



ИНТЕЛИГЕНТНИ МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ НА ХАРДУЕРНИ РЕШЕНИЯ

Красимир Георгиев Марков

АВТОРЕФЕРАТ

за придобиване на образователната и научна степен „доктор“

Научна област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.3. Комуникационна и компютърна техника

Докторантска програма: 02.21.04. Компютърни системи, комплекси и мрежи

Научен ръководител:

Чл.-кор. д.н. Любка Атанасова Дуковска

София, 2023 г.

Дисертационният труд е обсъден на заседание на секция „Интелигентни системи“ на Института по информационни и комуникационни технологии при БАН на 30.10.2023 г. и е насочен за защита в научна област 5. Технически науки, професионално направление 5.3. Комуникационна и компютърна техника, докторантска програма 02.21.04. Компютърни системи, комплекси и мрежи.

Данни за дисертационния труд:

- Брой страници: 133
- Брой фигури: 59
- Брой таблици: 8
- Брой използвани източници: 108
- Брой публикации по темата на дисертационния труд: 6

Състав на научното жури:

1. акад. д-р Васил Сгурев - рецензент
2. проф. д-р Иван Куртев - рецензент
3. проф. д-р Радослав Йошинов
4. проф. д-р Владимир Монов
5. проф. д-р Димитър Карастоянов

Дисертационният труд е разработен в рамките на **Национална научна програма „Интелигентно растениевъдство“, № Д01-65/19.03.2021г.**

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 документиран експеримент 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. Акцентираща 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 растенивъдство“**, № Д01-65/19.03.2021г.

ПЪРВА ГЛАВА

МЕТОДИ 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.

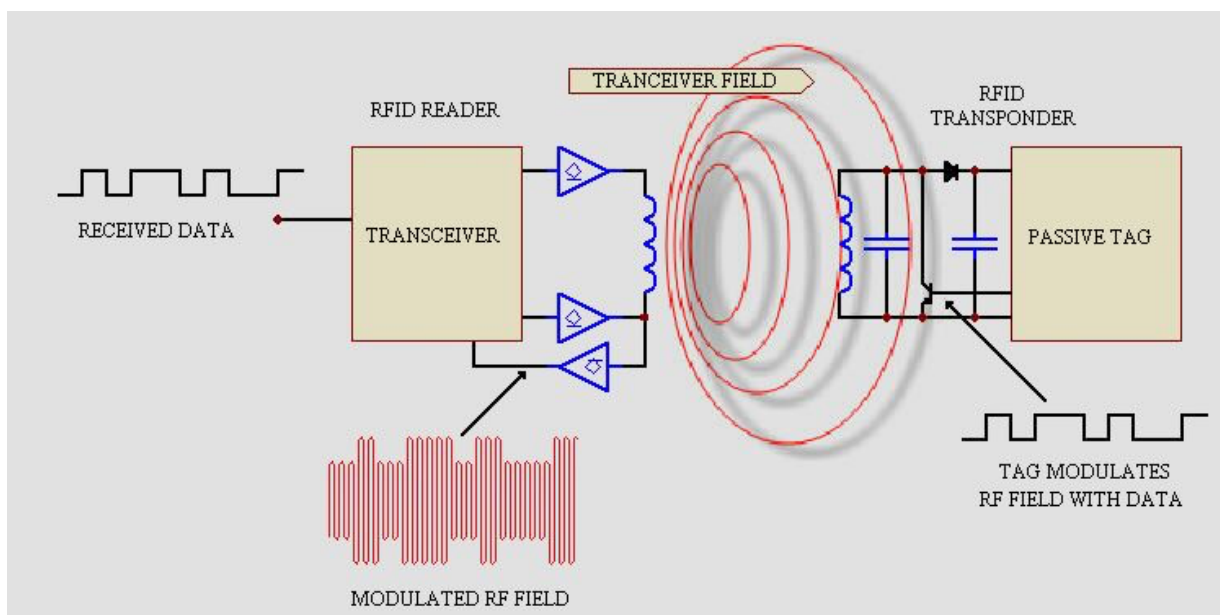
Технологията Near Field Communication (NFC) е създадена през 2002 г. Тя е резултат от съвместни усилия на компаниите Sony и Philips, които създадоха NFC като стандарт за безжична комуникация на близко разстояние между устройства. Технологията NFC използва радиочестотна комуникация и е базирана на RFID, 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.

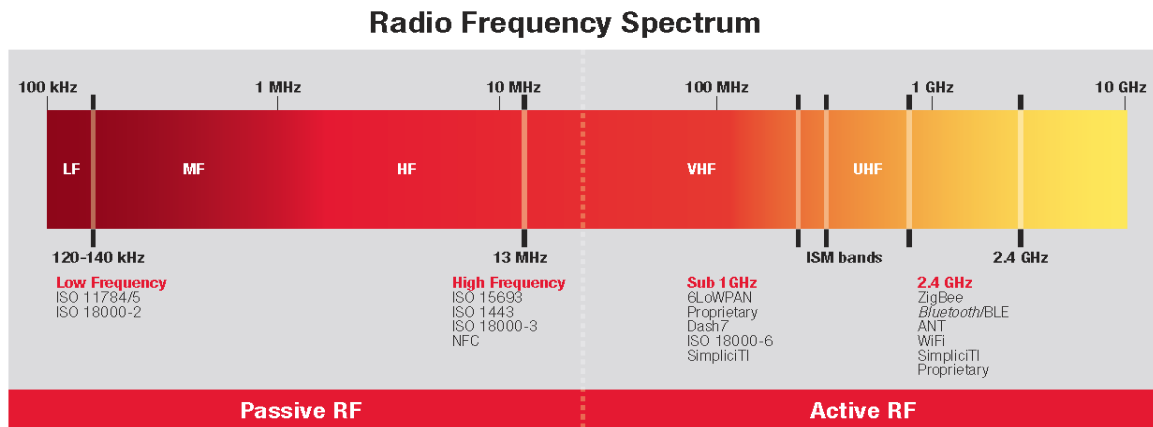
1.3. Принцип на действие и хардуерни компоненти на RFID система.

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).

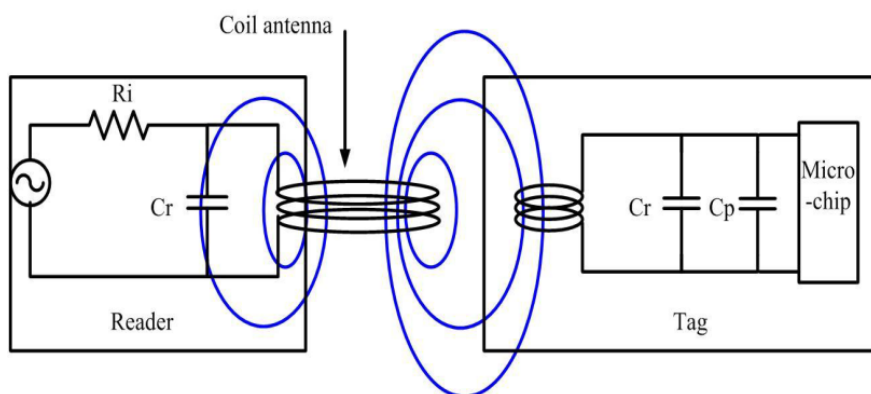


Фиг. 2. Честотни обхвати за RFID

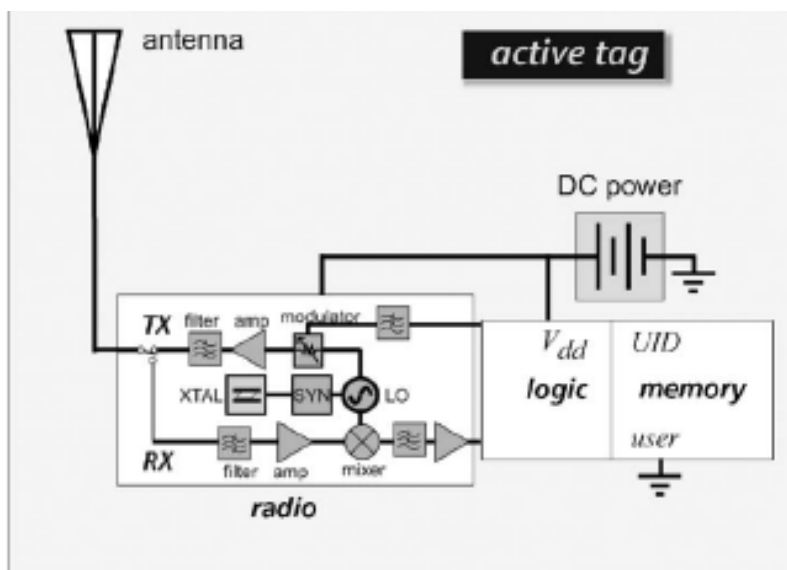
1.4. Хардуерни компоненти на RFID система.

- 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

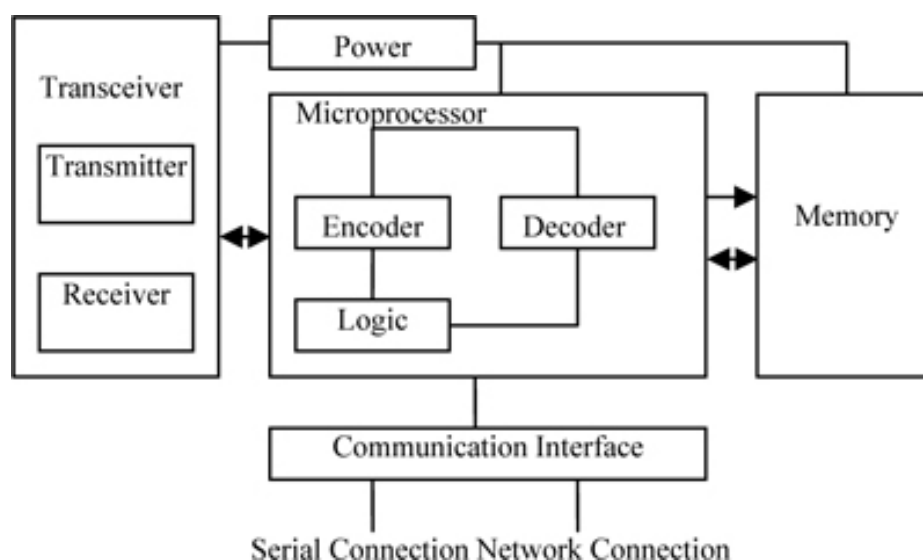


Фиг. 4. Активен RFID идентификатор

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).

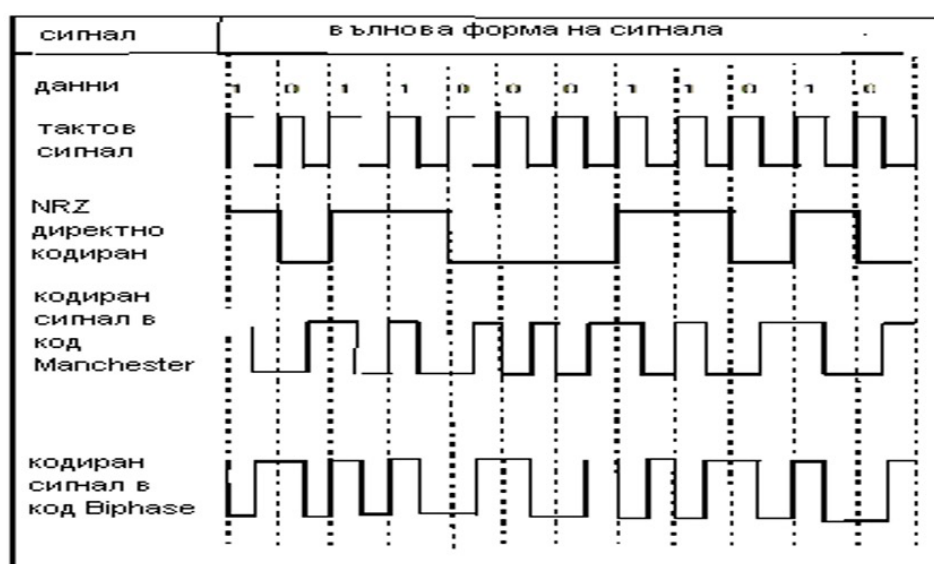


Фиг. 5. RFID четящо устройство

- 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.

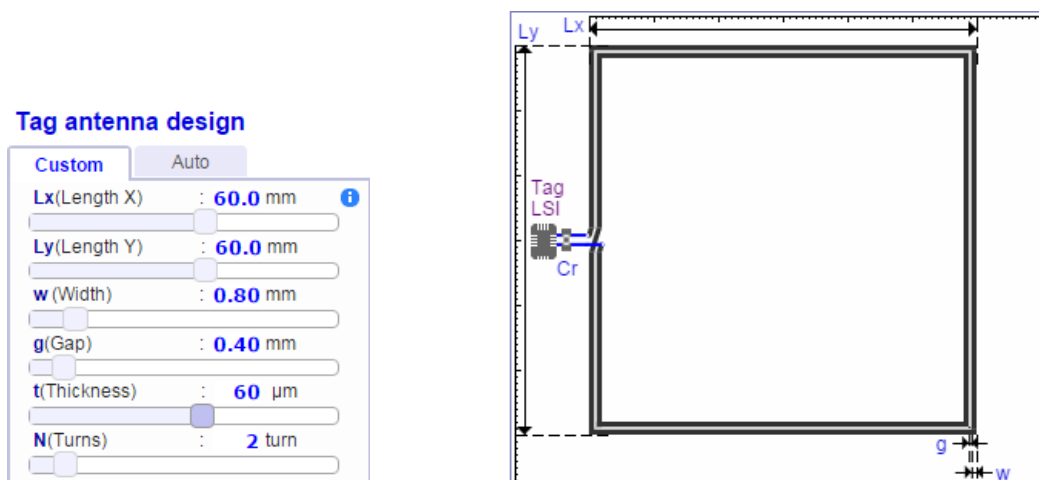
В дисертационния труд обект на разглеждане са изграждане на филтър за филтриране на високочестотни хармоници, както и на филтър за филтриране на бял Гаусов шум. Представен е подход за намиране стойностите на пасивните и активните елементи в веригата от гледна точка на теорията за автоматично управление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

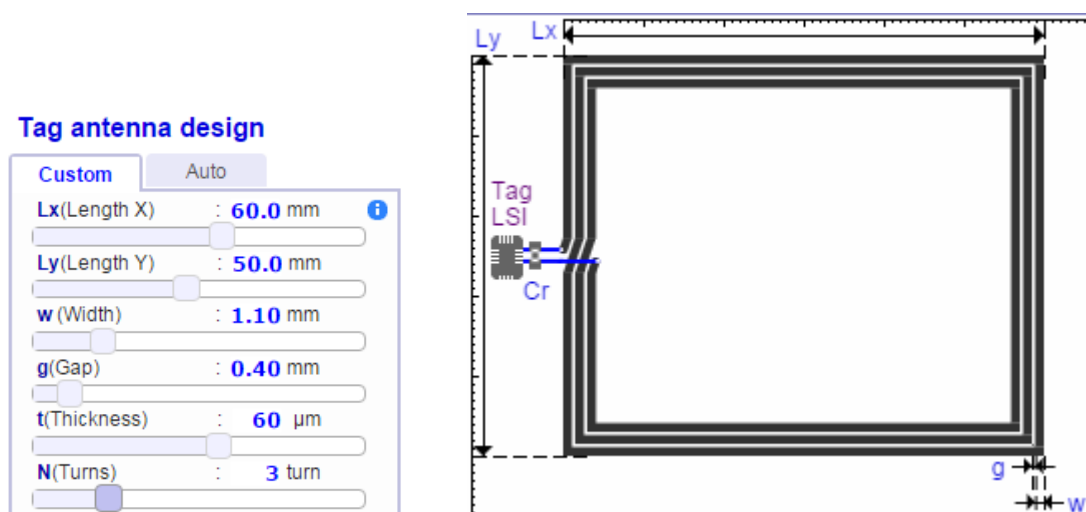
Обект на изследване в настоящия дисертационен труд са две антени с различни параметри. Те са реализирани са като гъвкави печатни платки. Медния

слой е поставен между два слоя полиамидна изолация, така че да остане в неутралната линия на огъване на платката.

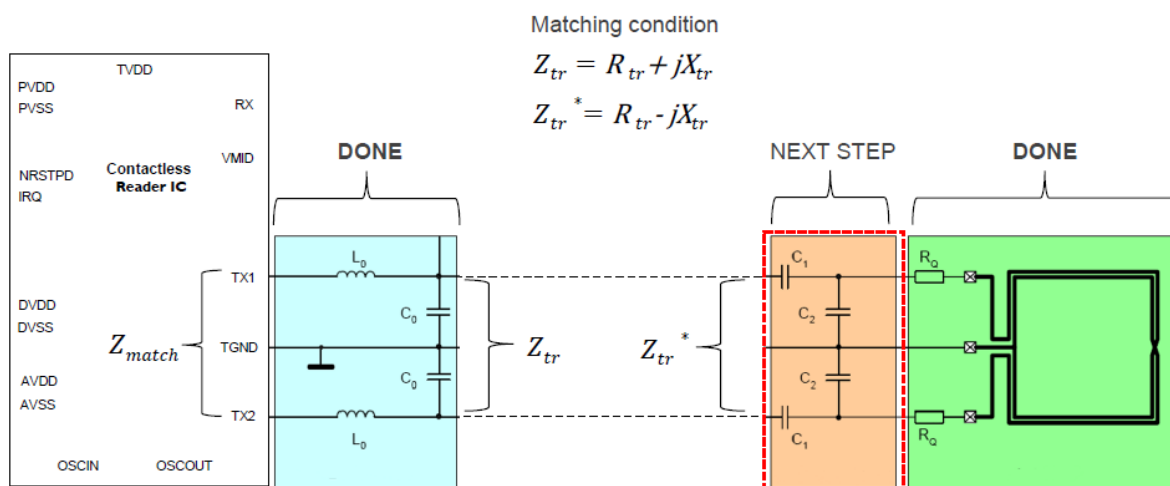


Фиг. 15 а. Антена 1

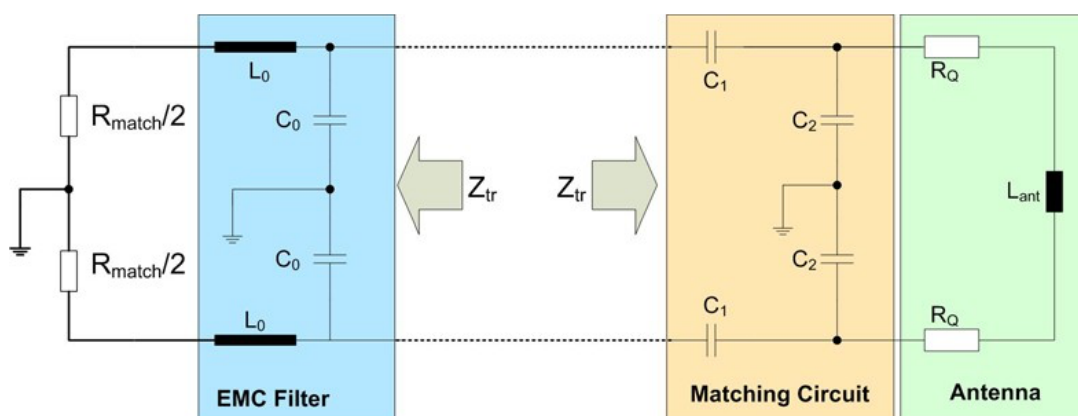
Съгласуваният блок заедно с ЕМС филтъра трансформират импеданса на антената. Резултатите от изчисленията се онагледяват чрез диаграма на Смит. В термините на диаграмата на Смит може да се премести импеданса на товара към центъра на диаграмата на Смит, където коефициентът на отражение е нула. Окръжностите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



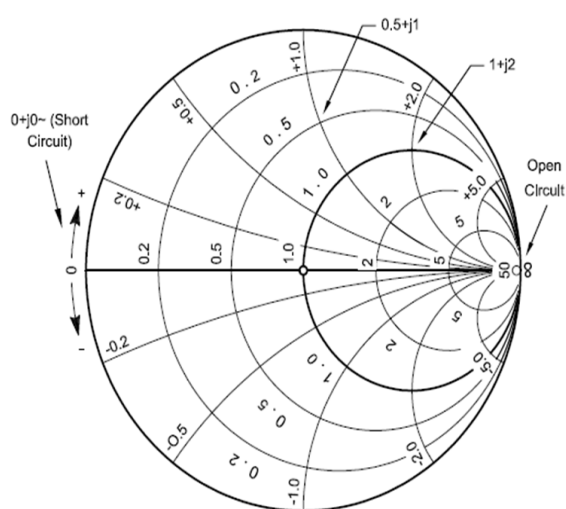
Фиг. 15 б. Антена 2



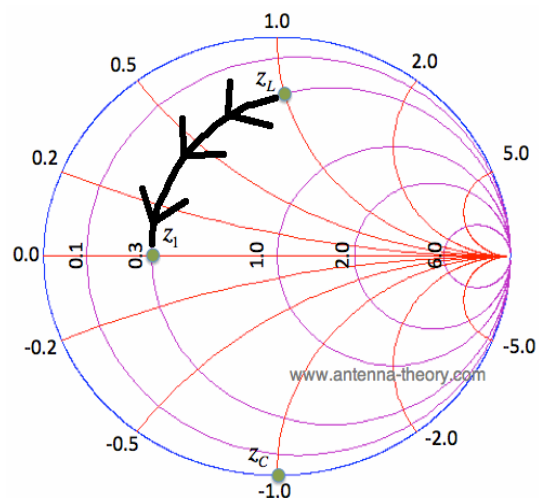
Фиг. 17. Съгласуващ блок на CLRC663



Фиг. 18. Съгласуващ блок с ЕМС филтър



Фиг. 19. Диаграма на Смит



Фиг. 20. Коефициент на отражение

ВТОРА ГЛАВА

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)

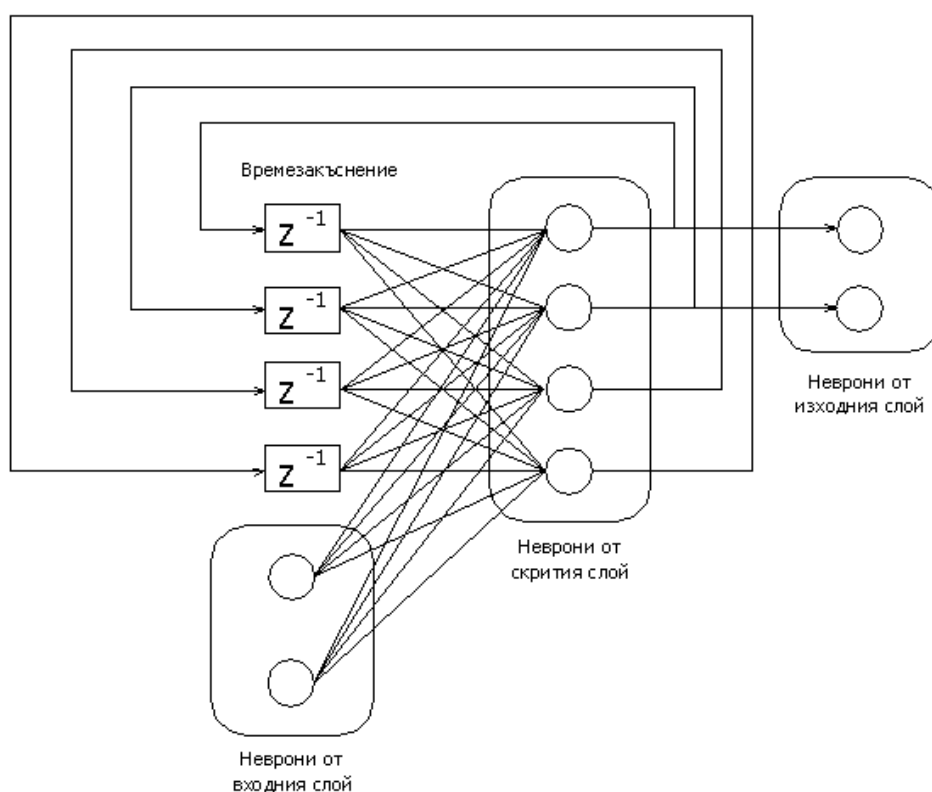
Изкуствен интелект (Artificial Intelligence, AI)

Обработка на естествен език (Natural Language Processing, NLP)

Компютърно зрение (Computer Vision, CV)

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.

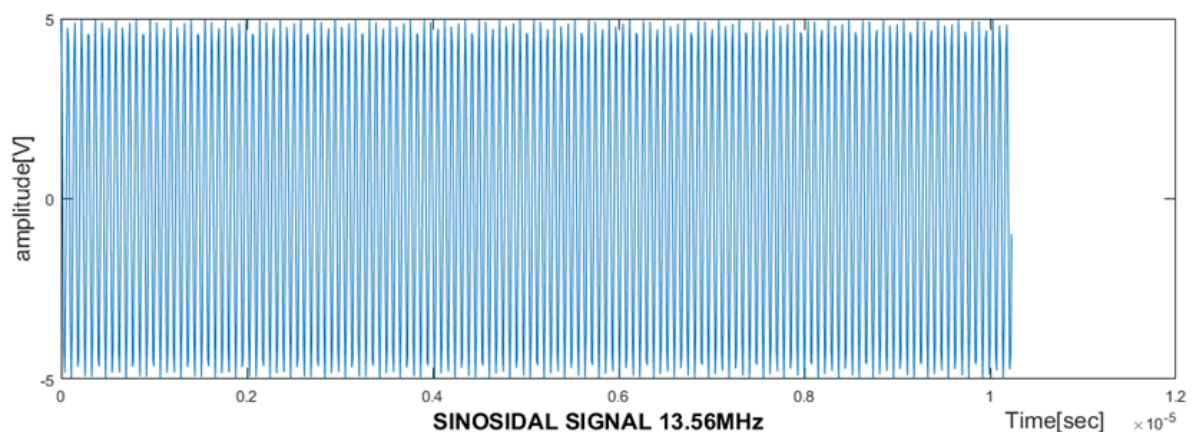
ТРЕТА ГЛАВА

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

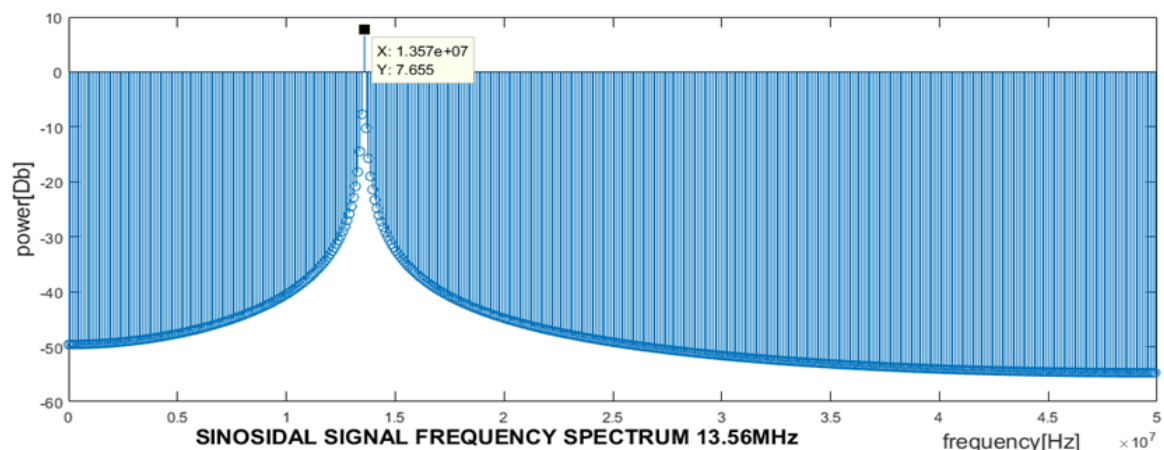
3.1. Филтрация на амплитудно модулиран сигнал.

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.

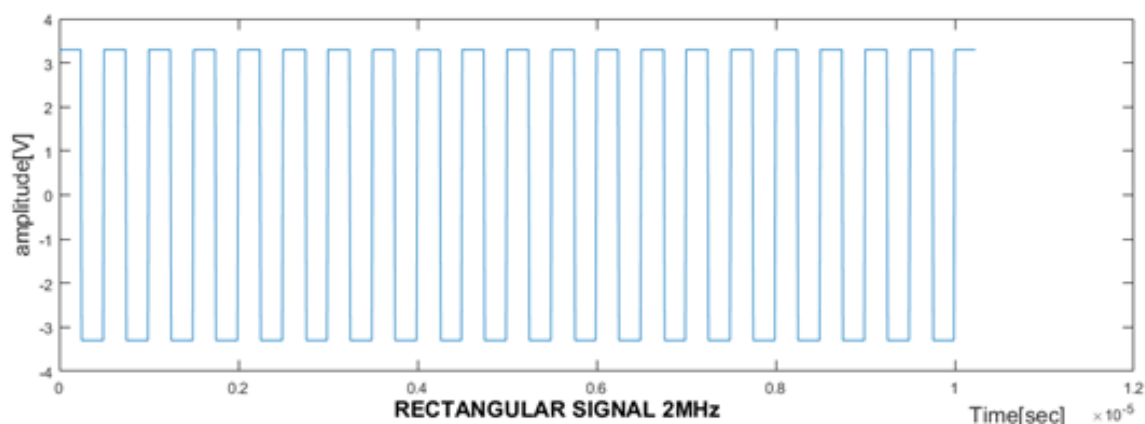
Периодичен синусоиден сигнал във времевата област е представен на фиг. 30. Периодичен синусоиден сигнал в честотната област е представен на фиг. 31.



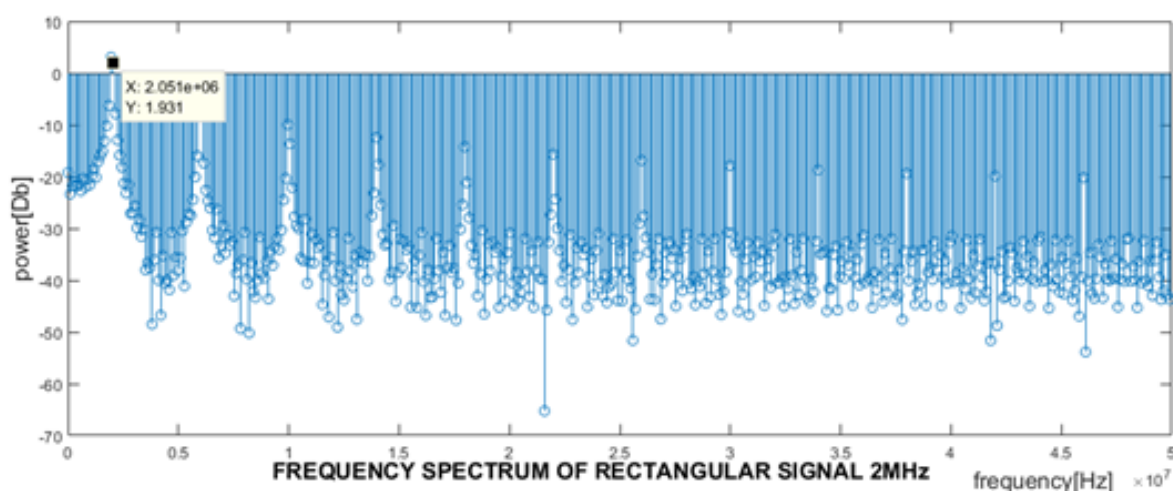
Фиг. 30. Синусоиден сигнал във времевата област



Фиг. 31. Синусоиден сигнал в честотната област

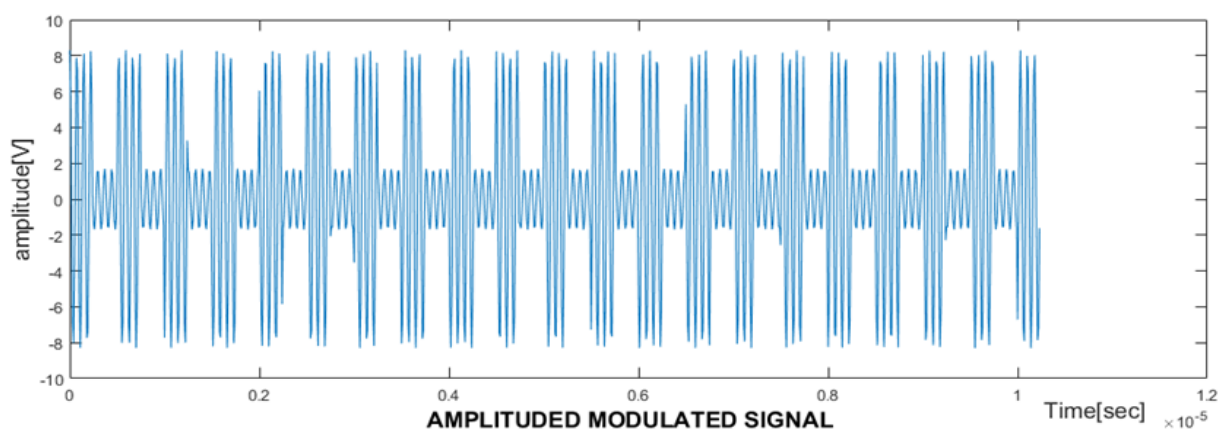


Фиг. 32. Правоъгълен сигнал във времевата област



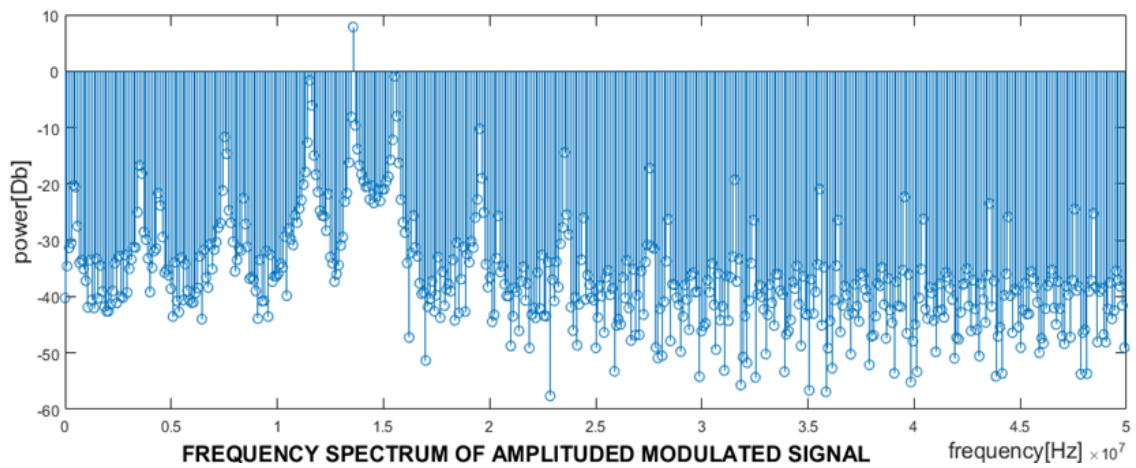
Фиг. 33. Периодичен правоъгълен сигнал в честотната област

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.

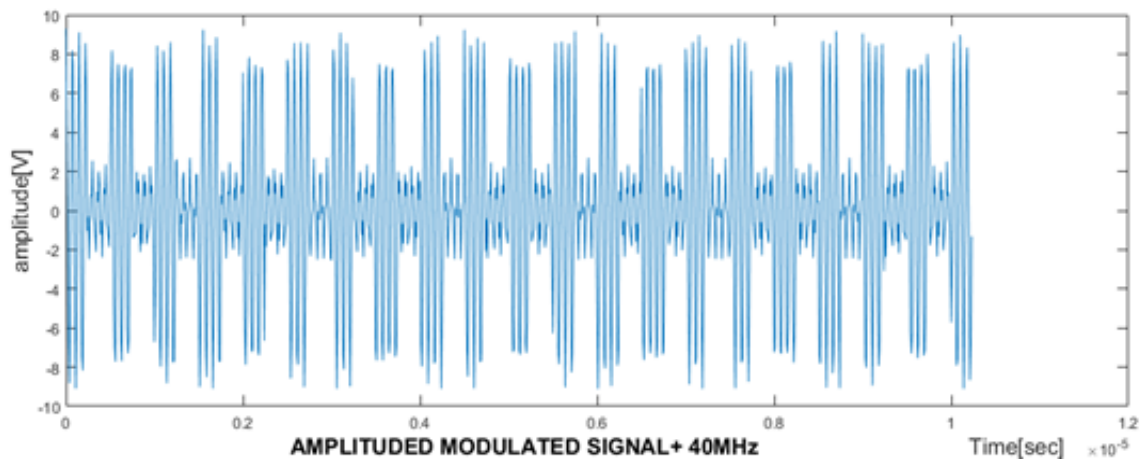


Фиг. 34. Амплитудно модулиран сигнал

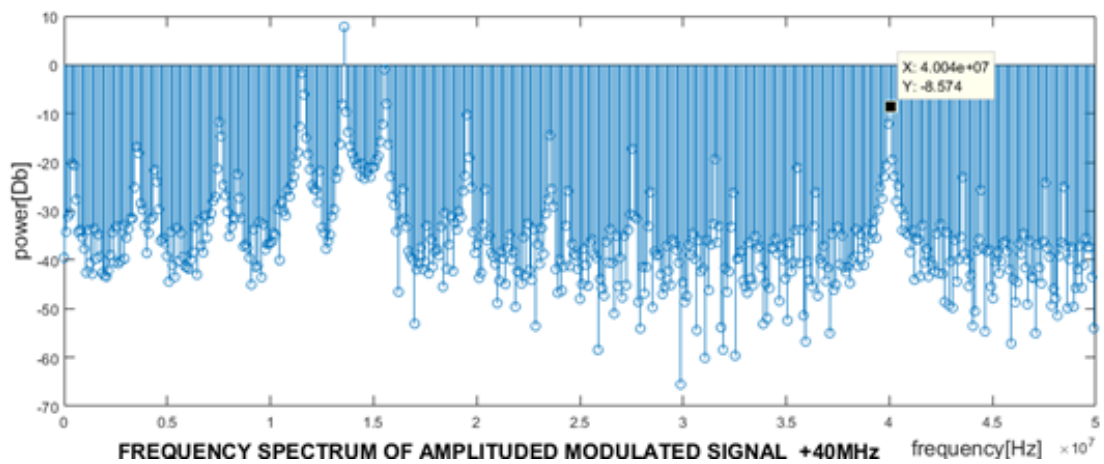
Честотния спектър на амплитудно модулиран сигнал е показан на фиг. 35.



Фиг. 35. Честотен спектър на амплитудно модулиран сигнал



Фиг. 36. Амплитудно модулиран сигнал



Фиг. 37. Честотен спектър на амплитудно модулиран сигнал

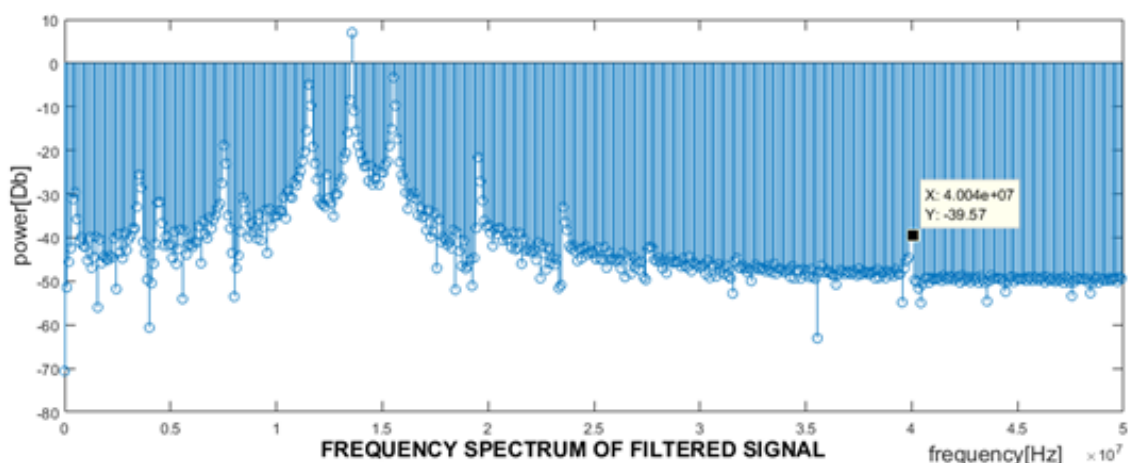
Амплитудно модулиран периодичен синусоиден сигнал е представен на фиг. 36.

Честотен спектър на амплитудно модулиран периодичен синусоиден 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 $\pm$ 9.0051i	0.3162	4	150	800

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



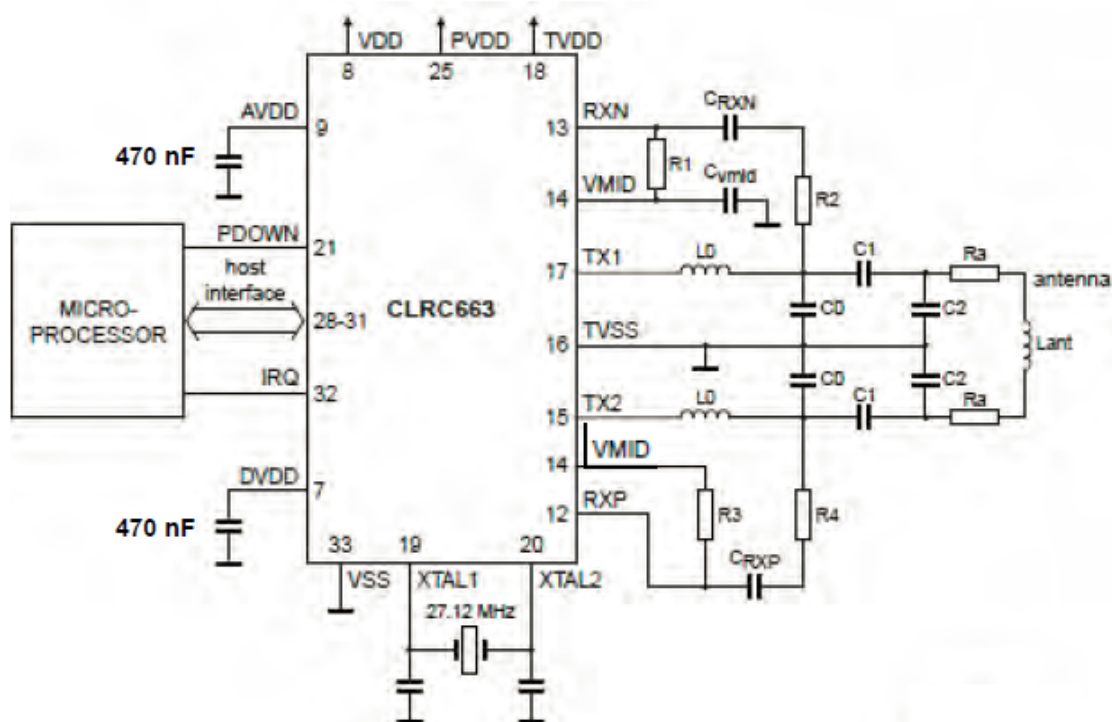
Фиг. 39. Честотен спектър на филтрирания сигнал

От получените експериментални резултати ясно се вижда, че мощността на безполезния за нас сигнал е 40 MHz и е намалела 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

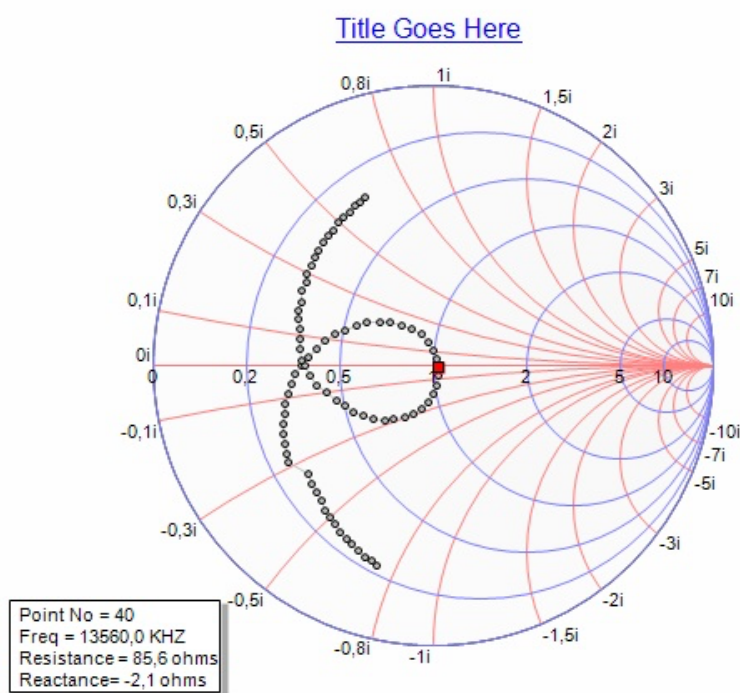
Веригата на NFC четеца, показана на фиг. 40, включва микроконтролер, интегрална схема CLRC66302HN, аналогов нискофестотен филтър и аналогова схема за синхронизиране на импеданса между него и другата част на системата.

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

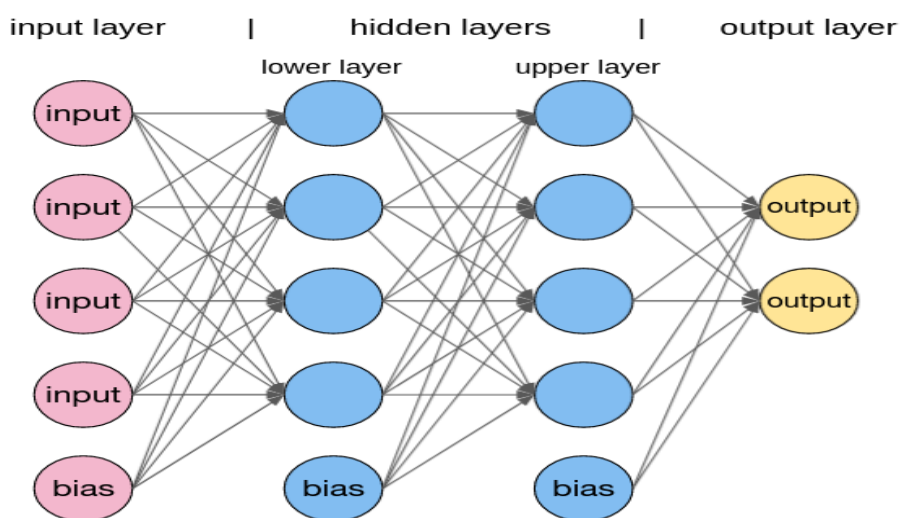
Факторът на качеството Q описва енергията, съхранявана в антената. Когато Q -факторът е висок, антената се нуждае от повече време, за да реагира на модулацията, но излъчва повече енергия. $Q=25$ е стандартната стойност за NFC антени. При симетрично съгласуване се постига оптимална форма на сигнала и 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

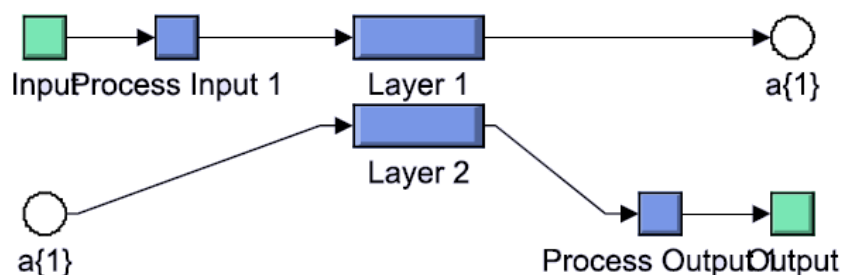
3.3. Интелигентни методи в техниките за безжично събиране, предаване и манипулиране на информационни потоци.

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.

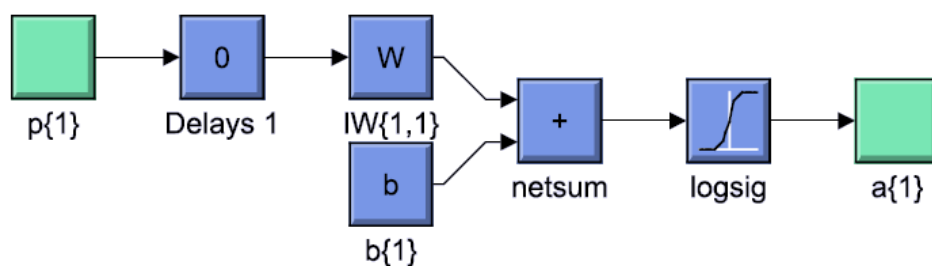


Фиг. 43. Структура на многослоен перцептрон

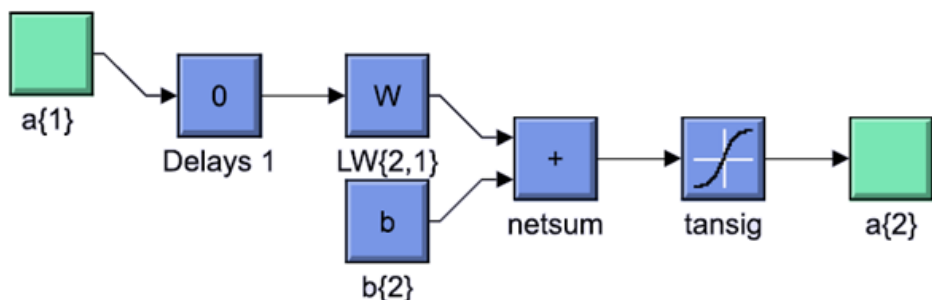
Хипотезата в статията е, че невронните мрежи, като MLP, могат да се използват за филтриране на шум в амплитудно модулирани сигнали. Филтрирането на шум е често срещана задача при обработката на сигнали и невронните мрежи могат да бъдат мощен инструмент за изпълнение на тази задача. Една възможна архитектура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



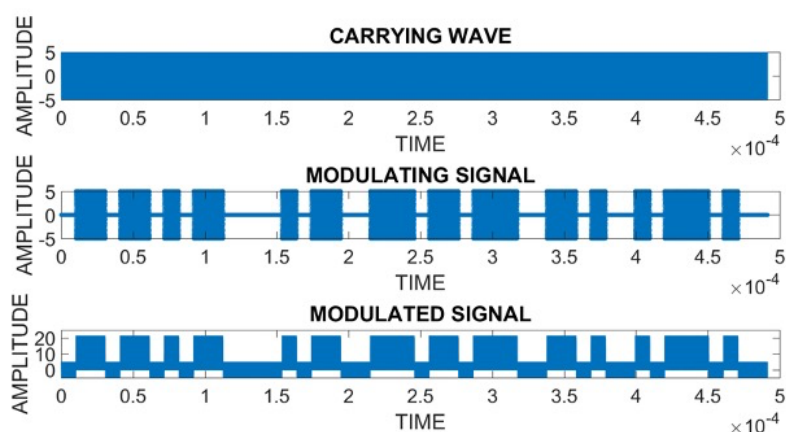
Фиг. 45. FPGA устройство

HDL кодър 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

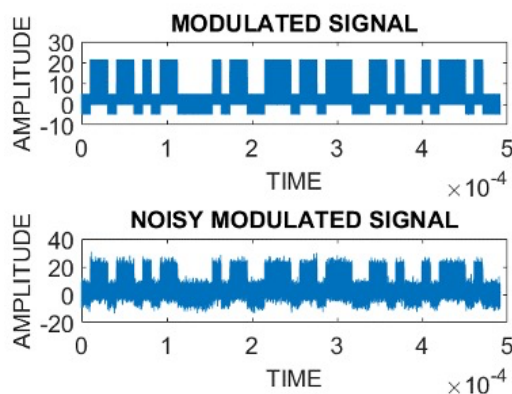
кодер и FPGA модули предлага широка гама от инструменти и възможности за разработване на сложни цифрови системи и решаване на различни задачи в областта на машинното обучение и обработката на данни.

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.

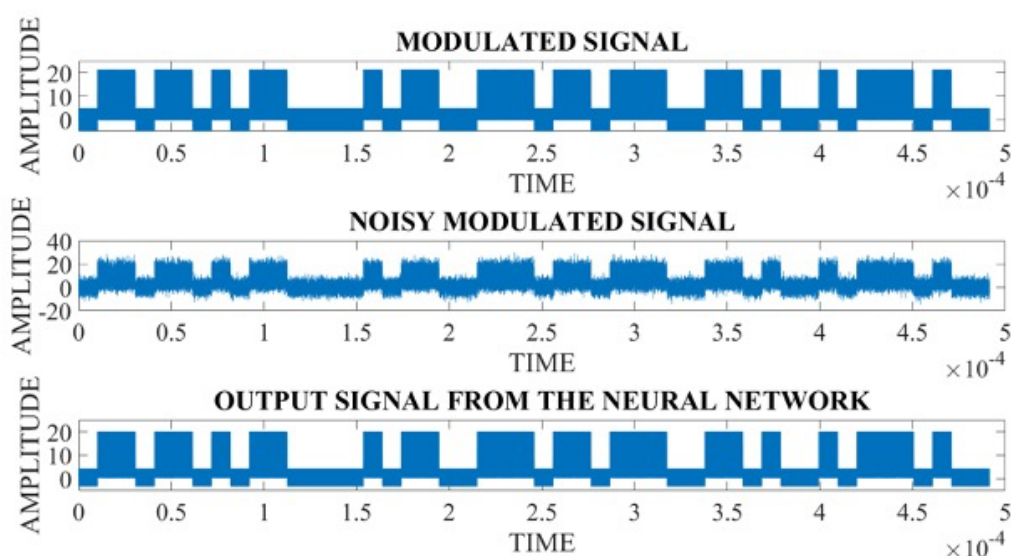


Фиг. 46. Амплитудна модулация



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.



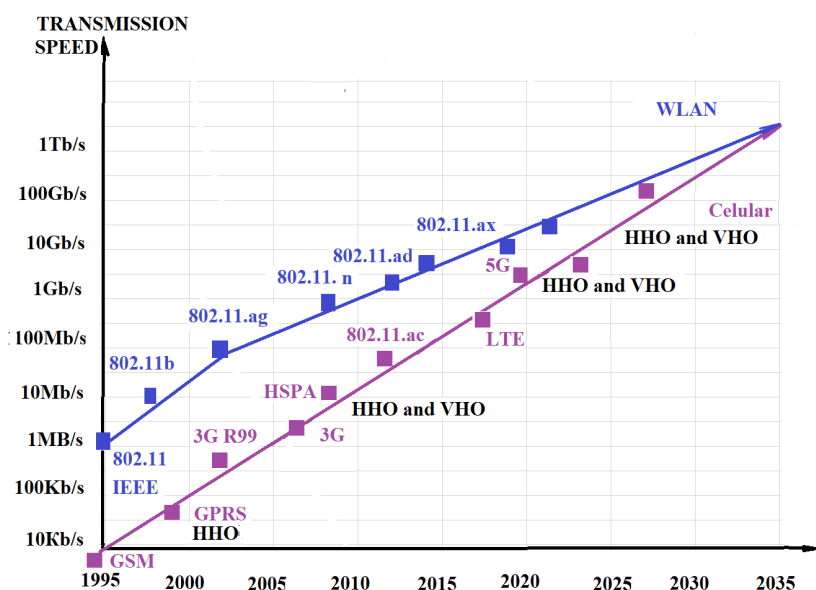
Фиг. 48. Сигнал от изхода на невронната мрежа

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.

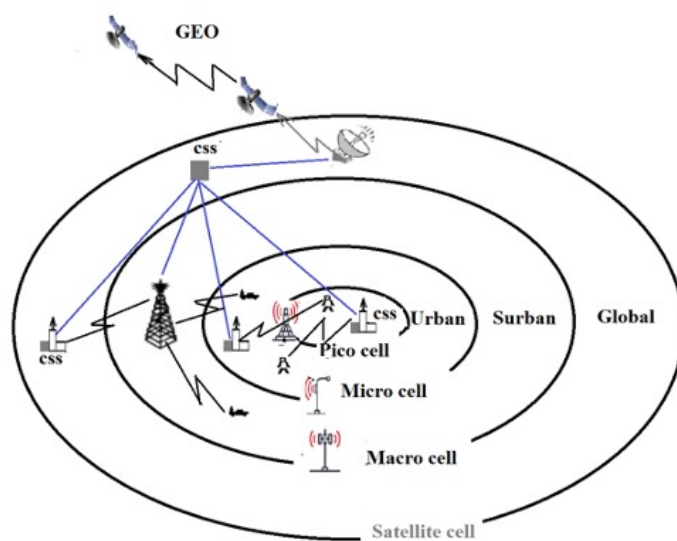
В статия [1*] се описва метода за пренос на сигнал - Handoff (HO) в различни поколения мрежи. Разгледани са хоризонтално прехвърляне (Horizontal Handoff - ННО) и вертикално прехвърляне (Vertical Handoff - VHO). Статията разглежда предизвикателството – Глобални мрежи от шесто поколение.

На фиг. 49 е представена еволюцията на мобилните комуникации.



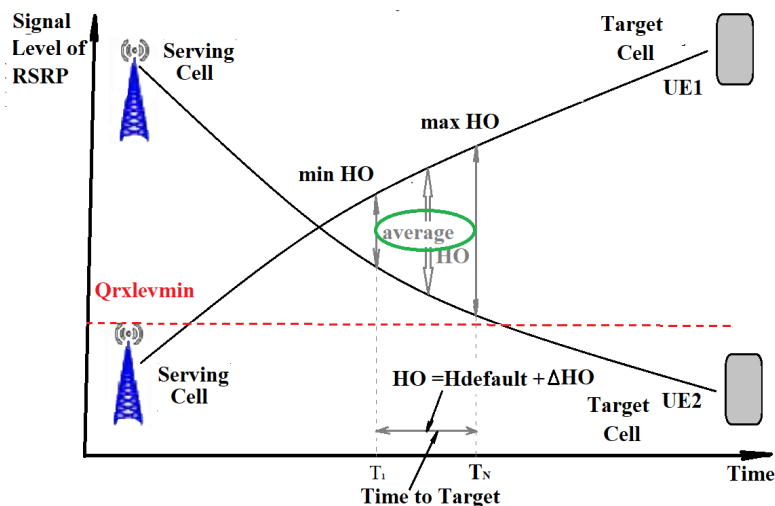
Фиг. 49. Еволюция на мобилните комуникации

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)

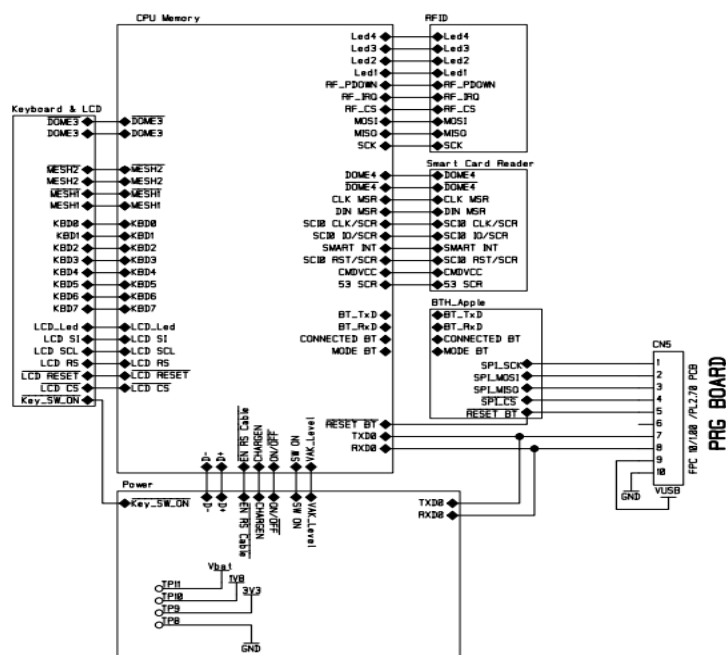
Развитието на бъдещите безжични мрежи ще доведе до ултра-плътност на вида и броя на базовите станции, както и броя на потребителите и приложенията, които използват. Плътната, динамична и многопластова мрежова архитектура изисква разработването на нови механизми за управление на мобилността, адаптиращи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

3.6. Реализация на хардуерни решения.

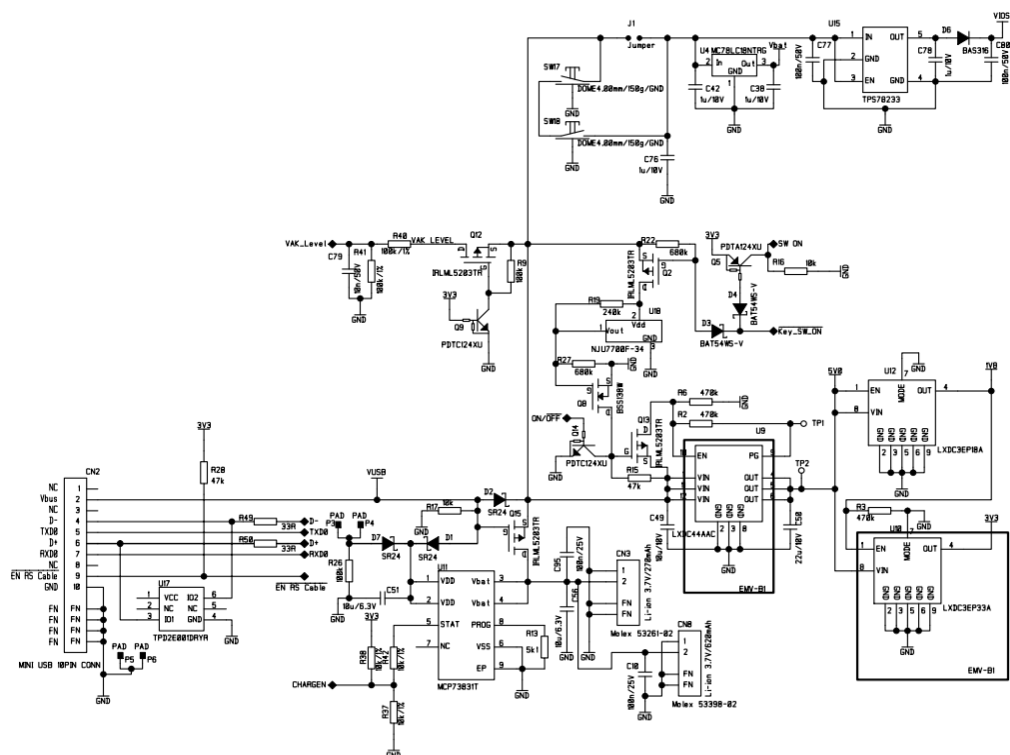
- Платежен терминал

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 контактно плащане и други електронни начини на плащане.

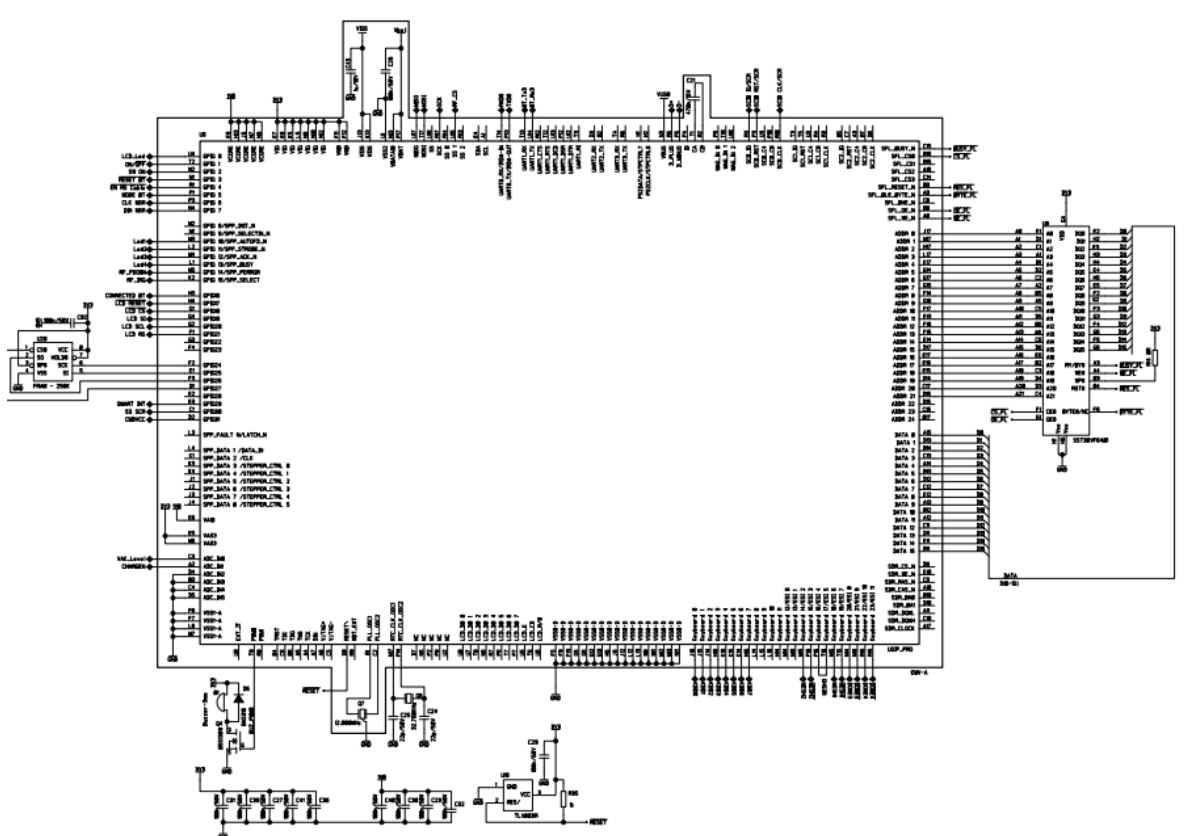
На следващите фигури са представени отделните модули на разработената електрическа схема, показана на фиг. 52.



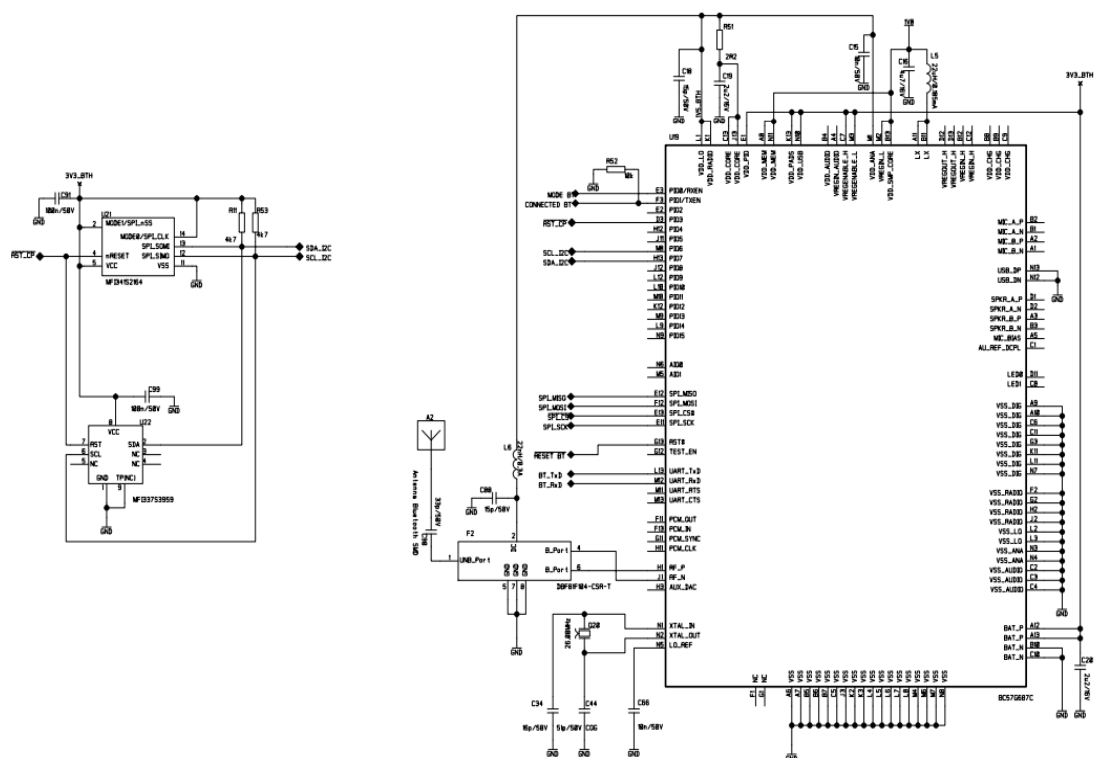
Фиг. 52. Електрическа схема на платежен терминал



Фиг. 53. Захранващ блок



Фиг. 54. Микроконтролер за обработка на данните

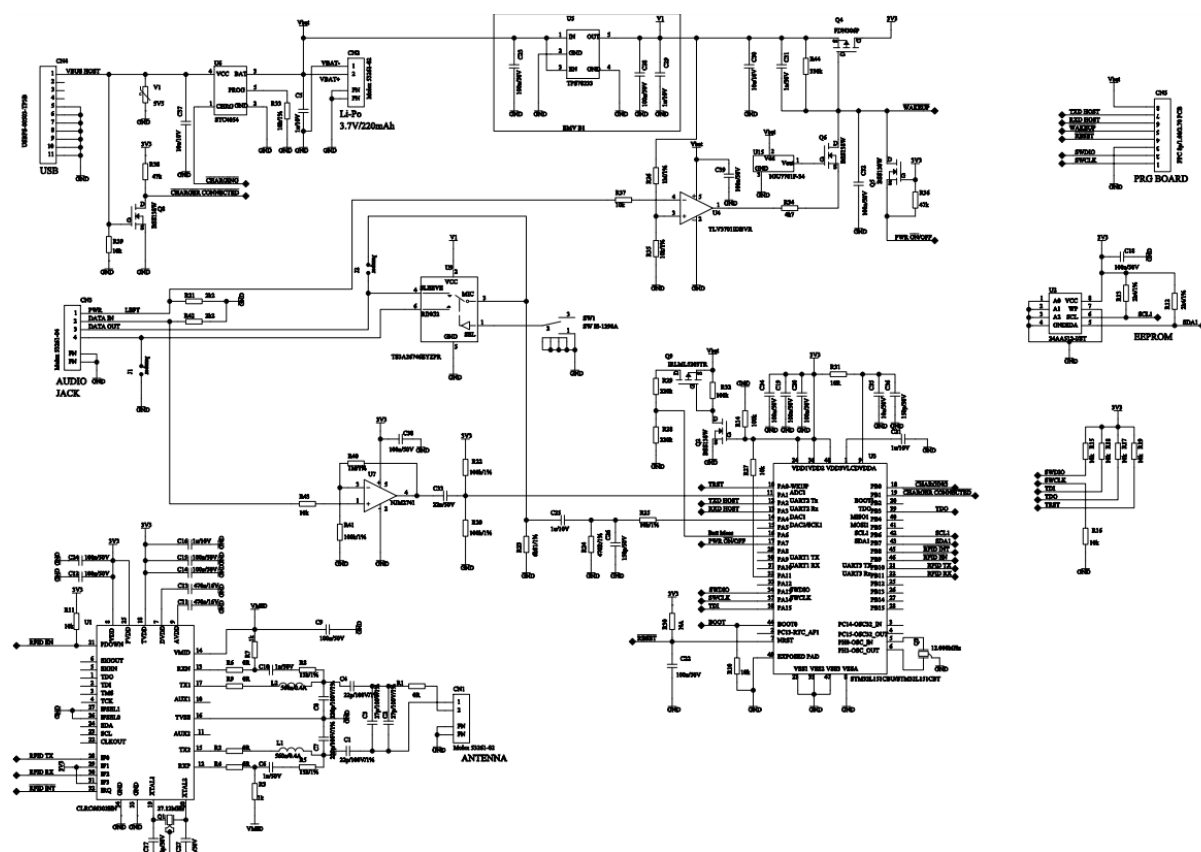


Фиг. 55. Блок за връзка по BLUETOOTH с APPLE устройство

- 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. Анализирани са 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 растениевъдство“**, № 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, DOI:10.7546/PECR.80.23.02, pp. 13-22, 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, DOI:10.7546/PECR.80.23.03, pp. 23-32, 2023.