



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ - СКОПЈЕ

**ФАКУЛТЕТ ЗА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И
ИНФОРМАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ**



- СЕМИНАРСКА РАБОТА -

по предметот

ФИЗИКА 2

Тема

**ФОТОГЕЈТ СИСТЕМ ЗА МЕРНА АКВИЗИЦИЈА НА
ВРЕМЕНСКИ ИНТЕРВАЛИ**

Ментор:

Проф. д -р Маргарита Гиновска

Изработил:

Мартин Величковски, индекс бр. 136/2014
e-mail:martinrobotika@gmail.com

Скопје мај 2019

Содржина

Апстракт	3
Клучни зборови	3
Вовед	3
1. Оптички порти или фотогејти	4
2. Опис на хардверот	5
2.1. Arduino плоча	5
2.2. Оптичките порти поврзани со контролната плоча	7
2.3. Монтажа на сензорите	8
3. Опис на <i>софтверот</i>	9
3.1. Опис на програмскиот код за Arduino-то	10
3.2. Програмата IRTempus за аквизиција и приказ на податоци	10
Заклучок	13
Помошни фајлови за проектот	13
Користена литература	13

Апстракт:

Во овие истражувања имаме опис и обезбедување на комплетен фотоејт систем или систем на оптички порти (хардвер + софтвер) за употреба во дидактички лаборатории по физика. Обидот се состои од комбинација на различни пристапи кои се изложени во литературата од овој вид во сет кој нуди солидна временска резолуција (≈ 1 ms), голем број независни оптички порти (до шест канали), висока чувствителност (аналогно-дигитална конверзија до 10 бита), ниска цена (слободен хардвер и софтвер или бесплатна употреба) како и едноставна монтажа. Системот може да се употребува во три класични експеримента во настава по физика во светски рамки: наклонета рамнина, вискозиметар и едноставно нишало.

Се надеваме дека алатките опишани тука ќе помогнат во придонесот кон структурирањето и автономијата на наставните лаборатории по физика.

Клучни зборови: фотоејт систем оптички порти, Arduino, Python, PyQt, дигитални алатки; лаборатории за наставата по физика

Вовед

Развојот на експерименталните активности е централен дел од дисциплините кои припаѓаат на природните науки. Сепак, структурирањето и одржувањето на дидактичка лабораторија по еден наставен предмет со минимални услови за вршење и развој на експерименти со добар квалитет може да најдат на пречки во однос на човечките и финансиските ресурси. Од финансиска гледна точка, на домашниот пазар не постојат многу можности за опрема по наставата по физика, што ќе придонесе за нејзино подобрување и разновидност на опции по пониска цена на чинење и конфигурации. Во исто време, станува сè повеќе достапен развојот на квалитетна инструментација, која може да биде насочена или прилагодена на областа во науката, преку бесплатни и кооперативни проекти насочени кон филозофијата позната како *do it yourself*.

Сè поголем број платформи за дисеминација и дистрибуција на проекти се достапни онлајн. Додека поголемиот дел од овие иницијативи се насочени кон јавноста кои се аматери и не поседуваат солидна техничка или научна основа, сепак постојат посоефицирани предлози со релевантни апликации во науката и технологијата.

Ваквите искуства покажуваат дека е можно да се искористат предностите на дигиталните алатки достапни за развој и размена на инструментални проекти во образовната наука посветени на квалитетот и разновидноста потребни за субвенционирање на процесите на настава и стекнување на знаење низ експерименталните дисциплини, без разлика дали тоа се одвива во основното или високото образование. Во однос на ограничувањата на оспособениот технички персонал, отворените и колаборативните проекти придонесуваат за зголемување на пристапноста и можноста за развој на инструментацијата за поддршка на експерименталните активности преку споделување на искуства и аудио-визуелни ресурси, како и техничка документација.

1. Оптички порти или *фотогејти*

Оптичките порти или *фотогејтите* се многу корисни уреди во лабораториите за наставата по физика, бидејќи помагаат во мерењето на временските интервали при разни експерименти во однос на содржината на кинематиката, динамиката, хидромеханиката итн. Постојат неколку предлози за уреди за оптички клучови за наставата по физика, во кои еволуцијата на конфигурациите на проектите може јасно да се види во функција на достапните алатки и технологии.

Врз основа на исцрпниот преглед на литературата, успеав да идентификувам четири критериума според кои може да се процени предложената работа: финансиските трошоци, релевантната леснотија на производство, функционалноста и опсегот на примената. Од очигледни причини, во мнозинството случаи треба да се земе предвид пониската цена на чинење, при што, во зависност од времето на објавување на трудот, достапни се посоефицирани технологии (главно електронски и оптичко-електронски уреди) со попристапни опции.

Во многу случаи, постои компромис помеѓу критериумите на леснотијата на изработка на и критериумите за функционалност како и опсегот на примена: поедноставните и полесните проекти изработка имаат тенденција да бидат поограничени во нивните функционалности, вклучително и ограниченоста на нивната применливост во различни експерименти и нивоа на настава.

Во моментот, меѓу наједноставните предлози кои се со ниска цена на реализација се оние кои користат фототранзистори поврзани со влезот на компјутерскиот микрофон. Во овие проекти, презентацијата и ракувањето со податоците на оптичките клучеви се врши со помош на софтвер за аудио анализа или на софтвер прилагоден за оваа намена. Друг пристап е да се изгради автономен *хардвер* – без потреба од компјутерска поддршка – за снимање на податоци измерени со оптички сензори, како што се кола со бројачи и дигитални дисплеи и дигитални тајмери. Во врска со сензорите на позицијата, постојат алтернативни пристапи кон оптичките прекинувачи (клучеви) кои вклучуваат магнетни и звучни сензори.

Во последниве години, еден определен *хардвер* што го популаризираше развојот на разни електронски дизајни, вклучително и во наставната област, е Ардуино платформата. Со тоа, можно е да се читаат различни аналогни и дигитални сензори автономно или преку компјутер преку USB (*Universal Serial Bus*) конекција. Откривме извештаи за имплементации на уредите за читање на оптички клучеви, користејќи Ардуино табли, но сè уште не можат да се сретне комплетен опис на *хардверски* и *софтверски* систем кој го користи целиот потенцијал на аналогните Ардуино влезови заедно со сензорите кои лесно се монтираат.

Во нашиот предлог, до 6 оптички прекинувачи може да се поврзат со аналогните влезови од Arduino Uno плочата за речиси истовремено постигнување на временски сигнали, кои се пренесуваат, прикажуваат и обработуваат од страна на софтвер наменет за поврзување со тој систем. Оптичките прекинувачи се составени од традиционален пар на оптоелектронски компоненти: инфрацрвен LED (модел TIL32) и фототранзистор (TIL78).

Изборот на користење на Arduino таблата заедно со компјутер (кој може да биде лаптоп или слично) овозможува комбинирање на можностите на микроконтролерот (ATmega328P во случај на Arduino) за добивање на податоци и претходна обработка, заедно со можностите на *софтвер* кој го управува микропроцесор од лаптоп, на пример. Така, можно е да се добијат аналогни сигнали од до шест независни оптички

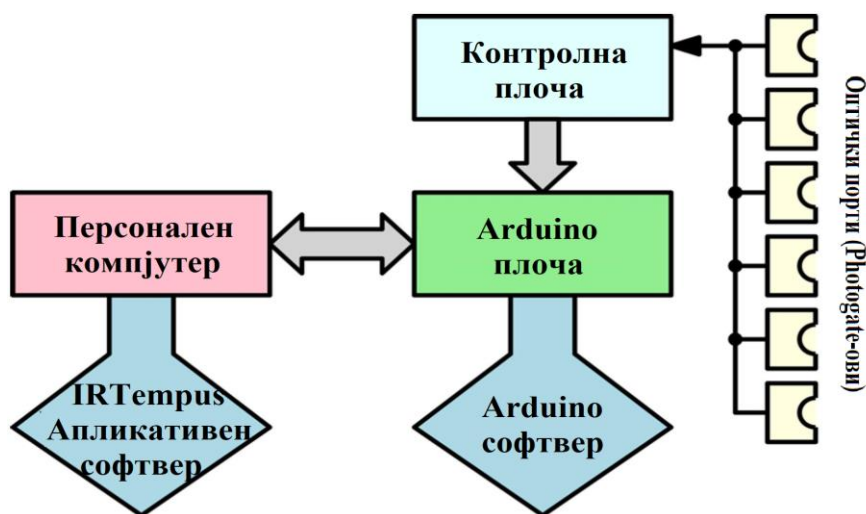
прекинувачи (во случај на модел Arduino Pro mini) и обработка и земање примероци на сигнали со софистицирани графички алатки за слободен пристап. Како резултат на тоа, имаме софистициран и многостран систем за добивање на податоци без потреба од изградба на понапреден *хардвер*.

Хардверскиот систем опишан подолу е составен од печатена плоча (наречена *итит* што е опишан во делот 2.2.) одговорен за поврзување помеѓу Arduino таблата и шесте конектори на оптичките прекинувачи и LED / фототранзистор што го сочинува секој оптички клуч. Исто така е опишан и ставен на располагање е софтверот кој мора да биде ставен на Arduino таблата (напишан на јазик сличен на C / C++) и *софтверот* за добивање и ракување со податоците добиени од Arduino таблата а кој функционира со помош на компјутер (напишан на јазик Python).

Двата колор-дијаграма и цртежа на печатени плочки и софтверските кодови што се користат се достапни преку онлајн услуги за размена на проекти. Поради поедноставна прегленост, усвоена е номенклатурата „системски *фотогејт*“ на комплетниот систем *хардвер* + *софтвер*.

2. Опис на *хардверот*

На слика 1 е прикажан дијаграм на целокупниот систем со цел да се олесни идентификацијата на секој дел од проектот во текот на описот во секој оддел посебно.



Слика 1. Целосен системски дијаграм за прикажување на односите помеѓу хардверските делови (правоаголници) и делови од софтверот (ромбови). Стрелките укажуваат на насоката на комуникација.

2.1. Arduino плоча

Главниот дел од хардверот што се користи во овој проект е Arduino платформата, која е нашироко објаснета во различни полиња и има неколку апликации во наставата. Четирите главни предности на користењето на овој систем се:

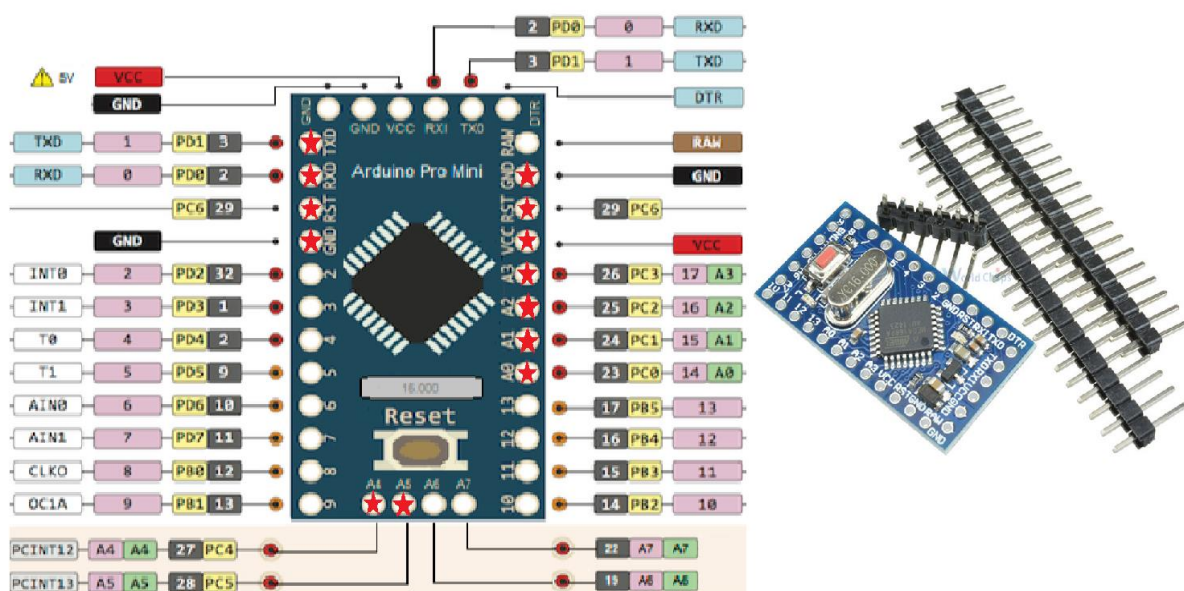
(а) концептот на слободен хардвер, кој овозможува леснотија при комуникацијата и пристап до производот,

(б) филозофија на едноставен вовед во концептите на електроника и програмирање,

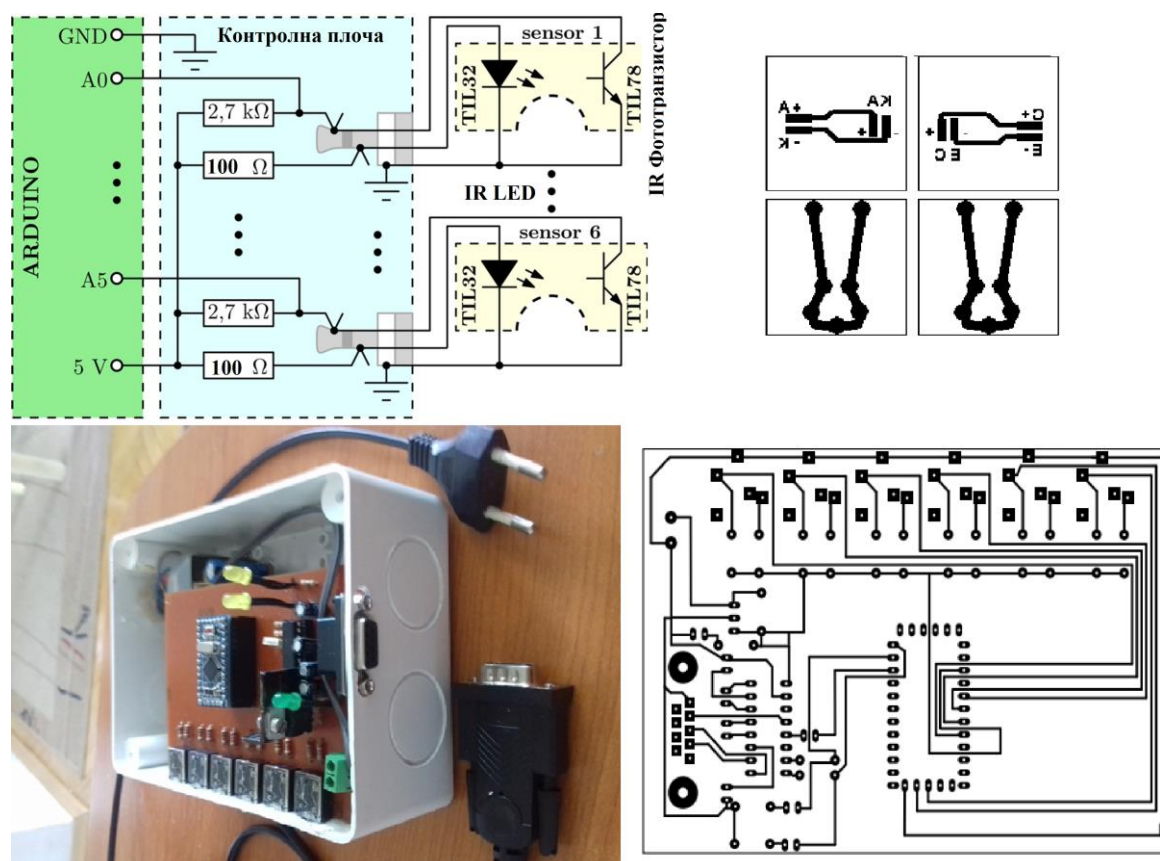
(в) вклучување на различни напредни уреди во единечна плоча (микроконтролер, осцилатор, регулатори на напон, сервиска комуникација, филтри, оптимизиран *дизајн* и сл.), со што се поштедува корисникот од потребата од самоизработка и

(г) преносливост на платформи за различни проекти – преку концептот на *штитови*, можно е да се прицврсти периферниот *хардвер* на Arduino таблата во стилот на *plug and play*.

Моделот на плоча што го користиме е Arduino Pro Mini прикажан на Слика 2, поради тоа што е еден од најраспространетите, документиран и со најниски трошоци. И покрај тоа, ги има потребните ресурси за овој проект: особено, шест аналогни сигнални влезови.



функциите. Во овој случај, го користев Arduino како читач на сигналите од оптичките порти преку неговите шест аналогни влезови (пинови од A0 до A5) – дигиталните влез / излез конектори не беа употребени. Во прилог на овие, исто така ги користев пиновите 5V и 0V (GND) за да се напојуваат инфрацрвените LED диоди и фототранзистори.



Слика 3. Дијаграм на електронското коло на *фотогejм* систем. Arduino приклучено на контролната плоча со шест влезни канали (каде се приклучуваат оптичките порти), како и коло за сериска комуникација и напојување на системот.

2.2. Оптичките порти поврзани со контролната плоча

На сликата 3 ќе се види дека влезните и излезните пинови се распоредени во линија преку женскиот конектор. Најдиректниот начин на поврзување со Arduino е приклучување на флексибилни кабли на приклучоците од интерес. Сепак, овој пристап не е практичен кога повеќе конектори се користат истовремено или кога истата Arduino плоча се користи во различни дизајни. Повеќе робустен и брз начин на поврзување е преку дизајнирање на наведените електронски кола на печатена плоча формирајќи ја контролната плоча на која се прикачува Arduino-то. Покрај тоа, контролната плоча има помошна електроника која е потребна за проектот, како и конекторите за надворешните сензори. Електронското коло е прикажано на слика 3. Тој е составен од дел кој содржи еден пар на инфрацрвен LED / фототранзистор и друг кој содржи отпорници, коло за напојување и сериска комуникација.

Детекцијата на светлината се изведува од инфрацрвен фототранзистор кој е конфигуриран во режимот на заеднички емитер. Со осветлување на неговиот основен база - емитер спој со инфрацрвената LED диода, се генерира струја на емитерот која варира во зависност од интензитетот на светлината. За доволно силно осветлување, напонот во колектор, кој е поврзан со аналоген влез на Arduino-то, е нула. Во моментот кога светлинските зраци се прекршени, струјата на емитерот престанува и потенцијалот во колекторот е еднаков на напон од 5 V. Исто така, може да се користат и друга електронска конфигурација односно Pull-down каде горенаведената Pull-up логика е инверзна на пр. Доколку светлинските зраци се прекршени напонот на колекторот изнесува 5V а доколку не е напонот изнесува нула. Како што се гледа во колото, потребни се два отпорника: еден од 100 Ω за ограничување на струјата на инфрацрвената LED диода и друга од 2,7 k Ω за ограничување на струјата на колекторот на фототранзисторот и делење на напонот со колектор-емитерот – постојат одредена флексибилност во изборот на овие вредности.

Оптичките компоненти (инфрацрвените LED / фототранзистори) не се залемени директно за колото, но се воспоставува интерконекција составена од печатена плоча на која тие се приклучуваат во модифицирано лежиште за интегрални кола со тркалезни пинови во DIP пакување со што тие се електронски поврзани за женски пин-летви(header-и) и преку нив со машки пин-летви залемени за флет кабли и изолирани со термособирни црева и 3.5мм машки аудио приклучоци (Jack-ови) кои се поврзуваат со женски аудио приклучоци залемени на контролната плоча. Со тоа ни е овозможена максимална модуларност и можност за лесно манипулирање на просторна поставеност на разни системи во овој случај патека за движење на играчка возило.

Го претставуваме и колективниот дијаграм од сликата 3 и дизајнот на печатеното коло што го сочинува системот и контролната плоча. За дизајнирање на електричното коло е употребен софтверот PCBWizard. А како метод за изработка на печатената плоча е употребен методот на самоизработка на прототип со помош топлински пренос на тонер (од ласерски печатач каде дизајнот е испринтан на фото-хартија и со помош на пегла за облека пренесен на бакарна фолија поставена на плоча од пертинакс која се нагризува со раствор од водород пероксид и хлороводородна киселина, каде остануваат изолирани бакарни водови под тонер). Исто така постојат и други опции, на *софтвер* и метод за изработка и дизајн на печатени плочи. Но исто така постојат и вебсајтови за изработка и испорака на професионално изработени печатени плочи по поволни цени.

2.3. Монтажа на сензорите

Сензорите се изработени на тој начин што е употребена двострана печатена плоча според горенаведениот метод за изработка на печатени каде на горниот слој се залемени конекторите на кои се приклучуваат инфрацрвените LED / фототранзистори и флет каблите. Додека пак од долниот слој е залемена едната рачка од штипки за организирање на хартиени документи, кои помогнаа ефикасно да се прицврстат сензорите на сидовите од патеката. Посебно треба да се истакне дека при монтажата на сензорите се изведува на тој начин што сензорските елементи се поставаат спротивно на сидовите на патеката насочени еден кон друг. На тој начин се овозможува осветлување на инфрацрвениот фототранзистор од страна на инфрацрвената LED. Така што е овозможено растојание за премин на движечко тело (играчка автомобилче) со

што се овозможува регистрирање на момент на премин на движечко тело за одреден временски интервал.



Слика 4. Приказ на дизајн на печатена плоча за поврзување на сензорските елементи (инфрацрвената LED / фототранзистор) како и монтажа на сензорите за патеката и 3.5mm аудио приклучоци(кои се приклучуваат на контролната плоча).

3. Опис на *софтверот*

При опис на софтверот за добивање (аквизиција), обработка и анализа на податоците беа користени две бази на програмски кода. Едниот код напишан е во програмскиот јазик C++ кој е вчитан во микроконтролерот на Arduino-то, а другиот

програмски јазик е Python со библиотека PyQt за обработка на податоци и развој на графичкиот интерфејс прикажани на персонален компјутер. Двата се опишани подолу и нивните оригинални изворни кодови може да се превземат од мојот личен GitHub репозиториум.

3.1. Опис на програмскиот код за Arduino-то

Програмскиот код (Arduino софтвер) се состои од два дела: 1) протокол за идентификација и комуникација помеѓу Arduino софтверот и IRTempus апликативниот софтвер и 2) читање и испраќање на сигнали од шесте оптички сензори до компјутерот преку RS-232 сериски интерфејс или пак USB-интерфејс.

Во продолжение на текстот, ќе биде редуциран описот на целокупниот програмскиот код, со цел да се поедностави содржината и читливоста на овој труд. Со тоа се препорачува проучување и користење на различни упатства и документации достапни на официјалната интернет страна на Arduino или на релевантните *онлајн* форуми.

Сепак, вреди да се спомене збирот на командите кои се особено важни за овој проект, кои ја одредуваат брзината на читање на аналогните сигнали на оптичките сензори, а кои не се документирани во почетните упатства. Брзината на читање на аналогните пинови се одредува со фреквенцијата на вградениот такт-генератор на микроконтролерот. За да се добие максимум од 10-битна резолуција за прочитаниот напон (5V поделен на 1024 нивоа), микроконтролерот применува фактор на поделба еднаков на 128. На пример, со овој фактор, ако фреквенцијата на придружното осцилаторно коло изнесува 16 MHz, ефективната фреквенција на аналоген-дигитален конвертор (преобразувач) треба да биде 125 kHz. Бидејќи читањето на шестте оптички сензори е направено секвенцијално, настојував да биде што е можно побрзо со цел да може да се земат предвид овие читања приближно, во ист момент. Користев фактор на поделба од 16 единици (со што се добива ефективен генериран такт со фреквенција од 1 MHz), што претставуваше добар компромис помеѓу резолуцијата и степенот на аквизиција.

Од друга страна, во овој код, параметарот кој го одредува интервалот на стекнување/аквизиција помеѓу збирот на мерењата на шест сензори и следниот сет на мерења е брзината на сериската комуникација помеѓу Arduino-то и компјутерот. Стандардната брзина што се користи на Arduino Pro Mini е 9600 бита во секунда (bps), и може да се смени до максимум 115200 bps. Со оваа максимална брзина, мојот код покажа временски интервал помеѓу комплетите пакети на информации проследени со аквизицијата приближно еднаква на 1 ms.

3.2. Програмата IRTempus за аквизиција и приказ на податоци

За да го напишеме графичкиот интерфејс за визуелизација и манипулација со податоците, го користиме Python програмскиот јазик вклучувајќи ја и библиотеката PyQt.

Јазикот Python спаѓа во категоријата на високо ниво на програмски јазици и има широка мрежа и заедница на програмери и корисници на овој програмски јазик. Се одликува со едноставноста при програмирањето на едноставни, како и напредни апликации, со голема разновидност на библиотеки развиени за најразновидни цели и

преку обемната документација. Библиотеката PyQt овозможува користење на објектите на Qt платформата во околината Python, која се користи во развојот на графички интерфејси (прозорци, копчиња, мени за датотеки, итн.). За ова постои алатката Qt Designer во која се дизајнира изгледот на софтверот со помош на различни графички објекти, нивно планирање и распоредување, а потоа се генерира код во Python датотека која се поврзува со главната Python датотека со што се добива апликативен софтвер како целина помеѓу дизајнот и логиката (функционалноста).

Сликата 5 го прикажува програмскиот интерфејс. Хоризонталните плафони на одговараат на следниве опции:

- „Прикажи“: каде што брановите на сигналите на оптичкиот сензор се прикажуваат како функција од времето,
- „Датотека“: каде се зачувуваат измерените податоци во датотека или се читаат како датотека и се прикажуваат во програмата,
- „Комуникација“: да започне или да престане комуникацијата со Arduino-то и контролната плоча и
- „Повеќе“: која содржи информации за програмите и постапките потребни за спроведување на овој предлог на оптички портови/пристаништа.

Во основата на прозорецот е старт / стоп копче за добивање на податоци од оптичките сензори за изведување на мерната аквизиција.

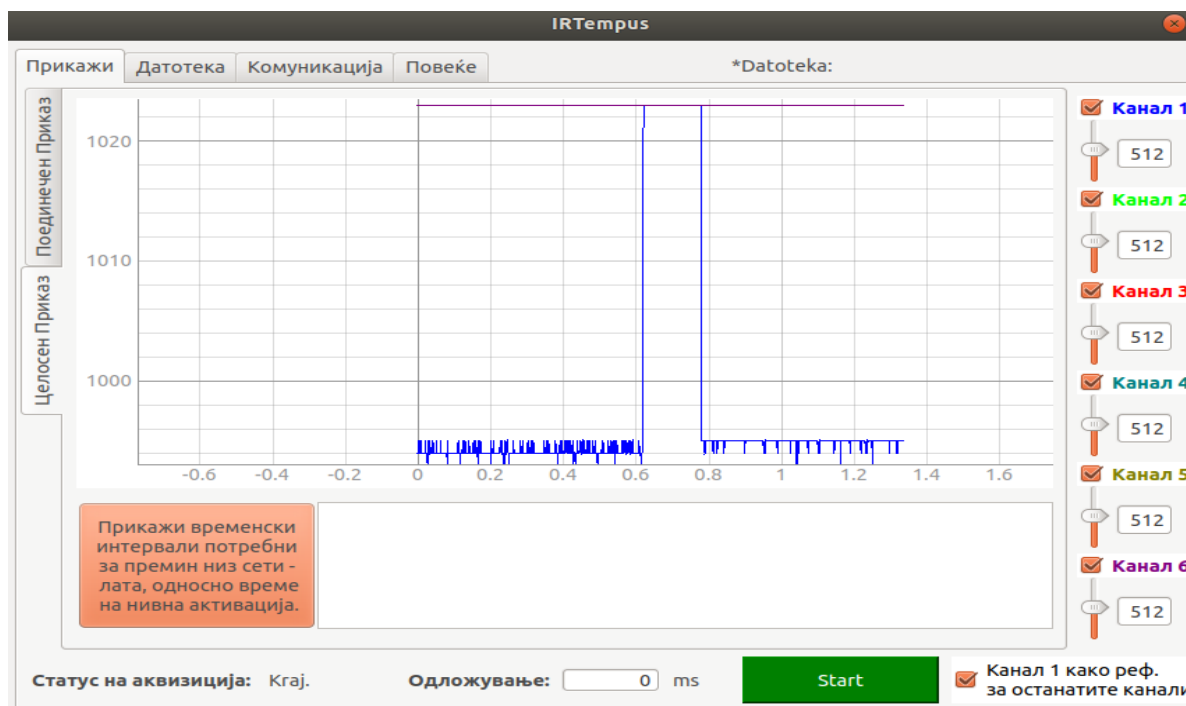
Табулаторот „Прикажи“ содржи две вертикални јазичиња за поединечен или заеднички приказ на бранови форми на истиот графикон. Слика 5a) ја претставува опцијата „Заеднички приказ“. На неа се прикажани брановите облици на оптичките инфрацрвени сензори на истиот графикон заедно со нивоата на активирање (прекинување на сензорите) . Нивоата на активирање се претставени со хоризонтална непрекинута линија со иста боја како форма на бранот на соодветниот сензор. Се чита во голем број на бранови, со кликување на копчето „Прикажи временски интервали потребни за премин низ сетилата, односно време на нивна активација“ се генерира табела десно од ова копче со деловите на времето во кое формата на брановите ги преминува соодветните нивоа на активирање. Се зема позитивната временска конвенција кога активирањето на сензорот или при порастот на сигналот и негативното време кога се случува при падот на сигналот и повторно мирување на сензорот. Исто така, првичното време на постигнување е секогаш поставено на нула.

Нивото на активирањето на секој канал може да се подеси независно со помош на барови за движење на десно од графиконот или прилагодени истовремено се движат како што се движи барот за движење на каналот 1 ако „Канал 1 како реф. Канал за останатите канали“ е маркирана).

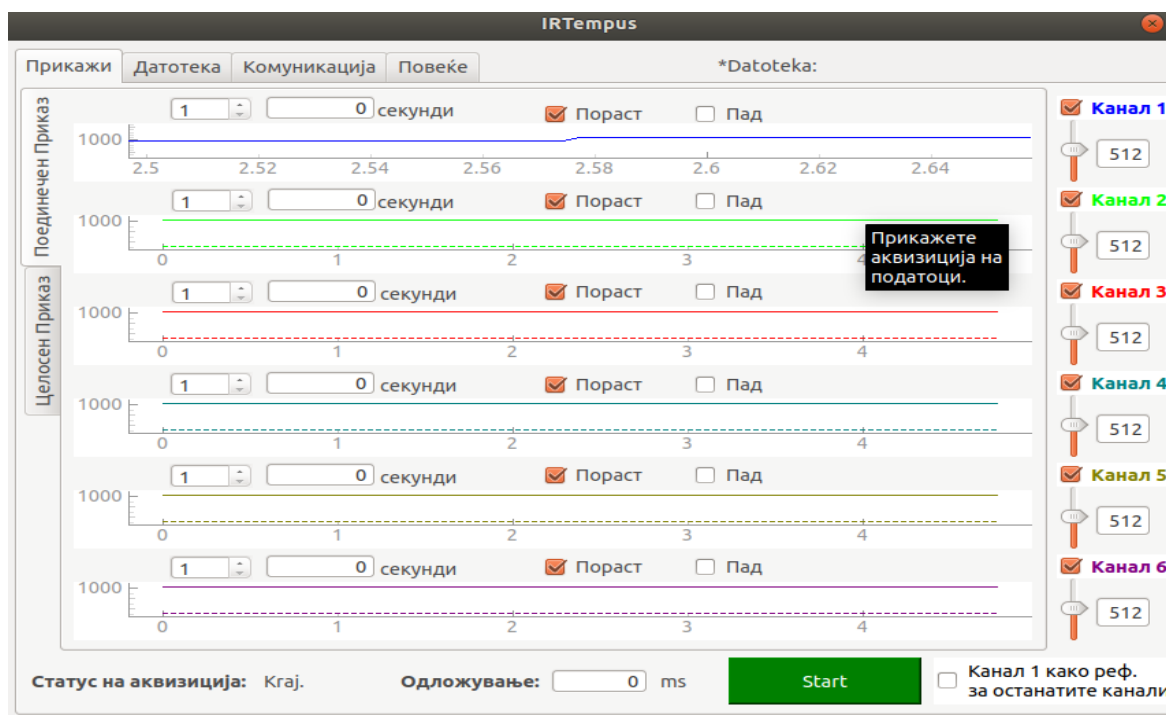
Слика 5б) го покажува табулаторот „Поединечен приказ“ на „Прикажи“, ги покажува истите бранови на табулаторот „Целосен приказ“ одделени едни од други. Времињата на снимање се прикажани на одделни *дисплеи* и постои опција да се прикажуваат само времето на пораст и пад или и на двете. Различните времиња на секој канал се прикажуваат поединечно со скенирање на полето за скролување лево од соодветниот временски *дисплеј* / приказ.

Како беше истакнато, една од предностите за работа со јазикот Пajтон (Python) се различните библиотеки што овозможуваат употреба на софистицирани карактеристики без потреба од пишување напреден код. Ова е еден заеднички аспект со Arduino филозофијата, и затоа се верува дека оваа конкретна комбинација на

хардвер и софтвер е прилично продуктивна. Можеме да ги наведеме, на пример, библиотеките PySerial и PyQtGraph кои се користат во оваа програма. Првиот обезбедува кориснички (корисни) команди за воспоставување на сериска комуникација со повеќе уреди, а втората претставува напредни графички алатки за визуализирање и обработка на податоци. Види слика 5а и 5б/



а)



б)

Слика 5. Графички интерфејси на програмата IRTempus во која сигналите од оптичките портови се прикажани а) Целосен приказ (заедно) и б) Поединечен приказ (одделени).

ЗАКЛУЧОК

Во овој труд / проект се презентира предлог за систем на оптички порти фотогејт-ови кој користи бесплатни *хардверски* и *софтверски* платформи, што овозможи развој на проект со разумно софистицирани ресурси и што не бара напредно техничко знаење и процедури кои треба да се имплементираат. Се користеше само средно познавање на електрониката и програмирањето. Покрај тоа, предлогот беше заснован на концептот на заеднички проекти во кои секој може да има пристап до програмските кодови и цртежи на оригиналните кола, да може да ги менува во согласност со сопствените интереси, како и да ги подобри за некои идни евентуални имплементации.

Треба да се истакне дека програмскиот код и електронските кола развиени во овој труд можат да бидат подобрени со еден пософистициран дизајн. Така на пример, програмскиот код на софтверот IRTempus е напишан во Python во една прилично процедурална структура. Како препорака може да се каже дека е препорачливо да се фокусираме на објектно-ориентирано програмирање, што е патем суштински дел на јазикот Пајтон. Па поради тоа во план е да се искористат концептите на објектно ориентираното програмирање за подобро и пооптимално функционирање на софтверот IRTempus.

Истото важи и за *хардверските* оптимизации со дизајнирање на подобро електронско коло и професионално печатење на плочи за електронските кола.

Целта на овој проект е да се додадат ресурси во дидактичките лаборатории по физика. Веруваме дека инструментите за поосновни мерења и експериментални конфигурации се сеуште фундаментални за обука на студенти, овозможувајќи поблизок контакт со физичките законитости кои истотака се вклучени во овој проект како и основните постапки на научниот метод. Со ова, се отвара можност за развој и автономија на физиката во наставните лаборатории преку употребата на отворен хардвер и софтвер.

Помошни фајлови за Проектот: <https://github.com/evilcomputer12/Fizika-2>

Користена литература:

1. Arduino - Home, available at <https://www.arduino.cc/> (Посетена, април 2019 година).
2. Welcome to Python, available at <https://www.python.org/> (Посетена, април 2019 година).
3. What is PyQt ?, available at <https://riverbankcomputing.com/software/pyqt/intro>, (Посетена, април 2019 година).
4. Qt Designer Manual, available at <http://doc.qt.io/qt-5/qtdesigner-manual.html> (Посетена, април 2019 година).
5. PySerial's documentation, available at <https://pythonhosted.org/pyserial>, (Посетена, април 2019 година).
6. PyQtGraph - Scientific Graphics and GUI Library for Python, available at <http://www.pyqtgraph.org/> (Посетена, април 2019 година).