



**Ръководство за провеждане на лабораторно
упражнение**

Дисциплина:
Импулсна схемотехника

Тема на упражнението:

**Изследване на мултивибратори и
моновибратори /чакащи мултивибратори/**

1. Цел на упражнението.

Запознаване на студентите с основните характеристиките на генератори на правоъгълни импулси в автогенераторен режим - мултивибратори и в чакащ режим - моновибратори (чакащи мултивибратори) и схемите за тяхното реализиране.

2. Измервателна постановка.

За построяване и изследване на схемите се използват:

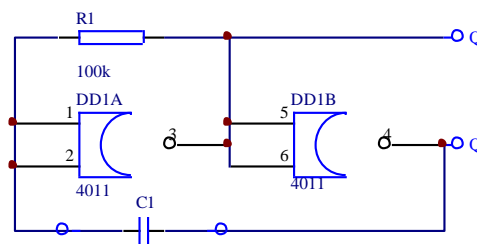
- Специализиран лабораторен макет за мултивибратори, осъществен според принципната електрическа схема от Приложение 6.3.
- Специализиран лабораторен макет за чакащи мултивибратори, осъществен според принципната електрическа схема от Приложение 6.3.
- Двуканален осцилоскоп.
- Универсален стабилизирани токоизправител за напрежение 5V.

3. Задачи за изпълнение.

Внимание! Всички необходими схеми са реализирани и свързани помежду си, както е показано на лицевия панел на лабораторната установка в Приложение 6.2 и в Приложение 6.3. Не са включени времезадаващите RC групи. Те са сменяеми и се включват към означените букси.

3.1. Да се свърже лабораторния макет за мултивибратори към захранващия източник и осцилоскопа.

3.2. Изследване на схема на мултивибратор, реализиран с логически елементи по схемата от фиг. 1.



фиг. 1

- Да се включи към макета външен кондензатор $C1=10\text{nF}$. Да се снимат времедиаграмите на сигналите Q, Q и U_c . Да се обясни действието на схемата. Да се определят основните параметри на генерираните импулси U_m , T, T_H , T_L , $K_{\text{зап}}$, f чрез измервания от екрана на осцилоскопа.
- Да се определят основните параметри на генерираните импулси U_m , T, T_H , T_L , $K_{\text{зап}}$, f при кондензатор $C1=100\text{nF}$
- Резултатите да се нанесат в таблица 1. В същата таблица да се нанесат стойностите за тези параметри, пресметнати по теоретични формули, отчитащи стойностите на елементите на схемата:

$$T \approx 2.2R1.C1$$

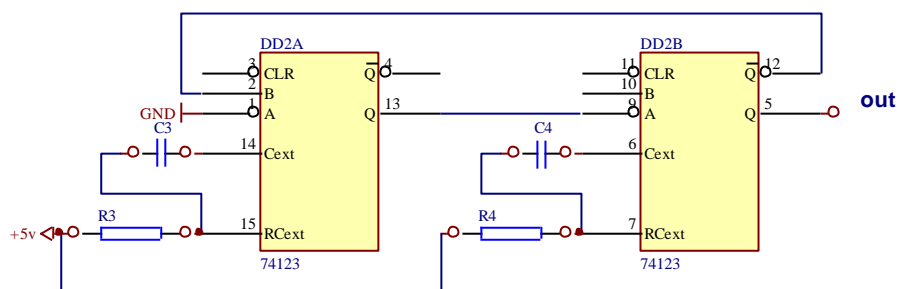
$$f = \frac{1}{T}$$

Таблица 1.

	C1	10nF	100nF
T	измерено		
	изчислено		
f	измерено		
	изчислено		

- Да се сравнят резултатите, получени по двата начина. Да се обяснят различията.

3.3. Изследване на схема на мултивибратор, реализиран с два интегрални мултивибратори 74123 по схемата от фиг.2.



фиг. 2

- Да се включи към макета външен кондензатор $C1=10\text{nF}$. Да се снимат времедиagramите на сигналите на изходите Q на двете схеми. Да се обясни действието на схемата. Да се определят основните параметри на генерираните импулси U_m , T , T_H , T_L , $K_{\text{зап}}$, f чрез измервания от екрана на осцилоскопа.
- Да се определят основните параметри на генерираните импулси U_m , T , T_H , T_L , $K_{\text{зап}}$, f при кондензатор $C1=100\text{nF}$
- Резултатите да се нанесат в таблица 2. В същата таблица да се нанесат стойностите за тези параметри, пресметнати по теоретични формули, отчитащи стойностите на елементите на схемата:

$$T = T_H + T_L = kR4.C4 + kR3.C3$$

$$k=0,28$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Таблица 2.

	C3, R3	10nF, 10k	10nF, 10k
	C4, R4	10nF, 10k	100nF, 10k
T_H	измерено		
	изчислено		
T	измерено		
	изчислено		
f	измерено		
	изчислено		

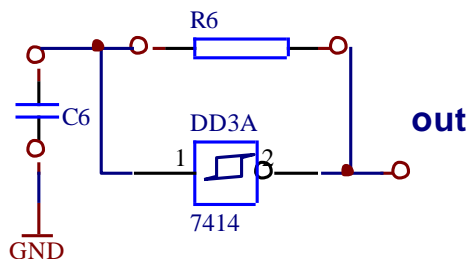
- Да се сравнят резултатите, получени по двата начина. Да се обяснят различията.

Изследване на мултивибратори и моновибратори /чакащи мултивибратори/

3/13

Ръководство за лабораторно упражнение

3.4. Изследване на схема на мултивибратор, реализиран с тригер на Шмит по схемата от фиг.3.



фиг. 3

- Да се включи към макета външен кондензатор $C=10\text{nF}$. Да се снимат времедиаграмите на сигналите на входа и на изхода на тригера на Шмит. Да се обясни действието на схемата. Да се определят основните параметри на генерираните импулси $U_m, T, T_H, T_L, K_{зап}, f$ чрез измервания от екрана на осцилоскопа.
- Да се определят основните параметри на генерираните импулси $U_m, T, T_H, T_L, K_{зап}, f$ при кондензатор $C1=100\text{nF}$
- Резултатите да се нанесат в таблица 3.

Таблица 3.

C1		10nF	100nF
T	измерено		
f	измерено		

- Да се отчетат от осцилоскопа праговете на тригера на Шмит и да сравнят с типичните стойности на интегралната схема.

$U1=1,7\text{V}$ и $U2=0,9\text{V}$

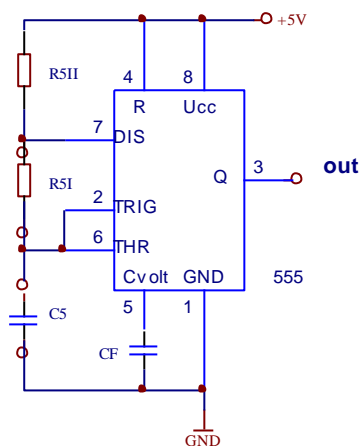
3.5. Изследване на схема на мултивибратор, реализиран с интегрален таймер 555 по схемата от фиг.4.

Да се включи към макета външен кондензатор $C1=10\text{nF}$. Да се снимат времедиаграмите на сигналите на изхода Q на схемата и върху кондензатора C5. Да се обясни действието на схемата. Да се определят основните параметри на генерираните импулси $U_m, T, T_H, T_L, K_{зап}, f$ чрез измервания от екрана на осцилоскопа.

- Да се определят основните параметри на генерираните импулси $U_m, T, T_H, T_L, K_{зап}, f$ при кондензатор $C1=100\text{nF}$
- Резултатите да се нанесат в таблица 4. В същата таблица да се нанесат

$$T = T_H + T_L = 0.7(R5^I + R5^{II})C5 + 0.7R5^{II}C5 \qquad f = \frac{1}{T}$$

стойностите за тези параметри, пресметнати по теоретични формули, отчитащи стойностите на елементите на схемата:



фиг. 4

Таблица 4.

C5, R5		10nF, 10k	10nF, 100k
T _H	измерено		
	изчислено		
T	измерено		
	изчислено		
f	измерено		
	изчислено		

- Да се сравнят резултатите, получени по двата начина. Да се обяснят различията.

3.6. Да се свърже лабораторния макет за чакаци мултивибратори към захранващия източник и осцилоскопа.

3.7. Да се определят чрез измервания от екрана на осцилоскопа основните параметри на генерираните импулси (U_m , T , T_H , T_L , $K_{зап}$, f) на изхода на мултивибратора, реализиран с таймер 555 от лабораторната установка за чакаци мултивибратор- точка Т. С тези импулси се запускат периодично изследваните моновибратори, за да е възможно да се наблюдават импулсите им на екрана на осцилоскопа.

3.8. Изследване на схема на чакаци мултивибратор, реализиран със специализираната интегрална схема 74123 - два интегрални мултивибратори.

- Да се включат към макета външни резистор $R3=10k$ и кондензатор $C3=10nF$. Да се снимат времедиаграмите на сигналите в точка Т и на изхода Q на моновибратора. Да се обясни действието на схемата. Да се определят основните параметри на генерираните импулси U_m , и T_H чрез измервания от екрана на осцилоскопа.
- Да се определят основните параметри на генерираните импулси U_m , и T_H , като се промени само стойността на кондензатора C3 - $C3=100nF$

- Резултатите да се нанесат в таблица 5. В същата таблица да се нанесат стойностите за тези параметри, пресметнати по теоретична формула, отчитаща стойностите на елементите на схемата:

$$T_H = kR3.C3$$

$$k=0,28$$

Таблица 5.

C3		10nF	100nF
R3		10k	10k
T _H	измерено		
	изчислено		

- Да се сравнят резултатите, получени по двата начина. Да се обяснят различията.

3.9. Изследване на схема на мултивибратор, реализиран със специализираната интегрална схема интегрален таймер 555.

- Да се включат към макета външни резистор R4=10k и кондензатор C4=10nF. Да се снимат времедиаграмите на сигналите в точка T, на изхода Q на моновибратора и върху кондензатора C4. Да се обясни действието на схемата. Да се определят основните параметри на генерираните импулси U_m и T_H чрез измервания от екрана на осцилоскопа.
- Да се определят основните параметри на генерираните импулси U_m и T_H, като се промени само стойността на кондензатора C4 - C4=100nF
- Резултатите да се нанесат в таблица 6. В същата таблица да се нанесат стойностите за тези параметри, пресметнати по теоретични формули, отчитащи стойностите на елементите на схемата:

$$T_H = 1.1R4C4$$

Таблица 6.

C4		10nF	100nF
R4		10k	10k
T _H	измерено		
	изчислено		

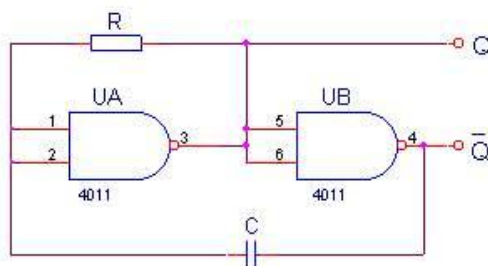
- Да се сравнят резултатите, получени по двата начина. Да се обяснят различията.

4. Въпроси за самостоятелна работа въкъщи.

4.1. Да се открият в справочниците за CMOS и HCMOS цифрови интегрални схеми, предназначени за построяване на генератори на импулси. Да се опишат функциите им.

4.2. Посочете верния отговор!

Мултивибраторите са схеми за генериране на :



- а) периодични сигнали ;
- б) периодични правоъгълни сигнали ;
- в) единични импулси ;
- г) синусоидални сигнали ;

4.3. Имат ли собствена честота импулсите, генерирани от чакащ мултивибратор?

5. Съдържание на протокола.

Резултатите от изпълнението на т.3 и т.4.

6. Приложения

6.1 Теоретична постановка.

6.2. Принципна електрическа схема и лицев панел на лабораторния макет за мултивибратори.

6.3. Принципна електрическа схема и лицев панел на лабораторния макет за чакащи мултивибратори.

Основна литература

1. Михов Г., Цифрова схемотехника, ТУ – София, 2005г.

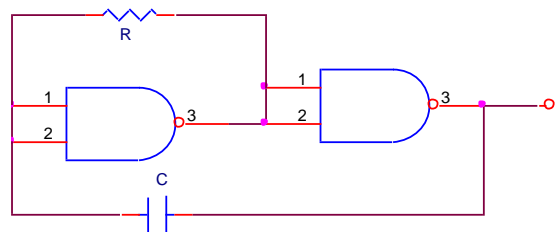
Допълнителна литература

1. Атанасов Ал., Основи на импулсната и цифровата схемотехника, София, 2003г.
2. Димитрова М., И. Ванков, Импулсни схеми и устройства, в 2 тома, Техника, София, 1989г.
3. Димитрова М., И. Ванков, CMOS интегрални схеми, в 2 тома, Техника, София, 1988г.
4. Конов К., Импулсни и цифрови схеми с интегрални ТТЛ елементи, Техника, София, 1988г.
5. Токхайм Р., Цифрова електроника, Техника, София, 1999г.
6. Хоровиц П., У. Хилл, Искусство схемотехники, в 3-х тома, Мир, Москва, 1993г.
7. Янсен Й., Курс цифровой электроники, в 4-х тома, Мир, Москва, 1987г.

Приложение 6.1. Теоретична постановка

Мултивибраторите са схеми за генериране на периодични правоъгълни импулси с точно определена честота. Те имат 2 възможни състояния, които са само временно устойчиви. Времето, през което схемата се намира във всяко едно от състоянията се определя от процеса на зареждане и разреждане на кондензатор през резистор. Продължителността на формирания импулс се определя от времеконстантите на зарядни или разрядни RC вериги. Тези вериги се наричат времезадаващи, времеопределящи или хронираси. Обикновено мултивибраторите започват да генерират след включване към захранващото напрежение. Мултивибраторите са основни схеми в импулсната и цифровата схемотехника. Не е преувеличено да се каже, че цифровите устройства не могат да работят без генератор. Ако не се съдържа генератор в самото устройство, то би трябвало да работи с външен генератор. Обикновено всички процеси в едно цифрово устройство се синхронизират с честотата на един генератор. Генераторът се явява управляваща схема за цифровите устройства.

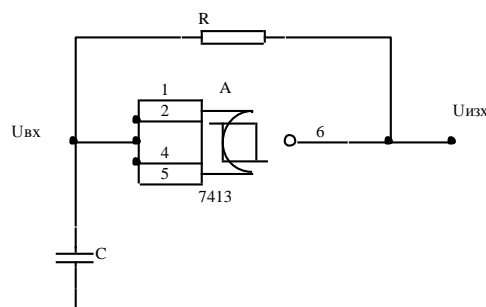
Мултивибраторите могат да бъдат реализирани с логически елементи, с операционни усилватели, с тригери на Шмит, със специализирани схеми и др. Схема на генератор на правоъгълни импулси с логически елементи е показана на фиг. 1. Използват се два инвертора и само една времезадаваща верига, образувана от резистора R и кондензатора C.



Фиг. 1

Честотата на генерациите се определя от израза: $f \approx 1/3RC$

На фиг. 2 е показана схема генератор с тригер на Шмит. Времезадаващата верига се включва между изхода и входа на тригера.



Фиг.2

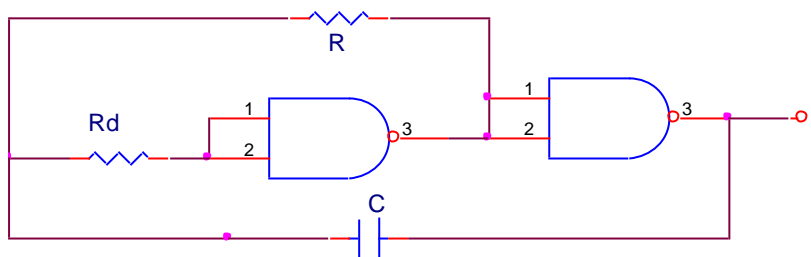
При включване на захранващото напрежение кондензаторът е разреден, $U_{вх}=0$ и $U_{изх}=1$. Кондензаторът започва да се зарежда през резистора до достигане на горното прагово напрежение, когато тригерът се преобръща и $U_{изх}=0$. Тогава кондензаторът започва да се разрежда през резистора до достигане на долното прагово напрежение, тригерът отново се преобръща, $U_{изх}=1$ и процесът отново се повтаря.

Включването на кондензатор към TTL елементите довежда до сравнително продължително оставане в активната област на предавателната характеристика, което е причина за появяването на паразитни трептения по време на предния или задния фронт на изходните импулси. Паразитните трептения се отстраняват с известно усложняване на схемата на мултивибратора. Освен това всички мултивибратори, осъществени с TTL елементи, се характеризират с влошена шумоустойчивост, тъй като входното напрежение поне на един от логическите елементи в схемата сравнително продължително време се намира между нивата 0 и 1. Това изисква при осъществяване на монтажа на схемата върху печатната платка да се вземат всички мерки за подтискане на смущенията. Поради това за изграждането на мултивибратори се препоръчва използването интегрални схеми от серията HCMOS. Тази фамилия логически схеми съчетава качествата на CMOS схемите, като малка консумация и голяма шумоустойчивост, с редица подобрения - висока скорост на превключване, пълна съвместимост по корпус и изводи и функционална с широко разпространените TTL схеми и добра товароспособност

Повечето от HCMOS компонентите се произвеждат в два варианта - серия HC със захранващо напрежение от 2 до 6 V, и серия HCT със захранващо напрежение 5 V (+10%) осигуряваща пълна съвместимост с TTL - логическите нива (T показва съвместимост с TTL).

На фиг.3 е показана схемата от фиг.2, реализирана с CMOS интегрални схеми. С включването на допълнителния резистор R_d се избягва зависимостта на периода от захранващото напрежение поради ограничителното действие на защитните диоди във входната верига. Честотата на генерации на тази схема се определя от израза:

$$f \approx 1/2,3RC$$



Фиг. 3

За получаване на точна и стабилна честота се използват мултивибратори с кварцова стабилизация. Най-често кварцът се включва вместо кондензатор в схемата на мултивибратора с паралелно свързан резистор към един от логическите елементи. При използване на TTL елементи поради сравнително малкото входно съпротивление на елементите, се използва предимно последователния резонанс на кварцовия резонатор. В този случай от съществено значение е собственото му

съпротивление R_p . Тъй като това съпротивление намалява с нарастване на честотата F на кварцовата пластинка, мултивибраторите с кварцова стабилизация на честотата с TTL логически елементи се реализират доста по-трудно за по-ниски честоти.

В кварцово стабилизирани генератори, изпълнени с CMOS елементи често се използва паралелния резонанс на кварца.

Много точни генератори се реализират със специализираните интегрални схеми, наречени таймери. Това са функционални схеми, притежаващи висока надеждност, простота на използване и ниска цена. Това позволява изграждане на схеми за генериране на точни интервали с различна продължителност и форма. Таймерите се делят на еднотактни и програмируеми. От еднотактните таймери най-разпространената схема е интегралният таймер 555. Той намира широко приложение в различни функционални устройства като генератори на правоъгълни импулси и на линейно изменящо се напрежение, преобразуватели на напрежение в честота, управляеми генератори, преобразуватели на електрически и физически величини и др. Неговото основно предназначение е да генерира прецизни временни интервали както с малка, така и с голяма продължителност (от няколко микросекунди до стотици секунди). Две са основните схеми на свързване на таймера - като чакащ мултивибратор за генериране на единични импулси с продължителност от $1\mu S$ до $100S$ и като автогенериращ мултивибратор, честотата на генериране на който може да се изменя в обхвата от $0,01Hz$ до $1MHz$.

На фиг.4 е показана основната блокова схема на таймер 555 и свързани към него външни времезадаващи кондензатор C и резисторите $R1$ и $R2$ в режим на мултивибратор.

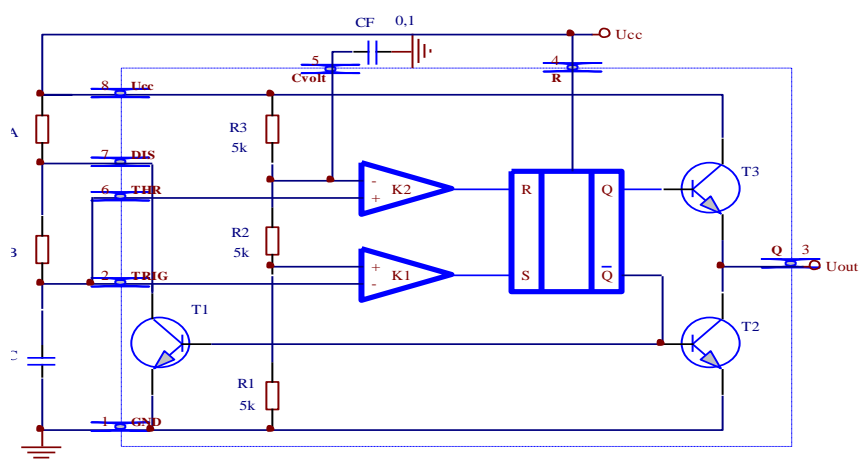
Тя съдържа два компаратора $K1$ и $K2$, изходите на които управляват входовете на RS тригер. Инвертираният изход на тригера Q е свързан с инвертор и ключов транзистор $T1$. Опорните напрежения за двата компаратора $K1$ и $K2$ се получават от резисторен делител $R1, R2, R3$, съпротивленията на които са еднакви ($R1 = R2 = R3 = 5k$). Тези три резистори са дали наименованието на таймер 555 - три резистори по $5k\Omega$.

Компараторът $K1$ служи за включване (запускане) на таймера, а компараторът $K2$ – за нулиране (връщане в изходно състояние) на таймера.

Нивата на сработване на компараторите са съответно:

$$U_{ПР1} = 2/3 U_{CC}$$

$$U_{ПР2} = 1/3 U_{CC}$$



Фиг.4

Тригерът при преобръщанията си формира правоъгълен импулс, който от своя страна определя режима на работа на ключовия транзистор Т1. При управление на тригера, компаратора К1 има приоритет пред компаратора К2. Това означава, че когато на входа на компаратора К1 е подаден пусков сигнал ($U_{ВХ} < U_{ПР1}$), независимо от нивото на сигнала, който се подава на входа на компаратора К2, тригерът се установява в състояние при което ключовият транзистор е запушен.

Изводите на таймера 555 имат следното предназначение:

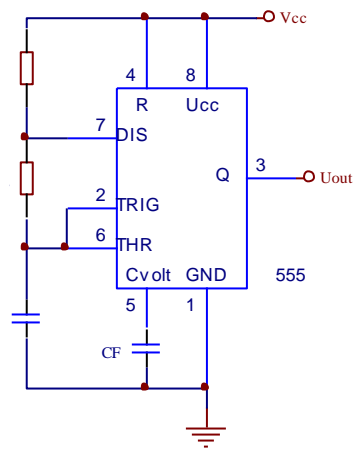
- извод 1 се свързва към маса;
- извод 2 служи за запушване на таймера и е свързан с инверсия вход на компаратора К1;
- извод 3 е изход на таймера;
- извод 4 служи за блокиране на работата на таймера. За да работи схемата е необходимо на този извод да се постави логическа единица;
- извод 5 служи за подаване на управляващо напрежение от външен източник. С изменение на това напрежение може да се осигури изменение на праговите напрежения на компараторите;
- извод 6 е свързан с неинвертиращия вход на компаратора К2. Когато напрежението, което се подава на на този извод, е по – голямо от $U_{ПР2}$, компараторът К2 се преобръща, при което тригерът също се преобръща, а транзисторът Т1 се насища;
- извод 7 е свързан с колектора на ключовия транзистор Т1 и служи за разреждане на времезадаващия кондензатор С. По тази причина този транзистор се нарича още разряден транзистор;
- извод 8 се свързва със захранващия източник U_{CC} .

Характерните особености, които обуславят широкото приложение на таймер 555 са следните:

- Нормална работа при захранващо напрежение U_{CC} от 5V до 15V, което позволява съвместна работа с TTL и CMOS интегрални схеми и операционни усилватели.
- Висока стабилност на широчината на формираните импулси или честотата на генерираните импулси с промяна на захранващото напрежение и температурата ($0,0005\%T/\Delta t^{\circ}=1^{\circ}C$ и $0,05\%T/\Delta U_{CC}=1V$ или $0,015\%f/\Delta t^{\circ}=1^{\circ}C$ и $0,15\%f/\Delta U_{CC}=1V$).
- Малко изходно напрежение и при двете изходни логически нива - около 10Ω .
- Голяма изходна мощност - осигурява изходни токове до 200mA.
- Малка консумирана мощност от захранващия източник без товар - 0,7mA на всеки волт от захранващото напрежение. Например 3,5mA при $U_{CC}=5V$ и 10mA при $U_{CC}=15V$.

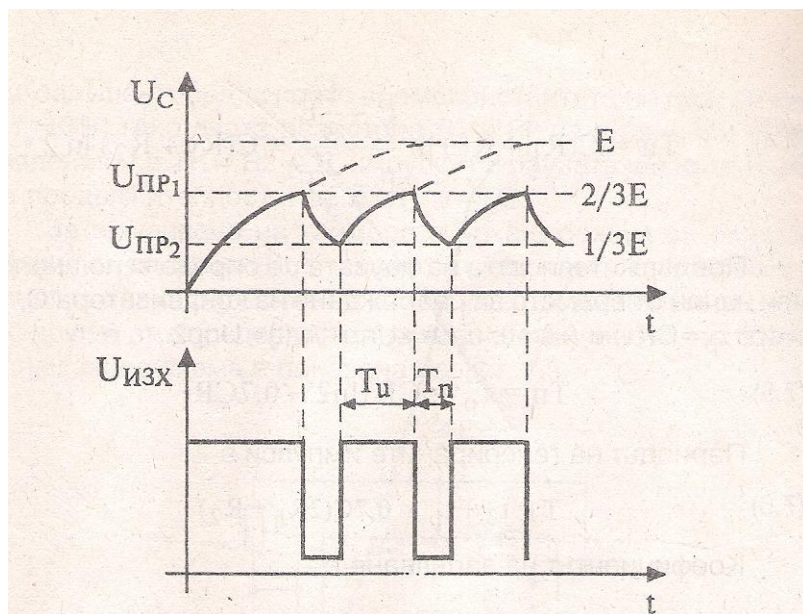
В автоколебателен режим, режим на мултивибратор, външно към таймерът се включват времезадаващия кондензатор С и резисторите R1 и R2, както е показано на фиг.5.

Генерирането на непрекъсната импулсна поредица се получава в резултат на периодичното зареждане и разреждане на кондензатора С. Той се зарежда чрез резисторите R1 и R2, а се разрежда само през резистора R1.



Фиг.5

Действието на схемата е илюстрирано с времеимпулсната диаграма показана на фиг. 6.



Фиг. 6

При включване на захранващото напрежение U_{CC} , напрежението върху кондензатора C е равно на нула, разрядният транзистор е запушен, а на изходът на схемата се получава висок потенциал. От този момент нататък кондензатора C започва да се зарежда по експоненциален закон с времеконстанта $\tau_3 = C \cdot (R_1 + R_2)$. В момента, в който U_{CC} стане равно на праговото напрежение $U_{ПР1}$, компараторът K_1 сменя своето състояние в резултат на което тригерът се преобръща, а разрядният транзистор T_1 се насища.

От този момент нататък кондензаторът C започва да се разрежда по експоненциален закон с времеконстанта $\tau_p = CR_2$. След определено време

напрежението U_C става равно на $U_{ПР2}$. В този момент компараторът К2 сменя своето състояние, в резултат на което тригерът се преобръща, а разрядният транзистор Т1 се запущва и схемата се връща в изходното се състояние, тоест кондензаторът С започва отново да се зарежда.

Периодът на генерираните импулси е

$$T = t_3 + t_p = 0,7C \cdot (R_1 + R_2) + 0,7CR_2 = 0,7C (2 R_1 + R_2)$$

От този израз се вижда, че с тази схема не могат да се генерират импулси с коефициент на запълване 1/2. Този недостатък се премахва, като паралелно на резистора R2 се свързва диод. По време на зареждане на кондензатора С диодът е отпушен, поради което времеконстантата на зареждане е $\tau_3 = C \cdot R_1$. По време на разреждане на кондензатора С диодът е запушен, поради което времеконстантата на разреждане е $\tau_p = C \cdot R_2$.

Литература:

Основна литература

1. Михов Г., Цифрова схемотехника, ТУ – София, 2005г.

Допълнителна литература

2. Атанасов Ал., Основи на импулсната и цифровата схемотехника, София, 2003г.
3. Димитрова М., И. Ванков, Импулсни схеми и устройства, в 2 тома, Техника, София, 1989г.
4. Димитрова М., И. Ванков, CMOS интегрални схеми, в 2 тома, Техника, София, 1988г.
5. Конов К., Импулсни и цифрови схеми с интегрални ТТЛ елементи, Техника, София, 1988г.
6. Токхайм Р., Цифрова електроника, Техника, София, 1999г.
7. Хоровиц П., У. Хилл, Искусство схемотехники, в 3-х тома, Мир, Москва, 1993г.
8. Янсен Й., Курс цифровой электроники, в 4-х тома, Мир, Москва, 1987г.
9. Вълков Ст. – Импулсна техника. Учебник за техникумите. Техника, София, 1989.