

# **Конструкторско-технологическая документация в РЭС**

## ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 1  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

*Часть 1*

Воронеж 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра радиоэлектронных устройств и систем

## **Конструкторско-технологическая документация в РЭС**

### ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 1  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

*Часть 1*

Воронеж 2022

УДК 721:53(073)  
ББК 38.113я7-5

*Составитель Ю. В. Худяков*

**Конструкторско-технологическая документация в РЭС:**  
методические указания к выполнению лабораторной работы № 1 для студентов специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Ю. В. Худяков. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. Ч.1.– 46 с.

В методических указаниях рассматриваются основные требования к чертежам электрических схем. Тематика лабораторной работы соответствует рабочей программе дисциплины «Конструкторско-технологическая документация в РЭС».

Предназначены для студентов 5 курса специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле КТД\_УМД\_ЛР1Ч1pdf.

Ил. 45. Табл. 1. Библиогр.: 8 назв.

**УДК 721:53(073)  
ББК 38.113я7-5**

**Рецензент** – А. В. Останков, д-р техн. наук, профессор  
кафедры радиотехники ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Данные методические указания к выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с программой курса «Устройства функциональной электроники в радиоэлектронных системах и комплексах» для специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

В указаниях рассматриваются основные ГОСТы, определяющие требования к электрическим схемам. Варианты заданий приведены в методических указаниях первой, второй и третьей части.

### **1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ПО ЕСКД**

Номером варианта электрической схемы являются две последние цифры зачетки.

#### **1.1. ЦЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

- Получение практических навыков по оформлению чертежа схемы электрической принципиальной и перечня элементов по ЕСКД
- Подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы.

#### **2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Содержанием практической части работы является анализ работы предоставленного варианта электрической схемы и разработка чертежа схемы электрической принципиальной по ЕСКД.

Выполнение лабораторной работы проводится на ПЭВМ с использованием прикладной программы «SPlan».

Правила безопасности при выполнении лабораторной работы являются типовыми.

#### **3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Для выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с ниже приведенными стандартами:

ГОСТ 2.109-73. Основные требования к чертежам.

ГОСТ 2.301-68. Форматы.

ГОСТ 2.701-2008. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

ГОСТ 2.702-75. Правила выполнения электрических схем.

ГОСТ 2.708-81. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.

ГОСТ 2.710-81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.

ГОСТ 2.721-74. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

## **4. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

### **4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАНИЯ**

Основным содержанием работы является адаптация исходных электрических схем и других сопровождающих их документов, которые получены из источников информации, выполненных с отступлениями от норм ЕСКД (научно-популярные журналы, справочная, учебная литература и др.) под требования ЕСКД.

Особенно существенные отличия от норм ЕСКД имеют место в исходных электрических схемах, полученных из источников информации зарубежных или переводных изданий.

Понятие «исходная электрическая схема» в ЕСКД отсутствует, однако в ГОСТ 2.118-73 «Техническое предложение», ГОСТ 2.119-73 «Эскизный проект» и ГОСТ 2.120-73 «Технический проект» в разделе «Требования к выполнению документов» указывается, что в состав чертежа общего вида (ВО) входит схема или несколько вариантов схем. Разработкой этих схем занимаются инженеры-схемотехники и предоставляют их конструкторам для реализации на основе этих схем комплекта КД, необходимого для производства изделия. Кроме схемы предоставляется перечень элементов и ее описание. Описание электрической схемы производится на уровне функционального назначения каждого составляющего ее элемента. Кроме этого предоставляется углубленная информация об оригинальных функциональных узлах и предостережения о возможности нарушения нормального функционирования электрической схемы из-за нарушения принципов температурной и электромагнитной совместимости.

На этапах технического предложения, эскизного и технического проектирования сведения об элементах, помещаемые на схеме и в перечне элементов, могут быть неполными согласно ГОСТ 2.701-84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению», подраздел 2.6 «Перечень элементов». В неполном перечне элементов указываются только электрические параметры элемента, выход за допустимые значения которых приводит к отказу работы электрической схемы. Выбор конструктивных параметров (корпус, расположение и форма выводов и т.д.) элемента является прерогативой конструктора.

### **4.2. ЭТАП ПОДГОТОВКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И СОСТАВЛЕНИЯ ПЕРЕЧНЯ ЭЛЕМЕНТОВ**

В роли инженера-схемотехника на этапе подготовки ТЗ на дипломный проект выступает руководитель дипломного проекта, который и предоставляет дипломнику электрическую схему, описание ее работы и неполный перечень элементов. К сожалению, в реальных условиях руководитель обычно выдает дипломнику только электрическую схему, иногда с очень кратким ее описанием. Перечень элементов в популярных информационных источниках,

которыми обычно пользуются руководители при выборе тем дипломных проектов, практически не встречается. Информация о параметрах элементов располагается непосредственно на электрической схеме рядом с соответствующим элементом и в большинстве случаев представляет собой номинальное значение основного параметра, а для катушек индуктивности даже этот параметр редко указывается. На зарубежных электрических схемах буквенная часть позиционного обозначения некоторых компонентов отличается от принятого в России. Буквой Q обычно обозначают аналоговые транзисторы, буквой D – ключевые транзисторы и диоды, Z или ZD – стабилитроны, обозначение резисторов - R, конденсаторов – C и индуктивности – L такое же, как и в России.

Такое представление информации об элементах является явно недостаточной для выполнения даже неполного перечня элементов. Поэтому дипломнику совместно с руководителем необходимо определиться с недостающими электрическими параметрами элементов. Для резисторов это номинальная мощность, допуск на сопротивление, температурный коэффициент сопротивления при необходимости, собственные шумы при необходимости. Для конденсаторов это рабочее напряжение, допуск на номинал при необходимости, температурный коэффициент емкости при необходимости, один из параметров диэлектрических потерь при необходимости. Для катушек индуктивности это номинал и допуск на индуктивность, добротность при необходимости, допустимое значение тока.

Для проведения оценочных расчетов этих параметров необходимо знать как работает предложенная электрическая схема, а также владеть методами их оценки не обязательно расчетными способами, а также с использованием простых логических рассуждений. Например, в радиоприемном устройстве в подавляющем большинстве случаев напряжение на всех конденсаторах не может превысить напряжения источника питания. Значение допуска на номиналы резисторов и конденсаторов можно определить исходя из принадлежности значений номиналов к соответствующему ряду номиналов (E6, E12, E24, E48, E96, E192). Допуск для каждого ряда определен однозначно. Либо можно воспользоваться аналитическими выражениями для определения значения n-го номинального значения  $R_n$  ( $C_n$ ) в любом ряду E

$$R_n(C_n) = 10^{(n-1)/E}, \quad (1)$$

а значение допуска  $\delta R(C)$  для каждого ряда E из условия безотходного производства для значений от 1 до 10 определяется из выражения

$$1 + \delta R(\delta C) + \sum_{i=2}^N R_i [1 + 2\delta R(\delta C)] = 9. \quad (2)$$

Если номинал принадлежит нескольким рядам, то за искомым принимается ряд с минимальным числом номиналов.

Для познания работы схемы необходимо подобрать и ознакомиться с литературой, где более подробным образом описываются аналогичные по

функциональному и схемотехническому построению другие электрические схемы. При этом надо опираться на знания, полученные по дисциплинам «Схемотехника ЭС», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Метрология ЭС», «Электропреобразовательные устройства РЭС», «Цифровая обработка сигналов», «Цифровые устройства и микропроцессоры», «Устройства генерирования и формирования сигналов» и «Устройства приема и преобразования сигналов». Без знания работы электрической схемы практически невозможно произвести компоновку и трассировку печатной платы, обеспечивающих требования электромагнитной совместимости особенно в условиях одновременного присутствия в ограниченном пространстве малых аналоговых сигналов и стандартных цифровых.

После идентификации электрических параметров элементов электрической схемы необходимо определиться с типами элементов, то есть выполнить обязательную часть РПЗ ВКР «Выбор и обоснование элементной базы». При этом надо опираться на знания, полученные по дисциплинам «Основы конструирования и технологии производства РЭС», где рассматриваются вопросы конструктивного исполнения активных радиоэлементов и «Элементная база ЭС», где рассматриваются вопросы взаимосвязи электрических параметров и конструктивного исполнения пассивных радиоэлементов.

#### **4.3 ОСНОВНЫЕ ТИПЫ МОНТАЖА**

Прежде всего необходимо определиться с типом электрического соединения (монтажа) элементов согласно электрической схеме:

- с помощью монтажных проводов на пистонах и монтажных планках (навесной монтаж);
- с помощью плоских проводников печатной платы на ее поверхности;
- комбинированным способом.

Остальные типы монтажа (модульный, внутренний и др.) требуют применение оригинальной элементной базы и практически не встречаются в дипломных проектах

Основным преимуществом навесного монтажа является возможность получения более лучших условий обеспечения электромагнитной совместимости. Такой монтаж применяется при малом числе элементов на электрической схеме. При этом, если эти элементы были бы размещены на плате, электрические соединения между платой и точками ее подключения к остальным элементам изделия, которые принципиально нельзя разместить на плате, требуют относительно большого числа длинных проводников, что недопустимо особенно для ВЧ изделий.

В большинстве остальных случаев предпочтение отдается монтажу подавляющего числа элементов электрической схемы изделия на печатную плату. Остальные элементы схемы устанавливаются на других несущих

конструкциях изделия. Поэтому в принципе мы имеем дело с комбинированным монтажом.

На схеме электрической принципиальной (СЭП) разделение элементов расположенных на разных несущих конструкциях указывается путем выделения штрихпунктирной линией частей этой схемы, конструктивно расположенных на печатных платах, и указанием позиционного обозначения (А1, А2 и т.д.) каждого выделенного участка. Наименование и обозначение выделенных участков такое же, как и соответствующей сборки на печатной плате. Естественно, что на исходной электрической схеме такое разделение отсутствует и появляется только после завершения конструкторских работ по окончательной компоновке элементов изделия, то есть на этапе создания рабочей документации.

В процессе дипломного проектирования в большинстве случаев отсутствуют мероприятия, связанные с изготовлением и испытанием макетов и тем более опытной и установочной партий. Поэтому процесс компоновки производится только априори, а его содержание отражается в разделе РПЗ «Эскизный проект» или «Выбор и обоснование конструкции». Алгоритм компоновки изучается в курсе «Основы конструирования и технологии производства РЭС» и других дисциплинах конструкторского профиля.

Исходные электрические схемы лабораторной работы относительно простые и предполагают в большинстве случаев одноплатный вариант компоновки. За пределы печатной платы наиболее часто выносятся элементы оперативного управления и индикации, а также электрические соединители, предназначенные для подключения внешних устройств. При этом необходимо отметить, что в большинстве случаев конструктивное исполнение элементов, предназначенных для установку на печатную плату отличается от аналогичной, но предназначенной, например, для установки на корпусе изделия. Последний факт отражается в полном условном обозначении элемента, приводимой в КД.

В современных электронных устройствах различного назначения широко используются компоненты, предназначенные для поверхностного монтажа (SMD). Причем не только в малогабаритных изделиях, где их применение диктуется суровой необходимостью, но и в таких устройствах, где место экономить не требуется.

Преимущества использования SMD элементов:

- печатные платы получаются меньшего размера, так как используются маломощные SMD-компоненты с отсутствующими или очень короткими выводами;
- низкие наводки – нет проводников, пронзающих плату, соответственно меньше наводки от соседних компонентов;
- ниже паразитная ёмкость и индуктивность – выше надёжность высокочастотных устройств;
- возможность размещения деталей на обеих сторонах печатной платы;

- меньшее число отверстий, которое необходимо просверлить в плате;
- ошибки при расположении компонентов частично компенсируются поверхностным натяжением припоя;
- проще автоматизированная сборка;
- ниже цена результирующего устройства (при большой программе выпуска).

Недостатки:

- ниже ремонтпригодность устройства;
- высокие начальные затраты (связанные с установкой и настройкой станков-автоматов, а также с более сложным созданием опытных образцов).

Технология изготовления опытных образцов и изделий единичного производства практически одинакова. Поэтому при выполнении лабораторной работы основным критерием применения НМД или SMD элементов является программа выпуска или тип производства (единичное, серийное, массовое), которое задается в ТЗ. При этом большинство вариантов контрольных работ предполагает серийный тип производства.

Конечно, применить в изделии только SMD элементы невозможно исходя из особенностей работы некоторых из них – резисторы большой мощности, конденсаторы большой емкости, индуктивности на большие токи и номинальные значения, трансформаторы и силовые транзисторы используются в НМД исполнении, но доля крупногабаритных деталей в современных устройствах невелика. Кроме этого необходимо учитывать, что компоненты схемы, установленные на других несущих конструкциях изделия, в частности, на корпусе имеют как правило выводы, адаптированные для пайки к ним проводов.

После того, как определились, какие элементы электрической схемы будут иметь НМД или SMD исполнение, необходимо выбрать тип и серию компонентов. Для микросхем, транзисторов и различных диодов информации, представленной на электрической схеме почти достаточно для однозначной идентификации этих компонентов. Для некоторых вариантов контрольных заданий приводятся краткие сведения о принципах работы и конструктивного исполнения устройства в целом или их определяющих функциональных элементов, которыми являются активные элементы. Кроме этого, непосредственно перед вариантами контрольных заданий приводятся расшифровки обозначений, которые использовались в электрических схемах контрольных заданий. В частности, в этом файле приводятся функциональные назначения выводов микросхем.

Недостающие данные: номера выводов микросхем, их функциональное назначение, варианты конструктивных исполнений, полное условное обозначение при заказе и другие характеристики можно найти на сайте «[allcomponents.ru](http://allcomponents.ru)», каталогах или других информационных источниках.

Выбор типа и серии для пассивных R и C компонентов производится по их функциональному назначению. Значительное число типов и серий резисторов, приведенные в данном приложении относятся к старой элементной базе, которая до сих пор часто встречается в описаниях и перечнях элементов исходных электрических схем. Поэтому необходимо заменить ее на современную ЭБ.

С целью получения навыков по применению зарубежной элементной базы половина элементной базы в контрольной работе должна быть импортной.

## 5. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1 Вариант 1. Блок питания для монохромного дисплея

1.1 Импульсный источник питания

ИС ТЕА2018А представляет собой недорогую интегральную схему, размещенную в 8-выводном корпусе СВ-98 и предназначенную для управления импульсными источниками питания, работающими в режиме прерывистых токов с передачей энергии во время паузы.

Использование внешнего переключающего транзистора дает возможность управлять уровнем мощности свыше 90 Вт.

Возможные области применения: дисплеи, видеоигры, телевизионные приемники,

высококачественные усилители, генераторы функций.

Когда необходима внешняя синхронизация, следует использовать ИС ТЕА2019.

Основные особенности и характеристики ИС:

- непосредственное управление внешним переключающим транзистором;
- положительное или отрицательное выходное напряжение при токах до 0,5 А
- ограничение тока
- контроль перемагничивания сердечника;
- полная защита от перегрузок и короткого замыкания;
- выходной ток определяется током коллектора переключающего транзистора,
- программируемым извне,  $I_c = kI_H$ ;
- малый ток покоя до запуска схемы;
- минимальное время включения 2 мкс;
- тепловая защита.

Более подробная информация приведена в руководстве по применению NA041.

1.2 Общее описание

Описанный здесь импульсный стабилизатор в нормальных условиях работает в режиме прерывистых токов с постоянной частотой. Однако

генерации не будет, если размещенная на кристалле ИС схема контроля перемагничивания сердечника обнаружит перегрузку или короткое замыкание. В этом случае очередной цикл работы невозможен до тех пор, пока выходной ток не спадет до нуля. На каждый период пилообразного напряжения генератора триггер вырабатывает импульс длительностью 2 мкс, создающий на выходе схемы мощный импульс тока, обеспечивающий, таким образом, быстрое включение переключающего транзистора. Этим импульсом тока также определяется минимальное время включения. В нормальных условиях функционирования триггер сбрасывается сигналом, получающимся при сравнении следующих сигналов: пилообразного сигнала, создаваемого током, коллектора переключающего транзистора, протекающим через эмиттерный резистор, выходного сигнала усилителя ошибки. Если падение напряжения на этом резисторе достигает -1 В, триггер сбрасывается и выходной ток ограничивается. За пределами области стабилизации и в отсутствие ограничения тока триггер может сбрасываться сигналом длительностью около 0,7 периода генератора. Чтобы сохранить мощность, положительный ток базы, вызванный приходом запускающего импульса, приводит к возрастанию тока коллектора (этот ток контролируется по падению напряжения на эмиттерном резисторе). Отношение  $I_C / I_B$  можно задать следующим образом

$$I_C / I_B = R_B / R_e$$

Величина  $R_e$  рассчитывается таким образом, чтобы получить падение напряжения 1 В при токе, равном току ограничения. Тогда сопротивление резистора  $R$  выбирается таким, чтобы получить необходимое усилие.

Когда положительный ток базы прекратится, через 1 мкс подается отрицательный ток базы, обеспечивающий быстрый спад то 10А коллектора.

На вывод 4 ИС ( $V_{cc}$ ) необходимо подать отрицательное напряжение от минус 2 до минус 3 В.

### 1.3 Запуск схемы

Перед запуском небольшой ток от источника питания плюс 300 В протекает через высокоомный резистор. Этот ток заряжает накопительный конденсатор источника питания ИС. Никаких импульсов на выходе не будет, пока падение напряжения на конденсаторе не достигнет 6 В. В течение этого времени устройство будет потреблять ток лишь около 1 мА. Когда падение напряжения на конденсаторе достигнет 6 В, на выходе появятся импульсы тока базы. Заряд, уносимый этими импульсами будет способствовать разряду накопительного конденсатора источника питания. Тем не менее, наличие гистерезиса порядка 1 В позволяет обеспечить надежную работу даже при 5 В. В этом случае дополнительная обмотка трансформатора обеспечит мощность, необходимую для питания ИС.

### 1.4 Предельно-допустимые значения

Положительное напряжение питания  $V_c^+ = 15V$

Отрицательное напряжение  $V_{cc}^- = 5 V$

Выходной ток  $I_o = 0,5 \text{ A}$

Пиковый выходной ток (коэффициент заполнения  $< 5\%$ )  $I_o(\text{peak}) \pm 1 \text{ A}$

Входной ток по выводу 3,  $I_j \pm 5 \text{ mA}$

Температура кристалла  $T_c +150^\circ\text{C}$

Рабочая температура окружающей среды  $T_{\text{oper}}$  от минус 20 до плюс  $70^\circ\text{C}$

Температура хранения ИС  $T_{\text{stg}}$  от минус 40 до плюс  $150^\circ\text{C}$

Кристалл-окружающая среда  $E_{\text{th}(j-b)} 80^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Например, при рассеиваемой ИС мощности 0,7 Вт температура кристалла превысит температуру окружающей среды на 56 градусов. Для сохранения высокой надежности максимальная рабочая температура кристалла не должна превышать  $100^\circ\text{C}$ .

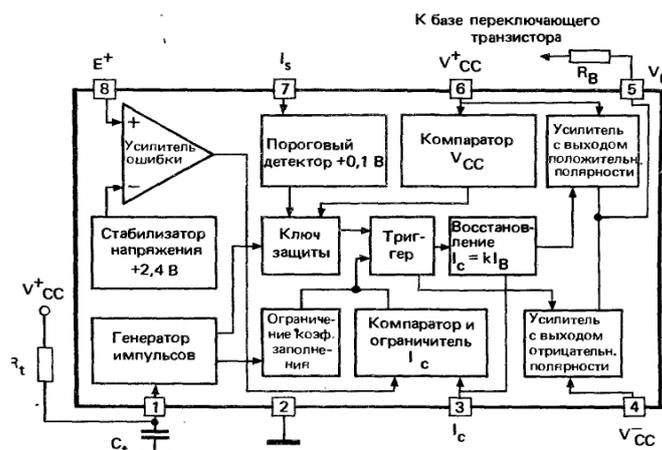


Рис. 1. Блок-схема ИС

Назначение выводов: 1 –  $C_t$  – конденсатор и резистор генератора; 2 – GND – общий; 3 –  $I_c$  – контроль  $I_c$  (отрицательный); 4 –  $V_{cc}^-$  – отрицательный источник питания (выходной каскад); 5 –  $V_0$  – выход; 6 –  $V_{cc}^+$  – положительное напряжение питания; 7 –  $I_s$  – контроль перемагничивания; 8 –  $E^+$  – неинвертирующий вход усилителя ошибки

TEA2018A

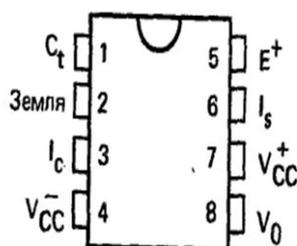
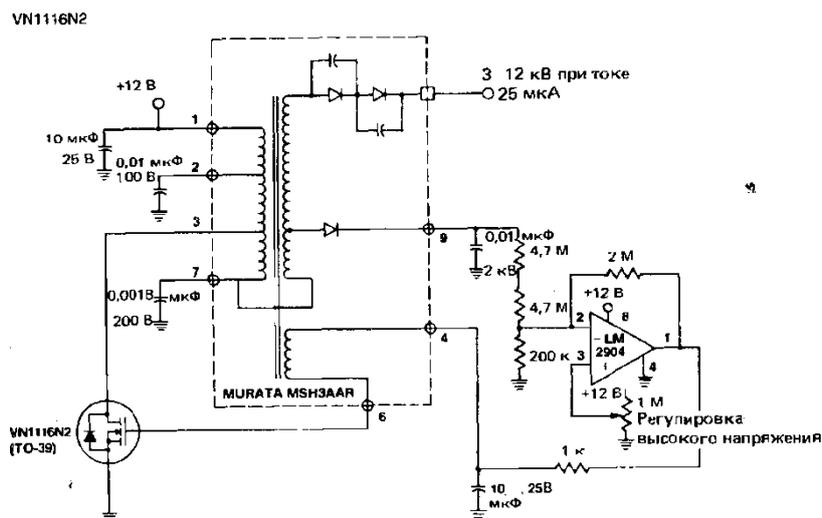


Рис. 2. Расположение выводов ИС (вид сверху)



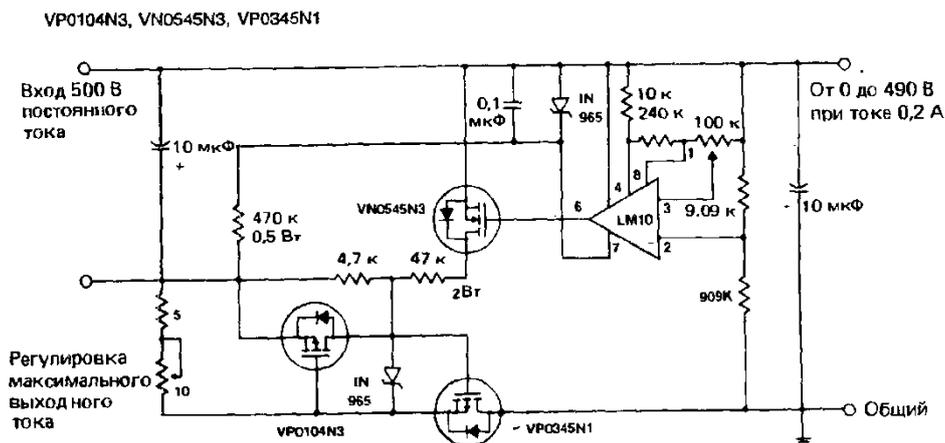




**Рис. 5.** Электрическая схема регулируемого высоковольтного источника питания

#### 4 Вариант 4. Перестраиваемый высоковольтный источник питания

Использование биполярных транзисторов в высоковольтном сильноточном оборудовании требует изолированных теплоотводов большого размера, что снижает безопасность и надежность работы. Эта практическая схема с минимальными требованиями к теплоотводу реализована на полевых транзисторах серии VP03 с широкой областью надежной работы и заземленным выводом стока (никакие другие компоненты теплоотвода не требуют). Для улучшения выходных характеристик в схему включают параллельно несколько транзисторов серии VP0. Выходное напряжение от 0 до 490 В при токе 0,2 А стабилизированное, с ограничением тока. Корпус транзистора с заземленным выводом стока дает возможность осуществить безопасный отвод тепла.



**Рис. 6.** Электрическая схема перестраиваемого высоковольтного источника питания

5 Вариант 5 Импульсный источник питания на 5В с частотой преобразования 250 кГц

Полевой транзистор VP1204N5, соединенный непосредственно с управляющей ИС, образует компактную систему. В импульсном стабилизаторе используется диод, имеющий в корпусе транзистор серии VI12, работающий в качестве защитного диода для ограничения индукционных выбросов напряжения. Он исключает необходимость применения отдельных дорогостоящих диодов Шотки. Трансформатор Arnold A149098-2 #18 GA 42 витка.

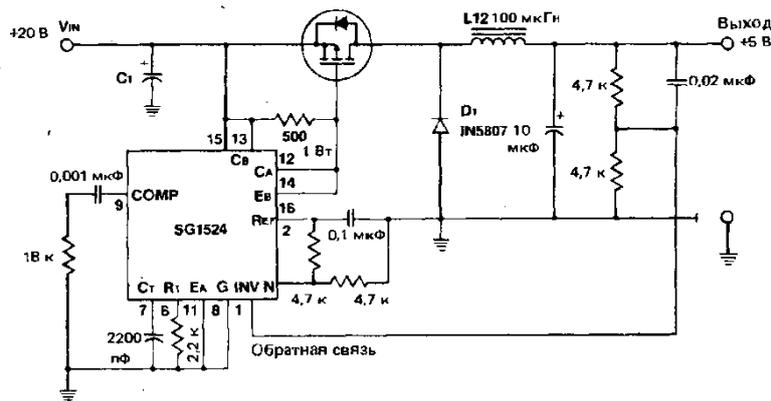


Рис. 7. Импульсный источник питания на 5В с частотой преобразования 250 кГц

6 Вариант 6 Автономный 200 Ваттный источник питания с обратным включением диодов

Выходной транзистор Q1 воспринимает колебания с генератора до тех пор, пока перенапряжение на выходе не включит оптрон, что приведет к срабатыванию блокирующего транзистора Q2, выключающего генератор. При токе первичной обмотки трансформатора около 5 А на резисторе 0,22 Ом в цепи стока возникает сигнал автоматического отключения генератора. Затвор транзистора Q1 подключен непосредственно к выходу ИС 311. Рабочая частота переключения вначале определяется постоянной времени внутри схемы генератора, однако когда напряжение ошибки на выходе становится минимальным, частота генератора возрастает и зависит больше от постоянных времени системы. Замена генератора на таймер 555 со схемой управления сбросом стабилизирует частоту переключения.



необходимо включать защитные диоды, чтобы предотвратить разряд конденсатора через внутренние слаботочные цепи ИС и ее разрушение.

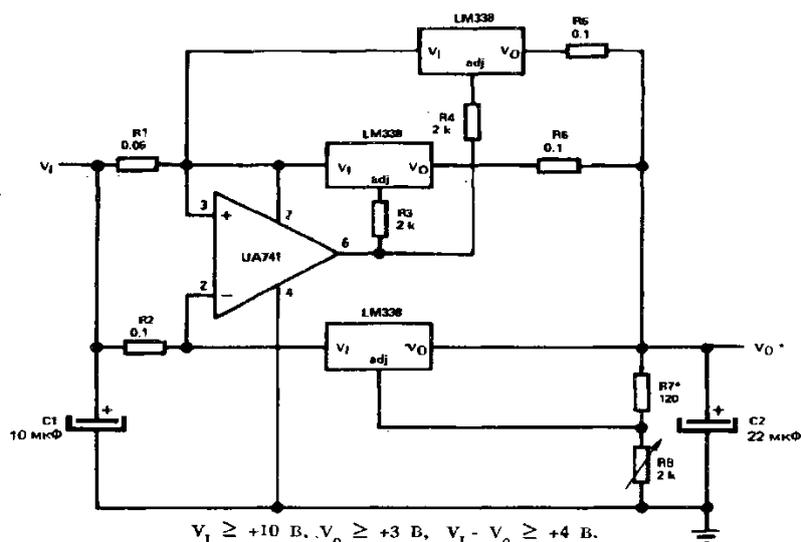
Лучше всего использовать полупроводниковые танталовые конденсаторы. Танталовые конденсаторы имеют низкий импеданс даже на высоких частотах. В зависимости от конструкции алюминиевый электролитический конденсатор емкостью примерно 25 мкФ на высоких частотах эквивалентен танталовому конденсатору емкостью 1 мкФ. Керамические конденсаторы также хороши на высоких частотах, однако емкость конденсаторов некоторых типов значительно снижается на частотах около 0,5 МГц. По этой причине дисковый конденсатор емкостью 0,01 мкФ на практике может лучше подойти в качестве шунтирующего, чем дисковый конденсатор емкостью 0,1 мкФ.

Несмотря на то что ИС LM338 обеспечивает стабильность и без выходных конденсаторов, как любая схема обратной связи, некоторые номиналы внешних конденсаторов могут привести к чрезмерному переходному процессу. Это бывает при номиналах конденсаторов от 500 до 5000 пФ. Танталовый конденсатор емкостью 1 мкФ (или алюминиевый электролитический конденсатор емкостью 25 мкФ) на выходе подавляет этот эффект и обеспечивает стабильность.

### 7.3 Стабилизация нагрузки

ИС LM338 в состоянии обеспечить чрезвычайно хорошую стабилизацию нагрузки, однако для достижения максимальной точности необходимы некоторые предосторожности. Резистор установки тока, подключенный между выводом регулировки и выходным выводом ИС (обычно 240 Ом), лучше подключать непосредственно к выходу стабилизатора, чем к нагрузке. Это исключает падение напряжения в линии, действующее последовательно с опорным напряжением, и ухудшает стабилизацию. Например, стабилизатор на 15 В с сопротивлением 0,05 Ом между стабилизатором и нагрузкой будет иметь стабильность напряжения на нагрузке из-за конечного сопротивления провода  $0,05 \text{ Ом} \times L$ . Если задающий резистор подключен вблизи нагрузки, эффективное сопротивление линии будет  $0,05 \text{ Ом} \times (1 + R_2/R_1)$  или в данном случае в 11,5 раза хуже.

При использовании стабилизаторов в корпусе ТО-3 легко минимизировать сопротивление линии от корпуса ИС до задающего резистора использованием двух отдельных проводов к корпусу. Холодный конец резистора R2 можно подключить к общему проводу нагрузки для обеспечения контроля удаленного провода и улучшения стабильности нагрузки.



**Рис. 9.** Электрическая схема стабилизатора на 15 А

8 Вариант 8 Биполярный стабилизатор из однополярного источника питания

### 8.1 Программируемые микромощные КМОП-стабилизаторы напряжения

Последовательные стабилизаторы типов ICL7663 для положительного напряжения и ICL7664 для отрицательного напряжения представляют собой маломощные высокоэффективные устройства, допускающие работу с входными напряжениями от 1,6 до 10 В и обеспечивающие регулировку выходного напряжения в вышеупомянутом диапазоне при токах до 40 мА. Потребляемый ток обычно не превышает 4 мкА независимо от нагрузки.

В обоих устройствах предусмотрен контроль выходного тока и дистанционное отключение, посредством чего обеспечивается защита стабилизатора и схем, которые он питает. Уникальной особенностью, присущей только ИС ICL7663, является отрицательный температурный коэффициент выходного напряжения. Ее можно использовать, например, для эффективного отслеживания напряжения, приложенного к мультиплексированному ЖК-индикатору через согласующий каскад, например, 1СДО7231/2/3/4, что расширит рабочий диапазон температур индикатора в несколько раз.

ИС ICL7663 и ICL7664 поставляются в 8-выводных пластмассовых корпусах, корпусах ТО-99, керамических, малогабаритных корпусах и т.д.

### 8.2 Свойства

Прекрасно подходит для автономных устройств: потребляемый ток <4 мкА.

Работает с входными напряжениями от 1,6 до 16 В.

Очень низкое дифференциальное напряжение вход-выход.

Опорное напряжение 1,3 В.

Выходной ток до 40 мА.

Отключение выхода по контролю предельного тока или внешним логическим сигналом.

Установка выходного напряжения в пределах от 1,3 до 16 В.

Управляемый отрицательный температурный коэффициент (только для ИС ICL7663).

Емкость конденсаторов  $C^*$  зависит от параметров нагрузки.

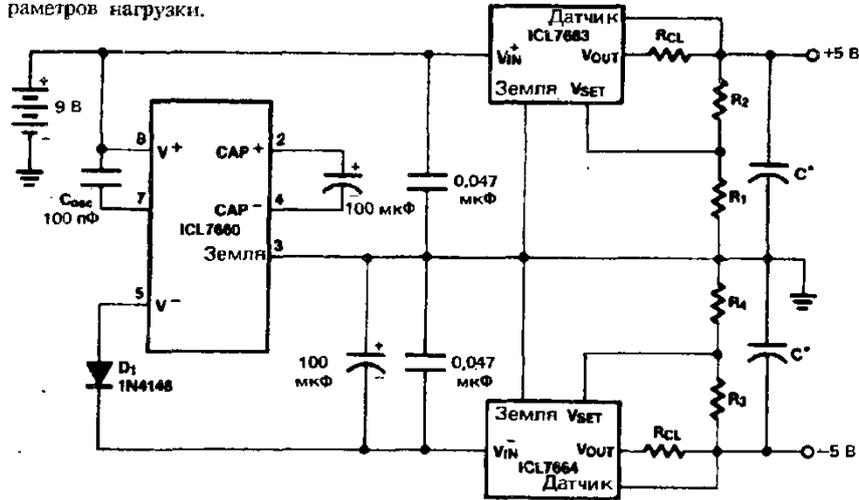


Рис. 10. Биполярный стабилизатор из однополярного источника питания

Частота генерации ИС ICL7660 понижена внешним конденсатором генератора так, что он более эффективно инвертирует напряжение источника питания.

9 Вариант 9 Лабораторный источник питания с регулировкой предельного тока и выходного напряжения

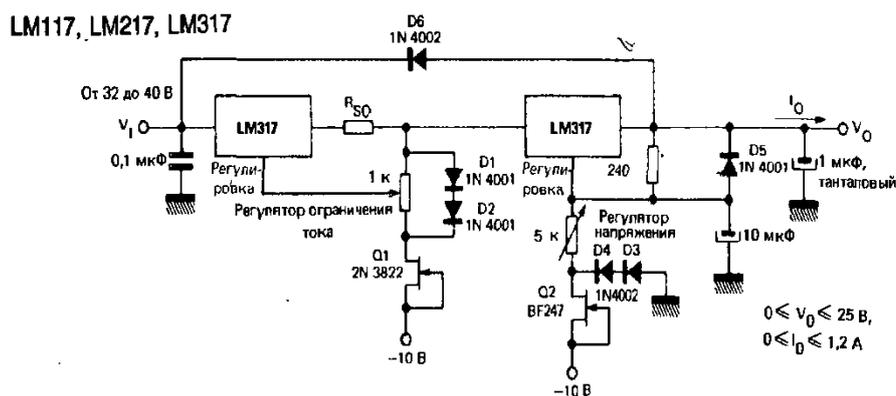


Рис. 11. Электрическая схема лабораторного источника питания с регулировкой предельного тока и выходного напряжения

Диоды D1, D2 и транзистор Q2 дают возможность регулирования выходного напряжения от 0 В. Диод D6 защищает обе ИС LM317 от короткого замыкания по входу.

### 10 Вариант 10 Отслеживающий стабилизатор напряжения

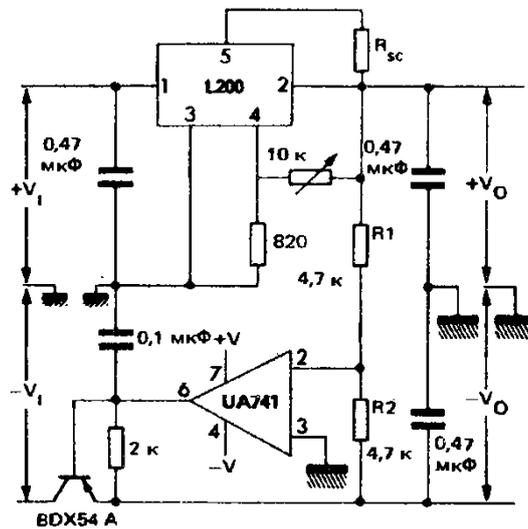


Рис. 12. Электрическая схема отслеживающего стабилизатора напряжения

### 11 Вариант 11 Импульсный стабилизатор

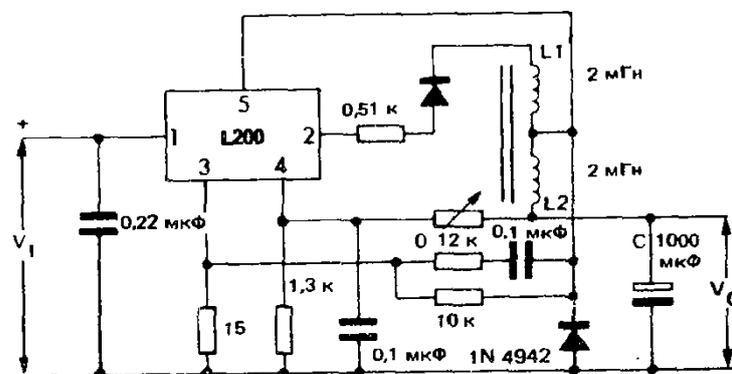
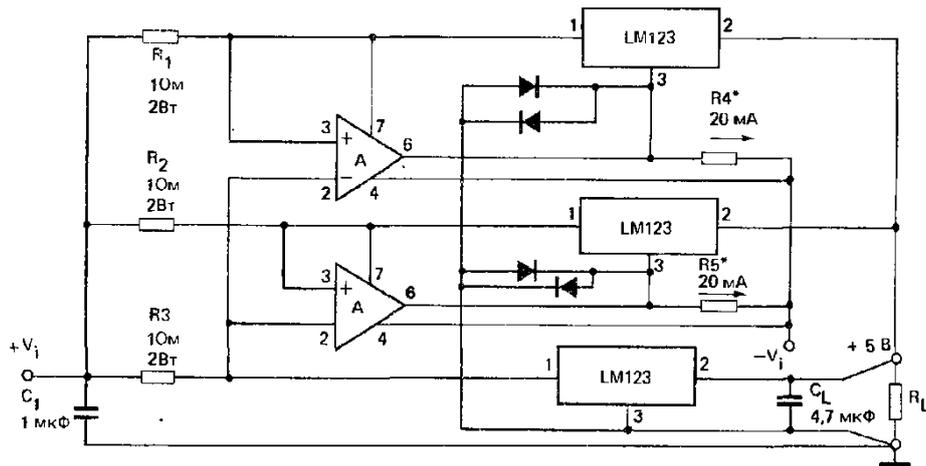


Рис. 13. Электрическая схема импульсного стабилизатора

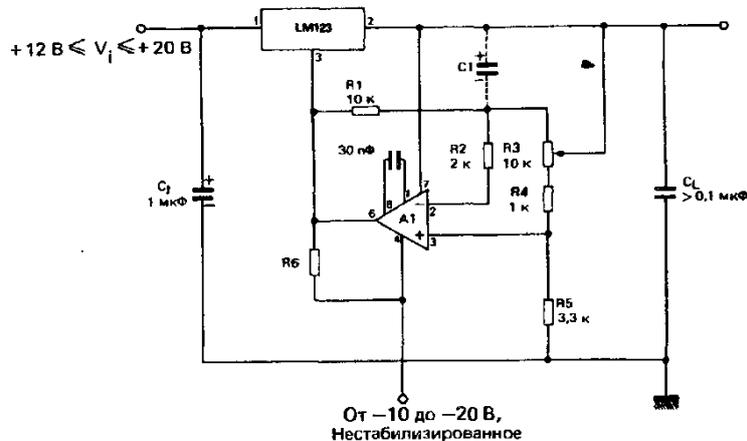
### 12 Вариант 12 Стабилизатор напряжения с полной защитой от перегрузок



**Рис. 14.** Электрическая схема стабилизатора напряжения с полной защитой от перегрузок

Номиналы резисторов  $R_4$  и  $R_5$  подбираются так, чтобы обеспечить через них ток 20 мА от нестабилизированного источника отрицательного напряжения. Конденсатор  $C_L$  - полупроводниковый танталовый.

13 Вариант 1 Регулируемый стабилизатор напряжения от 0 до 10 В и ток 3А



**Рис. 15.** Электрическая схема регулируемого стабилизатора напряжения от 0 до 10 В и ток 3А

Полупроводниковый танталовый конденсатор  $C_1 = 1 \text{ мкФ}$  необязателен: способствует подавлению выбросов, шумов и переходному процессу.  $R_6 = V_- / 12 \text{ мА}$ .

14 Вариант 14 Стабилизатор с автономным питанием для аналоговых ИС

Этот простой высококачественный источник питания для устройств, работающих от батарей, имеет такой же КПД, как и хороший импульсный стабилизатор, однако не создает полей излучения и помех, обычно присущих

импульсным устройствам. Выходное напряжение 6 В достаточно для питания многих ИС.

Опорное напряжение 2,5 В предназначается для использования внешними устройствами. Так как большинство ОУ ограничивает отрицательный сигнал раньше, чем положительный, смещение 2,5 В предпочтительнее, чем 3 В, так как позволяет получить симметричный сигнал. Выход опорного напряжения может служить источником тока 50 мкА и токовой нагрузкой 10 мА. Если необходим источник более сильного тока, то следует уменьшить сопротивление смещающего резистора R1.

#### 14.1 Преимущества использования МОП-транзисторов

Описанный здесь стабилизатор был первоначально разработан с использованием регулирующего pnp-транзистора. В таком виде разработка имела достаточно преимуществ перед интегральными стабилизаторами и она была передана в производство. Позже была рассмотрена возможность усовершенствования разработки посредством использования в качестве регулирующего элемента МОП-транзистора с каналом p-типа в режиме обогащения. Как только был найден поставщик p-канальных транзисторов с достаточно низким пороговым напряжением (Supertex, Inc.), схема была модифицирована, чтобы приспособить ее к МОП-транзистору, и проверена. Были достигнуты следующие результаты: несколько снизился потребляемый ток, падение напряжения между входом и выходом существенно снизилось, выходной импеданс значительно уменьшился, фактически отсутствуют эффекты отрицательного входного сопротивления, осложняющие работу при малых падениях напряжения стабилизаторов, использующих биполярный транзистор в качестве регулирующего элемента, емкость затвора МОП-транзистора была использована для улучшения схемы фазовой компенсации, что практически исключило ограничения на реактивное сопротивление нагрузки и улучшило стабилизацию, не потребовалось прибегать к компромиссным решениям.

Схема на МОП-транзисторе была эквивалентна или превосходила схему на биполярном транзисторе во всех отношениях.

#### 14.2 Работа схемы

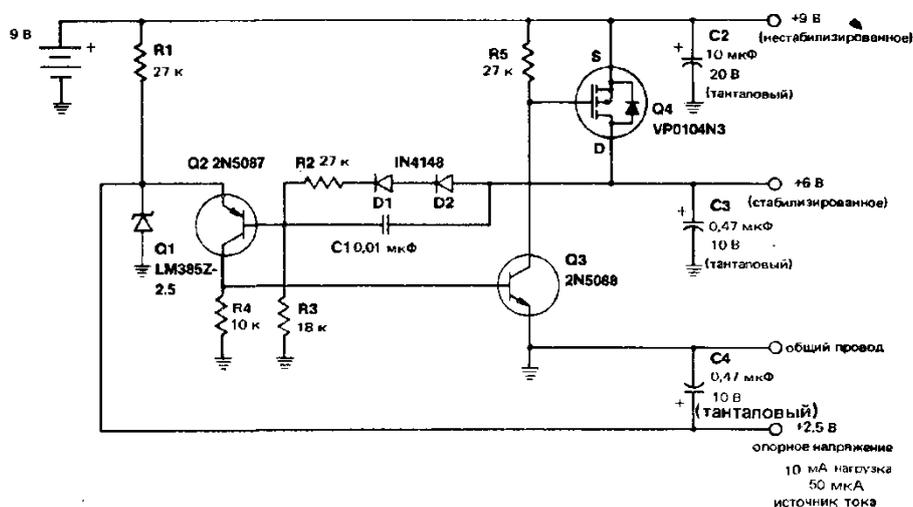
Смещенный резистором R1 активный стабилитрон Q1 обеспечивает опорное напряжение 2,5 В на эмиттере транзистора-датчика Q2. Делитель напряжения D1, D2, R2/R3 уменьшает 6-ти вольтовый перепад до 2 В, чтобы получить управляющее напряжение на базе транзистора Q2. Если перепад менее 6 В, управляющее напряжение падает ниже 2 В, увеличивая открывающее смещение на переходе база-эмиттер транзистора Q2. Приращение тока коллектора усиливается транзистором Q3, в результате чего увеличивается напряжение смещения затвор-исток транзистора Q4. Ток стока

транзистора Q4 возрастает, восстанавливая 6-вольтовый перепад до требуемого значения.

Диоды D1 и D2 обеспечивают температурную компенсацию перехода база-эмиттер транзистора Q2. Конденсатор C1 устраняет эффект Миллера транзистора Q2 и ускоряет действие обратной связи через делитель напряжения. Емкость затвора транзистора Q4 минимизирует эффект Миллера в транзисторе Q3 и определяет совместно с резистором R5 частоту среза частотной характеристики вблизи 10 кГц. Такой спад позволяет осуществить фазовую компенсацию преобладающего полюса с помощью недорогого конденсатора C2 на выходе схемы. Конденсатор C3 подавляет паразитную генерацию и улучшает переходный процесс, а конденсатор C4 сохраняет импеданс источника опорного напряжения низким даже на высоких частотах.

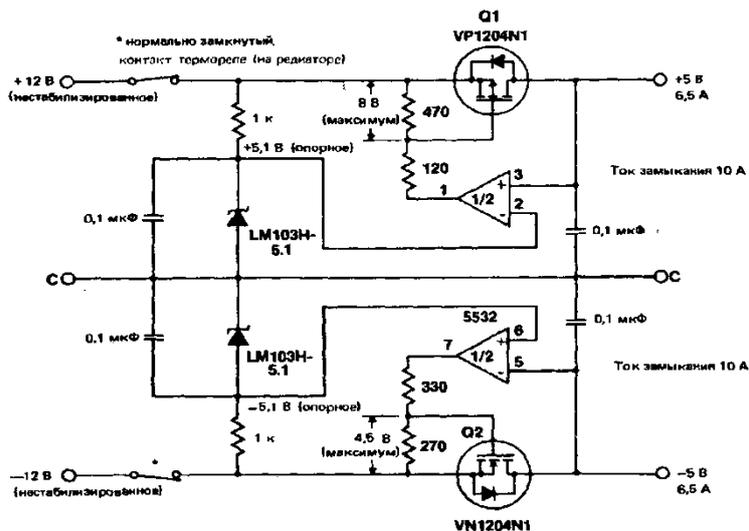
Характеристика блока питания:

- $i_{\max} = 50 \text{ mA}$ ;
- выходной импеданс значительно меньше 1 Ом от постоянного тока до 1 МГц;
- ток покоя 350 мкА, независимо от нагрузки  $V = 0,5 \text{ В}$  при 50 мА и 0,1 В при 10 мА;
- КОМП = 80 дБ на постоянном токе, 60 дБ на частотах 100 Гц и 1 кГц;
- КПД = 78% при напряжении аккумулятора 7,5 В и токе нагрузки 10 мА.



**Рис. 16.** Электрическая схема стабилизатора напряжения автономного источника питания

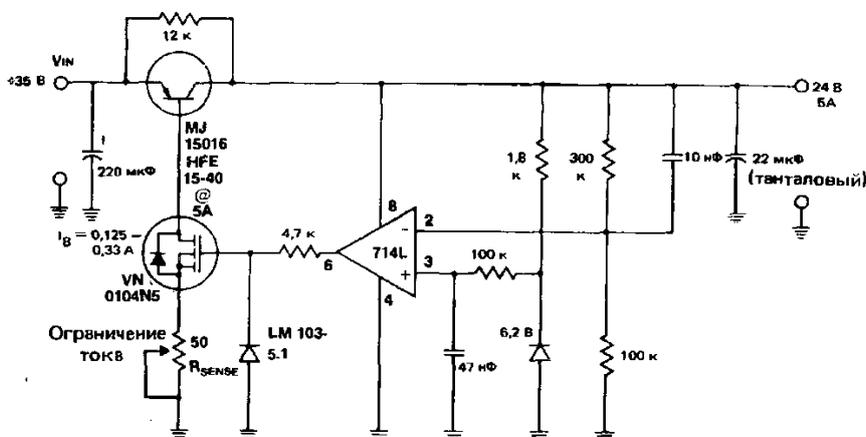
15 Вариант 15. Стабилизатор напряжения  $\pm 5 \text{ В}$  с ограничением тока



**Рис. 17.** Электрическая схема стабилизатора напряжения  $\pm 5$  В с ограничением тока

Область безопасной работы и передаточные характеристики МОП-транзистора с двойной диффузией позволяют этой схеме выдерживать ток короткого замыкания до тех пор, пока контакты теплового реле не отключат входное напряжение. Максимальный ток ограничивается очень просто, так как в МОП-транзисторе с двойной диффузией ток стока пропорционален напряжению затвор-исток  $V_{GS}$ . Транзистор VP1204N1 (Q1) при размахе напряжения на его затворе, ограниченном 8 В и определяемом делителем напряжения, пропускает ток лишь около 10 А. Падение напряжения на транзисторе составляет 2-3 В при токе 10 А. Транзистор Q2 также управляется сигналом на затворе, ограниченным 4,5 В. Эта схема обеспечивает малое время установления режима стабильности, уменьшая потребность в больших конденсаторах сглаживающего фильтра на выходе.

### 16 Вариант 1 Прецизионный стабилизатор с защитой от перегрузки



**Рис. 18.** Электрическая схема прецизионного стабилизатора с защитой от перегрузки

Обычно биполярные транзисторы используются для управления мощными МОП-приборами (полезными для работы с ключевыми каскадами). Схема, примененная в этом линейном стабилизаторе, позволяет осуществлять управление максимальным выходным током с помощью двух дополнительных пассивных компонентов: резистора контроля тока  $R_{sense}$  и стабилитрона LM 103 - 5.1. Регулирующий pnp-транзистор должен иметь указанный диапазон изменения коэффициента передачи тока, обеспечивающий нормальный диапазон базовых токов, необходимых для работы с заданной нагрузкой. Когда возрастает ток нагрузки, увеличивается ток базы pnp-транзистора и напряжение на резисторе контроля тока, которое запирает полевой транзистор и прекращает дальнейший рост тока базы, ограничивая тем самым выходной ток.

17 Вариант 17. Зарядное устройство на ток 20 А для никель-кадмиевых аккумуляторов, питающееся от сети

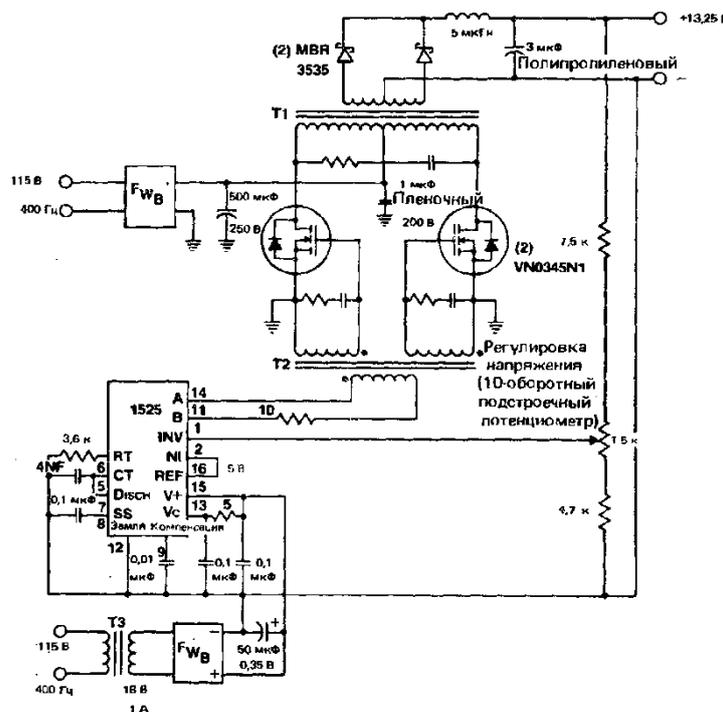


Рис. 19. Электрическая схема зарядного устройства на ток 20 А для никель-кадмиевых аккумуляторов, питающееся от сети

Малые габариты и минимальное тепловыделение делают это автономное двухтактное зарядное устройство привлекательным для компактных систем.

ИС управления импульсным стабилизатором типа 1525 выполняет функции генератора, датчика напряжения и предварительного выходного каскада. Трансформатор T2 обеспечивает изоляцию от первичной сети и легкость управления МОП-транзисторами.

18 Вариант 18. Импульсное зарядное устройство для свинцовых кислотных аккумуляторов

Здесь представлено зарядное устройство с ограничением тока на напряжение 14,4 В и ток 1 А. Схема работает как импульсный стабилизатор с ШИМ. Транзистор Q2 с сопутствующими компонентами работает в качестве источника стабильного тока, обеспечивающего постоянство напряжения на затворе транзистора Q1 во всем рабочем диапазоне.

Сборка из четырех МОП-транзисторов Q3 –Q6 типа VN0106N6 выполняет следующие функции: системного синхрогенератора, управления включением и выключением и регистра логических уровней. С помощью транзистора Q3 можно осуществить внешнюю синхронизацию, чтобы уменьшить коммутационные помехи.

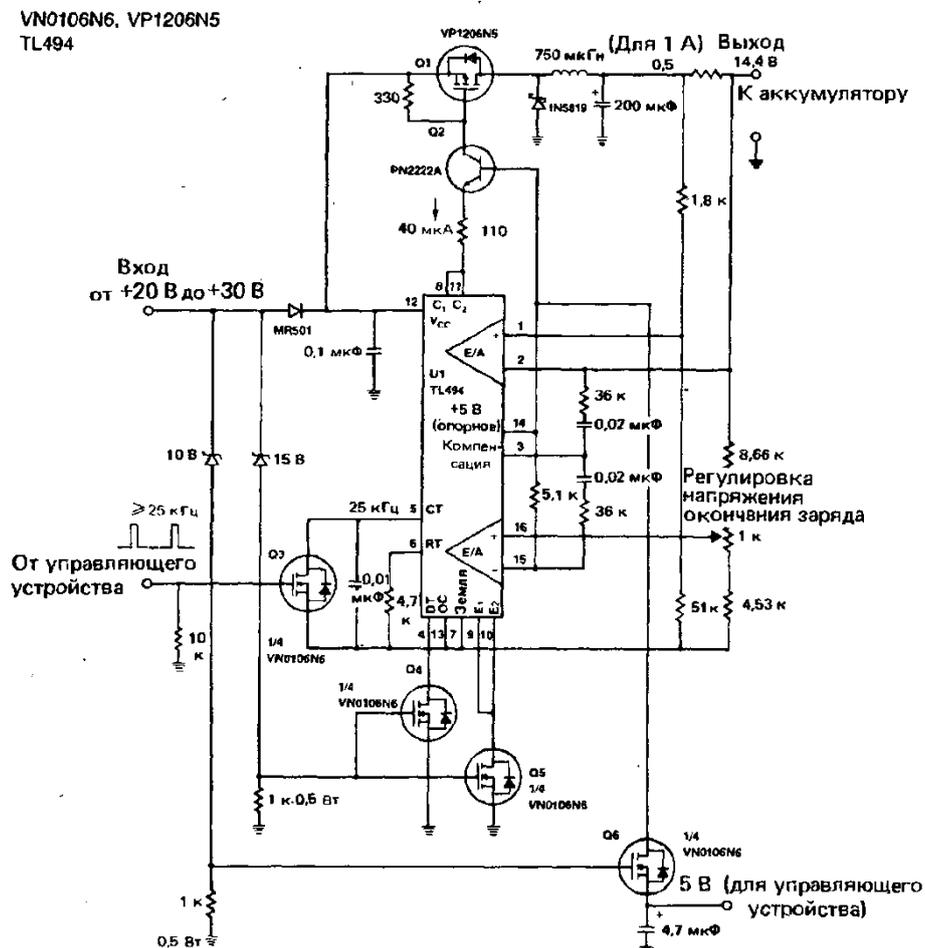


Рис. 20. Электрическая схема импульсного зарядного устройства для свинцовых кислотных аккумуляторов

19 Вариант 19. Быстродействующий однополупериодный детектор

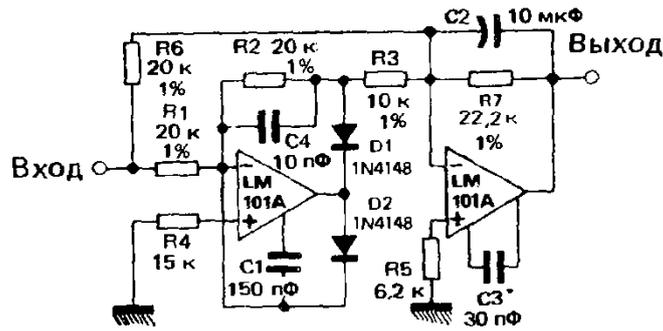


Рис. 21. Электрическая схема быстродействующего однополупериодного детектора

20 Вариант 20. Пиковый детектор

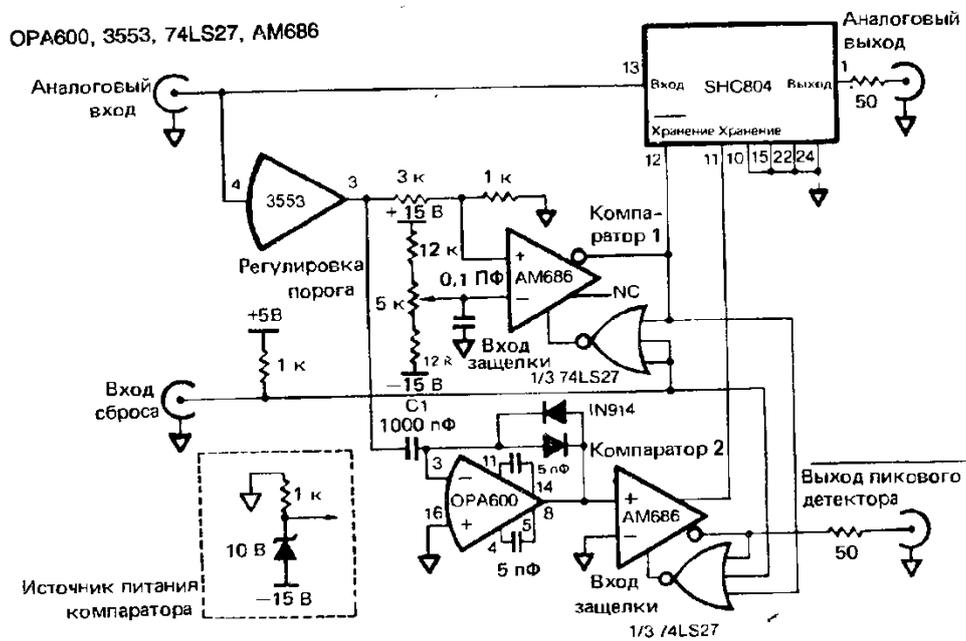


Рис. 22. Электрическая схема пикового детектора

Выводы для подключения источника питания не показаны. Выводы питания всех ИС необходимо шунтировать конденсаторами 1-10 мкФ.

## 21 Вариант 21 Мощный усилитель с токовым выходом

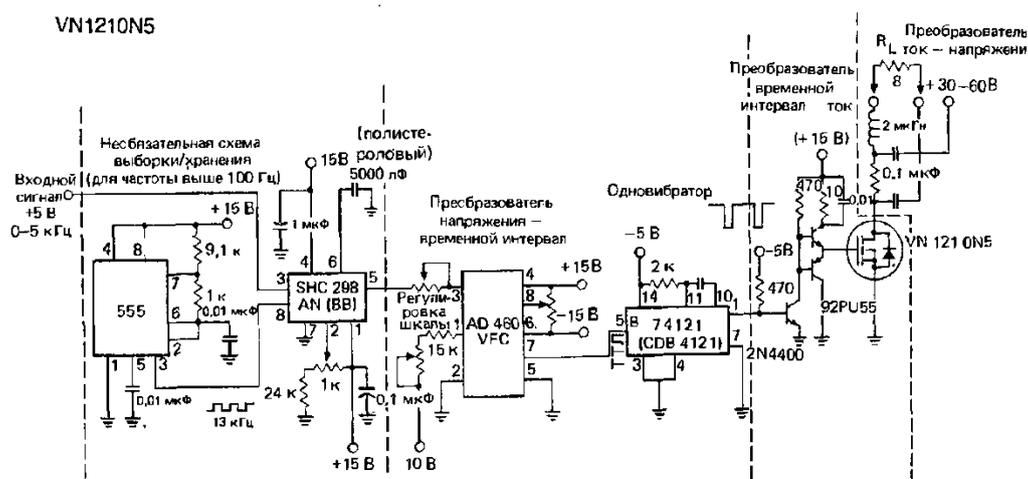


Рис. 23. Электрическая схема мощного усилителя с токовым выходом

Быстродействие, простота и эффективность, достигаемые в импульсных преобразователях тока в напряжение, делают их подходящими для генерации сигналов переменного тока низкой частоты. Входное напряжение, дискретизируемое с частотой 13 кГц, поступает в преобразователь напряжения в частоту типа AD460. Выходная частота преобразуется одновибратором в последовательность стандартных импульсов и поступает на быстродействующий каскад управления выходным транзистором VN1210.

Точность этой схемы определяется стабильностью каскадов преобразователя и способностью выходного транзистора обеспечить неискаженную передачу фронта и спада импульсов. Это достигается управлением транзистором VN1210 от трехтранзисторного предварительного каскада, способного обеспечить втекающие и вытекающие токи свыше 2 А при времени переключения менее 15 нс: допустимая входная полоса частот свыше 10 кГц. Схема выборки-хранения необходима только при полосе частот свыше 100 Гц. Малые габариты и исключительная эффективность делают эту схему привлекательной для портативных приборов с автономным питанием.

Максимальная входная частота  $F = F_{SH} / 2,5$ . Динамический диапазон  $(F_{max} / F_{min}) V_{fc}$

## 22 Вариант 22 Преобразователь переменного тока в постоянный

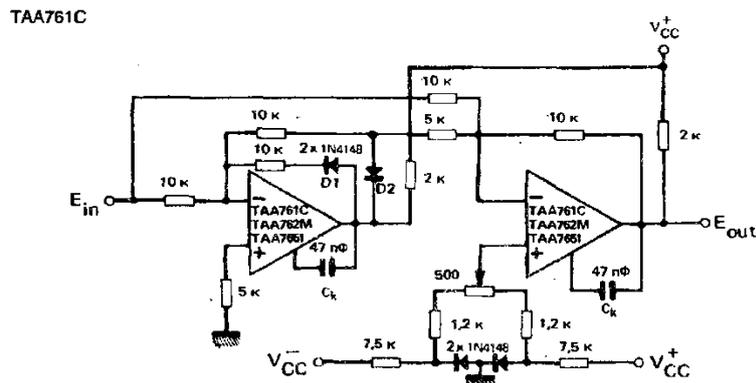


Рис. 24. Электрическая схема преобразователя переменного тока в постоянный

## 23 Вариант 2 Фильтр нижних частот Баттерворта 4-го порядка на частоту 10 Гц

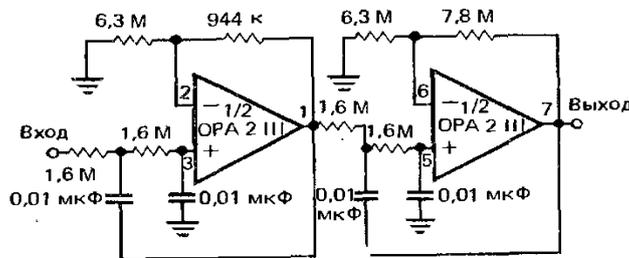


Рис. 25. Электрическая схема фильтра нижних частот Баттерворта 4-го порядка на частоту 10 Гц

Резисторы меньших номиналов дадут меньшие тепловые шумы, однако емкость конденсаторов придется увеличить.

$$A_y = 2,6, f. = 10 \text{ Гц, спад } -24 \text{ дБ/октава.}$$

## 24 Вариант 24 Режекторный фильтр-усилитель на частоту 60 Гц с высоким входным сопротивлением

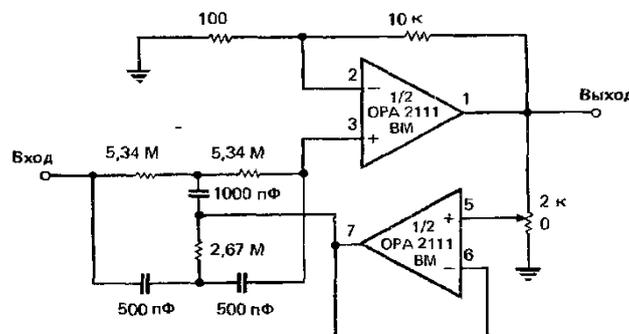


Рис. 26. Электрическая схема режекторного фильтра-усилителя на частоту 60 Гц с высоким входным сопротивлением

Для частоты 50 Гц следует использовать резисторы сопротивлением 3,16 и 6,7 Мом. Коэффициент усиления равен 101.

### 25 Вариант 25 Активный полосовой фильтр

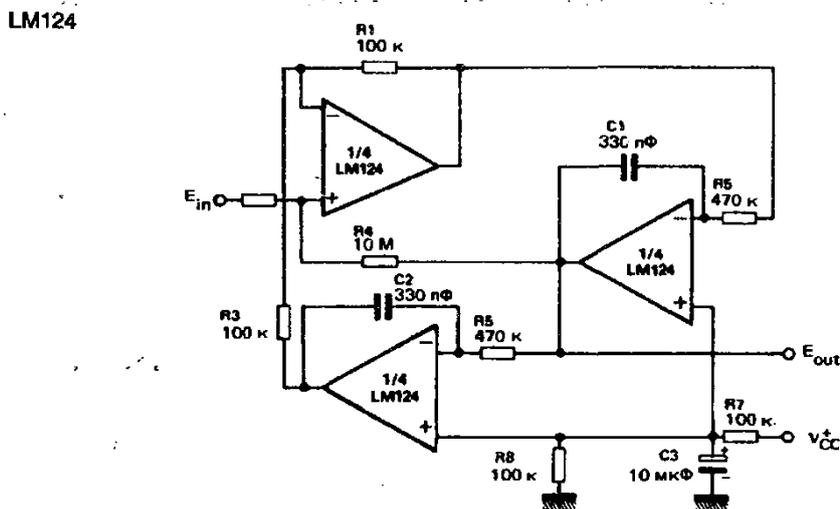


Рис. 27. Электрическая схема активного полосового фильтра

Конденсаторы C1 и C2 – полиэтиленовые или поликарбонатные  $f_0 = 1$  кГц,  $Q = 50$ ,  $A_u = 100$  (40 дБ).

### 26 Вариант 26 Полосовой фильтр с положительной обратной связью

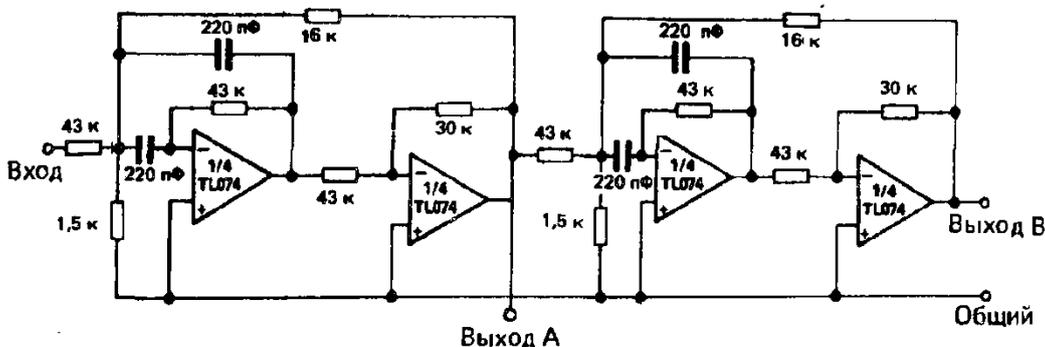


Рис. 28. Электрическая схема полосового фильтра с положительной обратной связью

Выход В Полосовой фильтр второго порядка.  $F_0 = 100$  кГц,  $Q = 69$ , усиление = 16.

Выход А Каскадный полосовой фильтр.  $F_0 = 100$  кГц,  $Q = 30$ , усиление = 4.

27 Вариант 27 Маломощный двухканальный измерительный усилитель

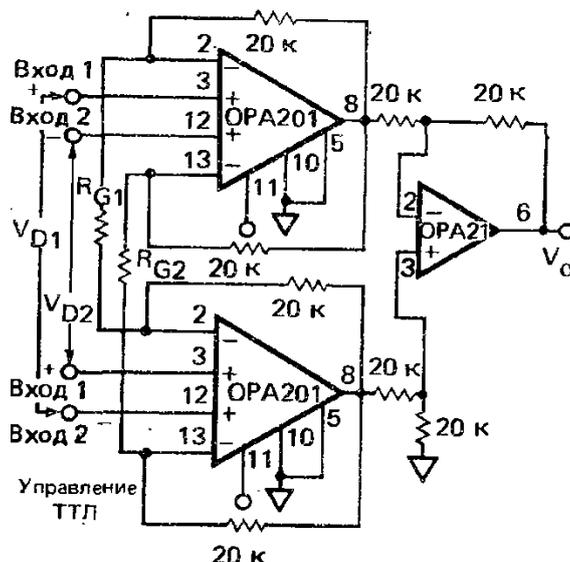


Рис. 29. Электрическая схема маломощного двухканального измерительного усилителя

28 Вариант 28 Измерительный усилитель постоянного тока с высоким входным сопротивлением и регулируемым усилением

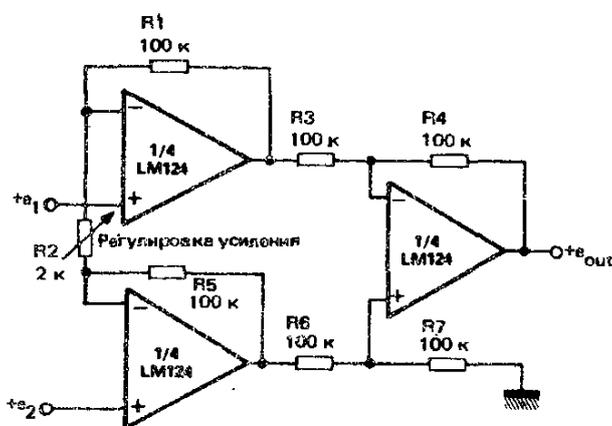


Рис. 30. Электрическая схема измерительного усилителя постоянного тока с высоким входным сопротивлением и регулируемым усилением

Если  $R1 = R5$  и  $R3 = R4 = R7 = R6$ , то  $e_{out} = (1 + 2R1/R2)(e_2 - e_1)$ .  
 При указанных номиналах резисторов  $e_{out} = 101(e_2 - e_1)$ .

29 Вариант 29 Преобразователь постоянного тока с трансформаторной СВЯЗЬЮ

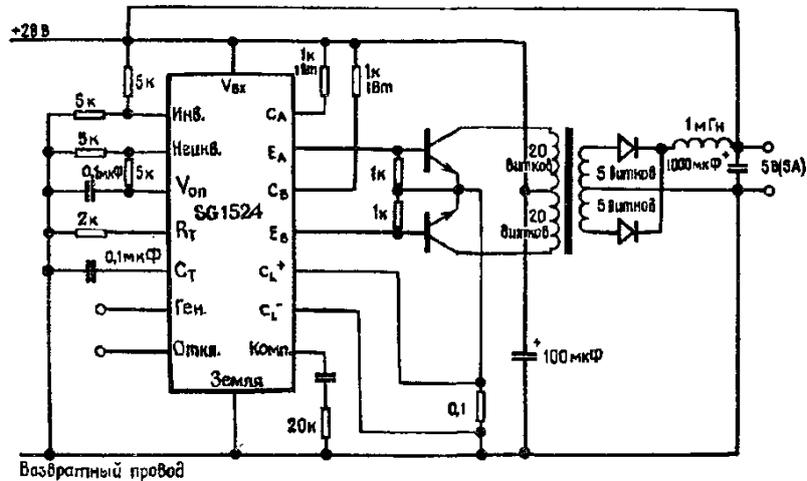


Рис. 31. Электрическая схема преобразователя постоянного тока с трансформаторной связью

Используется двухтактный выход. Генератор настроен на удвоенную (относительно выходной) частоту, так как внутренний триггер в ИМС SG1524 делит частоту на 2, переключая ШИМ сигнал с одного выхода на другой. Ограничение тока осуществляется в первичной цепи, поэтому длительность импульса должна быть уменьшена, чтобы избежать насыщения трансформатора. В схеме можно использовать любые кремниевые транзисторы необходимой мощности и диоды типа КД21

30 Вариант 30 Пиковый детектор положительного сигнала с малым спадом входного напряжения

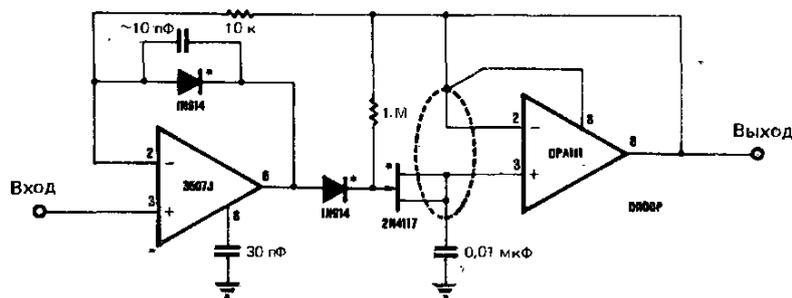


Рис. 32. Электрическая схема пикового детектора положительного сигнала с малым спадом входного напряжения  $U_{\text{спад}} \approx 100 \text{ мкВ/с}$ .

Для работы с отрицательными сигналами следует изменить полярность включения диодов и тип канала полевого транзистора на противоположные.

31 Вариант 31. N – каскадный усилитель с параллельными входами для снижения относительных шумов усилителя на выходе

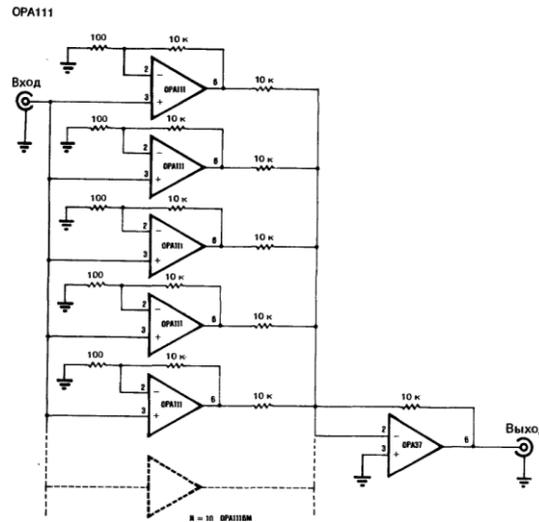


Рис. 33. Электрическая схема N – каскадного усилителя с параллельными входами для снижения относительных шумов усилителя на выходе

$$A_v = -1010.$$

$$E_n \approx 1,9 \text{ нВ/Гц}^{1/2} \text{ при } 10 \text{ кГц.}$$

Ширина полосы пропускания 30 кГц.

Произведение полосы пропускания на усиление 30,3 МГц.

Напряжение смещения  $\Delta V_{OS} \approx 16 \text{ мкВ/}^\circ\text{C}$ .

$$I_B = 10 \text{ пА макс.}$$

$$Z_{jn} \approx 10^{12} \text{ Ом, } 30 \text{ пф.}$$

32 Вариант 32. Широкополосный измерительный усилитель со входом на полевых транзисторах

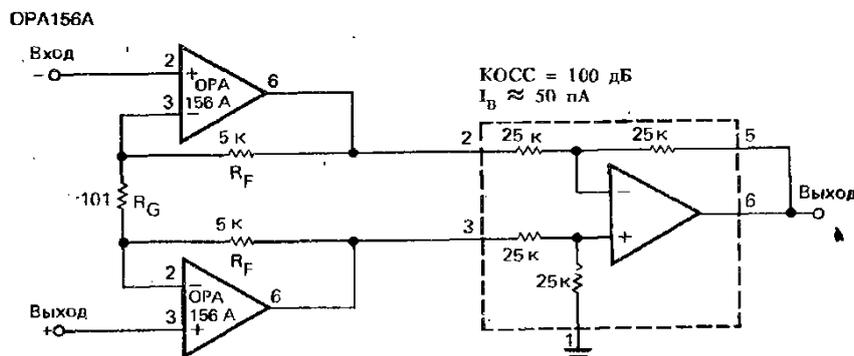
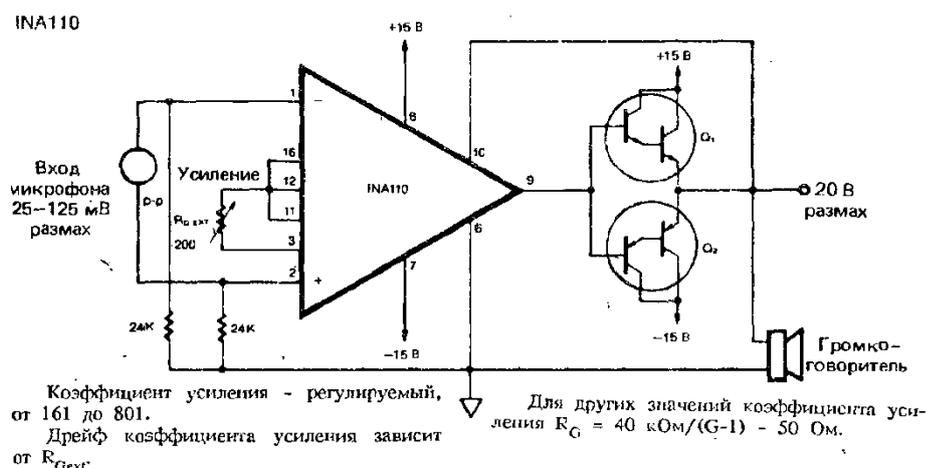


Рис. 34. Электрическая схема широкополосного измерительного усилителя со входом на полевых транзисторах

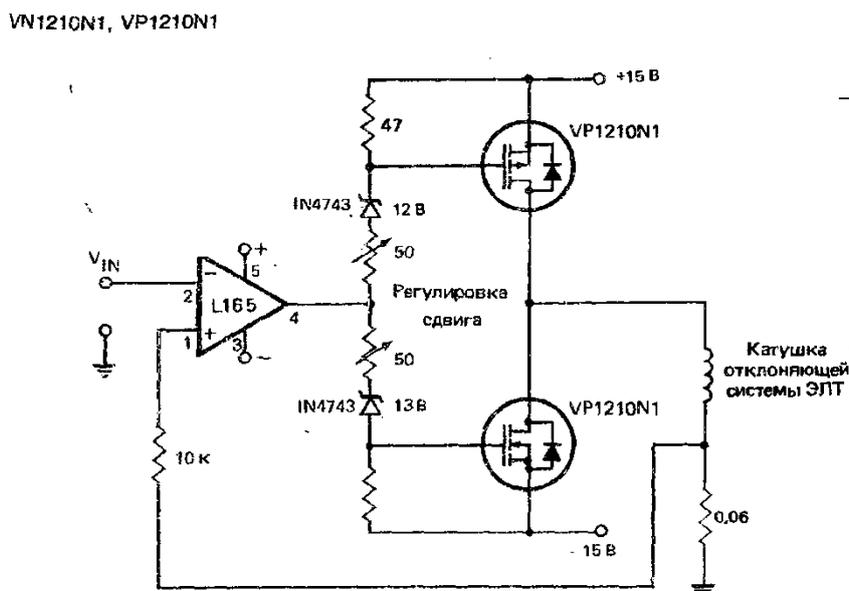
Полоса пропускания 100 кГц (типичное значение).  $R_{in} = 10^{12} \text{ Ом}$ . Дифференциальный коэффициент усиления  $1 + 2 R_F / R_G$ .

### 33 Вариант 3 Мощный усилитель с дифференциальным входом



**Рис. 35.** Электрическая схема мощного усилителя с дифференциальным входом

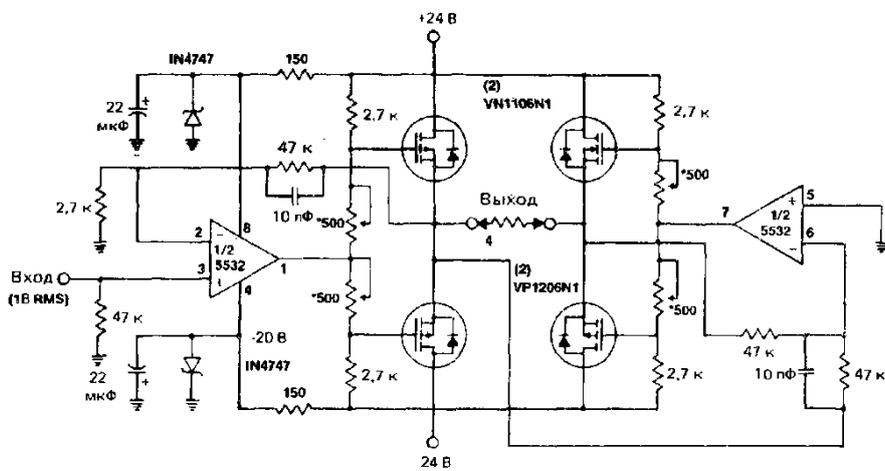
### 34 Вариант 34 Усилитель для отклоняющей системы ЭЛТ



**Рис. 36.** Электрическая схема усилителя для отклоняющей системы ЭЛТ

Для того, чтобы получать как можно более близкие к идеальным характеристики, при комплексной нагрузке, к сильноточному широкополосному ОУ L165 подключают комплементарный выходной каскад на ДМОП-транзисторах. ДМОП-транзисторы превосходно изолируют нагрузку от источника тока ИС L165. Размах входного сигнала 0,5 В создает на выходе колебания амплитудой  $\pm 10$  В при токе 8 А. Сигнал обратной связи снимается с заземленного резистора 0,06 Ом, включенного последовательно с отклоняющей катушкой.

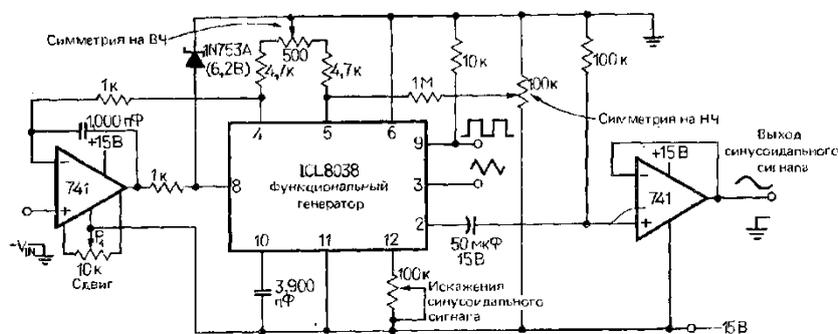
### 35 Вариант 35 Усилитель мощности низкой частоты с эффективной мощностью 125 Вт



**Рис. 37.** Электрическая схема усилителя мощности низкой частоты с эффективной мощностью 125 Вт

Основные достоинства этой схемы – простота и малые габариты. Сдвоенный ОУ в режиме инвертирующего усилителя обеспечивает усиление 26 дБ и размах выходного сигнала  $\pm 19$  В между выводами 1 и 7 при полосе частот 100 кГц для большого сигнала. Мостовой выходной каскад на ДМОП-транзисторах с каналами п- и р- типов обеспечивает ток более 7 А на нагрузке 4 Ом. Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, равна 40 Вт на устройство, что позволяет использовать корпуса типа ТО. Этот усилитель обеспечивает перегрузочные характеристики как у лампового усилителя при малом коэффициенте нелинейных искажений. Кроме того, это устройство хорошо работает на постоянном и переменном токе и в схемах с трансформаторной связью.

### 36 Вариант 36 Функциональный генератор



**Рис. 38.** Электрическая схема функционального генератора

Генератор колебаний ICL8038 представляет собой монолитную ИС, способную производить с высокой точностью синусоидальные, прямоугольные, треугольные, пилообразные и импульсные колебания при минимуме внешних компонентов. Частоту (или период следования) можно устанавливать внешним образом в диапазоне от 0,001 Гц до 300 кГц, используя резисторы или конденсаторы, а частотную модуляцию и качание частоты можно реализовать внешним источником напряжения. ИС ICL8038 производится по улучшенной монолитной технологии с использованием диодов Шотки и тонкопленочных резисторов, выходные характеристики ее стабильны в широком диапазоне температур и напряжений питания. Такие устройства можно включать в схемы ФАПЧ для снижения температурного дрейфа менее  $2,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ .

### 3.1 Характеристики

Малый дрейф частоты в. Зависимости от температуры  $2,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ .

Независимые выходы синусоидальных, прямоугольных и треугольных колебаний.

Малые искажения 1% (синусоидальный сигнал).

Высокая линейность 0,1% (треугольный сигнал)

Широкий диапазон частот от 0,001 Гц до 300 кГц.

Регулируемый коэффициент заполнения от 2 до 98%.

Высокий уровень выходных сигналов от ТТЛ до 28 В.

Простота в применении.

Требуется лишь несколько внешних компонентов.

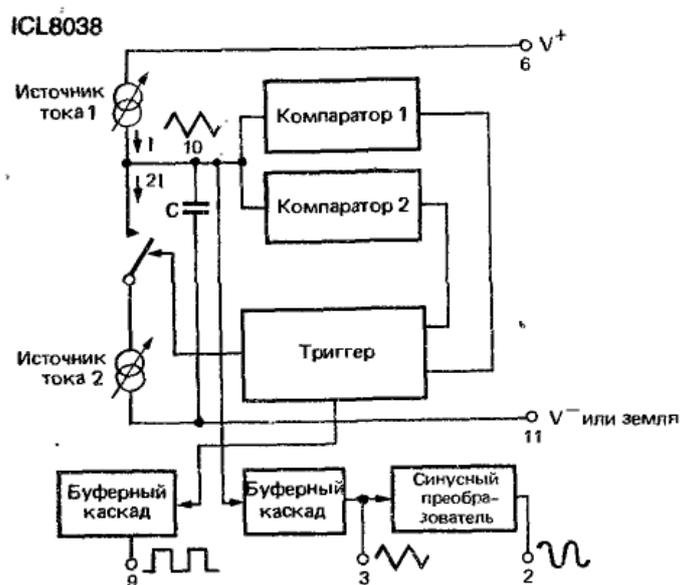
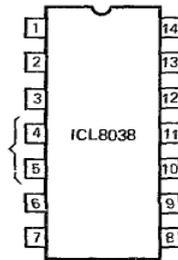


Рис. 39. Функциональная схема ИС ICL8038



**Рис. 40.** Назначение выводов ИС ICL8038: 1 – регулировка синусоиды; 2 – выход синусоиды; 3 – выход треугольного сигнала; 4 - регулировка коэффициента заполнения; 5 - регулировка частоты; 6 - V+; 7- смещение ЧМ; 8- вход качания частоты ЧМ; 9 - выход прямоугольного сигнала; 10 – времязадающий конденсатор; 11- V- или общий; 12 – регулировка синусоиды; 13 – не подключен; 14 – не подключен

### 3.2 Определение терминов

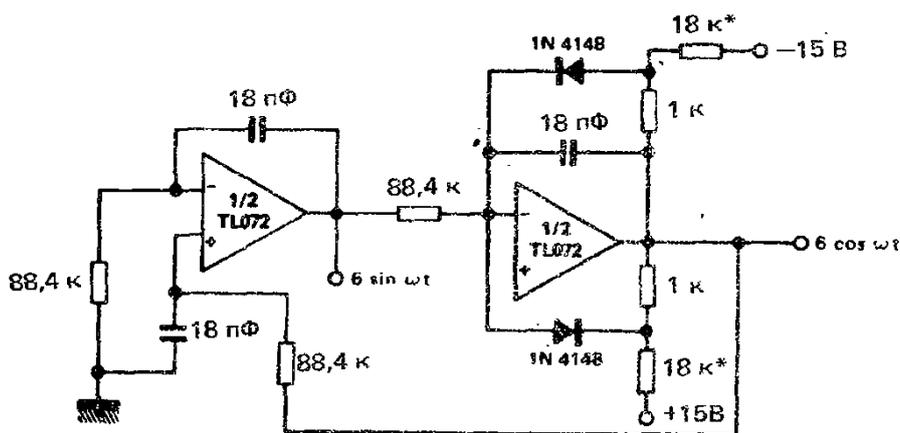
Напряжение питания ( $V_{\text{supply}}$ )-полное напряжение питания между выводами V+ и V-.

Ток потребления – ток, требуемый устройству при работе от источника питания, за исключением токов нагрузки и токов, протекающих через резисторы  $R_A$  и  $R_B$ .

Диапазон частот – диапазон частот для прямоугольного выходного сигнала, при котором гарантируется работа схемы.

Диапазон изменения частоты при ЧМ – отношение максимальной частоты к минимальной, которое можно получить, прикладывая напряжение модуляции к выводу 8. Для правильной работы напряжение модуляции должно быть в диапазоне  $(2/3)V_{\text{supply}} + 2 \text{ В} < V_{\text{swEEP}} < V_{\text{supply}}$ .

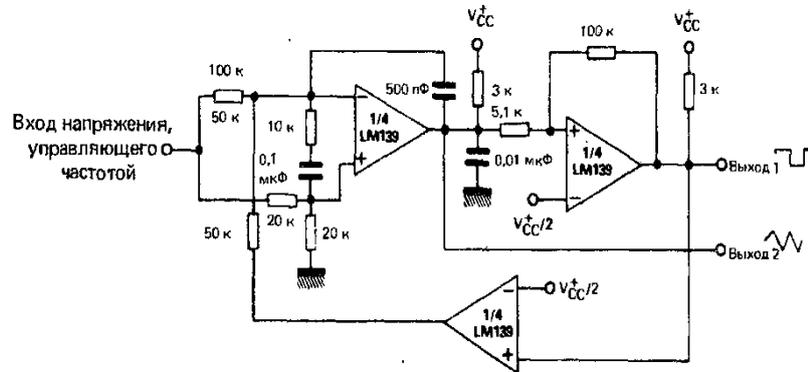
### 37 Вариант 37. Квадратурный генератор



**Рис. 41.** Электрическая схема квадратурного генератора

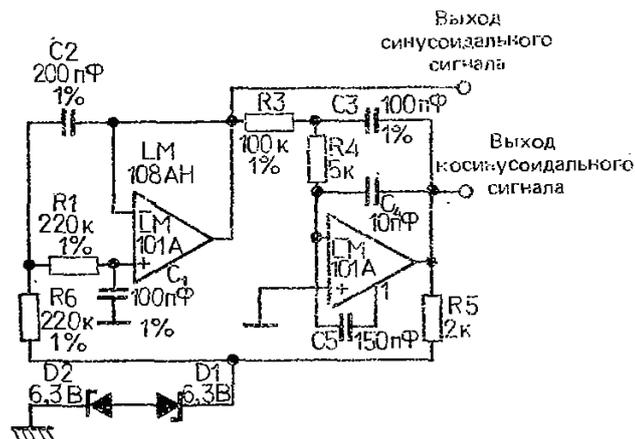
Резисторы, отмеченные звездочками, подбираются для получения симметричного сигнала.

### 38 Вариант 38 Высокочастотный ГУН с диапазоном на две декады



**Рис. 42.** Электрическая схема высокочастотного ГУН с диапазоном на две декады

### 39 Вариант 39 Квадратурный генератор



**Рис. 43.** Электрическая схема квадратурного генератора

### 40 Вариант 40 Генератор тональных посылок

#### 40.1 Сдвоенный таймер 556

ИС сдвоенного таймера NE556/SE556 представляет собой высокостабильное устройство, позволяющее получать стабильные временные задержки или непрерывную генерацию.

ИС NE556/SE556 представляет собой два таймера 555. Оба таймера работают независимо друг от друга, имея лишь общие выводы питания  $V_{cc}$  и земли. При работе в качестве несинхронизированного генератора частота собственных колебаний и коэффициент заполнения точно устанавливаются двумя внешними резисторами и конденсатором.

Схема может запускаться и сбрасываться спадающим сигналом; выходной каскад может работать с токами до 200 мА или управлять ТТЛ-схемами.

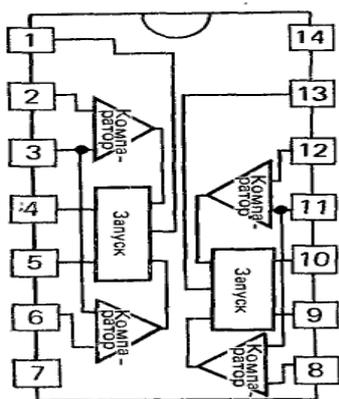
#### 40.2 Особенности

Заменяет два таймера NE555 / SE555.

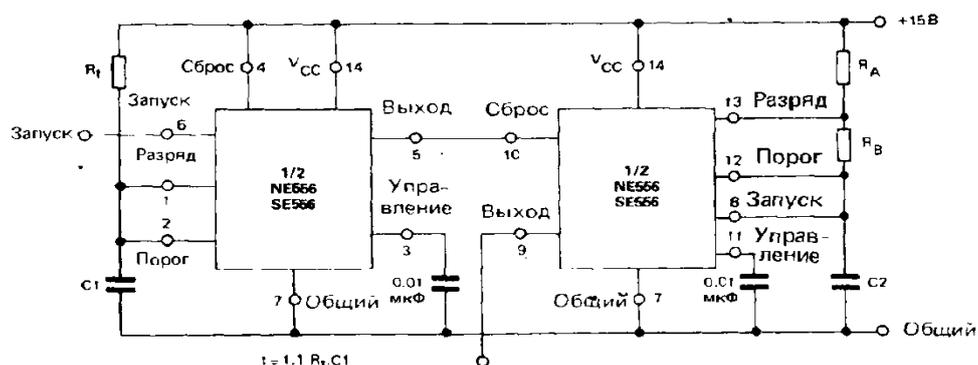
Выдержка времени от нескольких микросекунд до нескольких часов.

Работа в режиме одновибратора и несинхронизированного генератора. Регулируемый коэффициент заполнения. Втекающий и вытекающий выходной ток 200 мА.

Температурная стабильность  $0,005 \text{ \%} / \text{K}^{-1}$ .



**Рис. 44.** Расположение выводов (вид сверху): 1 – разряд 1; 2 – порог 1; 3 – управляющее напряжение 1; 4 – сброс 1; 5 – выход 1; 6 – триггер 1; 7 – общий; 8 – триггер 2; 9 – выход 2; 10 – сброс 2; 11 – управляющее напряжение 2; 12 – порог 2; 13 – разряд 2; 14 – VCC.



**Рис. 45.** Электрическая схема генератора тональных посылок

Первый таймер используется в качестве одновибратора и определяет продолжительность послылки после срабатывания его от положительного импульса на выводе В. Второй таймер запускается высоким уровнем от одновибратора. Он включен по схеме мультивибратора и определяет частоту тональной послылки.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Данные методические указания направлены на изучение основных требований к электрическим схемам и выполнение схемы по заданию в соответствии с ними. При необходимости углубить теоретические знания по рассмотренным темам следует обратиться к библиографическому списку.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.109-73. Основные требования к чертежам. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 37 с.
2. ГОСТ 2.301-68. Форматы. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 12 с.
3. ГОСТ 2.701-2008. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2008. – 33 с.
4. ГОСТ 2.702-75. Правила выполнения электрических схем. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 32 с.
5. ГОСТ 2.708-81. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 37 с.
6. ГОСТ 2.710-81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 19 с.
7. ГОСТ 2.721-74. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 21 с.
8. Э.Т. Романычева Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э.Т. Романычева, А.К.Иванова, А.С.Куликов [и др.]; Под. ред. Э.Т.Романычевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 448 с.:ил.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**ОБОЗНАЧЕНИЯ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗОВАЛИСЬ В ИСХОДНЫХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ ЗАДАНИЙ**

АМ - амплитудная модуляция;  
АРУ - автоматическая регулировка усиления;  
АЦП - аналого-цифровой преобразователь;  
ГУН - генератор, управляемый напряжением;  
ЕМР - единица младшего разряда;  
ЖК - жидкий кристалл;  
КОСС - коэффициент ослабления синфазного сигнала;  
МЗР - младший значащий разряд;  
ОУ - операционный усилитель;  
ПФ - полосовой фильтр;  
РПП - регистр последовательного приближения;  
СЗР - старший значащий разряд;  
СИД - светодиод;  
ФАП - фазовая автоподстройка;  
ФАПЧ - фазовая автоподстройка частоты;  
ФВЧ - фильтр верхних частот;  
ФНЧ - фильтр нижних частот;  
ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь;  
ЧМ. – частотная модуляция;  
ШИМ - широтно-импульсная модуляция;  
 $A_U$  - коэффициент усиления по напряжению;  
ADJ - регулировка, подстройка;  
ALE - стробирование адреса;  
BIAS - смещение;  
BV - полоса пропускания;  
 $C_{INT}$  - конденсатор интегрирующей цепочки;  
 $C_L$  - емкость нагрузки;  
 $C_T, C_{TD}$  - конденсатор времязадающей цепочки;  
SER, SET - входы управления режимом работы счетчика; СК - синхронизация;  
CO - выход сигнала;  
COMP - компаратор, компенсация;  
DBIN - ввод с шины данных; DC - постоянный ток;  
DP - импульсы вызова;  
 $E_{IN}, e_{in}$  - входное напряжение;  
 $E_o, E_{out}$  - выходное напряжение;  
EA - разрешение адреса;  
 $E_s$  - управление временными интервалами;  
f - частота;

FB - обратная связь;  
GND - земля;  
HI - высокий уровень;  
 $I_D$  - ток стока полевого транзистора;  
 $I_{D(OFF)}$  - ток стока запертого полевого транзистора;  
 $I_{GSS}$  ток затвора полевого транзистора;  
 $I_{IN}$  - входной ток;  
 $I_o$  - потребляемый ток;  
 $I_L$  - ток нагрузки;  
 $I_R$  - обратный ток;  
IN, in - вход, входной;  
INT - вход запроса прерывания;  
INV, inv - инвертирующий вход;  
IOR - чтение из устройства ввода;  
IOW - запись в устройства ввода;  
 $K_y$  - коэффициент усиления по напряжению;  
KT - контроль клавиатуры;  
LED - светодиод;  
LO - низкий уровень;  
LOAD - нагрузка;  
MEMR - чтение из памяти;  
M/S - посылка/пауза;  
NAB - частотная характеристика усилителя, соответствующая нормам Национального акустического бюро США;  
NC, N.C. – вывод не подключен или нормально замкнутый контакт;  
NHOLD - запрос на захват шины;  
N.I. - неинвертирующий вход;  
NO, N.O. – нормально разомкнутый контакт;  
NRD - чтение из устройства ввода;  
NWDS - запись в устройство ввода;  
OC, OI, OR- выходы для подключения времязадающей цепочки;  
OSC - генератор;  
OUT - выход, выходной;  
 $P_D$  - потребляемая мощность;  
PROG - программирование;  
PSEN - выбор ПЗУ;  
Q - добротность колебательного контура или фильтра;  
RD - чтение;  
 $R_{DS(ON)}$  - сопротивление сток-исток полевого транзистора в открытом состоянии;  
 $R_{FB}$  - резистор обратной связи;  
RFC - высокочастотный дроссель;

READY - готовность;  
RESET - сброс;  
RESIN - входной сигнал сброса;  
RIAA - частотная характеристика усилителя, соответствующая стандарту Ассоциации промышленных устройств регистрации;  
 $R_{INT}$  - резистор интегрирующей цепочки;  
 $R_L$  - сопротивление нагрузки;  
 $R_{REF}$  - эталонное сопротивление;  
 $R_T, R_{TD}$  - резистор времязадающей цепочки;  
 $R_x$  - неизвестное (измеряемое) сопротивление;  
SAR - регистр последовательного приближения;  
SCR - тиристор;  
SDI - последовательный ввод данных;  
SDO - последовательный вывод данных;  
S/N - отношение сигнал – шум;  
SW - выключатель;  
T/R - передача/прием;  
t - время установления сигнала;  
 $V_+, V-, V_{CC}, V_{DD}, V_{SS}$  - напряжение питания;  
 $V_{GS}$  - напряжение затвор-исток полевого транзистора;  
 $V_{IN}$  - входное напряжение;  
 $V_H$  - напряжение гистерезиса;  
 $V_{OS}$  - напряжение сдвига ОУ;  
 $V_o, V_{OUT}$  - выходное напряжение;  
 $V_p$  - пиковое напряжение;  
 $V_R$  - обратное напряжение;  
 $V_{REF}$  - опорное напряжение;  
WAIT - ожидание;  
WR - запись;  
XTAL - кварцевый генератор;  
 $Z_i$  - входной импеданс;  
 $Z_Q$  - выходной импеданс.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Представление чертежа схемы электрической принципиальной по ЕСКД..	3
1.1. Цель лабораторной работы .....	3
2. Содержание работы.....	3
3. Теоретические сведения .....	3
4. Содержание и порядок выполнения работы.....	4
4.1. Определение задания .....	4
4.2. Этап подготовки электрической схемы и составления перечня элементов.....	4
4.3. Основные типы монтажа .....	6
5. Варианты заданий.....	9
Заключение.....	40
Библиографический список.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ . Обозначения, которые использовались в исходных электрических схемах заданий.....	42

# **Конструкторско-технологическая документация в РЭС**

## ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

*к выполнению лабораторной работы № 1  
для студентов специальности 11.05.01  
«Радиоэлектронные системы и комплексы»  
очной формы обучения*

### *Часть 1*

Составитель  
Худяков Юрий Васильевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 21.09.2022.  
Уч.-изд. л. 2,4.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84