



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



Ардуино у настави физике

-МАСТЕР РАД-

Кандидат:

Сања Ђурановић

Ментор:

др Стеван Армаковић

Нови Сад, 2023

Овим путем бих да изразим велику захвалност ментору овог рада, доценту др Стевану Армаковићу, на помоћи, пренесеном знању, подршци претходних година и стрпљењу приликом писања рада. Такође, захваљујем се члановима комисије, ванредном професору др Лазару Гаванском и ванредној професорици др Ивани Богдановић, који су ми предавали током студија и несебично преносили знање.

Желим да се захвалим својим родитељима мами Свјетлани и тати Милићу и брату Драгиши, највећој подршци у реализацији мог сна, да постанем професор физике. Много је труда и рада, стрпљења и нерава уложено у претходних пет година.

Хвала широј породици, пријатељима, мом саборцу и снази, Ду, на свакој лијепој ријечи, вјери и подршци.

Овај рад посвећујем своме дједу Бошку, који на велику жалост није дочекао овај дан.

„За двадесет година, бићете више разочарани стварима које нисте учинили него стварима које јесте. Зато испловите из сигурне луке. Истражујте. Сањајте. Откријте.“

Марк Твен

Садржај

1. УВОД.....	1
2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО	2
2.1. Ардуино платформа	2
2.2. Типови и техничке карактеристике Ардуино уређаја	4
2.2.1. Ардуино Уно	4
2.2.2. Ардуино Нано	5
2.2.3. Ардуино Нано Евери	6
2.2.4. Ардуино Нано 33 ИоТ.....	6
2.2.5. Ардуино Нано 33 БЛЕ.....	7
2.3. Сензори	7
2.3.1. ДНТ11.....	7
2.3.2. Ултразвучни мерач раздаљине	8
2.3.3. Сензор влажности земљишта.....	9
2.3.4. Сензор нивоа воде	10
2.3.5. Сензор магнетног поља	10
2.4. Програмирање Ардуино уређаја	11
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО.....	13
3.1. Мерење влажности земљишта	13
3.2. Реализација уређаја за мерење влажности земљишта.....	17
3.3. Мерење жижне даљине сочива	18
3.4. Реализација уређаја за мерење дужине код експеримента за оређивање жижне даљине сочива ²¹	
4. Извод.....	23
5. Summary	24
6. Литература	25
7. Биографија	27
КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА	28
KEYWORDS DOCUMENTATION.....	30

1. УВОД

Како је свима добро познато, физика, поред тога што је теоријска наука, она је и експериментална наука. У настави физике извођење експерименталних вежби и демонстрационих огледа је од круцијалног значаја.

Да би се мисија наставника комплетираола и да би ученици стекли што боље знање, неопходно је уврстити експерименте у глобалне и оперативне планове. Како се области и наставне јединице разликују од године до године, те од типа средње школе и плана који је прописало Министарство просвете, различити експерименти се уврштавају као обавезни. Битно је напоменути да су експерименти прилагођени узрасту ученика, како у техничком смислу, тако и у смислу сређивања и обраде резултата.

Нажалост, многе школе нису технички опремљене и немају адекватне лабораторијске услове за извођење експеримената, али креативност наставника и разни приручници заиста могу да побољшају степен наставе у основним и средњим школама.

Основни циљ експеримената је управо тај да сваки ученик може да уочи одређену појаву и директно или индиректно измери неку физичку величину. Практична примена наученог јесте основни задатак ученика и крајњи циљ наставника. Самим извођењем експеримената одређена наставна област је занимљивија, ученицима пријемчивија и бива употпуњена.

Како је досадашња пракса показала, експерименталне вежбе су ученицима посебан изазов. Они ту могу да покажу своју креативност, износе ставове, дискутују о задатом проблему и на самом крају могу да лакше процесуирају обрађено градиво. Током студија студенти професорских смерова се упознају са разним типовима експеримената у областима механике, термодинамике, оптике и електромагнетизма. Њихов значај је немерљив, јер омогућавају студентима ефикасно усвајање фундаменталних физичких закона.

Предавачи широм света се константо труде да пронађу начине како да обогате своју наставу. У последњих неколико година, Ардуино платформа се показала као посебно значајна, јер у комбинацији са различитим експериментима омогућава ученицима и студентима да се, упоредо са савладавањем основног градива, упознају са концептима програмирања, електронике и науче како да практичних примена у свакодневном животу.

Када се ради о резултатима примене Ардуино платформе у настави, повратне информације од стране ученика и студената широм света су више него позитивне. Циљ овог мастер рада је да покаже предности Ардуино платформе, демонстрира њену практичну примену у настави физике и покаже како се настава може обогатити са симболичним улагањима.

2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО

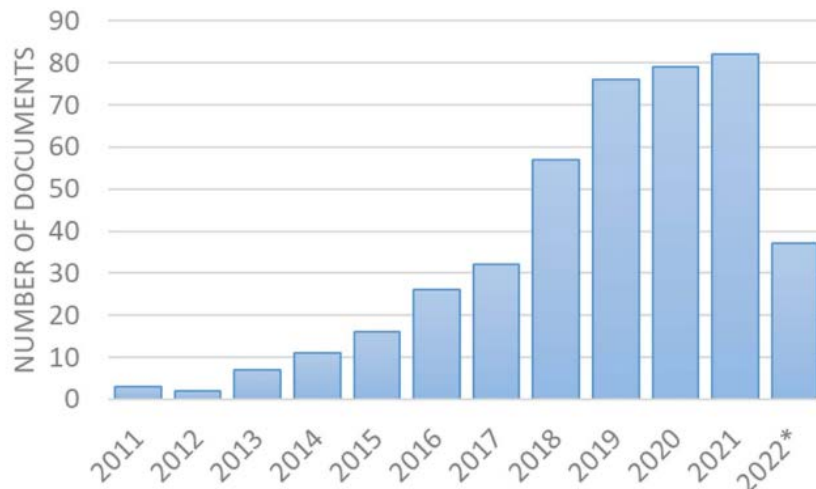
2.1. Ардуино платформа

Ардуино је уређај који би требало у будућности да представља неизоставан део у настави физике и нешто што ће свака школа и сваки наставник у Србији моћи да приушти. Значај Ардуино платформе ће бити описан у овом раду у нади да ће сваки читалац моћи да увиди позитивне исходе, не само као уређаја за мерење одређене физичке величине, него и као средство које представља везу између физике, информатике и програмирања.

Ардуино развојну плочу је 2005. године развила италијанска група са „Interaction Design Institute“ у Иври [1,2]. Циљ је био да се конструише уређај, који је лако користити, при томе да је материјал лако доступан и јефтин на тржишту. Од 2005. године Ардуино заједница се значајно повећавала, да би 2011. године били објављени први радови где су дизајнирани експерименти у физици са применом Ардуино платформе. Свакако број радова са применом Ардуина у настави физике расте [3].

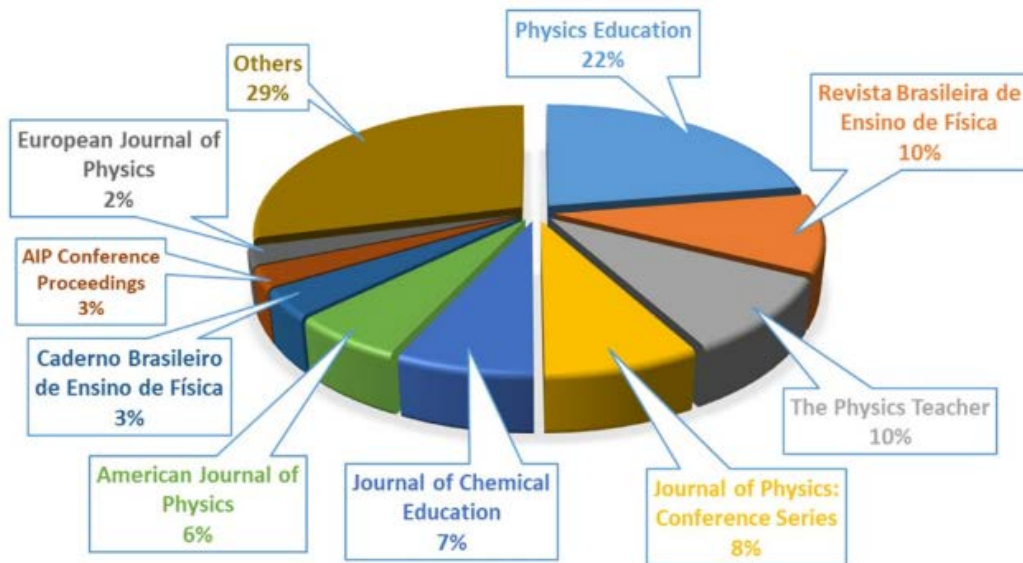
У раду истраживачке групе са Института за физику, *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande* добијају се значајне информације о заступљености Ардуино платформе у настави [3]. Користећи базу *Google Scholar*, али и директним претраживањем на веб-сајтовима прикупили су информације о више од 400 објављених радова где је приказана употреба Ардуина у настави.

Како је већ поменуто, први радови су објављени 2011. године, а према подацима на слици 1, види се да употреба Ардуина у настави расте из године у годину. Истраживање је обухватило радове до дела 2022. године, па резултати на слици 1 не обухватају целу поменућу годину.



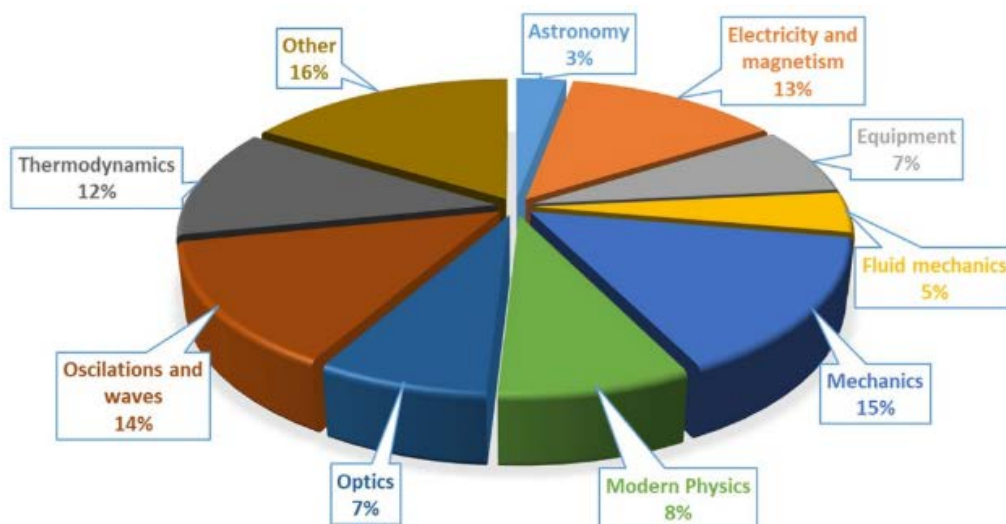
Слика 1. Број публикованих радова са применом Ардуина у настави [3]. *Нису обухваћене све публикације из 2022

На слици 2 је приказана процентуална заступљеност часописа у којима су објављени радови у којима се користи Ардуино платформа. 71% радова је објављено у часописима као што су *Physics Education*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Journal of Chemical Education*, *Journal of Physics*, и други.



Слика 2. Заступљеност Ардуина у часописима [3]

Ардуино платформа се одликује огромном разноврсношћу сензора који мере многе физичке величине као што су: температура, сила, магнетно поље, електрични потенцијал и струја, интензитет светлости и звука, притисак, итд. Из тог разлога, Ардуино платформа је као наставно и истраживачко средство пронашла примену у различитим областима физике. На слици 3 је приказана процентуална заступљеност различитих области физике у којима се Ардуино платформа појављује као наставно средство [3].



Слика 3. Употреба Ардуина у различитим областима физике [3]

2.2. Типови и техничке карактеристике Ардуино уређаја

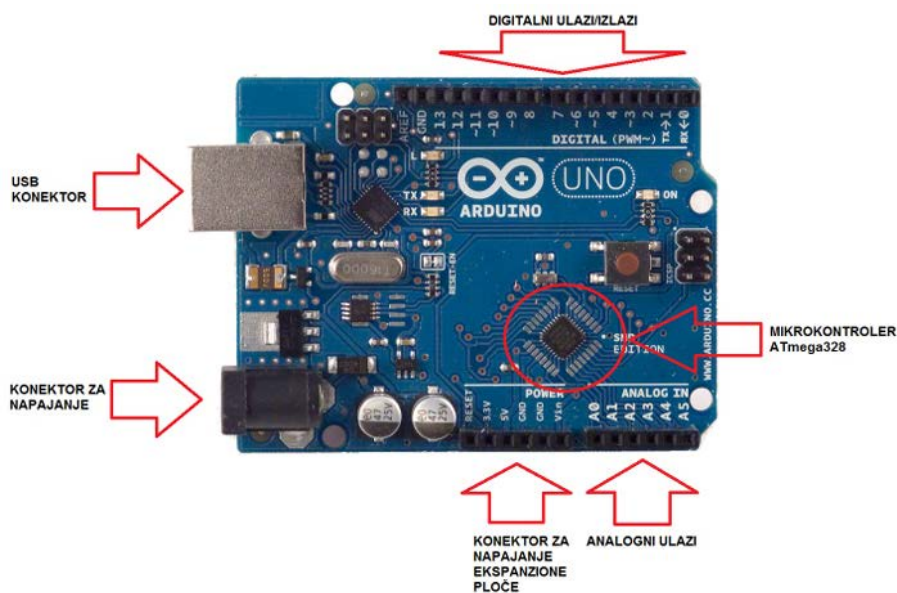
Ардуино је микроконтролерска платформа намењена развоју апликација код којих је потребно на једноставан начин остварити везу између софтверских и хардверских компоненти [4].

Хардвер се састоји од штампане плоче засноване на 8-битном *Atmel AVR* или 32-битном *Atmel AVR* микроконтролеру. Развој софтвера је омогућен коришћењем *Open-source* интегрисаног развојног окружења. Веза са хардвером је остварена преко *USB* интерфејса који се налази на самој плочи и преко којег се програм који је написан и компајлиран у развојном окружењу пребацује на *FLASH* меморију микроконтролера [4,5].

2.2.1. Ардуино Уно

Модел Ардуино Уно, слика 4, садржи 8-битни АТМега328 микроконтролер. Најактуелнија верзија је опремљена *USB* интерфејсом са 6 аналогних улаза и 14 улаза/излаза опште намене. Улазно/излазни прикључци микроконтролера се називају **пинови** и груписани су у логичке целине које се називају **портови** [6].

Аналогни и дигитални улазно/излазни прикључци су изведени на конекторе који су смештени на ободима плоче и преко којих се спајају основне контролерске плоче са различитим експанзионим плочама. Експанзионе плоче се називају **штитови** (*Shield*). На њима се могу налазити хардверски уређаји различите намене: тастери, дисплеји, сензори, итд.



Слика 4. Ардуино Уно [7]

Основна плоча Ардуино Уно система је сачињена од микроконтролера заједно са неопходним компонентама које омогућавају његов рад, те повезивање са рачунаром преко којег се врши програмирање и са другим периферијским плочама. Повезивање са рачунаром се врши преко *USB* интерфејса који има тројаку улогу:

- Када је потребно репрограмирати контролер активира се помоћни програм *Bootloader* који је присутан у његовој програмској меморији. Улога овог програма је пријем новог програмског кода преко серијске везе и његово смештање у програмску меморију контролера.
- Приликом уобичајеног режима рада у којем контролер извршава програм који је већ смештен у *FLASH* меморију, серијски интерфејс се може користити за размену података између апликација на Ардуину и на рачунару.
- Ардуино плоча прима напон напајања од 5 V са *USB* линије. У случају да је апликација таква да се од Ардуина захтева да ради самостално, без повезивања са рачунаром (*Stand alone application*), напајање се може довести са посебног конектора или са експанзионе плоче.

2.2.2. Ардуино Нано

Ардуино Нано, слика 5, се може сматрати смањеном верзијом Ардуино Уно-а. Предност је та што минимизира потрошњу енергије, а самим тим је потребно мање простора за смештање потребне апаратуре, што је идеално за пројекте где је неопходно да електронски уређаји заузимају мало простора. У односу на Ардуино Уно, има важне техничке разлике. Може се програмирати са Ардуино ИДЕ, као и остали Ардуино уређаји [8].



Слика 5. Ардуино Нано [9]

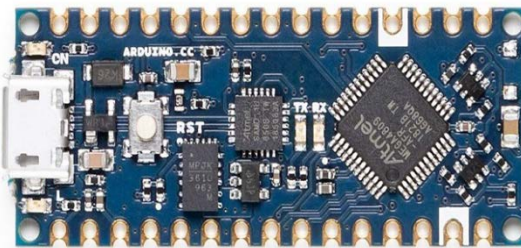
Неке најбитније техничке карактеристике плоче Ардуино Нано су сљедеће:

- Мала, флексибилна плоча која се лако користи;
- Заснован је на *Atmel ATmega328p* микроконтролеру или *MCU* у верзијама 3.x и у *ATmega168* у ранијим верзијама;
- Користи фреквенцију од 16 MHz;
- Меморија се састоји од 16 или 32 KB флеша;

- Напон напајања је од 5 V, али улазни напон може варирати од 7 до 12 V;
- Има 14 дигиталних пинова, 8 аналогних, 2 пина за ресетовање и 6 пинова за напајање;
- Не треба да се укључује у утичницу једносмерне струје;

2.2.3. Ардуино Нано Евери

Нано Евери, слика 6, је плоча дизајнирана на основу првобитне Ардуино Нано плоче. Поседује неколико разлика у односу на пређашњу верзију. Опремљен је микроконтролером *ATMega4809* и енергетки ефикасним процесором под називом *Arm's Cortex M0+* [10].

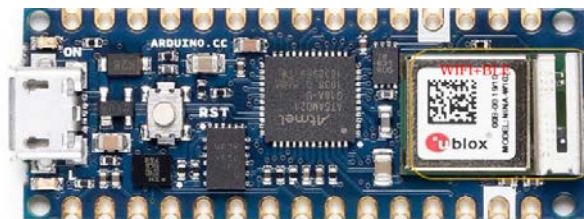


Слика 6. Ардуино Нано Евери [11]

Долази са удвострученом величином флеш меморије, већом брзином такта и 3x *SRAM*. Погодан је за свакодневне пројекте. Има веома јак процесор и први је Ардуино уређај који користи микрочипове. Веома је компатибилан са матичном плочом и може директно да се залепи на другу компоненту.

2.2.4. Ардуино Нано 33 IoT

Ова компатибилна верзија Ардуино Нано платформе, приказана на слици 7, је опремљена са *Arm Cortex-M0+* процесором који је заснован на микроконтролеру *ATSAMD21*. Намењена је у примени области „интернет ствари“¹ [12]. Безбедносни проблем IoT-а може да се реши помоћу крипто чипа. Подржава све пројекте засноване на бежичној мрежи које омогућавају корисницима да даљински контролишу и надгледају све пројекте. Постоји и помоћна библиотека за крипто чип.

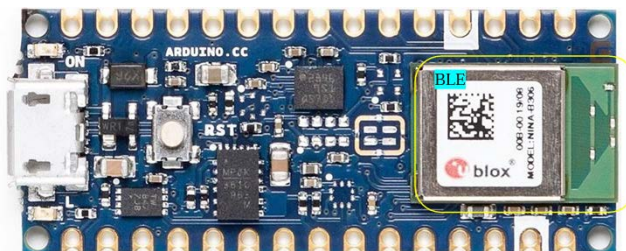


Слика 7. Ардуино Нано 33 IoT [11]

¹ енгл. Internet of things (IoT)

2.2.5. Ардуино Нано 33 БЛЕ

Ова плоча долази са могућношћу комуникације преко *Bluetooth* протокола, а због веће процесорске снаге и смањене потрошње енергије корисницима обезбеђује високе перформансе [13]. Ардуино Нано 33 БЛЕ плоча, слика 8, је најпогоднија за праћење параметара животне средине и праћење кретања, те за пројекте који аутоматизују кретање.



Слика 8. Ардуино Нано 33 БЛЕ [11]

Ова плоча се појављује и у унапређеној верзији у ознаци *Sense*, која се разликује по томе што поседује уграђене сензоре за светлост, температуру, влажност, микорофоне, што је чини додатно погодном за различите пројекте који изискују прикупљање и процесуирање података.

2.3. Сензори

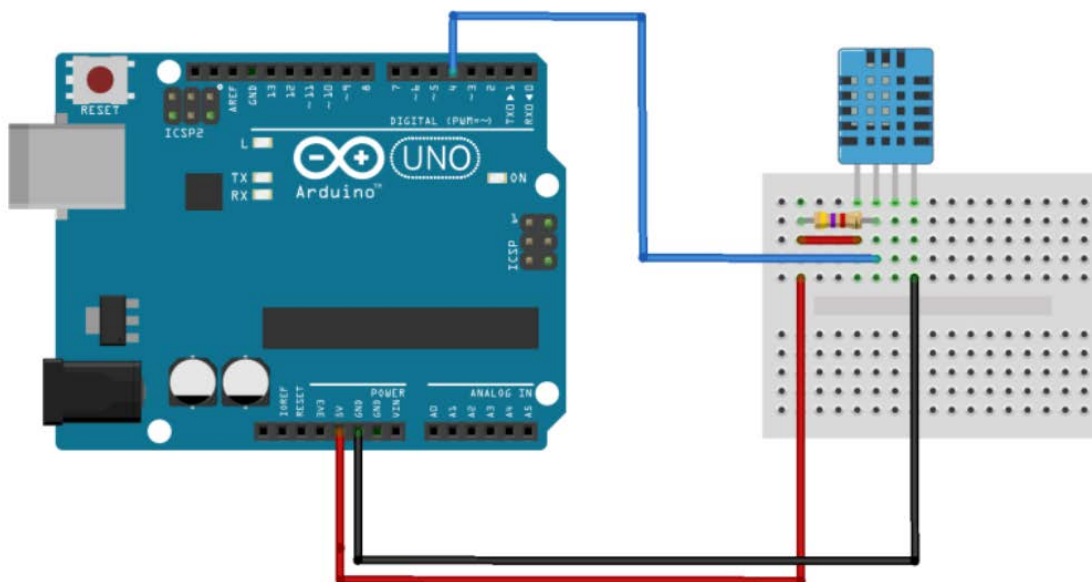
Сензори су уређаји који мере физичке величине и конвертују их у сигнал читљив посматрачу и/или инструменту. Имају широку примену у свакодневном животу. Напретком микроконтролерских платформи сензори су добили нарочито на значају. У зависности од намене, деле се на: топлотне, електромагнетне, механичке, хемијске, оптичке и акустичке.

У наредним потпоглављима биће објашњен принцип рада неких од познатих сензора заступљених у доменима рада Ардуино платформе.

2.3.1. DHT11

DHT11 је један од најпознатијих сензора за Ардуино платформу и у стању је да мери вредности температуре и влажности ваздуха [12]. Влажност је водена пара помешана са ваздухом и мери се се у процентима. У случају да је влажност 60% (што је просечна вредност влажности), значи да је 60% ваздуха водена пара. Непостојање влаге се везује само за боравак у свемиру. Чак и пустињски ваздух нема вредност влаге 0%. Влажност ваздуха у Сахари износи 25%.

Овај сензор поседује три пина и они су постављени на табли. У случају да сензор поседује четири пина, елементи струјног кола треба да се споје након сензора. Шематски приказ овог сензора са Ардуино Уно плочом је представљен на слици 9.



Слика 9. Шематски приказ сензора повезаног на Ардуино [15]

DHT11 сензор се сматра врло економичним сензором. У могућности је да мери влажност ваздуха од 20 до 80 %. Што се тиче температурског опсега, у стању је да мери вредности од 0 до 50°C, са тачношћу од ± 2 °C. Напреднија верзија овог сензора, у ознаци *DHT22*, је у могућности да мери влажност ваздуха у опсегу од 0 до 100 %, док температуру може да мери у опсегу од -40 до 125°C са тачношћу од $\pm 0,5$ °C. Значајно боље перформансе *DHT22* долазе и по знатно вишој цени, но перформансе *DHT11* су и више него довољне за рад у педагошке сврхе.

2.3.2. Ултразвучни мерач раздаљине

Ултразвучни мерач раздаљине је одличан пример уређаја помоћу ког се може мерити удаљеност жељеног предмета у опсегу од 2 до 400 cm [14]. Најпознатији ултразвучни сензор, у ознаци *HC-SRO4*, представљен је на слици 10. Састоји се од два ултразвучна претварача. Један је предајник који емитује ултразвучне импулсе, а други је пријемник који „ослушкује“ рефлектоване таласе.

Сензор поседује 4 пина. *VCC* и *GND* се спајају на 5 V и *GND* пинове на Ардуину, а *Trig* и *Echo* иду на дигитални Ардуино пин. Помоћу *Trig* пина се шаље ултразвучни талас са предајника, а помоћу *Echo* пина се ослушкује рефлектовани сигнал.

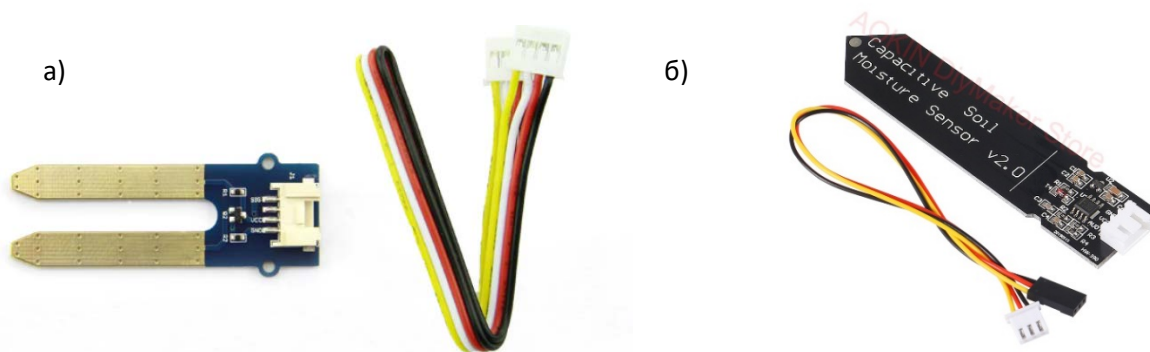


Слика 10. Ултразвучни сензор *HC-SR04* [17]

Да би се генерисао ултразвук, *Trig* пин треба да буде постављен на високо стање на $10 \mu\text{s}$. То ће послати ултразвучни удар од 8 циклуса који ће путовати брзином звука. *Echo* пинови се одмах повуку након што се пошаље ултразвучни рафал од 8 циклуса и он почиње да слуша или чека да се тај талас рефлектује од објекта. Ако нема објекта или рефлектованог импулса, *Echo* пин ће истећи након 38 ms и вратити се у ниско стање. Ако дође до тога да је рефлектовани пулс примљен, *Echo* пин ће се спустити раније. Према времену током којег је *Echo* пин висок, могуће је одредити раздаљину коју је звучни талас прешао, а самим тим и удаљеност од сензора до објекта.

2.3.3. Сензор влажности земљишта

Сензори влажности земљишта најчешће могу бити тзв. резистивног или капацитивног типа. Типични примери ових сензора су представљени на слици 11. У случају резистивних сензора влажности земљишта, принцип рада се заснива на мерењу електричне проводљивости, док се у случају капацитивних сензора принцип рада заснива на мерењу капацитивности. Обе наведене величине су прилично осетљиве на присуство влаге, па отуд њихова примена [18–20].

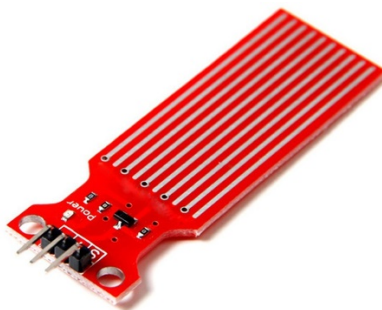


Слика 11. а) Резистивни сензор и б) капацитивни сензор влажности земљишта [21]

Без обзира на принцип рада овог сензора, он је прилично једноставан за употребу. Убаца се у тло и подаци се могу одмах читавати. Сензор је од изузетног значаја током пољопривредних пројеката јер помоћу њега корисници знају кад је време за заливање биљака. Треба напоменути да су капацитивни сензори влажности земљишта тачнији и издржљивији.

2.3.4. Сензор нивоа воде

Изузетно популаран сензор јесте сензор нивоа воде. Најчешће се принцип рада сензора нивоа воде заснива практично на мерењу отпорности. Наиме, како се сензор урони у воду долази до промене електричне отпорности између компоненти сензора. Отпор је обрнуто сразмеран висини воде. Што је више уроњен проводљивост је боља, и обрнуто. Сензор производи излазни напон према отпору. Пример сензора нивоа воде у ознаци *Solu SL067* је представљен на слици 12.



Слика 12. Сензор нивоа воде [22]

Сензор нивоа воде представљен на слици 12 се састоји од 3 пина:

- *S (Signal)* је аналогни излаз који се спаја на један од аналогних улаза на Ардуину;
- *+ (VCC)* напаја сензор;
- *(GND)* је спој уземљења.

Што је сензор дубље уроњен, већи је излазни напон на сигналном пину. Има низ од десет бакарних трагова. Пет трагова је за снагу, а пет за осетљивост. Ови трагови су испреплетани паралелно тако да постоји један траг за осетљивост између два трага за снагу. Делују као променљиви отпорник чији отпор варира у зависности од нивоа воде (аналогно потенциометру).

2.3.5. Сензор магнетног поља

Принцип рада сензора за детекцију и квантификацију магнетног поља се најчешће заснива на Холовом ефекту. Холов ефекат је појава да се у материјалу кроз који је пропуштена струја и који је постављен у спољашње магнетно поље јавља напон чији је правац нормалан на правац магнетног поља. Излаз линеарног Холовог сензора даје

аналогни напон који показује да ли је присутно магнетно поље. Типичан пример једног таквог сензора дат је на слици 13.



Слика 13. Сензор магнетног поља [23]

Може се користити у системима који садрже трајне магнете или електромагнете за праћење промена магнетног поља. Излазни напон је у опсегу од 2,25 до 2,75 V. За превазилажење шума на излазу уграђени су појачало, регулатор напона и логичка склопка.

2.4. Програмирање Ардуино уређаја

Ардуино ИДЕ (*Integrated Development Environment*) је окружење које се користи за развој софтвера за различите типове Ардуино платформи [24]. Писано је у програмском језику *Java* али постоје варијанте и за друге програмске језике.

Основни елементи Ардуино ИДЕ (слика 14) су:

- Окружење за однос текста (*editor*) у које се пише изворни код програма;
- Преводилац (*компајлер*) који преводи изворни код програма у извршни машински код;
- Програматор који се користи за комуникацију са *Bootloader*-ром на плочи и служи за пребацивање компајлираног у програмску *FLASH* меморију микроконтролера;
- Серијски монитор који служи за комуникацију са Ардуином помоћу виртуелног *USB* серијског порта, за време извршавања апликације.

A screenshot of the Arduino IDE software interface. The window title is "Blink | Arduino 1.0.6". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". The main area shows the "Blink" example code with line numbers 1 through 29. The code includes comments and function definitions for setup and loop. At the bottom, a status bar indicates "Done uploading." and "Binary sketch size: 1,082 bytes (of a 32,256 byte maximum)".

Слика 14. Изглед Ардуино ИДЕ окружења [7]

Програмски језик Ардуино апликације користи основне елементе језика *C* и *C++*. Писање програма који се извршава на Ардуино плочи подразумева да корисник мора дефинисати две функције које сачињавају извршни програм. Те функције су:

- **Setup ()** - функција која се извршава једном на почетку и служи за почетна подешавања (иницијализацију параметра);
- **Loop ()** - функција која се након иницијализације извршава у бесконачној петљи и позива се све док се не искључи напајање основне плоче, или док не наступи ресет који доводи до поновног извршења програма испочетка.

Захваљујући чињеницима да се концепт Ардуина заснива на отвореном коду (*Open-source*) и да су развојни алати једноставни за употребу, ова платформа је стекла велику популарност широм света.

Корисници су временом развили велики број примера програма, као и библиотека корисних функција, које су ставили на располагање другим корисницима. Уобичајена је пракса самосталног развоја експанзионих плоча (штитова) од стране самих корисника, као и дељења техничке документације везане за њихов дизајн. Креатори Ардуино платформе су назвали програмске апликације скицом (*sketch*), а при снимању на диск аутоматски им се додаје експанзија *.ino*.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

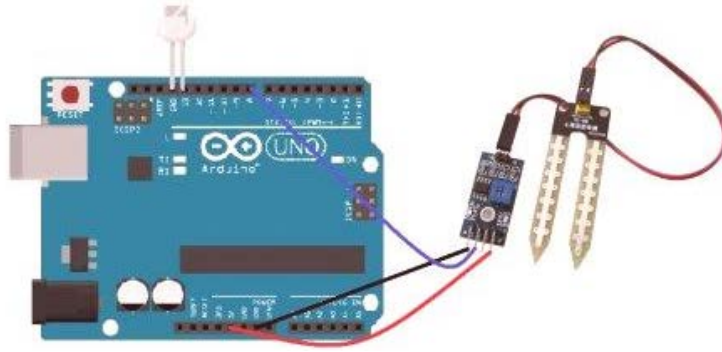
У овом делу ће бити представљени експерименти којим се помоћу Ардуино платформе ученицима или студентима могу демонстрирати одабрани физички процеси или измерити одабране физичке величине. Конкретно, биће представљена два експеримента у којима је погодно искористити Ардуино платформу и на тај начин обогатити наставу физике.

Први експеримент који је осмишљен је мерење влажности земљишта и он може бити како демонстрационе, тако и лабораторијске природе. Код овог експеримента централну улогу има сензор влажности земљишта. Други експеримент је мерење жижне даљине, стандардан лабораторијски експеримент из оптике. Код овог експеримента централну улогу ће имати ултразвучни сензор помоћу којег се може одређивати растојање од сензора до препреке. У наредним потпоглављима опис и поставке експеримената ће бити детаљно представљени.

3.1. Мерење влажности земљишта

Мерење влажности земљишта је од изузетног значаја у области хидродинамике, испитивања биљног раста и утврђивања стања екосистема. Влажност земљишта представља један од основних параметара који утичу на физичка својства тла и интеракцију између земљишта и воде. Прецизно мерење влажности земљишта омогућава боље разумевање воденог циклуса, одређивање количине воде која је доступна биљкама за раст и развој, као и правилно управљање водом у пољопривреди и одржавање одрживих екосистема. Различита физичка својства земљишта, укључујући порозност, хидрауличку проводљивост и капацитет задржавања воде, директно су повезана са влажношћу земљишта. Мерење влажности земљишта омогућава квантитативно разумевање ових својстава и процену стања воде у тлу.

Мерење влажности земљишта такође пружа податке који су кључни за моделовање и симулацију хидродинамичких процеса у тлу, као и за развој и верификацију теоријских модела. Ови подаци омогућавају истраживачима да квантификују инфилтрацију воде у тло, транспорт воде кроз земљиште и испаравање воде из тла, што доприноси разумевању комплексних хидролошких процеса. Основна поставка овог експеримента је приказана на слици 15.

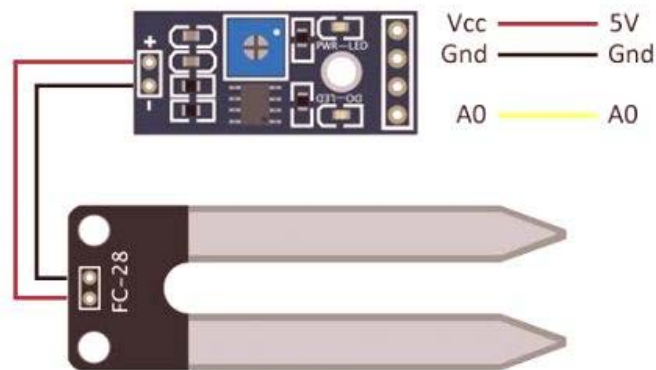


Слика 15. Шема везивања резистивног сензора са Ардуином [21]

У три градуисане чаше запремине 250 ml, додат је песак до 200 ml. Затим су различите количине воде сипане у сваку чашу, 20 ml је у прву чашу, 40 ml у другу и 80 ml у трећу чашу. Након чега је урањањем сензора влажности земљишта утврђена влажност у свакој од чаша. Овакав вид експеримента је више демонстрационе природе, јер је резултат лако предвидети, а на прилично јасан начин се демонстрира употреба Ардуино уређаја.

За овај експеримент је коришћен резистивни сензор влажности земљишта. Сензор је спојен на Ардуино Нано микроконтролер. Помоћни део апаратуре је релеј, који је присутан из практичних разлога, пре свега због тога што је могуће мерити жељену величину на већим растојањима.

Сензор (слика 16) се повезује са Ардуином тако што се прво споје пинови означени са *VCC*, а вредност напона износ 5 V. Други пин који се спаја је *GND*, односно уземљење. Трећи пин је означен са *A0* и указује да је реч о аналогном сигналу. Сензор може да шаље и дигитални сигнал.



Слика 16. Делови сензора [21]

Овако повезан систем се спаја са рачунаром путем *USB*-а. У Ардуино ИДЕ, програмском окружењу, исписује се следећи код којим се дају инструкције Ардуину и сензору (пример кода 1).

Пример кода 1.

```
1. int sensorPin = A0
2. int sensorValue = 0
3.
4. void setup() {
5.   Serial.begin(9600)
6. }
7.
8. void loop() {
9.   sensorValue = analogRead(sensorPin);
10.  Serial.println(sensorValue);
11.  delay(100);
12. }
```

У првој линији кода се дефинише да је пин А0 улазни пин, тако да је то пин на који се доводи сигнал сензора. У другој линији кода се дефинише почетна вредност сензора. У линијама 4-6 се дефинише функција поставке. Конкретно, тражи се иницијализација серијске комуникације између Ардуино плоче и компјутера са брзином преноса 9600 бита у секунди.

У линији 8 се започиње функција која се понавља, тј. петља. У линији 9 се дефинише да вредност променљиве „sensorValue“ буде вредност која се читава са пина на који је везан сензор. Пошто се ради о аналогном сигналу и аналогном пину, за читавање сензора се користи функција „analogRead“. Затим се у линији 10 даје инструкција да се штампа очитана вредност сензора, употребом функције „Serial.println“. У линији 11 се тражи да се направи пауза у трајању 10 ms, а затим да се читава петља понавља док се уређај не угаси.

Овако конструисан Ардуино уређај, након уроњавања сензора у песак, као излаз даваће вредност од 200 до 1024. Резистивни сензор влажности земљишта је тако направљен да вредности од ~200 до ~700 означавају одређену влажност, док вредности од ~700 до 1024 означавају да је земљиште суво. Наравно, корисно је уређај калибрисати и подесити га тако да као излаз даје вредност влажности земљишта изражене у процентима. Конкретно, треба увести пропорцију да вредности од ~200 до ~700 означавају одређене вредности од 0% до 100% влажности. Ово се може лако постићи модификацијом кода, конкретно употребом функције „map“, као што је дато у следећем примеру кода.

Пример кôда 2.

```
1. int sensorPin = A0
2. int sensorValue = 0
3.
4. void setup()
5. {Serial.begin(9600);
6. }
7.
8. void loop() {
9. sensorValue = analogRead(sensorPin);
10. int percent = map(sensorValue, 700, 200, 0, 100);
11. Serial.println(percent);
12. delay(100);
13. }
```

У последњем кôду је у линији 10 искоришћена функција „map“, како би се вратила вредности од 700 до 200 пропорционалисале да дају вредности од 0 % до 100 %. Друга важна напомена у вези са последњим кôдом јесте да треба имати у виду да функција „map“ овде није покрила вредности од 700 до 1024. То значи да ће пре урањања, уређај читавати извесну негативну вредност (око -70). Такође, пошто је сензор осетљив и нестабилан, може се десити да некад читава вредност мало већу од 100%. Како би се све поменуто регулисало, може се искористити кôд дат у сљедећем примеру.

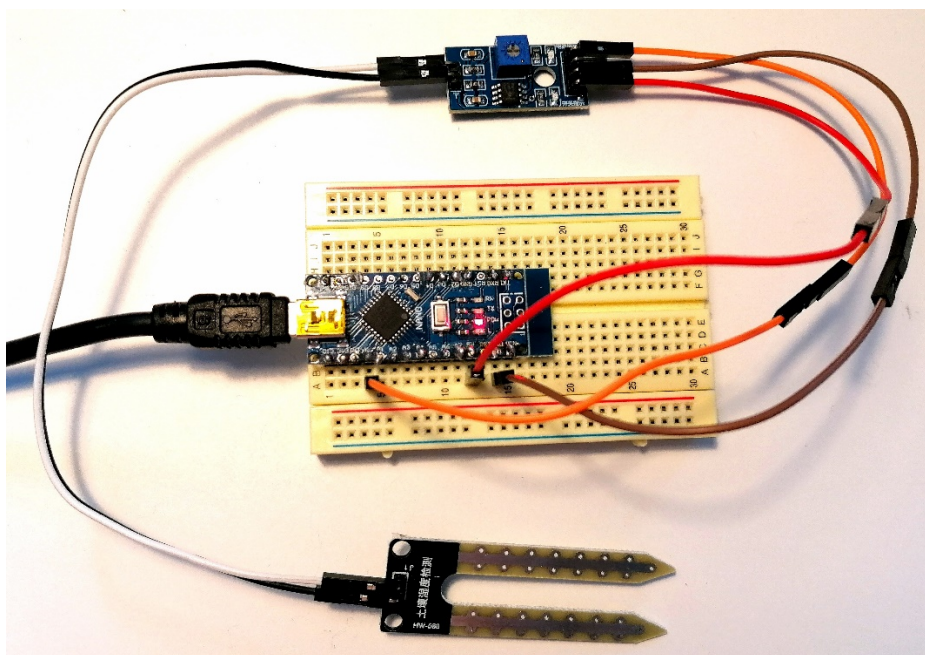
Пример кôда 3.

```
1. int sensorPin =A0;
2. int sensorValue = 0;
3. int moisture = 0;
4.
5. voidid setup()
6. {Serial.begin(9600);
7. }
8.
9. void loop() {
10. sensorValue = analogRrad(sensorPin);
11. int percent = map(sensorValue, 700, 200, 0,100);
12.
13. if (percent < 0) {
14. moisture = 0;
15. } else if (percent > 100) {
16. moisture = 100;
17. } else {
18. moisture = percent;
19. }
20. Serial.println(moisture);
21. delay(100);
22. }
```

У последњем коду су употребом кондиционала у линијама 13-18 „искључене“ негативне вредности и вредности веће од 100. Пре тога је уведена променљива „moisture“, која на самом почетку има вредност 0, а затим се кроз код њој додељују конкретне вредности влажности изражене у процентима.

3.2. Реализација уређаја за мерење влажности земљишта

Демонстрациони експеримент за мерење влажности земљишта реализован је употребом Ардуино Нано плоче и сензора влажности земљишта резистивног типа. Ардуино Нано плоча је фиксирана на протоплочи, док су везе са сензором реализоване преко релеја употребом одговарајућих конектора. Покретањем алата за серијски мониторинг (графички или нумерички) у оквиру Ардуино ИДЕ апликације на рачунару корисника, могу се пратити вредности влажности земљишта. Реализовани уређај је представљен на слици 17.



Слика 17. Реализовани уређај за мерење влажности земљишта.

Овако реализован уређај је изузетно погодан за употребу у учионици. Заузима мало простора, а одзив је брз. У демонстрационом експерименту описаном у претходном потпоглављу врло брзо долази до пораста мерене вредности влажности како се већа вредност воде досипа у сваку следећу чашу. Наравно, због различитог карактера доступног земљишта, тешко је вршити поређење добијених резултата са неким референтним, па је због тога пример употребе Ардуина у настави више погодан за демонстрациони експеримент.

У конкретном случају, за различите количине воде у песку који се налази у три чаше, измерене вредности су 20%, 27% и 42%. Сензор је постављен целом својом дужином у песак, нормално у односу на подлогу. Након сипања воде, пре него што се вршило мерење,

сачекало се 60 s како би се омогућило да се вода равномерно распореди. У вези са могућим унапређењима, напреднија варијатна уређаја би могла да садржи и дисплеј на коме би могла да се аутоматски исписује очитана вредност влажности земљишта, чиме би уређај био знатно мобилнији.

3.3. Мерење жижне даљине сочива

Мерење жижне даљине сочива може се дефинисати као лабораторијска вежба чија је сврха да ученици и студенти измере удаљености предмета и лика од оптичког центра. Поред тога што је потребно познавати основе оптике и законитости које важе у овој области физике, потребно је имати предзнање из класичне механике. За израчунавање жељене оптичке величине неопходно је знати зависност брзине пута од времена приликом равномерног праволинијског кретања. У овом потпоглављу ће бити представљен теоријски увод у оптичка сочива као и поставка експеримента и пример кода који је неопходно исписати како би се могле очитавати жељене вредности.

Разлог због ког се мерење жижне даљине може сматрати лабораторијским експериментом, а не само демонстрационим експериментом, је то да резултати мерења нису предвидиви. Поред тога потребно је применити и одређени математички поступак како би се дошло до резултата.

Оптичка сочива су провидна тела чије су обе граничне површине сферног облика, или чија је једна гранична површина равна, а друга сферна. Према облику и особинама деле са сабирна и расипна. Сочива су један од најважнијих оптичких елемената сваког сложеног оптичког апарата као што су: камере, фотоапарати, микроскопи, дурбини, наочари, итд.

Сабирно сочиво се може представити као више призми, а средњи део сочива представља оптичку плочу. При проласку кроз призму, зрак се прелама ка ширем крају а паралелни зраци се преламају ка средини и скупљају у једној тачки која се назива жижа (фокус) сочива. Основни елементи сабирног сочива су: оптички центар сочива (O), жижа (F) и жижна даљина, тј. растојање од жиже до оптичког центра сочива (f).

Једначина сочива представља зависност жижне даљине (f), удаљености предмета (p) и удаљености лика (l) од оптичког центра сочива и дата је изразом:

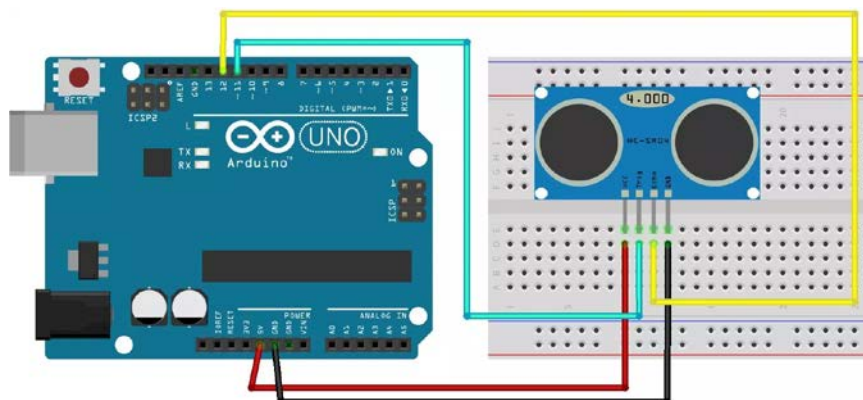
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{l} . \quad (1)$$

Задатак вежбе је одређивање жижне даљине оптичког сочива помоћу ултразвучног сензора. Мерење жижне даљине сочива је од великог значаја јер ученици могу да директно примене научено градиво. Иако на оптичкој клупи постоји одређена бројевна скала на основу које се одређују вредности удаљености предмета и лика од оптичког центра сочива, ултразвучни сензор, фиксиран на оптичкој клупи даје знатно поузданије мерење и прецизније резултате.

За ово мерење се користи ултразвучни сензор раздаљине. Експеримент је нарочито погодан због примене претходно стеченог знања из физике. Пре свега, потребно је знати шта је жижна даљина. Жижна даљина представља удаљеност оптичког центра објектива, тј. удаљеност тачке где се прелама светлост и равни филма/сензора, где се налази жижа.

У овом експерименту, директном методом се мере растојање предмета и лика сочива а жижна даљина се израчунава помоћу горе наведене релације. Цели оптички систем треба центрирати по главној оптичкој оси, како би се добио оштар лик на заклону. На оптичку клупу се постављају: сијалица, предмет (P), сочиво (S) и заклон (L) на стививима. Елементи могу да се померају дуж шине оптичке клупе. Ултразвучни сензор је фиксиран на оптичкој купи и повезан са Ардуино Нано.

Како је већ поменуто, треба спојити четири пина на Ардуино Нано. Прво се споје VCC и GND , те пинпови $Triger$ и $Echo$. $Triger$ има улогу предајника, извора, а $Echo$ има улогу пријемника. Систем је спојен USB -ом на рачунар. У Ардуино ИДЕ, програмском окружењу се исписује код помоћу ког се добијају директно измерене вредности удаљености предмета и лика од оптичког центра.



Слика 18. Шема везивања ултразвучног сензора $HC-SR04$ са Ардуино Уно плочом [17]

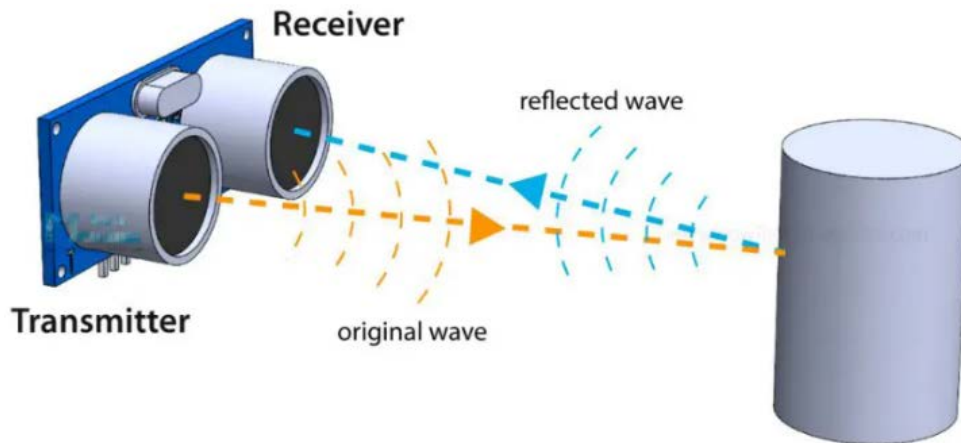
Експеримент се изводи тако што се на оптичку клупу постави сочиво. Сензор спојен на Ардуино Нано одашиља сигнал, при чему долази до одбијања сигнала од жижне тачке сочива. Потребно је израчунати пут који сигнал пређе од предајника до центра сочива. Познато је да је брзина простирања таласа кроз ваздух (под нормалним условима) око 340 m/s , те је познато време за које сигнал пређе растојање од предајника до пријемника. Сензор је испрограмиран да шаље сигнал на сваких $10 \mu\text{s}$. Брзина се рачуна као однос пређеног пута и времена:

$$v = \frac{s}{t} \quad (2)$$

Из ове формуле се добија пређени пут:

$$s = v \cdot t \quad (3)$$

Принцип рада ултразвучног сензора је илустрована на слици 19.



Слика 19. Принцип рада ултразвучног сензора [25]

Потребно је узети у обзир да $10 \mu\text{s}$ траје сигнал који се шаље са *Trig* пина. Функцијом „*pulseIn*“ се читава време које прође од слања са *Trig* пина до доласка на *Echo* пин. Опсег сензора је од 2 до 400 cm, док је тачност декларисана на 0,3 cm. У наставку је дат код, пример 4, за Ардуино уређај којим се може мерити раздаљина.

Пример кода 4.

```
1.  const int trigPin = 2;
2.  const int echoPin = 4;
3.
4.  long duration;
5.  int distance
6.  void setup() {
7.    pinMode(trigPin, OUTPUT);
8.    pinMode(echoPin, INPUT);
9.    Serial.begin(9600);
10. }
11. void loop() {
12.
13.  digitalWrite(trigPin, LOW);
14.  delayMicroseconds(2);
15.
16.  digitalWrite(trigPin, HIGH);
17.  delayMicroseconds(10);
18.  digitalWrite(trigPin, LOW);
19.
20.  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
21.
22.  duration = duration * 0.034 / 2;
23.
24.  Serial.print("Distance.");
25.  Serial.println(distance);
26. }
```

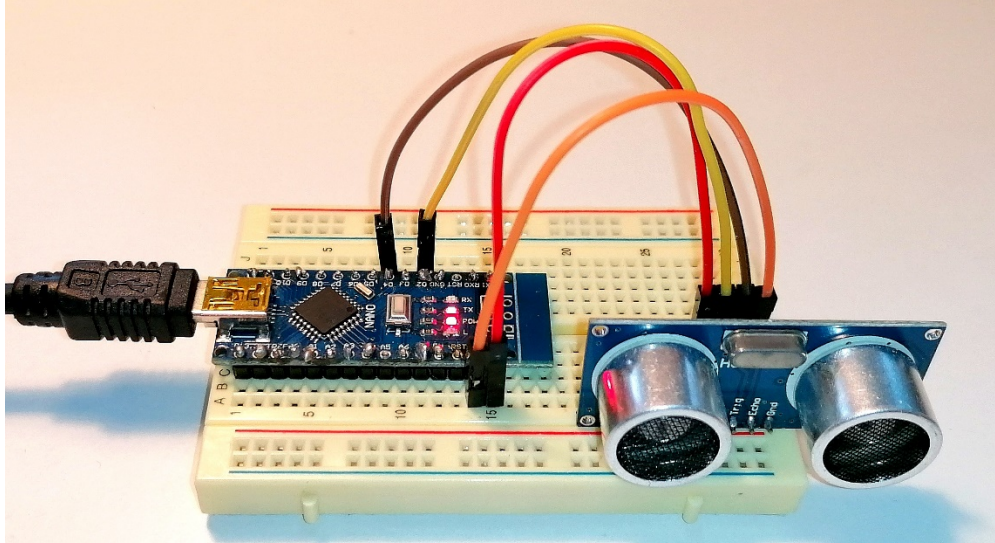
Прва битна ствар коју је потребно урадити приликом програмирања јесте дефинисање *Trig* и *Echo* пинова (линије 1 и 2). У овом случају то су пинови број 2 до 4 на Ардуино Нано плочи и названи су *trigPin* и *echoPin*. Затим је, у кораку 4, потребно увести промењиву „Long“, која представља „трајање“ за време путовања које ће се добити од сензора и целобројна промењива за растојање.

У подешавањима је потребно дефинисати *trigPin* као излаз и *echoPin* као улаз (линије 7 и 8). Затим, у кораку 9, потребно је покренути серијску комуникацију за приказивање резултата на монитору. Следећи корак је да *trigPin* буде постављен на „LOW“ стање на само 2 μs (13-14). Након тога потребно је поставити *trigPin* на „HIGH“ стање на 10 μs за генерисање ултразвучног таласа (16-18).

Како је већ поменуто, помоћу функције *pulseIn()* читава се време путовања сигнала и та вредност се ставља у промењиву „duration“ (линија 20). Ова функција има два параметра, први је назив *Echo* пина, а други је стање пулса који се читава, било да је „HIGH“ или „LOW“. У том случају, потребно је подесити сет на „HIGH“, пошто сензори *HC-SR04* постављају *Echo* пин на високо након слања ултразвучног рафала од 8 циклуса предајника. Ово заправо покреће мерење времена. Када дође до детекције рефлектованог таласа, *Echo* пин ће ићи на „LOW“ што зауставља мерење времена. На крају ће функција вратити дужину импулса у микросекундама. Да би се добило жељено растојање, трајање треба да се помножи са 0,034 (што представља брзину звука у ваздуху изражену у $\text{cm}/\mu\text{s}$) и подели са 2, како је већ раније објашњено. И на самом крају, вредности ће моћи да се читају на монитору.

3.4. Реализација уређаја за мерење дужине код експеримента за оређивање жижне даљине сочива

Лабораторијски експеримент за мерење жижне даљине сочива је такође реализован употребом Ардуино Нано плоче и ултразвучног сензора у ознаци „HC-SR04“. У овом случају, поред Ардуино Нано плоче, на прото-плочи је такође фиксиран и ултразвучни сензор. На овај начин је постигнуто да се сензор минимално помера током мерења. Везе са сензором су реализоване употребом одговарајућих конектора. Покретањем алата за серијски мониторинг у оквиру Ардуино ИДЕ апликације на рачунару корисника, могу се пратити вредности раздаљине. Реализовани уређај је представљен на слици 20.



Слика 20. Реализовани уређај за мерење раздаљине

Овако реализован уређај је изузетно погодан за практичну употребу, јер се може лако фиксирати у подножју предмета на оптичкој клупи. Одзив је изузетно брз, а програм представљен у претходном одељку омогућава да се раздаљина мери у см.

У лабораторијским поставкама вежби за мерење жижне даљине сочива у оквиру курсева физике, ова вредност износи између 10 и 30 см. Имајући у виду опсег ултразвучног сензора, закључује се да је он идеалних перформанси, посебно у педагошке сврхе. У конкретном случају, реализовани Ардуино уређај за мерење растојања од предмета је искоришћен у експерименталној вежби у којој жижна даљина сочива износи 17,90 см. Ова вредност је без проблема репродукована када се за мерења растојања предмета и ликова од сочива користио Ардуино уређај.

У вези са тачношћу овог уређаја, поред декларисане тачности од стране произвођача, треба имати у виду и следеће. Наиме, у коду, конкретно у линији 22, фигурише вредност брзине звука у ваздуху од $0,034 \text{ cm}/\mu\text{s}$. Ово је ипак само апроксимација, јер је познато да брзина звука у ваздуху зависи од температуре, па и влажности ваздуха. Конкретно, при температури од $25 \text{ }^\circ\text{C}$, брзина звука износи 346 m/s . Ово све наравно утиче на тачност мерења. Како би се добиле што тачније вредности раздаљине, неопходно је кориговати линију 22, како би се у обзир узимала тренутна вредност температуре у простору у коме се изводи експеримент. То наравно подразумева и да се Ардуино уређај комбинује са још једним сензором, нпр. *DHT11*, којим би се мерила температура.

4. Извод

Ардуино Уно и Ардуино Нано плоче те сензори који су описани представљају и више него корисно средство наставнику, али и ученицима и студентима. Требало би у будућности да добију на значају и да постану неизоставно средство у настави физике. Како је већ поменуто, ученици и студенти би кроз демонстрационе експерименте и лабораторијске вежбе могли примењивати и проширивати знања како из физике, тако и из информатике и програмирања.

Ардуино плоче као и сензори су доступни на тржишту, уз приступачне цене. У зависности од перформанси, цене су различите.

У описаним експериментима коришћени су резистивни сензор влажности земљишта и ултразвучни сензор за мерење раздаљине. У оба експеримента, сензори су били спојени на Ардуино Нано плочу. Тако спојени, дали су јако добре резултате, са занемарљивим одступањима, те де добијени резултати могу сматрати и више него успешним мерењима.

Резистивни сензор влажности земљишта је спојен преко релеја и одговарајућих конектора на Ардуино Нано. Приликом мерења сензор је уроњен у једну од три чаше испуњене песком, натопљеним различитим запреминама воде. Мерења су поновљена три пута. Да би мерење могло да се адекватно изврши, неопходно је исписати одговарајући кôд. Линије кôда су детаљно објашњене у поглављу посвећеном овом експерименту. Овај експеримент је и више него погодан за учионицу због малог заузимања простора и брзог одзива.

Ултразвучни сензор за мерење раздаљине је одговарајућим конекторима спојен на Ардуино Нано и фиксиран на прото-плочи. Како је већ поменуто, мерење жижне даљине оптичког сочива представља стандардни лабораторијски експеримент. Због перформанси које поседује овај сензор, експеримент је дао задовољавајуће резултате. Одступања приликом мерења су у доброј сагласности са резултатом.

Значајно је нагласити да је за реализацију експеримента неопходно исписати одговарајући кôд у Ардуино ИДЕ програмском окружењу. Линије кôда су детаљно описане у поглављу посвећеном овом експерименту.

5. Summary

Arduino Uno and Arduino Nano boards and sensors that are previously described are more than a useful tool for the teacher as well as the pupils and the students. The sensors will surely gain importance in the future and become an indispensable tool in teaching physics. As previously mentioned, through demonstration experiments and laboratory exercises, pupils and students could apply and more importantly, expand their knowledge of both physics, informatics and programming.

Arduino boards as well as sensors are available in the market at affordable prices. Depending on the performance, the prices vary. The more expensive sensors are, of course, not needed for pedagogical purposes.

In the previously described experiments, two types of sensors were used, a resistive soil moisture sensor and ultrasonic distance measuring sensor. In both experiments, the sensors were connected to an Arduino Nano board. Connected in this way, they gave very good results, with appropriate deviations, which can be considered more than successful measurements.

The resistive soil moisture sensor is connected via a relay and the corresponding connectors to Arduino Nano. During the measurement, the sensor is immersed in of three glasses filled with sand, soaked in different volumes of water. The measurement is repeated three times, once in all three glasses. In order for measurement to be performed adequately, it is necessary to print the corresponding code. The lines of the code are explained in detail in the chapter dedicated to this experiment. This experiment is more than suitable for the classroom due to its small footprint and quick response.

The ultrasonic sensor for distance measurement is connected to the Arduino Nano with appropriate connectors and fixed on the proto-board. As already mentioned, measuring the focal length of an optical lens is a standard laboratory experiment. Due to the performance of this sensor, the experiment gave satisfactory results. Deviations during measurement are in good agreement with the results.

It is important to emphasize that for the realization of this experiment, it is necessary to write the appropriate code in the Arduino IDE programming environment. The lines of code are described in detail in the chapter dedicated to this experiment.

6. Литература

- [1] A. A. Galadima, *Arduino as a Learning Tool*, in *2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)* (2014), pp. 1–4.
- [2] D. Kushner, *The Making of Arduino*, *IEEE Spectrum* **26**, 1 (2011).
- [3] A. M. B. Goncalves, W. P. S. Freitas, and L. B. Calheiro, *Resources on Physics Education Using Arduino*, *Physics Education* **58**, 033002 (2023).
- [4] G. Organtini, *Arduino as a Tool for Physics Experiments*, *Journal of Physics: Conference Series* **1076**, 012026 (2018).
- [5] G. Organtini and E. Tufino, *Effectiveness of a Laboratory Course with Arduino and Smartphones*, *Education Sciences* **12**, 898 (2022).
- [6] Y. A. Badamasi, *The Working Principle of an Arduino*, in *2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)* (2014), pp. 1–4.
- [7] *Arduino Programsko Okruženje*, <http://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/elektronika-e2/wp-content/uploads/sites/87/2018/03/Arduino-uputstvo.pdf>.
- [8] A. Kurniawan, *Arduino Nano A Hands-on Guide for Beginner* (PE press, 2019).
- [9] <https://jagelectronicsenterprise.com/product/arduino-nano-v3-ft232r/>.
- [10] H. Al-Mimi, A. Al-Dahoud, M. Fezari, and M. S. Daoud, *A Study on New Arduino Nano Board for WSN and IoT Applications*, *International Journal of Advanced Science and Technology* **29**, 10223 (2020).
- [11] <https://www.hwlibre.com/bs/arduino-nano/>, (unpublished).
- [12] A. Kurniawan and A. Kurniawan, *Arduino Nano 33 IoT Board Development*, *Beginning Arduino Nano 33 IoT: Step-By-Step Internet of Things Projects 23* (2021).
- [13] H. M. Kaidi, M. A. M. Izhar, N. Ahmad, R. A. Dziauddin, S. Sarip, and S. Z. A. Jalil, *Rehabilitation Monitoring Prototype: Arduino Nano 35 BLE*, *Journal of Physics: Conference Series* **2250**, 012009 (2022).
- [14] G. M. Debele and X. Qian, *Automatic Room Temperature Control System Using Arduino UNO R3 and DHT11 Sensor*, in *2020 17th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP)* (2020), pp. 428–432.
- [15] <https://arduinogetstarted.com/tutorials/arduino-water-sensor>.
- [16] M. Husni, D. O. Siahaan, H. T. Ciptaningtyas, H. Studiawan, and Y. P. Aliarham, *Liquid Volume Monitoring Based on Ultrasonic Sensor and Arduino Microcontroller*, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **128**, 012026 (2016).
- [17] <https://www.hackster.io/csw1/ultrasonic-sensor-with-arduino-uno-f33ca1>.
- [18] J. C. Songara and J. N. Patel, *Calibration and Comparison of Various Sensors for Soil Moisture Measurement*, *Measurement* **197**, 111301 (2022).

- [19] D. Dhatri P V S, M. Pachiyannan, J. Swaroopa Rani K, and G. Pravallika, *A Low-Cost Arduino Based Automatic Irrigation System Using Soil Moisture Sensor: Design and Analysis*, in *2019 2nd International Conference on Signal Processing and Communication (ICSPC)* (2019), pp. 104–108.
- [20] M. S. Kumar, T. R. Chandra, D. P. Kumar, and M. S. Manikandan, *Monitoring Moisture of Soil Using Low Cost Homemade Soil Moisture Sensor and Arduino UNO*, in *2016 3rd International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, Vol. 01 (2016), pp. 1–4.
- [21] <https://Store.Arduino.Cc/Products/Grove-Moisture-Sensor/>, (unpublished).
- [22] <https://projecthub.arduino.cc/NewMC/water-level-monitor-09c018>.
- [23] V. Oliveira, *Measuring Time Intervals in the Classroom with the Arduino Board and a Hall Effect Sensor*, *Physics Education* **54**, 053001 (2019).
- [24] S. A. Arduino, *Arduino*, Arduino LLC **372**, (2015).
- [25] <https://Howtomechatronics.Com/Tutorials/Arduino/Ultrasonic-Sensor-Hc-Sr04/>, (unpublished).

7. Биографија

Сања Ђурановић је рођена 19.08.1999. године у Добоју. Године 2014. завршава Основну школу „Свети Сава“ у Какмужу, награђена Вуковом дипломом, за одличан успех и примерено владање. 2018. године завршава Гимназију „Јован Дучић“, општи смер, у Добоју. Исте године уписује Природно-математички факултет, на Универзитету у Новом Саду. У фебруару, 2022. године почиње да ради у Гимназији „Смарт“ у Новом Саду, где је и даље запослена као професор физике. Од септембра 2022. године до априла 2023.године била је запослена у Основној школи „Коста Трифковић“ у Новом Саду, као наставник физике, где добија похвалу за постигнућа на такмичењима наставнику-ментору у школској 2022/2023. години.



Нови Сад, 10.08.2023.

Сања Ђурановић

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број:

РБР

Идентификациони број:

ИБР

Тип документације: Монографска документација

ТД

Тип записа: Текстуални електронски материјал

ТЗ

Врста рада: Мастер рад

ВР

Аутор: Сања Ђурановић

АУ

Ментор: др Стеван Армаковић, доцент

МН

Наслов рада: Ардуино у настави физике

НР

Језик публикације: Српски (ћирилица)

ЈП

Језик извода: С/Е

ЈИ

Земља публикавања: Република Србија

ЗП

Уже географско подручје: Војводина

УГП

Година: 2023.

ГО

Издавач: Ауторски репринт

ИЗ

Место и адреса: Департман за физику
Природно-математички факултет
Трг Доситеја Обрадовића 4, Нови Сад

МА

Физички опис рада: број поглавља 8; страна 31; литературних цитата 25; табела 0; слика 20; схема

О

ФО

Научна област: Физика

НО

Научна дисциплина: Методика наставе физике

НД

Кључне речи: Ардуно, експерименти, настава

ПО

УДК:

Чува се: У библиотеци Департмана за физику, Природно-математички факултет, Нови Сад, Трг

Доситеја Обрадовића 4

ЧУ

Важна напомена: Нема

ВН

Извод: Видети страну 23

ИЗ

Датум прихватања теме од стране НН већа: 06. 04.2023.

ДП

Датум одбране: 10. 08. 2023.

ДО

Чланови комисије:

КО

Председник: др Лазар Гавански, ванредни професор Природно-математичког факултета у Новом Саду

Ментор: др Стеван Армаковић, доцент Природно-математичког факултета у Новом Саду

Члан: др Ивана Богдановић, ванредни професор Природно-математичког факултета у Новом Саду

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE

KEYWORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type: Monograph type

DT

Type of record: Electronic text

TR

Contents code: Master work

CC

Author: Sanja Đuranović

AU

Mentor: Dr. Stevan Armaković, Assistant Professor

MN

Title: Arduino in physics teaching

TI

Language of text: Serbian (Cyrilic alphabet)

LT

Language of abstract: S/E

LA

Country of publication: Republic of Serbia

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2023.

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Pub. Place: Novi Sad, Department of Physics, Faculty of Sciences, Trg Dositeja Obradovića 4

PP

Physical description: chapters 8; pages 31; literature 25; tables 0; pictures 20; shema 0

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Methodology of physics teaching

SD

Keywords: Arduino, experiments, teaching

UC

Holding data: In the library of Department of Physics, Faculty of Sciences, Novi Sad, Trg Dositeja
Obradovića 4

HD

Note: None

N

Summary: See page 24

AB

Accepted by the Scientific Board on: 06. 04. 2023.

AC

Defended: 10. 08. 2023.

DE

Thesis defend board:

DB

President: Dr. Lazar Gavanski, Associate Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Mentor: Dr. Stevan Armaković, Assistant Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Member: Dr. Ivana Bogdanović, Associate Professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Име и презиме Сања Ђурановић

Број индекса 331/18

Изјављујем

Да мастер рад под насловом

Ардуино у настави физике

- У целини ни у деловима није био предложен за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- Да су резултати рада коректно наведени,
- Да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица,
- Да је мастер рад рађен на студијском програму Интегрисане академске студије - мастер професор физике Природно-математичког факултета у Новом Саду под менторством професора др Стевана Армаковића и да без сагласности ментора, резултати неће бити публиковани.

У Новом Саду, 05. 04. 2023.

Потпис