

Технически университет София



Дипломен Проект

**На тема: Разработване на
светофарна уредба със специален
режим на движение**

Изготвил: Иво Стоилов Стефанов с фак.номер: **011217006**

Група: 1.

Катедра: **Системи и Управление.**

доц. д-р Цоньо Славов...../подпис/

гл. ас. д-р Йордан Кралев...../подпис/

Увод:

В днешно време управлението на трафика и безопасността на пешеходците е от ключово значение за всеки град и населено място. С интензивната урбанизация, разрастването на градските райони и увеличаването на плътността на населението, пътищата стават все по-претоварени, което поражда нуждата от иновативни решения за управление на движението. В контекста на това, дипломният проект се фокусира върху изработката на светофарна система, която да оптимизира движението между два, равнопоставени ключови, булеварда.

Теза:

Целта на дипломния проект е да се проектира, разработи и имплементира иновативна светофарна система, която ефективно регулира движението между Булевард А и Булевард Б. Системата ще включва два основни режима на работа: нормален (работещ постоянно) и специален (инициализиран чрез натискането на пешеходен бутон). Основната амбиция е да се гарантира безпроблемното преминаване на пешеходците във всички посоки без да се пречи на оптималния поток на превозните средства. Този проект цели да демонстрира как чрез правилно проектиране и имплементация, може да се постигне баланс между ефективността и сигурността както на пешеходците така и на превозните средства.

СЪДЪРЖАНИЕ:

ГЛАВА №1: Исторически преглед на светофарните системи.

- 1.1 - Въведение в историята на светофарите.....Стр.5*
1.2 - Еволюция и технологично развитие.....Стр.10

ГЛАВА №2: Принципи на програмната реализация на светофарни системи.

- 2.1 - Основни концепции и елементи.....Стр.12*
2.2 - Алгоритми и стратегии за управление.....Стр.17

ГЛАВА №3: Разработка на макет на светофарно кръстовище.

- 3.1 - Механична подсистема. Изграждане на кръстовище.....Стр.29-39*
3.2 - Електрическа подсистема. Изработка на печатна платка.....Стр.43
3.3 - Пълна установка.....Стр.47

ГЛАВА №4: Програмна реализация на светофарната уредба.

- 4.1.- Алгоритъм за управление на отместващ регистър 74НС595.....Стр.50*
4.2 - Използвани типове данни.....Стр.52
4.3 - Връзка между състояние на кръстовище и стойности в регистрите за управление.....Стр.54
4.4 - Режим на стартиране.....Стр.57
4.5 - Главен алгоритъм на макета.....Стр.58

ГЛАВА №5: Анализ на резултатите и предложения за оптимизация.

ГЛАВА №1: Исторически преглед на светофарните системи.

1.1 – Въведение в историята на светофарите.

Светофарната уредба (известна в Южна Африка като „робот“) е сигнално устройство, разположено на пътни кръстовища, пешеходни пътеки и други места с цел управление на движението. Обикновено състоящи се от три сигнала, които предават значима информация на участниците в движението, чрез цветове и симлови включително стрелки и велосипеди. Обичайните цветове на светофарната уредба са:

- Червен.
- ЖЪЛТ (известен още като „кехлибарен“)
- Зелен.

Подредени вертикално или хоризонтално в гореспоменатия ред. Въпреки че това е международно стандартизирано, може да се наблюдават вариации по отношението на последователността и законите в национален и местен мащаб.

Преди да се появят светофарите, пътната полиция е контролирала движението по пътищата. Добре документиран пример е този на Лондонския мост през 1722 г. Трима мъже са имали задачата да направляват трафика, влизащ и излизащ от Лондон или Саутуърк. Всеки от полицаите помагал за насочването на трафика, идващ от Саутуърк към Лондон, и следял целият трафик да остане от западната страна на моста. Втори офицер насочвал трафика от източната страна на моста, за да контролира потока от хора, които напускат Лондон и влизат в Саутуърк.

Първите светофари са монтирани в Лондон, пред сградата на парламента, на 9 декември 1868 г., преди повече 150 години. Изобретател е железопътният инженер - Джон Пийк Найт, който получава идеята от своята железопътна система за сигнализация.

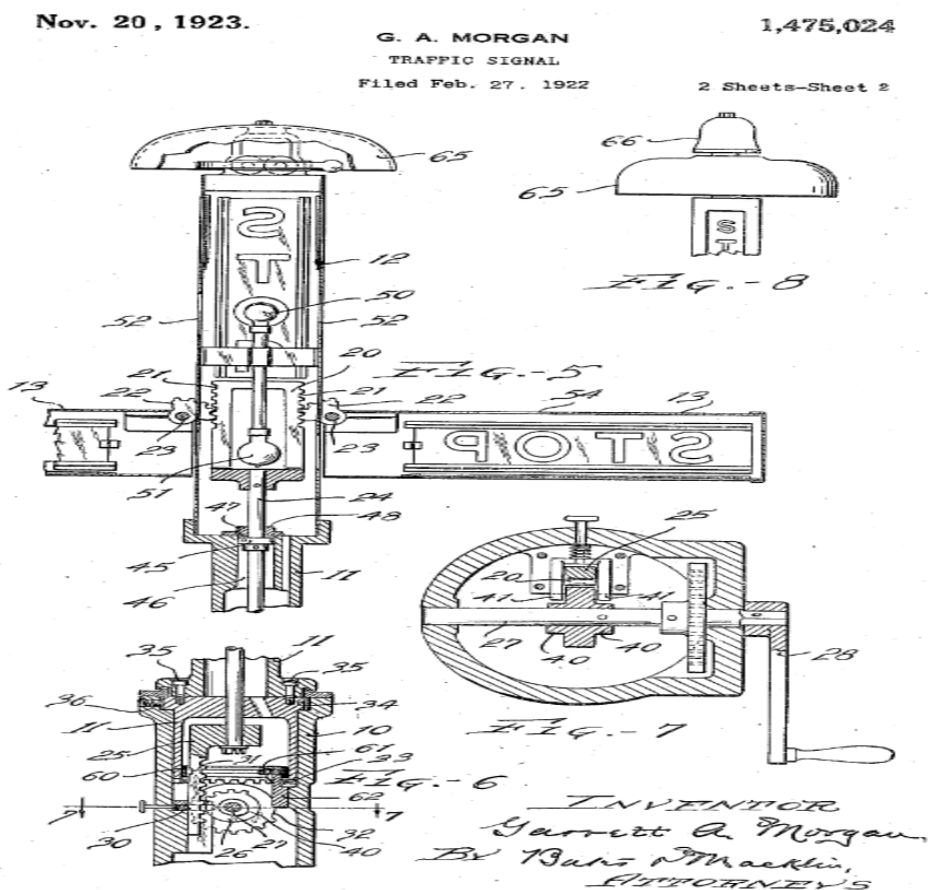


Фиг. 1.1 Първият семафорен светофар 9.12.1868г.

Системата е използвала три семафорни рамена (система за сигнализиране, използваща знамена или пръти) с червени и зелени (без оранжеви) газови лампи за нощна употреба върху стълб, управляван от полицейски служител. Системата е завършва трагично, когато на 2 януари 1869 г. се взривява в резултат на изтичане на газ, което наранява, управляващият я полицай.

След 40 години светофарите отново се появяват и то в Америка. От 1900 г. до 1920 г. в САЩ се използват семафорни светофари, управлявани от полицията. Всеки щат има свой собствен дизайн, предимно бели знаци "спри" и "тръгни" на зелен фон. Въвеждането на автоматичните светофари довело със себе си промяна в поведението на пешеходците. Повечето граждани приветствали светофарите; мнозина смятали, че сигналите са по-благоприятни от контрола на полицейските служители, тъй като не се влияят от потенциални човешки пристрастия като расизъм или недоверие към транзитните компании.

След като става свидетел на инцидент между автомобил и конска каруца, изобретателят Гарет Морган подава заявка за патент на САЩ за светофар. На 20 ноември 1923 г. е издаден патент №1475024 за трипозиционния светофар на Морган.



Фиг. 1.2. Проект на патентованата светофарна уредба 1923г.

През нощта системата е използвала керосинов лампи и комбинация от червени и зелени лещи. Те станали обичайна гледка в Лондон едва през 1929 г., когато били въведени първите електрически светофари



Фиг. 1.3. Семафорен светофар поставен на кръстовище в САЩ.

В последствие електричеството и компютърното управление са усъвършенствали технологията на светофарите, увеличавайки капацитета на кръстовищата. В еволюцията си, светофарните уредби могат да бъдат пригодени да контролират трафика както на автомобили, така и на пешеходци, променлив контрол на отделни ленти, железопътни прелези и др.

Първият електрически светофар е разработен от Лестър Уайър, полицай в Солт Лейк Сити (Salt Lake, UT) щата Юта през 1912г. Монтиран е на кръстовището между East 105th str. и Euclid Avenue в Кливланд щата Охайо от компанията AMSIG (American Traffic Signal Company). Осем години по-късно (1920г) началника на отдел „сигнализация“ в Детройт щата Мичиган, Уилям Потс създава първият четирипосочен, трицветен светофар, а следващата година (1921г) инсталират подобни автоматични светофари в 15 кули из града. След 1922г все по-широко навлизат автоматични таймери за контрол на светофарните уредби, чиито основно предимство е заместването на служителя, контролиращ кръстовището, спестявайки средства на градовете в САЩ едновременно с пускането на пазара на модела Т на Форд - първия достъпен автомобил за средната класа.

Имплементирайки тази система за управление, Ню Йорк успява да пренасочи 5500 от служещите 6000 служителя в сектора „пътна полиция“ към други отдели спестявайки 12,500,000.00\$.

По-нататъшно развитие на светофарите са системите с поетапно движение. Това довело до въвеждането на ранни зелени вълни, така че превозните средства, движещи се с определена скорост по една улица, да срещат само зелени светлини. Първата система с шахматно разположени светофари е инсталирана през 1926 г. на Шестнадесета улица във Вашингтон, окръг Колумбия, което води до удвояване на скоростта на придвижване.

Улвърхемптън е първият британски град, в който през 1927 г. на площад "Принсес" на кръстовището на улиците "Личфийлд" и "Принсес" са въведени пробно автоматизирани светофари. Първите постоянни автоматизирани светофари във Великобритания са открити на 16 март 1928 г. в Лийдс на ъгъла на улиците "Парк Роу" и "Бонд"

Системата с дванадесет светлини се появява едва през 1928 г. Друга особеност на системата е, че върху светлините се поставят качулки и всяка леща е опесъчена, за да се увеличи видимостта през деня. Както кулата, така и семафорите са изведени от употреба до 1930 г. Кулите били твърде големи и пречели на движението; семафорите били твърде малки и шофьорите не ги виждали през нощта.

Ашвил, Охайо, претендира, че е домът на най-стария работещ светофар в света, използван на кръстовище на обществени пътища от 1932 г. до 1982 г., когато е преместен в местен музей. Световните рекорди на Гинес подкрепят това твърдение, като го наричат "Най-старият функциониращ светофар".

През 1949 г. в Хайфа, Израел, е монтиран първият светофар на азиатския континент, а през 1953 г. на кръстовището Егмор, Ченай, е монтиран първият светофар в Южна Индия. В град Бангалор първият светофар е монтиран на Corporation Circle през 1963 г.

Управлението на светофарите се променя драстично с появата на компютрите в Америка през 50те години на 20ти век.

1.2 – Еволюция и технологично развитие.

Благодарение на компютрите управлението на светофарите направило движението още по-добро. На кръстовищата били поставени датчици за тежест (Pressure plates), за да могат компютрите да разберат, че някой автомобил чака на червен светофар. Част от това откриване включва познаването на броя на чакащите автомобили на червен светофар и продължителността на времето, изчакано от първия автомобил на червено. Един от най-добрите исторически примери за компютъризирано управление на светофарите е в Денвър през 1952г.

Един компютър е поел управлението на 120 светофара с шест чувствителни на тежест детектора, измерващи входящия и изходящия трафик. Контролната зала, в която се намирал компютърът, отговарящ за системата, се намирала в мазето на сградата на общината. С развитието на компютрите контролът на светофарите също се усъвършенства и улеснява. През 1967 г. в град Торонто за пръв са използвани по-усъвършенствани компютри, които по-добре засичат превозни средства. Компютрите поддържали контрола върху 159 светофара в градовете чрез телефонни линии.

През 90-те години на миналия век били въведени таймери за обратно броене на светофарите. Таймерите са полезни за пешеходците, за да планират дали има достатъчно време да пресекат кръстовището преди края на фазата за преминаване, и за водачите, за да знаят колко време остава до превключването на светофара. В Съединените щати таймерите за движение на превозни средства са забранени, но таймерите за пешеходци вече са задължителни за нови или модернизирани светофари на по-широки пътни артерии. Някои таймери за пешеходци могат да се използват и от шофьорите, за да знаят колко време остава до края на зеления цикъл, тъй като често, когато таймерът за пешеходци достигне нула, сигналът за МПС едновременно се превключва на ЖЪЛТ.

ГЛАВА №2: Принципи на програмната реализация на светофарни системи.

2.1– Основни концепции и елементи.

Нормалното функциониране на светофарите изисква повече от контрол на погледа и координация, за да се гарантира, че движението и пешеходците се движат възможно най-плавно и безопасно. За постигането на тази цел се използват различни системи за управление, вариращи от прости часовникови механизми до сложни компютъризирани системи за управление и координация, които се саморегулират, за да сведат до минимум забавянето на хората, използващи кръстовището.

Фазите са индикации, които се показват на движението в аспектите на светофара (единична светлина на сигнална установка).

Например зелена фаза дава право на движение на всички участници в движението от съответната посока, да преминат през кръстовището (с изключение на завиващите). В Обединеното кралство фазата на „филтъра“ позволява на неконфликтния трафик да прави определени завои (обикновено наляво или напред) през кръстовището.

„Движение“ е всеки път през кръстовището, по който е разрешено да преминават превозни средства или пешеходци. Движението е конфликтно, ако тези пътища се пресичат един друг. Обикновено конфликтните движения не са разрешени, с изключение на противоположни десни или леви завои (в зависимост от страната на шофиране) или, в някои юрисдикции, пешеходци и превозни средства, движещи се в успоредни посоки.

„Етап“ е група от неконфликтни фази, които се движат по едно и също време. Например кръстовище с четири подходни ръкава може да работи в

двуетапен режим, при който всеки път получава зелена светлина, или в триетапен режим, при който основният път получава зелена светлина, а след това всеки страничен път получава зелена светлина на свой ред. Цикълът е една пълна последователност от етапи. Времето на цикъла е времето, необходимо за завършване на един цикъл. В някои юрисдикции са определени максимални времена на цикъла. Например в Обединеното кралство то е 120 секунди или 90 секунди, когато има пешеходни съоръжения. При задействаното управление, обратното движение е етапът, към който контролерът на движението ще се върне, ако няма търсене.

„Междуетапният“ или „междузеленият“ период е периодът между края на зеления сигнал в една фаза и началото на зеления сигнал в следващата фаза. Обикновено това включва жълт сигнал на светофарите, където зелената фаза приключва, и изцяло „червен“ етап, при който всички сигнали, които са активни, са червени, за да се позволи на кръстовището да се освободи. Всички червени етапи водят до загуба на време, тъй като никой от участниците в движението не може да премине през кръстовището.

„Интервалът“ е периодът между промените в етапите на сигнала. Например интервалът на зеления сигнал за автомобилите е периодът от време, през който автомобилното движение има зелен сигнал. Интервалът е фиксиран при предварителното управление и се променя при управлението със задвижване. При задействаните настройки минималният интервал е минималното време, за което сигналат ще остане зелен, преди да се промени. Този интервал може да бъде само **2 секунди** за местни пътища, но може да се наложи да бъде до **15 секунди** за магистрални пътища. Максималният интервал е максималното време, за което на една пътна артерия, ще бъде разрешен зелен сигнал, когато има съприкосновение с друга пътна артерия.

За пешеходците периодът на „покана“ е периодът от време, в който пешеходците са поканени да започнат да пресичат пътя. Обикновено това се показва със зелена или бяла фигура на ходещ човек.

Обикновено светофарът се управлява от контролер, монтиран в кутия. Някои електромеханични контролери все още се използват (в Ню Йорк към 1998 г. те са 4800, макар че сега броят им е по-малък поради разпространението на кутиите за управление на сигнали). Съвременните контролери на движението обаче са полупроводникови.

Кутията обикновено съдържа захранващ панел за разпределяне на електрическата енергия в шкафа; панел за интерфейс на детектора за свързване с детектори за контур и други детектори; усилватели на детектора; самия контролер; блок за наблюдение на конфликти; релета за прехвърляне на светкавици; полицейски панел, който позволява на полицията да деактивира сигнала; и други компоненти.

В Съединените щати контролерите се стандартизират от NEMA, която определя стандартите за съединители, работни граници и интервали. Стандартът TS-1 е въведен през 1976 г. за първото поколение полупроводникови контролери.

От полупроводниковите контролери се изисква да имат независим блок за наблюдение на конфликти (CMU), който осигурява безотказна работа. CMU следи изходите на контролера и ако бъде открита неизправност, CMU използва релетата за прехвърляне на светкавицата, за да приведе кръстовището в режим FLASH, при който всички червени светлини мигат, вместо да показва потенциално опасна комбинация от сигнали. CMU е програмиран за допустимите комбинации от светлини и ще открие, ако контролерът дава противоречиви указания, например зелени сигнали, насочени както към

движението в северна посока, така и към движението в източна посока на кръстовище. Конфликтните контролери са податливи на фалшиво активиране по време на гръмотевични бури поради пренапрежения в захранването и шум, предизвикан от близки мълнии.

В края на 90-те години на миналия век Институтът на инженерите по транспорт в САЩ предприема усилия за национална стандартизация, известна като "усъвършенстван транспортен контролер" (ATC). Проектът се опитва да създаде единен национален стандарт за контролери на светофари. Усилията за стандартизация са част от Националната програма за интелигентна транспортна система, финансирана от различни законопроекти за магистралите, като се започне с ISTEA през 1991 г., последвана от TEA-21 и последващи законопроекти. Контролерите комуникират, използвайки Националния протокол за транспортни комуникации за интелигентни транспортни системи (NTCIP), базиран на интернет протокол, ISO/OSI и ASN.1.

Светофарите трябва да бъдат инструктирани кога да променят етапа и обикновено са координирани така, че промените в етапа да се извършват в определена връзка с други близки сигнали или с натискането на бутон от пешеходец, с действието на таймер, или с редица други входни данни.

В районите, които са предразположени към прекъсвания на електрозахранването, добавянето на резервни батерии към системите за управление на трафика може да повиши безопасността на водачите и пешеходците. В миналото е бил необходим по-голям капацитет на непрекъсваемото електрозахранване, за да продължи пълната работа на пътните сигнали, използващи лампи с нажежаема жичка. Разходите за такава система биха били непосилни. След появата на по-новите поколения

светофари, които използват светодиодни светлини, консумиращи 85-90 % по-малко енергия, вече е възможно в системите на светофарите да се включат резервни батерии. Резервните батерии се монтират в контролера на движението или в отделена секция в непосредствена близост до контролера.

Резервните батерии могат да управляват контролера в аварийен режим с мигаща червена светлина или в напълно функционален режим. През 2004 г. Калифорнийската комисия по енергетика препоръча на местните власти да преобразуват своите светофари в светодиодни с резервни батерии. Това би намалило потреблението на енергия и би повишило безопасността на големите кръстовища. Препоръката била за система, която да осигурява напълно функционални светофари в продължение на два часа след прекъсване на електрозахранването. След това светофарите ще имат мигащи червени/жълти светлини за още два часа.

2.1- Алгоритми и стратегии за управление.

Съществуват редица видове механизми за управление на кръстовища, управлявани със светофари:

Вид	Значение	Условия	Примерна употреба
Изолирани и предварително синхронизирани	Предоставяне на фиксирана дължина на цикъла	Използвани за временно ползване когато няма опция за автоматизация	Предимно използвани по време на ремонтни дейности
Взаимно координирани и предварително синхронизирани	Предоставяне на фиксирана дължина на цикъла	Използват се за места с висока концентрация на трафик	Предимно използвани в централните части на градовете.
Полу-задействани светофарни уредби.	Не предоставят фиксирана дължина на цикъла и се завръщат в изходно положение.	Използват се на места където предимно има дисбаланс в трафика.	Най-често използвани на пътища от клас магистрали.
Напълно задействани светофарни уредби.	Няма фиксирана продължителност на цикъла, датчици за засичане се използват при всички страни на кръстовището за, реакция на условията	Предимно се използва на места позволяващи засичане по всички пътища	Провинциални райони, места с висока скорост или кръстовище между две пътни артерии
Координирано-задействани светофарни уредби.	Фиксирана продължителност на цикъла, използвайки датчици за засичане за подпомагане на ефективността	Предимно се използват на места с интензивен трафик по главните пътища	Използвани за контрол на извънградски пътни артерии

- Контрол с фиксиран времеви интервал.

В управлението на трафика простите и стари форми на сигнални контролери са така наречените електромеханични сигнални контролери. За разлика от компютъризираните сигнални контролери, електромеханичните сигнални контролери се състоят основно от подвижни части (кулачки, циферблати и валове), които управляват сигналите, които са свързани директно с тях. Освен подвижни части се използват и електрически релета. Като цяло електромеханичните сигнални контролери използват циферблати, които имат фиксирани, сигнализирани времеви планове на кръстовищата.

Продължителността на циклите на сигнализираните кръстовища се определя от малки зъбни колела, които са разположени в набиращите таймери. Цикличните предавки, както са известни, варират от 35 секунди до 120 секунди. Ако дадена циклична предавка в набиращия таймер доведе до повреда, тя може да бъде заменена с друга циклична предавка, която би била подходяща за използване. Тъй като набиращият таймер има само един времеви план за сигнализирано кръстовище, той може да управлява фазите на сигнализирано кръстовище само по един начин. В много стари сигнализирани кръстовища все още се използват електромеханични сигнални контролери и сигналите, които се управляват от тях, са ефективни в еднопосочни мрежи, където често е възможно сигналите да се координират с обявеното ограничение на скоростта.

Те обаче са неизгодни когато, времето за подаване на сигналите на кръстовището би било от полза да се адаптира към преобладаващите потоци, променящи се през деня.

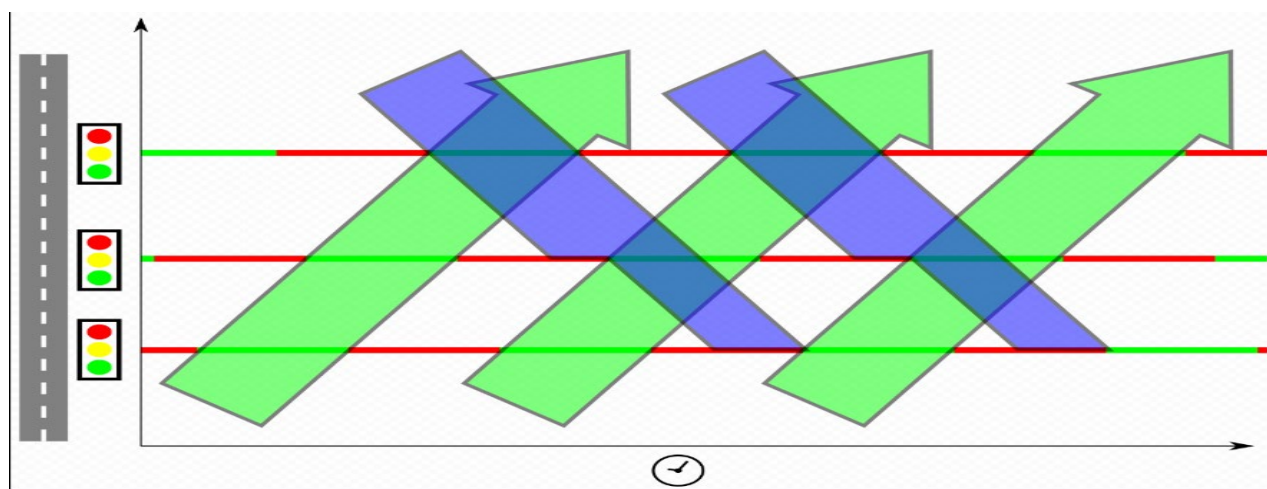


Фиг. 2.1 Светофар за пешеходци в Тайван с "ходещо зелено човече" под дисплей за обратно броене на мястото, където някога е стояло "червеното човече"

- Координиран (съгласуван) контрол.

Често се правят опити светофарите да се поставят в координирана система, така че водачите да се сблъскват със „зелена вълна“ - последователност от зелени светлини. Разграничението между координирани сигнали и синхронизирани сигнали е много важно. Синхронизираните сигнали се променят по едно и също време и се използват само в специални случаи или в по-стари системи. Координираните (прогресиращи) системи се управляват от главен контролер и са настроени така, че светлините да "каскадират" (прогресират) последователно, така че голям брой от превозни средства да могат да преминават през непрекъсната серия от зелени светлини. Графичното представяне на фазовото състояние върху двуосова равнина на разстоянието

спрямо времето ясно показва "зелена лента", която е установена въз основа на разстоянието между сигнализираните кръстовища и очакваните скорости на превозните средства. в някои страни (например Германия, Франция и Нидерландия) тази система на "зелени ленти" се използва за ограничаване на скоростта в определени райони. Светлинните сигнали са разпределени по такъв начин, че водачите на моторни превозни средства могат да преминат без да спрат, ако скоростта им е по-ниска от дадено ограничение, най-често 50 км/ч (30 мили в час) в градските райони. Тази система е известна като "grüne Welle" на немски език, "vague verte" на френски език или "groene golf" на нидерландски език (на английски: "green wave"). Такива системи са били често използвани в градските райони на САЩ от 40-те години на миналия век, но днес са по-рядко срещани. В Обединеното кралство в Слау в графство Бъркшир е експериментирано с част от квартал А4.



Фиг. 2.2 Диаграма, която показва, че когато светофарите са синхронизирани за движението в една посока (зелени стрелки), движението в другата посока не е непременно синхронизирано (сини стрелки).

В много американски градове зелената вълна на двупосочните улици се задейства в по-натоварената посока, вместо да се опитва да регулира трафика в двете посоки. Но неотдавнашното въвеждане на мигащата жълта стрелка прави сигнала за водеща вълна, подпомагащ напредването, достъпен при

защитени/разрешени завои. В съвременните координирани системи за сигнализация е възможно водачите да изминат големи разстояния, без да се сблъскат с червена светлина. Тази координация се осъществява лесно само на еднопосочни улици с доста постоянни нива на движение. Двупосочните улици често се организират така, че да съответстват на пиковите часове, за да се ускори движението в посоката с по-голям трафик. Задръстванията обаче често могат да нарушат всякаква координация. От друга страна, някои светофари са координирани така, че да не позволяват на шофьорите да се сблъскват с дълга поредица от зелени светлини. Тази практика възпира големите обеми на движение, като предизвиква забавяне, но предотвратява задръстванията или възпира използването на даден път. Това често се прави по искане на местните жители в райони, където има много пътници, които "само преминават". Скоростта се саморегулира в координираните системи за сигнализация; водачите, които пътуват твърде бързо, ще пристигнат при червена индикация и ще спрат, а водачите, които пътуват твърде бавно, няма да пристигнат на следващия сигнал навреме, за да използват зелената индикация.

При синхронизираните системи обаче водачите често използват прекомерна скорост, за да преминат през възможно най-много светофари. Напоследък се използват още по-усъвършенствани методи. Понякога светофарите се управляват централно от монитори или от компютри, за да могат да се координират в реално време и да се справят с променящите се модели на трафика. Видеокамери или сензори, вкопани в настилка, могат да се използват за наблюдение на моделите на трафика в целия град. Некоординираните сензори понякога възпрепятстват движението, като засичат затишие и светват червено точно когато автомобилите пристигат от предишния светофар. Най-високотехнологичните системи използват десетки сензори и

струват стотици хиляди долари на кръстовище, но могат много прецизно да контролират нивото на трафика. Това облекчава необходимостта от други мерки (като нови пътища), които са още по-скъпи.



Фиг. 2.3 Този светофар в Хобар, Саудитска Арабия, се управлява от видеокамера (точно над вертикално разположените леици) и показва оставащите секунди до преминаването към следващото състояние (в най-лявата хоризонтално разположена леица).

Ползите включват:

- Увеличаване на капацитета на пътищата за обслужване на трафика
- Намаляване на сблъсъците и времето за изчакване както за превозните средства, така и за пешеходците.
- Насърчаване на движението в рамките на ограничението на скоростта, за да се спазват зелените светлини
- Намаляване на ненужното спиране и пускане на движението - това от своя страна намалява разхода на гориво, замърсяването на въздуха и шума, както и износването на превозните средства
- Намаляване на времето за пътуване
- Намаляване на разочарованието на водачите и яростта на пътя

Примери:

- Ню Йорк: 7 660 (от общо 12 460) сигнализираны кръстовища се контролират от централна компютърна мрежа и се наблюдават от центрове за управление на трафика.
- Торонто: 83 % от сигналите се управляват от главната система за пътна сигнализация (MTSS). В 15% от тях се използва и SCOOT (Split Cycle and Offset Optimization Technique) - адаптивна система за управление на сигналите.
- Сидни: 3400 пътни сигнала, координирани от Системата за координирано адаптивно управление на трафика в Сидни (SCATS). Проектирана и разработена от RTA, системата е въведена за първи път през 1963 г. и оттогава постепенно се развива. Към октомври 2010 г. SCATS е лицензирана за 33 200 кръстовища в 144 града в 24 държави по света, включително Сингапур, Хонконг, Дъблин, Техеран, Минеаполис и Детройт.
- Мелбърн: 3200 светофара в щата Виктория, включително регионални райони като Геелонг и Баларат, използват SCATS. Около 500 кръстовища имат и приоритет за трамваите и автобусите.
- Аделаида: 580 комплекта координирани светофарни уредби в целия столичен регион, управлявани от системата Adelaide Coordinated Traffic Signal (ACTS).

- Адаптивен контрол.

- Адаптивна сигнална система за намаляване на трафика в Медоулендс (MASSTR) - Комисията по Медоулендс в Ню Джърси наблюдава в административната си сграда в Линдхърст тази "интелигентна транспортна система", първата по рода си в щата, с контролирани от трафика кръстовища и детектори за превозни средства в Медоулендс. За пръв път активирана през 2013 г., а през 2014 г. да обхваща 128 кръстовища, за да се намалят закъсненията, дължащи се на планираното двугодишно затваряне на северните ленти на Pulaski Skyway, стартирало през м.Март 2014 г., тази система синхронизира светофарите на още 15 кръстовища по US 1/9 Truck и Route 440 в Керни Пойнт и Джърси Сити.
- Midtown in Motion (Мидтаун в движение) - адаптивна система за контрол на трафика в Ню Йорк, която използва множество технологии. Камери, микровълнови сензори за движение и четци на E-ZPass етикети с радиочестотна идентификация (RFID) се използват като входни данни за наблюдение на пътния поток. Данните се подават чрез предназначенията за целта правителствена широколентова безжична инфраструктура към центъра за управление на трафика, за да се използват за адаптивно управление на движението на светофарите.

2.2 – Основни концепции и елементи.

Конвенционалното осветление на пътните знаци, което все още е разпространено в някои райони, използва стандартна крушка. След това светлината се отразява от огледален стъклен или полиран алуминиев рефлектор и излиза през поликарбонатна пластмасова или стъклена сигнална леща. В някои сигнали тези лещи са изрязани така, че да включват специфичен модел на пречупване. Традиционно се използват крушки с нажежаема жичка и халогенни крушки. Поради ниската ефективност на светлинния поток и единичната точка на повреда (прегаряне на нажежаемата жичка), някои пътни органи избират да модернизират пътните сигнали с LED масиви, които консумират по-малко енергия, имат по-голям светлинен поток и издържат значително по-дълго. освен това, в случай на повреда на отделен LED елемент, системата ще продължи да работи, макар и с намален светлинен поток. Светлинната картина на светодиодния масив може да бъде сравнима с картината на крушка с нажежаема жичка или халогенна крушка, снабдена с призматична леща.

Ниската консумация на енергия на светодиодните светлини може да представлява риск за шофьорите в някои райони през зимата. За разлика от крушките с нажежаема жичка и халогенните крушки, които обикновено се нагряват достатъчно, за да разтопят снега, който може да се образува върху отделните светлини, светодиодните дисплеи, които използват само част от енергията, остават твърде хладни, за да се случи това. В отговор на опасенията за безопасността е разработен нагревателен елемент на лещата.

Светофарите, като например "Светофарът за висока видимост на 3М", използват разсейваща светлината оптика и леща на Френел, за да създадат сигналната индикация. Светлината от 150 W PAR46 лампа със запечатан лъч в

тези сигнали с "програмируема видимост" преминава през комплект от две стъклени лещи в задната част на светофара. Първата леща е разсейваща леща от матирано стъкло, която разсейва светлината в равномерна светлинна топка с диаметър около пет инча. След това светлината преминава през почти идентична леща, известна като оптичен ограничител (определението за самата леща на 3М), известна също като "програмна леща", също с диаметър пет инча.

С помощта на специална самозалепваща се лента на основата на алуминиево фолио тези светофари се "маскират" или програмират от програмната леща, така че само определени ленти на движение да виждат индикацията. В предната част на тези програмируеми сигнали за видимост има 12-инчова леща на Френел, като всяка леща е оцветена така, че да отговаря на стандартите за хроматичност и яркост на Института на транспортните инженери на САЩ (ITE). Лещата на Френел сближава светлинния поток, създаван от лампата, и създава равномерно светлинно изображение за лентата, за която е предназначена.

Освен че са разположени и монтирани така, че да осигуряват желаната видимост за съответното движение, някои светофари са също така насочвани или засенчвани, за да се сведе до минимум погрешното тълкуване от другите ленти. Например, лещата на Френел на съседен светофар за транзитна лента може да бъде насочена така, че да не позволява на завиващите наляво да очакват собствената си зелена стрелка. Intelight Inc. произвежда програмируем светофар, който използва софтуерно управляван светодиоден масив и електроника за насочване на светлинния лъч към желания подход. Сигналят е програмиран за разлика от моделите на 3М и McCain. Той изисква връзка с лаптоп или смартфон с инсталиран софтуер на производителя. Връзките могат да се осъществяват директно с комплект за директен сериен интерфейс или

безжично с комплект за радиовръзка през WIFI към сигнала. В допълнение към насочването, Френеловите лещи и жалюзите, козирките и задните панели също са полезни в области, където слънчевата светлина би намалила контраста и видимостта на лицевия сигнал. Типичните приложения на тези сигнали са наклонени кръстовища, специфичен контрол на няколко ленти, джобни сигнали за ляв завой или други области, в които съществуват сложни пътни ситуации.

В Съединените щати светофарите понастоящем се проектират със светлини с диаметър приблизително 300 мм. Преди това стандартът е бил 8 инча (200 mm); тези светлини обаче бавно се премахват в полза на по-големите и по-видими 12-инчови светлини. Използваните варианти включват и хибриден дизайн с една или повече 12-инчови светлини, както и една или повече светлини с диаметър 8 инча (200 mm) на една и съща светлина.

В Обединеното кралство 12-инчовите светлини се използват само със сигнални глави Mellor Design, проектирани от Дейвид Мелър. Те са проектирани за символична оптика, за да компенсират загубата на светлина, причинена от символа. Въпреки това, след проучване, спонсорирано от Агенцията за магистрали на Обединеното кралство и завършено от университета Aston, Бирмингам, Обединеното кралство, в средата на 90-те години на миналия век е въведен подобрен оптичен дизайн. Феномени като "sunlight washout" (невъзможността да се види осветеният сигнал поради падането на слънчева светлина върху него) и "sun-phantom" (сигналят изглежда осветен, дори когато не е, поради отразяването на слънчевата светлина от параболичното огледало при нисък ъгъл на слънцето) налага проектирането на светофар, който използва лещи за фокусиране на светлината от традиционна крушка с нажежаема жичка през отвори в матовочерна предна маска.

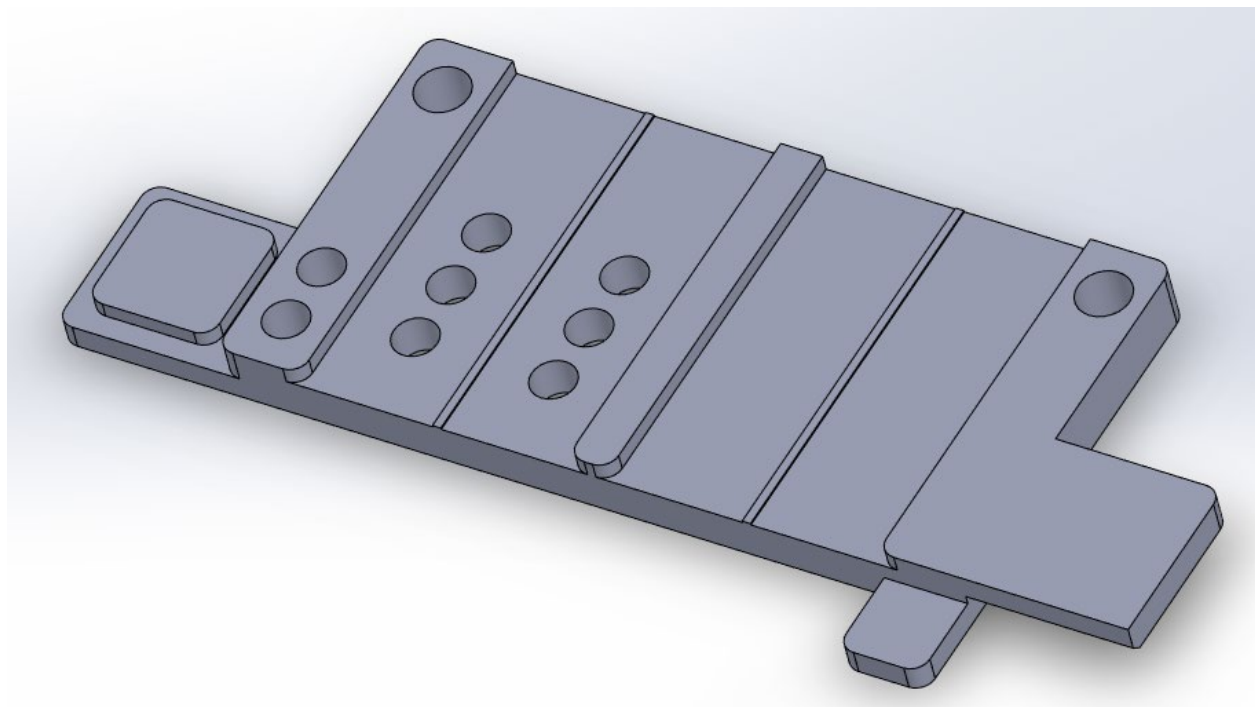
Така двата феномена биват неутрализирани с лесно за производство решение. Този проект се оказва много успешен и е въведен в производство от редица производители на светофари благодарение на инженерните проекти на д-р Марк Астън, работещ първоначално в SIRA Ltd в Кент, а след това като независим оптичен дизайнер. Производителите взели лиценз за общия дизайн от Агенцията по пътищата, като д-р Астън е разработил уникално решение за всеки производител. Произвеждайки както лампови, така и светодиодни версии на сигналните аспекти, те все още са най-разпространеният тип светофар по пътищата на Обединеното кралство. С изобретяването на антифантомните, добре видими лещи Aston, светлините с диаметър 8 инча (200 mm) могат да бъдат проектирани така, че да дават същата мощност като обикновените лещи, намаляващо необходимостта от по-голяма площ. В резултат на това светлините с размер 12 инча (300 mm) вече не са одобрени за използване в Обединеното кралство и всички светлини, монтирани на нови съоръжения, трябва да бъдат с размер 200 mm (8 инча) в съответствие с TSRGD (Правила и общи указания за пътните знаци). Изключения се правят за временни или заместващи светофарни уредби.

ГЛАВА №3: Разработка на макет на светофарно кръстовище.

За постигане целите на дипломната разработка е изграден макет на кръстовище между два булеварда в умален мащаб. Всеки булевард е с четири ленти на движение, разделени по две в посока. Светофарните уредби са комбинирани за продължаване в права посока и завой надясно, а левият завой е с отделна сигнализация. Пешеходните светофари са опростени чрез премахването на жълтия сигнал. Физическата система се състои от две главни части – механична и електрическа.

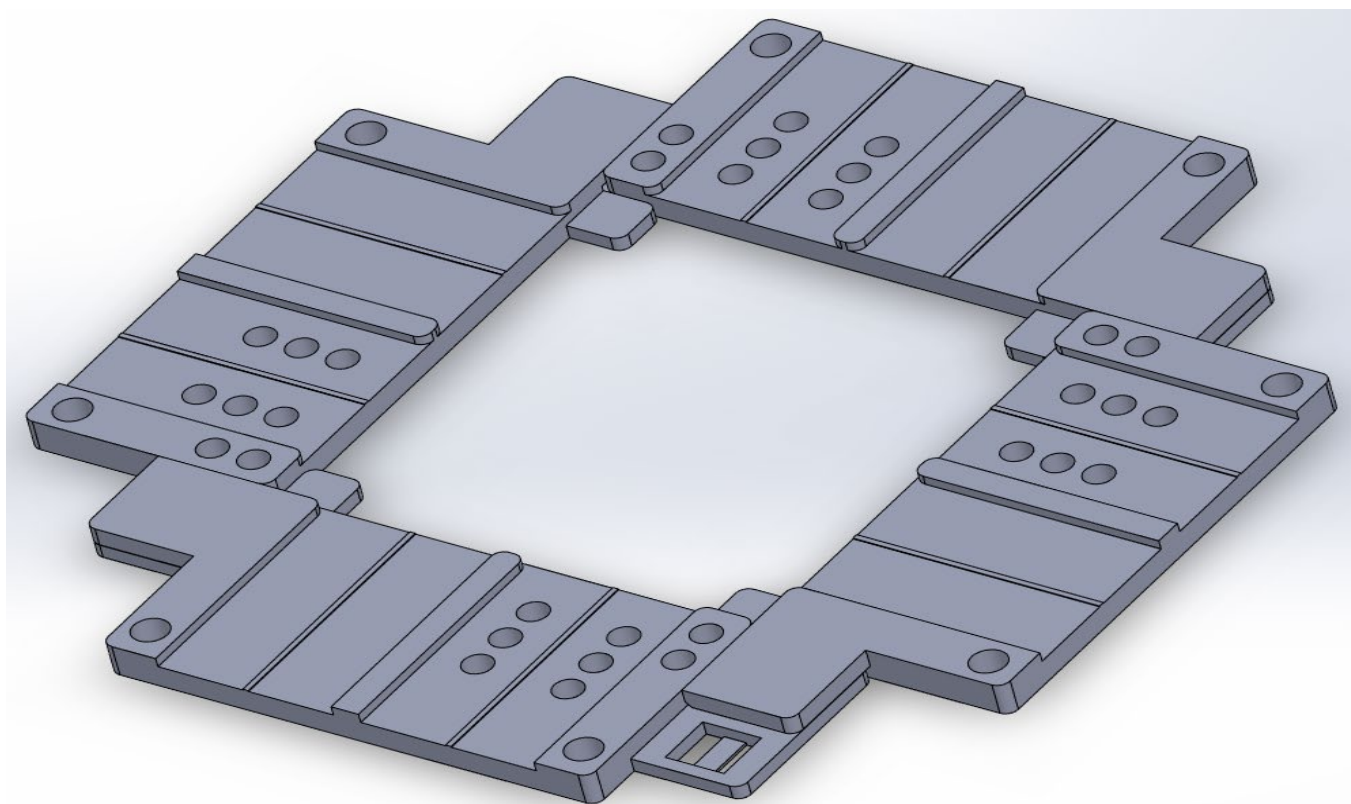
3.1. Механична подсистема. Изграждане на булеварди.

Булевардите са изградени с помощта на съвременната технология на 3Д принтиране, следвайки внимателно проектиран 3Д модел.



Фиг. 3.1. 3Д модел на булевард.

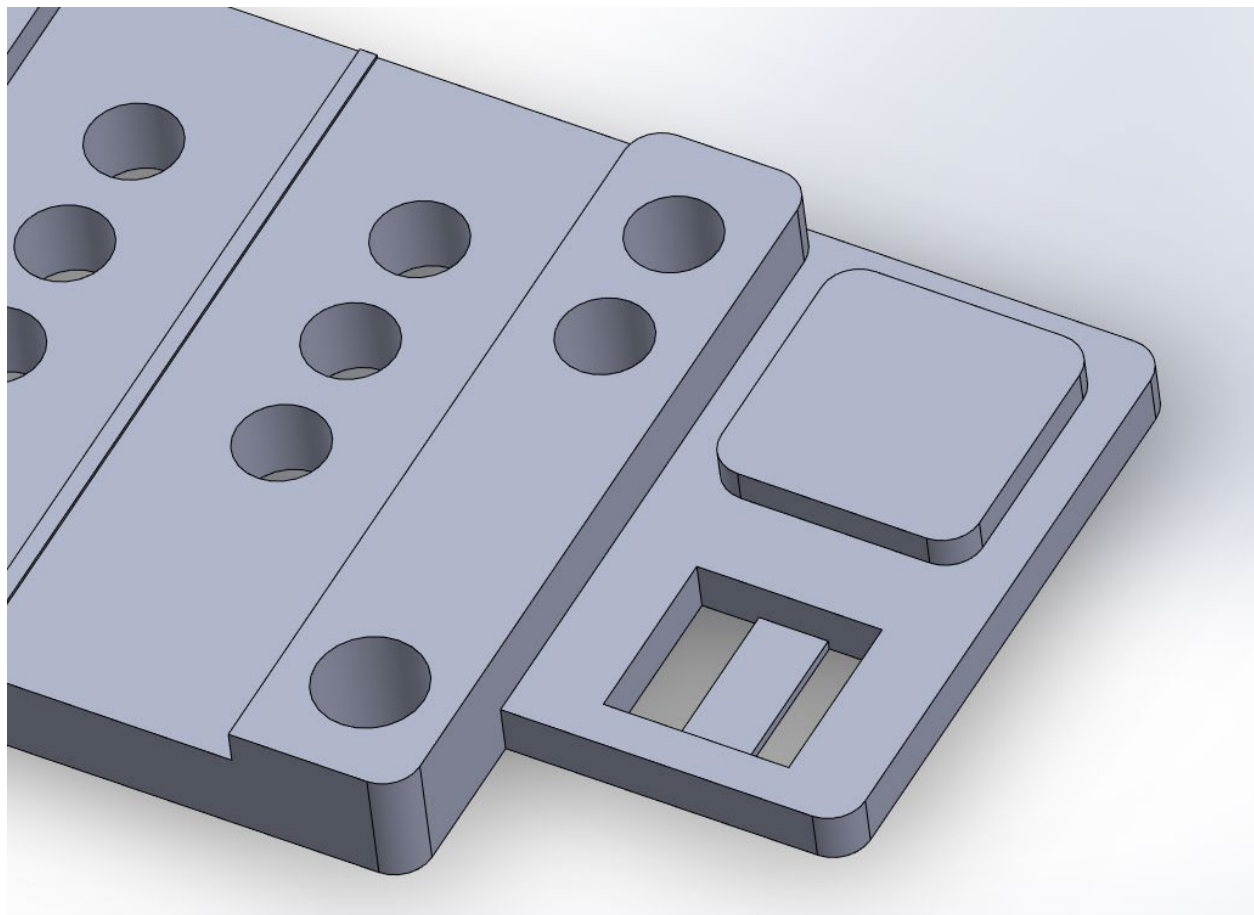
На фиг. 3.1 е показан завършеният модел на булевардната част от макета. Текущата разработка реализира кръстовище между два булеварда, следователно ще са нужни четири от показаните модела. Голямо внимание е отдадено на механизма на захващане, позволявайки здраво, плътно сглобяване на макета без нуждата от перманентни връзки като лепила, болтове и т.н. Всяка булевардна част има две странични планки, които позволяват идентични части да се закрепят. Планките са с различни дизайни – една от тип „мъжка“ и една от тип „женска“. По този начин всяка планка от тип „мъжка“ може да се закрепят за „женската“ планка на съседната булевардна част. Впечатление прави допълнителната планка, която се намира само от едната страна на модела и е разположена несиметрично. Тя ще послужи за опора на централната част от макета – самото кръстовище. На фигура 3.2 е показан модел на сглобените булевардни части.



Фиг. 3.2. Сглобените булевардни части.

Може да се забележи, че механизма за захващане на четирите булеварда има втора функция - реализация на тротоар за пешеходци.

Пълната сглобка показва и наличието на допълнителен отвор за захващане на бутон, който ще служи за реализация на допълнителната функция на пешеходните светофари. Фиг. 3.3 показва приближен поглед върху този отвор.

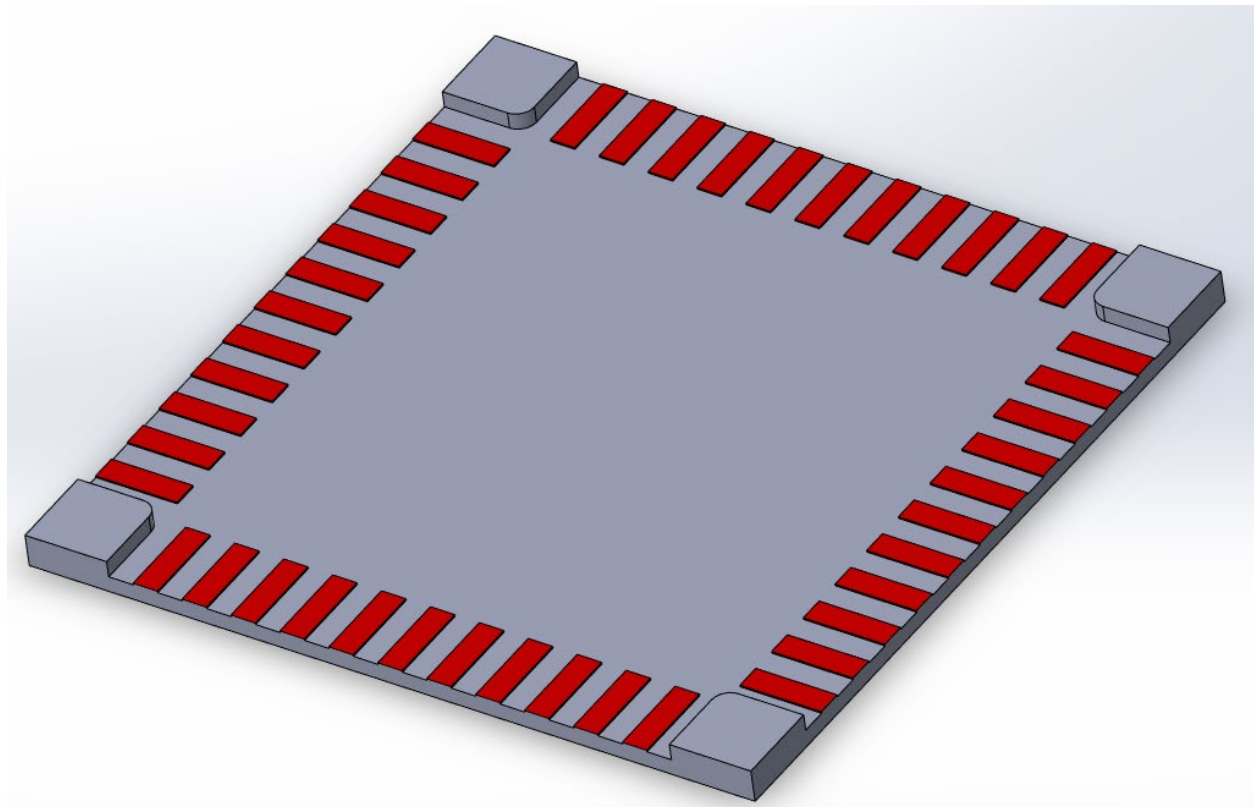


Фиг. 3.3. Приближен поглед върху отвора за бутон.

Отворът е изграден с подобни принципи на свързване без перманентни връзки. Тъй като бутонът е едновременно част от механичната и електрическата подсистема, то част от отвора е проходна, позволявайки свързване на електрическите връзки.

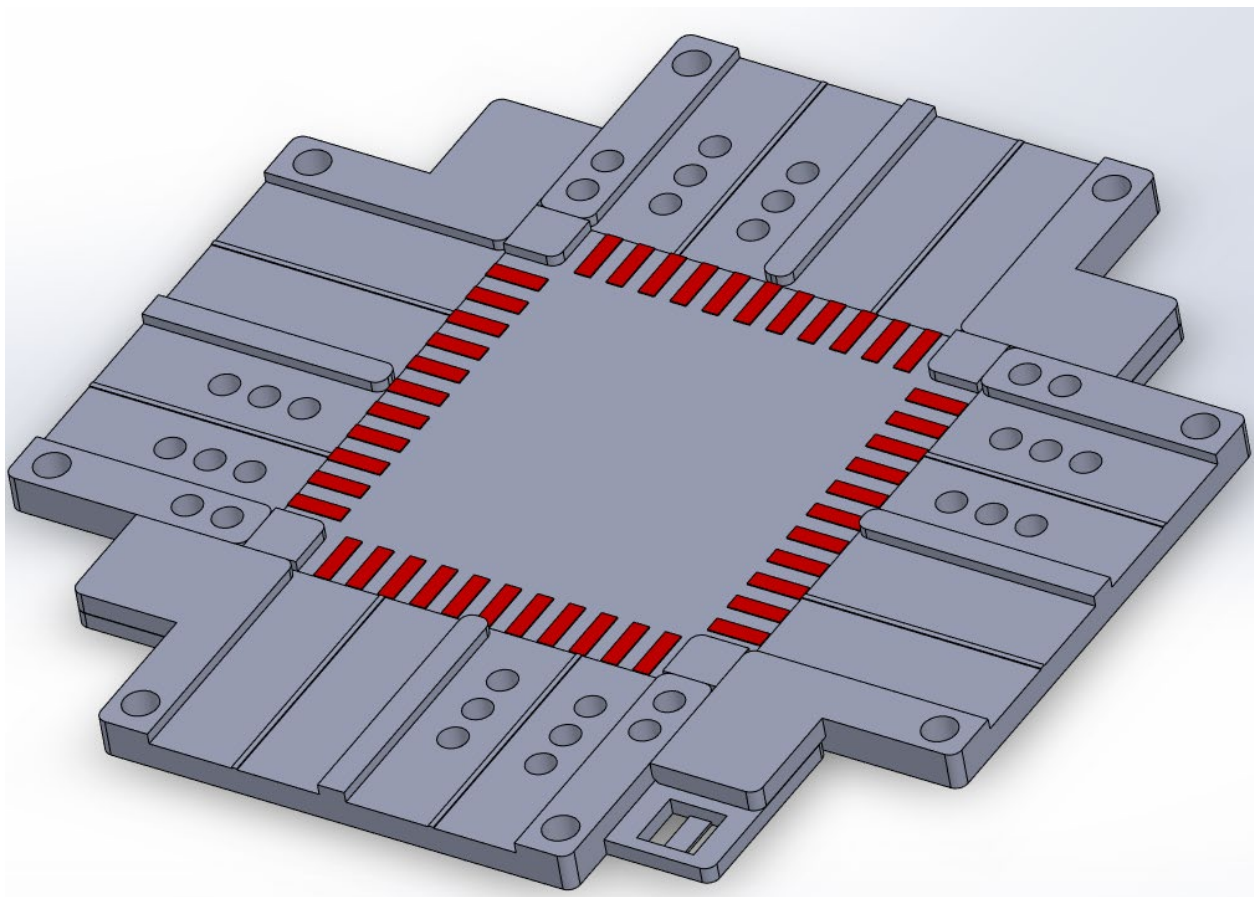
3.2. Механична подсистема. Изграждане на кръстовище.

Централната част на макета е кръстовището, което ще бъде захванато чрез несиметричните планки на булевардните части.



Фиг. 3.4. Модел на кръстовище.

Кръстовището се състои от четири по-високи части, които служат като край на тротоара за пешеходци. Пешеходните пътеки са реализирани с леко извишение в модела и са умишлено в различен цвят, наподобяващ реалността. На фиг. 3.5 е показан моделът на кръстовището с монтирана централна част.

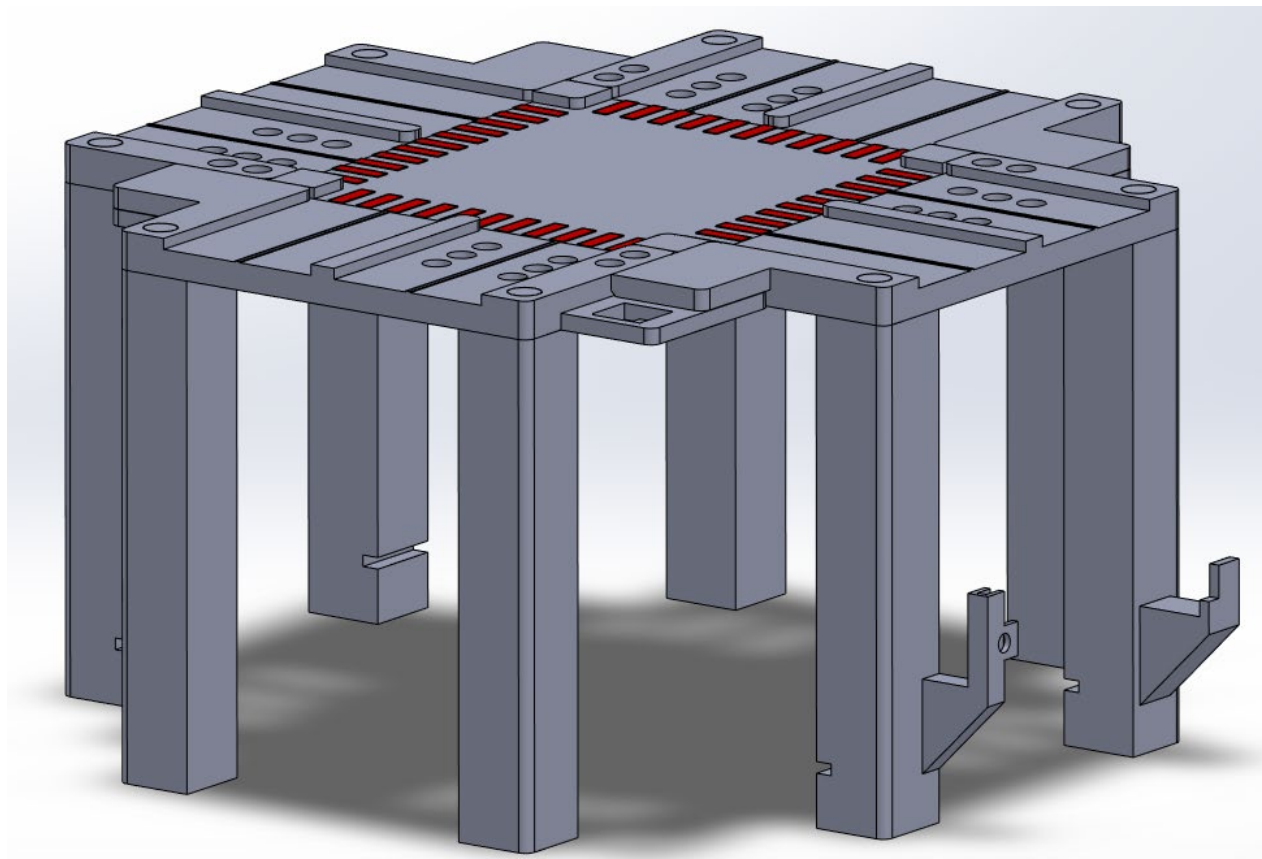


Фиг. 3.5. Модел на кръстовище с централна част.

Пълното кръстовище разполага с четири пешеходни светофара и осем светофара за превозни средства. По-малките отвори, разположени върху пътните ленти и тротоарите, ще служат за закрепяне на светодиодите, които реализират светофарните уредби. По-големите отвори, които се намират по периферията на булевардните части, ще бъдат мястото на закрепяне на вертикалните опори, които издигат цялото кръстовище на височина, позволявайки монтирането на електрическата система под него.

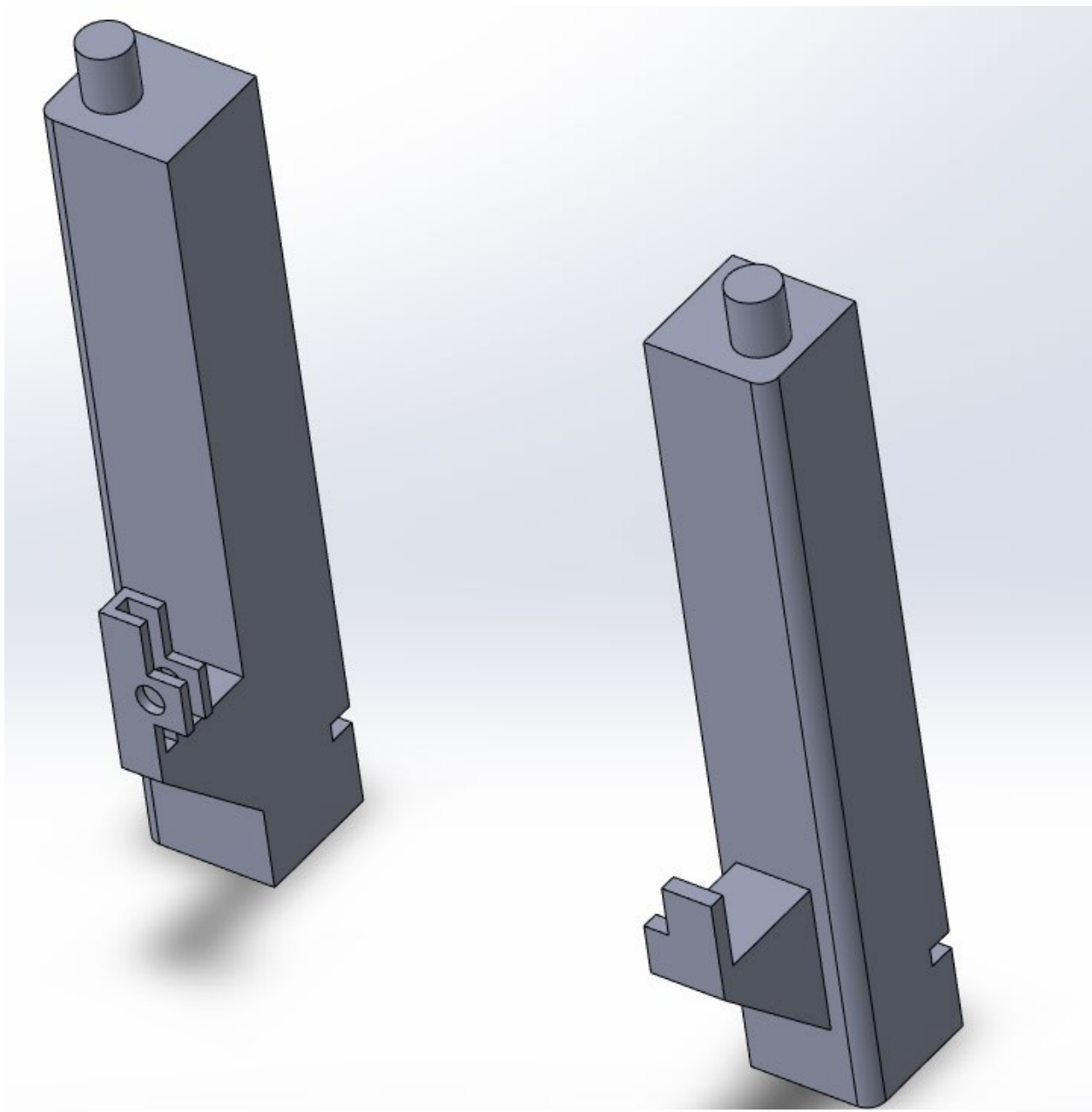
3.3. Механична подсистема. Вертикални опори.

Както вече бе споменато, вертикалните опори служат за отстояване на кръстовището и монтиране на електрическата система. Това изисква те да бъдат индивидуално проектирани в зависимост от тяхната позиция.



Фиг. 3.6. Вертикални опори на макета.

Както може да се види от фиг. 3.6, опорите имат различни модели в зависимост от позицията им. Четири от тях служат за захващането на печатната платка, върху която е реализирана част от електрическата подсистема. Другите четири имат по-прост модел, който изпълнява единствено тяхната главна цел.



Фиг. 3.8. Вертикални опори със захващане на микропроцесорната система.

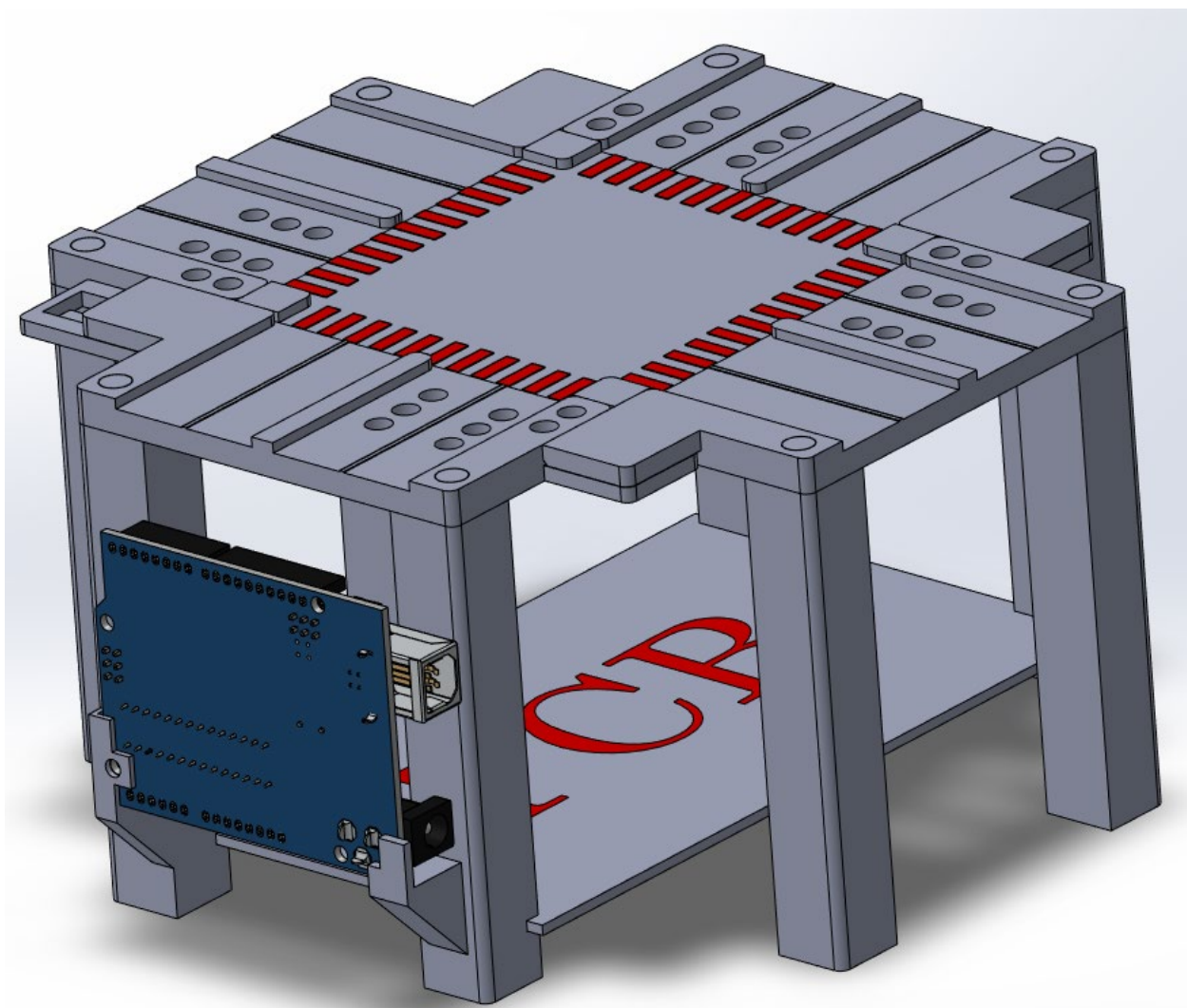
Две от опорите за захващане на печатната платка имат и трета функционалност, а именно захващане на микропроцесорната система, която управлява електрическата част на макета. Те са единствената част от макета, в която се наложи използването на по-здрава връзка – болт и гайка, които ограничават движението на микропроцесорната система.

Върху горната част на всички вертикални опори се намира цилиндрична повърхност, която ще бъде здравата връзка на опорите и споменатите периферни отвори на булевардните части.

Фиг. 3.7 показва модела на вертикална опора, която служи и за захващане на печатната платка. Разликата е в наличието на хоризонтален срез, в който печатната платка ще бъде закрепена.

Чрез изграждането на опорите и булевардните части с високи изисквания към точността на размерите, цялата установка постига стабилност, а печатната платка става част от механичната конструкция, добавяйки към нейната структурна устойчивост.

Вторият комплект от вертикални опори разполага с допълнителни части, показани на фиг. 3.8. Дясната опора служи за ограничение на микропроцесорната система само по вертикала, а лявата опора има допълнителен отвор за фиксиране по всички направления. Отстоянието от главната част на опората е изчислено за плътно допиране на микропроцесорната система.



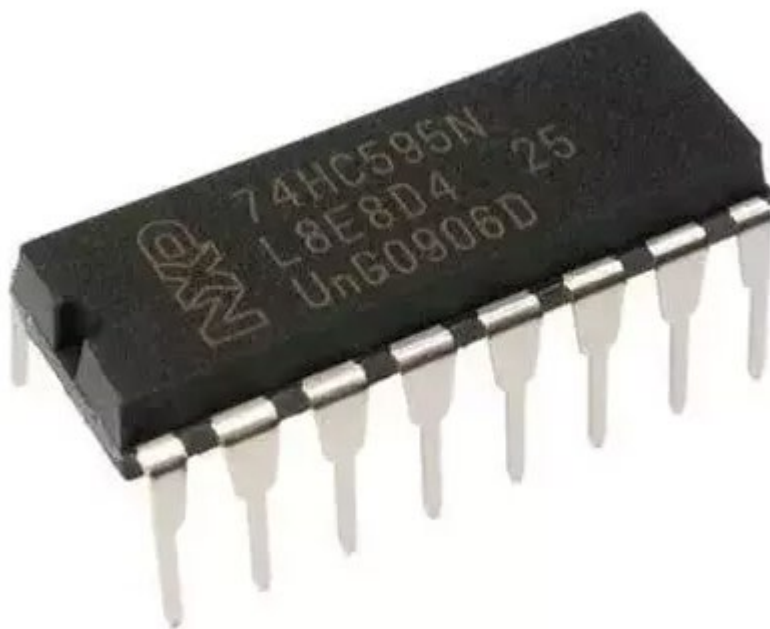
Фиг. 3.9. Пълна механична конструкция на макета.

Моделът на макета е завършен и отделните части са изградени с помощта на 3Д принтер. Трябва да се отбележи, че опорите с функция за захващане на микропроцесорната система са специфично проектирани за избраната развойна платка **Arduino Uno**. На фиг. 3.9 е показан пълният модел, който показва и планираната ориентация на развойната платка спрямо макета, както и позицията на печатната платка от електрическата подсистема.

3.4. Електрическа подсистема. Схема на свързване.

В основата на електрическата схема е управлението на светофарните уредби чрез микропроцесорната система. Вторият компонент е споменатият пешеходен бутон, чието състояние трябва да бъде регистрирано от управляващата схема.

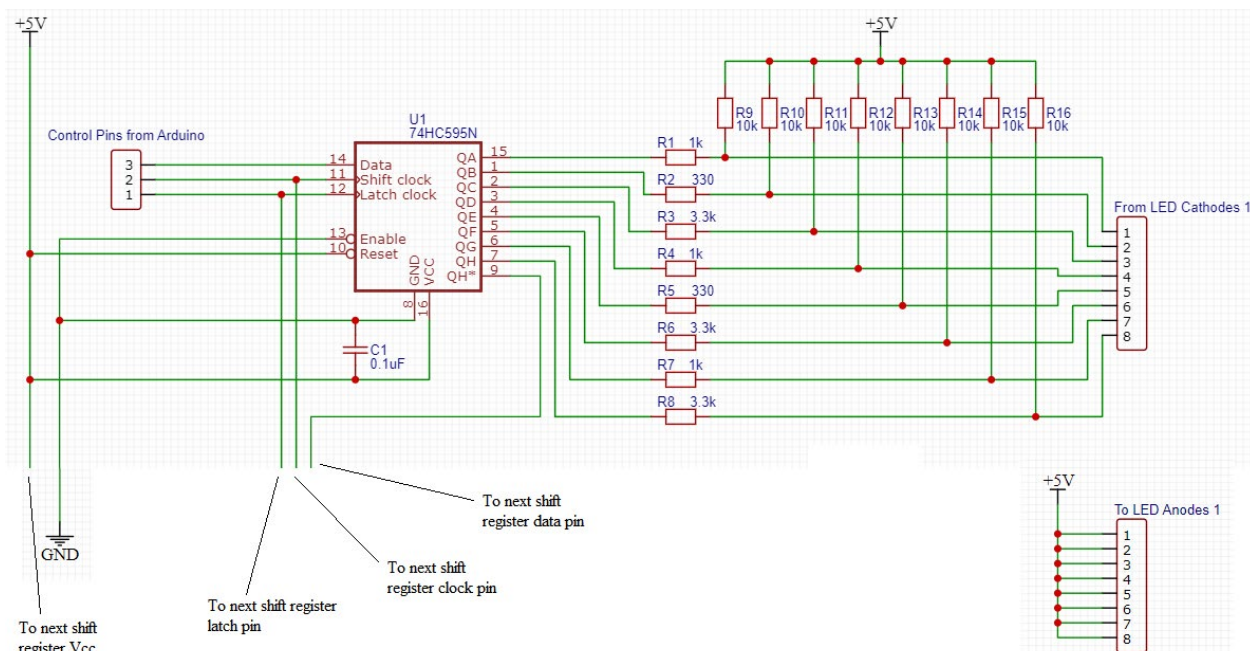
Светофарните уредби са изградени от светодиоди, като общият брой се равнява на 32, от които 24 са за автомобилните светофари и 8 за пешеходните. Системата трябва да бъде способна да актуализира състоянието на всички светодиоди едновременно. За целта като главен компонент е подбрана интегрална схема на отместващ регистър модел **74HC595**.



Фиг. 3.10. Интегрална схема 74HC595.

Типът на отместващия регистър е сериен вход – паралелен изход. Това позволява едновременното актуализиране на всичките изходи. Избраната интегрална схема разполага с 8 паралелни изхода. Удобна функционалност на избрания **74HC595** е способността за последователно свързване на няколко идентични схеми, още познато като daisy chain. При такава структура

сериен вход на всеки следващ регистър се захранва от последния изход на предхождания го такъв. За управлението на 32 светодиода в тази разработка са използвани 4 от описаните интегрални схеми.



Фиг. 3.11. Част от електрическата схема на макета.

Електрическата схема за управление на светофарните уредби се състои от 4 повтарящи се подсхеми, една от които е показана на фиг. 3.11.

Управляващите сигнали от микропроцесорната система са свързани към изводи 11, 12 и 14 на интегралната схема. Може да се забележи, че извод 14 (за данни) е свързан към управляващ сигнал единствено на първата подсистема, а всяка следващата получава своя вход за данни от изхода на предишната (извод 9 на **74HC595**).

Всички отместващи регистри имат паралелно свързани изводи 11 и 12, което позволява едновременното им управление и извеждане на данни.

Захранващите изводи 8 и 16 са подпомогнати от декупиращ керамичен кондензатор, който спомага при наличието на по-голяма консумация и позволява поддържане на номинално захранващо напрежение.

Извод 13 е с инвертирана логика и е свързан към земя, което разрешава цялостната работа на интегралната схема.

Аналогично извод 10 е свързан към захранващо напрежение, за да може регистъра да бъде в постоянно активно състояние и да не се нулира.

Изводи 1 до 7 и 15 са управляемите изводи на отместващия регистър. Към тях са свързани катодите на светодиодиите от светофарната уредба през токограничаващи резистори R1 – R8. Стойностите на резисторите са подбрани с цел приблизително идентичен интензитет на светене от светодиодиите.

Анодите на всички светодиоди са свързани директно към захранващо напрежение. По този начин управлението на светодиодиите от електрическа гледна точка се осъществява чрез отваряне на път към земя, още познато в литературата като “sinking current”. Този подхват е препоръчан от създателите на интегралната схема **74HC595**, които споменават в документацията на компонента, че той е способен да приема повече ток отколкото да отдава (sink vs source).

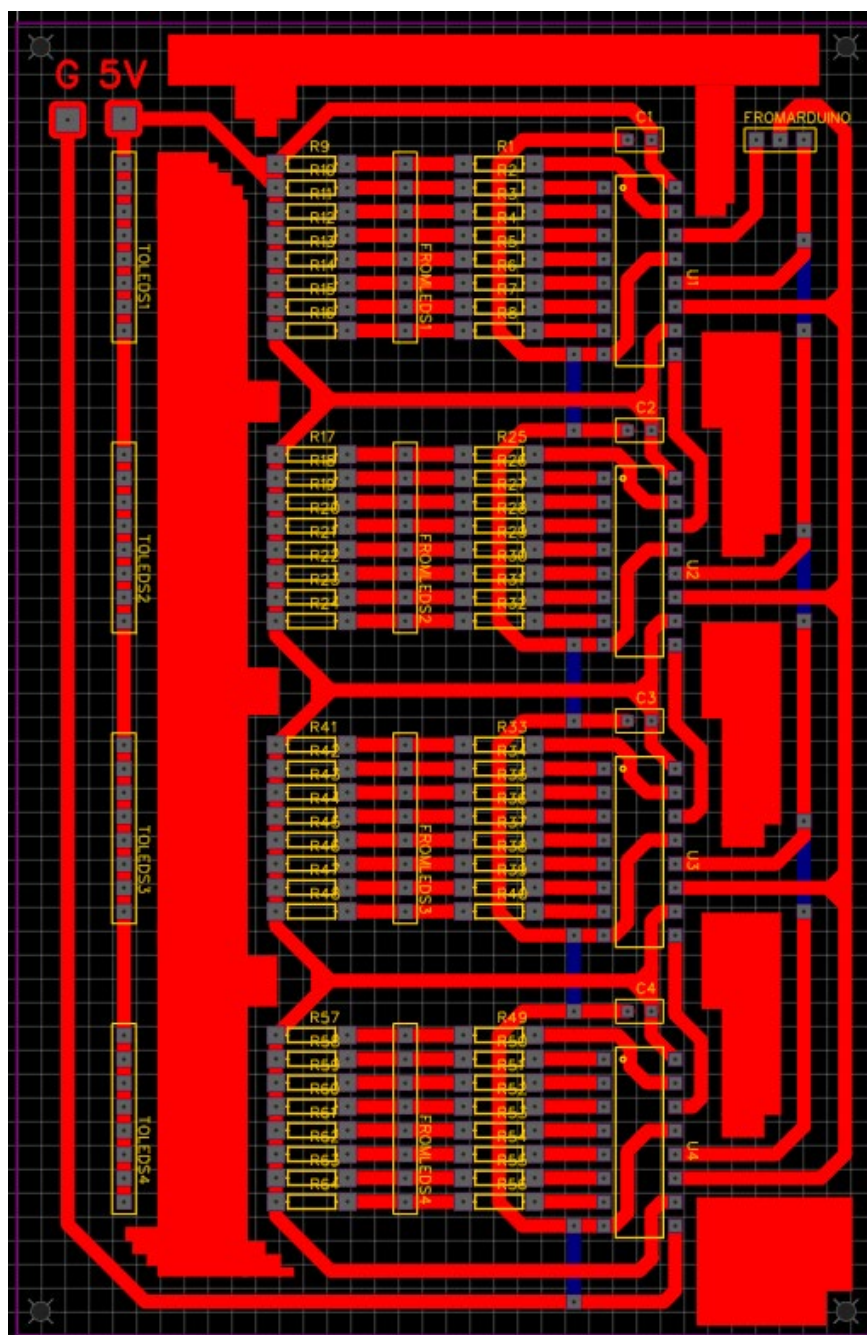
Интерес на фиг. 3.11 представляват резистори **R9 – R16**. Те служат за осигуряване на точно логическо ниво на изводите на светодиодиите. Още познати като издърпващи резистори (pull-up resistors), те подсигуряват, че при липса на управляващ сигнал катодите на светодиодиите ще бъдат „издърпани“ към захранващо напрежение, което ще реализира нулева потенциална разлика между двата светодиодни извода – липса на светлина. Този подход е избран вследствие на препоръка от документацията на отместващия регистър, както и след проведен експеримент. При липсата на тези резистори има произволни моменти, в които при превключване на интегралната схема, нейните изводи не са в дефинирано логическо ниво и вследствие на това се появява слаба

светлина от светодиодите, тъй като има достатъчна потенциална разлика между анода и катода за да протече ток през светодиода.

Разбира се, всяко предимство е придружено от недостатък. В конкретния случай, наличието на тези резистори причинява протичането на допълнителен ток от захранващото напрежение през интегралната схема към земя. Това се случва само когато даден извод на интегралната схема е включен и осигурява връзка към нулев потенциал. Избраните стойности на издърпващите резистори подsigуряват, че този допълнителен ток е в диапазона на микроампери, което е незначително за захранването на системата.

3.5. Електрическа подсистема. Изработка на печатна платка.

Електрическата схема от т. 3.4 е удобна за реализация върху печатна платка. Главните предимства са осигуряването на по-компактен размер на електрическата подсистема и преминаване от прототипна платка със слабо



Фиг. 3.12. Дизайн на печатна платка.

свързани проводници към печатна платка с добри електрически връзки под формата на медни писти.

На фиг. 3.12 е показан дизайна на печатната платка. В центъра се намират четирите интегрални схеми на отместващите регистри заедно с токоограничаващите резистори за всеки светодиод и издърпващите резистори. В дясната част са разположени паралелните управляващи сигнали от микропроцесорната система. Лявата част на печатната платка се състои от две удебелени медни писти, които осигуряват захранващото напрежение на цялата електрическа схема.

Допълнителните плътни полета, които не са част от електрическата схема са с цел по-бърза изработка на платката при процеса на отнемане на медното покритие от заготовката.

Изработката на печатната платка използва методика на ецване, която е непрофесионална, но достатъчно добра при използване в домашни условия.

Процесът започва чрез принтиране на дизайна на печатната платка с лазерен принтер върху гланцирана хартия. След това заготовката (помеднена платка) претърпява подготовка под формата на механично изтъкване на повърхностния слой меден оксид. Гланцираната хартия с принтирания дизайн се залепва с лепенка към приготвената заготовка и започва процес на равномерно загряване. Целта е топлината да принуди гланцирания слой на хартията да се вмекчи, при което финната прах от лазерния принтер се пренася върху помеднената платка. В домашни условия, удобен инструмент за загряване е ютия, а процесът на затопляне трае поне 6-7 минути, в зависимост от размера на дизайна.

След приключване на процеса по затопляне, гланцираната хартия може да се отлепи внимателно и да се оцени резултата от прехвърляне на дизайна върху печатната платка. Този процес е изключително чувствителен към качеството на подготовка на помеднената платка, както и към предхождащия го процес по затопляне. В случай, че гланцираната хартия не се отделя с минимални усилия, цялата печатна платка с хартията се поставя в съд с вода и се изчаква до почти пълно разлепване.

Следващият процес е т.нар. ецване, което представлява премахване на помеднения слой от платката. Целта в тази стъпка е премахването на всяка част от помеднения слой, която не е покрита с дизайна на печатната платка. По този начин се образуват същинските медни писти от дизайна.

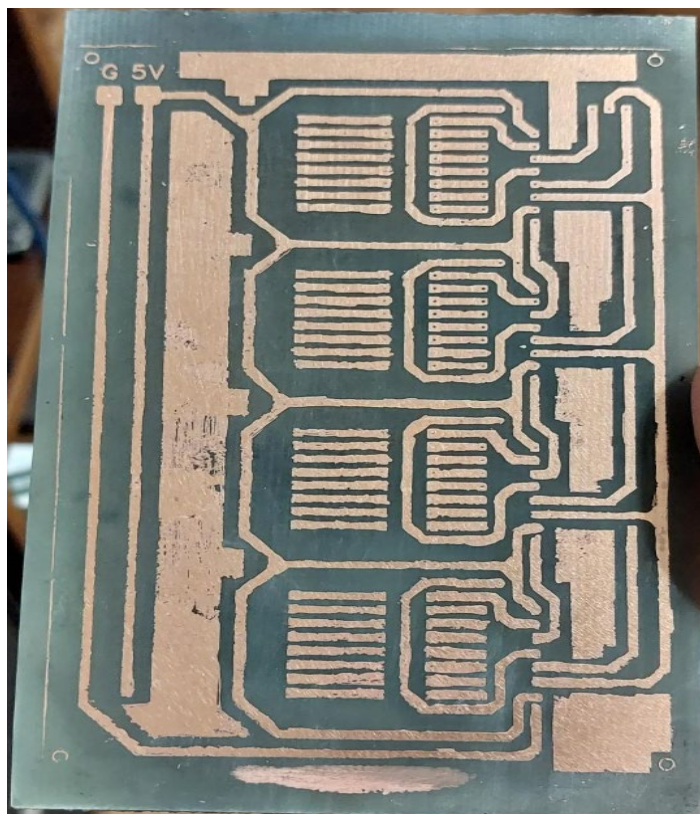
В тази стъпка се използват токсични разтвори и се препоръчва използването на предпазни очила и ръкавици.

Процесът по ецване се реализира чрез използването на лимонена киселина, кислородна вода и обикновена трапезна сол. Съставките се сипват в пластмасов съд (задължително неметален), като се цели съотношение 100мл кислородна вода за всеки 30 грама лимонена киселина, а трапезната сол се прибавя като катализатор на процеса. Количеството разтвор трябва да бъде достатъчно, че цялата платка да бъде потопена. Вече споменатите допълнителни плътни полета върху дизайна на печатната платка осигуряват, че ще се намали максимално количеството мед, която трябва да бъде премахната от платката, тъй като силата на разтвора намалява колкото повече мед е отнета.

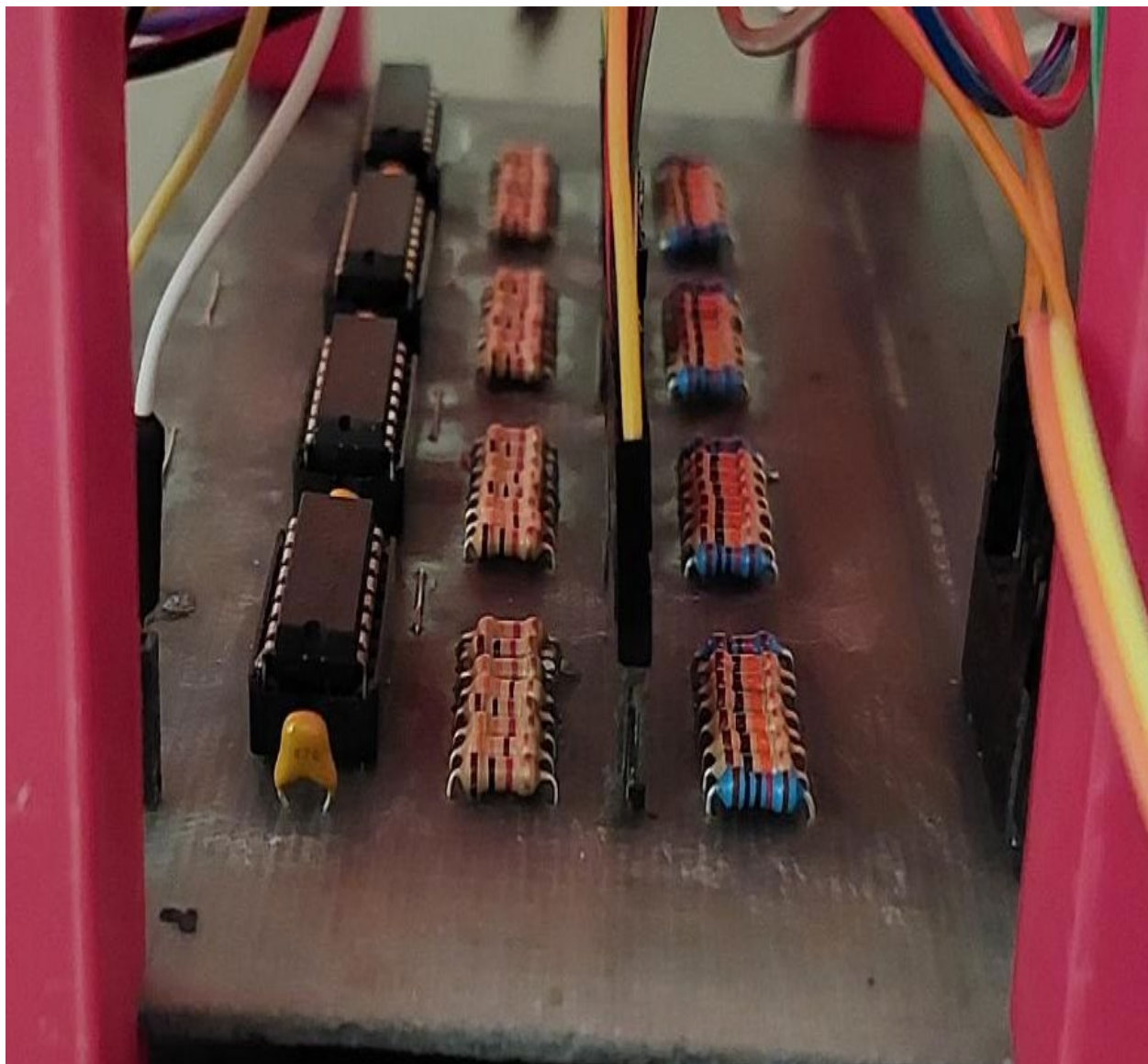
Добра практика е процесът да се наблюдава и при достигане на желания резултат, а именно успешно отнемане на непокрития меден слой от платката, ецването да бъде прекратено и платката извадена от разтвора и обилно измита

под течаща вода. Причината за това е, че разтворът е силно активен и след като отнеме непокрития меден слой, той започва бавно да отнема и покрития слой, което е нежелан ефект.

След завършване на процеса по ецване се преминава към финалния етап от изработката, който е пробиването на нужните отвори за компонентите и насищането на платката с тях. В този процес се изисква старание, тъй като отворите са с малки размери (диаметър 1мм) и има голяма вероятност да се наруши медното покритие и да се прекъсне връзка от схемата. Насищането на компонентите се извършва по електрическата схема, като по-големите компоненти, като цокли за интегрални схеми и рейки за сигнали е препоръчително да бъдат запоявани докато към тях са прикрепени елементите, за да служат като проводници за разсейване на топлината. В противен случай има вероятност при запояването да се наруши връзката между металните пластини в цоклите/рейките и пластмасата, която изгражда корпуса им.



Фиг. 3.13. Печатната платка след процеса по ецване.



Фиг. 3.14. Печатната платка след насищане с компоненти.

Печатната платка е завършена, с което електрическата схема е подсигурана. Фиг. 3.13 и 3.14 показват реализираната платка в различните етапи от изработка. Резултатите са задоволителни, дизайна е успешно пренесен върху печатната платка, а 3Д моделът на макета успешно осигурява правилното позициониране на електрическата система под кръстовището.

3.6. Пълна установка.

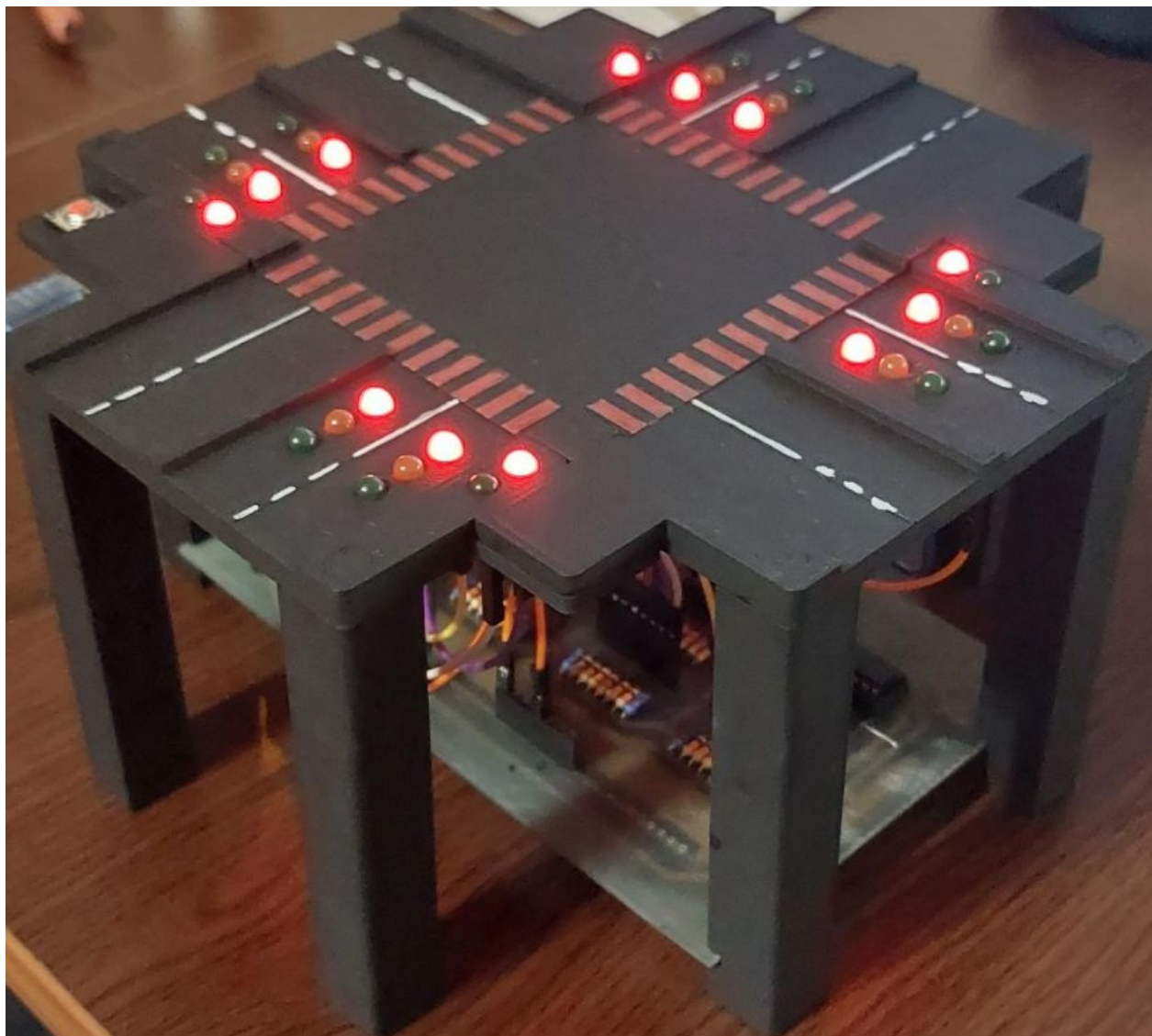
Механичната и електрическите подсистеми са завършени, с което може да се премине към последните етапи от сглобяването на макета. Всички светодиоди се позиционират в направените отвори, при което анодните им изводи се запояват един към друг и се извеждат с проводник към печатната платка, където се свързват към захранващо напрежение. За управление, всеки катод на светодиод се свързва с проводник към съответния извод на интегралните схеми от печатната платка.

Микропроцесорната система се свързва към изводите за управление на печатната платка. Ако се избере подход, при който тази система осигурява и захранващото напрежение на целия макет, то изводите върху печатната платка се свързват към съответните захранващи изводи на развойната платка.

След това свързаната електрически развойна платка за управление се прикрепя към описаните две опори от макета, пригодени за Arduino Uno.

Нанасят се естетически допълнения към макета, след което се пристъпва към софтуерна реализация.

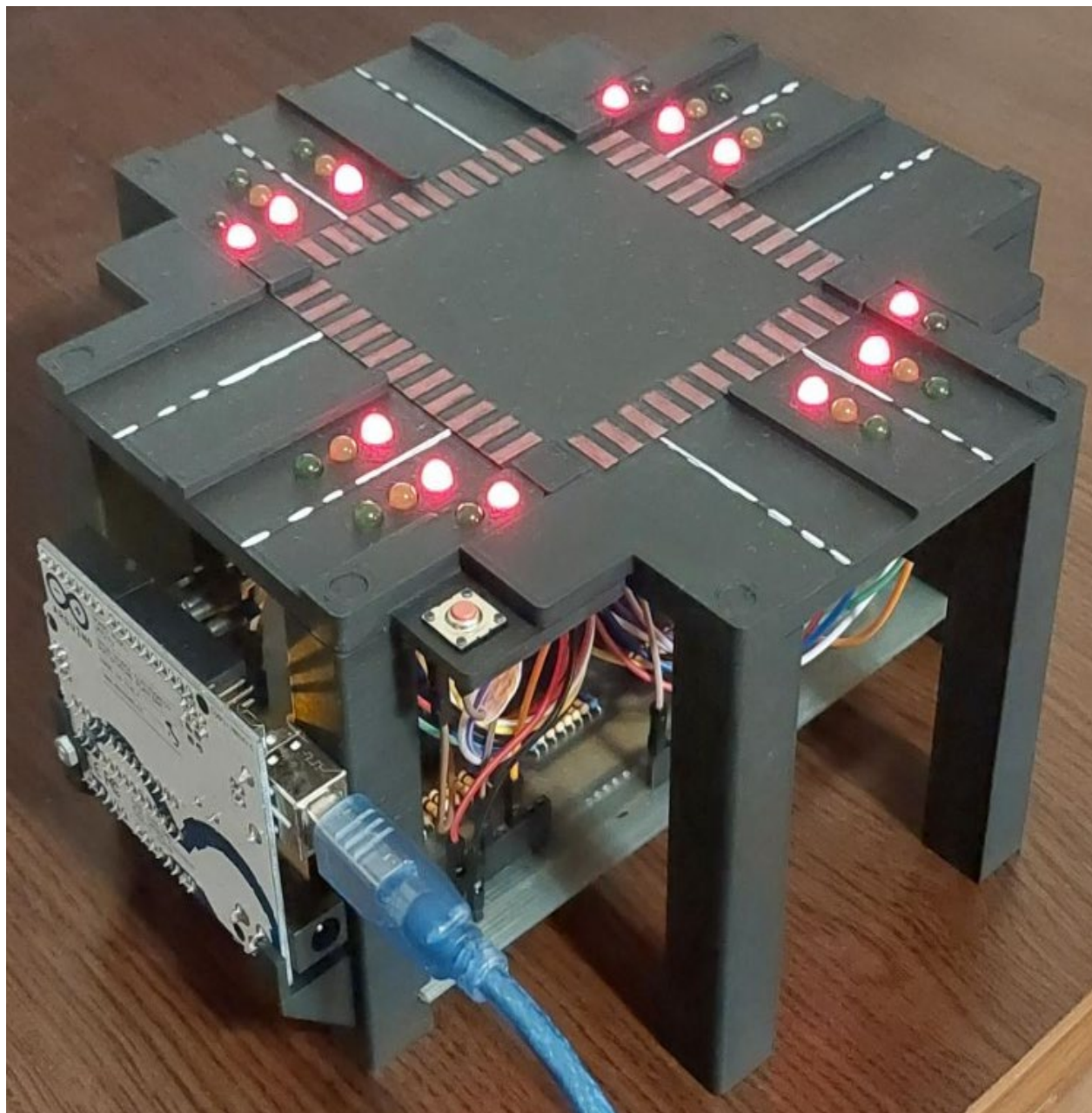
Фиг. 3.15 и 3.16 показват завършения макет след пълно свързване на електрическите връзки, управляващата система и естетическите добавки към модела.



Фиг. 3.15. Завършен макет.

Светодиодите са позиционирани, печатната платка е добре захваната между опорите, кръстовището е с отличителни пешеходни пътеки. Отворената конструкция на опорите позволява изглед към електрическата подсистема на макета.

Прикрепянето на развойната платка е успешно, а броят връзки за демонстрация действието на макета е редуциран до една – захранващ проводник към микропроцесорната система, която осигурява захранването на целия макет и управлението му.



Фиг. 3.16. Завършен макет, втори изглед.

От този изглед може да се забележи и позицията на бутона за специален пешеходен режим, който е успешно вграден в макета без използването на перманентни връзки като лепило, запояване или болт/гайка. Действието на този бутон, както и електрическото му свързване ще бъдат описани в следващата глава от тази разработка.

ГЛАВА №4: Програмна реализация на светофарната уредба.

Основната част от софтуера на установката е успешното управление на споменатите отместващи регистри **74HC595**. Серийният вход и способността за последователно свързване (daisy chain) са много удобни за комбинация с някои от серийните комуникационни протоколи, присъщи на микропроцесорните системи.

Натискането на бутона за специален пешеходен режим е асинхронно събитие, което трябва да бъде отчетено от системата. Електрическата част на бутона е осъществена с помощта на вграден издърпващ резистор в микропроцесорната система. При ненатиснат бутон, дигиталният вход, отговарящ на състоянието на бутона, е издърпан към логическо високо ниво. Другият извод на бутона е свързан към нулев потенциал. При натиснат бутон, двата извода се обединяват механично, което създава електрическа връзка от захранващо напрежение към нулев потенциал (земя), ефективно принуждавайки дигиталния изход на микропроцесора да отчете ниско логическо ниво. Наличието на издърпващ резистор осигурява, че протичащият ток няма да бъде висок.

4.1. Алгоритъм за управление на отместващ регистър 74HC595.

В глава 3 бяха споменати управляващите сигнали към интегралната схема, като два от тях са паралелно свързани към всички интегрални схеми. Те са тактовият сигнал (serial clock) и сигналят за извеждане на данни (latch) на паралелните изходи.

Алгоритъмът за управление на регистрите е реализиран с помощта на серийна комуникация SPI (serial peripheral interface). Последователността от действия започва с привеждането на сигнала за извеждане на данни (latch) в ниско логическо ниво. След това се осъществява поредица от импулси на тактовия

сигнал. При такова състояние на управляващите сигнали, на всеки преден фронт на тактовия сигнал в отместващия регистър се зарежда стойността, която е на извод 14 (сигнал за данни). При всеки следващ тактов импулс, стойностите в регистъра се отместват (откъдето идва и името му) с една позиция назад, а на първа позиция влиза текущата стойност на извод 14. При наличието на един отместващ регистър, на всеки тактов импулс стойността в последната позиция се губи от паметта на регистъра и се извежда на извод 9, но в конкретната разработка има свързани 4 регистъра последователно и както бе споменато в глава 3, извод 9 на интегралната схема е свързан към извода за данни на следващия регистър. Това спомага ефективно да бъде реализиран един голям отместващ регистър с 32 позиции – точно колкото е броят на светодиодите за светофарните уредби.

```
void sender()
{
    /* Slave Select low */
    digitalWrite(LATCH_PIN, LOW);

    for (int8_t i = 0; i < TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL; i++)
    {
        /* This should send 32 bits down the drain for all 32 lights */
        SPI.transfer(traffic_direction_array[i]);
    }
    /* Slave Select high -> rising edge transfers data to outputs */
    digitalWrite(LATCH_PIN, HIGH);
}
```

Фиг. 4.1. Алгоритъм за управление на отместващи регистри.

Процесът по управление включва наличието на 32 тактови импулса, след което сигнала за извеждане на данни се привежда към високо логическо ниво. В същия момент, всички изходи на регистрите се актуализират със стойностите, които са били записани в тях. Фиг. 4.1 показва алгоритъма под формата на програмен код.

Всяко извикване на *SPI.transfer* реализира 8 тактови импулса, прехвърляйки 8 стойности в регистрите. Цикълът е ограничен от *TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL*, което позволява модифицирането на функцията за променлив брой булеварди в едно кръстовище. Масивът от данни *traffic_direction_array* държи състоянието на всички 32 светлини от кръстовището за текущия момент.

4.2. Използвани типове данни.

За реализация на логиката на кръстовището между два булеварда е създадена комплексна структура от данни, която ще се използва за съхранение на нормалната ротация на кръстовището, както и за специалния пешеходен режим.

```
/* Possible normal states of a singular traffic direction */
typedef enum
{
    STRAIGHT_RIGHT_GO_SOON,
    STRAIGHT_RIGHT_GO, /* Adjoining pedestrian light is also on */
    STRAIGHT_RIGHT_STOP_SOON,
    LEFT_GO_SOON,
    LEFT_GO,
    LEFT_STOP_SOON,
    ALL_STOPPED,
    TRAFFIC_DIR_STATE_COUNT
} TrafficDirectionState;

/* Represents the current state of the whole traffic junction */
typedef struct
{
    TrafficDirectionState directions[TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL];
    uint32_t StateDuration_ms;
} TrafficJunctionState;
```

Фиг. 4.2. Типове от данни за управление на кръстовище.

Изброеният тип (enum) е отговорен за дефинирането на всички възможни състояния на една посока от кръстовището.

Структурата от данни държи в себе си масив от изброени типове за посоките на кръстовището, в конкретния случай *TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL* е със стойност 4, както и колко време продължава това състояние. По този начин, структурата напълно описва състоянието на цялото кръстовище в даден момент.

4.3. Връзка между състояние на кръстовище и стойности в регистрите за управление.

В предишната точка бяха описани състоянията на кръстовището по разбираем за човек начин, но микропроцесорната система не е способна да интерпретира информацията по такъв начин. Затова се налага свързване на състоянието на кръстовището с начина на управление на светодиодите. Това е осъществено чрез предварително дефинирани връзки, които превеждат всяко състояние в определена поредица от битове, които се зареждат в отсъстващите регистри.

```
/* TrafficDirectionState represented as uint8_t */
const static uint8_t TrafficDirectionStatesInBits[TRAFFIC_DIR_STATE_COUNT] = {
    0b00101101, /* STRAIGHT_RIGHT_GO_SOON */
    0b11001110, /* STRAIGHT_RIGHT_GO -- adjoining pedestrian light is also on */
    0b10101101, /* STRAIGHT_RIGHT_STOP_SOON */
    0b01100101, /* LEFT_GO_SOON */
    0b01111001, /* LEFT_GO */
    0b01110101, /* LEFT_STOP_SOON */
    0b01101101 /* ALL_STOPPED */
};
```

Фиг. 4.3. Връзка между състояния на кръстовище и стойности в регистрите при нормален режим.

Удобство представлява, че всяка посока от кръстовището съдържа точно 8 светодиода, което позволява пълното използване на uint8 тип от данни. Стойностите в този масив са с инвертирана логика, тъй като регистрите се

ползват за приемане на ток (sinking). Съответно, активно ниво на светодиодите се приема 0, а неактивно – 1. Подредбата на светодиодите е както следва:

Първите 3 бита отговарят за червена/оранжева/зелена светлина на автомобилния светофар за продължаване направо и надясно;

Вторите 3 бита отговарят за червена/оранжева/зелена светлина на автомобилния светофар за ляв завой;

Последните 2 бита отговарят за червена/зелена светлина на дясно прилежащия пешеходен светофар на конкретната посока на трафика;

Предефинираната последователност от състояния на цялото кръстовище е показана в следващия фрагмент от код:

```
/* Keeps the expected traffic junction rotation */
/* Order is Direction1, Direction2, Direction3, Direction4, time on in milliseconds */
const static TrafficJunctionState NormalTrafficRotation[TRAFFIC_ROTATION_COUNT] = {
/* State 00: all off */
{ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, 1000},
/* State 01: dir1,dir4 preparing for straight/right and pedestrian */
{STRAIGHT_RIGHT_GO_SOON, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, STRAIGHT_RIGHT_GO_SOON, 1000},
/* State 02: dir1,dir4 straight/right and pedestrian on */
{STRAIGHT_RIGHT_GO, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, STRAIGHT_RIGHT_GO, 3000},
/* State 03: dir1,dir4 straight/right going off and pedestrian hard off */
{STRAIGHT_RIGHT_STOP_SOON, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, STRAIGHT_RIGHT_STOP_SOON, 1000},
/* State 04: all off */
{ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, 1000},
/* State 05: dir1,dir4 preparing for left turns */
{LEFT_GO_SOON, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, LEFT_GO_SOON, 1000},
/* State 06: dir1,dir4 left turn on */
{LEFT_GO, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, LEFT_GO, 3000},
/* State 07: dir1,dir4 left turn going off */
{LEFT_STOP_SOON, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, LEFT_STOP_SOON, 1000},
/* State 08: all off */
{ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, 1000},
/* State 09: dir2,dir3 preparing for straight/right and pedestrian */
{ALL_STOPPED, STRAIGHT_RIGHT_GO_SOON, STRAIGHT_RIGHT_GO_SOON, ALL_STOPPED, 1000},
/* State 10: dir2,dir3 straight/right and pedestrian on */
{ALL_STOPPED, STRAIGHT_RIGHT_GO, STRAIGHT_RIGHT_GO, ALL_STOPPED, 3000},
/* State 11: dir2,dir3 straight/right going off and pedestrian hard off */
{ALL_STOPPED, STRAIGHT_RIGHT_STOP_SOON, STRAIGHT_RIGHT_STOP_SOON, ALL_STOPPED, 1000},
/* State 12: all off */
{ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, ALL_STOPPED, 1000},
/* State 13: dir2,dir3 preparing for left turns */
{ALL_STOPPED, LEFT_GO_SOON, LEFT_GO_SOON, ALL_STOPPED, 1000},
/* State 14: dir2,dir3 left turn on */
{ALL_STOPPED, LEFT_GO, LEFT_GO, ALL_STOPPED, 3000},
/* State 15: dir2,dir3 left turn going off */
{ALL_STOPPED, LEFT_STOP_SOON, LEFT_STOP_SOON, ALL_STOPPED, 1000}
};
```

Фиг. 4.4. Предефинирана ротация на светофарите от кръстовището.

Общо 16 състояния са достатъчни за пълно пропускане на трафика във всички посоки. Последният параметър показва продължителността на състоянието в

милисекунди, като трябва да се отчете, че за целите на тази разработка, времето е забързано многократно спрямо реална светофарна уредба.

Специалният пешеходен режим изисква индивидуални връзки между състоянието на кръстовището и стойностите на управляващите регистри.

```
/* TrafficDirectionState represented as uint8_t FOR TRANSITION TO SPECIAL PEDESTRIAN MODE */
const static uint8_t TrafficDirectionStatesInBits_Special[TRAFFIC_DIR_STATE_COUNT] = {
    0b10101101, /* STRAIGHT_RIGHT_GO_SOON */
    0b10101110, /* STRAIGHT_RIGHT_GO */
    0b10101101, /* STRAIGHT_RIGHT_STOP_SOON */
    0b01110101, /* LEFT_GO_SOON */
    0b01110101, /* LEFT_GO */
    0b01110101, /* LEFT_STOP_SOON */
    0b01101101 /* ALL_STOPPED */
};

/* TrafficDirectionState represented as uint8_t FOR ACTIVE SPECIAL PEDESTRIAN MODE */
/* All pedestrian lights are on */
const static uint8_t TrafficDirectionStatesInBits_SpecialMode = 0b01101110;

/* Time periods in milliseconds for the special mode states */
const static uint32_t SpecialModeTimes_ms[TRAFFIC_ROTATION_COUNT_SPECIAL] = {
    1000, /* Time in transition period */
    1000, /* Time with everything off - cars and pedestrians (except pedestrians that are already green) */
    5000 /* Time in actual special pedestrian mode */
};
```

Фиг. 4.5. Специален пешеходен режим на кръстовището.

Както може да се забележи, специалният пешеходен режим активира всички пешеходни светофари на кръстовището и спира всички автомобилни светофари за определено време, но преди това подсигурява, че активните автомобилни светофари са плавно спряни, за да няма внезапно натоварване на трафика.

4.4. Режим на стартиране.

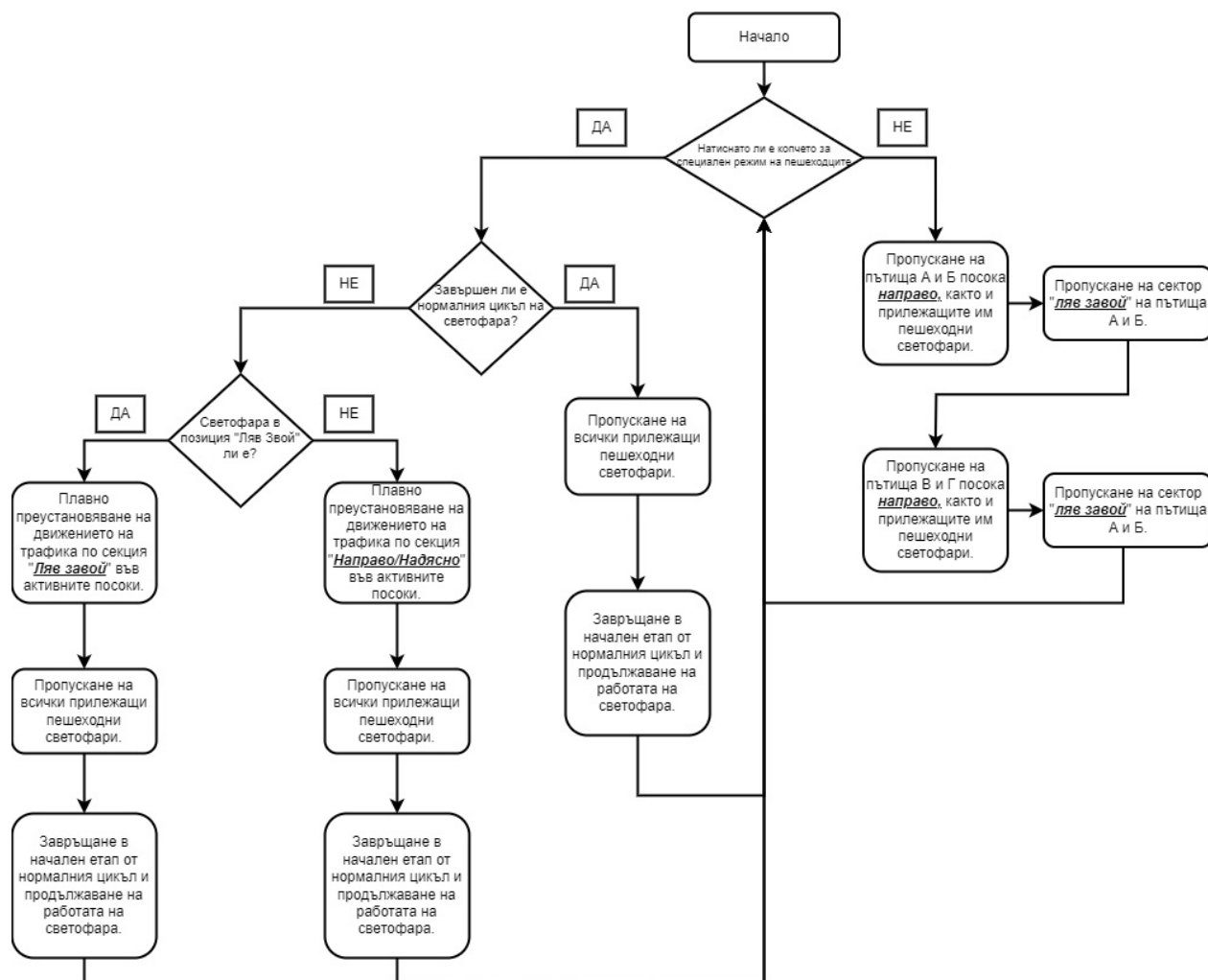
При стартирането на установката се инициализират изводите на микропроцесорната система, както и използваните комуникационни протоколи. За подsigуряване на стандартизирано начално условие, всички светофари се изключват напълно при инициализация на системата.

```
void setup () {  
    /* Set types for pins */  
    pinMode(DEBUG_PIN ,      OUTPUT);  
    pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);  
    pinMode(LATCH_PIN ,      OUTPUT);  
    pinMode(DATA_PIN ,       OUTPUT);  
    pinMode(CLOCK_PIN ,      OUTPUT);  
  
    /* Setup SPI communication for shift register control */  
    SPI.begin();  
    /* Begin SPI communication */  
    SPI.beginTransaction(SPISettings(8000000, LSBFIRST, SPI_MODE0));  
  
    /* Make sure everything is turned off on power on */  
    init_traffic_fill();  
    /* SPI Send - output to actual LEDs */  
    sender();  
  
    delay(1000);  
  
    /* Start serial communication for logging purposes */  
    Serial.begin(115200);  
} /* end of setup */
```

Фиг. 4.6. Режим на стартиране на установката.

4.5 Главен алгоритъм на макета.

С помощта на вградените таймерни подсистеми на използваната микропроцесорна система се реализира такт от 50 Hz. Състоянието на бутона за специален режим и проверката за изминало време в текущото състояние на кръстовището се проверяват 50 пъти в секунда.



Фиг. 4.7. Блок схема описваща начина на работа създадената светофарна

Алгоритъмът започва с проверка за състоянието на бутона за специален режим. Условието изисква системата вече да е извън този режим, както и да е извън интервала от време, в който бутона е неактивен (непосредствено след приключване на специален режим). По този начин се избягва възможността за непрестанно състояние на специален режим за цялото кръстовище.

```
void loop ()
{
    /* 50 Hz loop rate desired */
    if ((unsigned long) (millis() - timer_loop) >= SAMPLE_TIME_MS)
    {
        /* Get loop start time */
        _loop_time = micros();
        /* Logging only variable to make sure we have the desired SAMPLE_TIME_US */
        _timer_loop = millis() - timer_loop;
        /* Main sample time variable */
        timer_loop = millis();

        /* Check for new button presses for the special pedestrian mode,
           but only if we are not currently in it */
        if ( (0 == special_mode) && (0 == buttonFreeze) )
        {
            input_button = digitalRead(BUTTON_PIN);
            if (!input_button)
            {
                /* Turn on special mode */
                special_mode = 1;
                /* Reset special mode sequence counter */
                special_operation_counter = 0;
            }
        }
    }
}
```

Фиг. 4.8. Проверка за натиснат бутон за специален режим.

След това се пристъпва към проверка за изминало време в текущо състояние. Първата стъпка при промяна на състоянието е да се освободи неактивния бутон за специален режим, ако той е бил спрян вследствие изпълнение на специален режим.

В случай, че бутонът не е натиснат, то кръстовището оперира по предварително дефинираната последователност от фиг. 4.4. Реализирането на тази последователност се състои от превръщане на словесното състояние на кръстовището в битови стойности, които да бъдат заредени в регистрите. Функцията *parseTrafficLights()* извършва тази връзка, като за параметър приема брояч на поредното състояние от нормалната последователност на кръстовището.

```

/* Check if it's time to change the traffic state */
if ((unsigned long)(millis() - TIME_STAMP_SWITCH) >= TIME_PERIOD_TRAFFIC_SWITCH)
{
    /* Remember the time needed to be in this state */
    TIME_STAMP_SWITCH = millis();

    digitalWrite(DEBUG_PIN, !digitalRead(DEBUG_PIN));

    /* If the special mode button was previously frozen to enable no overlap
       of special modes, enable it again */
    if (1 == buttonFreeze)
    {
        buttonFreeze = 0;
    }

    /* Normal operation */
    if (0 == special_mode)
    {
        /* Parse the predefined array with traffic states */
        parseTrafficLights(normal_operation_counter);

        /* Assign a value to the wait period until next traffic switch */
        TIME_PERIOD_TRAFFIC_SWITCH = NormalTrafficRotation[normal_operation_counter].StateDuration_ms;

        /* Progress the normal traffic sequence counter */
        normal_operation_counter_prev = normal_operation_counter;
        normal_operation_counter++;
        if (normal_operation_counter > TRAFFIC_ROTATION_COUNT - 1)
        {
            normal_operation_counter = 0; /* Once the end of the rotation is reached, start again */
        }
    }
}

```

Фиг. 4.9. Проверка за изминало време в текущо състояние на кръстовището.

Нормален режим на работа.

```

/* Fill the active LED array with predefined values from the normal traffic sequence */
void parseTrafficLights(uint8_t sequenceStep)
{
    for (uint8_t i = 0; i < TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL; i++)
    {
        /* This is one hefty one-liner */
        traffic_direction_array[i] = TrafficDirectionStatesInBits[NormalTrafficRotation[sequenceStep].directions[i]];
    }
}

```

Фиг. 4.10. Превръщане на състояние на кръстовището в битови стойности.

Функцията индексира предефинираният масив, представящ състоянията на кръстовището в битови стойности, като използва брояча на поредното състояние от ротацията. Процесът се повтаря за всички четири посоки на движение, което напълно зарежда новата поредица от 32 стойности за всички светодиоди в кръстовището.

След като се заредят новите стойности в масива за прехвърляне към регистрите, алгоритъмът презарежда променливата `TIME_PERIOD_TRAFFIC_SWITCH` с нова стойност, отговаряща на желаното време, за което новото състояние на кръстовището да бъде активно.

Ако бутонът за специален режим е натиснат, системата започва подготовка за активирането на всички пешеходни светофари.

```

/* Special mode */
else
{
    /* Parse a special sequence with traffic states */
    parseTrafficLightsSpecial(normal_operation_counter_prev);

    /* Assign a value to the wait period until next traffic switch IN SPECIAL MODE */
    TIME_PERIOD_TRAFFIC_SWITCH = SpecialModeTimes_ms[special_operation_counter - 1];

    /* Must wait out the last interval of special pedestrian mode before the button
       becomes active again */
    if (0 == special_mode)
    {
        buttonFreeze = 1;
    }
}

```

Фиг. 4.11. Специален режим на работа на кръстовището.

Аналогично на алгоритъма при нормален режим, при специалния режим отново се превръща желаното състояние на кръстовището от словесно към битови стойности, както и се взима новото време за продължителност на състоянието. Разликата е в мястото, от където се зареждат тези желани стойности. Както бе споменато, специалният режим на кръстовището има индивидуална последователност.

Може да се забележи, че функцията работи с предишното стойност на брояча за състояние на кръстовището – това е поради факта, че специалният режим е асинхронен и има различно поведение в зависимост от момента на натискане на бутона.

```
/* Fill the active LED array with predefined values from the special mode traffic sequence */
void parseTrafficLightsSpecial(uint8_t sequenceStep)
{
    /* Keep track at which step of the special mode we are in */
    special_operation_counter++;

    if (1 == special_operation_counter)
    {
        for (uint8_t i = 0; i < TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL; i++)
        {
            /* This is yet another hefty one-liner */
            traffic_direction_array[i] = TrafficDirectionStatesInBits_Special[NormalTrafficRotation[sequenceStep].directions[i]];
        }
    }
}
```

Фиг. 4.12. Специален режим на работа на кръстовището. Стъпка 1.

В стъпка 1 от подготовката за специален режим, масивът за стойности към регистрите се попълва с битови стойности от специалният масив, но използва индекса за състояние на нормалния масив, тъй като предишното състояние на кръстовището е било някое от нормалните състояния.

```

if (2 == special_operation_counter)
{
    for (uint8_t i = 0; i < TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL; i++)
    {
        /* Full stop everything */
        if (traffic_direction_array[i] == TrafficDirectionStatesInBits_Special[STRAIGHT_RIGHT_GO])
        {
            traffic_direction_array[i] = TrafficDirectionStatesInBits_SpecialMode;
        }
        else
        {
            traffic_direction_array[i] = TrafficDirectionStatesInBits_Special[ALL_STOPPED];
        }
    }
}

```

Фиг. 4.13. Специален режим на работа на кръстовището. Стъпка 2.

При стъпка 2 се приема, че всички автомобилни светофари са напълно спряни или в жълта светлина. Поради тази причина може да се зареди целият масив с битови стойности, отговарящи на напълно спряни автомобилни и пешеходни светофари.

Изключение прави ситуацията, при която специалният режим е включен, когато някои от пешеходните светофари са вече включени (състояние *STRAIGHT_RIGHT_GO*), при което няма смисъл те да бъдат спряни и след това пуснати отново.

```

if (3 == special_operation_counter)
{
    for (uint8_t i = 0; i < TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL; i++)
    {
        /* All pedestrian lights are on */
        traffic_direction_array[i] = TrafficDirectionStatesInBits_SpecialMode;
    }
    /* Turn off special mode after this interval */
    special_mode = 0;

    /* Reset to normal operations */
    normal_operation_counter = 0;
}

```

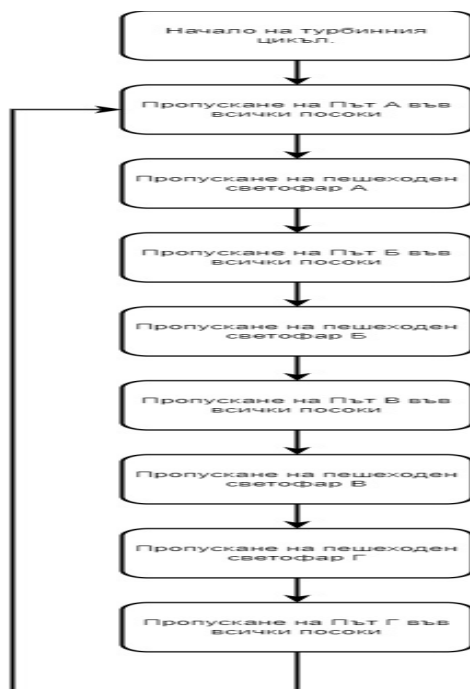
Фиг. 4.14. Специален режим на работа на кръстовището. Стъпка 3.

Стъпка 3 осъществява специалният режим – всички пешеходни светофари са активни. В тази стъпка се нулира флага за специален режим и ротацията на нормалния режим на кръстовището се връща до начална стъпка.

Главният алгоритъм осъществява пълната функционалност на макета и има механизми за справяне с непрестанно натискане на бутона за специален режим. Скоростта на проверка от 50Hz гарантира бърза реакция, а конфигурируемите времена и състояния на кръстовището позволяват да се симулира денонощен цикъл на определено кръстовище, при което дължината на определени състояния, а понякога дори и подредбата им, се изменя спрямо натоварването на трафика.

ГЛАВА №5: Анализ на резултатите и предложения за оптимизация.

За сравнение използваме алгоритма на нормалния турбинен светофар:



Фиг. 5.1. Блок схема показваща работата на нормален турбинен светофар.

```
/* Sampling time in milliseconds */
#define SAMPLE_TIME_MS 200UL

#define BUTTON_PIN 8
#define LATCH_PIN 10
#define DATA_PIN 11
#define CLOCK_PIN 13

#define TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL 4
#define TRAFFIC_ROTATION_COUNT 16
#define TRAFFIC_ROTATION_COUNT_SPECIAL 3

/* Possible normal states of a singular traffic direction */
typedef enum
{
    ALL_GO_SOON, /* Adjacent pedestrian off */
    ALL_GO, /* Adjacent pedestrian light on */
    ALL_STOP_SOON, /* Adjacent pedestrian off */
    ALL_STOPPED, /* Adjacent pedestrian off */
    TRAFFIC_DIR_STATE_COUNT
} TrafficDirectionState;

/* Represents the current state of the whole traffic junction */
typedef struct
{
    TrafficDirectionState directions[TRAFFIC_DIRECTIONS_TOTAL];
    uint32_t StateDuration_ms;
} TrafficJunctionState;

/* TrafficDirectionState represented as uint8_t */
/* Format is:
- 1x3 bits for straight/right traffic light (red, yellow, green)
- 1x3 bits for left traffic right (red, yellow, green)
- 1x2 bits for pedestrian traffic light (red, green)
*/
/* Active state is 0, inactive state is 1 */
const static uint8_t TrafficDirectionStatesInBits[TRAFFIC_DIR_STATE_COUNT] = {
    0b00100101, /* ALL_GO_SOON */
    0b11011010, /* ALL_GO -- Adjacent pedestrian light is also on */
    0b10110101, /* ALL_STOP_SOON */
    0b01101101 /* ALL_STOPPED */
};
```

Фиг. 5.2. Програмна симулация на турбинен светофар.

Подобното проучване и разработване на турбинен светофар и демонстрационна светофарна система разкриват значителни възможности за подобрения в областта на управление на трафика и безопасност на пешеходците. Проектът се фокусира върху реализацията на светофарна система, която успешно оптимизира движението между два ключови булеварда и дава възможност на пешеходците да пресичат пътя във всички посоки.

Създаването на иновативни светофарни решения, които се адаптират към нуждите на участниците в движението, има за цел да подобри ефективността и сигурността на пътното движение в нашите градове. В този контекст, разработката на система с два основни режима на работа, нормален и специален, съчетава оптимален трафиков поток и безопасно преминаване на пешеходците. Основната амбиция на проекта е да демонстрира как чрез правилно проектиране и имплементация на светофарни системи може да се постигне баланс между ефективността и сигурността както за пешеходците, така и за превозните средства. Системата представлява първата стъпка към създаването на умни светофари, които могат да се адаптират към реалния трафик в градските среди.

В допълнение, заключението представя две конкретни технически подобрения, които могат да бъдат приложени в бъдещи светофарни системи. Използването на датчици на Хол предоставя възможност за по-добро измерване на скоростта и броя на превозните средства за адаптивен контрол на движението. Съчетаването на камери за следене и изкуствен интелект може да допринесе за оптимизация на светофарните цикли в реално време, което може да подпомогне ефективността на светофара в борбата с нарастващия трафик.

Този проект подчертава важността на научноизследователската и инженерна работа в областта на управлението на трафика и създава възможности за бъдещи подобрения и иновации в сферата на транспортната инфраструктура.

След изследване на двете системи оптимизация може да бъде постигната по няколко начина:

5.1 Датчик на Хол

Датчикът на Хол е вид сензор, който открива наличието и големината на магнитно поле, използвайки ефекта на Хол. Изходното напрежение на сензора на Хол е пряко пропорционално на силата на полето. Той е кръстен на американския физик Едуин Хол. Датчиците на Хол се използват за сензори за близост, позициониране, откриване на скорост и приложения за измерване на ток. Често сензорът на Хол се комбинира с откриване на праг, за да действа като двоичен превключвател. Често срещани в индустриални приложения, те се използват и в потребителското оборудване; например някои компютърни принтери ги използват за откриване на липсваща хартия и отворени капаци. Някои 3D принтери ги използват за измерване на дебелината на нишките. В сензора на Хол към тънка метална лента се подава ток. При наличие на магнитно поле, перпендикулярно на посоката на тока, носителите на заряд се отклоняват от силата на Лоренц, което води до разлика в електрическия потенциал (напрежение) между двете страни на лентата. Тази разлика в напрежението (напрежението на Хол) е пропорционална на силата на магнитното поле. Сензорите с ефект на Хол реагират на статични (непроменящи се) магнитни полета, за разлика от индуктивните сензори, които реагират само на промени в полетата. Това им действие би предоставило опцията да се регулират светофарни уредби според това в коя посока има повече коли за облекчение на трафика. Сензорите на Хол са способни да

измерват широк диапазон от магнитни полета и са чувствителни както към големината, така и към ориентацията на полето. Когато се използват като електронни превключватели, те са по-малко склонни към механични повреди, тъй като няма износване на физическите части. Освен това те могат да работят при по-високи честоти от механичните превключватели.

Превключвателите с ефект на Хол не могат да се използват в зони с високи външни магнитни полета. Датчиците на Хол могат да бъдат податливи на термичен дрейф, дължащ се на промени в условията на околната среда, и на времеви дрейф през целия живот на сензора.

5.2 Камери за наблюдение на трафика и преминаване на червен сигнал.

Камерата за минаване на червен светофар е вид камера за контрол на движението по пътищата, която заснема превозно средство, навлязло в кръстовище, след като светофарът, контролиращ кръстовището, е светнал червено.

Чрез автоматичното заснемане на превозни средства, които преминават на червен светофар, снимката е доказателство, което помага на властите при прилагането на законите за движение по пътищата. Обикновено камерата се задейства, когато превозното средство навлезе в кръстовището, след като светофарът е светнал червено.

Комбинирането на камерата с нарастващата имплементация на изкуственият интелект, би облекчило трафика на ключови пътни артерии като камерата се използва за следене на количеството трафик в реално време, докато изкуственият интелект препрограмира ротацията на светофарите за да се избегне струпване на автомобили по пътищата контролирани от системата.

Литература.

1. „Traffic Signal Systems Operations and Design" от Federal Highway Administration (FHWA)
2. Traffic Signal Control Systems" от Institute of Transportation Engineers (ITE)
3. "Traffic Signal Timing Manual" от FHWA
4. "Traffic Signal Design and Traffic Operations" от National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)
5. "Principles of Traffic Signal Operations" от American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
6. "Traffic Control Systems Handbook" от U.S. Department of Transportation
7. <https://amsig.com/> - AMSIG – контрол на светофари
8. <https://medium.com/waycare/traffic-lights-a-short-history-b32acb4794e5> - Кратка историята на светофарните уредби.
9. <https://patents.google.com/patent/US1475024A/en> - патент № 1475024
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_light - Пълна история на светофарната уредба част 1 .
11. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_traffic_lights#:~:text=Traffic%20lights%20were%20first%20introduced,technology%20and%20increased%20intersection%20capacity. – Пълна история на светофарната уредба част 2.
12. https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_light_control_and_coordination - Методи за контрол на светофарна уредба
13. https://en.wikipedia.org/wiki/National_Electrical_Manufacturers_Association-NEMA организация.
14. https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_traffic_control - Адаптивен контрол на светофарна уредба.
15. https://en.wikipedia.org/wiki/Vienna_Convention_on_Road_Signs_and_Signals - Виенската конвенция за светофарни сигнали.
16. <https://ie.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/hall-effect-sensors-guide> - Everything you need to know about Hall effect Sensors RS Components.