

**МОДУЛАРНИ СИСТЕМ БАЗИРАН НА ИНТЕГРИСАНОМ КОЛУ „NE555“****MODULAR SYSTEM BASED ON “NE555” INTEGRATED CIRCUIT**Маја Грбић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – БИОМЕДИЦИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

**Кратак садржај** – У овом раду ће бити описан модуларни систем базиран на интегрисаном колу NE555. Систем се састоји од осам кола. У раду је такође објашњен принцип као и конструкција сваког од развијених кола.

**Кључне речи:** NE555, тајмер, мерење, осцилатор

**Abstract** – This paper will describe a modular system based on the NE555 integrated circuit. The system consists of eight circuits. The paper will describe the working principle, as well as the construction and working principle of each of the realized circuits.

**Keywords:** NE555, timer, measurement, oscillator

**1. УВОД**

Радећи за компанију Signetics, немачки инжењер Ханс Камензинд, 1971. године дизајнирао је интегрисано коло под називом NE555. До данас, NE555 важи за једно од најкоришћенијих интегрисаних кола. Разлог за то је ниска цена самог кола али још битније, широка лепеза његових примена.

У овом раду предвиђен је развој система који се састоји од осам штампаних плочица: једне улазне, на коју се доводе напајање и улазни сигнал, и седам плочица са различитим функцијама – коло за мерење капацитивности, коло за мерење отпорности, осцилатор ниске фреквенције, PWM, напонско контролисани осцилатор, Watchdog тајмер и Trigger debouncer. Свака од наведених плочица садржи конекторе постављене тако да плочице могу једноставно међусобно да се повезују и да се на тај начин гради ланац различитих функција за обраду сигнала.

Захваљујући једноставном повезивању и комбиновању различитих модула, као и могућности посматрања резултата обраде на осцилоскопу, овај систем може да се користи на вежбама и предавањима у оквиру студија електротехнике, као средство уз помоћ ког се студентима на занимљив начин представља принцип рада интегрисаног кола NE555 и неке од његових примена.

**НАПОМЕНА:**

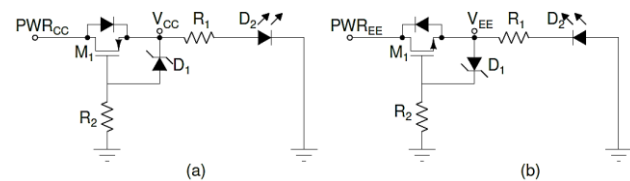
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Платон Совиљ, ред. проф.

**2. КОЛО ЗА НАПАЈАЊЕ**

Напајање представља улазну плочицу, односно полазни корак у раду са овим плочицама. За разлику од других плочица, плочица за напајање нема улазне конекторе већ само два излазна конектора. Плочица за напајање се састоји од 5 банана конектора женског типа, 2 излазна конектора као и два блока за заштиту у случају довођења обрнутог поларитета напона напајања.

Осим довођења напајања, на ову плочицу се може довести произвољни сигнал који ће се помоћу излазних конектора дистрибуирати даље како би био коришћен на другим плочицама.

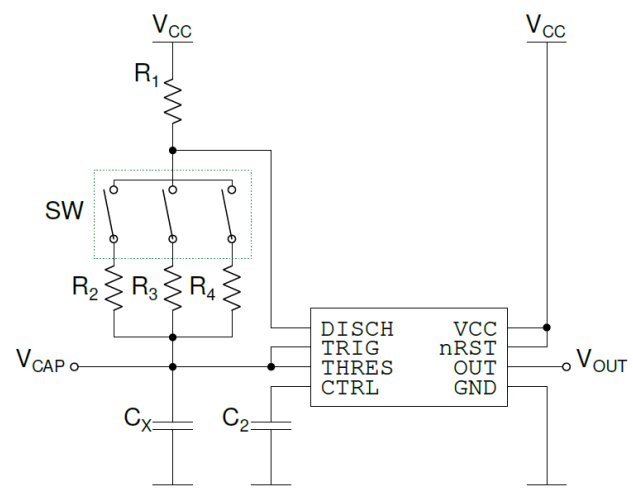
Посебна пажња код кола за напајање биће посвећена заштити од обрнутог поларитета напајања. Такав један систем, приказан је на слици 1.



Слика 1. Кола за заштиту од обрнутог поларитета напајања

**3. КОЛО ЗА МЕРЕЊЕ КАПАЦИТИВНОСТИ**

Коло за мерење капацитивности служи за мерење непознате капацитивности кондензатора на основу познатих вредности отпорника, мерењем периоде излазног сигнала. На слици 2. приказано је коло за мерење капацитивности.



Слика 2. Коло за мерење капацитивности

Непозната капацитивност  $C$ , добијена из једначине 1, изражава се на следећи начин:

$$C = \frac{T}{(R_1 + 2R_2) \ln 2} \quad (1)$$

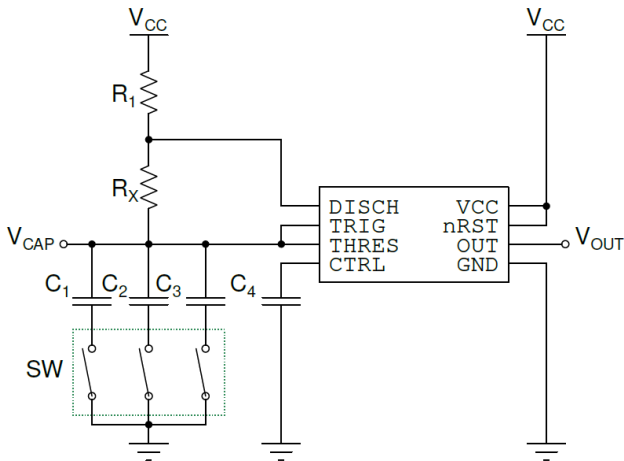
где је:

$T$  периода излазног сигнала,  
а  $R_1$  и  $R_2$  су познате отпорности.

Овакав начин мерења капацитивности је изузетно практичан и јефтин, међутим има и своја ограничења. Та ограничења огледају се пре свега у лимитираном опсегу вредности кондензатора који се мери. Ограниченост опсега последица је ограничења самог интегрисаног кола NE555.

#### 4. КОЛО ЗА МЕРЕЊЕ ОТПОРНОСТИ

Коло за мерење отпорности ради по сличном принципу као и коло за мерење капацитивности. Основна разлика је што је у овом колу капацитивност позната, док се тражи вредност непознате отпорности. На слици 3. приказано је коло за мерење отпорности.



Слика 3. Коло за мерење отпорности

Непозната отпорност, одређује се на основу познате вредности капацитивности у колу, као и на основу периоде излазног сигнала коју је потребно измерити. Вредност непознате отпорности, добија се на следећи начин:

$$R_x = \frac{T}{C \ln 2} - R_1 \quad (2)$$

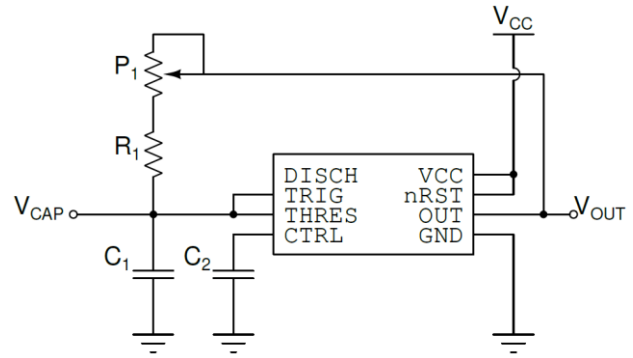
где је:

$T$  периода излазног сигнала,  
 $R_1$  позната отпорност,  
док је  $C$  позната капацитивност.

#### 5. ОСЦИЛАТОР НИСКЕ ФРЕКВЕНЦИЈЕ

Осцилатори су кола која генеришу периодичан сигнал константне фреквенције. Ово коло има за циљ генерисање правоугаоног сигнала фактора испуне 50%.

На слици 4. приказана је електрична шема осцилатора ниске фреквенције.



Слика 4. Коло за генерисање импулса ниске фреквенције

Како би се омогућио фактор испуне сигнала од 50%, потребно је да отпорности, преко којих се кондензатор  $C_1$  и празни и пуни, буду исте вредности. Да би то било могуће, кондензатор се не може празнити преко Discharge пина, већ се преко отпорника повезује на Output пин.

Па тако, иницијално, док напон на кондензатору  $C_1$  не достигне  $\frac{2}{3}V_{CC}$ , на излазном пину ће се налазити висок напонски ниво што ће омогућити пуњење кондензатора. Када напон на кондензатору  $C_1$  достигне ниво од  $\frac{2}{3}V_{CC}$ , на излазном пину ће се наћи ниво логичке "0", и кондензатор  $C_1$  ће почети да се празни. Кондензатор  $C_1$  празниће се док се напон на њему не спусти на ниво  $\frac{1}{3}V_{CC}$ , што ће резултовати подизањем излаза на ниво логичке "1", чиме почиње нови циклус пуњења кондензатора  $C_1$ .

Комбинација кондензатора  $C_1$  и отпорника  $R_1$  даће на излазу сигнал одређене фреквенције. Како би та фреквенција могла бити променљива, у коло је додат и потенциометар  $P_1$ , повезан тако да је пин на ком је клизач потенциометра кратко спојен са једним крајем потенциометра, користећи потенциометар као једноставан променљиви отпорник.

Међутим, уколико се клизач потенциометра  $P_1$  нађе у једном од крајњих положаја, што резултује вредношћу од  $0 \Omega$  на делу потенциометра  $P_1$  који се користи, потребно је на ред са потенциометром  $P_1$ , у коло повезати и отпорник  $R_1$  фиксне вредности отпорности.

Фреквенција излазног сигнала у зависности од вредности капацитивности  $C_1$ , отпорности  $R_1$ , али и отпорности потенциометра  $P_1$ , дата је једначином 3.

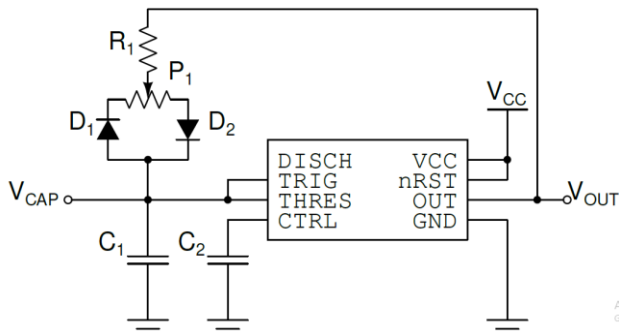
$$f = \frac{1}{2(R_1 + P_1)C \ln 2} \quad (3)$$

Може се приметити да у једначини 3., 2 пута фигурише збир отпорности отпорника  $R_1$  и потенциометра  $P_1$ . Разлог за то је тај што и у пуњењу и у пражњењу кондензатора фигуришу како отпорник  $R_1$  тако и потенциометар  $P_1$ .

#### 6. КОЛО ЗА PWM

Импулсно ширинска модулација (енг. Pulse width modulation - PWM) је врста управљања која представља начин да се од дигиталног сигнала направи сигнал аналогне вредности. Однос импулс/пауза се модулише

тако да одговара специфицираном нивоу аналогног сигнала. У суштини, PWM представља начин дигиталног кодирања нивоа аналогних сигнала. На слици 5. приказано је коло задужено за PWM.



Слика 5. Коло за PWM

Главни циљ овог кола је промена фактора испуне излазног сигнала, док његова фреквенција остаје константна. Избор вредности кондензатора  $C_1$ , отпорника  $R_1$ , као и потенциометра  $P_1$ , утиче на фреквенцију излазног сигнала.

Фактор испуне представља проценат периоде током ког је сигнал активан, односно има вредност логичке "1". У зависности од жељеног фактора испуне, клизач потенциометра  $P_1$  се налази у различитим положајима. Уколико се са  $P_{1,1}$  означи део потенциометра  $P_1$  преко ког се кондензатор  $C_1$  пуни, а са  $P_{1,2}$  означи део потенциометра  $P_1$  преко ког се кондензатор  $C_1$  празни, подешавањем жељеног фактора испуне DC (енг. Duty cycle), за дате вредности отпорности  $R_1$  и укупне вредности потенциометра  $P_1$ , вредности  $P_{1,1}$  и  $P_{1,2}$  се добијају на следећи начин:

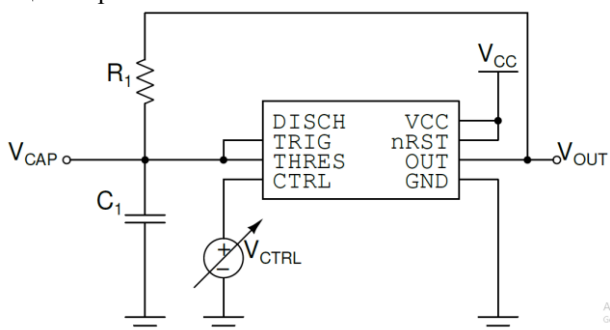
$$P_{1,2} = (2R_1 + P_1)DC - R_1 \quad (4)$$

$$P_{1,1} = P_1 - P_{1,2} \quad (5)$$

Диоде  $D_1$  и  $D_2$  омогућавају контролу струјног тока ка делу потенциометра који се користи приликом пражњења, односно приликом пуњења. Променом положаја клизача потенциометра помоћу диода  $D_1$  и  $D_2$ , управља се фактором испуне излазног сигнала.

## 7. НАПОНОМ КОНТРОЛИСАНИ ОСЦИЛАТОР

Напоном контролисани осцилатор, или скраћено VCO (енг. Voltage control oscillator) представља коло чијом се фреквенцијом осциловања управља улазним напоном. На слици 6. приказан је напоном контролисани осцилатор.



Слика 6. Коло за напоном контролисани осцилатор

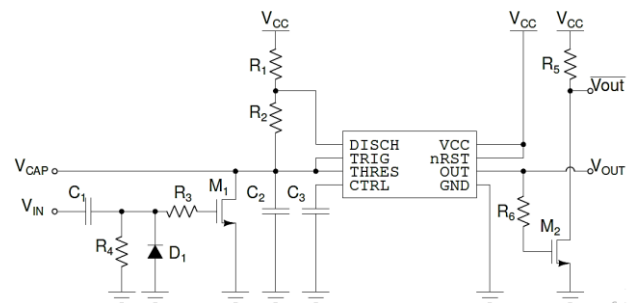
Контролни напонски сигнал доводи се на пин 5, на шеми означен са CTRL. Уколико се контролни напон не доводи у коло, на пину 5 ће као последица постојања унутрашњег напонског разделника бити вредност напона од  $\frac{2}{3}V_{CC}$ .

Кондензатор  $C_1$  ће се пуњити до нивоа  $V_{CTRL}$ , док ће период пражњења кондензатора трајати док напон на кондензатору  $C_1$  не буде једнак  $\frac{1}{2}V_{CTRL}$ .

Променом контролног напона  $V_{CTRL}$ , мења се осег напона у ком се кондензатор  $C_1$ , пуни и празни, а самим тим и трајања периода пуњења и пражњења кондензатора  $C_1$ , што директно утиче на промену фреквенције излазног сигнала.

## 8. WATCHDOG ТАЈМЕР

Watchdog тајмер или „пас чувар“, посебна је врста тајмера који мери протекло време између два догађаја. Електрична шема Watchdog тајмера приказана је на слици 7.



Слика 7. Коло за Watchdog тајмер

На улаз Watchdog тајмера доводи се дигитални напонски сигнал  $V_{IN}$ . Када се на улазу  $V_{IN}$  налази ниво логичке "0" и транзистор  $M_1$  је искључен. Кондензатор  $C_2$  почиње да се пуни. То је тренутак када Watchdog тајмер почиње да мери време. Кондензатор  $C_2$  се пуни преко отпорника  $R_1$  и  $R_2$ , све док се на улазу  $V_{IN}$  не нађе ниво логичке "1". Када се на улазу  $V_{IN}$  нађе ниво логичке "1", транзистор  $M_1$  ће се укључити и отворити путању за пражњење кондензатора  $C_2$ . То је тренутак када се Watchdog тајмер ресетује.

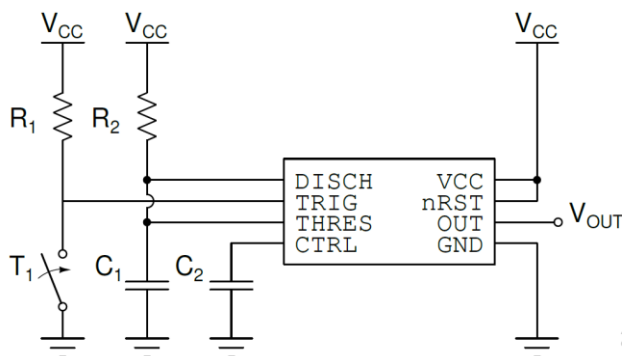
Све док на улаз пристижу импулси одговарајућег трајања, напон на кондензатору  $C_2$  никада неће достићи референтни напон од  $\frac{2}{3}V_{CC}$  и на излазу  $V_{OUT}$  ће увек бити логичка "0".

Када се деси нерегуларност у улазном сигналу, на пример кашњење импулса, транзистор  $M_1$  се неће укључити и пражњење кондензатора  $C_2$  неће бити могуће. Када напон на кондензатору  $C_2$  достигне референтни напон од  $\frac{2}{3}V_{CC}$ , на излазу  $V_{OUT}$  ће се поставити логичка "1", која даље треба да искључи остатак кола.

## 9. TRIGGER DEBOUNCER

Тастери и прекидачи не успостављају и не раскидају контакт моментално. Типичан механички прекидач прави неколико прелаза, односно одскакивања (енг. „bouncing“) у току неколико милисекунди док не промени стање, услед ефеката изазваних механичким дизајном. Да се не би погрешно протумачио већи број

промена стања тастера или прекидача уместо једне промене, обавља се хардверско и/или софтверско дебаунсирање тастера и прекидача (енг. „debouncing“). На слици 8. приказана је реализација кола за дебаунсинг.



Слика 8. Trigger debouncer коло

Када се тастер  $T_1$  затвори, доћи ће до „поскакивања“, односно краткотрајног отварања и поновног затварања тастера. Наравно овакво понашање није пожељно. Да би се на излазу детектовао стваран број притисака тастера ово коло мора на неки начин исфилтрирати прави притисак тастера од свих артефаката „поскакивања“. Остваривањем првог контакта при притиску тастера, на Trigger пину ће се наћи 0 V. Као последица тога, на излазу компаратора  $C_2$  ће се наћи логичка "1" која ће на инвертовани излаз SR леча поставити логичку "0" чиме ће се искључити транзистор за пражњење кондензатора  $C_1$ . Тиме започиње пуњење кондензатора. Такво стање на излазу, трајаће све док напон на кондензатору  $C$  не достигне напонску референцу  $\frac{2}{3}V_{CC}$ .

Када напон на кондензатору  $C_1$  не достигне напонску референцу од  $\frac{2}{3}V_{CC}$  на излазу из компаратора  $C_1$  ће се наћи логичка "1" која ће на инвертовани излаз SR леча поставити логичку "1" чиме ће се укључити транзистор за пражњење кондензатора  $C_1$ . Како на путању за пражњење кондензатора  $C_1$  не постоји отпорник, једина отпорност која лимитира струју пражњења биће изузетно ниска вредност отпорности вода, напон на кондензатору  $C_1$  ће брзо пасти на 0.

Трајање пуњења кондензатора  $C_1$  зависиће од вредности капацитивности  $C_1$ , као и вредности отпорности  $R_1$ . Како би дебаунсинг био успешан време пуњења кондензатора, мора бити дуже од трајања „поскакивања“ код тастера.

На тај начин, на излазу ће се наћи онолико притисака тастера колико се то стварно пута десило.

## 10. ЗАКЉУЧАК

Развијени модуларни систем базиран на коришћењу интегрисаног кола NE555, пружа могућност учења на интересантан начин – омогућава студентима да једноставним повезивањем плочица са различитим функцијама и мењањем њихових параметара помоћу различитих прекидача и потенциометара, самостално формирају ланац функција и посматрају промене сигнала. На тај начин могу се видети конструкција и принцип рада сваког од представљених кола.

Иако овај систем првенствено треба да помогне студентима да савладају основна знања о разним колима базираним на интегрисаном колу NE555, упознавањем са његовим принципом рада, отварају се могућности за упознавање са широким спектром примена.

Постоји велики број модула који могу да се конструишу на сличан начин, те се очекује даљи развој овог модуларног система увођењем плочица са новим функцијама, као и примена система на лабораторијским вежбама из више предмета на Факултету техничких наука у Новом Саду и у другим високошколским установама.

### Кратка биографија:



**Маја Грбић** рођена је у Пријеполу 1998. године. Завршила је основне академске студије биомедицинског инжењерства 2020. године на Факултету техничких наука у Новом Саду.

Контакт: [grbicmaja@yahoo.com](mailto:grbicmaja@yahoo.com)