

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

Методические указания
к курсовому проекту по дисциплине

“Цифровая схемотехника”

для студентов дневной и заочной формы обучения
специальностей 7.090801 и 7.090804

Севастополь
2005

УДК681.3
Цифровая схемотехника
/ Ю.Н. Сотников А.А. Тестоедов. Учебное пособие. –
Севастополь: СевНТУ, 2005. – 20с.

Целью учебного пособия является оказание помощи студентам в подготовке к выполнению курсового проекта по дисциплине «Цифровая схемотехника».

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Электроника».

Учебное пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры электронной техники (протокол № 1 от 25 августа 2005 г.)

Рецензент Астраханцев А.В. канд. тех. наук, доцент кафедры ЭЛТ.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ “ЦИФРОВАЯ СХЕМОТЕХНИКА”

Задание.

Разработать цифровой пульсометр. На вход прибора поступают импульсы от датчика в ТТЛ уровнях. Датчик не проектируется. Перед измерением необходимо нажать и отпустить кнопку “Сброс”, а затем нажать и отпустить кнопку “Старт”. Время измерения 60 сек. Частота внутреннего генератора 1 кГц. В течение измерения количество поступивших на вход датчика импульсов выводятся на 3-х разрядный 7-ми сегментный светодиодный индикатор. По завершению 60 секунд на индикаторе фиксируется общее количество импульсов. Максимальное количество ударов в минуту – 399. Код счетчиков, подсчитывающих количество ударов сердца 2-4-4-1. Счетчики организованы по принципу управляющего автомата.

1. Разработка функциональной схемы.

Функциональная схема представлена на рис. 1.

При нажатии и отпускании кнопки «Сброс» или после включения питания блок «Фсброс» формирует импульс сброса «Сброс», который устанавливает в исходное состояние счетчики подсчета импульсов «УА1», «УА2», «УА3» (на индикаторах нули), сбрасывает делитель частоты «Делитель», переводит формирователь «Фстарт» в состояние «НЕ-Старт», а формирователь «Физмер.» в состояние «Измерение». Таким образом на вход счетчика «УА1» не поступают импульсы от датчика, поскольку вентиль «В1» закрыт из-за отсутствия сигнала «Старт». По той же причине не поступают импульсы от генератора, через вентиль «В2» на вход делителя «Делитель».

Генератор «Г», совместно с делителем частоты «Делитель» и формирователем «Физмер» образуют таймер, который формирует сигнал «Измерение», длительностью 60 сек. После нажатия и отпускания кнопки «Старт», поскольку импульс «Сброс» уже закончился, блок «Фстарт» формирует сигнал «Старт» и тем самым запускает 60-ти секундный таймер (импульсы от генератора «Г» проходят через вентиль «В2» на вход делителя «Делитель»). Этим же сигналом «Старт» открывается вентиль «В1» (сигнал «Измерение» присутствует) и разрешается прохождение импульсов «Твх» от датчика на вход цепочки счетчиков ударов

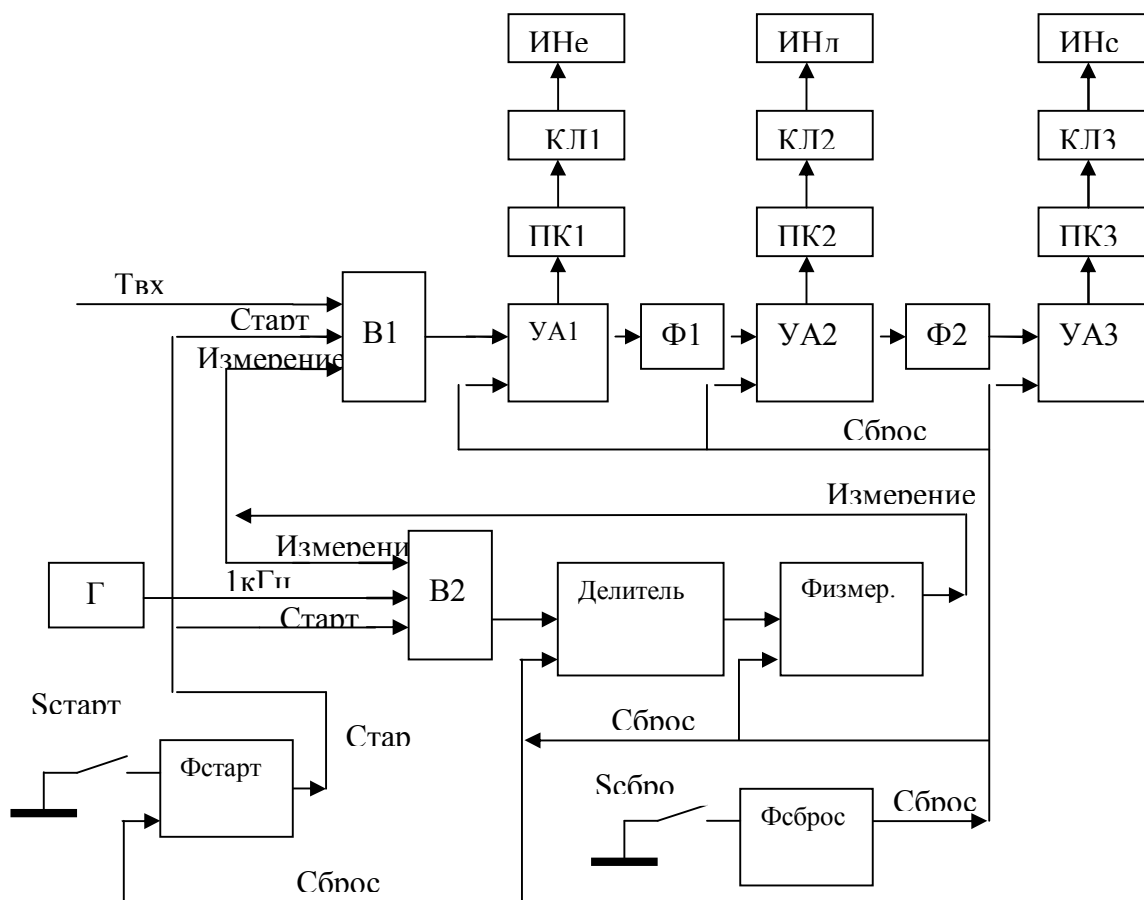


Рис.1.1. Функциональная схема пульсометра. Г – генератор, В1, В2 – вентили, УА1, УА2, УА3- счетчики единиц, десятков и сотен, ПК1, ПК2, ПК3-преобразователи кода, КЛ1, КЛ2, КЛ3 –ключи, ИНед-индикатор единиц, ИНдес- индикатор десятков, ИНсот- индикатор сотен, Ф1, Ф2-формирователи переноса разряда, Делитель-делитель частоты, Физмер.- формирователь сигнала «Измерение», Фстарт-формирователь сигнала «Старт», Фсброс- формирователь сигнала «Сброс».

После нажатия и отпускания кнопки «Старт», поскольку импульс «Сброс» уже закончился, блок «Фстарт» формирует сигнал «Старт» и тем самым запускает 60-ти секундный таймер (импульсы от генератора «Г» проходят через вентиль «В2» на вход делителя «Делитель»). Этим же сигналом «Старт» открывается вентиль «В1» (сигнал «Измерение» присутствует) и разрешается прохождение импульсов «Твх» от датчика на вход цепочки счетчиков ударов сердца «УА1», «УА2», «УА3». Вентили «В1» и «В2» организованы по схеме «И», поэтому они пропускают импульсы только при наличии и сигнала «Старт» и сигнала «Измерение», то есть в течении 60-ти секунд.

Счетчик импульсов «УА1», в соответствии с заданием представляет собой управляющий автомат, работающий в коде 2-4-

4-1 от 0 до 9. Четыре выхода «УА1» передают информацию на входы блока «ПК1», который преобразует код счетчика «УА1» в код семисегментного индикатора и через ключи «КЛ1», усиливающие ток, зажигают соответствующие сегменты индикатора младшего разряда «ИНед». При переходе «УА1» из состояния 9 в состояние 0, формирователь «Ф1» вырабатывает активный фронт на счетчика десятков «УА2», который совместно с «ПК2», «КЛ2» и «ИНдес» цифры десятков ударов сердца. Все блоки этой ветви аналогичны ветви единиц. Ветвь «УА3», «ПК3», «КЛ3», «ИНсот» выводит на индикатор сотни ударов сердца и, поскольку верхний предел прибора 399 уд/мин, счетчик «УА3», считает в диапазоне 0...3, а «ПК3» преобразует только коды этих цифр.

По истечении 60 секунд блок «Физмер.» снимает сигнал «Измерение» со входов вентилях «В1», «В2» и, тем самым запрещает прохождения импульсов от датчика на вход счетчика «УА1» и от генератора на вход делителя. Измерение закончено, счетчики «УА1», «УА2», «УА3» не изменяют свое состояние, а на индикаторах фиксируется последнее количество ударов, которое и является частотой пульса в уд/мин.

Для следующего измерения необходимо снова нажать кнопку «Сброс», а затем «Старт».

2 РАЗРАБОТКА БЛОКОВ ПУЛЬСОМЕТРА

Генератор импульсов

По заданию частота генератора составляет 1 кГц. Поскольку нет жестких требований по стабильности частоты, реализуем генератор на инверторах и RC-цепочкой рис. 2.1.

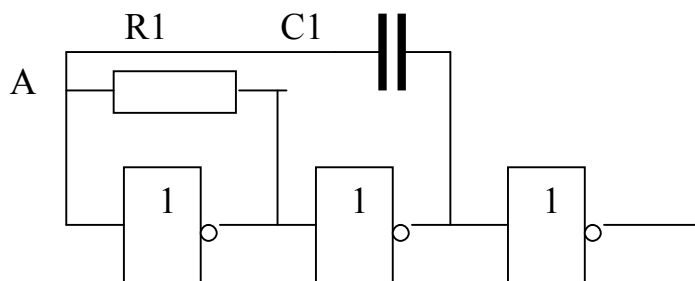


Рис. 2.1. Схема генератора.

Зная частоту генератора F_{Γ} и изменение напряжения в точке А за полпериода $\Delta U = E_{\text{п}}/2$ можно оценить величину $R_1 * C_1$.

$$R_1 * C_1 \approx 1 / F_{\Gamma}$$

Поскольку для КМОП микросхем серии К561 ограничение на сопротивление резистора сверху составляет более 1 МОм, выбираем величину $R_1 = 100 \text{ КОм}$. Тогда,

$$C_1 = 1 / (F_{\Gamma} * R_1) = 1 / (1000 * 100000) = 0.01 \text{ мкФ}.$$

1.1. Блоки В1 и В2.

Блоки В1 и В2 реализуют функцию “3 И” и выполнены на соответствующих элементах рис. 2.2.

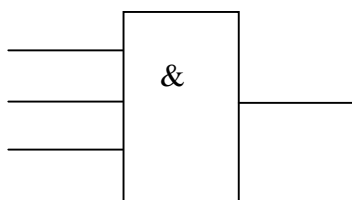


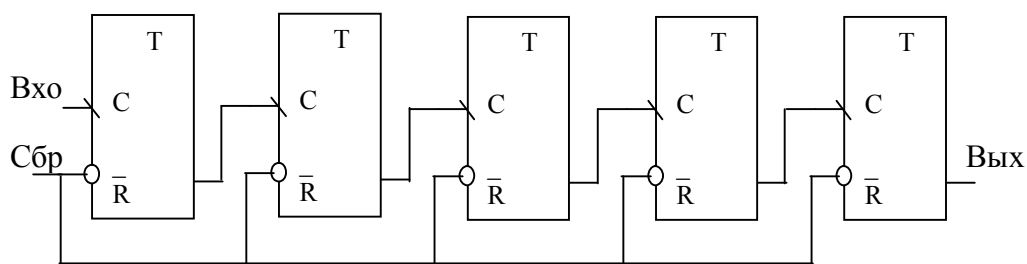
Рис. 2.2. Схема блоков В1 и В2.

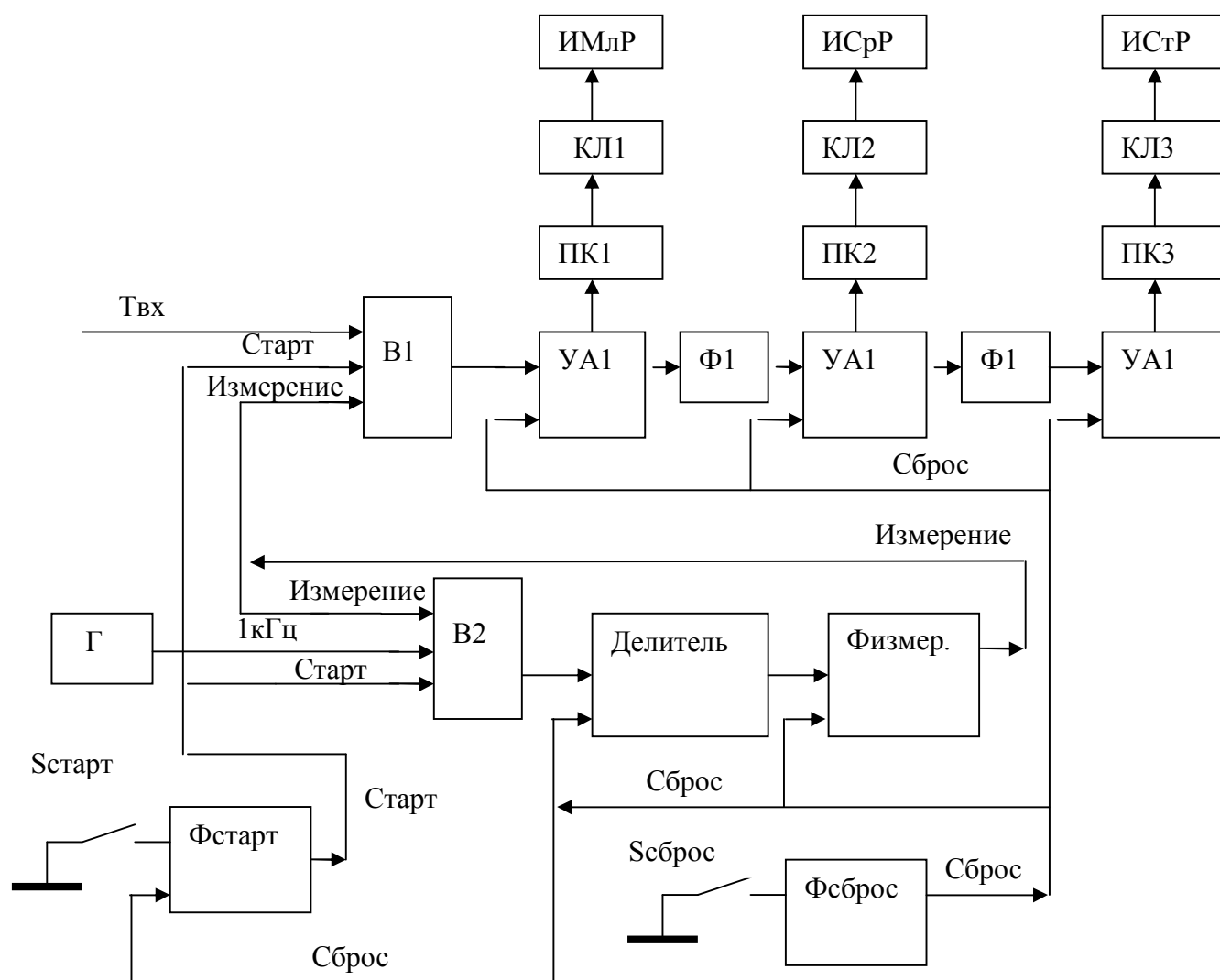
1.2 Делитель частоты и формирователь “Физмер”

Делитель частоты совместно с блоком “Физмер” предназначен для формирования сигнала “Измерение” длительностью $T_{\text{измер}} = 60 \text{ сек}$. Поскольку частота генератора $F_{\Gamma} = 1 \text{ кГц}$, коэффициент деления N «Делителя» будет равен:

$$N = T_{\text{измер}} * F_{\Gamma} = 60 * 1000 = 60000$$

«Делитель» может быть реализован цепочкой счетчиков-делителей с коэффициентами деления 6 : 10 : 10 : 10 : 10
рис.2.3.

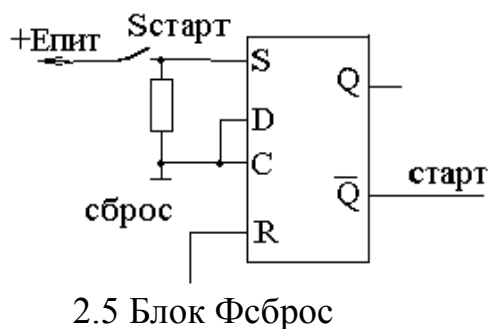




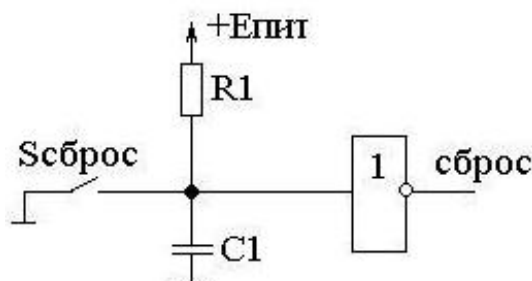
Когда делитель достигнет до 60000 на выходе 6 сформируется 1, которая запретит подачу импульсов от генератора и состояние счетчика останется неизменным, т.о. блок Физмер реализуется инвертор, подключенный на выход “б” элемента DD6.

2.4 Блок Фстарт

Блок Фстарт формирует сигнал “старт” после нажатия кнопки Sстарт и сбрасывает этот сигнал при поступлении сигнала “сброс”. Эти функции реализуются на R-S триггере.



Блок “Фсброс” формирует импульсный сигнал сброс при включении питания и при нажатии и отпуске кнопки Scброс. Эти функции реализуются следующей схемой работы.



При включении питания или после нажатия и отпусания кнопки Scброс напряжение на конденсаторе C1 нарастает с постоянной времени RC. Пока напряжение на конденсаторе ниже $U_{пор} = E_{п}/2 = 5/2 = 2,5В$, сигнал “сброс” равен “0”, а при дальнейшем увеличении напряжения сигнал “сброс” равен “1”.

Для уверенного срабатывания сброса, 0 должен удерживаться в течении времени нарастания питания до минимального уровня $U_{пит\ min} = 4,5В$. Формируем требования к источнику питания: время нарастания напряжения до уровня 4,5В не более 1мс. Исходя из этих требований можно принять, что произведение $R1 \cdot C1 \geq 10мс$. Постоянная времени $t = R1 \cdot C1$ взята с запасом для уверенного срабатывания триггеров. Т.к. используются КМОП микросхемы R1 может быть принят равным 100k, тогда C1

$$C1 = t/R1 = 10 \cdot 10^{-3} / 100 \cdot 10^3 = 0,1 мкф$$

При нажатии и отпуске кнопки Sстарт сигнал сброса формируется подключением земли. Дребезг кнопки можно не гасить, т.к. он приведет лишь к повторному сигналу “Сброс”.

2.6 Расчет счетчиков УА1, УА2

УА1 реализуется на J-K триггерах К561ТВ1 изменяющих состояния выходов по перепаду уровня и имеет следующий словарь и функцию перехода f .

J	K	Q_t	Q_{t+1}	f
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	0	β
1	0	0	1	α
1	0	1	1	1
1	1	0	1	α
1	1	1	0	β

f	J	K
0	0	$\sim$
1	$\sim$	0
α	1	$\sim$
β	$\sim$	1

Счетчик “УА1” считает от 0 до 9 в коде 2-4-4-1, следовательно содержит 4 J-K триггера, включающиеся синхронно и имеющие следующие таблицы переходов.

№	Q3	Q2	Q1	Q0	f_3	f_2	f_1	f_0
	2	4	4	1				
0	0	0	0	0	0	0	0	α
1	0	0	0	1	α	0	0	β
2	1	0	0	0	1	0	0	α
3	1	0	0	1	β	α	0	β
4	0	1	0	0	0	1	0	α
5	0	1	0	1	α	1	0	β
6	1	1	0	0	1	1	0	α
7	1	1	0	1	β	1	α	β
8	0	1	1	0	0	1	1	α
9	0	1	1	1	0	β	β	β

Составляем и решаем карты Карно для функции перехода f и для входов J и K каждого триггера. На картах Карно серым цветом обозначим контура.

f_3

		Q3 Q2			
		00	01	11	10
Q1 Q0	00	0	0	1	1
	01	α	α	β	β
	11	$\sim$	0	$\sim$	$\sim$
	10	$\sim$	0	$\sim$	$\sim$

J_3

		Q3 Q2			
		00	01	11	10
Q1 Q0	00	0	0	$\sim$	$\sim$
	01	1	1	$\sim$	$\sim$
	11	$\sim$	0	0	$\sim$
	10	$\sim$	0	0	$\sim$

K_3

		Q3 Q2			
		00	01	11	10
Q1 Q0	00	$\sim$	$\sim$	0	0
	01	$\sim$	$\sim$	1	1
	11	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$
	10	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$

$$J_3 = Q_0 \cdot \overline{Q_1}$$

$$K_3 = Q_0$$

f_2

		Q3 Q2			
		00	01	11	10
Q1 Q0	00	0	1	1	0
	01	0	1	1	α
	11	$\sim$	β	$\sim$	$\sim$
	10	$\sim$	1	$\sim$	$\sim$

J_2

		Q3 Q2			
		00	01	11	10
Q1 Q0	00	0	$\sim$	$\sim$	0
	01	0	$\sim$	$\sim$	1
	11	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$
	10	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$

K_2

		Q3 Q2			
		00	01	11	10
Q1 Q0	00	$\sim$	0	0	$\sim$
	01	$\sim$	0	0	$\sim$
	11	$\sim$	1	$\sim$	$\sim$
	10	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$

$$J_2 = Q_3 \cdot Q_0$$

$$K_2 = Q_1$$

f1

	Q3 Q2			
	00	01	11	10
Q1 Q0	00	0	0	0
	01	0	0	α
	11	$\sim$	β	$\sim$
	10	$\sim$	1	$\sim$

J1

	Q3 Q2			
	00	01	11	10
Q1 Q0	00	0	0	0
	01	0	0	1
	11	$\sim$	$\sim$	$\sim$
	10	$\sim$	$\sim$	$\sim$

K1

	Q3 Q2			
	00	01	11	10
Q1 Q0	00	$\sim$	$\sim$	$\sim$
	01	$\sim$	$\sim$	$\sim$
	11	$\sim$	1	$\sim$
	10	$\sim$	0	$\sim$

$$J1 = Q3 \cdot Q2 \cdot Q0$$

$$K1 = Q0$$

F0

	Q3 Q2			
	00	01	11	10
Q1 Q0	00	α	α	α
	01	β	β	β
	11	$\sim$	β	$\sim$
	10	$\sim$	α	$\sim$

J0

	Q3 Q2			
	00	01	11	10
Q1 Q0	00	1	1	1
	01	$\sim$	$\sim$	$\sim$
	11	$\sim$	$\sim$	$\sim$
	10	$\sim$	1	$\sim$

$$J0 = 1$$

$$K0 = 1$$

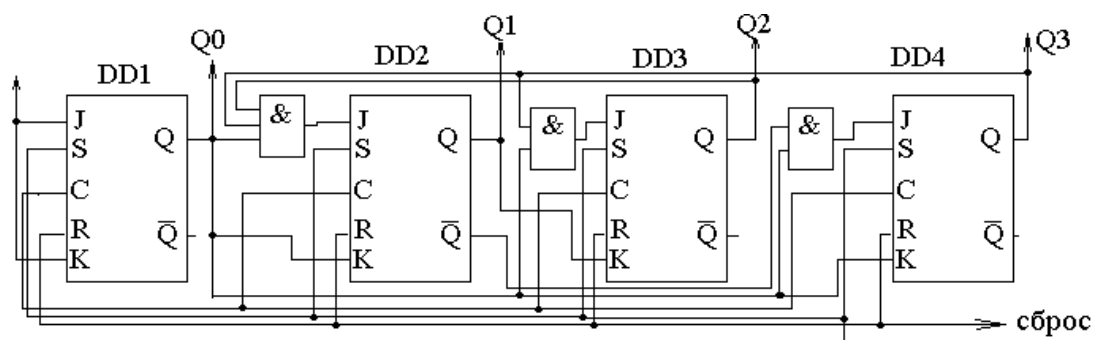
K0

	Q3 Q2			
	00	01	11	10
Q1 Q0	00	$\sim$	$\sim$	$\sim$
	01	1	1	1
	11	$\sim$	1	$\sim$
	10	$\sim$	$\sim$	$\sim$

$$J0 = 1$$

$$K0 = 1$$

Составим принципиальную схему блока УА1



2.7 Формирователь переноса $\Phi 1, \Phi 2$

Когда УА1 переходит из состояния “9” в “0” на УА2 должен поступить активный фронт 0-1, свидетельствующий о том, что один десяток импульсов уже посчитан. Из таблицы состояний УА1 видно, что переход 9-0 сопровождается переходом $Q1$ из 1 в 0, следовательно для формирования фронта переноса можно использовать инверсные выходы не- $Q1$. Таким образом формирователь переноса $\Phi 1, \Phi 2$ физически выполняется простым подсоединением входов последовательного счетчика к выходам не- $Q1$.

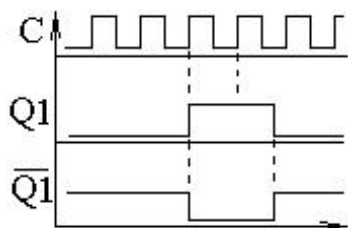
2.8 Расчет счетчика УА3

Счетчик УА3 считает от 0 до 3 в коде 2-4-4-1.

№	$Q3$	$Q2$	$Q1$	$Q0$
	2	4	4	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	1	0	0	0
3	1	0	0	1

Поскольку выход $Q2, Q1$ всегда равен нулю счетчик может состоять из двух триггеров, формирующих состояние $Q3, Q0$.

№	$Q3$	$Q0$	$f3$	$f0$
0	0	0	0	α
1	0	1	α	β
2	1	0	1	α
3	1	1	β	β



Составляем и решаем карты Карно для функции перехода f и для входов J и K триггеров Q_3 и Q_0 . На картах Карно серым цветом обозначим контура.

f_3		Q_3	
		0	1
Q_0	0	0	1
	1	α	β

J_3		Q_3	
		0	1
Q_0	0	0	$\sim$
	1	1	$\sim$

K_3		Q_3	
		0	1
Q_0	0	$\sim$	0
	1	$\sim$	1

$$J_3 = Q_0$$

$$K_3 = Q_0$$

f_0		Q_3	
		0	1
Q_0	0	α	α
	1	β	β

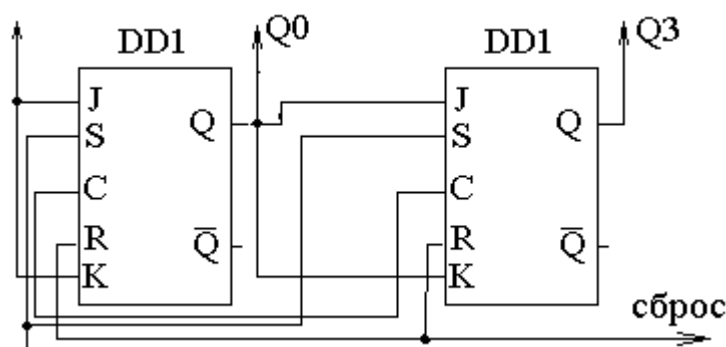
J_0		Q_3	
		0	1
Q_0	0	$\sim$	$\sim$
	1	1	$\sim$

K_0		Q_3	
		0	1
Q_0	0	$\sim$	$\sim$
	1	1	1

$$J_0 = 0$$

$$K_0 = 0$$

Составим принципиальную схему блока УА3



2.9 Расчет ключа.

Транзистор VT должен работать в режиме ключа (отсечка и насыщение). При расчете ключа необходимо правильно выбрать транзистор, который будет обеспечивать требуемый ток для зажигания диода VD (сегмент 7-ми сегментного индикатора).

При расчете ключа необходимо иметь следующие параметры элементов:

Ток единицы м/с $I^1 = 1.4 \text{ мА}$

Напряжение единицы м/с $U^1 = 4.5 \text{ В}$

Ток диода $I_D = 20 \text{ мА}$

Напряжение питания $E_{\text{пит}} = 5 \text{ В}$

Возьмем в качестве ключевого элемента транзистор КТ315А:

$h_{21э} = 20 \dots 90$, берем среднее значение $h_{21э} = 55$

коэффициент насыщения $n = 1.2$

В качестве семисегментного индикатора возьмем АЛС333Б2:

Падение напряжения на диоде $U_D = 2 \text{ В}$

Ток диода $I_D = 20 \text{ мА}$

Рассчитаем ток коллектора

$$I_k = I_b \cdot h_{21э} = 1.4 \cdot 10^{-3} \cdot 55 = 0.077$$

Рассчитаем ток базы

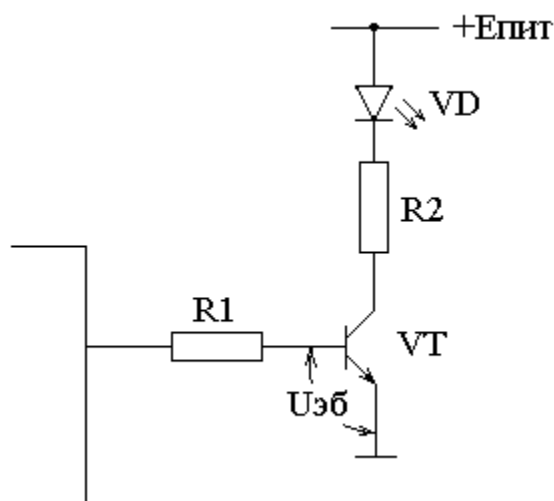
$$I_b = \frac{I_k}{h_{21э}} \cdot n = \frac{0.077}{55} \cdot 1.2 = 1.68 \times 10^{-3}$$

Рассчитаем резистор R1

$$R_1 = \frac{U_1 - U_{eb}}{I_b} = \frac{4.5 - 0.7}{1.68 \times 10^{-3}} = 2.262 \times 10^3$$

Рассчитаем R2

$$R2 = \frac{E_n - U_d}{I_k} = \frac{5 - 2}{77 \cdot 10^{-3}} = 38.961$$



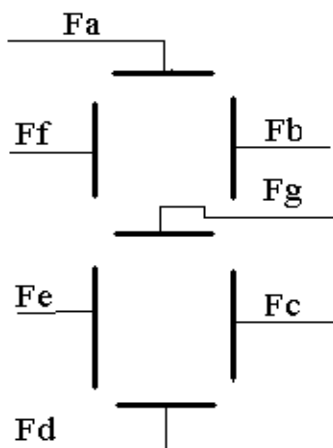
После расчета элементов ключа приводим номиналы резисторов в соответствии с ГОСТом:

$$R1 = 2,2 \text{ кОм}$$

$$R2 = 39 \text{ Ом}$$

2.10 Расчет преобразователя кода ПК1, ПК2.

Преобразователи кода переводят код 2-4-4-1 в код семи сегментного счетчика. Поскольку ключи рассчитанные в разделе 2.9 открываются уровнем “1” и подсоединяют сегменты индикатора к земле, обеспечивая их зажигание, выходные функции преобразователя равны “1” при зажженном сегменте и “0” при погашенном. Схема подключения индикатора через ключи к сегментам показана на рисунке.



Составляем таблицу истинности преобразователя кода

№	Q3	Q2	Q1	Q0	Fa	Fb	Fc	Fd	Fe	Ff	Fg
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1
3	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
7	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
8	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
9	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1

Составляем и решаем карты Карно для выхода F_n.

Fa

		Q3 Q2			
		00	01	11	10
Q0 Q1	00	<u>1</u>	0	<u>1</u> III	<u>1</u>
	01	0	<u>1</u> IV	<u>1</u>	1
	11	<u>~</u> II	<u>1</u>	<u>~</u>	<u>~</u>
	10	<u>~</u>	<u>1</u>	<u>~</u>	<u>~</u>

$$Fa = Q1 + Q3 + Q2 \cdot Q0 + \overline{Q2} \cdot \overline{Q0}$$

Fb $Q_3 Q_2$

	00	01	11	10
00	$\overline{1}$ II	$\overline{1}$ III	0	$\overline{1}$
01	$\overline{1}$ II	0	$\overline{1}$ IV	$\overline{1}$
11	$\sim$	$\overline{1}$ I	$\sim$	$\sim$
10	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$	$\sim$

$Fb = Q_1 + \overline{Q_2} + \overline{Q_3} \cdot \overline{Q_0} + Q_3 \cdot Q_0$

Fc $Q_3 Q_2$

	00	01	11	10
00	$\overline{1}$ II	$\overline{1}$	$\overline{1}$ III	0
01	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$ I
11	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$	$\sim$
10	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$	$\sim$

$Fc = \overline{Q_0} + \overline{Q_3} + Q_2$

Fd $Q_3 Q_2$

	00	01	11	10
00	$\overline{1}$ II	0	$\overline{1}$ IV	$\overline{1}$ III
01	0	$\overline{1}$ V	0	$\overline{1}$
11	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$ I	$\sim$
10	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$	$\sim$

$Fd = Q_1 + \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_0} + Q_3 \cdot \overline{Q_2} + Q_3 \cdot \overline{Q_0} + \overline{Q_3} \cdot Q_2 \cdot Q_0$

Fe $Q_3 Q_2$

	00	01	11	10
00	$\overline{1}$ I	0	$\overline{1}$ II	$\overline{1}$
01	0	0	0	0
11	$\sim$	0	$\sim$	$\sim$
10	$\sim$	$\overline{1}$ III	$\sim$	$\sim$

$Fe = \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_0} + Q_3 \cdot \overline{Q_0} + Q_1 \cdot \overline{Q_0}$

Ff $Q_3 Q_2$

	00	01	11	10
00	$\overline{1}$ I	$\overline{1}$ II	$\overline{1}$ III	0
01	0	$\overline{1}$ III	0	0
11	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$	$\sim$
10	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$	$\sim$

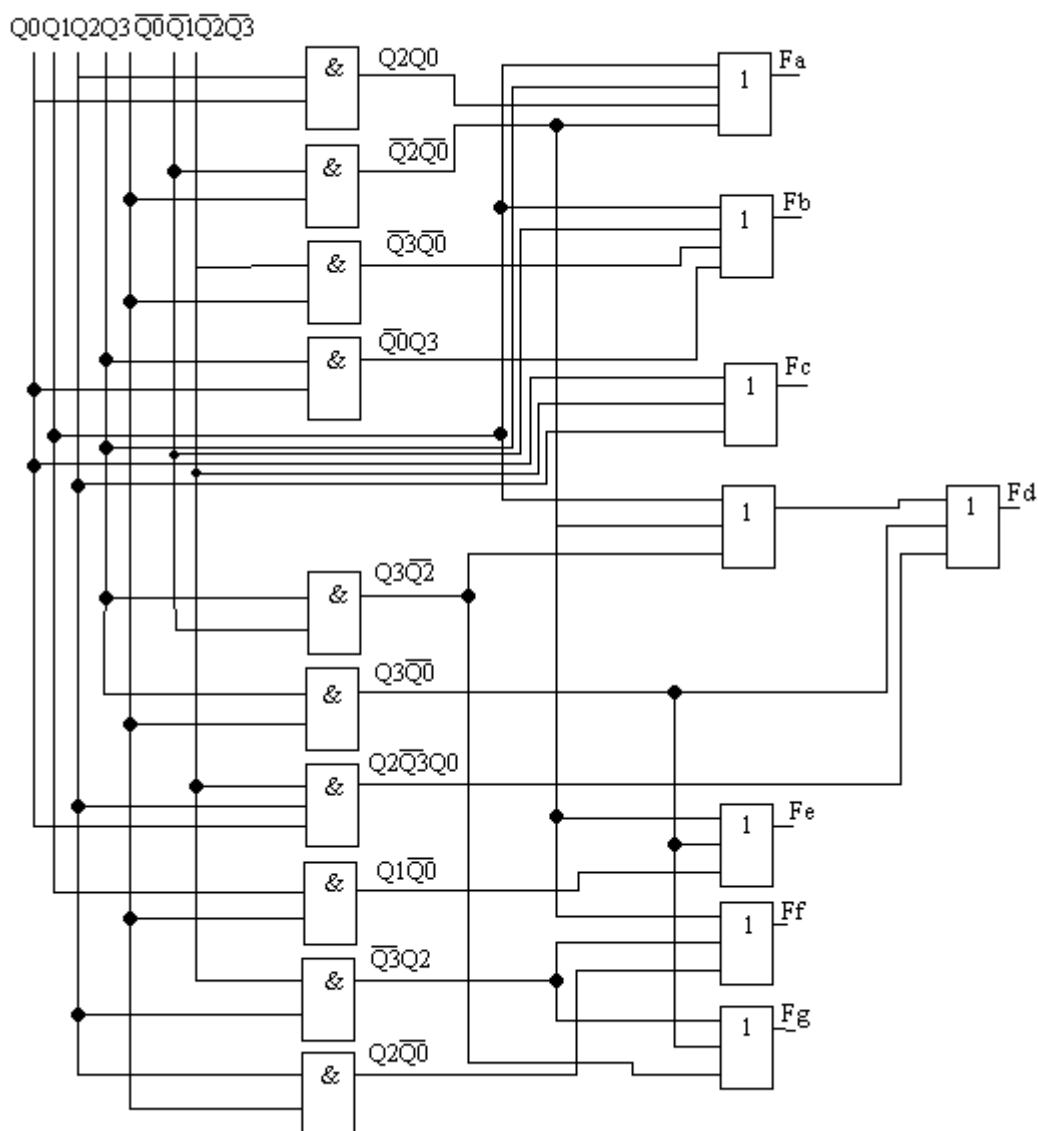
$Ff = \overline{Q_3} \cdot Q_2 + \overline{Q_3} \cdot \overline{Q_0} + Q_2 \cdot \overline{Q_0}$

Fg $Q_3 Q_2$

	00	01	11	10
00	0	$\overline{1}$	$\overline{1}$ II	$\overline{1}$ III
01	0	$\overline{1}$ I	0	$\overline{1}$ III
11	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$	$\sim$
10	$\sim$	$\overline{1}$	$\sim$	$\sim$

$Fg = \overline{Q_3} \cdot Q_2 + Q_3 \cdot \overline{Q_0} + Q_3 \cdot \overline{Q_2}$

Составляем принципиальную схему преобразователя кода ПК1. Поскольку у каждого триггера счетчика имеются прямой и инверсный выходы, то на вход преобразователя поступают все необходимые сигналы.



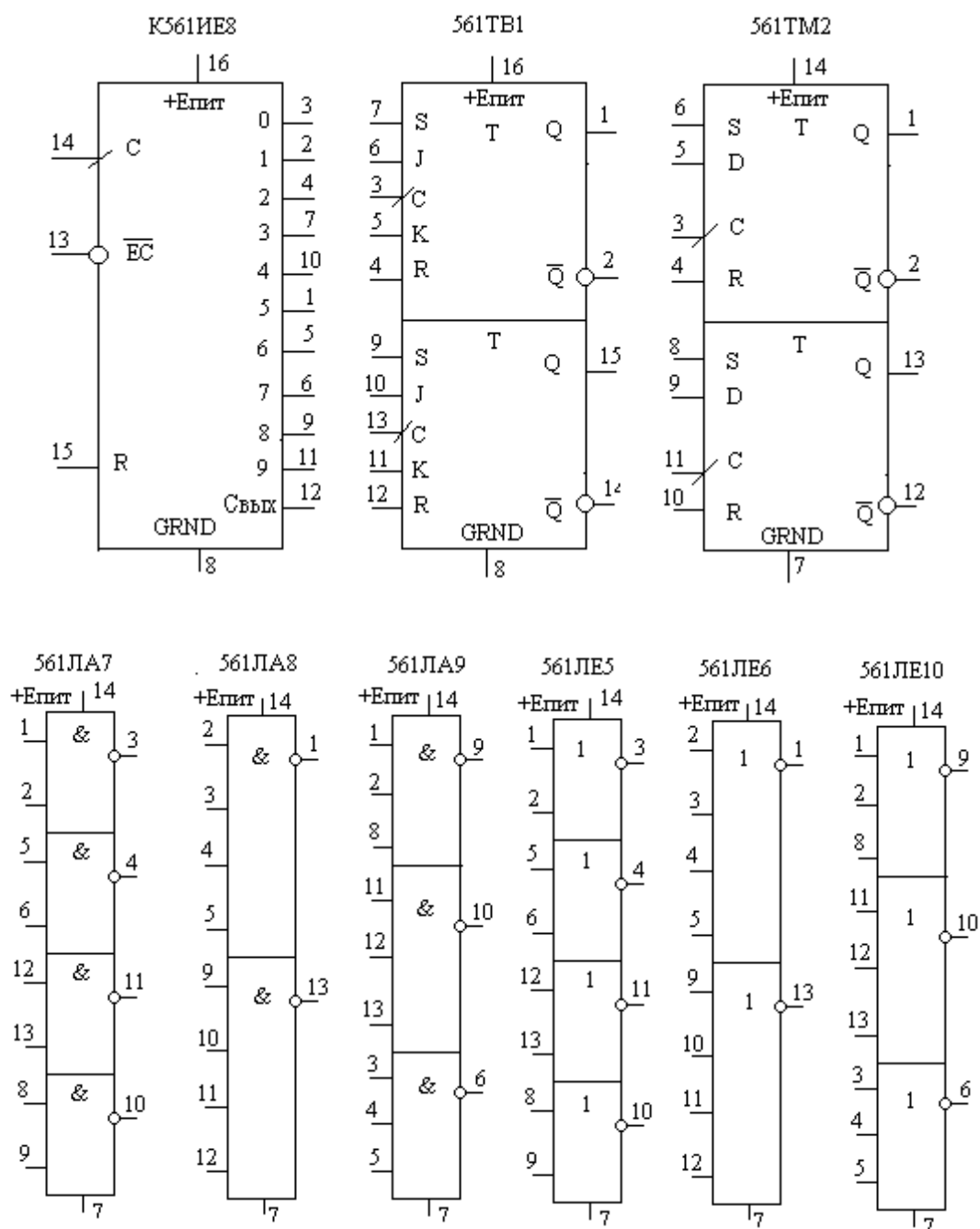
3 Принципиальная схема и перечень элементов

На основе функциональной схемы и расчетов блоков составляется принципиальная схема. Принципиальная схема отображается на листах формата А4, А3, А2, А1 в зависимости от ее сложности. Изображение элементов и соединений, а также их нумерация должны соответствовать нормам ЕСКД.

При составлении принципиальной схемы необходимо выбирать конкретные микросхемы любых фирм. Выводы элементов микросхем должны быть пронумерованы.

Приложение А

Маркировка выводов рекомендуемых микросхем



Варианты заданий

№ Варианта	F ген, кГц	Код счёта	Время изм., с	Тип инд.
1	1	8-4-2-1	60	ОА
2	26	8-4-1-2	60	ОК
3	3	8-2-4-1	60	ОА
4	4	4-8-2-1	60	ОК
5	54	7-4-2-1	60	ОА
6	6	6-4-2-1	60	ОК
7	72	5-4-2-1	30	ОА
8	8	3-4-2-1	30	ОК
9	9	8-3-2-1	30	ОА
10	3	3-3-2-1	30	ОК
11	44	4-4-2-1	30	ОА
12	5	4-3-2-1	60,30	ОК
13	66	4-3-1-1	60,30	ОА
14	7	5-3-1-1	60,30	ОК
15	96	6-2-2-1	60,30	ОА
16	5	1-6-3-1	60,30,15	ОК
17	43	1-5-2-2	60,30,15	ОА
18	6	5-3-2-1	60,30,15	ОК
19	12	3-4-1-1	60,30,15	ОА

Список литературы

1. Пухальский Г.И. Новосельцева Т.Я. Цифровые устройства: Учебное пособие для втузов. – СПб.: Политехника, 1996. – 885 с.: ил.
2. Поспелов Д.А. Арифметические основы вычислительных машин дискретного действия. Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1979 г. – 308 с.
3. Пухальский Г.И. Новосельцева Т.Я. Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах: Справочник. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
4. Ипатов В.П. Троичные последовательности с идеальными периодическими авто корреляционными свойствами // Радиотехника и электроника. – 1979. - №10 – С. 2053-2057.
5. Ипатов В.П. Периодические дискретные сигналы с оптимальными корреляционными свойствами. – М.: Радио и связь, 1992 г. – 152.
6. Пухальский Г.И. Синтез асинхронных импульсных автоматов. Ч 2. // техническая кибернетика. – 1976 - №2.- с.123-129.
7. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство// Пер. с нем. – М.: Мир., 1983. – 512.
8. Микросхемы интегральные серии КР1533 – СПб.: Издательство РНИИ «Электростандарт», 1993 – 140 с.
9. Петровский И.И., Прибыльский А.В., Троян А.А., Чувелев В.С. Логические ИСК Р 1533, КР 1554. Справочник. В двух частях. Часть 1 ТОО «Бином», 1993.