

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Промышленная электроника»

Л. А. Захаренко, В. О. Старостенко

**МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
И МИКРОСХЕМОТЕХНИКА**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2014

УДК 621.38(075.8)

ББК 32.859я73

3-38

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь
по образованию в области информатики и радиоэлектроники
в качестве учебно-методического пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по специальности 1-36 04 02
«Промышленная электроника» дневной и заочной форм обучения*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. микро- и нанoeлектроники БГУИР С. В. Гранько

Захаренко, Л. А.

3-38

Микроэлектроника и микросхемотехника : учеб.-метод. пособие / Л. А. Захаренко, В. О. Старостенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 92 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-191-8.

Рассмотрен способ построения логометрического преобразователя, который может использоваться для построения измерительных устройств с улучшенными характеристиками для различных типов первичных преобразователей, и приведены необходимые сведения для проектирования и расчета типовых узлов с применением аналоговых интегральных микросхем.

Для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.38(075.8)

ББК 32.859я73

ISBN 978-985-535-191-8

© Захаренко Л. А., Старостенко В. О., 2014

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2014

Для удобства соотнесения теоретического материала курса с практическими знаниями материал настоящего издания изложен в виде расчета типового курсового проекта по дисциплине. При этом все необходимые комментарии к расчету и выбору элементов функциональных и принципиальных электрических схем оформлены в виде выдержек из теоретического материала дисциплины, приводимых в контексте проектирования и расчета логотрического преобразователя.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Курсовой проект является необходимой частью программы подготовки инженеров по специальности 1-36 04 02.

Его цель заключается в развитии, систематизации и закреплении теоретических знаний, полученных из лекционной части, и в получении практических навыков в решении технических задач, развитии у студентов умения самостоятельно разрабатывать функционально законченные электронные устройства с использованием аналоговых интегральных микросхем, изучаемых в курсе «Микроэлектроника и микросхемотехника».

Выполнение курсового проекта требует решения следующих технических задач:

- проведение обзора по теме курсового проекта;
- разработка структурной схемы устройства;
- разработка и расчет принципиальной схемы устройства;
- анализ погрешностей и определение методов повышения точности.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части (2 листа формата А1).

В пояснительной записке к курсовому проекту последовательность расположения материала должна быть следующей:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- содержание;
- введение;

1. Аналитический обзор.
2. Разработка структурной схемы устройства и описание его работы по структурной схеме.
3. Разработка и расчет схемы электрической принципиальной.
4. Расчет блока питания.
5. Анализ погрешностей устройств и способов их уменьшения;
 - заключение;
 - список использованных источников;
 - перечень элементов.

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4 и должна содержать 25–30 листов текста.

Графическая часть:

- 1 лист – принципиальная схема устройства по требованиям ЕСКД.
- 2 лист – необходимые для защиты курсового проекта временные диаграммы, рисунки, формулы и т. д.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект оформляется в соответствии с правилами оформления курсовых проектов, установленными выпускающей кафедрой учреждения образования.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Список рекомендуемой литературы приведен в «Примере выполнения курсового проекта», пункт «Список использованных источников».

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Разработать измерительный преобразователь активного сопротивления катушки индуктивности в унифицированный сигнал и в цифровой код по структурной схеме в соответствии с вариантом задания. Исходные данные к проекту выбираются в соответствии с номером по списку по таблицам, приведенным в приложении 6. Структурные схемы и описание работы устройства по структурной схеме приведены в «Примере выполнения курсового проекта», раздел 2.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Введение

Введение должно отражать оценку современного состояния решаемой задачи, актуальность и новизну темы, а также цель и задачи проектирования. Объем введения – 1–2 страницы.

1. Аналитический обзор

В этом разделе приводится обзор по литературным или другим источникам используемых методов и (или) методик, известных технических решений, полностью или частично решающих поставленную в задании задачу. Производится сравнительная оценка рассмотренных решений и обосновывается выбор направления решения поставленной задачи.

Так как основная цель данного курсового проекта – это закрепление полученных теоретических знаний, то в данном разделе должен быть приведен обзор литературных источников по теме в соответствии с вариантом задания.

Объем данного раздела – 5–10 страниц.

2. Разработка структурной схемы устройства и описание его работы по структурной схеме

На основании анализа, проведенного в разделе 1, и задания на курсовое проектирование разрабатывается структурная схема устройства. При составлении структурной схемы студент должен иметь представление об элементной базе, на которой будет выполнено проектируемое устройство.

Приводится обоснование выбранного решения, поясняется принцип работы устройства, определяются основные параметры устройства в целом и основных элементов структурной схемы.

В данном разделе обязательно должна быть приведена структурная схема разрабатываемого устройства и краткое описание работы устройства, как показано ниже.

Объем данного раздела – 3–5 страниц.

3. Разработка и расчет схемы электрической принципиальной

На основе структурной схемы разрабатывается электрическая принципиальная схема отдельных узлов и устройства в целом. При этом должна быть использована современная элементная база. Типы активных и пассивных элементов выбираются так, чтобы обеспечить требуемые параметры разрабатываемого устройства. В этом разделе должен быть произведен расчет всех элементов структурной схемы, включая блок питания устройства, с обоснованием выбранного схемного решения и развернутым пояснением принципа работы устройства в целом.

4. Расчет блока питания

При расчете блока питания необходимо определить требуемые значения напряжения питания, ток, потребляемый по каждому источнику питания, выбрать микросхемы ИСН и *DC/DC* преобразователей, ток, потребляемый от аккумуляторной батареи, необходимую емкость аккумуляторной батареи для непрерывной работы в течение 24 ч.

5. Анализ погрешностей устройств и способы их уменьшения

В схеме КП основными составляющими погрешности являются:

- ошибка по постоянному току ОУ, обусловленная наличием напряжения смещения;
- ошибка по постоянному току ОУ, обусловленная протеканием входных токов;
- отличие номиналов применяемых резисторов от расчетных значений;
- погрешность АПС и АЦП.

В данном разделе требуется определить погрешности по постоянному току для входного усилителя и для формирователя выходного сигнала, погрешности используемых микросхем АПС, АЦП и ЦАП и на основании полученных данных рассчитать погрешность всего устройства по цифровому коду и по аналоговому выходному сигналу, наметить пути уменьшения погрешности.

Заключение

Заключение включает в себя краткие выводы по результатам выполненного курсового проекта в соответствии с поставленной задачей.

Объем заключения должен составлять 2–3 страницы.

Список использованных источников

Список использованных источников содержит сведения об информационных источниках, которые были использованы при курсовом проектировании (книги, журналы, статьи, патенты, Web-сайты и т. п.).

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

ВВЕДЕНИЕ

Работа над курсовым проектом по предмету «Микроэлектроника и микросхемотехника» предполагает проработку существующих методов решения поставленной задачи, изучение большого количества литературы по данной теме, разработку структурной схемы устройства в соответствии с выбранным методом решения поставленной задачи, разработку и расчет принципиальной схемы устройства, а также анализ и расчет погрешностей проектируемого устройства.

Измерительный преобразователь – техническое средство, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации и передачи. В отличие от измерительного прибора, сигнал на выходе измерительного преобразователя (выходная величина) не поддается непосредственному восприятию наблюдателя.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В данном разделе должны быть представлены результаты самостоятельной работы студента по поиску информации по литературным источникам, поэтому пример выполнения этого раздела отсутствует.

2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА И ОПИСАНИЕ ЕГО РАБОТЫ ПО СТРУКТУРНОЙ СХЕМЕ

Для реализации данного курсового проекта необходимо разработать устройство, схема которого представлена на рис. 2.1.

В преобразователе можно выделить два измерительных канала: канал измерения напряжения на резисторе R_x (блоки ДУ, ФЧВ, Ф) и канал измерения тока (блоки ВУ, В и Ф).

Дифференциальный усилитель предназначен для усиления входного напряжения до максимально допустимого. Входное напряжение определяется как произведение входного тока I и полного сопротивления катушки индуктивности. Выход ДУ подключается к фазочувствительному выпрямителю (ФЧВ). Фазочувствительный выпрямитель

служит для выделения полезного сигнала, пропорционального напряжению на активном сопротивлении. Для работы ФЧВ необходимы управляющие импульсы, которые формируются из сигнала, пропорционального току, блоками УО (усилитель-ограничитель) и К (компаратор с положительной обратной связью). Фильтр нижних частот ФІ предназначен для выделения постоянной составляющей из сигнала после выпрямления для последующей подачи на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

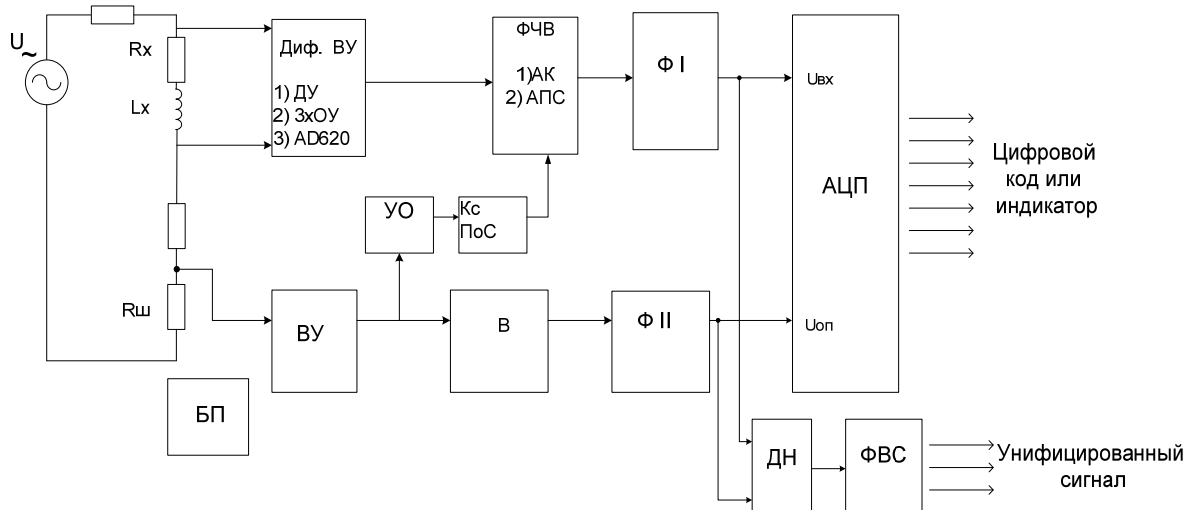


Рис. 2.1. Структурная схема измерительного преобразователя

На входной усилитель (ВУ) подается напряжение, равное произведению входного тока I и сопротивления резистора $R_{ш}$. Усилитель предназначен для усиления входного напряжения до максимально допустимого. Выходное напряжение усилителя подается на выпрямитель (В), который выполнен по схеме прецизионного выпрямителя. Сигнал с выхода выпрямителя подается на фильтр нижних частот ФІІ, предназначенный для выделения постоянной составляющей из сигнала после выпрямления для формирования опорного напряжения для АЦП.

Аналого-цифровой преобразователь предназначен для преобразования аналогового сигнала в цифровой код. Выходной цифровой код АЦП в общем случае определяется выражением

$$N_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{оп}}} 2^{n-1},$$

где $U_{\text{вх}}$ – входное напряжение АЦП; $U_{\text{оп}}$ – опорное напряжение АЦП; n – разрядность АЦП.

Таким образом, если на вход АЦП подать сигнал, пропорциональный напряжению на резисторе, а в качестве опорного напряжения использовать сигнал, пропорциональный току через резистор, то после деления на АЦП выходной цифровой код будет пропорционален измеряемому сопротивлению.

Формирователь выходного сигнала (ФВС) предназначен для формирования унифицированного сигнала (0–5 мА, 4–20 мА или 0–100 мВ в зависимости от варианта задания), пропорционального измеряемому сопротивлению. Для получения такого необходимо перед ФВС поставить делитель напряжения (ДН), на входы которого подать сигнал, пропорциональный напряжению на резисторе, и сигнал, пропорциональный току через резистор.

Блок питания предназначен для подачи необходимых питающих напряжений на схему.

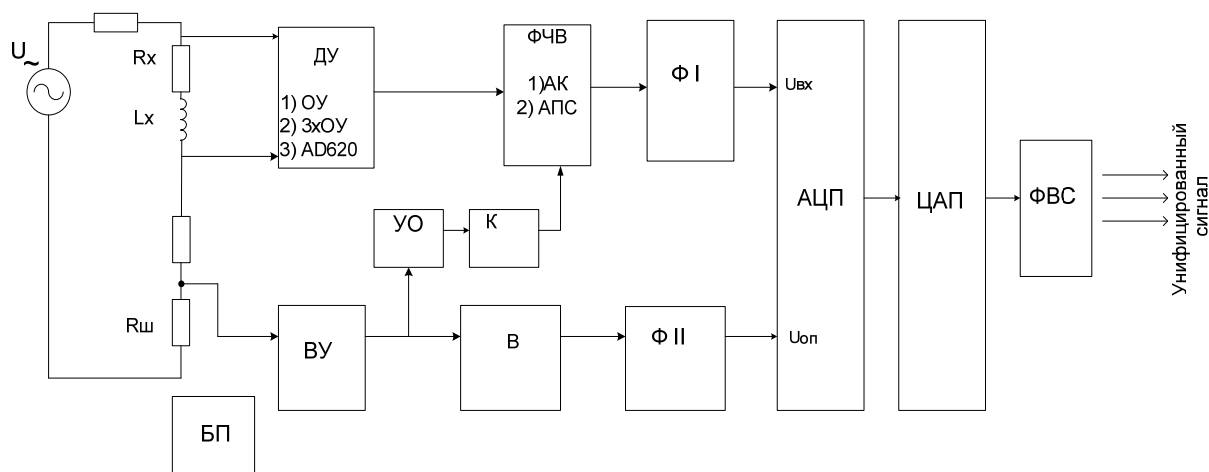


Рис. 2.2. Структурная схема варианта № 2

Отличие структурной схемы, представленной на рис. 2.2, от структурной схемы, рассмотренной ранее, заключается в способе формирования выходного унифицированного сигнала. Здесь для получения аналогового сигнала, пропорционального измеряемому сопротивлению, используется ЦАП, который осуществляет обратное преобразование цифрового кода в аналоговый сигнал.

Отличие структурной схемы, представленной на рис. 2.3, от структурной схемы, представленной на рис. 2.1, заключается в способе формирования входного напряжения для АЦП. Некоторые типы АЦП в качестве опорного напряжения используют фиксированное напряжение, и, таким образом, невозможно осуществить деление двух

изменяемых сигналов. Для получения аналогового сигнала, пропорционального измеряемому сопротивлению, используется ДН, сигнал с которого поступает на вход АЦП и на вход ФВС.

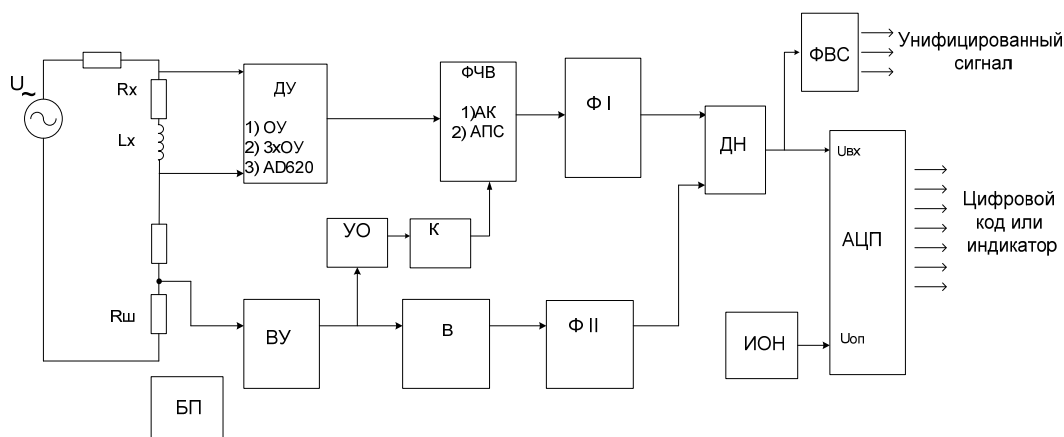


Рис. 2.3. Структурная схема варианта № 3

3. РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

3.1. Разработка и расчет входного дифференциального усилителя

3.1.1. Дифференциальный усилитель на одном ОУ

В простейшем случае в качестве измерительного усилителя может быть использован ОУ в дифференциальном включении (рис. 3.1). При выполнении условия $R_1 = R_3$, а $R_2 = R_4$ усиление дифференциального сигнала намного больше усиления синфазного сигнала и коэффициент ослабления синфазного сигнала ($K_{о.с.с}$) будет максимальным.

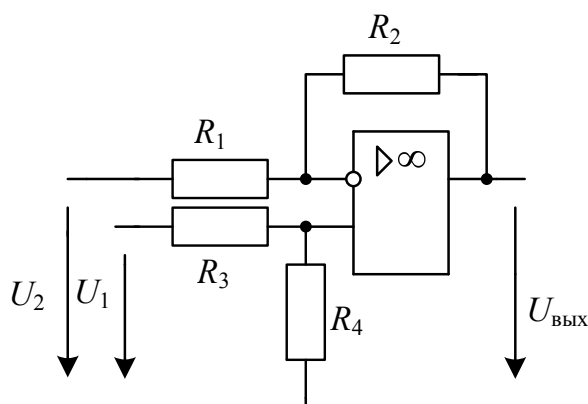


Рис. 3.1. Схема простейшего измерительного усилителя

Дифференциальный коэффициент усиления при выполнении указанного выше условия

$$K_d = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_1 - U_2} = \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{K_u}}; \quad (3.1)$$

$$K_d = \frac{R_2}{R_1}. \quad (3.2)$$

Коэффициент усиления синфазного сигнала, обусловленный рассогласованием резисторов, равен:

$$K_{\text{сф}_1} = \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{R_1 (R_3 + R_4)}. \quad (3.3)$$

Коэффициент усиления синфазного сигнала, обусловленный конечным значением $K_{\text{o.c.c}}$ операционного усилителя, равен:

$$K_{\text{сф}_2} = \frac{R_2}{R_1 K_{\text{o.o.c}}}. \quad (3.4)$$

Здесь $K_{\text{o.c.c}}$ выражается отношением, а не в децибелах.

Коэффициент ослабления синфазного сигнала всей схемы

$$K_{\text{o.c.c}} = K_d / (K_{\text{сф}_1} + K_{\text{сф}_2}). \quad (3.5)$$

Дифференциальное входное сопротивление

$$R_{\text{вх.д}} = R_1 + R_3. \quad (3.6)$$

Поскольку $K_{\text{сф}_1}$ может принимать отрицательные значения и зависит от сопротивлений резисторов схемы, подстройкой резистора R_3 может быть достигнуто любое сколь угодно большое значение $K_{\text{o.c.c}}$.

Эта простейшая схема имеет низкое входное сопротивление. Выходное сопротивление источника сигнала влияет на величину дифференциального коэффициента усиления и на коэффициент ослабления синфазного сигнала, что почти всегда требует точной настройки параметров схемы. Для изменения коэффициента усиления нужно одновременно менять сопротивления двух резисторов. Занимающая ведущее место в мире по выпуску измерительных усилителей фирма Burr-Brown выпускает несколько моделей ИМС измерительных усилителей. Такие ИМС, как INA133, INA143, имеют фиксиро-

ванный коэффициент усиления, задаваемый встроенными резисторами, и высокое значение $K_{o.c.c}$ (до 86 дБ), достигаемое за счет лазерной подгонки. ИМС INA145, INA146, включают дополнительный неинвертирующий усилитель, коэффициент усиления которого может задаваться внешними резисторами. Микросхемы измерительных усилителей содержат цепи защиты входов, допускающие, например у INA146, синфазные и дифференциальные напряжения до 100 В.

Порядок расчета:

1. Определяется $U_{вх}$ по формуле

$$U_{вх} = \sqrt{U_{R_x}^2 + U_{L_x}^2} = \sqrt{(IR_x)^2 + (2\pi f L_x I)^2}, \quad (3.7)$$

где I – значение тока в цепи по заданию; R_x – максимальное значение измеряемого активного сопротивления по заданию; f – частота питающего напряжения; L_x – значение индуктивности.

2. Определяется необходимый коэффициент усиления по формуле

$$K_{д.у} = \frac{10 В}{U_{вх}}. \quad (3.8)$$

3. Задаемся одним резистором и рассчитываем второй по формуле (3.2). Для обеспечения точности преобразования в 1 % входное сопротивление дифференциального усилителя должно быть в 100 раз больше сопротивления R_x . Исходя из этого и формулы (3.6) сумма сопротивлений резисторов $R_1 + R_3$ должна быть в 100 раз больше сопротивления R_x .

3.1.2. Дифференциальный усилитель на трех ОУ

Зачастую для предварительного усиления слабого дифференциального сигнала в высокоточных системах от усилителя требуются высокие параметры точности коэффициента усиления, а также большое входное сопротивление. Точность коэффициента усиления обычно обеспечивают применением глубокой отрицательной обратной связи (ООС), охватывая ею операционный усилитель (ОУ). Однако дифференциальный усилитель на базе одного ОУ не обеспечивает высокого входного сопротивления порядка нескольких МОм, поэтому зачастую применяют сборку, аналогичную изображенной на схеме (рис. 3.2). Здесь входное дифференциальное напряжение ($U_2 - U_1$) подается на неинвертирующий вход ОУ, который не используется для создания ОС, а собственное входное сопротивление прецизионных ОУ составляет значения порядка нескольких сотен МОм. Инструментальные дифференциальные усилители

применяются для точного съема напряжений с плеч электронного моста и других датчиков с большим выходным импедансом.

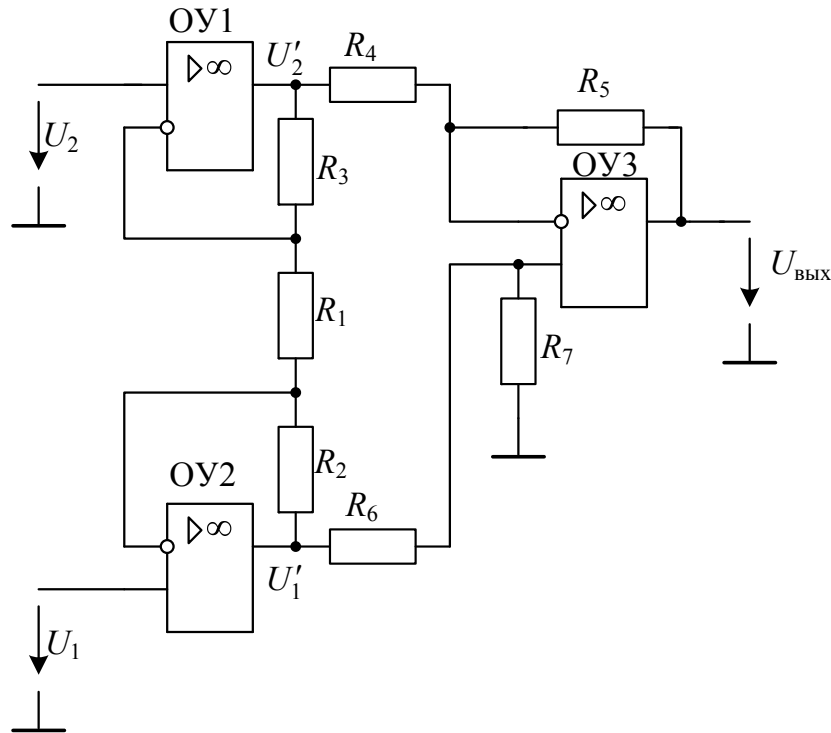


Рис. 3.2. Схема измерительного усилителя на трех ОУ

Как видно из рис. 3.2, напряжение на резисторе R_1 составляет $U_1 - U_2$. Отсюда следует, что

$$U'_1 - U'_2 = \left(1 + \frac{R_2 + R_3}{R_1}\right)(U_1 - U_2). \quad (3.9)$$

Эта разность преобразуется дифференциальным усилителем на ОУ3 в напряжение $U_{\text{ВЫХ}}$ относительно земли. Обычно выбирается $R_2 = R_3$ и $R_4 = R_6$ и $R_5 = R_7$. В таком случае дифференциальный коэффициент усиления

$$K_{\text{д}} = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) \frac{R_5}{R_4}. \quad (3.10)$$

Коэффициент усиления синфазного сигнала (из-за разбаланса резисторов)

$$K_{\text{сф1}} = \frac{R_7 R_4 - R_5 R_6}{R_4 (R_6 + R_7)}. \quad (3.11)$$

Коэффициент усиления синфазного сигнала (из-за конечного значения $K_{o.c.c}$ ОУЗ)

$$K_{c\phi_2} = \frac{1}{K_{o.c.c}}. \quad (3.12)$$

Общий $K_{o.c.c}$ измерительного усилителя определяется соотношением (3.4).

А выходное напряжение равняется:

$$U_{\text{вых}} = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) \frac{R_5}{R_4} (U_2 - U_1). \quad (3.13)$$

Порядок расчета:

1. Определяется $U_{\text{вх}}$ по формуле

$$U_{\text{вх}} = \sqrt{U_{R_x}^2 + U_{L_x}^2} = \sqrt{(IR_x)^2 + (2\pi f L_x I)^2}, \quad (3.14)$$

где I – значение тока в цепи по заданию; R_x – максимальное значение измеряемого активного сопротивления по заданию; f – частота питающего напряжения; L_x – значение индуктивности.

2. Определяется необходимый коэффициент усиления по формуле

$$K_{д.у} = \frac{10 \text{ В}}{U_{\text{вх}}}. \quad (3.15)$$

3. Задаемся одним резистором и рассчитываем второй по формуле (3.10).

3.1.3. Измерительный усилитель

Измерительные усилители на трех ОУ выпускаются в виде ИМС с внутренними согласованными резисторами (*AD620*, *LM363*, *ICL7605* и др.). Обычно они имеют выводы для подключения внешнего резистора R_1 , которым задается дифференциальный коэффициент усиления. Например, измерительный усилитель *INA118* фирмы Burr-Brown имеет низкое смещение нуля $U_{см} = 50$ мкВ, широкий диапазон напряжений питания ($\pm 1,35 \dots \pm 18$ В) и входных напряжений (до ± 40 В), малый потребляемый ток – 0,35 мА и широкий диапазон коэффициентов усиления (1–10000), устанавливаемых одним внешним резистором.

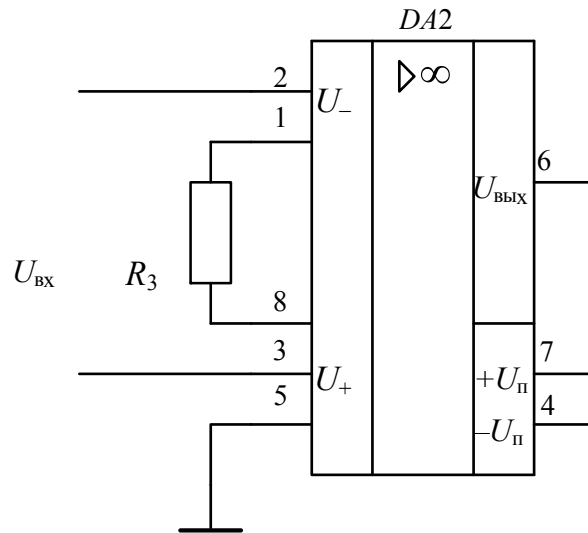


Рис. 3.3. Схема измерительного усилителя на AD620

Коэффициент усиления микросхемы AD620 определяется по формуле

$$K_{yc} = 1 + \frac{49,4 \cdot 10^3}{R_1}, \quad (3.16)$$

отсюда находим необходимое сопротивление резистора R_1 :

$$R_1 = \frac{49,4 \cdot 10^3}{K_{yc} - 1}. \quad (3.17)$$

Порядок расчета:

1. Определяется $U_{вх}$ по формуле

$$U_{вх} = \sqrt{U_{R_x}^2 + U_{L_x}^2} = \sqrt{(IR_x)^2 + (2\pi f L_x I)^2}, \quad (3.18)$$

где I – значение тока в цепи по заданию; R_x – максимальное значение измеряемого активного сопротивления по заданию; f – частота питающего напряжения; L_x – значение индуктивности.

2. Определяется необходимый коэффициент усиления по формуле

$$K_{д.у} = \frac{10 \text{ В}}{U_{вх}}. \quad (3.19)$$

3. Рассчитываем резистор R_1 по формуле (3.17).

3.2. Разработка и расчет фазочувствительного выпрямителя

Как было сказано в разделе 2, ФЧВ служит для выделения полезного сигнала пропорционального напряжению на активном сопротивлении. Для работы ФЧВ необходимы управляющие импульсы, которые формируются из сигнала, пропорционального току, блоками УО (усилитель-ограничитель) и К (компаратор с положительной обратной связью). Фазочувствительный выпрямитель может быть построен на аналоговом перемножителе сигналов или же на ОУ с применением аналоговых ключей.

3.2.1. Фазочувствительный выпрямитель на ОУ с применением аналоговых ключей

Схема ФЧВ на ОУ приведена на рис. 3.3.

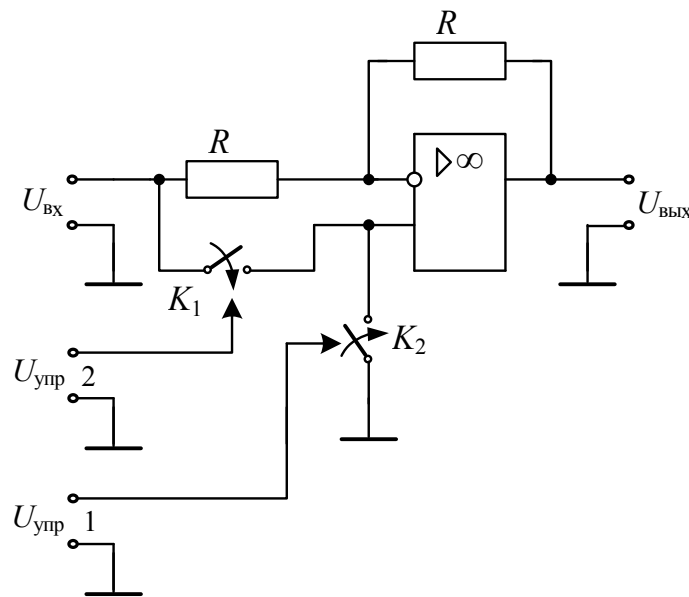


Рис. 3.4. ФЧВ на аналоговых ключах

Рассмотрим работу данной схемы. Резисторы равны между собой и имеют номинал 10 кОм.

Если K_2 замкнут и K_1 разомкнут, то получаем схему инвертирующего усилителя с коэффициентом передачи $K = -1$.

Если K_2 разомкнут, K_1 замкнут, то для анализа схемы необходимо воспользоваться методом наложения. Сигнал, который подается на резистор, подключенный к инвертирующему входу, усиливается с коэффициентом $K = -1$, т. е. $U'_{\text{вых}} = -U_{\text{вх}}$. Сигнал, который подается на

неинвертирующий вход ОУ, усиливается в 2 раза, $K = 1 + \frac{R}{R}$, т. е.

$$U''_{\text{ВЫХ}} = 2U_{\text{ВХ}}.$$

Просуммировав $U'_{\text{ВЫХ}}$ и $U''_{\text{ВЫХ}}$, получим $U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}}$, т. е. коэффициент передачи при таком положении ключей равен: $K = 1$.

Ниже приведены временные диаграммы сигналов, поясняющие принцип работы ФЧВ на ОУ.

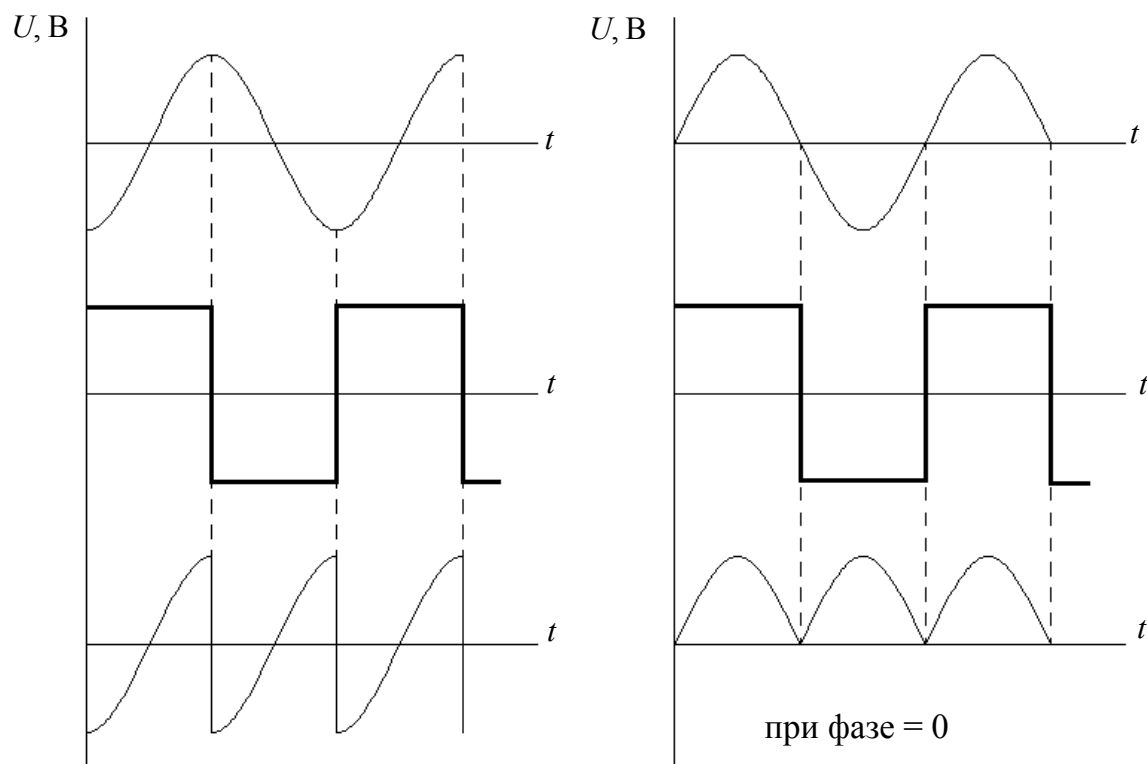


Рис. 3.5. Временные диаграммы сигналов

Как видно из диаграмм, сигнал, совпадающий по фазе с управляющими импульсами, имеет на выходе постоянную составляющую, а сигнал, сдвинутый на 90° , не имеет на выходе постоянной составляющей. Таким образом, если в качестве управляющих импульсов мы будем использовать прямоугольные импульсы, совпадающие по фазе с током, то на выходе ФЧВ будет присутствовать постоянная составляющая, пропорциональная напряжению на активном сопротивлении катушки индуктивности. Для выделения постоянной составляющей на выходе ФЧВ необходимо установить фильтр нижних частот.

В курсовом проекте в качестве микросхемы АК рекомендуется использовать ИМС К590КН4. Так как управляющие импульсы, пода-

аемые на вход микросхемы, должны иметь логические уровни, а компаратор выдает двухполярные импульсы, то для преобразования импульсов необходимо установить цепочку, состоящую из R_1 и VD_1 .

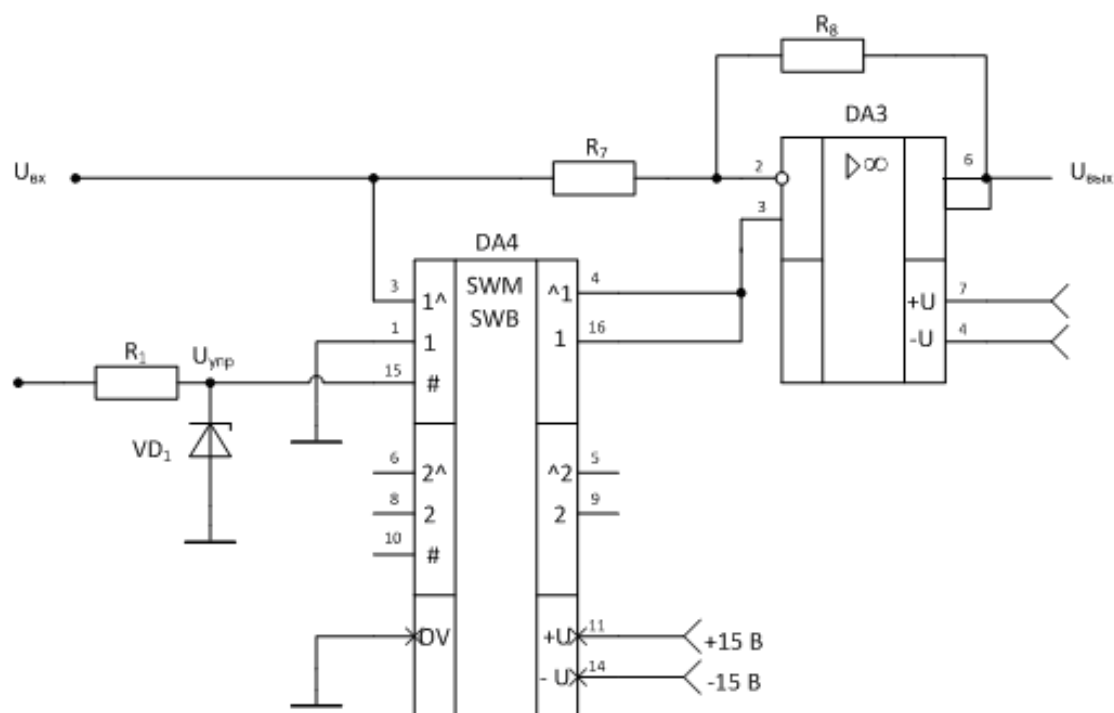


Рис. 3.6. Схема ФЧВ с использованием ИМС K590КН4

Порядок расчета параметрического стабилизатора:

1. Выбираем прецизионный стабилитрон с напряжением стабилизации $U_{ст}$ в диапазоне 10–12 В.

2. Задаемся током стабилизации $I_{ст}$, который должен быть больше минимально допустимого тока стабилизации $I_{ст.мин}$ и меньше максимально допустимого тока стабилизации $I_{ст.мах}$ (из справочных данных стабилитрона). Кроме того, ток стабилизации не должен превышать максимальный выходной ток ОУ (из справочных данных ОУ).

3. Рассчитываем сопротивление балластного резистора R_1 по формуле

$$R_1 = \frac{U_{вых.о.у} - U_{ст}}{I_{ст}}. \quad (3.20)$$

Значения резисторов выбираются из ряда E24.

3.2.2. Фазочувствительный выпрямитель на аналоговом перемножителе сигналов

В качестве фазочувствительного выпрямителя можно также использовать аналоговый перемножитель сигналов на основе микросхемы К525ПС2.

Существует большое количество схем включения аналоговых перемножителей. Нам необходима схема включения аналогового перемножителя сигналов в режиме умножения (рис. 3.7).

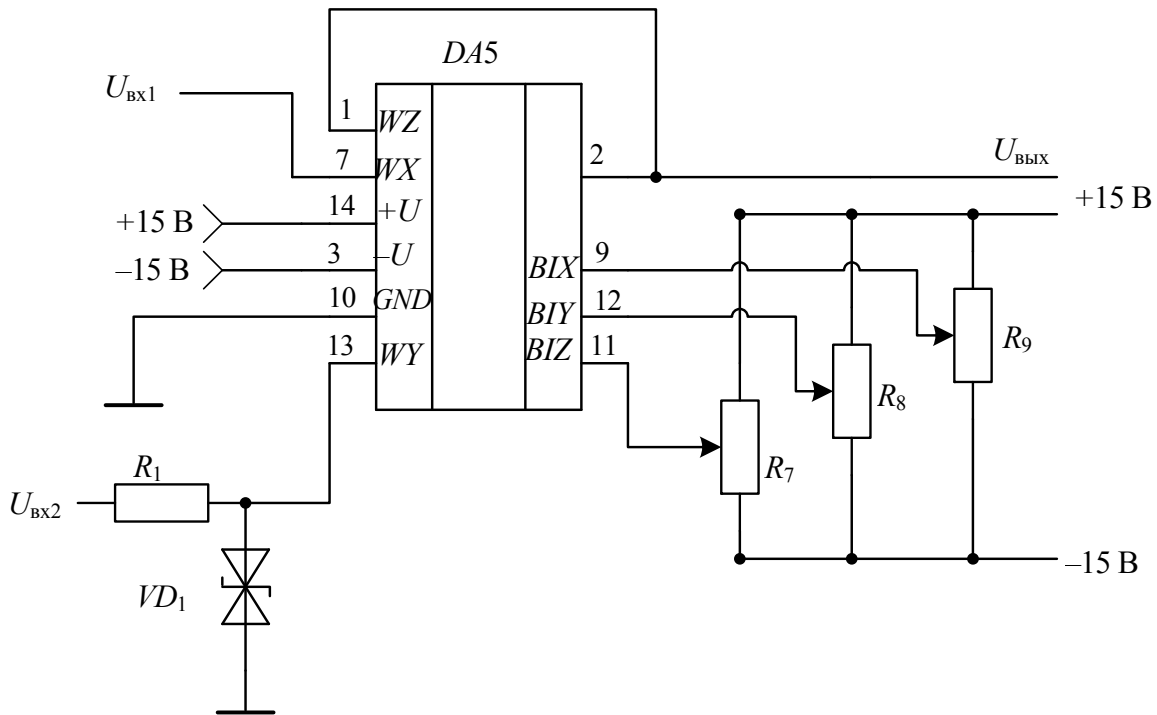


Рис. 3.7. Схема включения К525ПС2 в режиме умножения

Резисторы R_7 – R_9 необходимы для настройки перемножителя на минимальную погрешность.

Резисторы:

R_7 – R_9 – СП5-39–0,5 Вт – 22 кОм \pm 10 %.

Если на вход X подать измеряемый сигнал, а на вход Y подать прямоугольные импульсы амплитудой $U_{упр}$, то данная схема будет работать аналогично схеме, рассмотренной в п. 3.2.1. Единственное отличие, что коэффициент передачи данной схемы будет равен не 1, а определяться соотношением

$$K = kU_{упр},$$

где k – коэффициент передачи АПС ($k = 0,1$); $U_{упр}$ – амплитуда управляющих импульсов.

Так как управляющие импульсы, подаваемые на вход Y перемножителя, не должны превышать ± 10 В, а компаратор выдает двухполярные импульсы амплитудой ± 15 В, то для преобразования импульсов необходимо установить цепочку, состоящую из R_1 и VD_1 .

Порядок расчета параметрического стабилизатора:

1. Выбираем прецизионный двуханодный стабилитрон с напряжением стабилизации $U_{ст}$ в диапазоне 5–10 В;

2. Задаемся током стабилизации $I_{ст}$, который должен быть больше минимально допустимого тока стабилизации $I_{ст.мин}$ и меньше максимально допустимого тока стабилизации $I_{ст.мах}$ (из справочных данных стабилитрона). Кроме того, ток стабилизации не должен превышать максимальный выходной ток ОУ (из справочных данных ОУ).

3. Рассчитываем сопротивление балластного резистора R_1 по формуле

$$R_1 = \frac{U_{\text{вых.о.у}} - U_{\text{ст}}}{I_{\text{ст}}}. \quad (3.21)$$

Значения резисторов выбираются из ряда $E24$.

3.3. Разработка и расчет фильтра нижних частот

Фильтр нижних частот (ФНЧ) предназначен для выделения постоянной составляющей и подавления переменной составляющей в сигнале.

В качестве фильтра используем активный фильтр первого порядка, схема которого представлена на рис. 3.8.

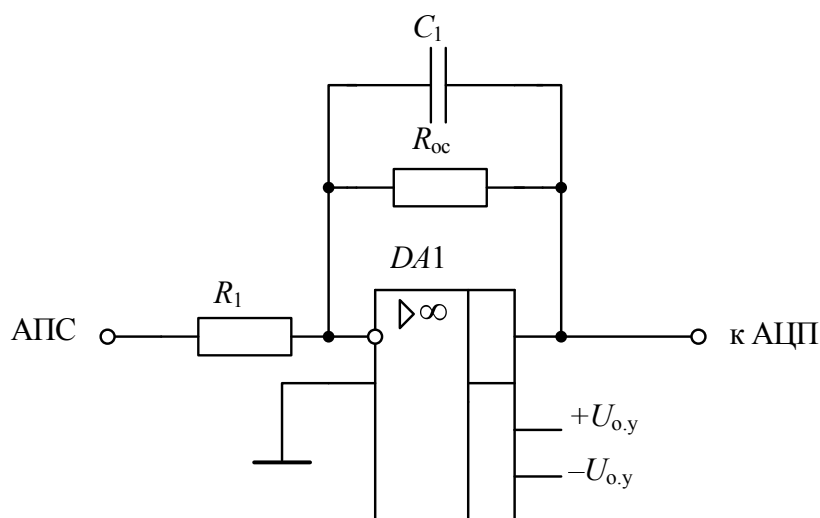


Рис. 3.8. ФНЧ первого порядка

Данный фильтр имеет логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАЧХ) со спадом сигнала 20 дБ/дек (рис. 3.9).

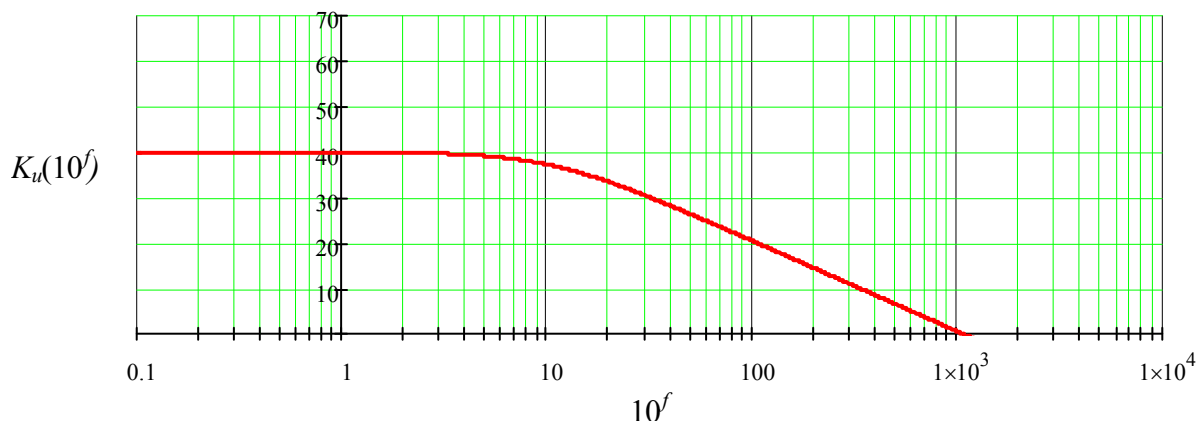


Рис. 3.9. ЛАЧХ ФНЧ первого порядка

Частота среза данного фильтра определяется выражением

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{1}{R_{\text{ос}} C_1}. \quad (3.22)$$

Коэффициент усиления на постоянном токе определяется отношением $R_{\text{ос}}/R_1$.

На выходе ФЧВ сигнал, совпадающий по фазе с управляющим, имеет вид как на выходе двухполупериодного выпрямителя. Разложение в ряд Фурье для этого сигнала имеет вид:

$$f(t) = \frac{2U_R}{\pi} + \frac{4U_R}{3\pi} \cos(2\omega t) - \frac{4U_R}{15\pi} \cos(4\omega t) + \dots, \quad (3.23)$$

где U_R – амплитуда полезного входного сигнала $U_R = R_x I_x K_{\text{д.у}}$.

Как видно из этого выражения, величина постоянной составляющей равна:

$$U_{R_{\text{пост}}} = \frac{2U_R}{\pi}; \quad (3.24)$$

– амплитуда пульсаций (основной гармоники) для выпрямленного сигнала равна:

$$U_{\sim} = \frac{4U_R}{3\pi}; \quad (3.25)$$

– частота пульсаций увеличивается в 2 раза и будет равна:

$$f_{\text{п}} = f_{\text{вх}} \cdot 2. \quad (3.26)$$

Но на выходе ФЧВ также присутствуют пульсации от сигнала, отличающегося по фазе от управляющего на 90° . Частота пульсаций в 2 раза больше частоты входного сигнала, и их амплитуда равна: $U_{\sim} = \frac{8U_L}{3\pi}$, где U_L – амплитуда паразитного сигнала $U_L = L_x I_x K_{д.у}$.

Таким образом, для ФНЧ, который ставится после ФЧВ, расчет будем вести по сумме пульсаций на входе фильтра, формируемых полезным и паразитным сигналом:

$$U_{\sim} = \sqrt{\left(\frac{4U_R}{3\pi}\right)^2 + \left(\frac{8U_L}{3\pi}\right)^2}. \quad (3.27)$$

Для обеспечения погрешности, например $\delta = 1\%$, необходимо, чтобы амплитуда пульсаций на выходе фильтра составляла 0,01 от полезного сигнала:

$$\delta U_{\sim} = \frac{U_{\sim\text{вых}}}{U_{R\text{пост}}} = \frac{U_{\sim}}{U_{R\text{пост}} K}, \quad (3.28)$$

где K – коэффициент ослабления основной гармоники.

Из этой формулы можно выразить необходимое значение K :

$$K = \frac{U_{\sim}}{\delta U_{R\text{пост}}}. \quad (3.29)$$

Для того чтобы амплитуду пульсаций уменьшить в K раз, необходимо, чтобы желаемая частота среза фильтра также была в K раз меньше частоты пульсаций:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_{\text{п}}}{K} = \frac{2\pi f_{\text{вх}}}{K}. \quad (3.30)$$

Рассчитаем номиналы элементов.

Порядок расчета:

1. По формуле (3.24) определяем значение постоянного сигнала на входе фильтра $U_{R\text{пост}}$.

2. По формуле (3.25) определяем значение переменного сигнала на входе фильтра U_{\sim} .

3. По формуле (3.29) определяем необходимое значение коэффициента ослабления основной гармоники K для заданной погрешности δ . Значение погрешности δ выбрать в диапазоне 0,01–0,001.

4. По формуле (3.30) определяем необходимую частоту среза $\omega_{\text{ср}}$.
 5. Задаемся емкостью C_1 и по формуле (3.22) рассчитываем $R_{\text{ос}}$. Номинал R_1 выбирается равный $R_{\text{ос}}$.
- Значения резисторов и конденсаторов выбираются из ряда $E24$.

3.4. Расчет входного усилителя

В качестве входного усилителя для измерения сигнала, пропорционального току в цепи, можно использовать как схему инвертирующего, так и неинвертирующего усилителя. Предпочтительнее использовать схему неинвертирующего усилителя, так как в отличие от инвертирующего усилителя эта схема имеет очень большое входное сопротивление. Схема неинвертирующего усилителя на ОУ приведена на рис. 3.10.

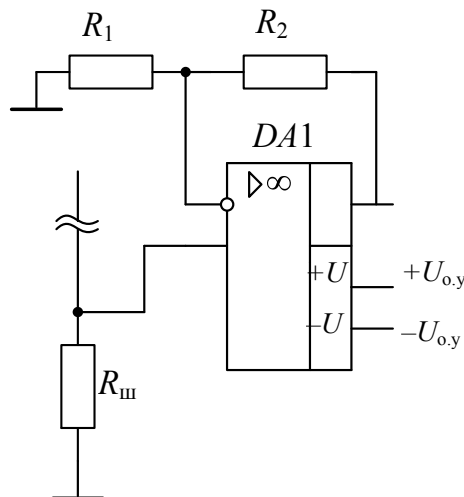


Рис. 3.10. Схема принципиальная неинвертирующего усилителя на ОУ

Коэффициент усиления данной схемы определяется выражением

$$K_{\text{д}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}. \quad (3.31)$$

Усилитель выполнен на микросхеме КР140УД17А [6] и предназначен для усиления входного напряжения до 10 В.

Порядок расчета неинвертирующего усилителя:

Определяем максимальное напряжение, действующее на входе:

$$U_{\text{вх}} = IR_{\text{ш}}, \quad (3.32)$$

где I – значение тока в цепи по заданию; $R_{ш}$ – значение сопротивления шунта для измерения тока по заданию.

Определяем требуемый коэффициент усиления:

$$K = \frac{10 \text{ В}}{U_{\text{вх}}}. \quad (3.33)$$

Затем задаемся одним резистором и рассчитываем второй по формуле (3.31).

Значения резисторов выбираются из ряда $E24$.

3.5. Расчет прецизионного выпрямителя

Прецизионный выпрямитель предназначен для выпрямления сигнала, который будет подан на фильтр Π нижних частот первого порядка. Он состоит из инвертирующего усилителя $DA1$ и сумматора $DA2$ (рис. 3.11), которые выполнены на микросхемах КР140УД17А [11].

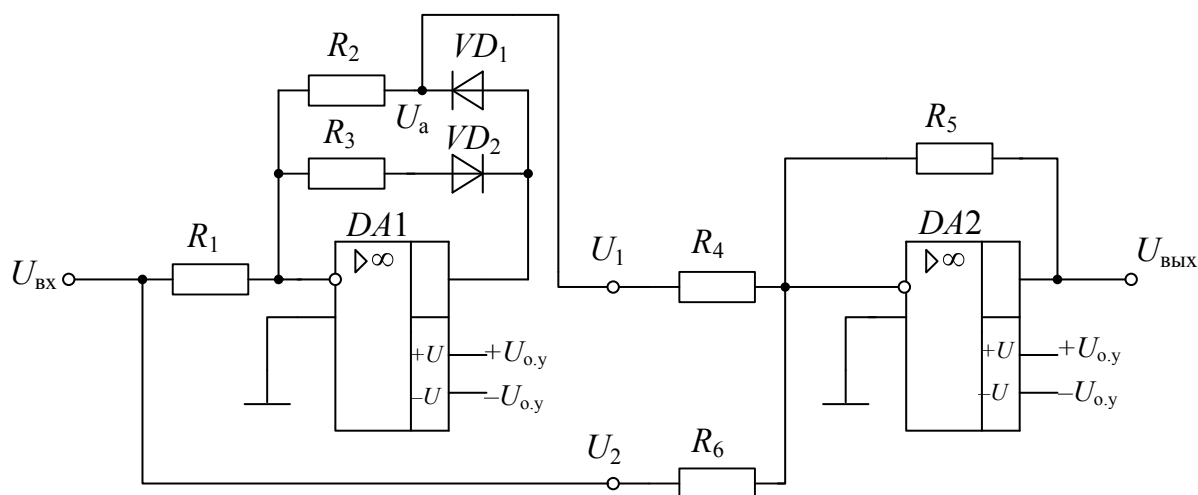


Рис. 3.11. Принципиальная схема прецизионного выпрямителя

Резисторы на рис. 3.11:

$R_1, R_2, R_3, R_5, R_6 = 10 \text{ кОм};$

$R_4 = R_{1/2} = 5 \text{ кОм}.$

Диоды VD_1 и VD_2 в цепи отрицательной обратной связи инвертирующего усилителя КД521А [6].

Выберем резисторы [2]:

$R_1, R_2, R_3, R_5, R_6: \text{МЛТ-0,125-10 кОм } \pm 5 \%;$

$R_4: \text{МЛТ-0,125-5,1 кОм } \pm 5 \%.$

Значения резисторов выбираются из ряда $E24$.

Принцип работы прецизионного выпрямителя представлен на временных диаграммах сигналов в разных точках выпрямителя $U_{\text{ВХ}}$, $U_{\text{а}}$, $U_{\text{ВЫХ}}$, полученных в MicroCAP 8 (рис. 3.12).

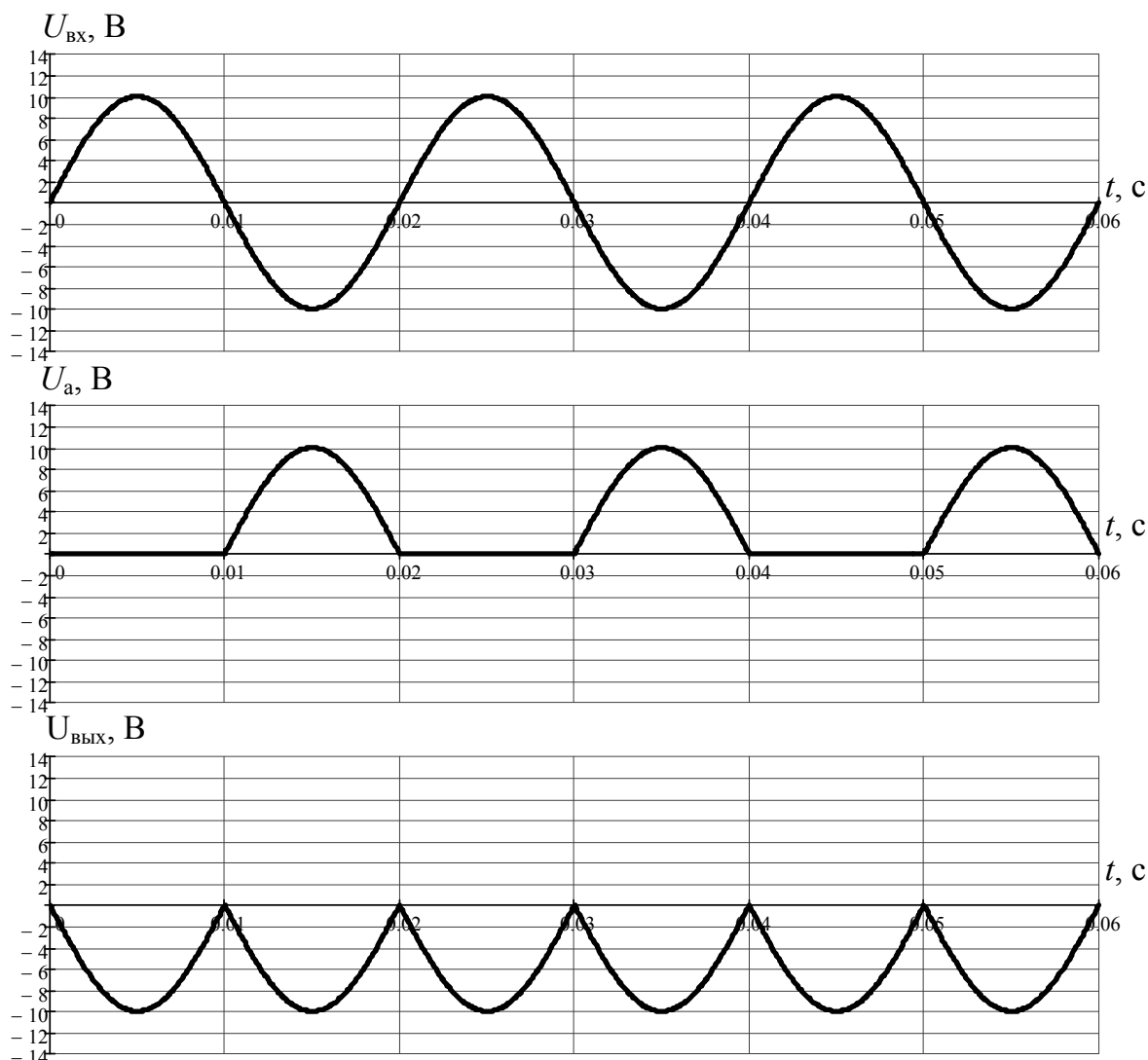


Рис. 3.12. Временные диаграммы сигналов

3.6. Разработка и расчет фильтра нижних частот

Фильтр нижних частот предназначен для выделения постоянной составляющей и подавления переменной составляющей в сигнале после двухполупериодного выпрямителя.

В качестве фильтра используем активный фильтр первого порядка, аналогичный фильтру в п. 3.3, имеющий частоту среза:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{1}{R_{\text{ос}} C_1} . \quad (3.34)$$

Расчет будем осуществлять по основной гармонике.

На выходе двухполупериодного выпрямителя постоянная составляющая равна $U_{\text{пост}} = \frac{2U_m}{\pi}$, а амплитуда основной гармоники, частота которой в 2 раза больше частоты входного сигнала, равна $U_{\sim} = \frac{4U_m}{3\pi}$ (см. также п. 3.3).

Для того чтобы амплитуду пульсаций уменьшить в K раз, необходимо, чтобы желаемая частота среза фильтра также была в K раз меньше частоты пульсаций:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_{\text{п}}}{K} = \frac{2\pi f_{\text{п}}}{K} = \frac{2 \cdot 2\pi f_{\text{вх}}}{K} . \quad (3.35)$$

Рассчитаем номиналы элементов.

Порядок расчета:

1. Задаемся коэффициентом подавления основной гармоники K в диапазоне 100–1000 и по формуле (3.35) определяем необходимую частоту среза.

2. Задаемся емкостью C_1 и по формуле (3.34) рассчитываем $R_{\text{ос}}$. Номинал R_1 выбирается равный $R_{\text{ос}}$.

Значения резисторов и конденсаторов выбираются из ряда $E24$.

Ниже приведен пример расчета фильтра нижних частот.

Порядок расчета:

1. По формуле (3.35) определяем необходимую частоту среза:

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_{\text{п}}}{100 \div 1000} = \frac{2\pi f_{\text{п}}}{100 \div 1000} = \frac{2 \cdot 2\pi f_{\text{вх}}}{100 \div 1000} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 700}{1000} = 8,792.$$

2. Задаемся емкостью $C_1 = 3$ мкФ и по формуле (3.34) рассчитываем $R_{\text{ос}}$:

$$R_{\text{ос}} = \frac{1}{\omega_{\text{ср}} C_1} = \frac{1}{8,792 \cdot 3 \cdot 10^{-6}} = 37913 \text{ Ом}.$$

Выбираем $R_{\text{ос}}$ из ряда $E24$:

МЛТ-0,125–39 кОм ± 5 %.

Номинал R_1 выбираем равным $R_{\text{ос}}$.

R_1 : МЛТ-0,125–39 кОм ± 5 %.

3.7. Разработка и расчет усилителя-ограничителя

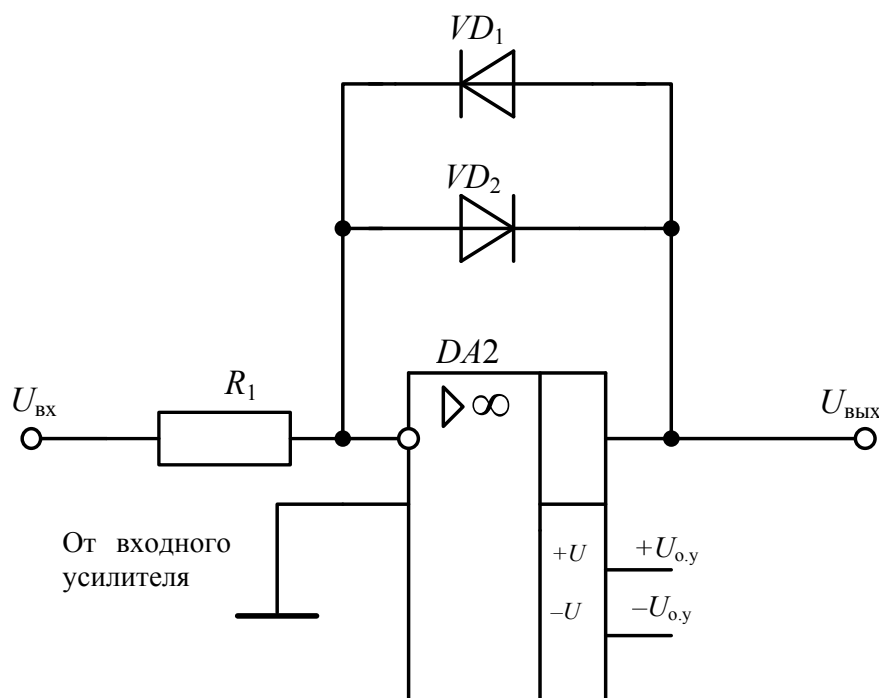


Рис. 3.13. Схема усилителя-ограничителя

Усилитель-ограничитель (рис. 3.13) предназначен для формирования прямоугольных импульсов из исходного сигнала с частотой импульсов, равной частоте исходного сигнала. В нашем случае амплитуда импульсов равна 10 В. Резистор R_1 предназначен для ограничения тока через диоды и берется равным 10 кОм [10].

По ряду $E24$ и справочнику [1] выбираем: $R_1 = \text{МЛТ } 0,125 \text{ Вт } 10 \text{ кОм} \pm 5 \%$. Диод VD_1 ограничивает усиленное напряжение на уровне 0,6 В.

Диоды согласно [2] выбираем КД521А.

Значения резисторов выбираются из ряда $E24$.

Временные диаграммы сигналов, поясняющие принцип работы усилителя ограничителя, приведены ниже (рис. 3.14), получены в MicroCAP 8 ($U_{\text{вх}}(t)$ и $U_1(t)$).

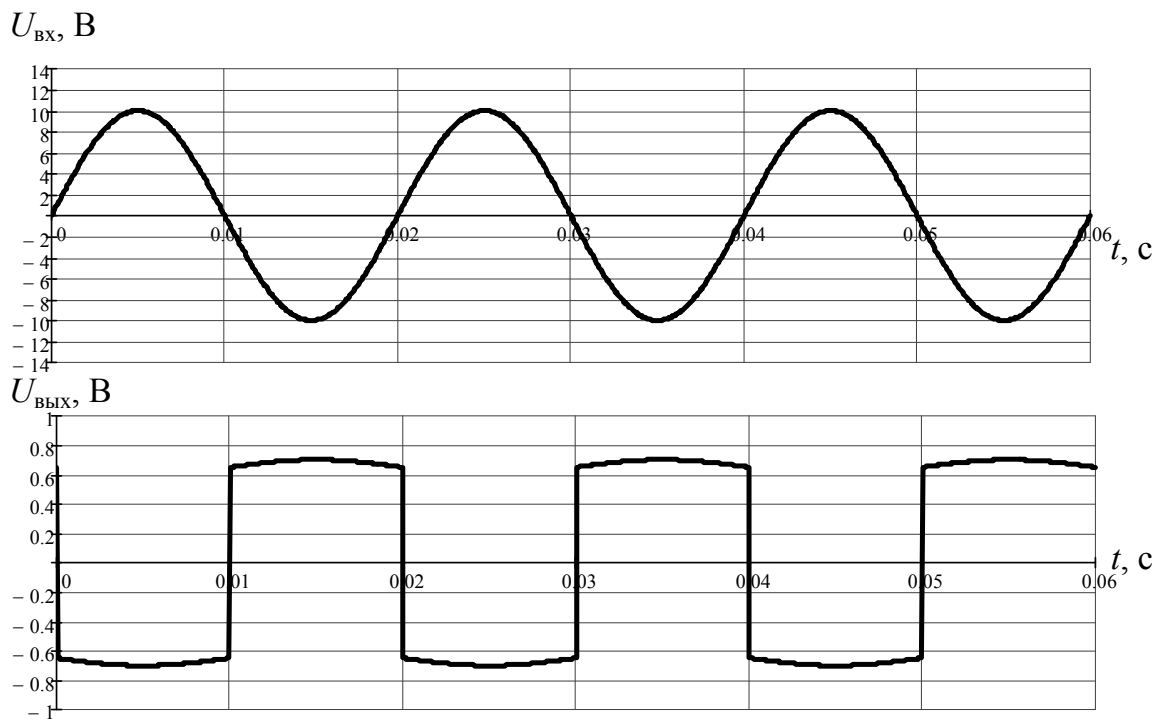


Рис. 3.14. Временные диаграммы сигналов на входе и выходе усилителя-ограничителя

3.8. Разработка и расчет компаратора с положительной обратной связью

Компаратор с положительной обратной связью предназначен для формирования прямоугольных импульсов фиксированной амплитуды из выходного сигнала усилителя-ограничителя. Применение ПОС создает гистерезис при переключении компаратора, что приводит к повышению помехозащищенности. Схема компаратора с ПОС приведена на рис. 3.15. В данной схеме выходные уровни $DA2$ имеют напряжение насыщения ОУ, которое близко к напряжению питания $\pm U_{\text{п}}$ и которое может изменяться. Это делает невозможным использование данного сигнала в качестве управляющего для ФЧВ, построенном на АПС. Для формирования управляющих импульсов стабильной амплитуды используется параметрический стабилизатор ($R-VD_3$). Кроме стабилизации выходного сигнала, данная цепь приводит уровни этого сигнала к допустимому значению при подаче на вход АПС ($|U_{\text{вх.АПС}}| < 10 \text{ В}$).

$$U_{\text{ВЫХ}} = \begin{cases} U_{\text{ВЫХ}}^1 & \text{при } U_{\text{ВХ}} - U_{\text{оп}} > 0, \\ U_{\text{ВЫХ}}^0 & \text{при } U_{\text{ВХ}} - U_{\text{оп}} < 0. \end{cases} \quad (3.36)$$

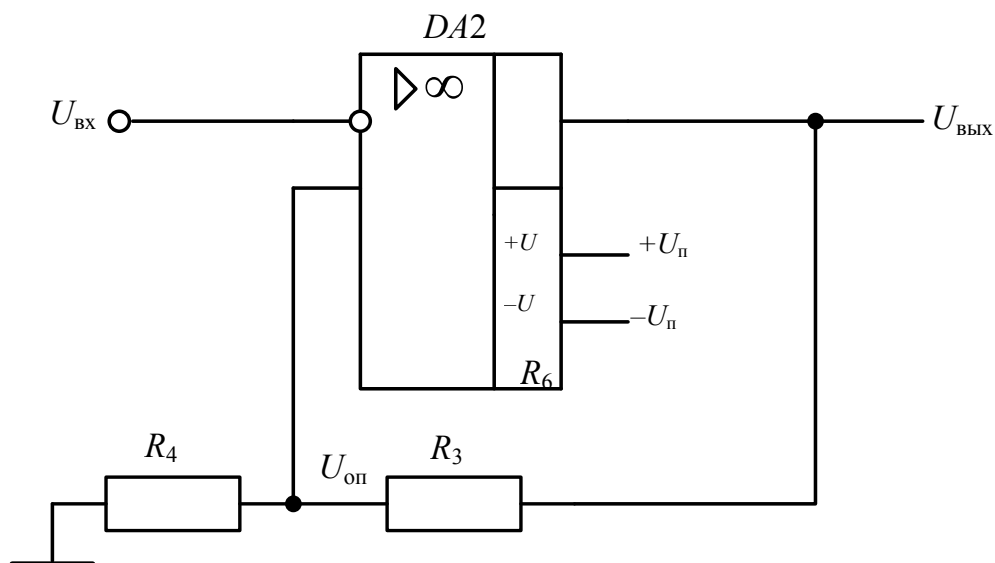


Рис. 3.15. Компаратор с ПОС

Для данной схемы порог переключения компаратора определяется по формуле

$$U_{\text{пор}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{R_3 + R_4} R_4 \approx \frac{U_{\text{П}}}{R_3 + R_4} R_4. \quad (3.37)$$

С учетом того, что напряжение питания ОУ ± 15 В, а значение необходимого порога переключения лежит в пределах ± 100 – 300 мВ, будет выполняться условие $R_3 \gg R_4$ и сопротивлением резистора R_4 в знаменателе можно пренебречь. Тогда формула 3.37 примет вид:

$$U_{\text{пор}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{R_3 + R_4} R_4 \approx \frac{U_{\text{П}}}{R_3} R_4. \quad (3.38)$$

Порядок расчета Компаратора с ПОС:

1. Задаемся порогом переключения $U_{\text{пор}}$ в диапазоне 100 – 300 мВ.
2. Задаемся значением резистора R_4 и рассчитываем по формуле 3.38 значение резистора R_3 . В этой схеме необходимо использование быстродействующего ОУ (например, 544УД2 или аналогичные).

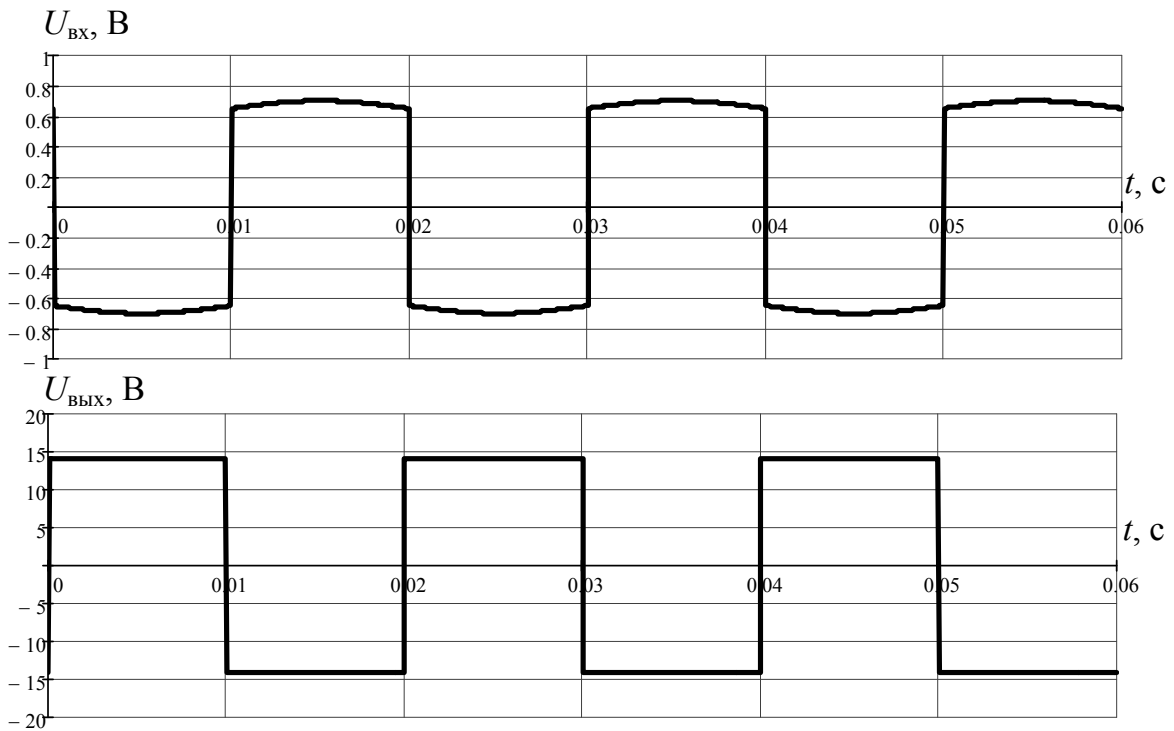


Рис. 3.16. Временные диаграммы сигналов на входе и выходе компаратора

На верхней диаграмме (рис. 3.16) показан сигнал после прохождения через усилитель-ограничитель ($U_{\text{ВХ}}$), на нижней диаграмме – сигнал на выходе компаратора ($U_{\text{ВЫХ}}$).

3.9. Разработка и расчет аналого-цифрового преобразователя

Аналого-цифровой преобразователь предназначен для преобразования входного сигнала в цифровой код для последующего отображения на индикаторе измеряемой величины. Выходной код АЦП определяется по формуле

$$N_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ОП}}} N_{\text{МАХ}}, \quad (3.39)$$

где $N_{\text{МАХ}}$ – максимальный выходной код АЦП (зависит от разрядности и типа АЦП).

Как видно из последней формулы, АЦП фактически осуществляет деление входного сигнала на опорный, что позволяет получить выходной код, пропорциональный измеренному сопротивлению R_x . Для этого необходимо на вход $U_{\text{ВХ}}$ подать сигнал, пропорциональный

напряжению на R_x , а на вход $U_{оп}$ подать сигнал, пропорциональный току через резистор R_x .

При подключении АЦП необходимо обеспечить следующее:

1) напряжение на выводах $U_{вх}$ и $U_{оп}$ должно соответствовать допустимым значениям АЦП;

2) индикатор или выходной цифровой код должен соответствовать значению измеряемой величины (табл. 3.1).

Значение, которое показывает индикатор для микросхем 572ПВ2 и 572ПВ5, находится по формуле

$$N_{\text{ВЫХ}} = 1000 \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ОП}}}, \quad (3.40)$$

где входное напряжение равно: $U_{\text{вх}} = \pm 2$ В, а опорное напряжение должно равняться: $U_{\text{оп}} = 1$ В.

Значение цифрового кода на выходе АЦП 572ПВ1:

$$N_{\text{ВЫХ}} = 4095 \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ОП}}}, \quad (3.41)$$

где максимальное входное напряжение равно: $U_{\text{вх}} = 10,24$ В, а опорное напряжение должно равняться: $U_{\text{оп}} = 10,24$ В.

Значение цифрового кода на выходе АЦП 1108ПВ1:

$$N_{\text{ВЫХ}} = 1023 \frac{U_{\text{ВХ}}}{U_{\text{ОП}}}, \quad (3.42)$$

где максимальное входное напряжение равно: $U_{\text{вх}} = 2,5$ В, а опорное напряжение должно равняться $U_{\text{оп}} = 2,5$ В.

Исходными данными к расчету являются значение выходного кода – $N_{\text{ВЫХ}}$, напряжение на выходе ФНЧ1, обозначим его U_u , и напряжение на выходе ФНЧ2, обозначим его U_l .

Значение $N_{\text{ВЫХ}}$ найдем из табл. 3.1.

Таблица 3.1

Значение выходного кода АЦП

R_x , Ом	Структурная схема 1	Структурная схема 2	Структурная схема 3
10	1000	1000	1000
20	200	2000	200
30	300	3000	300
40	400	4000	400
50	500	500	500

R_x , Ом	Структурная схема 1	Структурная схема 2	Структурная схема 3
60	600	600	600
70	700	700	700
80	800	800	800
90	900	900	900
100	1000	1000	1000
110	1100	1100	110
120	1200	1200	120
130	1300	1300	130
140	1400	1400	140
150	1500	1500	150
160	1600	1600	160
170	1700	1700	170
180	1800	1800	180
190	1900	1900	190
200	200	2000	200
210	210	2100	210
220	220	2200	220
230	230	2300	230
240	240	2400	240
250	250	2500	250
260	260	2600	260
270	270	2700	270
280	280	2800	280
290	290	2900	290
300	300	3000	300
310	310	3100	310
320	320	3200	320

Значение U_I найдем по формуле

$$U_I = R_{ш} I K_{в.у} K_B K_\phi, \quad (3.43)$$

где $K_B K_\phi = \frac{2}{\pi}$; $K_{в.у}$ – коэффициент входного усилителя, рассчитанный в пункте 3.4; I – заданный ток по условию; $R_{ш}$ – заданное сопротивление.

Теперь рассчитываем U_u по следующей формуле:

$$U_u = R_x I K_{д.у} K_{фч.в} K_\phi, \quad (3.44)$$

где R_x – сопротивление, заданное по условию; I – заданный ток по условию; $K_{д.у}$ – коэффициент дифференциального усилителя, рассчитанный в п. 3.1; $K_{фч.в} K_\phi$ принимает значение в зависимости от варианта:

$$1) K_{\text{фч.в}} K_{\text{ф}} = \frac{2}{\pi}, \text{ если ФЧВ на ключах;}$$

$$2) K_{\text{фч.в}} K_{\text{ф}} = U_{\text{ст}} K_{\text{а.п.с}} \frac{2}{\pi}, \text{ если ФЧВ на аналоговом перемножителе}$$

ле сигналов, где $U_{\text{ст}}$ – напряжение стабилизации стабилитрона на управляющем входе; $K_{\text{а.п.с}}$ – коэффициент аналогового перемножителя сигналов.

Для структурной схемы на рис. 2.1 необходимо преобразовать полученное значение U_I до значения 1 В, а полученное значение U_u до уровня, выраженного из формулы (3.40):

$$U_{\text{вх}} = \frac{N_{\text{ВЫХ}}}{1000} U_{\text{оп}}. \quad (3.45)$$

Для структурной схемы на рис. 2.2 необходимо преобразовать полученное значение U_I до значения 10,24 В, а полученное значение U_u до уровня, выраженного из формулы (3.41):

$$U_{\text{вх}} = \frac{N_{\text{ВЫХ}}}{4095} U_{\text{оп}}. \quad (3.46)$$

Преобразовать напряжение можно несколькими способами:

- поставить усилитель;
- поставить резистивный делитель;
- подкорректировать значение U_I и U_u изменением сопротивлений R_1 в ФНЧ1 и ФНЧ2.

Для структурной схемы на рис. 2.3 и используемой ИМС 1108ПВ1 способ формирования входного и опорного сигналов отличается от предыдущих структурных схем. В качестве опорного напряжения используется напряжение встроенного в АЦП источник опорного напряжения, поэтому для формирования входного сигнала ставится делитель напряжения, осуществляющий деление сигнала пропорционального напряжению на сигнал, пропорциональный току.

В качестве делителя напряжения следует использовать микросхему АПС К525ПС2 в режиме делителя напряжения (рис. 3.17). Значение напряжения на выходе делителя напряжения ДН определяется по формуле

$$U_{\text{д.н}} = \frac{1}{k} \frac{U_z}{U_x} = 10 \frac{U_z}{U_x} = 10 \frac{U_u}{U_I}. \quad (3.47)$$

Причем для данной схемы должно выполняться условие $U_u < U_l$, в противном случае сигнал на выходе делителя будет больше 10 В, что недопустимо. Если это условие не выполняется, то необходимо подкорректировать сигнал U_u или U_l одним из вышеописанных способов.

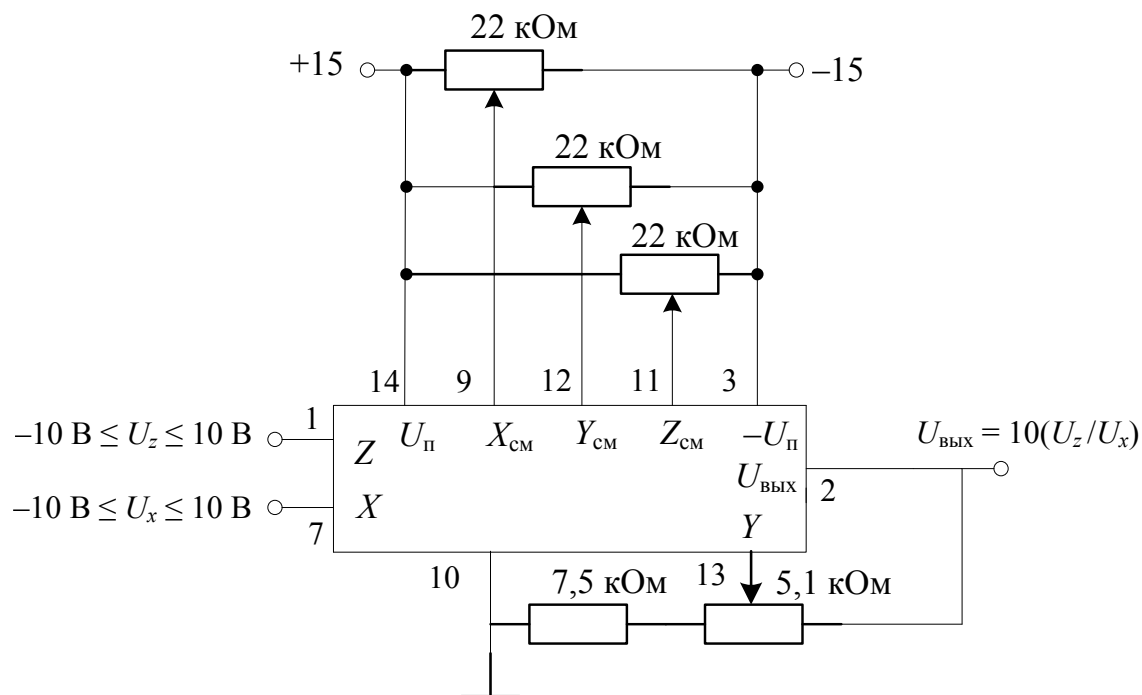


Рис. 3.17. Микросхема К525РС2 в режиме делителя напряжения

Сигнал $U_{д.н}$ необходимо преобразовать до уровня, выраженного из формулы (3.42):

$$U_{вх} = \frac{N_{вых}}{1023} U_{оп}, \quad (3.48)$$

где $U_{оп}$ равно 2,5 В.

3.10. Расчет выходного преобразователя

В зависимости от варианта необходимо, чтобы выходной преобразователь обеспечивал формирование следующего сигнала:

- 1) 0–100 мВ;
- 2) 0–5 мА;
- 3) 4–20 мА.

Для структурной схемы на рис. 2.1 исходными данными для расчета ФВС является выходное напряжение делителя напряжения $U_{д.н}$.

В качестве делителя напряжения следует использовать микросхему АПС К525ПС2 в режиме делителя напряжения (рис. 3.17). Таким образом, напряжения $U_{д.н}$ будет равно:

$$U_{д.н} = \frac{1}{k} \frac{U_z}{U_x} = 10 \frac{U_z}{U_x} = 10 \frac{U_u}{U_I}.$$

Для данной схемы должно выполняться условие $U_u < U_I$, в противном случае сигнал на выходе делителя будет больше 10 В, что недопустимо. Если это условие не выполняется, то необходимо подкорректировать сигнал U_u или U_I .

Для структурной схемы на рис. 2.2 исходными данными для расчета ФВС является выходное напряжение цифро-аналогового преобразователя $U_{ц.а.п.}$.

$$U_{ц.а.п.} = \frac{N_{\text{вых}}}{2^n - 1} U_{\text{оп}},$$

где $N_{\text{вых}}$ – выходной код АЦП (см. п. 3.9); n – разрядность используемого ЦАП; $U_{\text{оп}}$ – значение опорного напряжения, подаваемого на вход ЦАП.

Используем 12-разрядный ЦАП 572ПА2. Стандартная схема включения приведена на рис. 3.18.

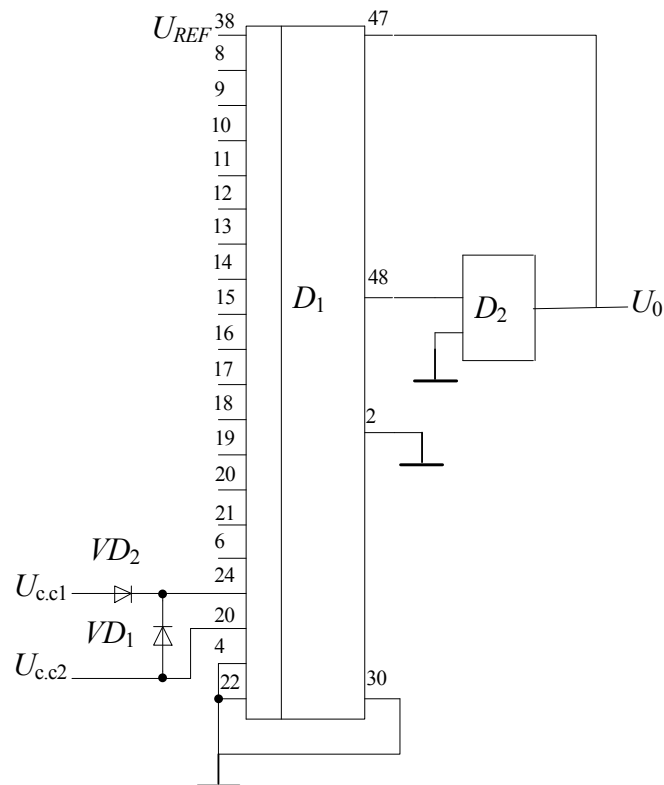


Рис. 3.18. Схема включения ЦАП 572ПА2

В качестве опорного напряжения ЦАП в курсовом проекте рекомендуется использовать микросхему ИОН (табл. 3.2), но допустимо использование питания 5 В.

Таблица 3.2

Основные параметры некоторых моделей источников опорного напряжения

Наименование	Выходное напряжение, В	ТКН 10^{-6}	Ток холостого хода	Ток нагрузки, мА	Коэф. стабилизации	$R_{\text{вых}}$, Ом	Долговременная нестабильность, мкВ/1000 ч	Примечания
<i>Источники опорного напряжения на стабилитронах</i>								
AD688	$\pm 10 \pm 0,002$	3,6	12	10	5000	0,05	15	Два симметричных выхода
LM399	6.95 ± 0.35	3	17	10	–	0,7	140	Подстройка $U_{\text{вых}}$
<i>Источники опорного напряжения на ширине запрещенной зоны</i>								
TL431	$2,5 \pm 0,05$	10	1	100	–	1,2	–	Отечественный аналог 142ЕН19
AD1582B	$2,5 \pm 0,002$	50	0,065	5	40000	0,25	250	Последовательный
AD1586B	$2,5 \pm 0,002$	50	0.05	10	–	0.5	250	Параллельный
AD589M	$1,225 \pm 0,025$	10	0,05	10	–	0,6	–	Параллельный
REF195E	$5 \pm 0,002$	5	0,045	30	40000	0,02	1200	Последовательный

Наименование	Выходное напряжение, В	ТКН 10^{-6}	Ток холостого хода	Ток нагрузки, мА	Кэф. стабилизации	$R_{\text{вых}}$, Ом	Долговременная нестабильность, мкВ/1000 ч	Примечания
MAX676A	$4,096 \pm 0,001$	1	10	10	8000	0,04	80	Есть выход датчика температуры
ADR291E	$2,5 \pm 0,002$	3	0,012	5	1300	0,075	0,5	XFET – источник

Для структурной схемы на рис. 2.3 исходными данными для расчета ФВС является выходное напряжение делителя напряжения $U_{\text{д.н}}$, рассчитанное в п. 3.9.

3.10.1. Расчет выходного преобразователя 0–100 мВ

Схема формирователя приведена на рис. 3.19. Эта схема состоит из резистивного делителя и повторителя на ОУ.

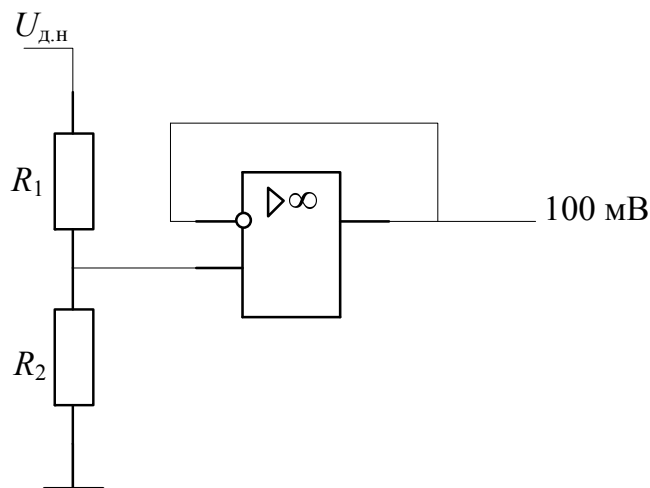


Рис. 3.19. Схема формирователя выходного сигнала 0–100 мВ

Необходимо, чтобы при номинальном входном сигнале эта схема обеспечивала напряжение на выходе 100 мВ. Рассчитаем необходимый коэффициент деления резистивного делителя по формуле:

$$K_{\text{дел}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{100 \text{ мВ}}{U_{\text{д.н}}}, \text{ для структурных схем на рис. 2.1 и 2.3;}$$

$$K_{\text{дел}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{100 \text{ мВ}}{U_{\text{ц.а.п}}}, \text{ для структурной схемы на рис. 2.2.}$$

Коэффициент деления зависит от используемых резисторов и определяется по формуле

$$K_{\text{дел}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}. \quad (3.49)$$

Задаемся резистором R_2 и рассчитываем R_1 . Резисторы выбираем из ряда E24.

3.10.2. Расчет выходного преобразователя 0–5 мА

В качестве формирователя выходного тока 0–5 мА будем использовать схему преобразователь напряжения – ток на ОУ (рис. 3.20).

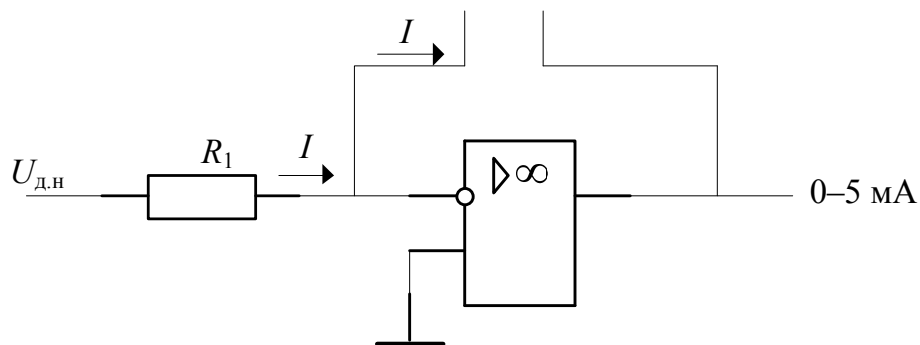


Рис. 3.20. Схема преобразователя напряжение–ток

Эта схема позволяет получить ток в диапазоне 0–5 мА.

Так как резистор R_1 подключен к виртуальной земле, то значение тока, протекающего по этому резистору и, следовательно, по цепи обратной связи, определяется выражением:

$$I = \frac{U_{\text{д.н}}}{R_1}, \text{ для структурных схем на рис. 2.1 и 2.3;}$$

$$I = \frac{U_{\text{ц.а.п}}}{R_1}, \text{ для структурной схемы на рис. 2.2.}$$

Таким образом, значение резистора R_1 можно найти из следующих выражений: $R_1 = \frac{U_{д.н}}{5 \text{ мА}}$ или $R_1 = \frac{U_{ц.а.п.}}{5 \text{ мА}}$.

3.10.3. Расчет выходного преобразователя 4–20 мА

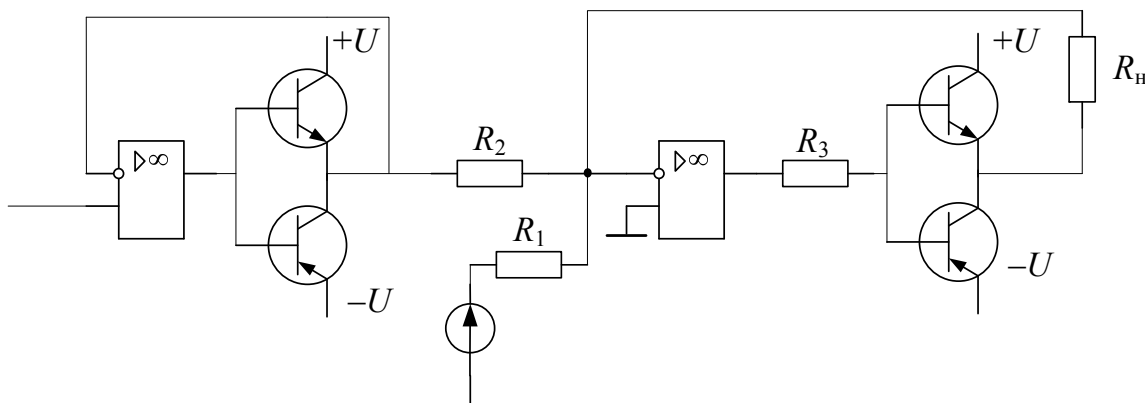


Рис. 3.21. Схема формирователя выходного сигнала 4–20 мА

В данной схеме (рис. 3.21) в связи с тем, что ОУ не может выдать ток более 5 мА, на выход ОУ подключается двухтактный усилитель мощности, охваченный общей отрицательной обратной связью. Эта схема должна обеспечивать выходной ток 4 мА при нулевом входном сигнале и 20 мА при номинальном входном сигнале.

В данной схеме резистор R_3 берется равным 100 Ом, а напряжение источника ЭДС E возьмем, например, равным 5 В.

В качестве источника напряжения E в курсовом проекте рекомендуется использовать микросхему ИОН (табл. 3.2), но допустимо использование питания 5 В.

Рассчитаем номиналы резисторов R_1 и R_2 :

$$R_1 = \frac{E}{I} = \frac{5}{4 \text{ мА}} = 1,25 \text{ кОм};$$

$$R_2 = \frac{U_{д.н}}{16 \text{ мА}} \text{ или } R_2 = \frac{U_{ц.а.п.}}{16 \text{ мА}}.$$

Транзисторы выбираются: КТ315 и КТ361.

4. РАСЧЕТ БЛОКА ПИТАНИЯ

Так как питание данной схемы осуществляется от автономного источника питания, то структурная схема блока питания имеет вид, представленный на рис. 4.1.

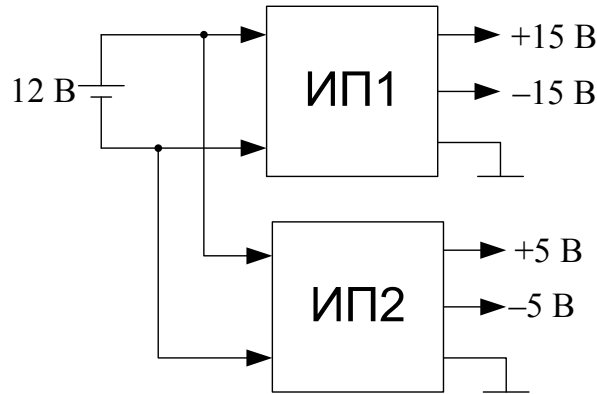


Рис. 4.1. Структурная схема блока питания

Для получения высокого КПД и исключения сильного нагрева стабилизаторов необходимо использовать импульсные *DC/DC* преобразователи. В процессе работы устройства постепенный разряд аккумулятора приводит к увеличению его внутреннего сопротивления и, как следствие, уменьшению значения напряжения на его зажимах. Чтобы исключить влияние входного напряжения на выходные, целесообразно использовать *DC/DC* преобразователи с широким диапазоном входных напряжений. В табл. 4.1 приведен ряд таких преобразователей фирмы Aimtec для двух диапазонов входных напряжений 4,5...18 и 9...18 В с различным значением выходного тока.

Таблица 4.1

Основные параметры *DC/DC* преобразователей

Модель	КПД, %	P , Вт	$U_{вх}$, В	$U_{вых1}$, В	$U_{вых2}$, В	$I_{вых}$, А
AM2GH-1205DZ	77 %	2	4,5...18	5	-5	±0,2
AM2GH-1205SZ	74 %	2	4,5...18	5	-	0,4
AM3GH-1205DZ	77 %	3	4,5...18	5	-5	±0,3
AM3GH-1205SZ	77 %	3	4,5...18	5	-	0,6
AM5T-1205DH35-VZ	77 %	5	9...18	5	-5	±0,5
AM5T-1205SH35-VZ	77 %	5	9...18	5	-	1
AM6T-1205DH35-VZ	78 %	6	9...18	5	-5	±0,6
AM6T-1205SH35-VZ	68 %	6	9...18	5	-	1,2

Модель	КПД, %	P , Вт	$U_{вх}$, В	$U_{вых1}$, В	$U_{вых2}$, В	$I_{вых}$, А
AM10E-1205DZ	83 %	10	9...18	5	-5	±1
AM10E-1205SZ	83 %	10	9...18	5	-	2
AM2GH-1215DZ	77 %	2	4,5...18	15	-15	±0,066
AM2GH-1215SZ	78 %	2	4,5...18	15	-	0,133
AM3GH-1215DZ	80 %	3	4,5...18	15	-15	±0,1
AM3GH-1215SZ	81 %	3	4,5...18	15	-	0,2
AM5T-1215DZ	79 %	5	9...18	15	-15	±0,166
AM6Q-1215DZ	88 %	6	9...18	15	-15	±0,2
AM10E-1215DZ	85 %	10	9...18	15	-15	±0,333

Внешний вид DC/DC преобразователей в корпусах $SIP8$ и $DIP24$ приведен на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Внешний вид DC/DC преобразователей

Чтобы выбрать DC/DC преобразователи для блока питания, необходимо:

- составить таблицу с данными о потреблении тока элементами схемы;
- рассчитать суммарный ток потребления для каждого напряжения питания;
- по табл. 4.1 выбрать DC/DC преобразователь, который имеет значение выходного тока больше, чем расчетное.

Пример расчета:

Составим таблицу потребления тока элементами схемы.

Расчет потребления тока элементами схемы

Элемент	Количество	$I_{\text{пот}}, \text{мА}$		$\Sigma I_{\text{пот}}, \text{мА}$	
		$\pm 15 \text{ В}$	$\pm 5 \text{ В}$	$\pm 15 \text{ В}$	$\pm 5 \text{ В}$
К140УД17А	10	4	–	40	–
К525ПС2	2	6	–	12	–
КР140УД11А	1	8	–	8	–
К572ПВ5	1	–	1,8	–	1,8
AD688	1	12	–	12	–
<i>Итого</i>				72	1,8

Таким образом, для формирования напряжения $\pm 15 \text{ В}$ выбираем DC/DC преобразователь $AM3GH-1215DZ$ со значением $I_{\text{вых}} = \pm 0,1 \text{ А}$, а для формирования напряжения $\pm 5 \text{ В}$ выбираем DC/DC преобразователь $AM2GH-1205DZ$ со значением $I_{\text{вых}} = \pm 0,2 \text{ А}$.

Ток, потребляемый DC/DC преобразователем от АКБ, можно получить из формулы для КПД преобразователя:

$$\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} 100 \% = \frac{I_{\text{вых}} U_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}} U_{\text{вх}}} 100 \%;$$
 (4.1)

$$I_{\text{вх}} = \frac{I_{\text{вых}} U_{\text{вых}} 100 \%}{U_{\text{вх}} \eta}.$$
 (4.2)

Например, для $U_{\text{вых}_DC} = \pm 15 \text{ В}$ и $U_{\text{а.к.б}} = 12 \text{ В}$ формула (4.2) примет вид:

$$I_{\text{вх}} = \frac{I_{\text{вых}} \cdot 30 \cdot 100 \%}{12 \eta}.$$

А для $U_{\text{вых}_DC} = +5 \text{ В}$ и $U_{\text{а.к.б}} = 12 \text{ В}$ формула (4.2) примет вид:

$$I_{\text{вх}} = \frac{I_{\text{вых}} \cdot 5 \cdot 100 \%}{12 \eta}.$$

Необходимая емкость аккумулятора ($\text{А} \cdot \text{ч}$) для непрерывной работы устройства в течение 24 ч определяется по формуле

$$C = 24 \text{ ч} \cdot (I_{\text{пот}_{\text{а.к.б}1}} + I_{\text{пот}_{\text{а.к.б}2}}).$$
 (4.3)

5. АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ УСТРОЙСТВ И СПОСОБЫ ИХ УМЕНЬШЕНИЯ

5.1. Основные составляющие погрешности

- В схеме КП основными составляющими погрешности являются:
- ошибка по постоянному току ОУ, обусловленная наличием напряжения смещения;
 - ошибка по постоянному току ОУ, обусловленная протеканием входных токов;
 - отличие номиналов применяемых резисторов от расчетных значений;
 - погрешность АПС и АЦП.

Ошибки по постоянному току следует анализировать в измерительных схемах, где измеряемый сигнал является сигналом постоянного тока. В данном курсовом проекте измеряются сигналы переменного тока и, в принципе, ошибки по постоянному току дифференциального усилителя можно не анализировать, так как ФЧВ преобразуют постоянный сигнал ошибки в переменный и далее этот сигнал отфильтровывается ФНЧ. Но смещение в канале измерения тока приведет к погрешности при определении среднего значения тока и неправильному формированию управляющих импульсов для ФЧВ. Кроме того, наиболее критичными к ошибкам от напряжения смещения и от входных токов являются каскады, где на входе присутствует полезный сигнал малого уровня.

Таким образом, по постоянному току будем анализировать следующие схемы:

- входной усилитель;
- формирователь выходного сигнала 0–100 мВ.

5.2. Погрешность от $U_{см}$ ОУ

Рассмотрим схему неинвертирующего усилителя (рис. 5.1), которую применяли в качестве входного усилителя в канале измерения тока.

Предположим, что данный усилитель имеет $K_{ус} \approx 1000$, $R_2 = 2$ МОм, $R_1 = 2$ кОм, а $U_{вх}$ примем 10 мВ, $U_{вх} = R_{ш}I = 1$ Ом \cdot 10 мА = 10 мВ.

Несимметричность входного дифференциального каскада ОУ характеризуется параметром $U_{см}$. Оценим, какую погрешность внесет напряжение смещения.

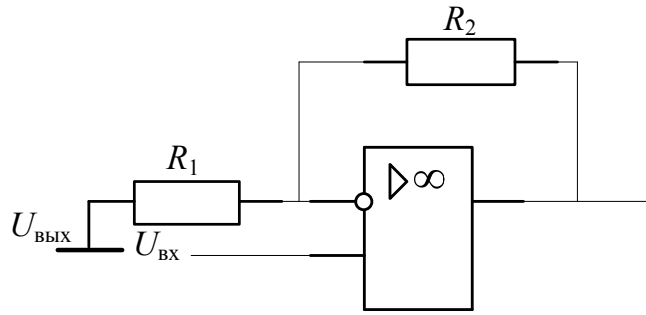


Рис. 5.1. Неинвертирующий усилитель

Для оценки сравнивают сигнал от напряжения смещения с полезным сигналом, приведенным ко входу или выходу усилителя.

Найдем полезный сигнал на выходе ОУ:

$$U_{\text{ВЫХ.ПОЛ}} = U_{\text{ВХ}} K_{\text{УС}} \approx 10 \text{ В.}$$

Для схем на ОУ считается, что напряжение смещения усиливается как в схеме неинвертирующего усилителя:

$$U_{\text{ВЫХ.СМ}} = U_{\text{СМ}} K_{\text{УС}} = 50 \text{ мкВ} \cdot 1000 = 50 \text{ мВ.}$$

Тогда погрешность, вносимая $U_{\text{СМ}}$, определяется следующим образом:

$$\delta_{\text{СМ}} = \frac{U_{\text{ВЫХ.СМ}}}{U_{\text{ВЫХ.ПОЛ}}} 100 \% = \frac{50 \text{ мВ}}{10 \text{ В}} 100 \% = 0,5 \%. \quad (5.1)$$

Расчет следующих каскадов в канале измерения тока по напряжению смещения проводить не целесообразно, так как полезный сигнал уже усилен и погрешность, вносимая $U_{\text{СМ}}$, будет очень мала, что позволяет применять более дешевые ОУ с большим значением $U_{\text{СМ}}$.

Как видно из вышеприведенного анализа, наиболее критичными к $U_{\text{СМ}}$ являются каскады, где на входе присутствует полезный сигнал малого уровня.

В схемах, где ошибка от $U_{\text{СМ}}$ велика, возможны следующие способы уменьшения погрешности:

– балансировка ОУ. По схеме, приведенной в справочнике, подключается переменный резистор и проводится настройка ОУ; при нулевом сигнале на входе добиваются нулевого сигнала на выходе. Данный способ применяется, если устройство работает в ограниченном температурном диапазоне, так как $U_{\text{СМ}}$ имеет температурный дрейф;

– применение более дорогих прецизионных ОУ. Этот способ является более предпочтительным.

5.3. Ошибка, вносимая входными токами ОУ

Входными токами ОУ называют токи, протекающие по входным выводам ОУ. Эти токи, протекая, создают падение напряжения, которое подобно напряжению смещения является источником погрешности.

Так, например, в схеме инвертирующего усилителя (рис. 5.2) ток I_1 , протекая через параллельное соединение резисторов R_1 и R_2 , создает падение напряжения $U_1 = I_1 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, а ток I_2 протекает по нулевому сопротивлению источника сигнала и не создает падения напряжения, т. е. $U_2 = 0$.

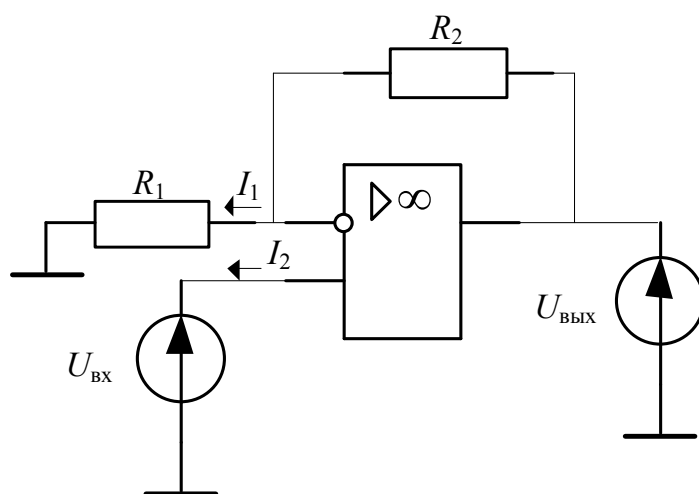


Рис. 5.2. Входные токи инвертирующего усилителя

Разность напряжений $U_2 - U_1$ усилителя подобно напряжению смещения. Так, для параметров схемы, приведенной на рис. 5.2:

$$U_1 = I_1 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}; \quad (5.2)$$

$$U_2 = 0.$$

$$U_{\text{ош}} = I_{\text{вх}} \cdot R_1 \parallel R_2 = I_{\text{вх}} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} K_{\text{ус}}. \quad (5.3)$$

Если ошибка от входных токов велика, то для ее уменьшения можно воспользоваться следующим методом:

– построить схему таким образом, чтобы эквивалентное сопротивление подключенных резисторов к обоим входам было одинаково (рис. 5.3 и 5.4).

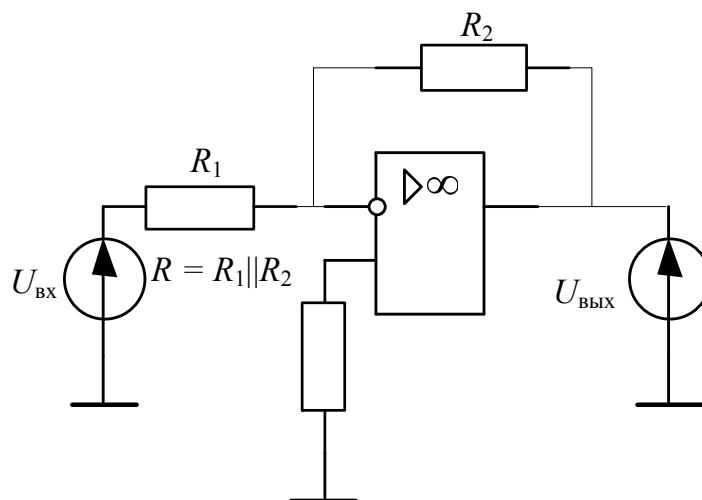


Рис. 5.3. Устранение влияния входных токов инвертирующего усилителя

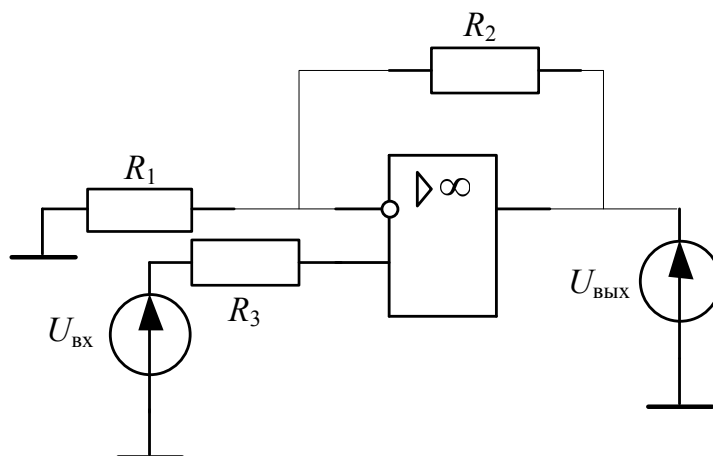


Рис. 5.4. Устранение влияния входных токов неинвертирующего усилителя

Эта операция носит название симметрирование. Однако полностью устранить ошибку от входных токов этим методом невозможно, так как токи, протекающие по входам ОУ, не одинаковы. В справочных материалах приводится параметр $\Delta I_{\text{вх}}$, который, как правило, на порядок меньше самих входных токов. После симметрирования ошибку от входных токов можно рассчитать по формуле

$$U_{\text{ош}} = \Delta I_{\text{вх}} \cdot R_1 \parallel R_2 = I_{\text{вх}} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} K_{\text{ус}}. \quad (5.4)$$

Кроме операции симметрирования можно порекомендовать использование ОУ с меньшим значением $I_{ВХ}$ или применением более низкоомных резисторов. Кроме того, для компенсации ошибок от $U_{см}$ и $I_{ВХ}$ можно в цепи усилительного канала предусмотреть настройку «0» (рис. 5.5).

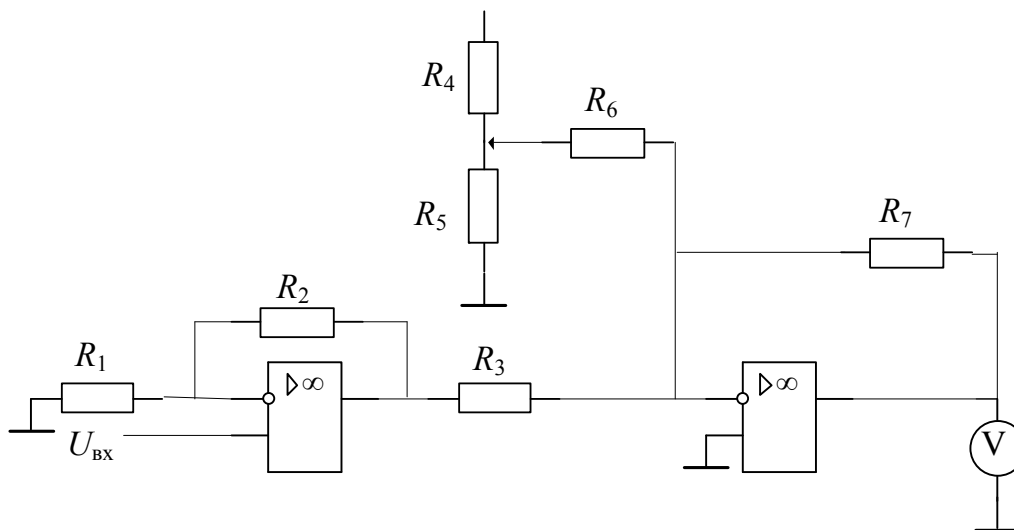


Рис. 5.5. Схема с настройкой «0»

Операция настройки заключается в следующем: вывод $U_{ВХ}$ заземляется и регулировкой R добиваются 0 на выходе. Эта настройка уберет ошибки и от $U_{см}$, и от входных токов, но только при определенной температуре, так как существует тепловой дрейф и $U_{ВХ}$, и $I_{ВХ}$.

5.4. Расчет погрешности формирователя выходного сигнала от $U_{см}$

Для выходного преобразователя 0–100 мВ погрешность от $U_{см}$ определяется по формуле

$$\delta = \frac{U_{см.о.у}}{U_{ВЫХ.ПОЛ}} 100 \% = \frac{U_{см.о.у}}{100 \text{ мВ}} 100 \%. \quad (5.5)$$

Для выходного преобразователя 0–5 мА погрешность от $U_{см}$ зависит от сопротивления нагрузки и определяется по формуле

$$\delta = \frac{U_{см.о.у}}{U_{ВЫХ.ПОЛ}} 100 \% = \frac{U_{см.о.у}}{I_{ВЫХ} R_{Н}} 100 \%. \quad (5.6)$$

Для сопротивления нагрузки $R_H = 1$ кОм:

$$\delta = \frac{U_{\text{см.о.у}}}{5 \text{ мА} \cdot 1 \text{ кОм}} 100 \% = \frac{U_{\text{см.о.у}}}{5 \text{ В}} 100 \%. \quad (5.7)$$

Для выходного преобразователя 4–20 мА погрешность от $U_{\text{см}}$ также зависит от сопротивления нагрузки и определяется по формуле

$$\delta = \frac{U_{\text{см.о.у}}}{U_{\text{вых.пол}}} 100 \% = \frac{U_{\text{см.о.у}}}{I_{\text{вых}} R_H} 100 \%. \quad (5.8)$$

Для сопротивления нагрузки $R_H = 500$ Ом:

$$\delta = \frac{U_{\text{см.о.у}}}{20 \text{ мА} \cdot 500 \text{ Ом}} 100 \% = \frac{U_{\text{см.о.у}}}{10 \text{ В}} 100 \%. \quad (5.9)$$

5.5. Погрешность $K_{\text{ус}}$, обусловленная разбросом номиналов резисторов

Выпускаемые резисторы имеют разброс значений сопротивлений от номинального. Так, например, использование резисторов с 5%-м разбросом в схеме инвертирующего и неинвертирующего ОУ может привести к 10%-му отклонению $K_{\text{ус}}$ в наихудшем случае:

$$K_{\text{усрасч}} = \frac{R_2}{R_1}; \quad (5.10)$$

$$K_{\text{усрасч}} = \frac{R_2 \cdot 1,05}{R_1 \cdot 0,95} = 1,1 \frac{R_2}{R_1} \quad \text{или} \quad (5.11)$$

$$K_{\text{усрасч}} = \frac{R_2 \cdot 0,95}{R_1 \cdot 1,05} = 0,9 \frac{R_2}{R_1}. \quad (5.12)$$

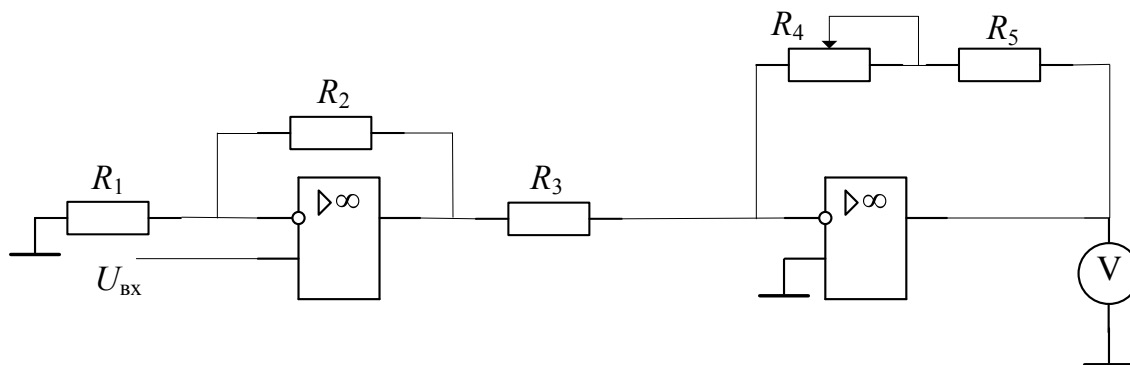


Рис. 5.6. Подстройка коэффициента усиления

Для устранения этого явления можно применять дорогостоящие прецизионные резисторы (с разбросом 1 % или меньше) или же использовать подстройку коэффициента усиления в схеме усилительного каскада, как показано на рис. 5.6.

5.6. Анализ погрешности перемножителя

Аналоговый перемножитель сигналов характеризуется следующими основными точностными параметрами, приведенными в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основные точностные параметры К525ПС2

Напряжение смещения	По $X \pm 10$ мВ
	По $Y \pm 10$ мВ
Погрешность перемножения	± 1 %
Нелинейность перемножения	$\pm 0,5$ %
Погрешность масштабного коэффициента не нормируется	–
Остаточное напряжение по входу X	80 мВ
Остаточное напряжение по входу Y	60 мВ

Ошибка перемножения от $U_{см}$ убирается настройкой АПС на минимальную погрешность и регулировкой «0» всего усилительного каскада.

Ошибка перемножителя от разброса значения масштабного коэффициента от номинального убирается подстройкой крутизны усилительного каскада.

Погрешность перемножителя характеризует возможности перемножителя после настройки его на минимальную погрешность для любой пары входных сигналов, а нелинейность перемножителя – это

неуменьшаемая составляющая погрешности и определяется при подаче на один вход \max постоянного сигнала, а на второй \min сигнала. Таким образом, погрешность перемножителя принимаем равной 1 %.

5.7. Анализ погрешности аналого-цифрового преобразователя

Используемые АЦП и ЦАП имеют следующие точностные параметры, приведенные в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Основные точностные параметры используемых АЦП и ЦАП

	К572ПВ2А К572ПВ5А	К572ПВ1А	К1108ПВ1А	К572ПА2А
Погрешность полной шкалы	–	±122 МЗР	±4 МЗР	–
Напряжение смещения	–	–	±10 мВ	–
Нелинейность преобразования	1 ед. счета	±4 МЗР	±1 МЗР	±0,025 %

Погрешность от напряжения смещения АЦП, как и для ОУ и АПС, можно убрать настройкой «0» всего усилительного каскада.

Погрешность полной шкалы характеризует разброс коэффициента преобразования, и эта погрешность убирается настройкой K_{yc} .

Нелинейность преобразователя является не уменьшаемой составляющей погрешности.

Для перехода от единиц счета к процентам воспользуемся следующей формулой:

$$\delta = \frac{1 \text{ МЗР}}{N_{\max}} 100 \%$$

Для 572ПВ2, 572ПВ5

$$\delta = \frac{1 \text{ ед. сч}}{2000} 100 \% = 0,05 \% \quad (5.13)$$

Для 572ПВ1А

$$\delta = \frac{4 \text{ МЗР}}{2^{12} - 1} 100 \% = \frac{4}{2^{12} - 1} 100 \% = 0,1 \% \quad (5.14)$$

Для 1108ПВ1

$$\delta = \frac{1 \text{ ед. сч}}{2^{10} - 1} 100 \% = \frac{1}{1023} 100 \% = 0,1 \%. \quad (5.15)$$

Таким образом, принимаем погрешность преобразователя 0,05 % для 572ПВ2, 572ПВ5 и 0,1 % для 572ПВ1А и 1108ПВ1.

5.8. Определение общей погрешности

Так как погрешность является величиной случайной, то общая погрешность определяется по формуле

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \dots}, \quad (5.16)$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ и т. д. – погрешности, присутствующие в схеме.

Разработанное устройство имеет два типа выхода: цифровой код (индикатор) и унифицированный выходной сигнал. Поэтому необходимо определить погрешность измерения по каждому выходу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данного курсового проекта была разработана схема измерительного преобразователя, которая способствовала закреплению лекционного материала, прочитанного в курсе лекций по дисциплине «Микроэлектроника и микросхемотехника», а также были закреплены практические навыки в решении технических задач:

- проведен обзор по теме курсового проекта;
- разработана функциональная схема устройства;
- разработана и рассчитана принципиальная схема устройства;
- проведен анализ погрешностей, величина погрешности не превышает 1,5 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА : справочник / Н. Н. Амиков [и др.]. – Минск : Беларусь, 1994.

2. Резисторы : справочник / В. В. Дубровский [и др.] ; под ред. И. И. Четверткова и В. М. Терехова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1991. – 528 с. : ил.

3. Конденсаторы : справочник / И. И. Четвертков [и др.] ; под ред. И. И. Четверткова, М. Н. Дьяконова. – М. : Радио и связь, 1993. – 392 с. : ил.

4. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам / Н. Н. Горюнов [и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Горюнова. – 5-е изд., стереотип. – М. : Энергия, 1979. – 744 с. : ил.

5. Новаченко, И. В. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры : справочник / И. В. Новаченко, В. А. Телец. – 2-е изд. – М. : Радио и связь, 1992. – 235 с.

6. Зельдин, Е. А. Цифровые микросхемы в информационно-измерительной аппаратуре / Е. А. Зельдин. – Л. : Энергоатомиздат; Ленингр. отд., 1986. – 280 с. : ил.

7. Захаренко, Л. А. Аналоговые перемножители сигналов : лаборатор. практикум по курсу «Микроэлектроника и микросхемотехника» для студентов специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника» / Л. А. Захаренко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 23 с.

8. Коломбет, Е. А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов / Е. А. Коломбет. – М. : Радио и связь, 1991.

9. Алексеенко, А. Г. Применение прецизионных аналоговых ИС / А. Г. Алексеенко, Е. А. Коломбет, Г. И. Стародуб. – Л. : Энергоиздат, 1988.

10. Гутников, В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах / В. С. Гутников. – Л. : Энергоиздат, 1988.

11. Хоровиц, П. Искусство схемотехники : в 3 т. / П. Хоровиц, У. Хилл ; пер. с англ. – М. : Мир, 2003.

12. Тимонтеев, В. Н. Аналоговые перемножители сигналов в радиоэлектронной аппаратуре / В. Н. Тимонтеев, Л. М. Величко, В. А. Ткаченко. – М. : Радио и связь, 1982.

13. Якубовский, С. В. Цифровые и аналоговые интегральные схемы : справочник / С. В. Якубовский. – М. : Радио и связь, 1988.

14. Федорков, Б. Г. Микросхемы ЦАП и АЦП / Б. Г. Федорков,

В. А. Телец. – М. : Энергоатомиздат, 1990.

15. Булычев, А. А. Аналоговые интегральные схемы : справочник / А. А. Булычев, В. И. Галкин, В. А. Прохоренко. – Минск : Беларусь, 1993.

16. Бахтиаров, Г. Д. Аналого-цифровые преобразователи / Г. Д. Бахтиаров, В. В. Малинин, В. П. Школин. – М. : Совет. радио, 1980.

17. Гнатек, Ю. Р. Справочник по цифро-аналоговым и аналого-цифровым преобразователям / Ю. Р. Гнатек. – М. : Радио и связь, 1982.

18. Шило, В. Л. Линейные интегральные схемы / В. Л. Шило. – М. : Совет. радио, 1979.

19. ГОСТ 24736–81. Преобразователи ЦАП и АЦП. Основные параметры.


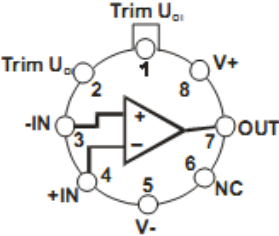
ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Перечень элементов

Поз.	Наименование	Кол.	Примеч.
	<i>Диоды</i>		
VD1... VD16	КЦ405Е	4	Диодные
VD18... VD21	КД521А	4	
VD22	КС162А	1	Стабилитрон
	<i>Конденсаторы</i>		
С1,С2	К50-6-50В-100мкФ (+80÷-20%)	2	
С3,С4	К50-6-50В-750мкФ (+80÷-20%)	2	
С5,С7	К50-6-50В-30мкФ (+80÷-20%)	2	
С6,С8	КД-2-500В-330нФ±5%	2	
С9,С10	КМ-4-160В-0.01мкФ±20%	2	
С11,С13,С15	К50-6-50В-1мкФ (+80÷-20%)	3	
С16,С18,С20	К50-6-50В-1мкФ (+80÷-20%)	3	
С12,С14	К50-6-50В-10мкФ (+80÷-20%)	2	
С17	К10-50-25В-0.47мкФ (+80÷-20%)	1	
С19	КД-2-500В-100нФ±5%	1	
	<i>Кварцевые резонаторы</i>		
ZQ1	РК379-1МГц	1	
<i>ГГТУ.1-36.04.02.02.32.20 ПЭЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп</i>
			<i>Дата</i>
<i>Разработал</i>	<i>Тимошенко</i>		19.05
<i>Проверил</i>	<i>Захаренко</i>		
<i>Н. контроль</i>			
<i>Утвердил</i>			
		<i>Измерительный преобразователь</i>	
		<i>Пояснительная записка</i>	
	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
		1	2
<i>ПС-32.20</i>			

<i>Поз.</i>	<i>Наименование</i>				<i>Кол.</i>	<i>Примеч.</i>
	<i>Микросхемы</i>					
DA1,DA3,DA	KR140УД17А				3	
DA9,DA10	KR140УД17А				2	
DA12,DA13	KR140УД17А				2	
DA5	KR1180EH5				1	
DA6	KR1179EH5				1	
DA7	KR1180EH15				1	
DA8	KR1179EH15				1	
DA11	K525ПС2А				1	
DD1	K1108PB1А				1	
	<i>Резисторы</i>					
R1,R2	С2-29В-0.125-2M0м±0.5%				2	
R3,R5	С2-29В-0.125-499к0м±0.5%				2	
R4,R7-R10	MЛТ-0.25-10к0м±5%				5	
R14,R16,R18	MЛТ-0.25-10к0м±5%				3	
R6	MЛТ-0.25-470к0м±5%				1	
R11,R28	MЛТ-0.25-1000м±5%				2	
R12	СПЗ-38а-0.125-2200м±20%				1	
R13	MЛТ-0.25-2400м±5%				1	
R15	MЛТ-0.125-5.1к0м±5%				1	
R17	MЛТ-0.25-6200м±5%				1	
	<i>Трансформаторы</i>					
T1	ТПП 260-127/220-50				1	
					<i>Лист</i>	
					Перечень элементов	
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		2

2. Справочные данные по ОУ

 Рижский завод полупроводниковых приборов Акционерное общество ALFA Рига, Латвия		140УД1701А,Б 140УД17А,Б				
Операционный усилитель со сверхмалым напряжением смещения						
<ul style="list-style-type: none"> • Малое напряжение смещения нуля U_{i0} • Малый дрейф напряжения смещения нуля U_{i0} • Малый входной ток I_i • Высокий коэффициент усиления напряжения A_U • Высокий коэффициент ослабления синфазных входных напряжений K_{CMR} • Широкий диапазон синфазного входного напряжения U_{iCMAX} • Широкий диапазон питающих напряжений U_{CC} 		<ul style="list-style-type: none"> - ± 25 мкВ/°С (макс) - $\pm 0,6$ мкВ/°С (макс) - 2нА (макс) - 300 тыс. (мин) - 110дБ (мин) - ± 13В (мин) - ± 3В до ± 18В 				
Общие сведения						
<p>ОУ 140УД17 обладает очень малым входным напряжением смещения нуля, что достигается путем подгонки микросхемы на стадии изготовления. В связи с этим ОУ не требует никакого внешнего обнуления. ОУ 140УД17 обладает малыми входными токами и высоким коэффициентом усиления. Малое смещение нуля и высокий коэффициент усиления делают этот ОУ особенно привлекательным для его применения в инструментальных схемах.</p> <p>Широкий диапазон входных напряжений в комбинации с высоким коэффициентом ослабления синфазных входных напряжений (K_{CMR}) и высоким импедансом обеспечивает высокую точность для схем с неинвертирующим включением. В схемах с глубокой обратной связью могут быть получены превосходные линейность и точность. ОУ обладает высокой и нормированной стабильностью напряжения смещения нуля и разности входных токов по времени и от изменения температуры окружающей среды.</p> <p>Точность и стабильность ОУ 140УД17 при больших усилениях в сочетании с отсутствием необходимости внешнего обнуления сделали этот ОУ инструментальным стандартом для измерительных и вычислительных устройств высокой точности.</p> <p>ОУ 140УД17 предназначены для работы в диапазоне температур от -60°C до $+125^\circ\text{C}$. Микросхемы изготавливаются в двух видах корпусов: 3101.8-1, Н04.16-2В</p>						
Предельно-допустимые параметры эксплуатации						
Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма				Время воздействия предельного режима эксплуатации
		Предельно-допустимый режим		Предельный режим		
		не менее	не более	не менее	не более	
1. Напряжение питания, В	U_{CC}	$\pm 13,5$	$\pm 16,5$	± 3	± 22	Два часа
2. Синфазные входные напряжения, В	U_{iC}		± 10		$\pm U_{CC}$	
3. Входное дифференциальное напряжение, В	U_{dif}		± 5		± 30	
4. Сопротивление нагрузки, кОм	R_L	2,0		0,3		Одна минута со скважностью 30 мин.
<p>Полное обозначение микросхем при заказе и в конструкторской документации:</p> <p>в корпусе 3101.8-1 140УД1701АСАР ; 140УД1701БСАР ; 140УД1701АС1АР ; 140УД1701БС1АР в корпусе Н04.16-2В 140УД17АУАР ; 140УД17БУАР ; 140УД17АУ1АР ; 140УД17БУ1АР ; 140УД17АУ2АР ; 140УД17БУ2АР</p>						
корпус 3101.8-1		Таблица назначения выводов				
		3101.8-1	Н04.16-2В	Назначение выводов		
		1	4	Балансировка		
		2	13	Балансировка		
		3	5	Вход инвертирующий		
		4	6	Вход неинвертирующий		
		5	8	Минус напряжения питания		
		7	11	Выход		
		8	12	Плюс напряжения питания		

Основные электрические параметры при приемке и поставке								
Наименование параметра единица измерения	Буквенн. обознач. параметра	Норма параметра				Режим измерения		Температура среды, °С
		140УД1701А, 140УД17А		140УД1701Б, 140УД17Б		U_{CC} , В	R_L , кОм	
		не менее	не более	не менее	не более			
1. Максимальное выходное напряжение, В	U_{Omax}	12,0	-12,0	12,0	-12,0	±15,0	2,0	25±5
		10,5	-10,5	10,5	-10,5	±13,5		
		12,0	-12,0	12,0	-12,0	±15,0	2,0	125±5
		10,5	-10,5	10,5	-10,5	±13,5		
2. Напряжение смещения нуля, мкВ	U_0	12,0	-12,0	12,0	-12,0	±15,0	2,0	-60±3
		10,5	-10,5	10,5	-10,5	±13,5		
		-25	25	-75	75	±15,0	2,0	25±5
		-55	55	-105	105	±16,5		
3. Входной ток, нА	I_i	-60	60	-200	200	±15,0	2,0	125±5
		-120	120	-260	260	±16,5		
		-60	60	-200	200	±15,0	2,0	-60±3
		-120	120	-260	260	±16,5		
4. Разность входных токов, нА	I_{io}	-2,0	2,0	-3,0	3,0	±15,0	2,0	25±5
		-2,5	2,5	-4,0	4,0	±16,5		
		-4,0	4,0	-6,0	6,0	±15,0	2,0	125±5
		-5,0	5,0	-7,0	7,0	±16,5		
5. Ток потребления, мА	I_{CC}	-4,0	4,0	-6,0	6,0	±15,0	2,0	-60±3
		-5,0	5,0	-7,0	7,0	±16,5		
		-2,0	2,0	-2,8	2,8	±15,0	2,0	25±5
		-2,5	2,5	-3,5	3,5	±16,5		
6. Коэффициент усиления напряжения	A_u	-4,0	4,0	-5,6	5,6	±15,0	2,0	125±5
		-5,0	5,0	-6,5	6,5	±16,5		
		-4,0	4,0	-5,6	5,6	±15,0	2,0	-60±3
		-5,0	5,0	-6,5	6,5	±16,5		
7. Максимальное синфазное входное напряжение, В	U_{iCmax}	4,0		4,0		±15,0	2,0	25±5
		4,5		4,5		±16,5		
		4,5		4,5		±15,0	2,0	125±5
		5,0		5,0		±16,5		
8. Частота единичного усиления, МГц	f_t	5,5		5,5		±15,0	2,0	-60±3
		6,0		6,0		±16,5		
		300000		200000		±15,0	2,0	25±5
		250000		150000		±13,5		
9. Коэффициент ослабления синфазных входных напряжений, дБ	K_{CMR}	200000		150000		±15,0	2,0	125±5
		150000		120000		±13,5		
		200000		150000		±15,0	2,0	-60±3
		150000		120000		±13,5		
10. Коэффициент влияния нестабильности источников питания на напряжение смещения нуля, дБ	K_{SVR}	13,0	-13,0	13,0	-13,0	±15,0	2,0	-60 + 125
		0,25		0,25		±15,0	2,0	25±5
11. Максимальная скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	SR	110		110		±15,0	2,0	25±5
		106		106				-60; 125
12. Температурный коэффициент напряжения смещения нуля, мкВ/°С	α_{U_0}	100		100		±15,0	2,0	25±5
		94		94				-60; 125
13. Температурный коэффициент разности входных токов, пА/°С	α_{I_0}	0,1		0,1		±15,0	2,0	25±5
		-0,6	0,6	-1,3	1,3	±15,0	2,0	-60+125
		-25	25	-50	50	±15,0	2,0	

Основные электрические параметры при приемке и поставке								
Наименование параметра единица измерения	Буквенн. обознач. пара- метра	Норма параметра				Режим измерения		Темпе- ратура среды, °C
		140УД1701А, 140УД17А		140УД1701Б, 140УД17Б		U_{CC} , В	R_L , кОм	
		не менее	не более	не менее	не более			
1. Максимальное выходное напряжение, В	U_{Omax}	12,0	-12,0	12,0	-12,0	$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
		10,5	-10,5	10,5	-10,5	$\pm 13,5$		
		12,0	-12,0	12,0	-12,0	$\pm 15,0$	2,0	125 ± 5
		10,5	-10,5	10,5	-10,5	$\pm 13,5$		
2. Напряжение смещения нуля, мкВ	U_{IO}	12,0	-12,0	12,0	-12,0	$\pm 15,0$	2,0	-60 ± 3
		10,5	-10,5	10,5	-10,5	$\pm 13,5$		
		-25	25	-75	75	$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
		-55	55	-105	105	$\pm 16,5$		
3. Входной ток, нА	I_I	-60	60	-200	200	$\pm 15,0$	2,0	125 ± 5
		-120	120	-260	260	$\pm 16,5$		
		-60	60	-200	200	$\pm 15,0$	2,0	-60 ± 3
		-120	120	-260	260	$\pm 16,5$		
4. Разность входных токов, нА	I_{IO}	-2,0	2,0	-3,0	3,0	$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
		-2,5	2,5	-4,0	4,0	$\pm 16,5$		
		-4,0	4,0	-6,0	6,0	$\pm 15,0$	2,0	125 ± 5
		-5,0	5,0	-7,0	7,0	$\pm 16,5$		
5. Ток потребления, мА	I_{CC}	-4,0	4,0	-6,0	6,0	$\pm 15,0$	2,0	-60 ± 3
		-5,0	5,0	-7,0	7,0	$\pm 16,5$		
			4,0		4,0	$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
			4,5		4,5	$\pm 16,5$		
6. Коэффициент усиления напряжения	A_U		4,5		4,5	$\pm 15,0$	2,0	125 ± 5
			5,0		5,0	$\pm 16,5$		
			5,5		5,5	$\pm 15,0$	2,0	-60 ± 3
			6,0		6,0	$\pm 16,5$		
7. Максимальное синфазное входное напряжение, В	U_{ICmax}	300000		200000		$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
		250000		150000		$\pm 13,5$		
		200000		150000		$\pm 15,0$	2,0	125 ± 5
		150000		120000		$\pm 13,5$		
8. Частота единичного усиления, МГц	f_t	200000		150000		$\pm 15,0$	2,0	-60 ± 3
		150000		120000		$\pm 13,5$		
		200000		150000		$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
		150000		120000		$\pm 13,5$		
9. Коэффициент ослабления синфазных входных напряжений, дБ	K_{CMR}	110		110		$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
		106		106				-60; 125
10. Коэффициент влияния нестабильности источников питания на напряжение смещения нуля, дБ	K_{SVR}	100		100		$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
		94		94				-60; 125
11. Максимальная скорость нарастания выходного напряжения, В/мкс	SR	0,1		0,1		$\pm 15,0$	2,0	25 ± 5
12. Температурный коэффициент напряжения смещения нуля, мкВ/°C	$\alpha_{U_{IO}}$	-0,6	0,6	-1,3	1,3	$\pm 15,0$	2,0	-60+125
13. Температурный коэффициент разности входных токов, нА/°C	$\alpha_{I_{IO}}$	-25	25	-50	50	$\pm 15,0$	2,0	

3. Справочные данные по аналого-цифровым преобразователям



Рижский завод полупроводниковых приборов

Акционерное общество ALFA
Рига, Латвия

1108ПВ1А

Быстродействующий прецизионный аналого-цифровой преобразователь

- Число разрядов 10
- Малое время преобразования 0,75 мкс
- Встроенный малозумящий band-gap источник опорного напряжения
- Встроенный регулируемый тактовый генератор
- Выходной регистр на 3 состояния с хранением информации

Общие сведения

Микросхема 1108ПВ1А это 10 разрядный, прецизионный, быстродействующий, функционально законченный аналого-цифровой преобразователь последовательного приближения с временем преобразования не более 1 мкс, включающий в себя источник опорного напряжения, тактовый генератор, выходной регистр на три состояния с хранением информации в течение последующего цикла преобразования, схему перевода в 8-ми разрядный режим работы с временем преобразования 0,75 мкс.

Микросхема 1108ПВ1А предназначена для преобразования аналогового сигнала в цифровой в виде параллельного двоичного кода. Логические уровни выходных и управляющих сигналов соответствуют ТТЛ схемам. В системе с жесткой синхронизацией тактов преобразования АЦП с внешними устройствами можно подавать на тактовый вход внешний тактовый сигнал с уровнями, соответствующими ЭСЛ схемам.

Опорное напряжение внутреннего ИОН можно также подавать на опорные входы внешних устройств или на цепи входного ОУ, при этом ток с выхода ИОН во внешние цепи не должен превышать 1 мА. Для задания требуемой тактовой частоты к тактовому входу (вывод 23) подключается частотоподающий конденсатор C_{CLK} или, для повышения стабильности тактовой частоты, можно подключить вместо конденсатора кварцевый резонатор.

ИС 1108ПВ1А устойчива к ионизирующим воздействиям.

ИС 1108ПВ1А предназначена для работы в диапазоне температур от -45°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

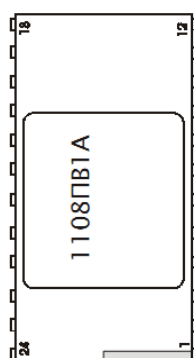
Микросхемы изготавливаются в двух видах металлокерамических корпусов:

210Б.24-1 и Н14.42-1В (далее все данные приведены для корпуса 210Б.24-1)

Изделия выпускаются по техническим условиям **БКО.347.347.-02ТУ**

Изделия выпускаются с гарантией различных уровней надежности: с приемкой ОТК; с премкой представителя заказчика; с повышенным уровнем надежности.

Таблица назначения выводов

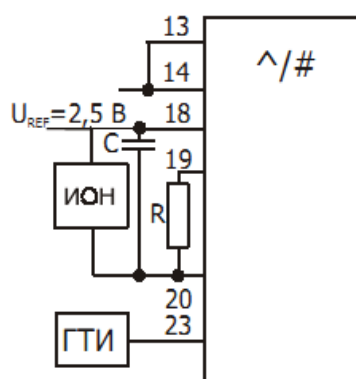
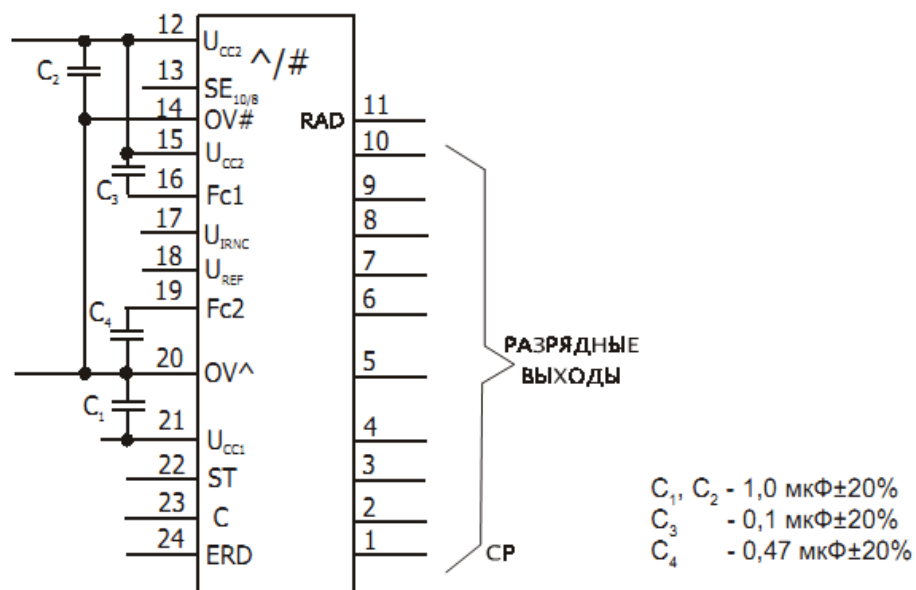


1 - Выход 1 разряда (CP)	13 - Вход "Укороченный цикл"
2 - Выход 2 разряда	14 - Цифровая земля
3 - Выход 3 разряда	15 - Минус 5,2 В (аналог.)
4 - Выход 4 разряда	16 - Коррекция ОУ
5 - Выход 5 разряда	17 - Аналоговый вход
6 - Выход 6 разряда	18 - Опорное напряжение
7 - Выход 7 разряда	19 - Коррекция ИОН
8 - Выход 8 разряда	20 - Аналоговая земля
9 - Выход 9 разряда	21 - +5,0 В
10 - Выход 10 разряда (MP)	22 - Вход "Запуск"
11 - Выход "Готовность данных"	23 - Вход "Такт"
12 - Минус 5,2 В (цифр.)	24 - Вход "Разрешение считывания"

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Норма		Темпера- тура, °С
		не менее	не более	
Напряжение смещения нуля на входе, мВ	$U_{Ю}$	-10	10	25
		-20	20	85 -45
Входное напряжение низкого уровня, В	U_{OL}		0,4	25 85 -45
Выходное напряжение высокого уровня, В	U_{OH}	2,4		25 85 -45
Выходное напряжение внутреннего опорного источника, В	U_{REF}	2,45	2,55	25
Коэффициент влияния нестабильности источников питания на выходное напряжение внутреннего опорного источника, мВ/В	$SVRU_{REF}$	-4,0	4,0	25
		-8,0	8,0	85 -45
Ток потребления U_{CC1} , мА	I_{CC1}		50	25
			60	85 -45
Ток потребления U_{CC2} , мА	I_{CC2}		130	25
			140	85 -45
Ток потребления по опорному источнику (внешнему), мА	I_{REF}		7	25
			8	85 -45
Входной ток низкого уровня по входам "запуск) и "разрешение считывания". мА	I_{IL1} I_{IL2}		2,5	25
			3,0	85 -45
Входной ток низкого уровня по входу "такт", мА	I_{IL3}		2,0	25 85 -45
Входной ток высокого уровня по входам "запуск" и "разрешение считывания", мА	I_{IH1} I_{IH2}		0,4	25
				85 -45
Входной ток высокого уровня по входу "такт", мА	I_{IH3}		2,0	25
			2,5	85 -45
Входной ток в процессе преобразования, мА	I_{IRNC}		6,0	25
			7,0	85 -45
Ток утечки выводов, мА	I_{OLK1} I_{OLK1}		0,1	25
				85 -45

Продолжение таблицы						
Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Норма		Температура, °C		
		не менее	не более			
Частота преобразования, МГц	f_c	0,4	1,5	25 85 -45		
Время преобразования, мкс	t_c		0,9	25 85 -45		
Время преобразования в режиме "укороченный цикл", мкс	t_{c8}		0,75	25 85 -45		
Число разрядов	B	10		25 85 -45		
Нелинейность, МР	δ_L	-1,0	1,0	25		
		-2,0	2,0	85 -45		
Дифференциальная нелинейность, МР	δ_{LD}	-0,75	0,75	25		
		-1,5	1,5	85 -45		
Абсолютная погрешность преобразованная в конечной точке шкалы, МР	δ_{FS}	-4,0	4,0	25		
		-7,0	7,0	85 -45		
Предельно-допустимые параметры эксплуатации						
Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение пара- метра	Норма				Время воздей- ствия предельного режима эксплуатации
		Предельно-допу- стимый режим		Предельный режим		
		не менее	более	не менее	более	
Напряжение питания, В	U_{CC1} U_{CC2}	4,75 -5,46	5,25 -4,94	-6,0	6,0	Не нормировано
Входное напряжение, В	U_{IRNC}	-0,7	3,7	-0,9	4,0	
Опорное напряжение, В	U_{REF}	2,4	2,6	1,5	3,0	
Напряжение высокого уровня по входам "запуск" и "разрешение считывания", В	U_{IH1} U_{IH2}	2,0	U_{CC1}	0	U_{CC1}	
Напряжение низкого уровня по входам "запуск" и "разрешение считывания", В	U_{IL1} U_{IL2}	0	0,45	0	0,8	
Напряжение высокого уровня по входу "такт", В	U_{IH3}	-1,0	-0,6	-1,1	-0,5	
Напряжение низкого уровня по входу "такт", В	U_{IL3}	-1,73	-1,57	-2,0	-1,5	
Выходной ток высокого уровня, мА	I_{OH}	0	0,1	0	0,3	
Выходной ток низкого уровня, мА	I_{OL}	0	3,2	0	4,0	

Основная схема включения



$R - 100 \text{ Ом} \pm 10\%$

Схема включения в режиме работы с внешним генератором тактовых импульсов ГТИ, с внешним источником опорного напряжения ИОН и с 10-ти разрядным циклом преобразования.

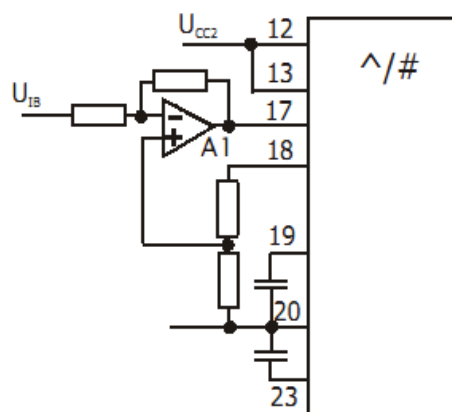


Схема включения в режиме работы с внутренним тактированием, с внутренним ИОН, с 8-ми разрядным циклом преобразования и с инвертирующим операционным усилителем А1 на входе для обеспечения работы с двухполярным входным напряжением $U_{IB} = \pm 4/7 U_{REF}$.



Рижский завод полупроводниковых приборов

Акционерное общество ALFA
Рига, Латвия www.alfarzpp.lv; alfa@alfarzpp.lv

572ПВ1
К572ПВ1
КР572ПВ1

Аналого-цифровой преобразователь

- Преобразователь на 12 двоичных разрядов
- Выполняет функцию АЦП последовательного приближения с внешним компаратором (компаратором и операционным усилителем) с выводом параллельного двоичного кода.
- Выполняет функцию умножающего цифро-аналогового преобразователя совместно с внешним операционным усилителем.
- Побайтовый вывод-ввод цифровой информации для согласования с 8-разрядной шиной данных

АЦП 572ПВ1 повышенной надежности дополнительно маркируются индексом **ОСМ**.

Тип изделия	Номер ТУ	Тип корпуса	Диапазон рабочих температур
572ПВ1А-Б	БК0.347.182-03ТУ	4434.48-2	-60°C до +85°C
572ПВ1АУ-БУ	БК0.347.182-03ТУ	Н14.42-1В	-60°C до +85°C
К572ПВ1А-В	БК0.348.432-03ТУ	4434.48-2	-10°C до +70°C
КР572ПВ1А-В	БК0.348.432-03ТУ	2123.40-2	-10°C до +70°C

Таблица назначения выводов

Номер вывода корпуса			Назначение вывода	Номер вывода корпуса			Назначение вывода
Н14. 42-1В	4434. 48-2	2123. 40-2		Н14. 42-1В	4434. 48-2	2123. 40-2	
1	1	1	Последовательный вход	30	30	27	Цифровая земля
2	2	2	Вход управления СР				
3	3	3	Напряжение питания U_{CC1}	31	31	28	Конечный вывод матрицы R-2R
4-15	4-15	4-15	Цифровой вход/выход				Общий вывод резисторов 1,2
16	16	16	Вход управления МР	32	32	29	Вывод резистора 1
17	17	17	Вход управления режимом	34	40	31	Вывод резистора 2
19	22	18	Выход "Цикл"	35	41	32	Опорное напряжение
20	23	19	Вход сравнения	36	42	33	Аналоговый вход 1
22	24	20	Напряжение питания U_{CC2}	37	43	34	Аналоговый вход 2
23	25	21	Вход ТИ	38	44	35	Общий вывод резисторов аналоговых вх. 1,2
24	26	22	Выход "конец преобразования"	39	45	37	Аналоговый выход 1
25	27	23	Вход "ЗАПУСК"	40	46	38	Аналоговый выход 2
26	28	24	Вход "ЦИКЛ"	41	47	39	Аналоговая земля
27	29	25	Вход стробирования ЦАП	42	48	40	

Предельно-допустимые параметры эксплуатации							
Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма				Время воздействия предельного режима эксплуатации	Примечание
		Предельно-допустимый режим		Предельный режим			
		не менее	не более	не менее	не более		
Напряжение питания, В	U_{CC1}	4,75	5,25	4,7	17	2ч.	
	U_{CC2}	14,25	15,75	13	17		
Опорное напряжение, В	U_{REF}	-10,29	-10,19	-15	15		
		10,19	10,29				
Входное напряжение высокого уровня, В	U_{IH}	2,4	5,25	2,4	17		
Входное напряжение низкого уровня, В	U_{IL}	0	0,4	0	0,4		
Напряжение высокого уровня на вх. сравнения и вх. "Цикл", В	$U_{IH,K}$	10	15,75	10	17		
Выходной ток высокого уровня, мА	I_{OH}	-	0,04	-	0,04		
					1,0*		
Выходной ток низкого уровня, мА	I_{OL}	-	0,4	-	0,4		
					3,0*		

Примечание:

1. При соблюдении условия U_{CC1} меньше-равно U_{CC2} , U_{IH} меньше-равно U_{CC2} , $U_{IH,K}$ меньше-равно U_{CC2} .
2. * - при $\tau=0,1$ мс (в импульсном режиме).
3. Предельный режим для изделий К(КР)572ПА1 не оговаривается.

Схема электрическая функциональная

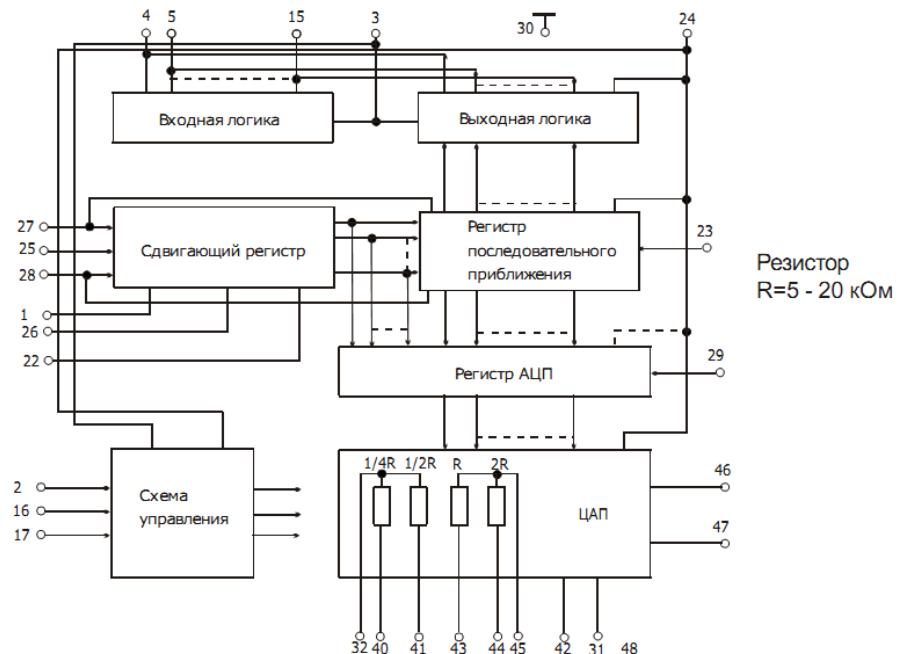
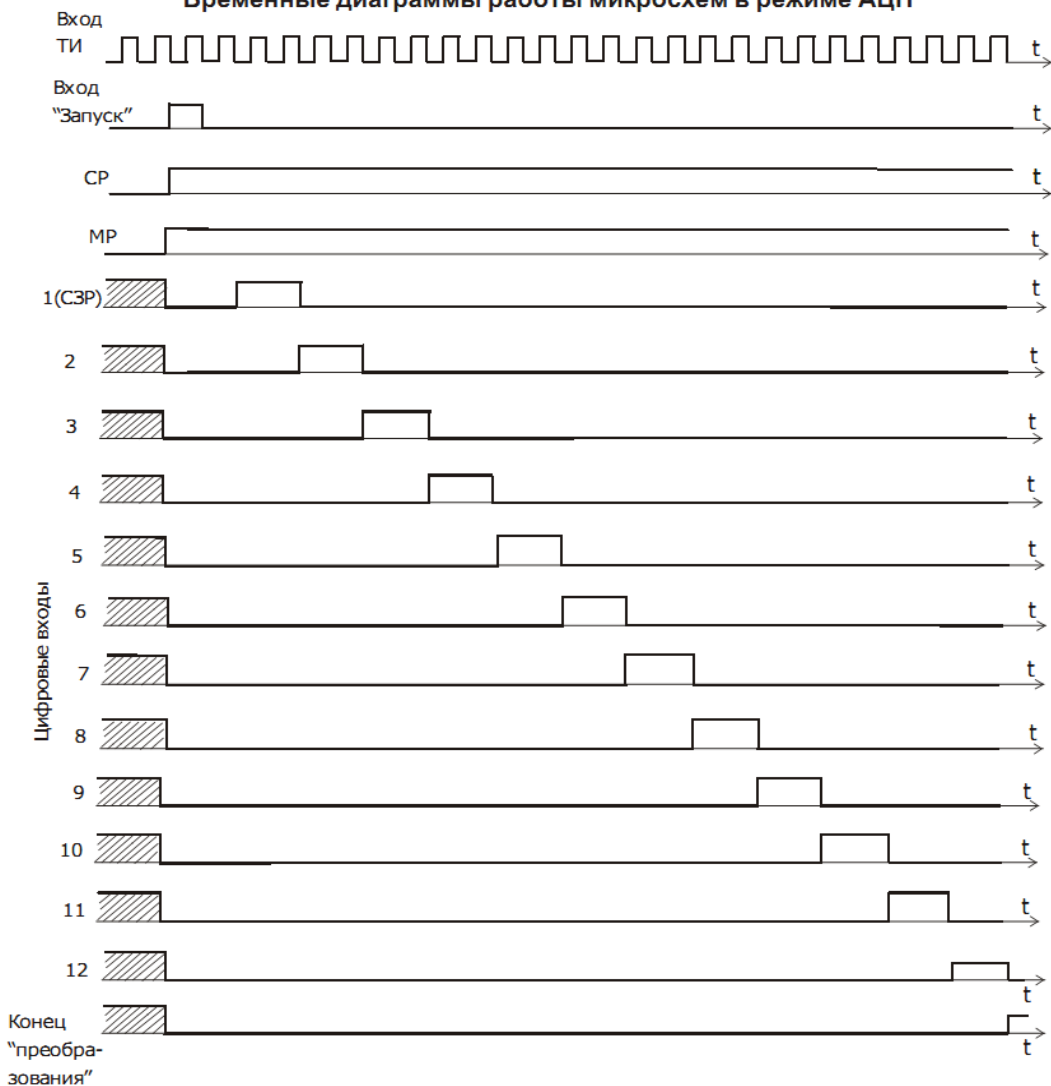


Таблица функций

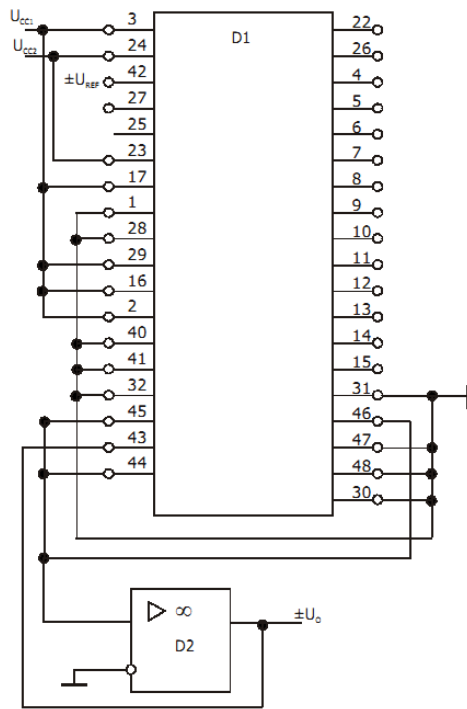
Выполняемая функция	Входы управления			Вход стробирования ЦАП
	CP	MP	режимом	
12 бит двоичный код	1	1	0	1
Двоичный код на цифровых выходах 1...4	1	0		
Двоичный код на цифровых выходах 5...12	0	1		
Разомкнутые цифровые выходы	0	0		
12 бит двоичный код	1	1	1	1
Двоичный код на цифровых выходах 1...4	0	1		
Двоичный код на цифровых выходах 5...12	1	0		
Преобразование двоичного кода в регистре ЦАП	-	-	-	0

Временные диаграммы работы микросхем в режиме АЦП



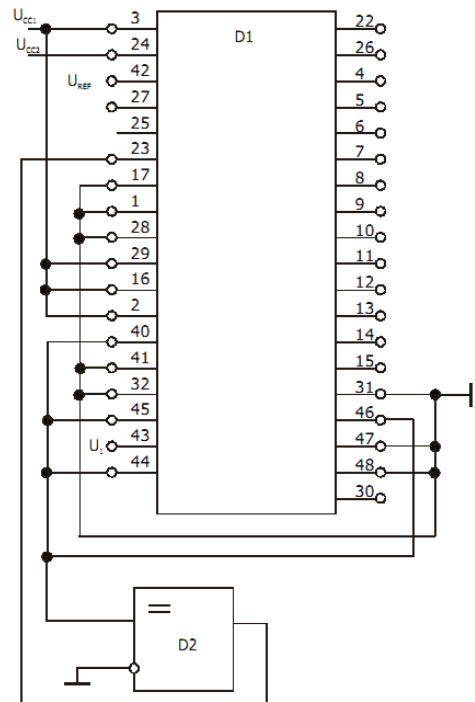
Примечания: 1. Заштрихованная область -область неопределенного состояния выходов
2. Напряжение на входе сравнения (вывод 23) равно нулю.

Схема включения микросхемы в режиме ЦАП с операционным усилителем



D1 - микросхема
D2 - операционный усилитель типа
140УД17 АЕЯР.431130.187-17ТУ

Схема включения микросхемы в режиме АЦП с компаратором напряжения



D1 - микросхема
D2 - компаратор напряжения типа
521СА301 6КО.347.015 ТУ2

Схема включения микросхемы в режиме АЦП с компаратором напряжения и операционным усилителем

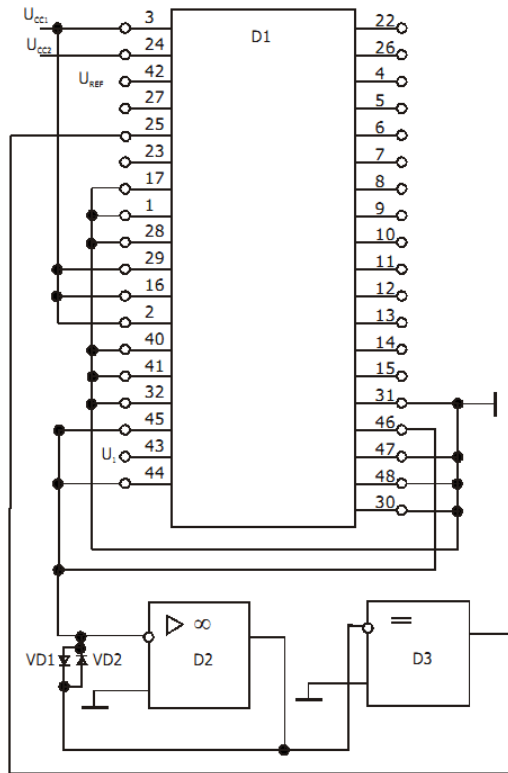
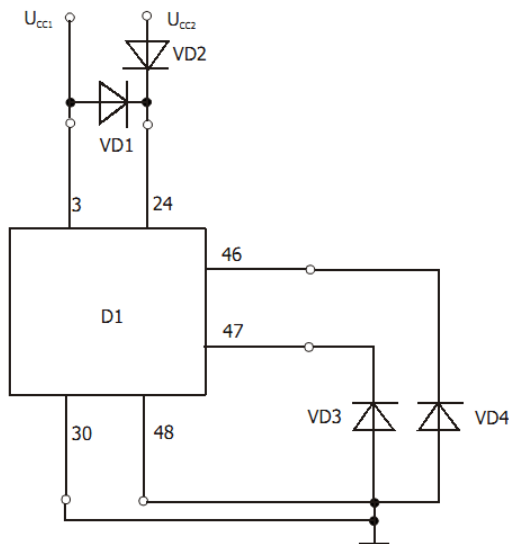


Схема защиты аналоговых выходов и выводов питания



D1 - микросхема
 VD1, VD3, VD4 - диоды с прямым падением напряжения не более 0,6 В
 VD2 - выбирается по I_{CC2} и по минимальному разбросу постоянного прямого напряжения диода.



Рижский завод полупроводниковых приборов

Акционерное общество ALFA
Рига, Латвия www.alfarzpp.lv; alfa@alfarzpp.lv

КР572ПВ2

Аналого-цифровой преобразователь

- При подключении 3-х внешних резисторов и 4-х внешних конденсаторов микросхема выполняет функцию АЦП, работающего по принципу двойного интегрирования с автоматической коррекцией нуля и автоматическим определением полярности входного сигнала.
- Диапазоны входного сигнала - $\pm 1,999$ В
 $\pm 199,9$ мВ
- Цифровая информация на выходе АЦП представляется в семисегментовом коде. Цифровой отсчет производится на 3,5-декадном индикаторе.

АЦП КР572ПВ2 выпускается по БКО.348.432-04ТУ в пластмассовом корпусе 2123.40-2 с рабочим диапазоном температур от минус 10°C до +70°C

Таблица назначения выводов

Номер вывода корпуса	Назначение вывода	Номер вывода корпуса	Назначение вывода
1	Напряжение питания U_{CC1}	21	Общий
2	Цифровой выход d_1	22	Цифровой выход g_{100}
3	Цифровой выход c_1	23	Цифровой выход a_{100}
4	Цифровой выход b_1	24	Цифровой выход c_{100}
5	Цифровой выход a_1	25	Цифровой выход g_{10}
6	Цифровой выход f_1	26	Напряжение питания U_{CC2}
7	Цифровой выход g_1	27	Конденсатор интегратора
8	Цифровой выход I_1	28	Резистор интегратора
9	Цифровой выход d_{10}	29	Конденсатор автокоррекции
10	Цифровой выход c_{10}	30	Аналоговый вход 1
11	Цифровой выход b_{10}	31	Аналоговый вход 2
12	Цифровой выход a_{10}	32	Аналоговый выход
13	Цифровой выход f_{10}	33	Опорный конденсатор
14	Цифровой выход I_{10}	34	Опорный конденсатор
15	Цифровой выход d_{100}	35	Опорное напряжение 1
16	Цифровой выход b_{100}	36	Опорное напряжение 2
17	Цифровой выход f_{100}	37	Контрольный вход
18	Цифровой выход I_{100}	38	Конденсатор генератора ТИ
19	Цифровой выход bc_{1000}	39	Резистор генератора ТИ
20	Цифровой выход g_{1000}	40	Генератор ТИ

Примечание: Чертежи корпуса приведены ниже.

Основные электрические параметры при приемке и поставке

Наименование параметра, единица измерения	Буквен. обознач.	Норма						Темпер. °С
		КР572ПВ2А		КР572ПВ2Б		КР572ПВ2В		
		не менее	не более	не менее	не более	не менее	не более	
Ток потребления, мА	I_{CC1}	-	1,8	-	1,8	-	1,8	25
	I_{CC2}	-	2,5	-	2,5	-	2,5	70
		-	2,5	-	2,5	-	2,5	-10
Выходной ток, мА	I_{O1}	5	-	5	-	5	-	25
		3,5	-	3,5	-	3,5	-	70
		3,5	-	3,5	-	3,5	-	-10
Выходной ток старшего разряда, мА	I_{O2}	10	-	10	-	10	-	25
Погрешность преобразования, ед.счета	δ	-	1	-	3	-	5	25
		-	2	-	4	-	5	70
Коэффициент ослабления синфазного напряжения, мкВ/В	CMR_{δ}	-	2	-	4	-	5	-10
		-	100	-	100	-	100	25

Предельно-допустимые параметры эксплуатации

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение пара- метра	Норма	
		Предельно-допу- стимый режим	
		не менее	не более
Напряжение питания, В	U_{CC1}	4,75	5,25
	U_{CC2}	-5,25	-4,75
Опорное напряжение, В	U_{REF}^*	0,1	1,0
Входное напряжение, В	U_I	-2,0	2,0

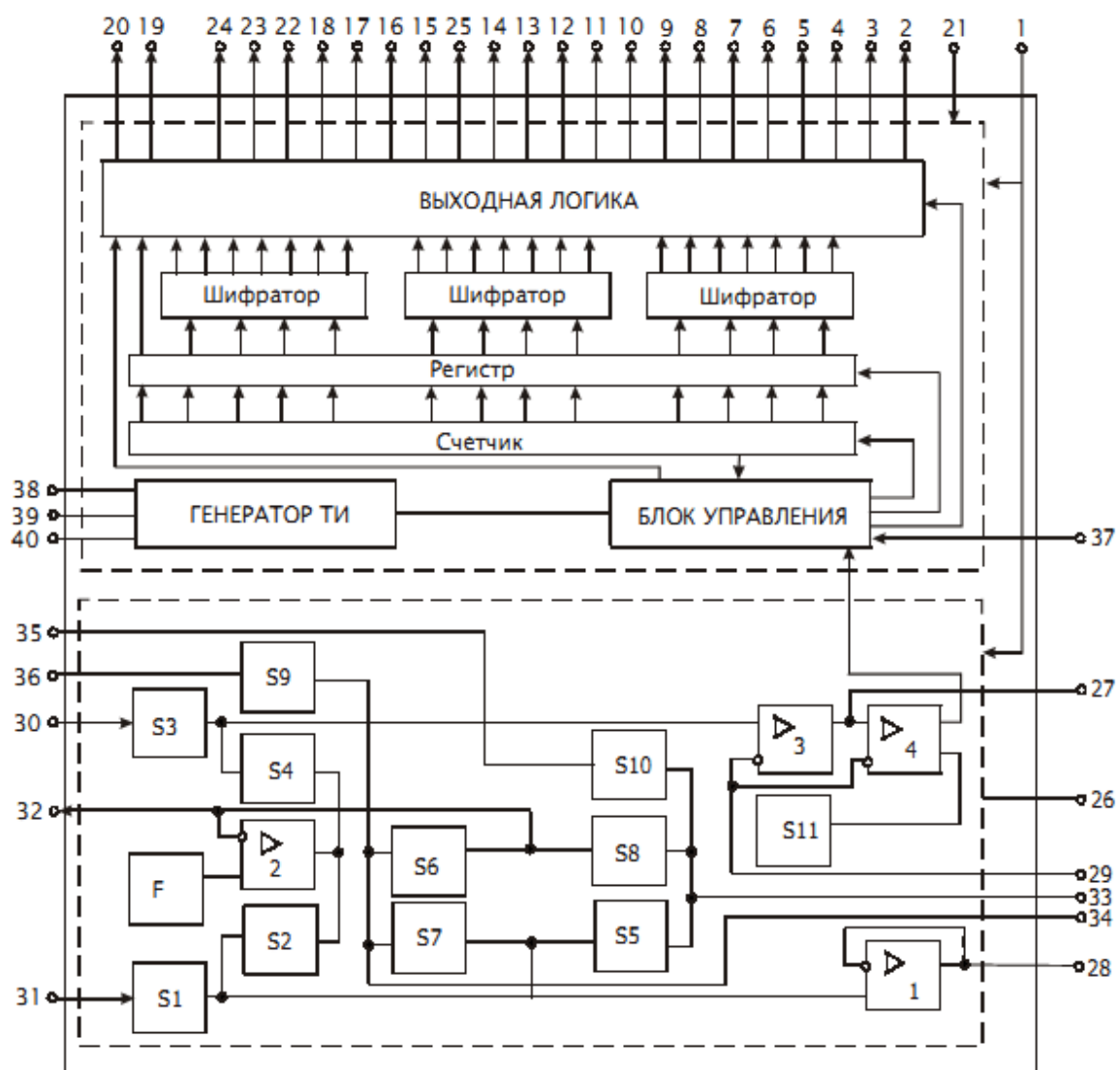
Примечание:

* - норма на параметр δ регламентируется при $U_{REF} \approx 0,1$ В и $U_{REF} \approx 1,0$ В.

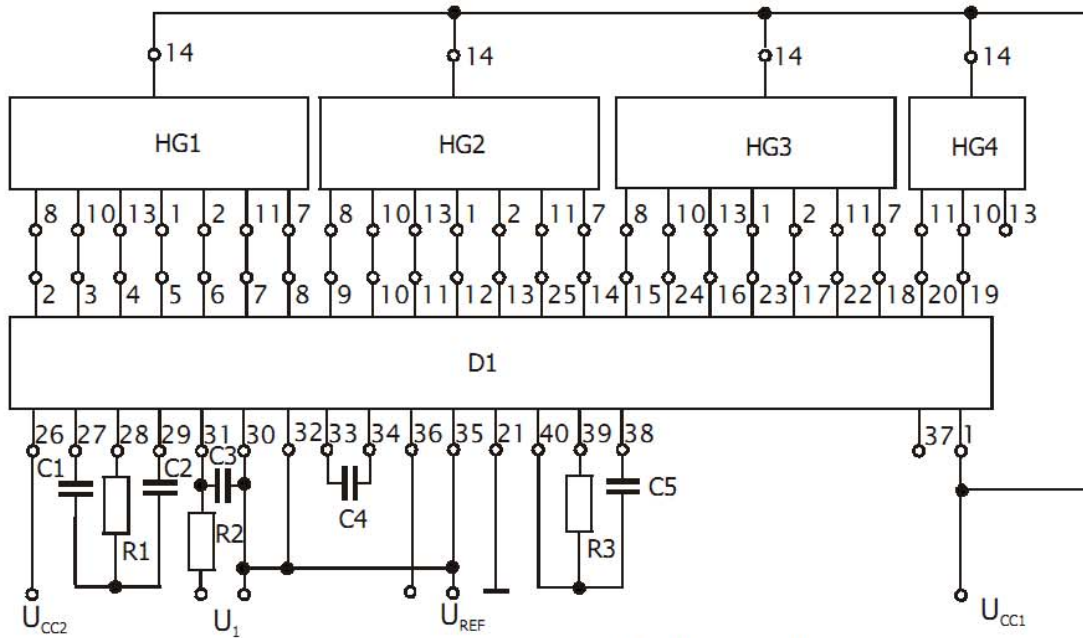
Норма на параметр CMR_{δ} регламентируется при $U_{REF} \approx 0,1$ В.

При этом точное значение U_{REF} устанавливается при калибровке АЦП в конце шкалы.

Схема электрическая функциональная



Основная схема включения микросхемы



D - микросхема

Таблица исполнения для $f_{\text{ТАКТ}} = 50 \text{ кГц}$

	100,0 мВ	1,000 В
C1	0,1 мкФ±5%	0,1 мкФ±5%
C2	0,47 мкФ±5%	0,047 мкФ±5%
C3	0,01 мкФ±5%	0,01 мкФ±5%
C4	1,0 мкФ±5%	0,1 мкФ±5%
C1	100 пФ±5%	100 пФ±5%
R1	47 кОм±5%	470 кОм±5%
R2	1 мОм±20%	1 мОм±20%
R3	100 кОм±5%	100 кОм±5%

Примечания:

1. При необходимости использовать другое значение $f_{\text{ТАКТ}}$ величину C5 определяют по формуле

$$C5 = 0,45 / f_{\text{ТАКТ}} \cdot R3$$

2. Для повышения стабильности $f_{\text{ТАКТ}}$ может быть использован кварцевый резонатор, подключенный между выводами 39 и 40 при этом элементы R3 и C5 не используют.

3. При работе от внешнего тактового генератора тактовые импульсы подадут на вывод 40, а выводы 38 и 39 не используют.

4. На схеме указано подключение микросхемы к цифровым индикаторам АЛС 324 Б.



Рижский завод полупроводниковых приборов

Акционерное общество ALFA
Рига, Латвия www.alfarzpp.lv; alfa@alfarzpp.lv

KP572PB5

Аналого-цифровой преобразователь

• При подключении 3-х внешних резисторов и 4-х внешних конденсаторов микросхема выполняет функцию АЦП, работающего по принципу двойного интегрирования с автоматической коррекцией нуля и автоматическим определением полярности входного сигнала.

• Диапазоны входного сигнала - $\pm 1,999$ В
 $\pm 199,9$ мВ

• Цифровая информация на выходе АЦП представляется в семисегментном коде.

Цифровой отсчет производится на 3,5-декадном индикаторе и равен соотношению $N=1000 \cdot U_1/U_{REF}$

АЦП KP572PB5 выпускается по БКО.348.432-07ТУ в пластмассовом корпусе 2123.40-2 с рабочим диапазоном температур от минус 10°C до +70°C

Таблица назначения выводов

Номер вывода корпуса	Назначение вывода	Номер вывода корпуса	Назначение вывода
1	Напряжение питания $+U_{CC}$	21	Общий индикации
2	Цифровой выход d_1	22	Цифровой выход g_{100}
3	Цифровой выход c_1	23	Цифровой выход a_{100}
4	Цифровой выход b_1	24	Цифровой выход c_{100}
5	Цифровой выход a_1	25	Цифровой выход g_{10}
6	Цифровой выход f_1	26	Напряжение питания $-U_{CC}$
7	Цифровой выход g_1	27	Конденсатор интегратора
8	Цифровой выход e_1	28	Резистор интегратора
9	Цифровой выход d_{10}	29	Конденсатор автокоррекции
10	Цифровой выход c_{10}	30	Аналоговый вход 1
11	Цифровой выход b_{10}	31	Аналоговый вход 2
12	Цифровой выход a_{10}	32	Аналоговый выход
13	Цифровой выход f_{10}	33	Опорный конденсатор
14	Цифровой выход e_{10}	34	Опорный конденсатор
15	Цифровой выход d_{100}	35	Опорное напряжение 1
16	Цифровой выход b_{100}	36	Опорное напряжение 2
17	Цифровой выход f_{100}	37	Контрольный вход
18	Цифровой выход e_{100}	38	Конденсатор генератора ТИ
19	Цифровой выход bc_{1000}	39	Резистор генератора ТИ
20	Цифровой выход g_{1000}	40	Генератор ТИ

Основные электрические параметры при приемке и поставке				
Наименование параметра, единица измерения	Буквен. обознач.	Норма		Темпер. °С
		КР572ПВ2А		
		не менее	не более	
Ток потребления, мА	I_{CC}	-	1,8	25
		-	2,5	70
		-	2,5	-10
Размах выходного напряжения, В	U_{OR}	4,0	-	2,5
		3,5	-	70
		3,5	-	-10
Погрешность преобразования, ед.счета	δ	-	1	25
		-	2	70
		-	2	-10
Коэффициент ослабления синфазного напряжения, мкВ/В	CMR_{δ}	-	100	25

Предельно-допустимые параметры эксплуатации

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение пара- метра	Норма	
		Предельно-допу- стимый режим	
		не менее	не более
Напряжение питания, В	U_{CC}	8,5	9,5
Опорное напряжение, В	U_{REF}^{**}	0,1	1,0
Входное напряжение, В	U_I^*	-1,999	1,999

Примечание:

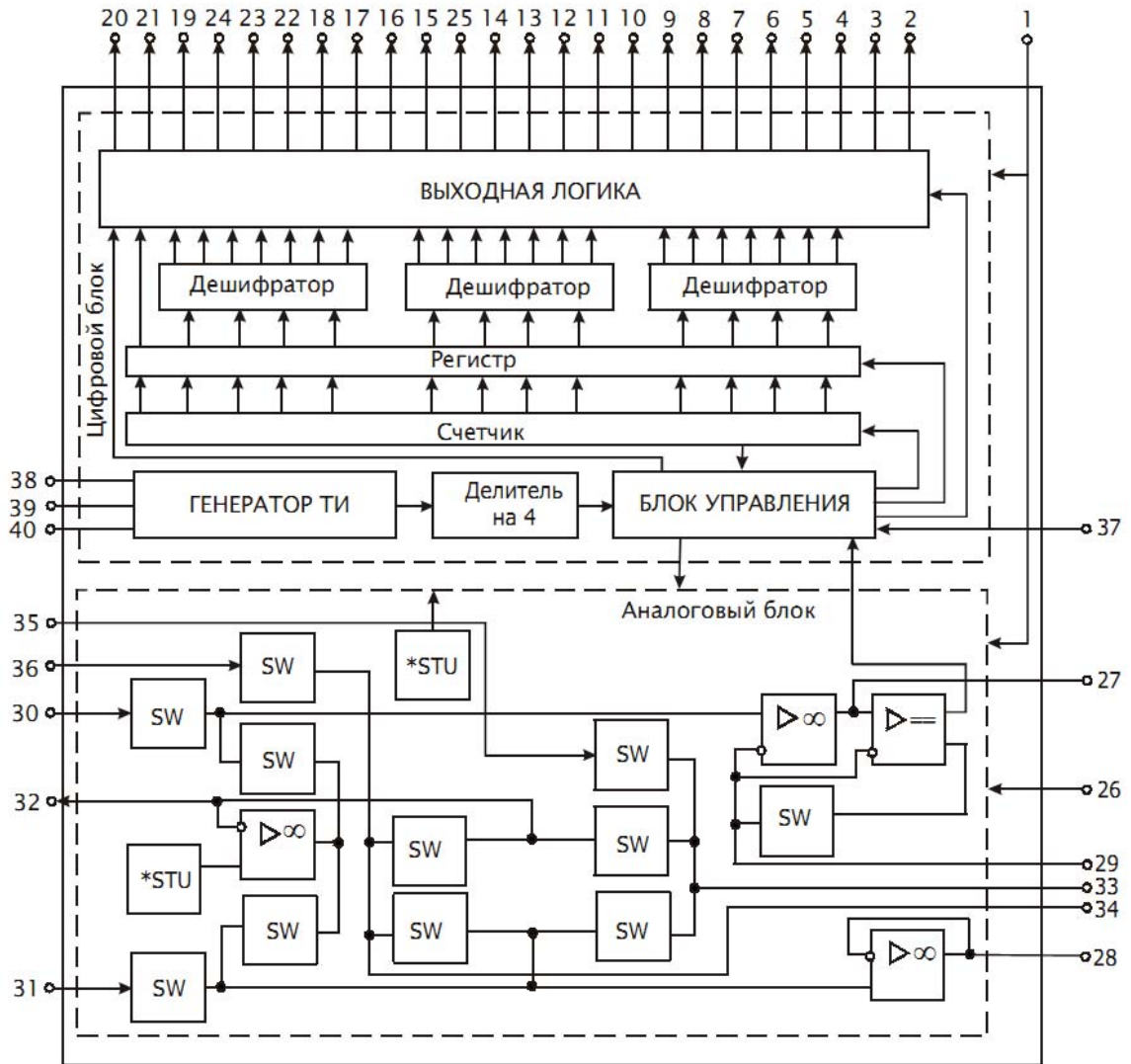
* - Максимальное значение цифрового отсчета АЦП $N=1999$.

Значение U_{REF} выбирается по формуле $\pm N=1000 \cdot U_I/U_{REF}$.

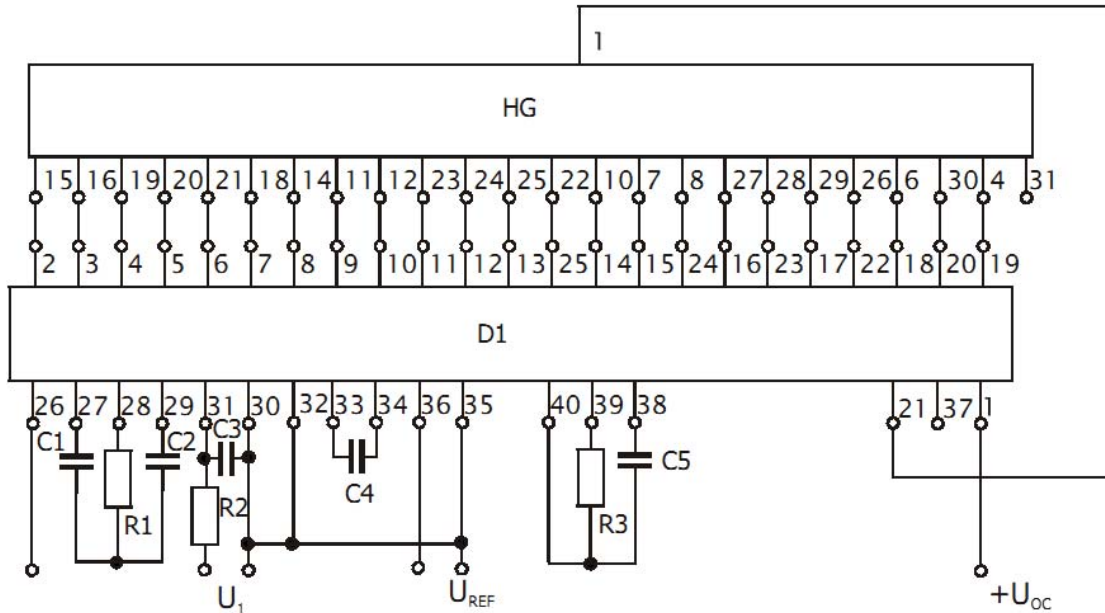
** - Норма на параметр δ регламентируется при $U_{REF} \approx 0,1$ В и $U_{REF} \approx 1,0$ В,
а параметр CMR_{δ} – при $U_{REF} \approx 0,1$ В.

При этом точное значение U_{REF} устанавливается при калибровке АЦП в конце шкалы.

Схема электрическая функциональная



Основная схема включения микросхемы



D1 - микросхема

Таблица исполнения для $f_{\text{ТАКТ}} = 50 \text{ кГц}$

	100,0 мВ	1,000 В
C1	0,22 мкФ±5%	0,22 мкФ±5%
C2	0,47 мкФ±5%	0,047 мкФ±5%
C3	0,01 мкФ±5%	0,01 мкФ±5%
C4	1,0 мкФ±5%	0,1 мкФ±5%
C1	100 пФ±5%	100 пФ±5%
R1	47 кОм±5%	470 кОм±5%
R2	1 мОм±20%	1 мОм±20%
R3	100 кОм±5%	100 кОм±5%

Примечания:

1. При необходимости использовать другое значение f_{CLK} величину C5 определяют по формуле


$$C5 = 0,45 / f_{\text{CLK}} \cdot R3$$

2. Для повышения стабильности f_{CLK} может быть использован кварцевый резонатор, подключенный между выводами 39 и 40 при этом элементы R3 и C5 не используют.

3. При работе от внешнего тактового генератора тактовые импульсы подают на вывод 40, а выводы 38 и 39 не используют.

4. HG - цифровой индикатор типа ИЖЦ5-418 ОДО.300.008 ТУ.

4. Справочные данные по цифро-аналоговым преобразователям

	Рижский завод полупроводниковых приборов Акционерное общество ALFA Рига, Латвия www.alfarzpp.lv; alfa@alfarzpp.lv	572ПА2 К(КР)572ПА2																					
Цифровой-аналоговый преобразователь																							
<ul style="list-style-type: none"> • Умножающий цифро-аналоговый преобразователь на 12 двоичных разрядов: - режим двухквadrантного умножения с одним внешним операционным усилителем; - режим четырехквadrантного умножения с двумя внешними операционными усилителями; - запись и хранение цифровых данных. • Диапазон рабочих температур от -60 °C до +85 °C 																							
ЦАП 572ПА2 повышенной надежности дополнительно маркируются индексом ОСМ .																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Тип изделия</th> <th style="width: 25%;">Номер ТУ</th> <th style="width: 25%;">Тип корпуса</th> <th style="width: 25%;">Диапазон рабочих температур</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>572ПА2А,Б</td> <td>БК0.347.182 ТУ2</td> <td>4134.48-2</td> <td>-60°C до +85°C</td> </tr> <tr> <td>572ПА2АУ,БУ</td> <td>БК0.347.182 ТУ2</td> <td>Н14.42-1В</td> <td>-60°C до +85°C</td> </tr> <tr> <td>КР572ПА2А,Б,В</td> <td>БК0.348.432-02 ТУ</td> <td>2123.40-2</td> <td>-10°C до +70°C</td> </tr> <tr> <td>К572ПА2А,Б,В</td> <td>БК0.348.432-02 ТУ</td> <td>4134.48-2</td> <td>-10°C до +70°C</td> </tr> </tbody> </table>				Тип изделия	Номер ТУ	Тип корпуса	Диапазон рабочих температур	572ПА2А,Б	БК0.347.182 ТУ2	4134.48-2	-60°C до +85°C	572ПА2АУ,БУ	БК0.347.182 ТУ2	Н14.42-1В	-60°C до +85°C	КР572ПА2А,Б,В	БК0.348.432-02 ТУ	2123.40-2	-10°C до +70°C	К572ПА2А,Б,В	БК0.348.432-02 ТУ	4134.48-2	-10°C до +70°C
Тип изделия	Номер ТУ	Тип корпуса	Диапазон рабочих температур																				
572ПА2А,Б	БК0.347.182 ТУ2	4134.48-2	-60°C до +85°C																				
572ПА2АУ,БУ	БК0.347.182 ТУ2	Н14.42-1В	-60°C до +85°C																				
КР572ПА2А,Б,В	БК0.348.432-02 ТУ	2123.40-2	-10°C до +70°C																				
К572ПА2А,Б,В	БК0.348.432-02 ТУ	4134.48-2	-10°C до +70°C																				
Таблица назначения выводов																							
Номер вывода			Назначение вывода																				
Н14.42-1В	4134.48-2	2123.40-2																					
1	2	32	Аналоговый выход 2 (инверсный)																				
2	4	33	Аналоговая земля																				
3	6	34	Вход регистора 1																				
5	8	35	Цифровой вход 1 (СР)																				
7	9	36	Цифровой вход 2																				
8	10	37	Цифровой вход 3																				
9	11	38	Цифровой вход 4																				
10	12	39	Цифровой вход 5																				
11	13	40	Цифровой вход 6																				
12	14	1	Цифровой вход 7																				
13	15	2	Цифровой вход 8																				
14	16	3	Цифровой вход 9																				
15	17	4	Цифровой вход 10																				
16	18	5	Цифровой вход 11																				
18	19	6	Цифровой вход 12 (МР)																				
19	20	7	Питание U_{CC1}																				
20	21	8	Вход регистра 2																				
22	22	9	Цифровая земля																				
24	24	10	Питание U_{CC2}																				
27	30	13	Вывод конечного резистора матрицы																				
38	38	27	Опорное напряжение U_{REF}																				
41	47	28	Вывод резистора обратной связи																				
42	48	31	Аналоговый выход 1																				

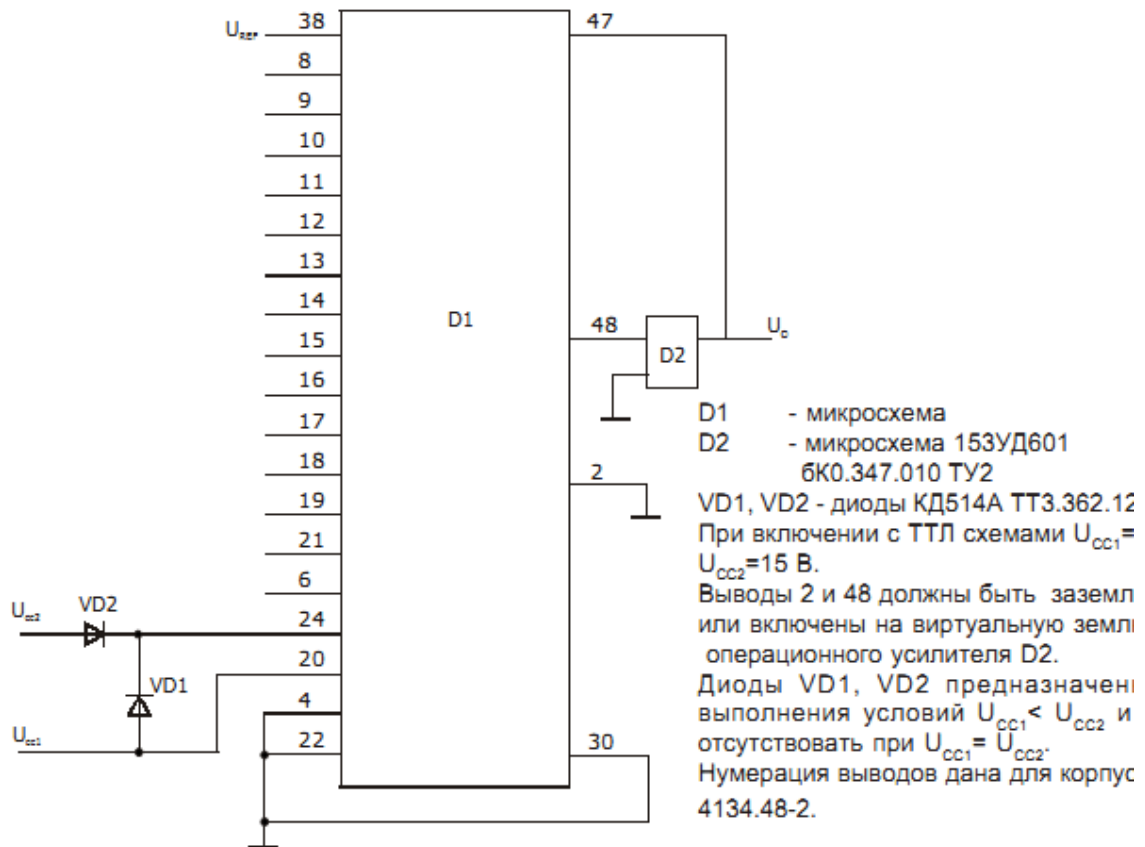
| Габаритные чертежи корпусов приведены ниже | | | |

Предельно-допустимые параметры эксплуатации

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначе- ние пара- метра	Норма				Время воздействия предельного режима эксплуатации
		Предельно-допу- стимый режим		Предельный режим		
		не менее	не более	не менее	не более	
Напряжение питания, В	U_{CC1}	4,75	5,25	4,7	17	Не более 2ч.
	U_{CC2}	14,25(13,5)	15,75(16,5)	12	17	
Входное напряжение высокого уровня, В	U_{IH}	2,4	5,25	2,4	17	
Входное напряжение низкого уровня, В	U_{IL}	0	0,8	0	0,8	
Опорное напряжение, В	U_{REF}	10,22	10,26	-22,5	22,5	

- Примечание:
1. При соблюдении условий $U_{CC1} \leq U_{CC2}$; $U_{IH} \leq U_{CC1}$.
 2. Время пребывания микросхемы при подаче U_{REF} в диапазоне от минус 10 до 10,26 В соответствует времени минимальной наработки.
 3. Предельный режим для изделий К(КР)572ПА2 не оговаривается.
 4. В скобках указаны значения для изделий К(КР)572ПА2.

Основная схема включения с операционным усилителем



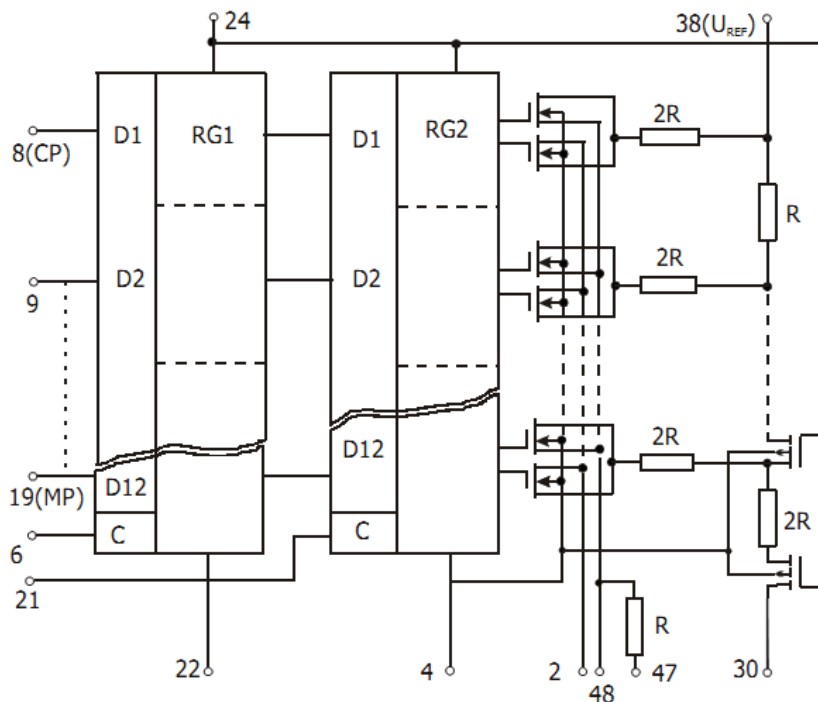
Предельно-допустимые параметры эксплуатации							
Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма				Время воздействия предельного режима эксплуатации	Примечание
		Предельно-допустимый режим		Предельный режим			
		не менее	не более	не менее	не более		
Напряжение питания, В	U_{CC1}	4,75	5,25	4,7	17	Не более 2ч.	
	U_{CC2}	14,25(13,5)	15,75(16,5)	12	17		
Входное напряжение высокого уровня, В	U_{IH}	2,4	5,25	2,4	17		
Входное напряжение низкого уровня, В	U_{IL}	0	0,8	0	0,8		
Опорное напряжение, В	U_{REF}	10,22	10,26	-22,5	22,5		

Примечание: 1. При соблюдении условий $U_{CC1} \leq U_{CC2}$; $U_{IH} \leq U_{CC1}$.
2. Время пребывания микросхемы при подаче U_{REF} в диапазоне от минус 10,26 до 10,26 В соответствует времени минимальной наработки.
3. Предельный режим для изделий К(КР)572ПА2 не оговаривается.
4. В скобках указаны значения для изделий К(КР)572ПА2.

Основная схема включения с операционным усилителем

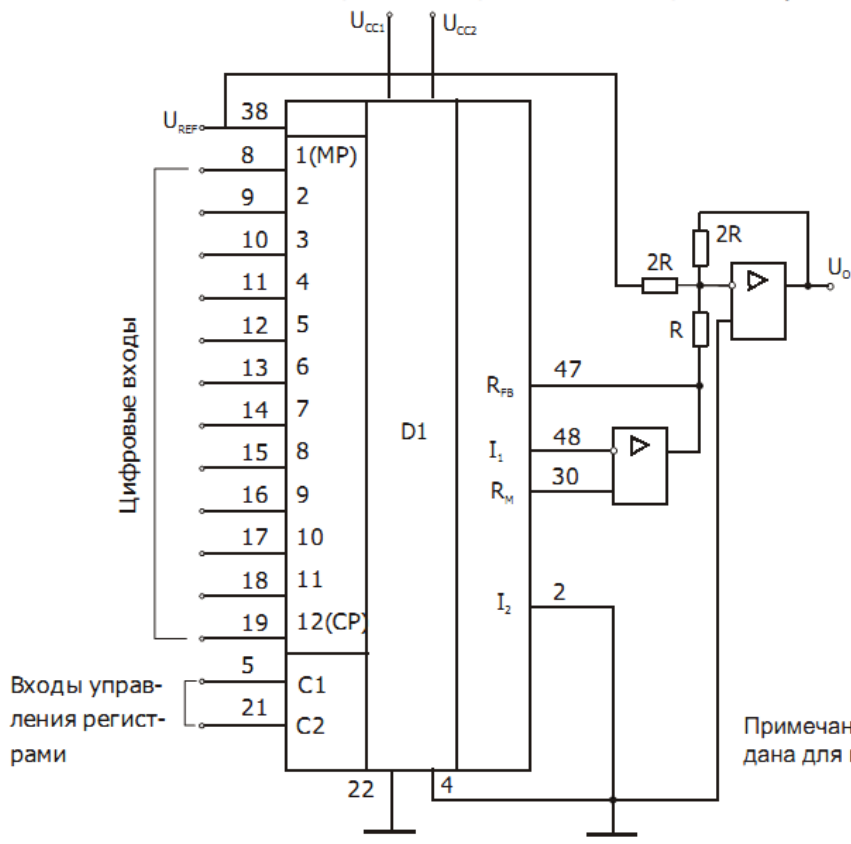
D1 - микросхема
D2 - микросхема 153УД601
БКО.347.010 ТУ2
VD1, VD2 - диоды КД514А ТТЗ.362.124 ТУ
При включении с ТТЛ схемами $U_{CC1} = 5$ В, $U_{CC2} = 15$ В.
Выходы 2 и 48 должны быть заземлены или включены на виртуальную землю операционного усилителя D2.
Диоды VD1, VD2 предназначены для выполнения условий $U_{CC1} < U_{CC2}$ и могут отсутствовать при $U_{CC1} = U_{CC2}$.
Нумерация выводов дана для корпуса 4134.48-2.

Схема структурная



Примечание: Нумерация выводов дана для корпуса 4134.48-2

Схема включения микросхемы в режиме 4-х квадрантного умножения



Примечание: Нумерация выводов дана для корпуса 4134.48-2

5. Пример заполнения листа задания

Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь
Установа адукацыі
«ГОМЕЛЬСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ ТЭХНІЧНЫ ЎНІВЕРСІТЭТ
імя П.В. Сухога»

Назва факультэта ФАИС

«ЗАЦВЯРДЖАЮ»

Заг. кафедры _____

(подпіс)

« _____ » _____ 201__ г.

ЗАДАНИЕ па курсавому праектаванню

Студэнту Иванову Ивану Ивановичу гр. ПЭ-41

1. Тэма праекта Разработка измерительного преобразователя

2. Тэрміны здачы студэнтам скончанага праекта 2 декабря 2011г.

3. Зыходныя дадзеныя да праекта Исходные данные к проекту выбираются в соответствии с номером по списку по таблицам, приведенным в приложении А.

4. Змест разлікова-тлумачальнай запіскі (пералік пытанняў, якія падлягаюць разгляду) _____
Введение

1. Аналитический обзор

2. Разработка структурной схемы устройства _____
3. Разработка и расчет схемы электрической принципиальной _____
4. Анализ погрешностей устройств и способов их уменьшения _____
Заключение _____
Список использованных источников _____
Приложение А Перечень элементов _____

5. Перелік графічного матеріалу (з докладним вказанням обов'язкових чарцяжоў і графікаў)
Лист 1 ф.А1 Схема электрическая принципиальная _____
Лист 2 ф.А1 Демонстрационный материал _____

6. Кансультанты па праекце (з вказаннем частак праекта) _____
Ст. преп. Захаренко Л.А _____

7. Дата выдачы задання _____ 16 сентября 2011г. _____

8. Каляндарны графік працы над праектам на ўвесь перыяд праектавання (з вказаннем тэрмінаў выканання і працаёмкасці асобных этапаў) _____
Сентябрь 2011г: Введение, аналитический обзор _____
Октябрь 2011г: Разработка структурной схемы устройства; _____
Ноябрь 2011г: Разработка и расчет схемы электрической принципиальной; _____
Анализ погрешностей, заключение. Оформление КП. _____

Кіраўнік _____
(подпис)

Заданне прыняў да выканання _____
(дата і подпіс студэнта)

6. Таблица вариантов

Но- мер	Обзор	Стр. схема	$f_{вх},$ Гц	$I,$ мА	$R_x,$ Ом	$L_x,$ мГн	$R_{ш},$ Ом	Вх. ус	ФЧВ	Вых. сигн.	АЦП	Питание АКБ, В
1	ОУ	Рис. 1	100	10	10	20	1	ДУ	АК	0–5 мА	572ПВ2	6
2	АПС	Рис. 1	200	5	20	10	1	3-х ОУ	АПС	0–5 мА	572ПВ2	9
3	АЦП	Рис. 1	300	2	30	30	1	AD620	АК	0–5 мА	572ПВ2	12
4	ОУ	Рис. 1	400	1	40	20	1	ДУ	АПС	0–5 мА	572ПВ5	6
5	АПС	Рис. 1	500	10	50	10	1	3-х ОУ	АК	0–5 мА	572ПВ5	9
6	АЦП	Рис. 1	600	5	60	30	1	AD620	АПС	0–5 мА	572ПВ5	12
7	ОУ	Рис. 1	700	2	70	20	1	ДУ	АК	0–5 мА	572ПВ2	6
8	АПС	Рис. 1	800	1	80	10	1	3-х ОУ	АПС	0–5 мА	572ПВ2	9
9	АЦП	Рис. 1	900	10	90	30	1	AD620	АК	0–5 мА	572ПВ2	12
10	ОУ	Рис. 1	1000	5	100	20	5	ДУ	АПС	0–5 мА	572ПВ5	6
11	АПС	Рис. 1	1100	2	110	10	5	3-х ОУ	АК	4–20 мА	572ПВ5	9
12	АЦП	Рис. 1	1200	1	120	30	5	AD620	АПС	4–20 мА	572ПВ5	12
13	ОУ	Рис. 1	1300	10	130	20	5	ДУ	АК	4–20 мА	572ПВ2	6
14	АПС	Рис. 1	1400	5	140	10	5	3-х ОУ	АПС	4–20 мА	572ПВ2	9
15	АЦП	Рис. 1	1500	2	150	30	5	AD620	АК	4–20 мА	572ПВ2	12
16	ОУ	Рис. 1	1600	1	160	20	5	ДУ	АПС	4–20 мА	572ПВ5	6
17	АПС	Рис. 1	1700	10	170	10	5	3-х ОУ	АК	4–20 мА	572ПВ5	9
18	АЦП	Рис. 1	1800	5	180	30	5	AD620	АПС	4–20 мА	572ПВ5	12

Продолжение

Но- мер	Обзор	Стр. схема	$f_{вх}$, Гц	I , мА	R_x , Ом	L_x , мГн	$R_{ш}$, Ом	Вх. ус	ФЧВ	Вых. сигн.	АЦП	Питание АКБ, В
19	ОУ	Рис. 1	1900	2	190	20	5	ДУ	АК	4–20 мА	572ПВ2	6
20	АПС	Рис. 1	2000	1	200	10	10	3-х ОУ	АПС	4–20 мА	572ПВ2	9
21	АЦП	Рис. 1	2100	10	210	30	10	AD620	АК	0–100 мВ	572ПВ2	12
22	ОУ	Рис. 1	2200	5	220	20	10	ДУ	АПС	0–100 мВ	572ПВ5	6
23	АПС	Рис. 1	2300	2	230	10	10	3-х ОУ	АК	0–100 мВ	572ПВ5	9
24	АЦП	Рис. 1	2400	1	240	30	10	AD620	АПС	0–100 мВ	572ПВ5	12
25	ОУ	Рис. 1	2500	10	250	20	10	ДУ	АК	0–100 мВ	572ПВ2	6
26	ОУ	Рис. 1	2600	5	260	10	10	3-х ОУ	АПС	0–100 мВ	572ПВ2	9
27	АПС	Рис. 1	2700	2	270	30	10	AD620	АК	0–100 мВ	572ПВ2	12
28	АЦП	Рис. 1	2800	1	280	20	10	ДУ	АПС	0–100 мВ	572ПВ5	6
29	ОУ	Рис. 1	2900	10	290	10	10	3-х ОУ	АК	0–100 мВ	572ПВ5	9
30	АПС	Рис. 1	3000	5	300	30	10	AD620	АПС	0–100 мВ	572ПВ5	12
31	АЦП	Рис. 1	3100	2	310	20	10	ДУ	АК	0–100 мВ	572ПВ2	6
32	ОУ	Рис. 1	3200	1	320	10	10	3-х ОУ	АПС	0–100 мВ	572ПВ2	9
33	ОУ	Рис. 2	10	1	10	200	1	ДУ	АПС	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА1)	12
34	АПС	Рис. 2	20	2	20	100	1	3-х ОУ	АК	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА2)	6
35	АЦП	Рис. 2	30	5	30	300	1	AD620	АПС	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА1)	9

Продолжение

Но- мер	Обзор	Стр. схема	$f_{вх},$ Гц	$I,$ мА	$R_x,$ Ом	$L_x,$ мГн	$R_{ш},$ Ом	Вх. ус	ФЧВ	Вых. сигн.	АЦП	Питание АКБ, В
36	ОУ	Рис. 2	40	10	40	200	1	ДУ	АК	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА2)	12
37	АПС	Рис. 2	50	1	50	100	1	3-х ОУ	АПС	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА1)	6
38	АЦП	Рис. 2	60	2	60	300	1	AD620	АК	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА2)	9
39	ОУ	Рис. 2	70	5	70	200	1	ДУ	АПС	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА1)	12
40	АПС	Рис. 2	80	10	80	100	1	3-х ОУ	АК	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА2)	6
41	АЦП	Рис. 2	90	1	90	300	1	AD620	АПС	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА1)	9
42	ОУ	Рис. 2	100	2	100	200	5	ДУ	АК	4–20 мА	572ПВ1 (572ПА2)	12
43	АПС	Рис. 2	110	5	110	100	5	3-х ОУ	АПС	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА1)	6
44	АЦП	Рис. 2	120	10	120	300	5	AD620	АК	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА2)	9
45	ОУ	Рис. 2	130	1	130	200	5	ДУ	АПС	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА1)	12
46	АПС	Рис. 2	140	2	140	100	5	3-х ОУ	АК	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА2)	6

Продолжение

Но- мер	Обзор	Стр. схема	$f_{вх}$, Гц	I , мА	R_x , Ом	L_x , мГн	$R_{ш}$, Ом	Вх. ус	ФЧВ	Вых. сигн.	АЦП	Питание АКБ, В
47	АЦП	Рис. 2	150	5	150	300	5	AD620	АПС	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА1)	9
48	ОУ	Рис. 2	160	10	160	200	5	ДУ	АК	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА2)	12
49	АПС	Рис. 2	170	1	170	100	5	3-х ОУ	АПС	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА1)	6
50	АЦП	Рис. 2	180	2	180	300	5	AD620	АК	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА2)	9
51	ОУ	Рис. 2	190	5	190	200	5	ДУ	АПС	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА1)	12
52	АПС	Рис. 2	200	10	200	100	10	3-х ОУ	АК	0–5 мА	572ПВ1 (572ПА2)	6
53	АЦП	Рис. 2	210	1	210	300	10	AD620	АПС	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА1)	9
54	ОУ	Рис. 2	220	2	220	200	10	ДУ	АК	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА2)	12
55	АПС	Рис. 2	230	5	230	100	10	3-х ОУ	АПС	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА1)	6
56	АЦП	Рис. 2	240	10	240	300	10	AD620	АК	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА2)	9
57	ОУ	Рис. 2	250	1	250	200	10	ДУ	АПС	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА1)	12

Продолжение

Но- мер	Обзор	Стр. схема	$f_{вх}$, Гц	I , мА	R_x , Ом	L_x , мГн	$R_{ш}$, Ом	Вх. ус	ФЧВ	Вых. сигн.	АЦП	Питание АКБ, В
58	ОУ	Рис. 2	260	2	260	100	10	3-х ОУ	АК	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА2)	6
59	АПС	Рис. 2	270	5	270	300	10	AD620	АПС	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА1)	9
60	АЦП	Рис. 2	280	10	280	200	10	ДУ	АК	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА2)	12
61	ОУ	Рис. 2	290	1	290	100	10	3-х ОУ	АПС	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА1)	6
62	АПС	Рис. 2	300	2	300	300	10	AD620	АК	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА2)	9
63	АЦП	Рис. 2	310	5	310	200	10	ДУ	АПС	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА1)	12
64	ОУ	Рис. 2	320	10	320	100	10	3-х ОУ	АК	0–100 мВ	572ПВ1 (572ПА2)	6
65	ОУ	Рис. 3	100	1	320	10	5	3-х ОУ	АПС	0–100 мВ	1108ПВ1	9
66	АПС	Рис. 3	200	2	310	20	5	AD620	АК	0–100 мВ	1108ПВ1	12
67	АЦП	Рис. 3	300	5	300	30	5	ДУ	АПС	0–100 мВ	1108ПВ1	6
68	ОУ	Рис. 3	400	10	290	40	5	3-х ОУ	АК	0–100 мВ	1108ПВ1	9
69	АПС	Рис. 3	500	1	280	50	5	AD620	АПС	0–100 мВ	1108ПВ1	12
70	АЦП	Рис. 3	600	2	270	10	5	ДУ	АК	0–100 мВ	1108ПВ1	6
71	ОУ	Рис. 3	700	5	260	20	5	3-х ОУ	АПС	0–100 мВ	1108ПВ1	9

Продолжение

Но- мер	Обзор	Стр. схема	$f_{вх}$, Гц	I , мА	R_x , Ом	L_x , мГн	$R_{ш}$, Ом	Вх. ус	ФЧВ	Вых. сигн.	АЦП	Питание АКБ, В
72	АПС	Рис. 3	800	10	250	30	5	AD620	АК	0–100 мВ	1108ПВ1	12
73	АЦП	Рис. 3	900	1	240	40	5	ДУ	АПС	0–100 мВ	1108ПВ1	6
74	ОУ	Рис. 3	1000	2	230	50	5	3-х ОУ	АК	0–100 мВ	1108ПВ1	9
75	АПС	Рис. 3	1100	5	220	10	10	AD620	АПС	0–5 мА	1108ПВ1	12
76	АЦП	Рис. 3	1200	10	210	20	10	ДУ	АК	0–5 мА	1108ПВ1	6
77	ОУ	Рис. 3	1300	1	200	30	10	3-х ОУ	АПС	0–5 мА	1108ПВ1	9
78	АПС	Рис. 3	1400	2	190	40	10	AD620	АК	0–5 мА	1108ПВ1	12
79	АЦП	Рис. 3	1500	5	180	50	10	ДУ	АПС	0–5 мА	1108ПВ1	6
80	ОУ	Рис. 3	1600	10	170	10	10	3-х ОУ	АК	0–5 мА	1108ПВ1	9
81	АПС	Рис. 3	1700	1	160	20	10	AD620	АПС	0–5 мА	1108ПВ1	12
82	АЦП	Рис. 3	1800	2	150	30	10	ДУ	АК	0–5 мА	1108ПВ1	6
83	ОУ	Рис. 3	1900	5	140	40	10	3-х ОУ	АПС	0–5 мА	1108ПВ1	9
84	АПС	Рис. 3	2000	10	130	50	10	AD620	АК	0–5 мА	1108ПВ1	12
85	АЦП	Рис. 3	2100	1	120	10	1	ДУ	АПС	4–20 мА	1108ПВ1	6
86	ОУ	Рис. 3	2200	2	110	20	1	3-х ОУ	АК	4–20 мА	1108ПВ1	9
87	АПС	Рис. 3	2300	5	100	30	1	AD620	АПС	4–20 мА	1108ПВ1	12
88	АЦП	Рис. 3	2400	10	90	40	1	ДУ	АК	4–20 мА	1108ПВ1	6
89	ОУ	Рис. 3	2500	1	80	50	1	3-х ОУ	АПС	4–20 мА	1108ПВ1	9

Окончание

Но- мер	Обзор	Стр. схема	$f_{вх},$ Гц	$I,$ мА	$R_x,$ Ом	$L_x,$ мГн	$R_{ш},$ Ом	Вх. ус	ФЧВ	Вых. сигн.	АЦП	Питание АКБ, В
90	ОУ	Рис. 3	2600	2	70	10	1	AD620	АК	4–20 мА	1108ПВ1	12
91	АПС	Рис. 3	2700	5	60	20	1	ДУ	АПС	4–20 мА	1108ПВ1	6
92	АЦП	Рис. 3	2800	10	50	30	1	3-х ОУ	АК	4–20 мА	1108ПВ1	9
93	ОУ	Рис. 3	2900	1	40	40	1	AD620	АПС	4–20 мА	1108ПВ1	12
94	АПС	Рис. 3	3000	2	30	50	1	ДУ	АК	4–20 мА	1108ПВ1	6
95	АЦП	Рис. 3	3100	5	20	10	1	3-х ОУ	АПС	4–20 мА	1108ПВ1	9
96	ОУ	Рис. 3	3200	10	10	20	1	AD620	АК	4–20 мА	1108ПВ1	12

СОДЕРЖАНИЕ

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА	3
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	4
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	4
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
Введение	5
Аналитический обзор	5
Разработка структурной схемы устройства и описание его работы по структурной схеме	5
Разработка и расчет схемы электрической принципиальной	6
Расчет блока питания	6
Анализ погрешностей устройств и способы их уменьшения	6
Заключение	7
Список использованных источников	7
ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	8
ВВЕДЕНИЕ	8
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	8
2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА И ОПИСАНИЕ ЕГО РАБОТЫ ПО СТРУКТУРНОЙ СХЕМЕ	8
3. РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ	11
3.1. Разработка и расчет входного дифференциального усилителя ...	11
3.1.1. Дифференциальный усилитель на одном ОУ	11
3.1.2. Дифференциальный усилитель на трех ОУ	13
3.1.3. Измерительный усилитель	15
3.2. Разработка и расчет фазочувствительного выпрямителя	17
3.2.1. Фазочувствительный выпрямитель на ОУ с применением аналоговых ключей	17
3.2.2. Фазочувствительный выпрямитель на аналоговом перемножителе сигналов	20
3.3. Разработка и расчет фильтра нижних частот	21
3.4. Расчет входного усилителя	24
3.5. Расчет прецизионного выпрямителя	25
3.6. Разработка и расчет фильтра нижних частот	26

3.7. Разработка и расчет усилителя-ограничителя	28
3.8. Разработка и расчет компаратора с положительной обратной связью	29
3.9. Разработка и расчет аналого-цифрового преобразователя	31
3.10. Расчет выходного преобразователя	35
3.10.1. Расчет выходного преобразователя 0–100 мВ	38
3.10.2. Расчет выходного преобразователя 0–5 мА	39
3.10.3. Расчет выходного преобразователя 4–20 мА	40
4. РАСЧЕТ БЛОКА ПИТАНИЯ	41
5. АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ УСТРОЙСТВ И СПОСОБЫ ИХ УМЕНЬШЕНИЯ	44
5.1. Основные составляющие погрешности	44
5.2. Погрешность от $U_{см}$ ОУ	44
5.3. Ошибка, вносимая входными токами ОУ	46
5.4. Расчет погрешности формирователя выходного сигнала от $U_{см}$	48
5.5. Погрешность $K_{ус}$, обусловленная разбросом номиналов резисторов	49
5.6. Анализ погрешности перемножителя	50
5.7. Анализ погрешности аналого-цифрового преобразователя	51
5.8. Определение общей погрешности	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	54
ПРИЛОЖЕНИЯ	56
1. Перечень элементов	56
2. Справочные данные по ОУ	58
3. Справочные данные по аналого-цифровым преобразователям	61
4. Справочные данные по цифро-аналоговым преобразователям	78
5. Пример заполнения листа задания	82
6. Таблица вариантов	84

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Захаренко Леонид Александрович
Старостенко Виталий Олегович

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
И МИКРОСХЕМОТЕХНИКА

Учебно-методическое пособие

Электронный аналог печатного издания

Редактор *А. В. Власов*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 03.06.14.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 5,35. Уч.-изд. л. 5,76.

Изд. № 89.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48