

## Введение 3

## 1. Правила оформления дипломного проекта

## 1.1. Общие требования

## 1.2. Оформление титульного листа

## 2.2. Оформление оглавления к пояснительной записке

## 3.3. Оформление пояснительной записки

## 4.4. Структура пояснительной записки

## 5.5. Изложение текста пояснительной записки

## 6.6. Оформление расчётной части пояснительной записки

## 7.7. Оформление иллюстраций и таблиц

## 8.8. Оформление списка литературы

## 2. Эскизный расчёт

## 1.1. Общие положения

## 2.2. Примеры эскизных расчётов

## 3. Содержание пояснительной записки

## 1.1. Введение

## 2.2. Выбор и обоснование структурной схемы.

## 3.3. Выбор и обоснование принципиальной схемы.

## 4.4. Расчетная часть проекта

## 4. Методика написания глав курсового проекта и электрических расчётов в примерах.

## 1.1. Введение (Образец)

## 2.2. Выбор и обоснование структурной схемы.

## 3.3. Выбор и обоснование принципиальной схемы.

Выбор и обоснование схемы каскада задержки блока визира дальности

Выбор и обоснование схемы генератора счётных импульсов

Выбор и обоснование схемы генератора масштабных импульсов

Выбор и обоснование схем счётчиков

Выбор и обоснование схем преобразователей кода, и знаковосинтезирующих

индикаторов.

Выбор и обоснование схем генератора остrokонечных импульсов, и генератора прямоугольных импульсов.

Выбор и обоснование схем каскада задержки, и блока визира азимута, и расширителя

## 4.4. Методика электрических расчётов (в примерах)

## 4.4.1. Расчет схемы расширителя

## 4.4.2. Расчет схемы каскада задержки блока визира дальности.

## 4.4.3. Расчет схемы генератора счётных импульсов

## 4.4.4. Расчет схемы генератора масштабных импульсов

## 4.4.5. Расчет схемы генератора остrokонечных импульсов

## 4.4.6. Расчет схемы каскада задержки блока визира азимута

## 4.4.7. Расчет схемы генератора прямоугольных импульсов

Список литературы

Перечень элементов

Приложение 1. Схема электрическая принципиальная объекта проектирования

Приложение 2. Пример оформления титульного листа.

Приложение 3. Пример заполнения бланка задания на курсовое проектирование.

## **Введение**

Дипломное проектирование - завершающий этап процесса обучения в техникуме, является проверкой знаний студентов техникума, умением применять эти знания в практической деятельности, одновременно является эффективным методом приобретения навыков самостоятельной работы.

Работа над дипломным проектом требует от студента умения работать с научно-технической литературой, нормативно-технической документацией, разрабатывать и составлять, в соответствии с требованиями стандартов и норм проектирования, различные электрические принципиальные схемы радиоэлектронной аппаратуры. Настоящее пособие существенно отличается от предыдущего выпуска. Здесь приведено изложение таких разделов, как «введение», «выбор и обоснование схемы электрической принципиальной» образца объекта проектирования; описано обоснование каждого отдельно взятого каскада объекта проектирования; приведены примеры электрических расчётов каскадов, входящих в состав объекта проектирования. В настоящем учебном пособии приведены примеры обоснования и расчётов электрических каскадов на интегральных микросхемах (ИМС), что существенно повысит технический уровень объекта проектирования.

## 1. Правила оформления дипломного проекта

### Общие требования.

Законченный дипломный проект (ДП) состоит из пояснительной записки (ПЗ) объемом 50÷70 страниц печатного текста

- схема электрическая принципиальная (ф.А1)
- схема электрическая структурная (ф.А1)
- эпюры напряжений и токов (ф. А2)

Дипломный проект должен быть сброшюрован в следующей последовательности:

- титульный лист (приложение 1)
- задание на дипломное проектирование
- оглавление ПЗ с нумерацией листов каждого раздела и подраздела
- раздела ПЗ в последовательности, указанной в бланке задания
- список литературы
- приложение (перечень элементов)

### Оформление титульного листа.

Титульный лист к ДП выполняется от руки чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304-68. Цифры и буквы пишутся чёрной тушью. Слова «Пояснительная записка к дипломному проекту» пишутся прописными буквами шрифтом 10, наименование темы – строчными буквами шрифтом 7, остальные шрифтом 5. Допускается типографическое выполнение титульного листа.

### 1.3. Оформление оглавления к ПЗ.

Оглавление к ПЗ оформляется по форме 2. ГОСТ 2.104-68 (основная надпись высотой 40 мм). В оглавление включаются все заголовки, имеющиеся в ПЗ с указанием номеров и наименований разделов и подразделов.

### 1.4. Оформление ПЗ.

ПЗ оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-79, ГОСТ 2.106-68, ГОСТ 19.600-74. Так как ПЗ к курсовому проекту является учебным, а не конструкторским документом, при её оформлении допускаются некоторые отклонения от требований указанных стандартов.

ПЗ выполняется на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.301-68. Каждый лист имеет внутреннюю рамку с полем 20 мм от левого края и по 5 мм от остальных. Расстояние от рамки до границ текста слева ( в начале строки) не менее 5 мм, справа ( в конце строки) не менее 3 мм, сверху и снизу (для первой и последней строк) не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинаются отступом 15-17 мм от первой, внутренней рамки. Текст ПЗ пишется от руки пастой, чернилами или тушью чёрного цвета или печатается на компьютере.

### 1.5. Структура ПЗ.

Текст ПЗ, как правило, разделяется на разделы, подразделы, пункты и подпункты. Разделам присваиваются порядковые номера, обозначаемые арабскими цифрами с точкой.

Подразделы, пункты и подпункты имеют следующую нумерацию:

- подразделы нумеруются в пределах каждого раздела, номера подраздела состоят из номера раздела и порядкового номера подраздела, разделённых точкой, с точкой в конце номера.

- аналогично нумеруются пункты в пределах подраздела. Номер пункта состоит из номеров раздела, подраздела и непосредственно пункта, разделённых точкой, с точкой в конце номера.

Содержащиеся в тексте пункта или подпункта перечисления обозначают арабскими цифрами со скобкой.

Каждый пункт, подпункт и перечисления записывают с красной строки.

Наименования разделов записывают в виде заголовков с красной строки.

Наименования разделов записывают в виде заголовков прописными буквами симметрично тексту. Наименование подразделов записывают в виде заголовков (с абзаца), строчными буквами, кроме первой – прописной. Переносы слов в заголовках не допускаются. Точку в конце заголовка не ставят. Расстояние между заголовком и текстом 15 мм. Каждый раздел начинается с нового листа.

### 1.6. Изложение текста ПЗ.

Текст ПЗ излагается кратким, чётким языком от третьего лица. Терминология и обозначения должны соответствовать установленным стандартом, а при отсутствии стандартов – общепринятым нормам в научно-технической литературе.

Объект проектирования на титульном листе и при первом упоминании в тексте называется полностью, как указано в задании на проектирование, в дальнейшем допускается сокращенное наименование объекта проектирования.

В тексте ПЗ не допускается:

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц в головках и боковиках таблиц, в расшифровках формул;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, а так же соответствующим стандартам;
- использовать в тексте математический знак «минус» перед отрицательными значениями величины. Вместо знаков следует писать словами.

При изложении текста ПЗ числа с размерностью следует писать цифрами (например, ток потребления не более 15 мА), а без размерности словами (например, в данной схеме применены два делителя частоты).

Все формулы в ПЗ нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела.

В ПЗ могут быть ссылки на стандарты, на литературу и на другие источники.

Присылке на стандарты и ТУ указывается их обозначение. Ссылку на литературные источники производят, указывая в квадратных скобках номер литературного источника, записанного в списке использованной литературы.

### 1.7. Оформление расчётной части ПЗ.

Расчётная часть в ПЗ выполняется по формам 5 и 5<sup>а</sup>, но допускается применение формата А№ по ГОСТ 2.301-68, при этом основную надпись и дополнительные графы к ней выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104-68 (форма 2 и 2<sup>а</sup>)

Порядок изложения расчётной части определяется характером рассчитываемых величин.

Расчётная часть должна содержать:

- эскиз или схему рассчитываемого устройства;

- задачу расчётов (что требуется определить при расчёте);
- данные для расчётов;
- расчёты;
- заключение.

Схему разрешается вычерчивать в масштабе 1:1. Позиционные обозначения в схеме радиоэлементов должны соответствовать эскизному.

#### 1.8. Оформление иллюстраций и таблиц.

Иллюстрации в ПЗ располагаются по возможности ближе к соответствующим частям текста и нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами.

Схемы, таблицы, чертежи и графики, приводимые в тексте могут выполняться на листах любых форматов по ГОСТ 2.301-68, при этом основная надпись выполняется по форме 2<sup>а</sup> ГОСТ 2.104-68.

Цифровой материал, как правило оформляется в виде таблиц. Таблицы могут иметь заголовки и нумеруются в пределах раздела.

#### 1.9. Оформление списка литературы.

В список литературы включают все использованные источники, которые располагаются в порядке появления ссылок на них в тексте записки, в сведения о книгах включают:

- фамилию и инициалы автора;
- заглавие книги;
- место издания, издательство и год издания.

Если книга написана двумя или тремя авторами, их фамилии и инициалы указываются в той последовательности, в какой они напечатаны в книге.

Допускается указывать фамилию и инициалы только первого автора со словами «и др.».

Наименование места издания приводится полностью в именительном падеже, допускается сокращение названия только двух городов: Москва (М), Сан-Петербург (С. Петербург).

Сведения из периодического издания включает:

- фамилию и инициалы автора;
- заголовок статьи;
- наименование издания;
- страницы, на которых помещена статья.

Список литературы помещается в конце ПЗ, перед приложением и нумеруется вместе с другими листами ПЗ.

Пример списка использованной литературы.

1. В.П. Васильева и др. «Расчёт элементов импульсных и цифровых схем радиотехнических устройств/ под редакцией Ю.М. Казаринова», М., «Высшая школа», 1976.
2. Шило В.Л. «Популярные микросхемы ТТЛ», М. «Аргус», 1993.
3. Зельдин Е.А. «Импульсные устройства на микросхемах», М., «Радио и связь», 1991.
4. Воробьев Н.И. «Проектирование электронных устройств», М., «Высшая школа», 1989.
5. Голомёдов А.В., «Полупроводниковые приборы», М., «Кубк-а», 1994
6. Браммер Ю.А., Пащук И.Н., «Импульсная техника», М., «Высшая школа», 1985.
7. Белоцерковский Г.В. «Основы радиолокации и радиолокационные устройства», М., «Советское радио», 1975.

## 2. Эскизный расчёт

### 2.1. Общее положение

Для расчёта курсового проекта по предмету «Радиолокационные устройства», как правило, задаются тактические данные РЛС:

$D$  – дальность РЛС.

$D_{m1}$  и  $D_{m2}$  – масштабные дальности.

$\tau_u$  – длительность импульса метки.

$\tau_{зад} = \tau_u$  – длительность задержки.

По указанным данным определяем:

1)  $\tau_u = \frac{2D}{c}$  [мкс] или из соображений

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км} \quad \left| \tau_u = \frac{1 \cdot D}{0,15} \right.$$

$$\tau_u [\text{мкс}] - D [\text{км}]$$

Эта длительность соответствует длительности расширителя, каскада задержки,

$T_{пр.хода}$  ГПИ (в зависимости от варианта курсового проекта).

2) Определяем период следования запускающих импульсов

$$T_{сл} \approx 1,5 \tau_u$$

3) Определяем  $T_{m1}$  и  $T_{m2}$ , аналогично  $\tau_u$  в п. 1

$$T_{m1} = \frac{2D_{m1}}{c}, \quad T_{m2} = \frac{2D_{m2}}{c}$$

4) Определяем  $\tau_\phi$  и  $\tau_{сп}$

$$\tau_\phi = \tau_{сп} \approx (2 \div 10) \% \tau_u$$

### 2.2. Примеры эскизных расчетов.

Пример 1

Дано: тема, «двухканальный калибратор дальности».

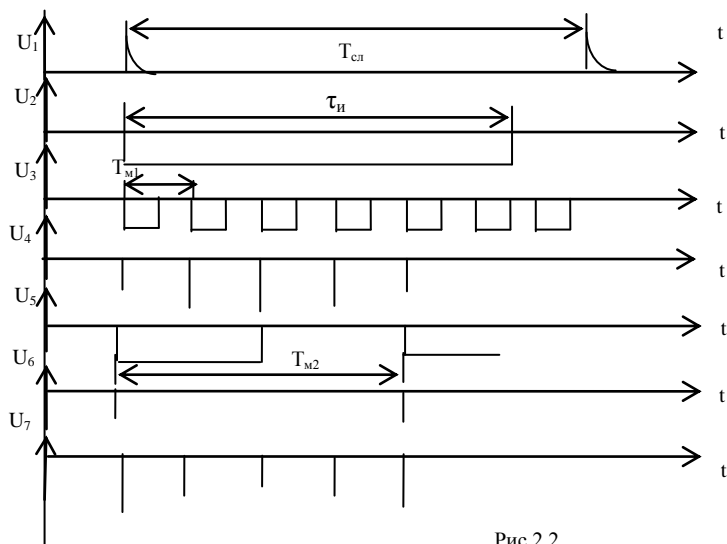
$D = 360 \text{ км}$ ,  $D_{m1} = 10 \text{ км}$ ,  $D_{m2} = 50 \text{ км}$ ,  $\tau_u \leq 1,1 \text{ мкс}$  – длительность метки.

Структурная схема калибратора



Рис. 2-1

При выполнении эскизного расчёта целесообразно пользоваться эпюрами напряжений:



1) Находим  $\tau_{и}$  – длительность импульса расширителя:

$$\tau_{и} = \frac{2 \cdot D}{c}; \quad \tau_{и} = \frac{2 \cdot 360}{300 \cdot 10^3} = 2400 \text{ мкс.}$$

2) Период запускающих импульсов (Тсл):

$$T_{сл} = 1,5 \tau_{и} = 1,5 \cdot 2400 = 3600 \text{ мкс}$$

$$t_{вост} = T_{сл} - \tau_{и} = 3600 - 2400 = 1200 \text{ мкс}$$

3) Находим период следования масштабных импульсов:

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км}; \quad T_{м1} - 10 \text{ км}; \quad T_{м2} = 5 T_{м1}$$

$$T_{м1} = \frac{10 \cdot 1}{0,15} = 66,7 \text{ мкс}$$

$$T_{м2} = 5 \cdot T_{м1} = 5 \cdot 66,7 = 333,5 \text{ мкс}$$

### Пример 2

Дано: тема «Канал подвижного круга дальности ИКО» или «Канал электронного визира дальности секторного индикатора».

$D = 240 \text{ км}$ ,  $\tau_{и} \leq 1,2 \text{ мкс}$  - длительность импульса блокинг – генератора.

Структурная схема канала.

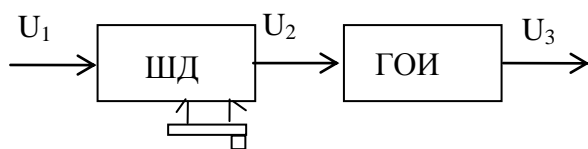


Рис. 2.3.

$$t_{зад\max} = \frac{2 \cdot D}{c} = \frac{2 \cdot 2400}{300 \cdot 10^3} \frac{\text{км}}{\text{км/сек}} = 1600 \text{ мкс}$$

$$T_{сл} = 1,5 t_{зад\max} = 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ мкс}$$

$$t_{вост.зад} = T_{сл} - t_{зад\max} = 2400 - 1600 = 800 \text{ мкс}$$

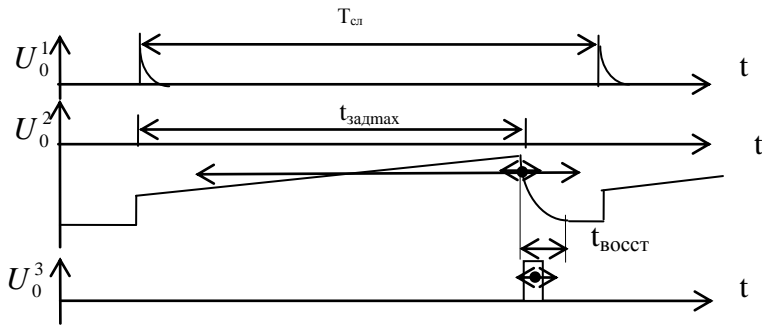


Рис.2.4

Пример 3

Дано: тема «Канал развёртки ИКО»

$D = 300\text{км}$

Структурная схема индикатора.

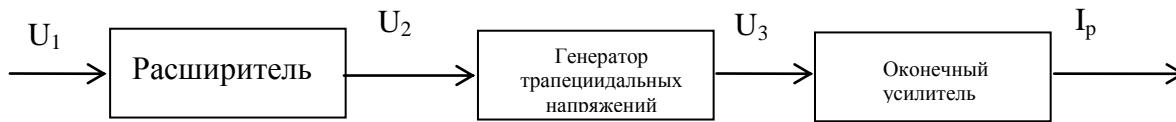


Рис.2.5

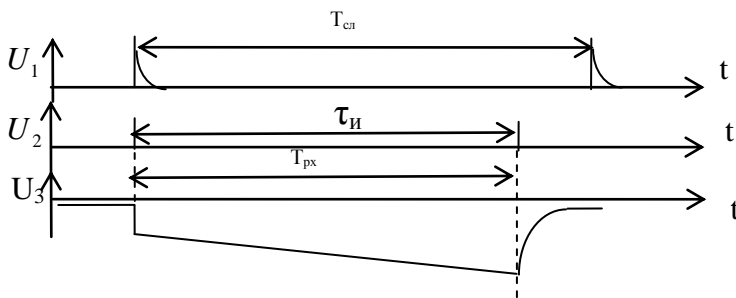


Рис.2.6

Находим  $\tau_u$        $1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км}$

$\tau_u[\text{мкс}] - 300 \text{ км}$

$$\tau_u = \frac{1 \cdot 300}{0,15} = 2000 \text{ мкс}$$

$$T_{сл} = 1,5 \tau_u = 3000 \text{ мкс}$$

Пример 4.

Дано: тема «Канал масштабных отметок дальности индикатора РЛС»,  $D = 280\text{км}$ ,  $D_M = 10 \text{ км}$ .

$D = 280\text{км}$ ,  $D_M = 10 \text{ км}$ .

Структурная схема канала

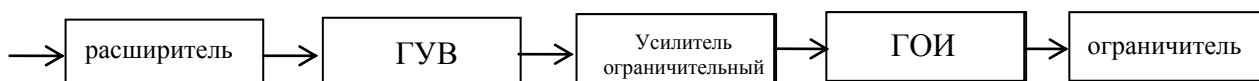


Рис.2.7.



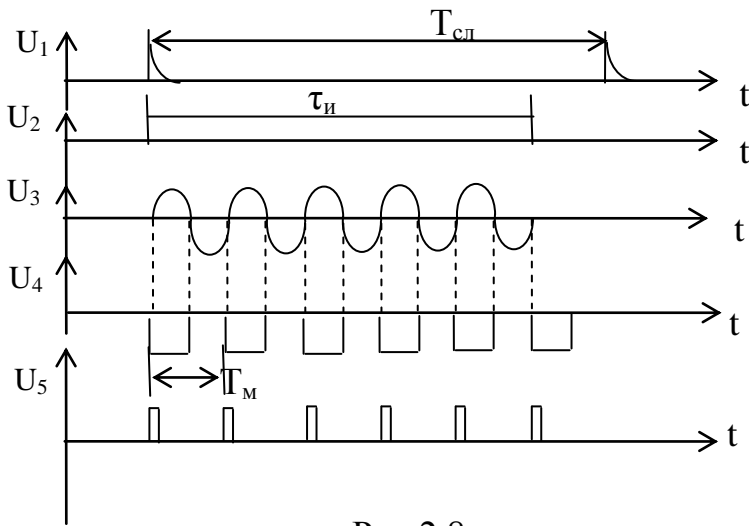


Рис.2.8

1) Находим  $\tau_{и}$  — длительность импульса ждущего мультивибратора

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км} \quad \tau_{и} = \frac{1 \cdot 280}{0,15} = 1806 \text{ мкс}$$

$$\tau_{и} [\text{мкс}] - 280 \text{ км}$$

2) Находим период следования запускающих импульсов ( $T_{сл}$ )

$$T_{сл} = 1,5 \tau_{и} = 2700 \text{ мкс}$$

3) Находим частоту синусоидальных колебаний генератора ударного возбуждения

$$f = \frac{1}{T_{м}}; \quad T_{м} [\text{мкс}] - 10 \text{ км}$$

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км}$$

$$T_{м} = \frac{1 \cdot 10}{0,15} = 66,7 \text{ мкс} \quad f = \frac{1}{T_{м}} = \frac{1}{66,7} = 15 \text{ кГц}$$

### Пример 5

Дано: тема «Канал развёртки индикатора дальности».

$D = 120 \text{ км}$ ,  $U_{\text{МВЫХ}} = 15 \text{ В}$ .

Структурная схема канала.

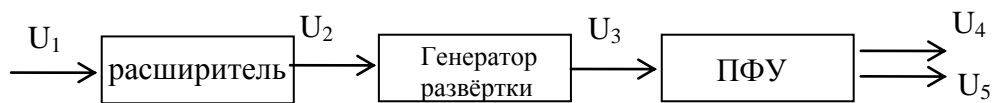


Рис.2.9

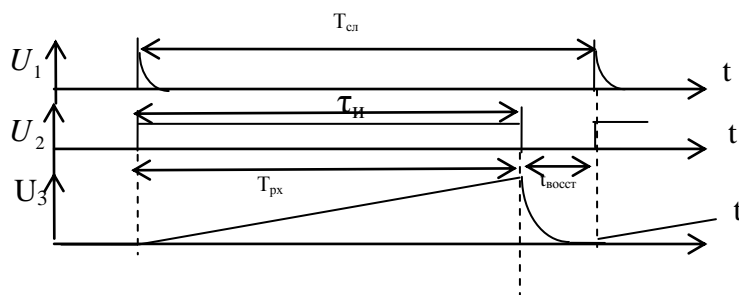


Рис.2.10

1) Находим  $\tau_{и}$   $T_{рх}$

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км} \quad \tau_u = \frac{1 \cdot 120}{0,15} = 800 \text{ мкс}$$

$$\tau_{и} [\text{мкс}] - 120 \text{ км}$$

2) Находим период следования запускающих импульсов ( $T_{сл}$ )

$$T_{сл} = 1,5 \cdot T_{рх} = 1200 \text{ мкс}$$

$$3) t_{вост.зад} = 1200 - 800 = 400 \text{ мкс}$$

Пример 6.

Дано: тема «Индикатор контроля РЛС»

Участок просматриваемой дистанции от 400 до 600 км,  $U_M = 15 \text{ В}$ .

Структурная схема индикатора.

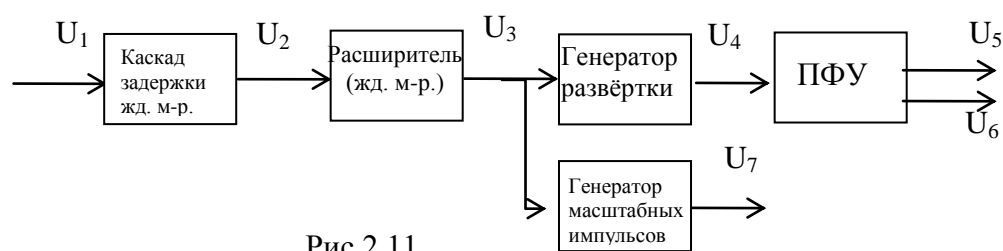


Рис.2.11

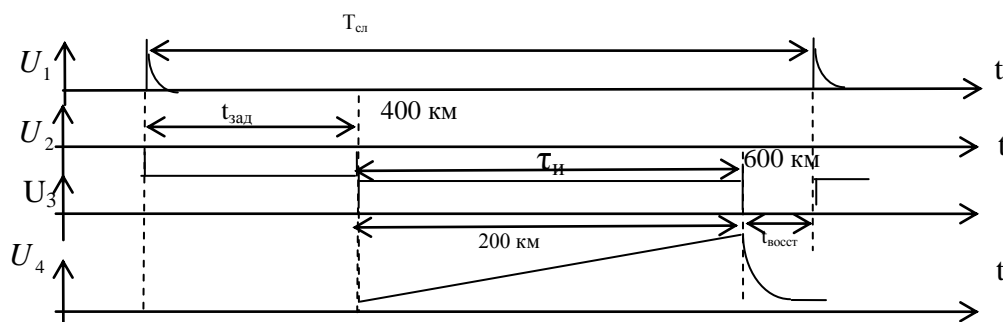


Рис.2.12

1) Находим  $t_{зад}$ —длительность импульса мультивибратора задержки

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км} \quad t_{зад} = \frac{1 \cdot 400}{0,15} = 2066 \text{ мкс}$$

$$t_{зад} - 400 \text{ км}$$

2) Находим  $\tau_{и}$ —длительность импульса мультивибратора расширения

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км} \quad \tau_{и} = \frac{1 \cdot 200}{0,15} = 1033 \text{ мкс}$$

$$\tau_{и} [\text{мкс}] - 200 \text{ км}$$

$$3) T_{сл} = 1,5 \cdot (\tau_{и} + t_{зад}) = 4650 \text{ мкс}$$

## Пример 7

Дано: тема «канал селектирования индикатора дальности.»

$D = 150$  км,  $D_M = 10$  км.

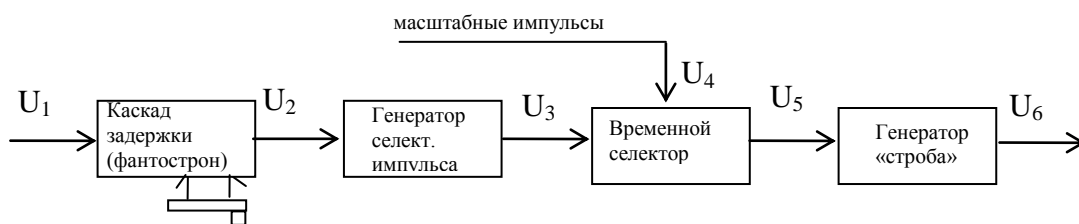


Рис. 2.13.

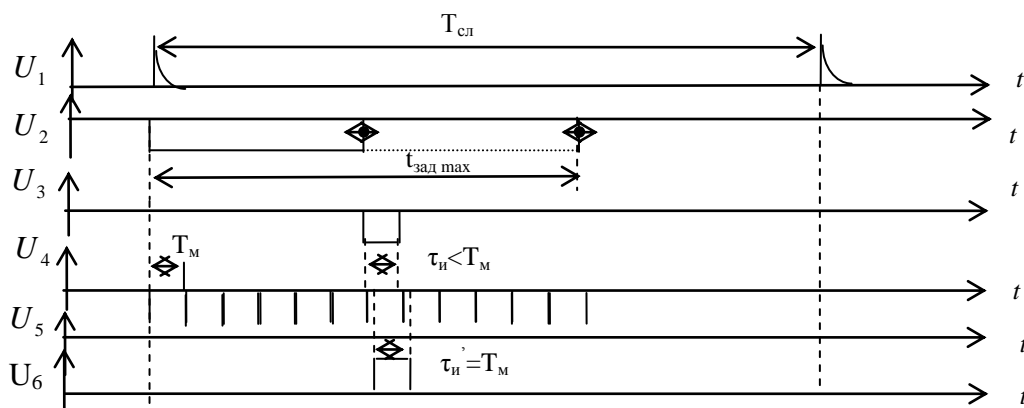


Рис.2.14

1) Определяется  $t_{зад.мах}$

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км} \quad t_{зад.мах} = \frac{1 \cdot 150}{0,15} = 1000 \text{ мкс}$$

$$t_{зад.мах} - 150 \text{ км}$$

2) Определяется  $T_{сл}$ :

$$T_{сл} = 1,5 \cdot t_{зад.мах} = 1500 \text{ мкс}$$

3) Определяется  $T_M$ :

$$T_M [\text{мкс}] - 10 \text{ км}$$

$$1 \text{ мкс} - 0,15 \text{ км}$$

$$T_M = \frac{1 \cdot 10}{0,15} = 66,7 \text{ мкс}$$

4) Определяется  $\tau_{и}$  генератора селекторного импульса

$$\tau_{и} < T_M \text{ выбирается } \tau_{и} = 60 \text{ мкс}$$

$$5) \tau'_{и} = T_M = 66,7 \text{ мкс} \approx 67 \text{ мкс}$$

### 3. Содержание пояснительной записки.

#### 3.1. Введение. (2÷4%)

В этом разделе необходимо отразить основные тенденции развития радиопромышленности. Сформулировать задачи проекта, указать назначение и область применения разрабатываемого устройства. Обосновать актуальность разработки. Рекомендуется дать краткий обзор состояния техники в данном направлении.

#### 3.2. Выбор и обоснование структурной (функциональной схемы (10÷15%).

В этом разделе необходимо обосновать выработанный вариант схемы, доказать преимущества выбранного варианта перед другими. Привести схемы 2-3-х вариантов. Описать работу выбранного варианта.

#### 3.3. Выбор и обоснование принципиальной схемы (15÷20%)

В этом разделе необходимо обосновать выбор принципиальной схемы каждого каскада, привести 2-3-и возможных варианта схемы, доказать преимущества выбранного варианта. В этом разделе может быть сделан выбор элементной базы, проектируемого устройства, приведено описание принципиальной схемы устройства.

#### 3.4. Расчётная часть проекта (25÷35%)

После выполнения эскизного расчёта отдельных каскадов.

Расчёт производится следующим образом:

3.4.1. Расчёт каждого каскада выполняется с нового листа, на котором приводятся:

- название каскада;
- схема рассчитываемого каскада в масштабе 1:1;
- исходные данные, часть которых определяется из эскизного расчёта, а остальными следует задаться.

3.4.2. При выборе типа транзистора ( микросхемы) следует обосновать выбранный тип и достоинства его перед другими.

3.4.3. При ведении расчёта формулы следует расшифровывать. Промежуточные вычисления не производятся. Результаты вычислений следует округлять.

3.4.4. После расчёта емкости следует произвести выбор конденсатора и номинала.

3.4.5. После расчёта резистора необходимо выбрать его по номиналу, типу и допустимой мощности, которая рассчитывается по формуле:  $P = I^2 \cdot R$  или  $P = \frac{U^2}{R}$

3.4.6. Произвести проверочные расчёты по выполнению требований:  $\tau_{фр}, \tau_{сл}, \tau_{восст}$

## 4. МЕТОДИКА НАПИСАНИЯ ГЛАВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ В ПРИМЕРАХ

## 4.1. ВВЕДЕНИЕ (образец)

В наше время радиолокация получила широчайшее применение. Её методы и средства используются для обнаружения объектов и контроля обстановки в воздушном, космическом, наземном, надводном пространствах.

Современная техника позволяет с большой точностью измерять координаты положения самолёта или ракеты, следить за их движением, определять не только формы объектов, но и структуру их поверхности. Радиолокационные методы открывают возможность изучать недра Земли и даже внутренние неоднородности поверхностных слоёв на других планетах. Но если говорить о чисто «земных делах» - гражданском и военном применении радиолокации, то её методы незаменимы, например, в организации управления воздушным движением, наведении, распознавании объектов, определения их принадлежности.

В зависимости от конкретного назначения современные радиолокационные станции (РЛС) имеют характерные особенности. Из всего их разнообразия значительную долю составляют РЛС обнаружения. Связано это с тем, что радиолокационный метод обнаружения является основным, как на земле, воздухе, на море, так и в космосе.

С помощью радиолокации производится так называемая пространственная селекция - обнаружения объекта по отраженному сигналу, временная селекция, когда по задержке возвращения отражённого сигнала устанавливается дальность до цели. Существует ещё понятие частотная селекция, позволяющая отслеживать по изменению частотного спектра сигнал, радиальную скорость наблюдаемого объекта.

Современные РЛС, как правило, трёх координатные. Они определяют дальность, угол места и азимут. При этом применяют антенны, имеющие узкие диаграммы направленности в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Несмотря на общие закономерности построения РЛС по своему назначению они весьма разнообразны. Например, современная РЛС обнаружения может быть большой, средней и малой дальности; двух и трех координатная; мобильная, подвижная, стационарная и, наконец для обнаружения на малых и больших высотах.

Непременным качеством современным РЛС является сохранение в течении достаточно длительного времени и в разных погодных условиях стабильности функционирования приёмной аппаратуры.

Такую задачу помогло решить внедрение в радиолокацию устройств цифровой обработки сигналов. Также решение некоторых других схем, например индикаторных устройств, на современной элементной базе позволило не только сократить габариты устройства, но и повысить надёжность, экономичность, а также удобство работы оператора.

## 4.2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРНОЙ.

Ещё совсем недавно наша промышленность выпускала радиолокационную аппаратуру, элементной базой являлись транзисторы и лампы. Но сегодня всё большее применение в производстве находят интегральные микросхемы (ИМС), именно они являются той элементной базой, которая отвечает требованиям сегодняшнего дня, то есть являются более экономичными, надёжными, более удобными в эксплуатации по сравнению с транзисторами и лампами. Также схемы, выполненные на базе ИМС отличаются меньшими габаритами, высокая ремонтпригодность и большая технологичность, что немаловажно.

Для примера рассмотрим работу схем на транзисторах и ИМС, их достоинства и недостатки и сделаем выбор лучшей из них.

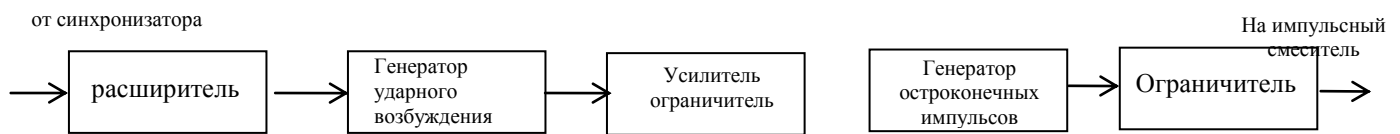


Рис. 4.1

На рис.4.1. изображена схема блока формирования отметок дальности, выполненная на транзисторах. Схема состоит из расширителя, выполненного по схеме ждущего мультивибратора, генератора ударного возбуждения, который генерирует синусоидальные колебания в заданном интервале времени, усилителя – ограничителя, в котором синусоида преобразуется в импульсы, остроконечных импульсов, выполненного по схеме блокинг – генератора и ограничителя.

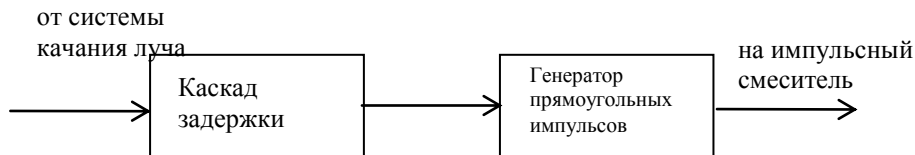


Рис.4.2

На рис. 4.2. изображена структурная схема блока формирования отметок дальности, построенного на базе ИМС. Как видно из структурной схемы, по сравнению с предыдущей схемой, она значительно проще. Несколько десятков дискретных элементов, легко заменяются на полторы микросхемы и шесть навесных элементов.

Расширитель в данном случае тоже выполнен по схеме ждущего мультивибратора (но в интегральном исполнении) и выполняет те же функции, что и транзисторный. Хотя в данном случае улучшаются фронты импульсов и это ещё одно заметное преимущество. Вторая часть схемы представляет собой генератор масштабных импульсов и базируется на одной ИМС с использованием небольшого количества навесных элементов. Однако это не мешает ему функционально замещать целых четыре блока транзисторной схемы. В данном случае не надо для получения прямоугольных импульсов снова генерировать. Генератор масштабных импульсов с момента поступления сигнала с расширителя сам вырабатывает прямоугольные импульсы правильной формы, параметры которых зависят от параметров навесных элементов.

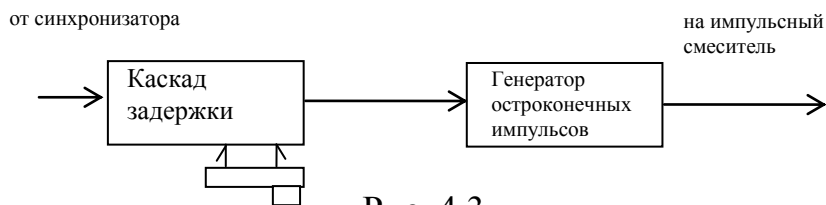


Рис. 4.3

Структурная схема блока визира азимута (см.рис.4.3) осталась прежней, но решение её на базе ИМС также явилось большим плюсом. Блок базируется на одной ИМС с применением четырёх навесных элементов. На реализацию аналогичной схемы на базе транзисторов ушло бы не менее двадцати дискретных элементов.

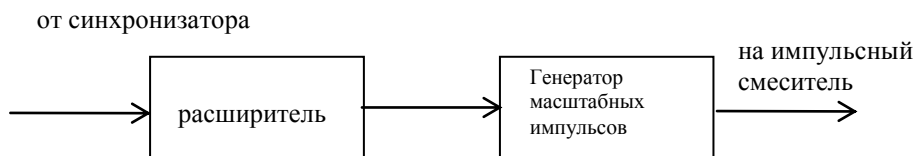


Рис.4.4

На рис 4.4. изображена структурная схема блока визира дальности, выполнения на базе транзисторов. Как видим она очень похожа на схему изображённую на рис. 4.3. При необходимости просто повторить схему (конечно уже в интегральном исполнении) ничего не добавляя можно было бы решить проблему аналогично блоку визира дальности с цифровой индикацией.

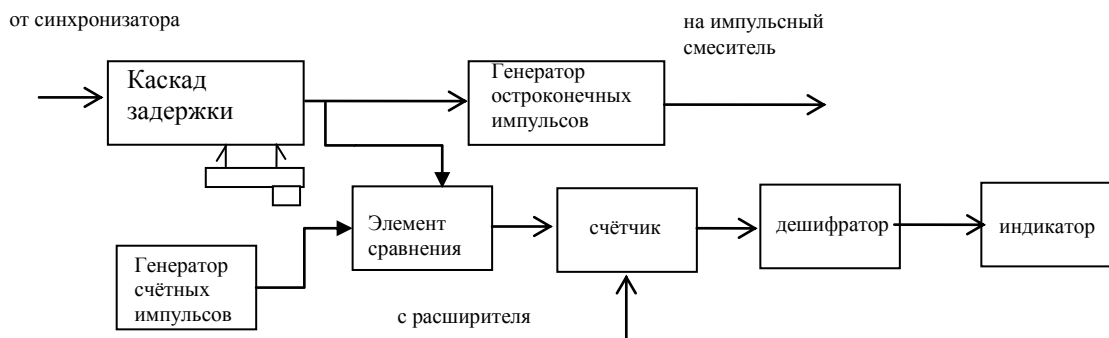


Рис. 4.5

На рис.4.5. представлена схема блока визира дальности с цифровым отсчётом в интегральном исполнении. То есть кроме того, что информационный сигнал с блока поступает через смеситель на модулятор, дальность индицируется на специальном цифровом табло, что является очень удобным для работы оператора. В схеме применена классическая схема включения счётчика, дешифратора и индикатора. С расширителя счётчик в ноль по завершении импульса метки, а также через элемент сравнения поступает суммирующий сигнал с каскада задержки и генератора счётных импульсов, который является информационным.

Так как базой всей схемы в целом является ИМС, то уменьшаются габариты, вес схемы, что является явным её преимуществом. Вместе с тем, не только не ухудшаются, но и кое-где улучшаются её электрические параметры. Исходя из всего вышеизложенного выбираем схему построенную на базе ИМС.



### 4.3. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ

#### 4.3.1. Выбор и обоснование схемы каскада задержки блока визира дальности.

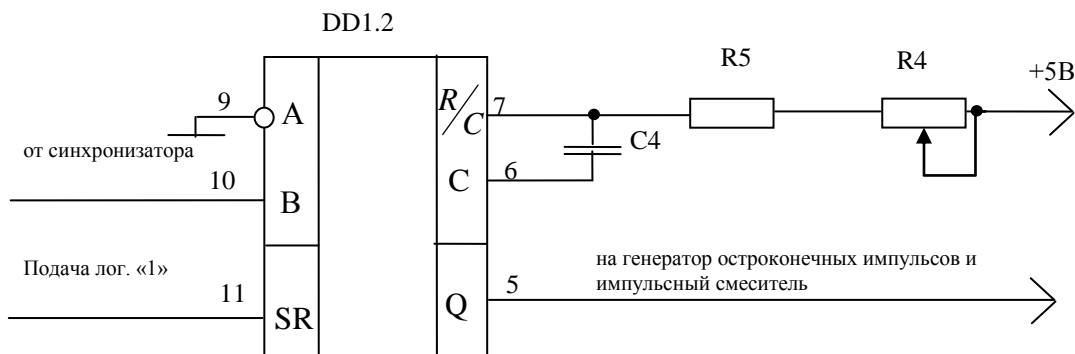


Рис. 4.6

На рис 4.6. изображена схема каскада задержки блока визира дальности. Он выполнен на базе микросхемы К155АГ3. Данная микросхема представляет собой набор из двух независимых одновибраторов. Преимущество их перед одновибраторами собранными на транзисторах или логических элементах состоит не только в меньшем числе навесных элементов и внешних соединений, но и в более широких функциональных возможностях и лучшей стабильности выходных импульсов при изменении питающего напряжения и температуры окружающей среды. Исходя из этого считаем более удобным использовать данную микросхему в данной схеме.

#### 4.3.2. Выбор и обоснование схемы генератора счётных импульсов

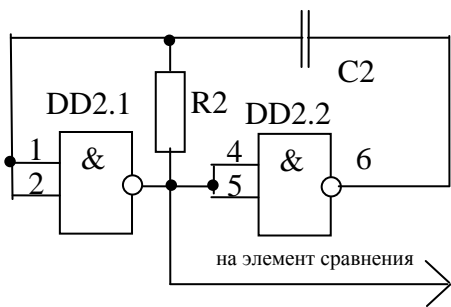


Рис. 4.7

На рис. 4.7 изображена схема генератора счётных импульсов. Он построен на базе двух логических элементов И-НЕ, микросхемы К155ЛА3. Данное решение схемы имеет некоторые преимущества. Главным из них является то, что построение схемы на логических элементах очень рационально, так как при этом микросхема К155ЛА3 используется полностью на 100%. Именно эта причина была решающей при выборе схемы. В конце можно отметить, что по сравнению со схемой построенной, например, на базе ИМС К155АГ3 или подобных может наблюдаться ухудшение некоторых электрических параметров, что является недостатком схем.

### 4.3.3. Выбор и обоснование схемы генератора масштабных импульсов.

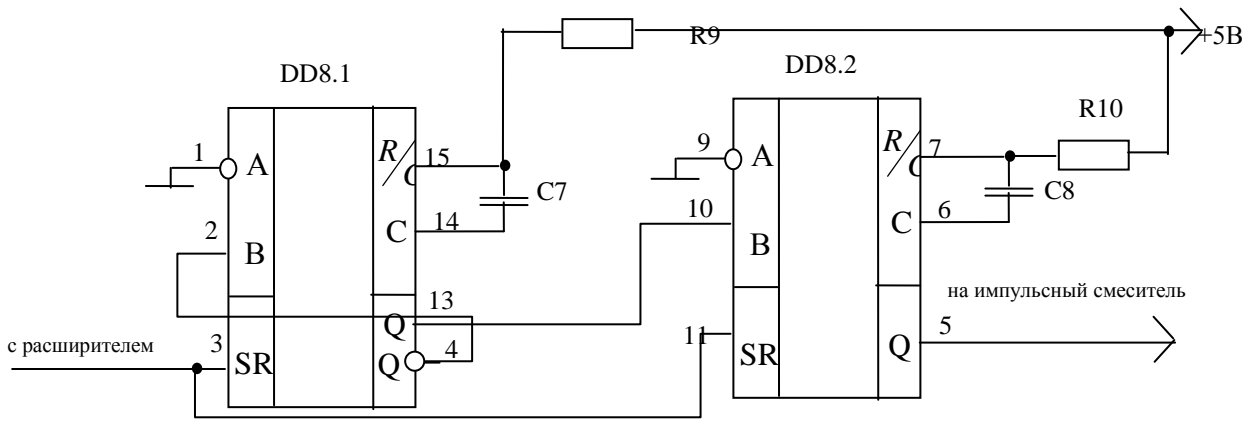


Рис. 4.8

На рис 4.8. изображена схема генератора масштабных импульсов. Она реализована на базе одновибраторов микросхемы К155АГЗ. Генератор, собранный по данной схеме, отличается от генератора, собранного на базе логических элементов или транзисторов, более высокими эксплуатационными характеристиками. Работает схема следующим образом – на входы SR обоих одновибраторов подаётся разрешающий сигнал с расширителя. Во время присутствия этого сигнала генератор вырабатывает прямоугольные импульсы, параметры которых зависят от номиналов навесных элементов. Которые, затем, поступают через импульсный смеситель и отражаются на индикаторе в виде масштабных меток.

Выбираем данную схему потому, что она является очень надёжной и отвечает всем требованиям по отношению к выходным импульсам.

### 4.3.4. Выбор и обоснование схем счётчиков.

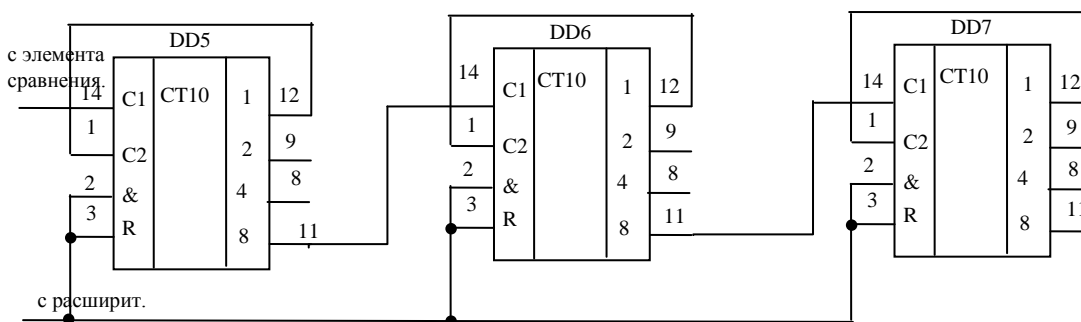


Рис. 4.9.

В данной схеме применены счётчики К155ИЕ2, четырёхразрядный, двоично-десятичный. Схема счётчика состоит из четырёх счётных триггеров. Первый из них представляет собой самостоятельный делитель на два, остальные триггеры – делитель на пять (максимальное значение для них). Для того, чтобы счётчик делил на десять, что там и требуется, соединяем выводы 1 и 12 микросхем. Импульсы с генератора счетных импульсов, через элемент сравнения подаётся на вход C1 первого счётчика (DD5). В ноль счётчики сбрасываются срезом сигнала с расширителя. Сигналы со счётчиков снимаются с выходов 12,9,8,11 микросхем. Далее эти сигналы подаются через преобразователи кодов на знакосинтезирующие индикаторы.

#### 4.3.5. Выбор и обоснование схем преобразователей кода и знаковосинтезирующих индикаторов.

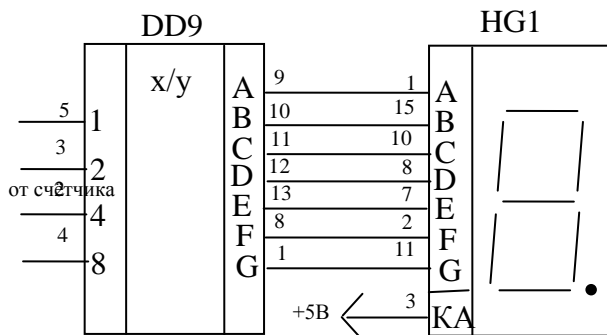


Рис.4.10

На рис 4.10 изображена схема одной из трёх идентичных частей условного блока состоящего из преобразователей кода и знаковосинтезирующих индикаторов. В качестве преобразователя кода (дешифратора) используется ИМС К176ИД2. Явным преимуществом именно этой микросхемы перед другими микросхемами подобного назначения является то, что она позволяет непосредственно подключать такие индикаторы, как АЛ305А. Именно индикатор АЛ305А и используется в данной схеме. Он представляет собой знаковосинтезирующий индикатор, на основе арсенид-фосфид-галиевого соединения, предназначенный для отображения цифровой информации. Индикаторы АЛ305А являются очень распространёнными благодаря хорошим эксплуатационным характеристикам. Высота знака у данного индикатора 6,9 мм и это является очень удобным, так как нет надобности в применении дополнительных увеличительных линз. Исходя из всего вышеперечисленного выбираем именно эти микросхемы.

#### 4.3.6. Выбор и обоснование схем генератора остrokонечных импульсов и генератора прямоугольных импульсов.

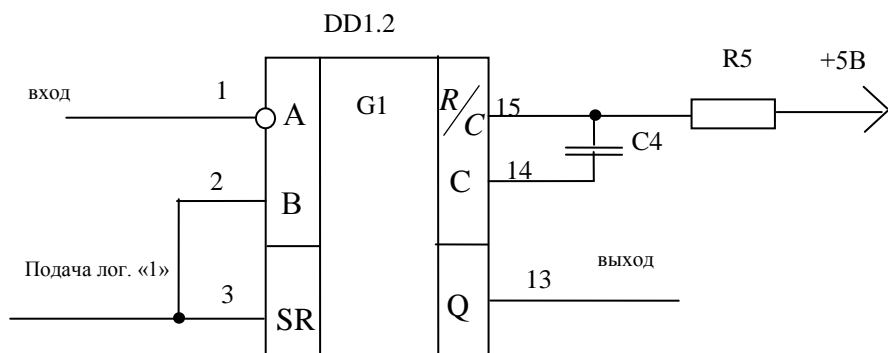


Рис. 4.11

Для схем генераторов прямоугольных и остrokонечных импульсов (как и в схеме изображенной на рис.4.6) используем микросхему К155АГ3. Собраны они по абсолютно аналогичной схеме (см пункт 4.3.1.), не считая того, что в данном случае применён постоянный резистор, вместо переменного и того, что сигнал подаётся на вход А, вместо В, как на рис.4.6.

#### 4.3.7. Выбор и обоснование схем каскада задержки, и блока визира азимута и расширителя.

Схемотехнические решения данных схем абсолютно идентичны схеме изображённой на рис .4.6., за исключением того, что резисторы в данном случае применены постоянные.

#### 4.4. МЕТОДИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ (В ПРИМЕРАХ).

Исходные данные:

$$D = 100 \text{ км}$$

$$D_M = 10 \text{ км}$$

$$F_{\text{сл}} = 400 \text{ Гц}$$

##### 4.4.1. Расчёт схемы расширителя.

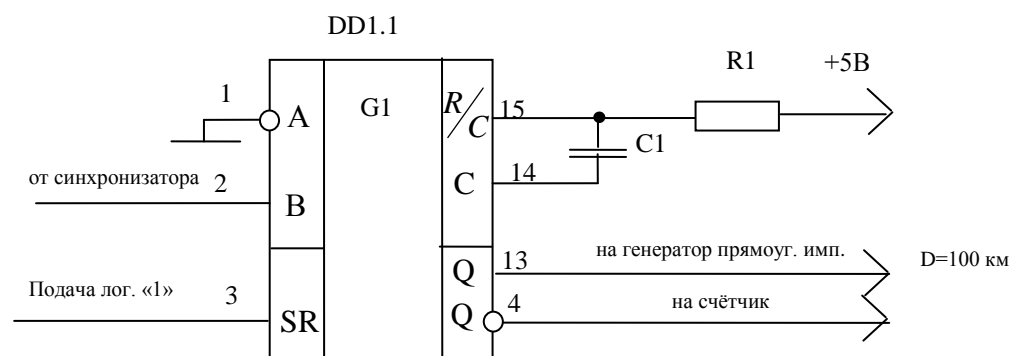


Рис. 4.12

Микросхема К155АГЗ, на базе которой выполнен расширитель имеет следующие основные параметры:

Номинальное напряжение питания

5В

Номинальный ток потребления

60мА

Номинальный ток выходов не более

40мА

Для реализации схемы дополнительно применены два элемента – R1 и C1, из которых собрана времязадающая цепочка. Определим длительность импульса метки, она рассчитывается по формуле:

$$\tau_u = \frac{2D}{c} \quad (4.1)$$

Так как нам известно, что  $D = 100 \text{ км}$ , то мы можем рассчитать  $\tau_u$ , подставив значение D в формулу 4.1.

$$\tau_u = \frac{2 \cdot 100}{300 \cdot 10^6} = 670 \text{ мкс}$$

В данной схеме  $\tau_u$  зависит от параметров навесных элементов (R1, C1) и определяется по формуле:

$$\tau_u [\text{мкс}] = 0,32(R[\text{кОм}]) \cdot C[\text{нФ}] \quad (4.2)$$

По данным из справочной литературы узнаём диапазон возможных номиналов сопротивлений резистора R1. Он составляет 5,1 ÷ 510 кОм. Допустим, возьмём номинал 5,1 кОм. Теперь подставим это значение в формулу 4.2.

$$670 = 0,32(5,1) \cdot C = 1,856C$$

Из этой формулы выражаем C:

$$C = \frac{670}{1,856} = 360 \text{ нФ}$$

Из расчёта выбираем следующие детали для реализации данной схемы:

Конденсатор КМ-5-МП10-360нФ±10%

Резистор С1-4-0,125 5,1 кОм±5%.

Мощность резистора выбрана в связи с малыми токами схемы.

#### 4.4.2. Расчёт каскада задержки блок визира дальности.

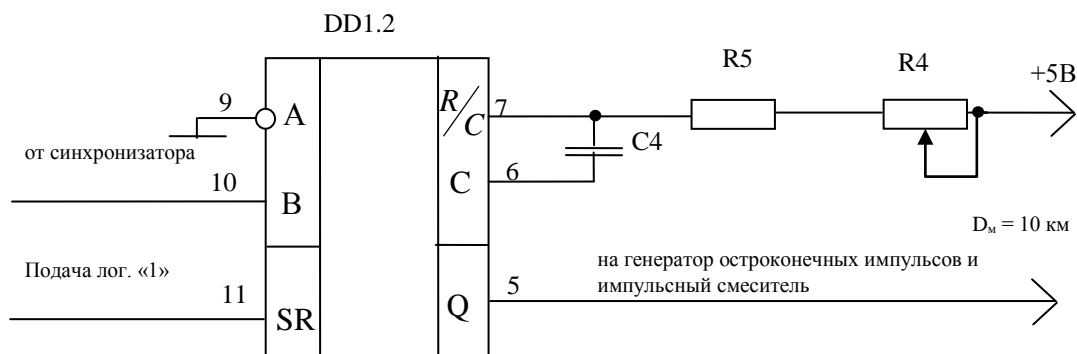


Рис. 4.13

Каскад задержки изображён на рис. 4.13. построен на микросхеме К155 АГЗ с использованием двух навесных элементов. Параметры микросхеме К155АГЗ описаны в пункте 4.4.1. Определим минимальное сопротивление цепочки R5R4 исходя из того, что оно не может быть меньше сопротивления R5 и примерно равно ему. Для расчёта нам требуется узнать следующие параметры:  $t_{зад\min}$  и  $t_{зад\max}$ . Определим их:

$$t_{зад\max} = \tau_u = 670 \text{ мкс}$$

$$t_{зад\min} = T_M = \frac{2D_M}{c} \quad (4.3.)$$

Подставив значение  $D_M$  в формулу 4.3.

$$t_{зад\min} = \frac{2 \cdot 10}{300 \cdot 10^6} = 67 \text{ мкс}$$

Принимаем сопротивление R5 равным 5,1 кОм и подставляем это значение в формулу 4.2.

$$67 = 0,32 \times 5,1 C [\text{нФ}]$$

Из этой формулы выразим C:

$$C = \frac{67}{1,856} = 36 \text{ нФ}$$

Далее определяем общее сопротивление цепочки R5R4 –  $R_{общ}$ .

$$R_{общ} [\text{кОм}] = \frac{\tau_u [\text{мкс}]}{0,32 \cdot C [\text{нФ}]}$$

Подставим известные значения C и  $\tau_u$  в формулу

$$R_{общ} = \frac{670}{0,32 \cdot 36} - 0,7 = 57 \text{ кОм}$$

Найдём номинал резистора R4.

$$R4 = R_{общ} - R5 = 57 - 5,1 = 51,9 \text{ кОм}$$

Для данной схемы подойдёт:

Конденсатор К10-17-46-М1500 – 36 нФ±10%

Резистор постоянный С1-4-0,125 5,1 кОм±5%

Резистор переменный СП-1-А 51кОм±10%

#### 4.4.3. Расчёт схемы генератора счётных импульсов

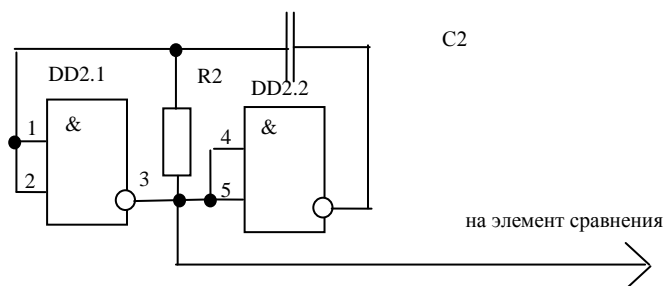


Рис. 4.14

Генератор выполнен на базе двух логических элементов И-НЕ с применением двух навесных элементов, параметры которых определяют параметры генерируемых импульсов. Период следования счётных импульсов определяется по формуле:

$$T_{сл.си} [\text{мкс}] = \frac{1}{0,15}$$

$$T_{сл.си} = 6,7 \text{ мкс}$$

Из справочной литературы узнаём номинал резистора. Он равен 180 Ом. Далее номинал конденсатора C2:

$$C = \frac{T_{сл.си.}}{R}$$

$$C = \frac{6,7 \cdot 10^{-6}}{180} = 3,7 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} = 37 \text{ нФ}$$

Длительность генерируемых импульсов будет составлять 0,1-0,5 мкс, что вполне устраивает. Длительность импульсов взята из справочной литературы.

Для реализации данной схемы подойдут следующие детали

Конденсатор	K10-17-46-M1500	36нФ±10%
Резистор	C1-4-0,125	180 Ом±5%

#### 4.4.4. Расчет схемы генератора масштабных импульсов.

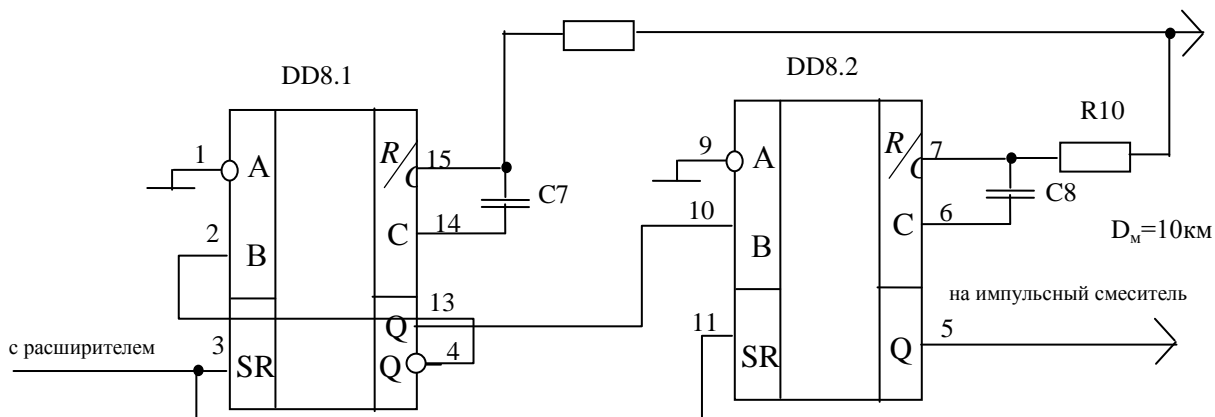


Рис. 4.15

Для расчёта нам требуется определить  $T_m$  (длительность масштабных импульсов).

Определим  $T_m$  по следующей формуле:  $T_m = \frac{2D_m}{c}$

Так как  $D_m$  известно из задания, то подставим его значение в формулу

$$T_m = \frac{2 \cdot 10}{3 \cdot 10^6} = 66 \text{ мкс}$$

Схема генератора состоит из двух частей, первая часть схемы на одной «половинке» ИМС и представляет собой генератор кратковременных импульсов, короткие выходные импульсы которого определяют выходную частоту, вторая «половинка» ИМС (DD8.2) включена по схеме одновибратора и служит для расширения этих импульсов.

Принимаем номинал резистора R9 равным 5,1 кОм и рассчитываем номинал конденсатора C7 по формуле 4.2:

$$66 = 0,32 \times 5,1 \times C [\text{нФ}]$$

$$C = \frac{66}{1,856} = 36 \text{ нФ}$$

Далее зададимся длительностью выходных импульсов, возьмём  $\tau_{\text{м.и}} = 0,1 \text{ мкс}$  и рассчитаем R10 и C8. Номинал резистора примем условно, например R10=5,1 кОм. Выразим номинал C8 из формулы 4.2.

$$C = \frac{0,1}{0,32(5,1 + 0,7)} = 53,8 \text{ нФ}$$

Для данной схемы подойдут следующие детали:

Конденсатор C7 К10-17-46-М1500-36нФ±10%

Резисторы R9, R10 С1-4-0,125-5,1кОм±5%

#### 4.4.5. Расчёт схемы генератора остроконечных импульсов.

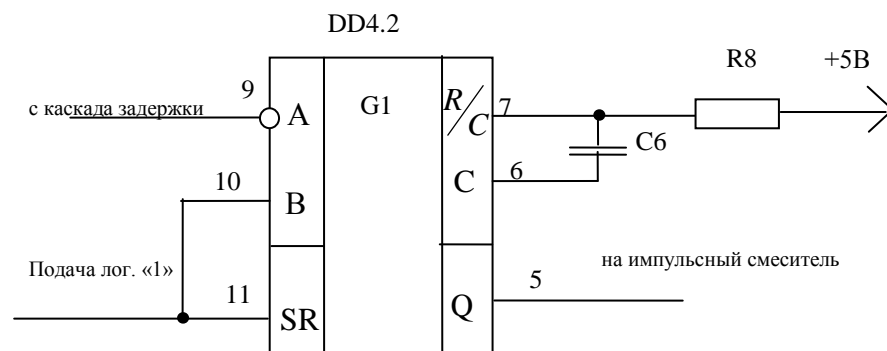


Рис. 4.16

Для начала зададимся длительностью импульса, например возьмём его равным 0,10 мкс. Далее зададимся номиналом резистора R8, примем его равным 5,1 кОм. Рассчитаем номинал конденсатора C6 по формуле 4.2.

$$0,10 = 0,32 \cdot 5,1 \cdot C [\text{нФ}]$$

$$C = \frac{0,1}{1,856} = 54 \text{ нФ}$$

Для реализации данной схемы выбираем:

Конденсатор КМ-5-Н33-56пФ±10%

Резистор С1-4-0,125-5,1кОм±5%



#### 4.4.6. Расчёт схемы каскада задержки блока визира азимута.

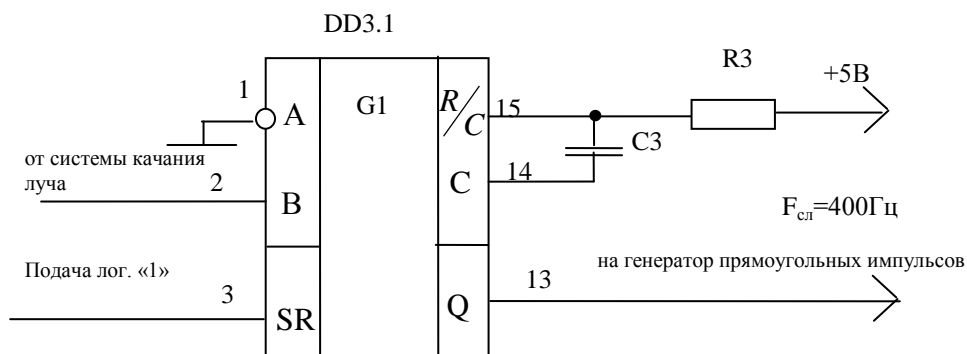


Рис. 4.17

Так как известен параметр  $F_{сл}$ , то определим  $T_{сл.стр}$ :

$$T_{сл.стр} = \frac{1}{F_{сл}}$$

$$T_{сл.стр} = \frac{1}{400} = 2500 \text{ мкс}$$

Далее определяем  $T_{рх.кадр}$  по формуле:

$$T_{рх.кадр} = 71 \cdot T_{сл.стр}$$

$$T_{рх.кадр} = 71 \cdot 2500 = 0,1775 \text{ с}$$

Исходя из данных расчётов можно определить номиналы элементов схемы. Зададимся номиналом резистора R3 равным 470 кОм. Рассчитаем номинал C3 используя формулу 4.2.:

$$c = \frac{88750}{0,32 \cdot 470} = 589 \text{ нФ}$$

Для реализации схемы подойдут следующие детали:

Конденсатор КМ-5-М750-560нФ±10%

Резистор С1-4-0,125-470кОм±5%

#### 4.4.7. Расчет схемы генератора прямоугольных импульсов

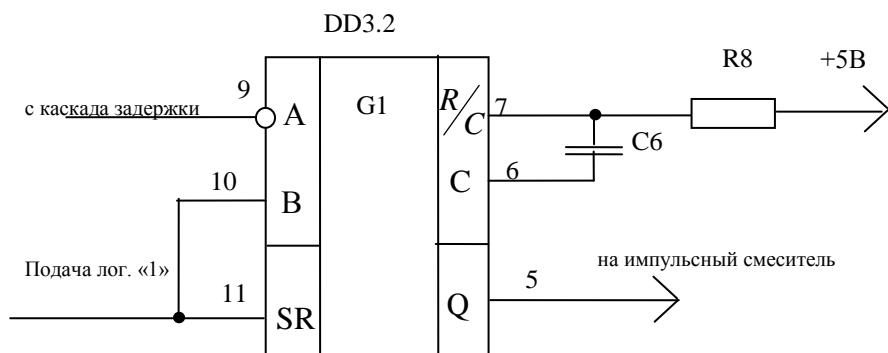


Рис. 4.18

Длительность импульса генерируемого данным генератором равно длительности импульса генерируемого расширителем, то есть  $\tau''_u = \tau_u$ . Следовательно  $\tau''_u = 670 \text{ мкс}$ .

Зададимся номиналом резистора R6, равно 5,1 кОм и рассчитаем номинал конденсатора C5 при помощи формулы 4.2.

$$\tau_u = 0,32 \cdot C$$

$$C = \frac{\tau_u}{0,32 \cdot (R + 0,7)}$$

$$C = \frac{670}{0,32 \cdot (5,1 + 0,7)} = 360 \text{ нФ}$$

Для данной схемы подойдут следующие детали:

Резистор R6                      С1-4-0,125-5,1кОм±5%

Конденсатор C5                КМ-5-МП10-360нФ±10%

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шило В.П. «Популярные микросхемы ТТЛ», Москва Аргус»,1993.
2. Зельдин Е.А. «Импульсные устройства на микросхемах». Москва , «высшая школа», 1989.
3. Воробьев Н.И. «Проектирование электронных устройств», Москва «Высшая школа», 1989.
4. Голомёдов А.В. «Полупроводниковые приборы», Москва, «КУБК-а», 1994.
5. Браммер Ю.А., Пащук И.Н. «Импульсная техника», Москва «Высшая школа»,1999.
6. Белоцерковский Г.В. «Основы радиолокации и радиолокационные устройства». Москва, «Советское радио», 1975.

Поз обозн.	Наименование	кол	Примечание
	<b>Конденсаторы</b>		
C1	КМ-56-МП10-360нФ±10% ОЖО 460.043 ТУ	1	
C2	К10-17-46-М1500-36нФ±10% ОЖО 460.172 ТУ	1	
C3	КМ-56-М750-560нФ±10% ОЖО 460.043 ТУ	1	
C4	К10-17-46-М1500-36нФ±10% ОЖО 460.172 ТУ	1	
C5	КМ-56-МП10-360нФ±10% ОЖО 460.043 ТУ	1	
C6	КМ-56-Н33 -56пФ±10% ОЖО 460.043 ТУ	1	
C7	К10-17-46-М1500-36нФ±10% ОЖО 460.172 ТУ	1	
C8	КМ-56-Н33 -56пФ±10% ОЖО 460.043 ТУ	1	
	<b>Микросхемы</b>		
DD1	К155АГ3 БК0.348.006 ТУ	1	
DD2	К155ЛА3 БК0.348.006 ТУ	1	
DD3,DD4	К155АГ3 БК0.348.006 ТУ	2	
DD5-DD7	К155ИЕ2 БК0.348.006 ТУ	3	
DD8	К155АГ3 БК0.348.006 ТУ	1	
DD9-DD11	К176ИД2 БК0.348.047-20 ТУ	3	
DD12	К155ЛЕ4 БК0.348.006 ТУ	1	
HG1-HG3	Индикатор АЛ305А	3	
	<b>Резисторы</b>		
R1	С1-4-0,125-5,1кОм±5% АПШК 434110.001 ТУ		
R2	С1-4-0,125-180Ом±5% АПШК 434110.001 ТУ	1	
R3	С1-4-0,125-470кОм±5% АПШК 434110.001 ТУ	1	
R4	СП-1-17-5,1кОм±10% -ОС-3-12 ГОСТ 5576-74	1	
R5,R6	С1-4-0,125-5,1кОм±5% АПШК 434110.001 ТУ	2	
R7	С1-4-0,125-1кОм±5% АПШК 434110.001 ТУ	1	
R8-R10	С1-4-0,125-5,1кОм±5% АПШК 434110.001 ТУ	3	
XP1	Разъём МРН8-1 ОЮ).364.003 ТУ	1	

ХРП	
№	Цепь
1	+5В
2	от синхронизм. дел.
3	от сист. качан. дуча
4	на модулятор
5	корпус

- +5В: К Вв.б.16 ДД1, ДД3, ДД4; ДД8, ДД9 - ДД11
- К Вв.б.14 ДД2, ДД12
- К Вв.б.5 ДД5 - ДД7
- Общ.: К Вв.б.8 ДД1, ДД3, ДД4; ДД8, ДД9 - ДД11
- К Вв.б.7 ДД2, ДД12
- К Вв.б.5 ДД5 - ДД7

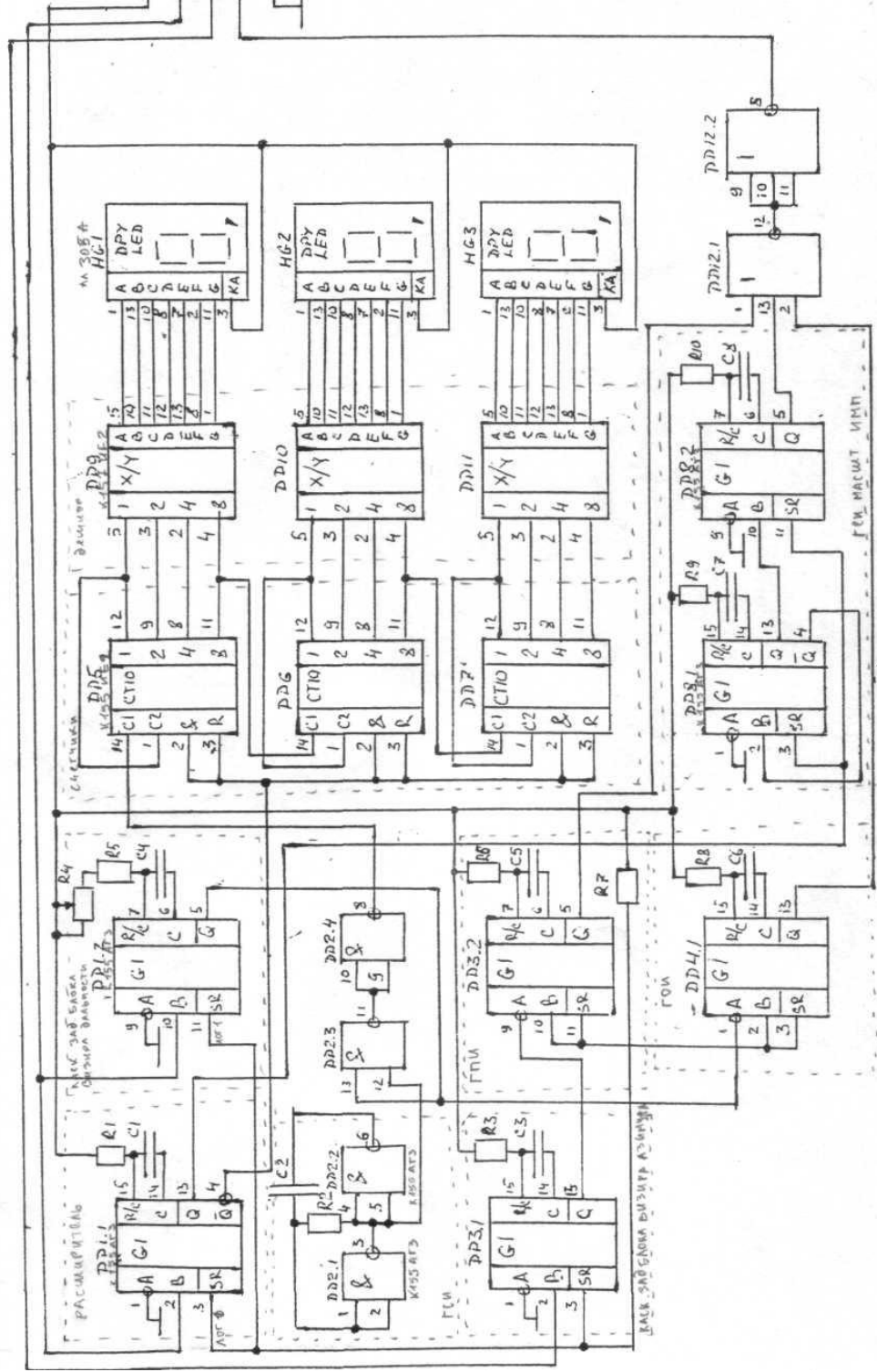


Схема электрическая принципиальная (пример)