

УПРАЖНЕНИЕ № 6

Изследване на интегрален таймер 555

6.1 Цел на упражнението

Да се запознаят студентите със структурата и възможностите на широко разпространеният интегрален таймер „555“. Да се изследват различните му режими на работа и схеми на свързване, да се разучат възможностите му за генериране на различни импулсни поредици.

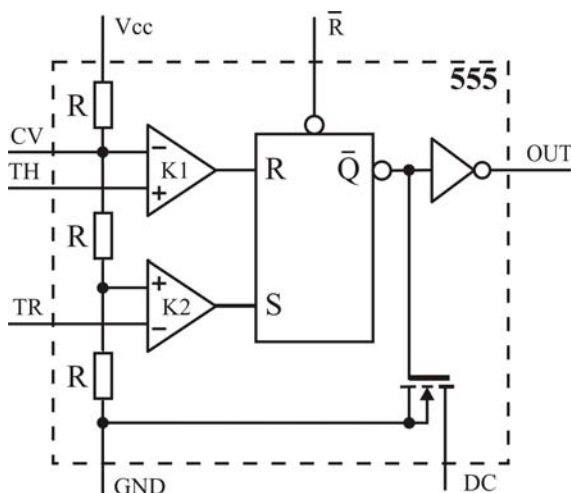
6.2 Описание на таймер 555

Таймер 555 е една от най-използваните интегрални схеми при изграждане на импулсни схеми и устройства. – от релета за време до управление на електродвигатели. Характерно за нея е, че с използване на минимален брой външни елементи, може да се съставят голям брой приложни схеми.

Основните режими на работа, които могат да се реализират с таймер 555 са:

- генераторен режим (astable) – генерира правоъгълни импулси с продължителност и период, определени от външните времезадаващи вериги;
- чакащ режим (monostable) – при постъпване на синхронизиращ входен импулс изработва единичен правоъгълен импулс с определена продължителност, определени от времезадаващата верига;
- тригерен режим (bistable)- схемата функционира като RS тригер;
- буферен режим – схемата работи като инвертиращ тригер на Шмит;
- работа в режим на широчино импулсна модулация.
- делител на честота – постига се при подходящ подбор на времеконстантите на RC веригите в чакащ режим;

Вътрешната структура на таймер 555 е показана на фиг. 1. Той съдържа два компаратора (K1 и K2), които сработват съответно на нива $2/3$ и $1/3$ от V_{CC} , създадени от трите технологично еднакви резистора (вградени в структурата на таймера). Изходите на двата компаратора управляват R и S входовете на вградения R-S тригер.



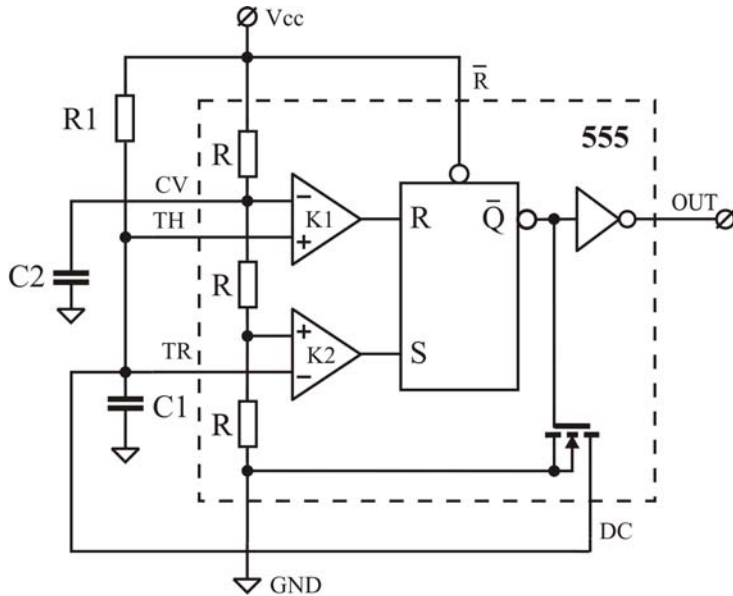
Фиг. 1

Компаратор K1 сработва, когато нивото на сигнала, подаден на вход TH (Threshold) стане по-положително потенциала $2/3 V_{CC}$, а компаратор K2 когато нивото на сигнала подаден на вход TR (Trigger) стане по-отрицателно от потенциала $1/3 V_{CC}$.

Изхода \bar{Q} на RS тригера е изведен чрез мощен инвертиращ буфер. Едновременно с това той управлява вътрешен транзистор, чийто колектор е изведен на извод DC (Discharge) и обикновено се използва за управление на разрядната верига.

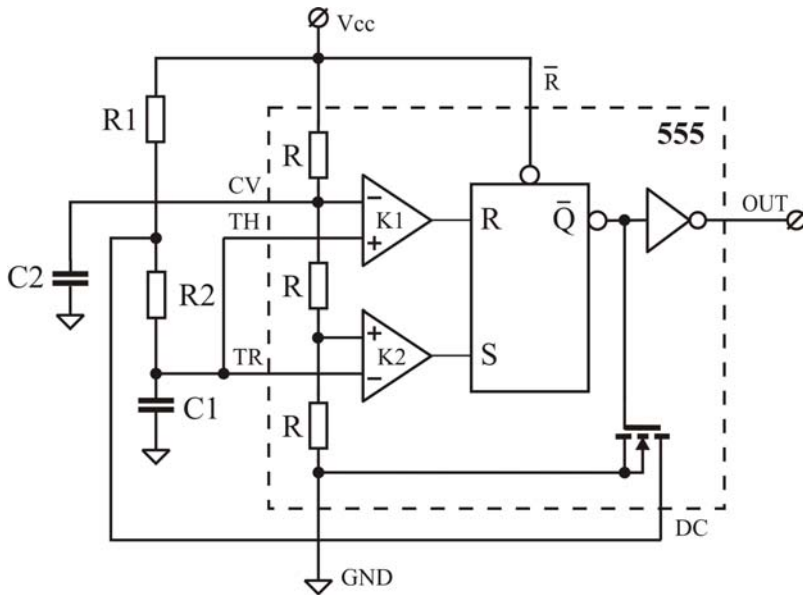
Точката от вътрешния резистивен делител, където се формира $2/3 V_{CC}$, е изведена на извод CV (Control Voltage).

Обикновено в тази точка се свързва кондензатор към маса, като така се премахват смущения, които могат да повлияят на праговите напрежения на компараторите. Възможно е също така този извод да се използва за промяна (модулиране) праговете на компараторите, като по този начин да се реализира честотна или широчинно-импулсна модулация.



Фиг. 2

установява в ниско ниво. Спадането на напрежението на кондензатора под $1/3 V_{cc}$, задейства компаратора K2 се и установява изход \bar{Q} на R-S тригера във високо ниво. Това води до запушване на вътрешния за таймера транзистор и процеса на заряд на кондензатора се възобновява.



Фиг. 3

през двата резистора R1 и R2. Продължителността на импулса за ниско ниво на изхода OUT се определя от израза :

$$t_L = 0,693.(R_1 + R_2).C_1$$

Когато напрежението върху кондензатора преминае ниво от $2/3 V_{cc}$ схемата се превключва. Разрядът става през резистора R2 и разрядния транзистор. Продължителността на импулса във високо ниво на изхода на схемата се определя по формулата:

Базовата схема на свързване на времезадаващата верига е показана на фиг. 2. Кондензаторът C1 във времезадаващата верига се зарежда през резистора R1 от захранващото напрежение Vcc. Когато потенциала върху кондензатора преминае горната прагова стойност $2/3 V_{cc}$, компараторът K1 сработва и задейства R-S тригера. Изхода му \bar{Q} се установява в високо ниво. Транзисторът се отпушва, отвежда зарядния ток към маса и предизвиква бързо разрежда натрупания заряд в кондензатора C1. Изхода на таймера OUT се

Схемата генерира кратки отрицателни импулси с честота, определена от времезадаващата верига определена от R1 и C1. Ширината на генерирания краткотраен импулс се определя от времеконстантата определена от C1 и съпротивлението на отпушения вътрешен транзистор в таймера.

Добавянето на резистор R2 във времезарядната верига на схемата (фиг. 3) дава възможност за увеличаване продължителността на генерирания изходен импулс.

Зареждането на кондензатора C1 в този случай се осъществява последователно

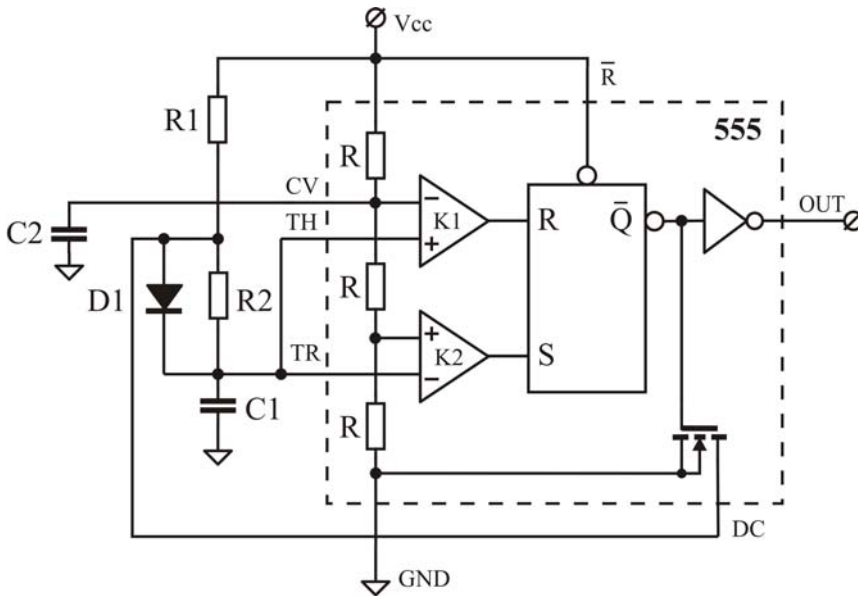
$$t_H = 0,693R_2C_1.$$

За коефициента на запълване дефиниран като продължителност на изходния импулс към периода на повторение на генерираната последователност, може да се запише :

$$k_3 = \frac{t_H}{t_H + t_L} = \frac{R_2}{R_1 + 2R_2}$$

Периода на повторение и честотата на генерираните импулси се определят от изразите :

$$T = t_H + t_L = 0,693.(R_1 + 2R_2).C_1 \quad f = \frac{1,443}{(R_1 + 2R_2).C_1}$$



Фиг. 4

Посредством добавянето на диод D1 в паралел на R2, както е показано на фиг.4, се извършва разделяне на зарядната и разрядната вериги. Това дава възможност да се регулират независимо продължителността на импулса и паузата и разширяване диапазона на промяна на коефициента на запълване.

За продължителността на импулса и паузата важат формулите :

$$t_L = 0,693R_1.C_1$$

$$\text{и } t_H = 0,693R_2.C_1,$$

За коефициента на запълване е в сила израза :

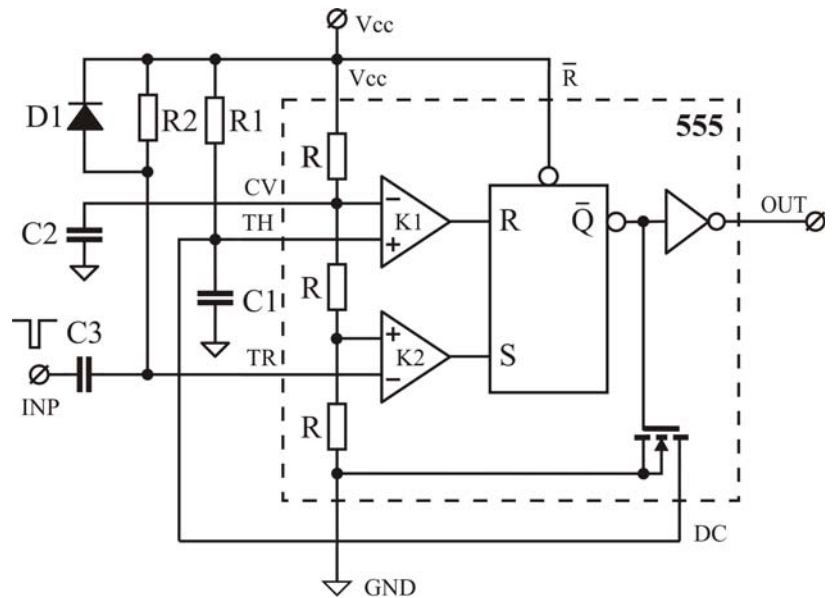
$$\delta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Периода на повторение T и честотата f на генерираните импулси се дефинират с изразите:

$$T = 0,693(R_1 + R_2).C_1$$

$$f = \frac{1,443}{(R_1 + R_2).C_1}.$$

На фиг.5 е показано свързването на таймер 555 в чакащ (monostable) режим. За осигуряването на този режим на схемата резисторът R2 е свързан към захранването. Амплитудата на входните импулси трябва да бъде по-голяма от 2/3 Vcc. Пускането на схемата става по отрицателния фронт импулса, подаван към тригериращия вход на таймера през диференцираща верига образувана от C3 и R2.



Фиг. 5

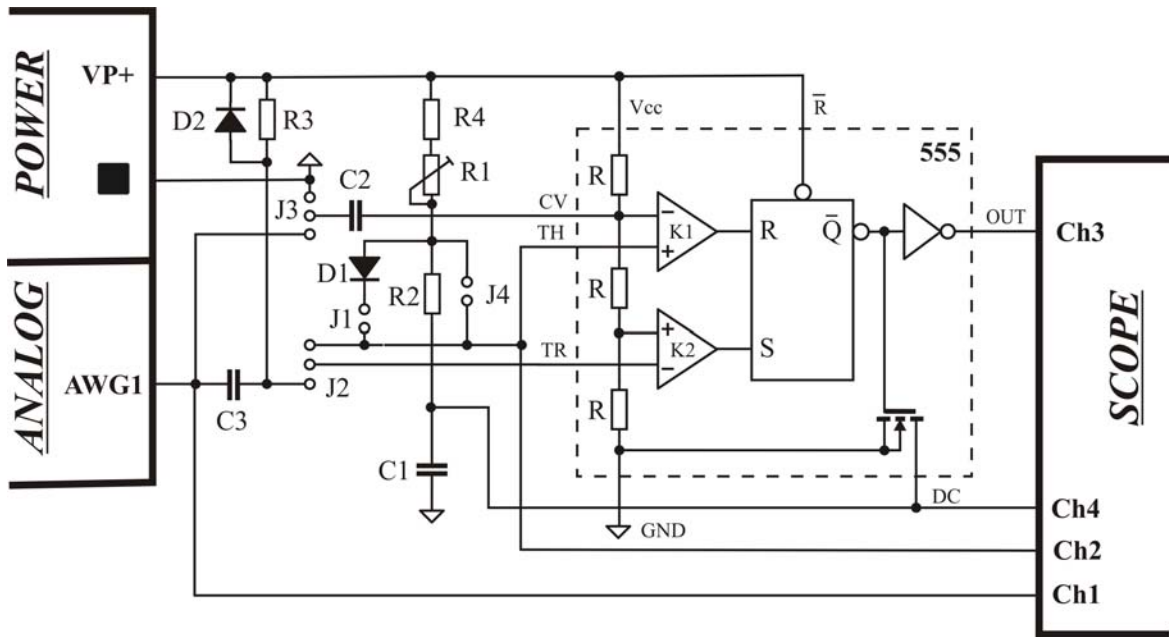
Продължителността на изходния импулс с ниско ниво се определя от стойностите на R1 и C1 по зависимостта :

$$t_L = 1,1R_1.C_1$$

Наличието на тригер във вътрешната структура на таймера не позволява презапускане на така създадения чакащ мултивибратор. Това означава, че при подходящи настройки схемата може да се използва като делител на честота.

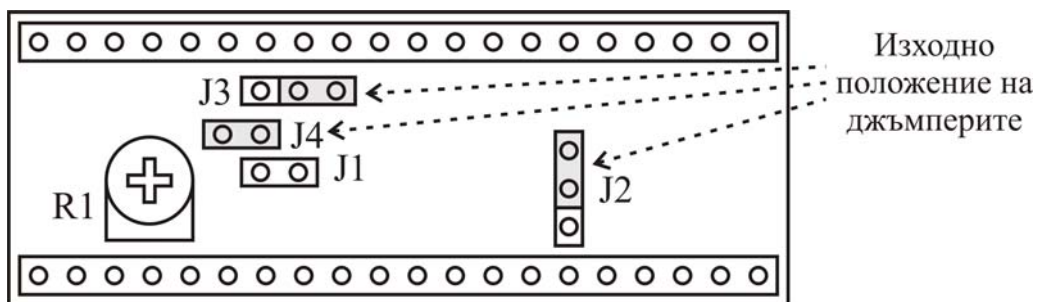
6.3 Описание на опитната постановка

Принципната схема на опитната постановка е показана на фиг. 6. В режим на чакащ мултивибратор се използва първи канал на генератора на сигнали – AWG1. Сигналите от него се подават както към изследваната схема, така и към първи канал на осцилоскопната приставка (Ch1).



Фиг. 6

На втори канал (Ch2) от осцилоскопа може да се наблюдава напрежението върху времезадаващия кондензатор C1, а на трети канал (Ch3) – изхода на таймера 555. Към четвърти канал (Ch4) е свързан изхода на транзистора от разрядната верига. При изследване на схемата в автогенераторен режим се препоръчва синхронизацията на осцилоскопа да се извършва по трети канал, а при изследване на възможностите на схемата в режим на чакащ режим и при външна модулация синхронизацията да се извършва по първи канал.



Фиг. 7

Разположението на джъмперите върху макетния модул е показано на фиг. 7. С помощта на джъмперите J1 и J4 се избират различни варианти на разрядната верига – основно

свързване за бърз разряд, фиксирано време на разряд или разделни вериги за заряд и разряд. Посредством J2 схемата се превключва в автогенераторен режим или като чакаш мултивибратор. Джъмпер J3 дава възможност за изследване възможностите за модулация чрез промяна праговете на сработване на схемата.

6.4 Задание за изпълнение

1. Да се определят аналитично зависимостите за периода (T), честотата на сигнала (f), продължителността на импулса (t_H), паузата между импулсите (t_L) и коефициента на запълване на сигнала (δ), от елементите за схемите от фиг.2 до фиг.5 .
2. Да се реализира на опитната постановка схемата от фиг.2. Да се определят експериментално параметрите на сигнала в зависимост от вариацията на R1. Резултатите да се представят в графичен и табличен вид. Да се начертаят времедиаграмите на сигналите в изхода на схемата и върху времезадаващия кондензатор(параметър на графиката е променящия се елемент).
2. Да се реализира на опитната постановка схемата на фиг.3. Да се определят експериментално параметрите на сигнала и коефициента на запълване в зависимост от вариацията на R1. Резултатите да се представят в графичен и табличен вид. Да се начертаят времедиаграмите на сигналите в изхода на схемата и върху времезадаващия кондензатор (параметър на графиката е променящия се елемент).
3. Да се реализира на опитната постановка схемата на фиг.4. Да се определят експериментално параметрите на сигнала и коефициента на запълване в зависимост от вариацията на R1. Резултатите да се представят в графичен и табличен вид. Да се начертаят времедиаграмите на сигналите в изхода на схемата и върху времезадаващия кондензатор (параметър на графиката е променящия се елемент).
4. Да се реализира на опитната постановка схемата на чакаш мултивибратор от фиг.5. Да се изследва експериментално зависимостта на параметрите на получения импулс в зависимост от вариацията на R1. Резултатите да се представят в графичен и табличен вид. Да се начертаят времедиаграмите на сигналите в изхода на схемата и върху времезадаващия кондензатор (параметър на графиката е променящия се елемент).
5. Изследване възможностите за модулация чрез промяна праговете на сработване на схемата. Резултатите да се представят в графичен и табличен вид. Да се начертаят времедиаграмите на сигналите в изхода на схемата и върху времезадаващия кондензатор.

6.5 Указание за изпълнение на заданието

1. Да се поставят джъмперите в изходно състояние съгласно фиг. 7. Да се включи захранването на макета (ключе ON/OFF в положение ON).
2. Да се стартира програмата WaveForms за управление на виртуалните инструменти и да се извърши начална инициализация на системата.
3. Да се стартира програмата за управление на захранващи и опорни токоизточници (Voltage от WaveForms1, секция Analog). Регулируемият захранващ блок за положително напрежение да се настрои на +8V. Останалите захранващи източници да се поставят в изключено състояние. Да се включи захранващият блок чрез бутона Power.
4. Да се включи 4 каналната осцилоскопна приставка (Scope от WaveForms1, секция Analog). Активирайте канал 2, канал 3 и канал 4. Синхронизирайте осцилоскопа по сигнала на канал 3.
 - ◆ Определете параметрите на сигналите при двете крайни положения на R1. Снемете осцилограмата при минималната стойност на R1, нанесете характерните точки, обяснете взаимните връзки.

- ◆ Отворете джъмпера J4. Обяснете разликите, спрямо предходната точка, повторете същите измервания.
 - ◆ Окъсете J1. Обяснете разликите в режима на работа, определете параметрите на сигналите.
 - ◆ Обобщете данните от измерванията и наблюденията от т.4 в табличен вид.
5. Да се стартира генератора на сигнали (WaveGen от WaveForms1, секция Analog).
- ◆ Задайте правоъгълна форма на сигналите от AWG1, период на повторение на импулсите 1 ms при симетрия 90 %, амплитуда на сигнала 5V, постоянноотокково отместване 0 V. Превключете схемата за работа като чакащ мултивибратор (чрез превключване на J2).
 - ◆ Синхронизирайте осцилоскопа по падащия фронт на сигнала на канал 1. Наблюдавайте формата и поведението на сигналите на останалите канали спрямо първи канал при промяна на R1. Определете параметрите им. Запишете осцилограмата, нанесете характерните точки и причинно-следствените връзки.
 - ◆ Отворете J1. Задайте на генератора честота 200 Hz. Наблюдавайте сигналите, обяснете разликите. Определете параметрите им, запишете осцилограмата.
 - ◆ Затворете J4. Задайте на генератора честота 20 kHz. Синхронизирайте осцилоскопа по сигнала от канал 3. Променяйте плавно стойността на R1 и наблюдавайте осцилограмите. Обяснете взаимните връзки между сигналите. Определете параметрите им за двете крайни положения на R1, запишете осцилограмите.
 - ◆ Обобщете данните от измерванията и наблюденията от т.5 в табличен вид.
6. Превключете отново схемата в режим на автогенератор. Установете триъгълна форма на сигнала от генератора, симетрия – 50%, честота 200 Hz, амплитуда на сигнала – 2 V. Синхронизирайте осцилоскопа по сигнала на първи канал. Наблюдавайте изходния сигнал от таймера при различни комбинации на J1 и J4, както и при различни положения на R1. Обяснете наблюдаваните ефекти.

6.6 Контролни въпроси

1. Кои елементи определят стойностите на праговете напрежения в таймер 555 ?
2. От какво се определя коефициентът на запълване на сигнала за схемата от фиг. 2, при промяна на стойностите на елементите от времезадаващата верига?
3. В какви граници ще се изменя коефициентът на запълване на сигнала за схемата от фиг. 3, при промяна на стойностите на елементите от времезадаващата верига?
4. Как се постига независимост в дефинирането на импулса и паузата при работа на таймер 555 в автогенераторен режим.
5. По какъв начин възможно да се модулират праговете напрежения в таймер 555 ?

6.7 Литература

1. Understanding Schmitt Triggers, Texas Instrument Inc., Application Report; SCEA046–September 2011
2. Димитрова, М., И. Ванков. Импулсни схеми и устройства. С., Техника, 1987
3. Rabaey J., A. Chandrakasan, B. Nikolic, Digital Integrated Circuits. A Design Perspective, Second Edition, Prentice Hall, 2003.
4. <http://mysite.du.edu/~etuttle/electron/elect37.htm>
5. http://www.nxp.com/products/logic/schmitt_triggers/