

**Група ТИМ**

**УЛТРАЗВУЧНО МЕРЕЊЕ  
РАСТОЈАЊА**

**Чачак  
2022. године**

## 1. Мерење растојања

Мерење растојања између две тачке, је вероватно први мерни изазов са којим се човек сусрео. У основи иза мерења растојања стоји поређење мереног растојања са неком познатом дужином за коју се претпоставља да је фиксна. При томе је човек полазио од себе и дужина које су му најдиректније биле познате. Захваљујући томе дошло се до мера као што су палац, стопа, корак или лакат. Једноставно те мере су му увек биле доступне, јер су одговарале појединим деловима људског тела. Међутим, човек је брзо схватио да разним људима одговара различите величине тих референтних јединица, што је неминовно водило стандардизацији мера.

Данас се као јединица за мерење дужине у тзв. SI систему користи **метар**. Дужина од једног метра је први пут дефинисана 1793. године, као 1/10.000.000 дужине четвртине меридијана који пролази кроз Париз.

Развојем електронике, генерално за мерење физичких величина, па тиме и растојања почели су да се користе одговарајући електронски уређаји. Најпознатији такви уређаји се базирају на коришћењу електромагнетских таласа, светлости и звука. Мерења се практично базирају на истом принципу, тј. мерењу времена потребног да одређени талас пређе растојање од извора до објекта чије се растојање мери и назад до мерног уређаја. С обзиром да су познате брзине електромагнетских таласа, светлости и звука, на бази измереног времена може да се израчуна растојање које одговарајући талас пређе. Растојање се рачуна по следећој формули:

$$\Delta = \frac{t}{2c}$$

где су:

$\Delta$  = мерено растојање,

$t$  = време пропагације таласа

$c$  = брзина таласа, у конкретном случају то је брзина звука у ваздуху  $\approx 340\text{m/s}$ ,

С обзиром да талас при мерењу прелази двоструко растојање у формули се примењује дељење са 2.

## 2. Опис решења

У оквиру овог Пројекта реализован је уређај за ултразвучно мерење растојања. Да би се обезбедила аутономност уређаја потребно је да он буде реализован уз одговарајућу рачунарску подршку. Циљ реализације једног оваквог уређаја је да се демонстрира повезивање једног електронског склопа, као што је ултразвучни сензор са микрорачунаром и могућности развоја одговарајуће софтверске подршке [1].

Са ширег аспекта реализације оваквог уређаја било би пожељно да се при томе анализирају различите варијанте рачунарске подршке. Међутим, полазећи од постављеног циља, одлучено је да се компоненте коришћене за реализацију унапред буду дефинисане. Сходно томе за реализацију ултразвучног мерача растојања коришћене су следеће компоненте:

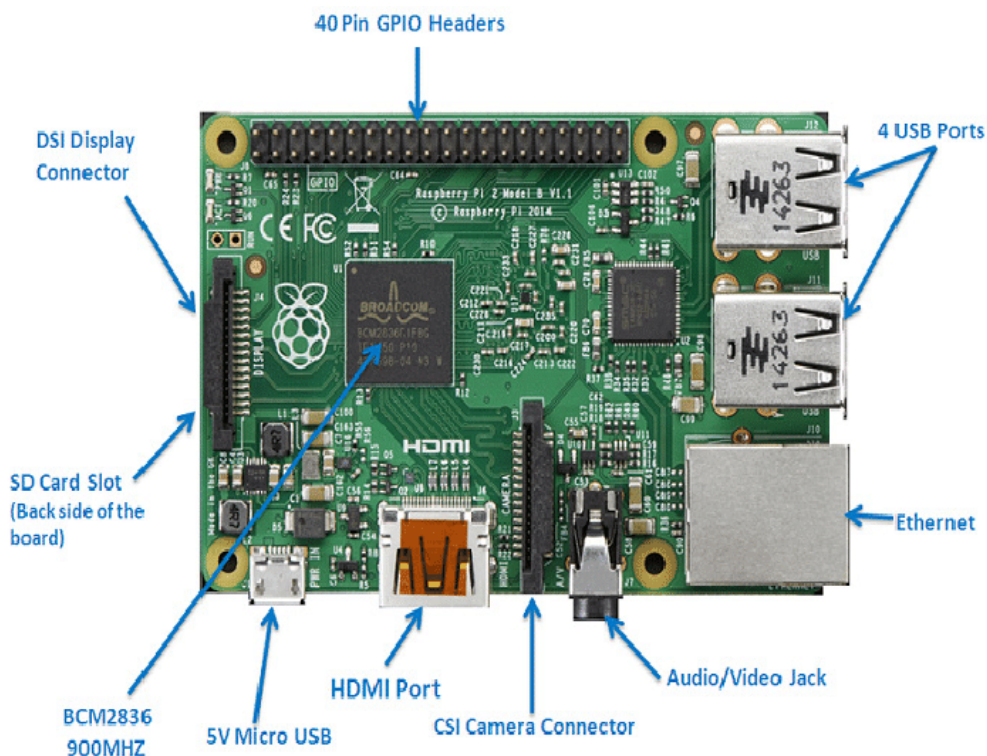
- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| – Рачунарска база    | Raspberry Pi 2 модул; |
| – Ултразвучни сензор | HC – SR04             |
| – Спрежни модул      | DVK512                |

У складу са карактеристикама Raspberry Pi 2 модула у погледу развоја софтверске подршке коришћен је програмски језик Python. С обзиром да је избор рачунарске подршке и пратећих компонената унапред дефинисан пројектним задатком, реализација разматраног уређаја започета је упознавањем са карактеристикама коришћених компонената.

## 2.1 Raspberry Pi 2 рачунарски модул

Овај рачунарски модул настао је на бази идеје да се студентима, али другим заинтересованим омогући лакше и директније упознавање са тековинама савремене рачунарске технике. Идеја је потекла из Рачунарске лабораторије универзитета у Кембриџу, а коначна реализација је остварена кроз тзв. Raspberry Pi Foundation. До сада је тржишту понуђен већи број модела Raspberry Pi микрорачунара [5], [6].

У овом Пројекту за реализацију ултразвучног мерача коришћен је модел Raspberry Pi 2 модел, приказан на слици 2.1.



Слика 2.1 Фотографија Raspberry Pi 2 модула

Карактеристике овог модула су:

Компонента	Опис
Поцесор	Broadcom BCM2837 ARM7 Quad Core
Радна учестаност	900 MHz
Радна меморија	1GB RAM
Улазно – излазни прикључци	– 40 – пински GPIO конектор за проширење
	– 4 USB 2 прикључка
	– Стерео аудио излаз
	– Композитни видео излаз
	– HDMI прикључак
	– CSI прикључак за Raspberry Pi камеру
	– DSI прикључак за Raspberry Pi touch screen дисплеј
	– Micro SD прикључак, за учитавање оперативног система и памћење података
	– Micro USB прикључак за напајање

## 2.2 Ултразвучни сензор HC – SR04

Пројектним задатком је предвиђено да се реализацију ултразвучног мерача растојања користи модул HC – SR04, који је приказан на слици 2.2.



## 2.2 Фотографија ултразвучног сензора HC – SR04

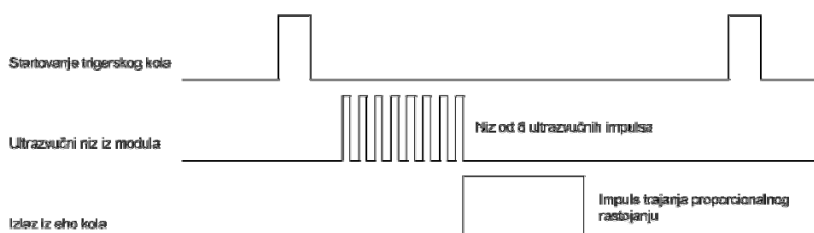
Сензор омогућава бесконтактно ултразвучно мерење растојања у опсегу од 2cm до 400cm са тачношћу до 3mm. Модул се састоји из ултразвучног предајника, пријемника и контролног кола [2]. Ултразвучни сензор се повезује са окружењем преко следећих сигнала:

- Напајање, 5V
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- Маса, 0V

Електричне карактеристике ултразвучног сензора су:

Величина	Карактеристика
Радни напон	5V DC
Радна струја	15mA
Радна учестаност	40kHz
Максимални домет мерења	4m
Минимални домет мерења	2cm
Мерни угао	15 степени
Trigger Input Signal	Импулсни сигнал TTL нивоа и трајања минимално 10 $\mu$ s.
Echo Output Signal	Улазни сигнал TTL нивоа и трајања пропорционалног растојању.

Временски дијаграм рада сензорског уређаја је приказан на слици 2.3. На тригерско коло доводи се импулс ширине минимално 10 $\mu$ s и TTL нивоа. Након тога ово коло генерише низ 8 ултразвучних импулса на учестаности од 40kHz, који се емитују у окружење. Истовремено се на ехо колу успоставља сигнал TTL нивоа. Када се из окружења врати ехо ултразвучног сигнала овај сигнал се спушта на нулу и његова ширина је пропорционална растојању. У случају да испред сензора нема препреке сигнал на ехо колу ће се аутоматски спустити на нулу после 38ms.



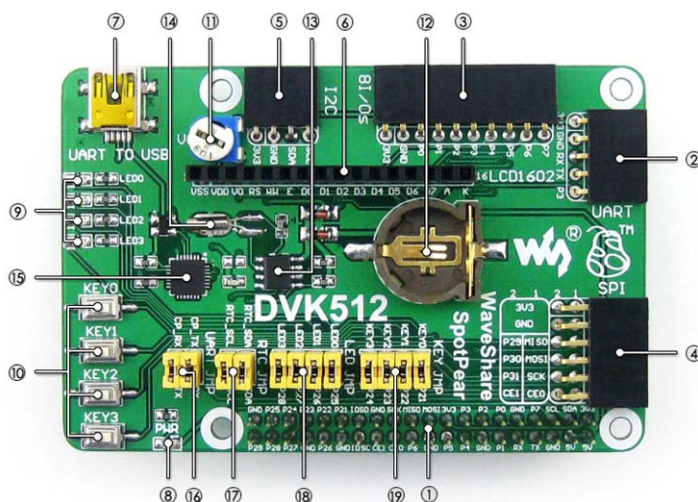
Слика 2.3 Временски дијаграм рада ултразвучног сензорског модула

Растојање између сензора и објекта може да се израчуна према следећој формули:

$$\text{растојање} = (\text{трајање ехо импулса}) \times (\text{брзина звука у ваздуху}) / 2$$

### 2.3 Спрежни модул DVK512

За повезивање рачунарских модула из фамилије Raspberry Pi са окружењем развијен је спрежни модул DVK512 [3], приказан на слици 2.4.



Слика 2.4 Фотографија спрежног модула DVK512

Компоненте спрежног модула DVK512, које су на слици 2.4 означене бројевима имају следеће функције:

Број компоненте	Компонента	Опис
1.		Конектор за повезивање са Raspberry Pi
2.	UART интерфејс	Интерфејс за повезивање са модулима који користе комуникацију RS232, RS485, USB to UART, итд.
3.	8 I/O интерфејс	Интерфејс за повезивање са модулима који се контролишу преко I/O контаката, као што су 8 Push Buttons, Logic Level Converter, Mix Board, итд.
4.	8 I/O интерфејс	Интерфејс за повезивање са модулима који се контролишу преко I/O контаката, као што су 8 Push Buttons, Logic Level Converter, Mix Board, итд.
5.	SPI интерфејс	Интерфејс за повезивање са модулима који комуницирају преко SPI
6.	I2C интерфејс	Интерфејс за повезивање са модулима који комуницирају преко I2C
7.	LCD интерфејс	За повезивање са LCD дисплејима, као што је нпр. LCD1602
8.	USB конектор	USB to UART
9.	LED	Индикатор напајања
10.	LED	Кориснички LED
11.	Тастери	Кориснички тастери
12.	Потенциометар	За подешавање контраста LCD1602 дисплеја
13.		Држач RTC батерије0
14.	PCF8563	RTC коло
15.	32.768K	RTC кристал
16.	CP1202	USB to UART коло
17.	CP1202 краткоспојник	
18.	RTC	

	краткоспојник	
19.	Краткоспојник	Краткоспојник за кориснички LED
20.	Краткоспојник	Краткоспојник за корисничке тастере

## 2.4 Софтверска подршка Raspberry Pi

Рачунарски модули из фамилије Raspberry Pi представљају рачунар у правом смислу. Захваљујући снажном процесору, великој интерној меморији ови модули могу да извршавају озбиљне програме. Такође, модули поседују већи број уграђених комуникационих портова, који им омогућавају повезивање са већином стандардних рачунарских периферија, као што су:

- Тастатура – модули стандардно поседују USB интерфејс.
- Миш;
- Графички монитори и др. – модули поседују хардверску подршку за графички приказ података и могућност повезивања на монитор путем HDMI прикључка.

Такође, Raspberry Pi модули, захваљујући Ethernet прикључку могу да се повезују у одговарајуће рачунарске мреже. Новије верзије, Raspberry Pi 3 и новији модули, поседују могућност и WiFi повезивања.

### 2.4.1 Системска подршка

Да би се омогућило лакше коришћење Raspberry Pi рачунарских модула за њих постоје одговарајући оперативни системи. већина њих је базирана на Linux оперативном систему. Raspberry Pi Foundation као примарни оперативни систем званично наводи Raspberry Pi OS. Овај оперативни систем се раније звао Raspbian и базиран је на Debian дистрибуцији оперативног система Linux прилагођеног за Raspberry Pi фамилију рачунара.

Коришћењем Raspberry Pi модула, опремљеног са тастатуром, мишем, графичким монитором или телевизором и повезаним на Интернет, уз подршку Raspberry Pi OS добијамо прави рачунара на коме се могу развијати одговарајуће програмске апликације.

### 2.4.2 Програмирање Raspberry Pi рачунара

Захваљујући системској подршци, коју Raspberry Pi рачунарима обезбеђују оперативни системи, који се на њега могу инсталирати, апликације могу да се развијају под већином данас коришћених програмских језика. С обзиром да је Raspberry Pi и развијен да подстакне младе људе да се баве програмирањем, Pi у називу управо долази од програмског језика Python, који је данас постао један од примарних алата за програмирање рачунара. Сходно томе за реализацију апликације која омогућава рад ултразвучног мерача растојања изабран је управо програмски језик Python [4].

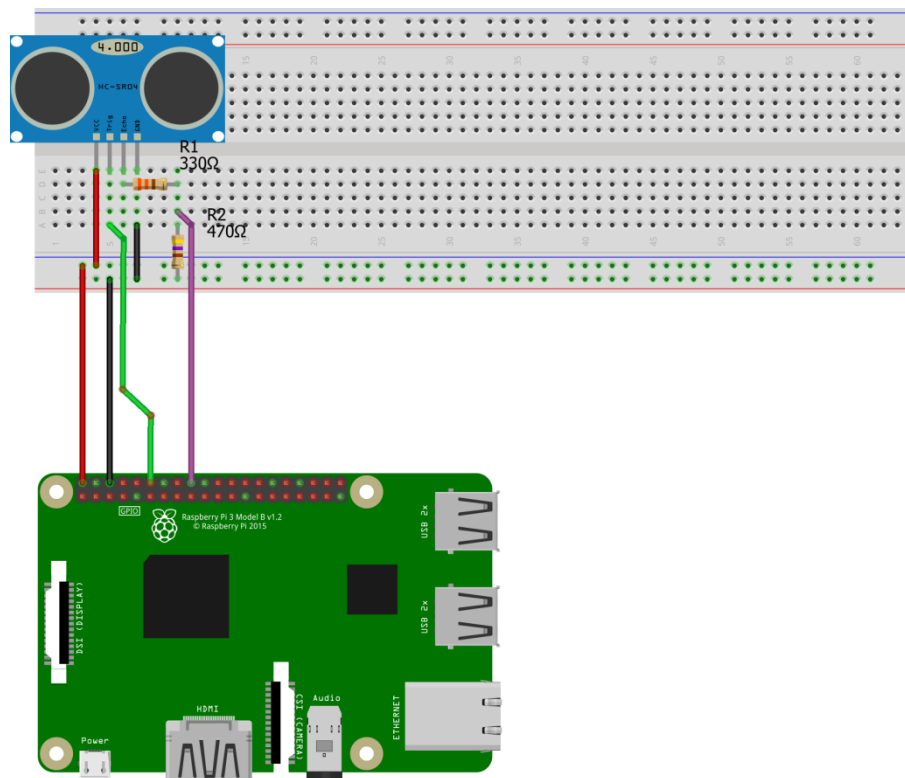
## 2.5 Опис реализације уређаја

Сходно функционалним могућностима коришћених компонената и начину њиховог повезивања са окружењем реализовани уређај може се иницијално представити следећом блок шемом (слика 2.5).



Слика 2.5 Блок шема ултразвучног мерача растојања

Компоненте, које су коришћене за реализацију ултразвучног мерача растојања дефинисане су још у оквиру Пројектног задатка. После упознавања са карактеристикама и начином рада коришћених компонената приступило се разматрању начина њихове интерграције, тј. повезивања у пројектовани и реализовани уређај.



fritzing

Слика 2.6 Електрична шема ултразвучног мерача растојања

Као што је показано у секцији 2.3 спрежни модул DVK512 намењен је за повезивање Raspberry Pi 2 и новијих са периферијским уређајима који користе стандардне интерфејсе. Међутим, ултразвучни сензорски модул HC – SR04 не спада у такве модуле. За његово повезивање са рачунаром користе се две линије Trig и Echo тако да се он може повезати директно на GPIO прикључак Raspberry Pi 2, који је коришћен у конкретном случају. С обзиром да на спрежном модулу DVK512 постоји излаз GPIO линија повезивање је остварено преко њих. Сходно томе електрична шема ултразвучног мерача растојања може се представити као на слици 2.6.

Четири контакта на ултразвучном сензорском уређају HC – SR04 су повезана на Raspberry Pi 2 на следећи начин:

HC – SR04	Raspberry Pi 2 GPIO
VCC	Pin 2 (VCC)
GND	Pin 6 (GND)
TRIG	Pin 12 (GPIO18)
ECHO	Pin 18 (GPIO24)

Као што се види са слике 1.6 сигнал са контакта GPIO24 се на контакт ECHO доводи преко разделника отпорника 330Ω, повезаног на ECHO улаз сензора и отпорника 470Ω повезаног на масу.

### 3. Литература

- [1] „Рачунарска електроника“, Наставни материјали, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2020

- [2] „Product Users's Manual – HC-SR04 Ultrasonic Sensor“, V1.0, Cytron Technologies, 2013
- [3] „*DVK512 User Manual*“, V2.5, Waveshare Electronics Co., Ltd., 2015
- [4] Blum, R., Bresnahan, C., „*Python Programming for Raspberry Pi*“, SAMS, 2014
- [5] Upton, E., Halfacree, G., „*Raspberry Pi User Guide*“, 4th Edition, Wiley, 2016
- [6] „*Raspberry Pi Tutorial*“, TutorialsPoint, 2021