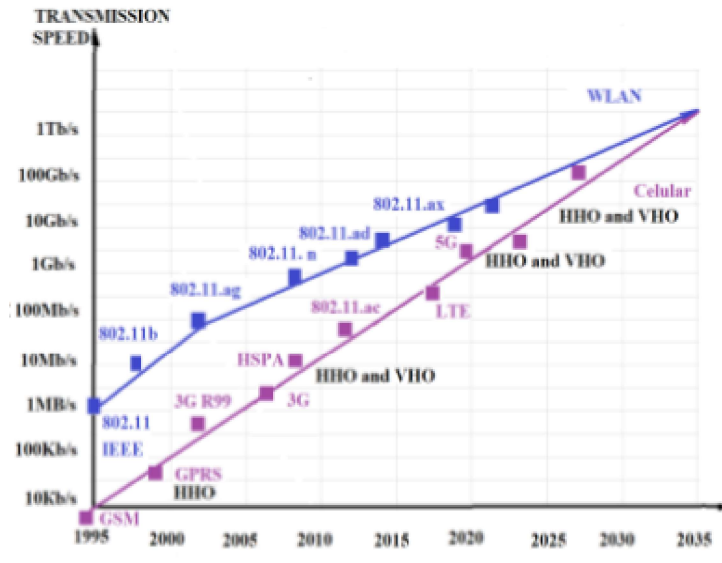
Фиг. 48. Сигнал от изхода на невронната мрежа

Тази статия представя основната идея и изпълнение на безжично предаване на данни и декодиране с помощта на невронни мрежи. При разработването на приложения в практиката, могат да се извършват допълнителни оптимизации и подобрения въз основа на специфични изисквания и условия. Възможно е да се конвертира представения в статията програмен код на MATLAB във VHDL или Verilog за внедряване върху програмируеми логически интегрални схеми (FPGA).

3.5. Нови поколения безжични мрежи.

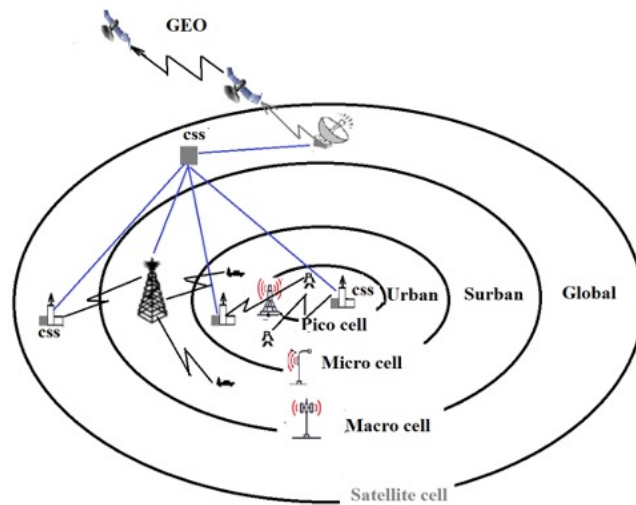
В статия [1*] се описва метода за пренос на сигнал - Handoff (HO) в различни поколения мрежи. Разгледани са хоризонтално прехвърляне (Horizontal Handoff - ННО) и вертикално прехвърляне (Vertical Handoff - VHO). Статията разглежда предизвикателството – Глобални мрежи от шесто поколение.

На фиг. 49 е представена еволюцията на мобилните комуникации.



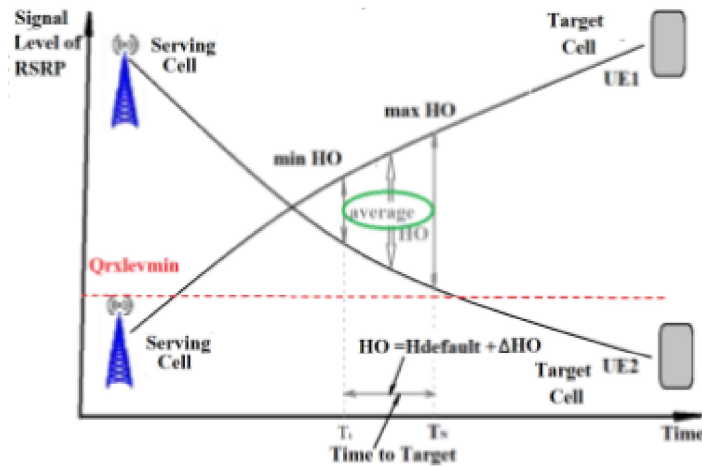
Фиг. 49. Еволюция на мобилните комуникации

6G мобилната система за глобално покритие ще интегрира 5G безжична мобилна система и сателитна мрежа. Телекомуникационният сателит се използва за излъчване на глас, данни, интернет и видео; сателитните мрежи за изображения на земята са за събиране на информация за времето и околната среда; а навигационната сателитна мрежа е за глобална позиционна система (GPS), (фиг. 50).



Фиг. 50. 6G мобилната система

Управлението на мобилността е приоритетен въпрос в съвременните мобилни мрежи. Предизвикателството за всички мрежи е предаването на данни да се извършва без загуба. Процесът на прехвърляне на сигнал при смяна на клетка или намаляване на сигнала по време на активна потребителска връзка е известен в литературата като Handoff (HO), (фиг. 51).



Фиг. 51. Handoff (HO)

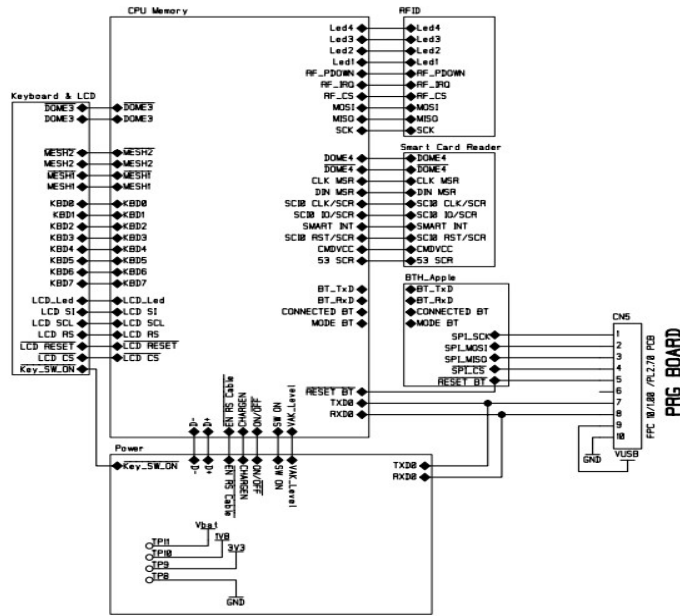
Развитието на бъдещите безжични мрежи ще доведе до ултра-плътност на вида и броя на базовите станции, както и броя на потребителите и приложенията, които използват. Плътната, динамична и многопластова мрежова архитектура изисква разработването на нови механизми за управление на мобилността, адаптиращи се към характеристиките на новото поколение мрежи.

3.6. Реализация на хардуерни решения.

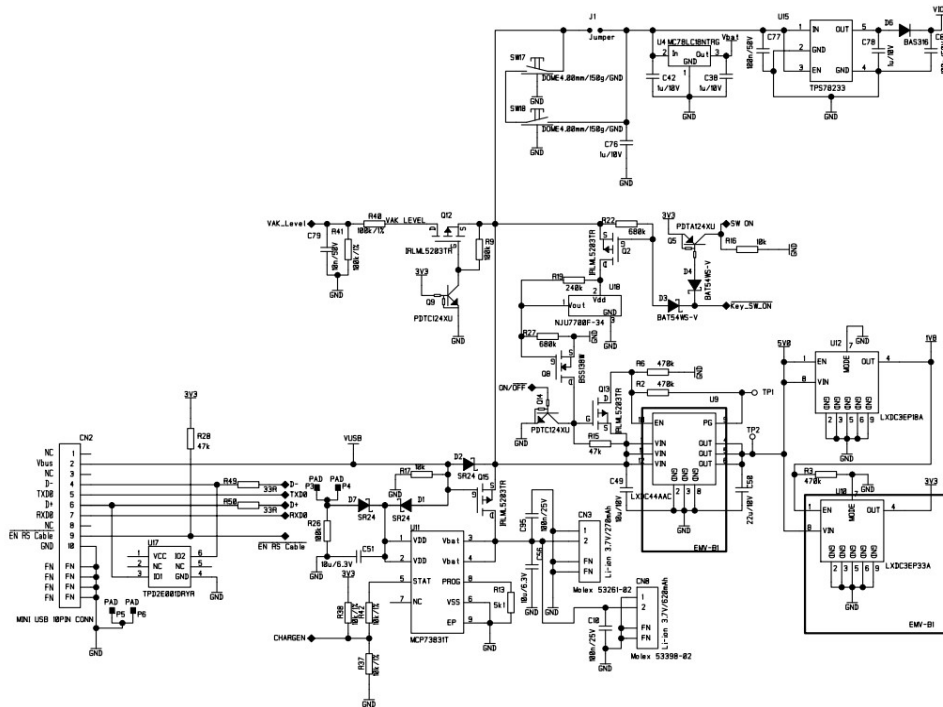
- Платежен терминал

Платежният терминал е устройство, което се използва за обработка на плащания с банкови карти или други електронни методи на плащане. Тези устройства са често срещани в магазини, ресторанти, бензиностанции и други търговски обекти, където клиентите могат да извършват покупки и да плащат с кредитни или дебитни карти, смартфони, чипове за контактено плащане и други електронни начини на плащане.

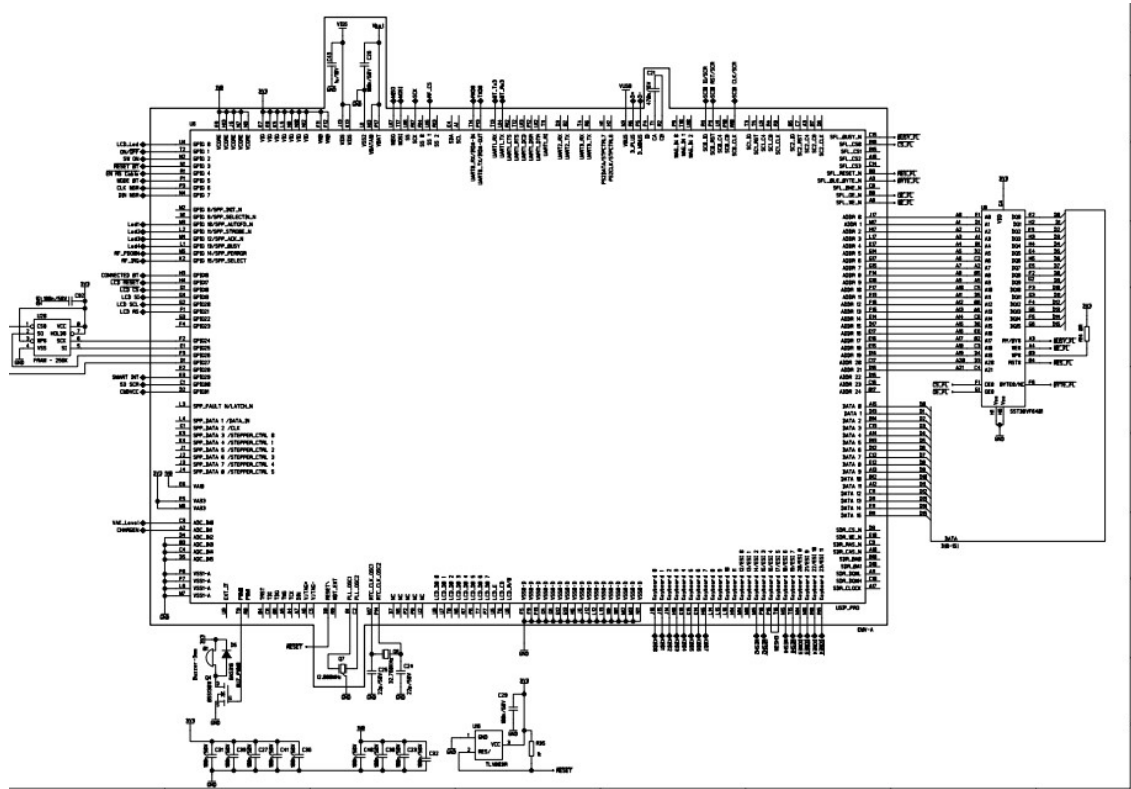
На следващите фигури са представени отделните модули на разработената електрическа схема, показана на фиг. 52.



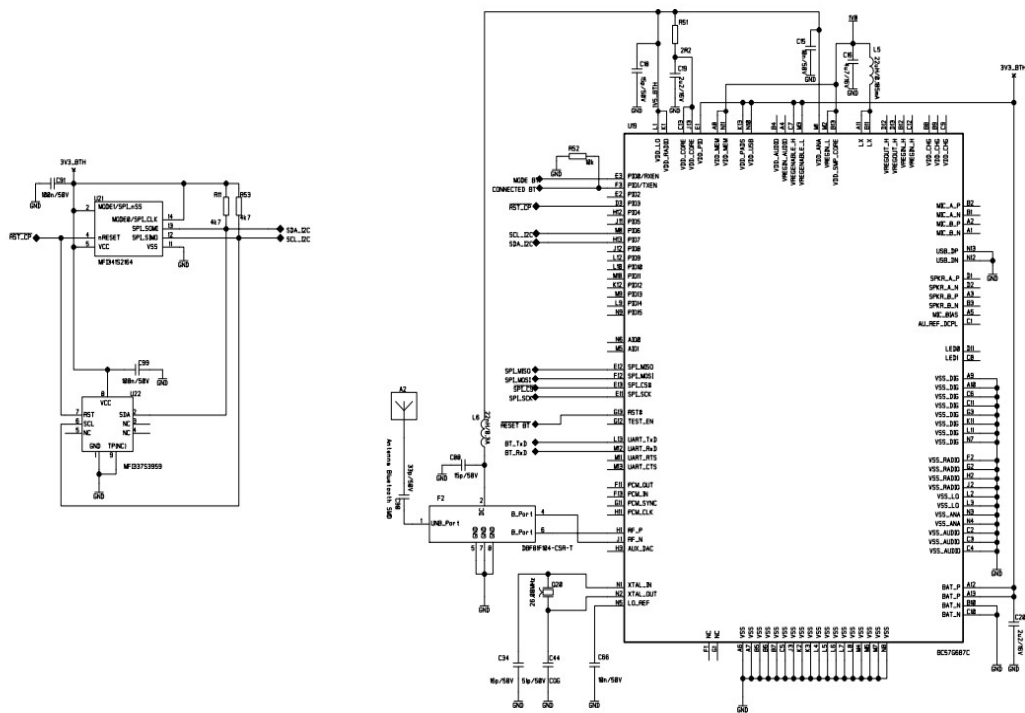
Фиг. 52. Електрическа схема на платежен терминал



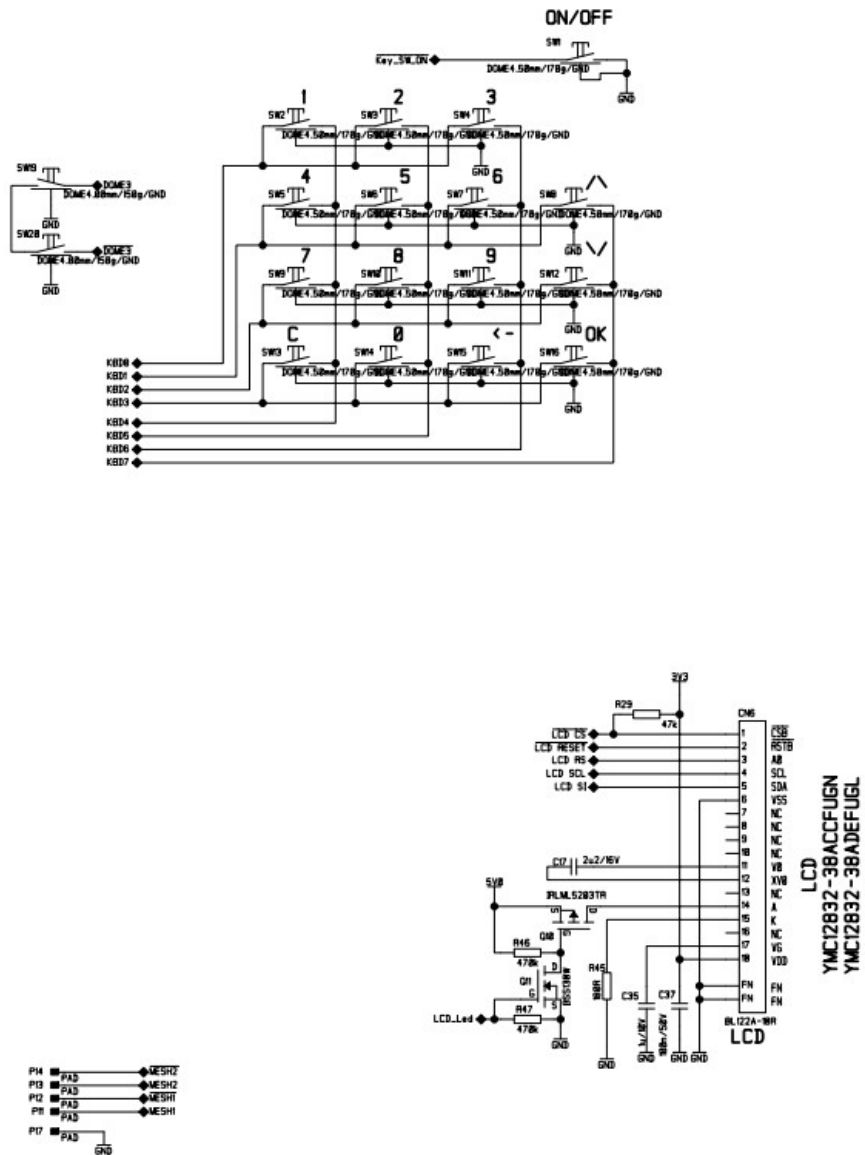
Фиг. 53. Захранващ блок



Фиг. 54. Микроконтролер за обработка на данните



Фиг. 55. Блок за връзка по BLUETOOTH с APPLE устройство

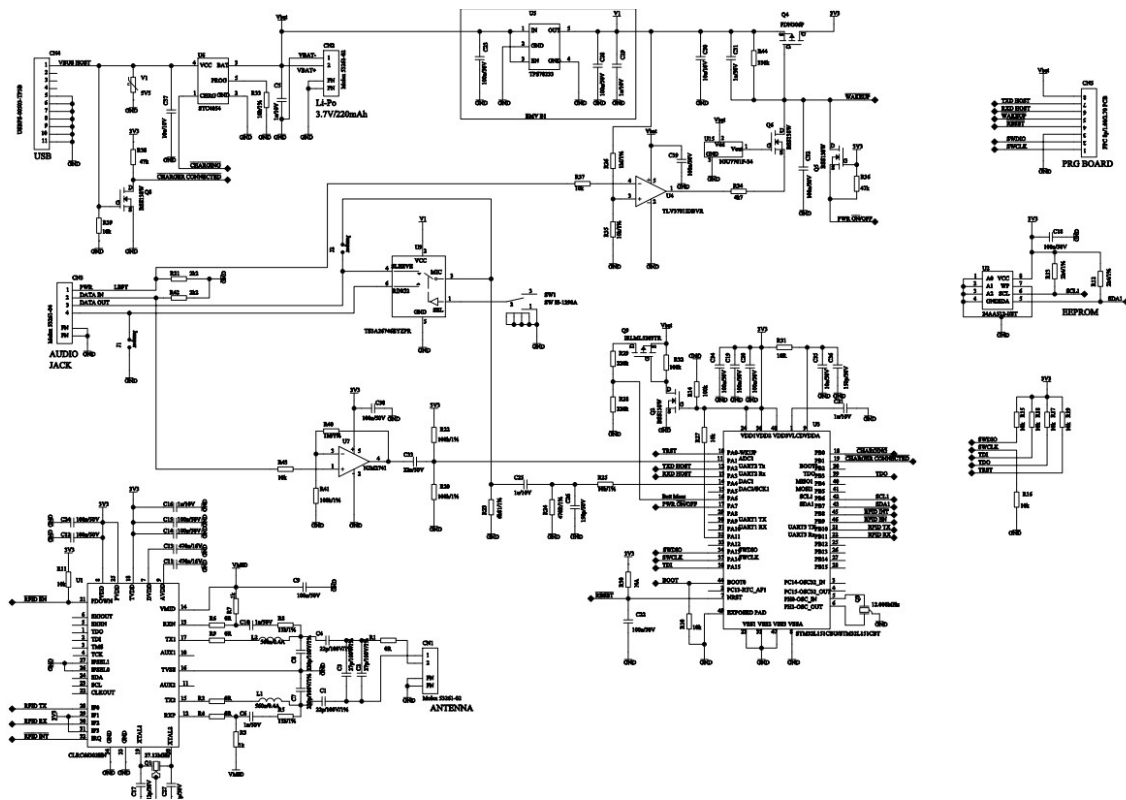


Фиг. 58. Блок за визуализация (LCD) и блок за ръчно въвеждане на данни за транзакции

- Устройство за безконтактно четене на смарт карти

Разработена е електрическа схема, която включва следните модули, (фиг. 59):

- захранващ блок;
- микроконтролер за обработка на данните;
- блок за връзка по аудио интерфейс със смарт устройство;
- блок за безконтактно четене на смарт карти.



Фиг. 59. Електрическа схема на устройство за безконтактно четене на смарт карти

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд е посветен на прилагането на иновативни, интелигентни методи за изследване и реализация на хардуерни решения в контекста на разпределените системи за безжично събиране, пренасяне и управление на информационни потоци. Анализирани са възможните връзки и взаимодействия между две технологии - радиочестотна идентификация (RFID) и невронни мрежи (NN), както и потенциалните предимства от включването им в системите за комуникация. Представена е обосновка за това как тези две технологии се допълват, предоставяйки интелигентни решения и възможности за оптимизация на процесите. Описани са предизвикателствата, които възникват с внедряването на радиочестотна идентификация и невронни мрежи в разпределените системи, за да се постигнат интелигентни и ефективни решения за събиране, обработка и управление на информационни потоци. В настоящия дисертационен труд се разглежда и как включването на Wi-Fi технологии може да подсили интелигентността и функционалността на разпределена система, като добавя допълнителни възможности за комуникация и анализ на данни.

Методологията на изследванията в дисертацията включват използването на числен и експериментален подход. Численият подход е използван при реализацията на алгоритмите посредством компютърно пресмятане. Експерименталният подход е използван при създаването на хардуерните приложения.

Настоящият дисертационен труд има за цел **със средствата на съвременните методи от областта на интелигентните системи, да се изследват и реализират хардуерни решения.** За постигането на поставената цел са формулирани шест научни задачи. В процеса на решаването им са получени оригинални резултати, свързани с изследвания на съвременните интелигентни методи за реализация на хардуерни решения на разпределени системи за безжично събиране, пренасяне и управление на информационни потоци.

В резултат от проведените изследвания, представени в настоящия дисертационен труд, са постигнати следните научно-приложни и приложни резултати:

1. Проведен е критичен анализ на възможността за прилагане на интелигентни методи за анализ и реализация на хардуерни решения.

2. Анализирани са възможните връзки и взаимодействия между две ключови технологии - радиочестотна идентификация и невронни мрежи.

3. Изследвани са начините за интегриране на тези технологии, за да се постигнат интелигентни и ефективни решения за събиране, обработка и управление на информационни потоци.

4. Проведен е анализ на възможностите и предизвикателствата, които възникват с внедряването на радиочестотна идентификация и невронни мрежи в разпределените системи.

5. Анализирано е как включването на безжични технологии може да подсили интелигентността и функционалността на разпределена система, като добавя допълнителни възможности за комуникация и анализ на данни.

6. Представени са оригинални хардуерни решения за събиране, обработка и управление на информационни потоци.

Постигнатите резултати от анализа на проведените изследвания в настоящия дисертационен труд са представени в научните издания – „*Problems of Engineering Cybernetics and Robotics*“ и „*Engineering Sciences*“, както и в сборника с трудове на международната конференция *10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20*.

Дисертационният труд е структуриран в увод, три глави и заключение, придружава се от декларация за оригиналност на получените резултати и библиография.

Дисертационният труд е разработен в рамките на **Националната Научна Програма „Интелигентно растенивъдство“**, № Д01-65/19.03.2021г.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Otsetova-Dudin E., **Markov K.**, Mobility Factor in New Generations Wireless Networks. Proceedings of the 10-th International Conference on Intelligent Systems - IS'20, Varna, Bulgaria, IEEE Xplore, ISBN:978-1-7281-5456-5, ISSN:1541-1672, DOI:10.1109/IS48319.2020.9199970, pp. 601-605, 2020.

2. **Markov K.**, Planning and Developing Techniques in Working | Within Distributed Systems for Wireless Gathering, Transferring and Manipulation of Information Streams, Part I. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 75, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:0204-9848, DOI:10.7546/PECR.75.21.07, pp. 59-70, 2021.

3. **Markov K.**, Designing of Technical Tools for Distributed Systems for Wireless Gathering, Transferring and Management of Information. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 76, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:2738-7356, DOI:10.7546/PECR.76.21.02, pp. 25-38, 2021.

4. **Markov K.**, Planning and Developing Techniques in Working with Distributed Systems for Wireless Gathering, Transferring and Manipulation of Information Streams, Part II. Engineering Sciences, LIX, 2, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:1312-5702(Print), ISSN:2603-3542(Online), DOI:10.7546/EngSci.LIX.22.02.05, pp. 53-68, 2022.

5. **Markov K.**, Multilayer Perceptron with Backpropagation, HDL Coder, and FPGA Technology: An Integrated Approach for Efficient Neural Network Implementation. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 80, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:2738-7356, приета за печат: 2023.

6. **Markov K.**, Wireless Data Transmission and Neural Networks: Using Amplitude Modulation and Demodulation. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 80, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, ISSN:2738-7356, приета за печат: 2023.

Abstracts of Dissertations

Number 2, 2024

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 2, 2024

Автореферати на дисертации