

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Схемотехника

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

на тему

ОСЦИЛЛОГРАФ С ИНТЕРФЕЙСОМ К ПК

БГУИР КП 1-40 02 01 309 ПЗ

Студент группы 150503,

Кутняк А. В.

Руководитель: ассистент каф. ЭВМ,

Мармузович М. А.

Минск 2023

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

(подпись)

2023 г.

ЗАДАНИЕ
по курсовому проектированию

Студенту Кутняку Алексею Викторовичу

1. Тема проекта Осциллограф с интерфейсом к ПК

2. Срок сдачи студентом законченного проекта 24 ноября 2023 г.

3. Исходные данные к проекту _____

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке) Введение. 1. Обзор литературы. 2. Сравнение особенностей конструкции с аналогами. 3. Разработка структурной схемы. 4. Разработка функциональной схемы. 5. Разработка принципиальной схемы. Заключение. Список использованных источников.

5. Перечень графического материала (с точным обозначением обязательных чертежей и графиков) 1. Схема электрическая структурная 2. Схема электрическая функциональная 3. Схема электрическая принципиальная 4. Ведомость документов.

6. Консультант по проекту Мармузович М. А.

7. Дата выдачи задания 14 сентября 2023 г.

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с обозначением сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

разделы 1, 2 к 13 октября 2023 г. – 40 %;

раздел 3 к 27 октября 2023 г. – 20 %;

раздел 4 к 10 ноября 2023 г. – 20 %;

оформление пояснительной записки и графического материала к 24 ноября 2023 г. – 20 %

Защита курсового проекта с 8 декабря 2023 г. по 15 декабря 2023 г.

РУКОВОДИТЕЛЬ _____ М. А. Мармузович
(подпись)

Задание принял к исполнению _____ А. В. Кутняк
(дата и подпись студента)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Обзор литературы	6
1.1 Принцип работы осциллографа.....	6
1.2 Интерфейс USB.....	8
2 Сравнение особенностей конструкции с аналогами	9
3 Разработка структурной схемы.....	11
3.1 Основные функции устройства	11
3.2 Определение компонентов устройства	11
3.3 Взаимодействие компонентов устройства.....	11
4 Разработка функциональной схемы	12
4.1 Определение иллюстрируемого процесса.....	12
4.2 Определение функциональных частей схемы.....	12
4.3 Взаимодействие функциональных частей схемы	12
5 Разработка принципиальной схемы	13
5.1 Входной каскад.....	13
5.2 Блок усиления	14
5.3 Триггер.....	14
5.4 Блок подключения	14
Заключение	15
Список использованных источников	16
Приложение А (обязательное) Схема электрическая структурная	17
Приложение Б (обязательное) Схема электрическая функциональная	19
Приложение В (обязательное) Схема электрическая принципиальная	21
Приложение Г (обязательное) Перечень элементов	23
Приложение Д (обязательное) Ведомость документов	26

ВВЕДЕНИЕ

В современной электротехнике осциллографы являются неотъемлемой частью инструментария любого специалиста. В отличие амперметров, вольтметров и частотомеров, позволяющих узнать численные значения характеристик электрического сигнала, осциллографы предоставляют возможность его визуализации и анализа, что является критически важным для разработки, тестирования и диагностики электронных устройств.

Осциллографы позволяют инженерам наблюдать форму, амплитуду, частоту и временные характеристики электрических сигналов. Это необходимо для определения неисправностей, оценки качества сигналов, измерения параметров и последующей коррекции схемы.

В настоящее время как среди энтузиастов-электротехников, так и среди инженеров-специалистов, пользуются популярностью осциллографы с интерфейсом подключения к персональному компьютеру, среди которых заметно выделяются *USB-осциллографы*. В отличие от полноценных осциллографов, данные устройства, как правило, имеют более низкие характеристики и возможности, однако являются более популярным решением в повседневном использовании, и вот почему:

1 Портативность и компактность: USB-осциллографы довольно компактны и легко переносимы, что делает их идеальным вариантом для инженеров и электронщиков, работающих в разных местах.

2 Удобство подключения: интерфейс USB обеспечивает простое подключение к большей части современной вычислительной техники без установки дополнительных карт расширения и сложных процедур настройки оборудования.

3 Питание: интерфейс USB не только обеспечивает передачу данных, но и предоставляет питание устройству, что позволяет сократить число подключений осциллографа до одного.

4 Программное обеспечение: многие USB-осциллографы поставляются с программным обеспечением, которое предоставляет широкие возможности анализа и представления данных.

5 Доступность и цена: USB-осциллографы часто более доступны по цене по сравнению с традиционными стационарными осциллографами, что делает их привлекательным выбором для энтузиастов, студентов и начинающих специалистов в области электротехники.

Данный курсовой проект направлен на разработку схемы собственного USB-осциллографа с использованием современных технологий и компонентов. Целью учебного проекта является разработка устройства, способного обеспечивать достойные для своей компонентной базы характеристики измерения входных сигналов.

В рамках работы будут рассмотрены основные технические решения в области строения цифровых осциллографов, названы причины их использования. Ожидается, что результаты данной работы могут оказаться полезны не только для желающих ознакомиться со строением цифровых осциллографов, но и для людей, увлекающихся аналоговой схемотехникой, так как многие компоненты, используемые в данном проекте, являются типовыми для данной предметной области.

Курсовая работа состоит из нескольких разделов, включающих вводную теоретическую часть, сравнение конструктивных особенностей с аналогами, проектирование структурных, функциональных и принципиальных схем устройства. По завершению работы будут сделаны выводы, которые обобщат приобретенные и актуализированные в ходе работы теоретические сведения и практические навыки.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Перед тем, как приступить непосредственно к разработке схемы цифрового осциллографа, следует ознакомиться с некоторыми необходимыми для понимания вопроса теоретическими сведениями.

1.1 Принцип работы осциллографа

Осциллограф - прибор, предназначенный для исследования амплитудных и временных параметров электрического сигнала. В отличие от амперметра и вольтметра, которые дают *действующие значения* для переменного тока и напряжения, осциллограф служит для определения их *мгновенных значений* [1, с. 381].

Действующее значение переменного тока - это величина постоянного тока, который за время, равное одному периоду переменного тока, произведёт такую же работу, что и рассматриваемый переменный ток [2].

Мгновенное значение переменного тока - его действительная величина в определённый момент времени; именно посредством множества измерений мгновенного значения переменного тока осциллограф получает временное представление электрического сигнала.

Для понимания принципа работы цифрового осциллографа, рассмотрим рисунок 1.1, на котором изображены его основные компоненты, а также упрощённое представление всего устройства.

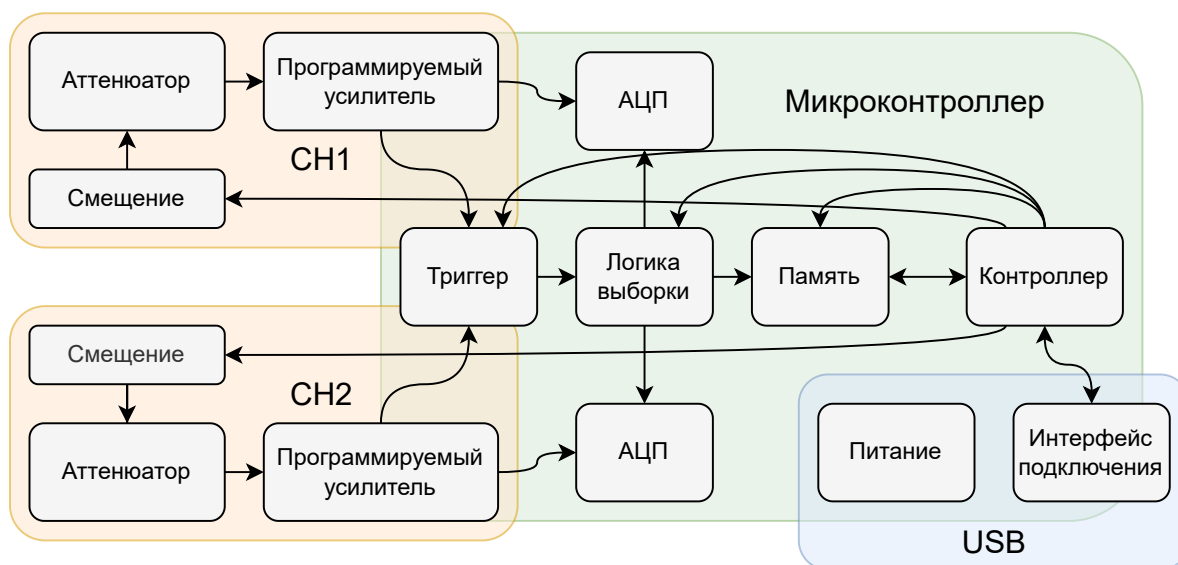


Рисунок 1.1 – Упрощённое внутреннее представление двухканального цифрового осциллографа

Аттенюатор – это пассивный компонент в высокочастотной технике, которое уменьшает амплитуду или мощность сигнала без существенного искажения его формы.

Операционный усилитель – это электронный усилитель напряжения с высоким коэффициентом усиления, имеющий дифференциальный вход, также называемый входом напряжения.

Аналого-цифровой преобразователь – это устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в цифровой сигнал.

Триггер (trigger, защелка) – это схема с несколькими устойчивыми состояниями; в данном случае под триггером понимается схема, имеющая вход и устанавливаемый порог срабатывания.

Принцип работы цифрового осциллографа состоит из нескольких последовательных действий:

- 1 Входное напряжение проходит через усилитель вертикального отклонения с делителем. Таким образом обеспечивается дополнительное масштабирование сигнала.

- 2 При помощи АЦП напряжение преобразуется в дискретную последовательность кодов - выполняется оцифровка сигнала.

- 3 В кодах находят отображение мгновенные значения напряжения, после чего они записываются в оперативной памяти.

- 4 Данные продолжают сохраняться в памяти до тех пор, пока на одной из выборок не происходит срабатывание триггера: после этого начинается передача данных по интерфейсу подключения.

Стоит отметить, что *сигнал смещения* используется для «центрирования» входного сигнала относительно нуля: это делается потому что последующие элементы цепи преобразования не могут работать с отрицательными значениями напряжения [3].

Как правило, изначально триггер работает в *автоматическом режиме*, что позволяет получать развертку сигнала даже без срабатывания по определенному уровню, однако режим срабатывания триггера можно изменить: например, можно указать срабатывание по возрастанию или спаду на определенном значении, что позволит получить осциллограмму тогда, когда форма сигнала достигнет указанных условий [4].

1.2 Интерфейс USB

USB (Universal Serial Bus, «Универсальная последовательная шина») – последовательный интерфейс для подключения периферийных устройств к вычислительной технике [5].

Интерфейс позволяет не только обмениваться данными, но и обеспечивать электропитание периферийного устройства. Сетевая архитектура позволяет подключать большое количество периферии даже к устройству с одним разъёмом USB.

В данном проекте в качестве интерфейса подключения к персональному компьютеру используется USB Type-A, изображение которого представлено на рисунке 1.2.

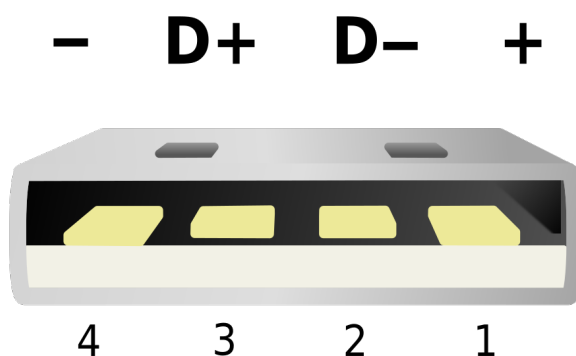


Рисунок 1.2 – Стандартный коннектор USB Type-A

В таблице 1.1 указана распиновка контактов коннектора с указанием их обозначения и описанием.

Таблица 1.1 – Распиновка USB Type-A

Пин	Обозначение	Описание
1	V_{BUS}	+5V (питание)
2	$D-$	Data- (отрицательный сигнал данных)
3	$D+$	Data+ (положительный сигнал данных)
4	GND	Земля

2 СРАВНЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ С АНАЛОГАМИ

В качестве сравнения возьмем несколько коммерческих и любительских осциллографов (обозначены звездочкой):

- Hantek DSO-6022BL;
- Актаком ADS-3025;
- OWON VDS1022I;
- DPScope (*);
- DPScope II (*).

Ниже представлены таблицы с основными сравнительными характеристиками перечисленных цифровых осциллографов.

Таблица 2.1 – Сравнение характеристик коммерческих осциллографов

Характеристика	Hantek DSO-6022BL	Актаком ADS-3025	OWON VDS1022I
Ширина полосы пропускания	20 МГц	25 МГц	25 МГц
Частота дискретизации	48 МВыб/с	100 МВыб/с	100 МВыб/с
Количество каналов	2	1	2
Разрешение	8 бит	8 бит	8 бит
Глубина памяти	2 кБ	6 кБ	5 кБ
Подключение	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0

Таблица 2.2 – Сравнение характеристик любительских осциллографов

Характеристика	DPScope II	DPScope	Проект
Ширина полосы пропускания	2.5 МГц	1 МГц	250 КГц
Частота дискретизации	50 МВыб/с	20 МВыб/с	2 Мвыб/с
Количество каналов	2	2	2
Разрешение	10 бит	10 бит	10 бит
Глубина памяти	16 кБ	16 кБ	8 кБ
Подключение	USB 2.0	USB 2.0	USB 2.0

Исходя из данных, содержащихся в таблицах 2.1, 2.2, можно сделать следующие выводы:

1 Осциллографы «Актаком ADS-3025» и «OWON VDS1022I» имеют наивысшую частоту дискретизации, значение которой влияет на детализацию получаемой осциллограммы, однако стоит иметь ввиду, что зачастую осциллографы используются для одновременного отслеживания нескольких сигналов, чего не может делать одноканальный «Актаком», при этом за счет мультиплексирования выборки частота дискретизации уменьшается в два раза, что делает «OWON» сравнимым с любительским DPScope II.

2 Любительские осциллографы заметно уступают коммерческим в частоте дискретизации, что в первую очередь объясняется используемыми в них из соображений экономии низкочастотными микроконтроллерами.

3 Пропускная способность коммерческих осциллографов на порядок превосходит значения любительских осциллографов, поскольку в них используются дорогостоящие пассивные компоненты.

4 Разрешение коммерческих осциллографов меньше чем у любительских, что может быть несущественной уступкой в пользу двукратного экономии памяти; любительские осциллографы не могут себе такого позволить ввиду более низкого параметра дискретизации.

Помимо этого следует упомянуть, что в осциллографах «Hantek DSO-6022BL» и «DPScope» присутствует логический анализатор, что позволяет эффективнее анализировать цифровые сигналы.

3 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

Для построения структурной схемы необходимо выделить основные функции устройства. Затем нужно определить компоненты, выполняющие данные функции, и установив функциональную связь между этими компонентами, соединить их между собой.

Конечный результат разработки структурной схемы осциллографа можно увидеть в Приложении А.

3.1 Основные функции устройства

Осциллограф с интерфейсом к персональному компьютеру должен выполнять следующие функции:

- 1 Предварительное преобразование входного сигнала (два канала).
- 2 Обработка входного сигнала.
- 3 Прием команд и передача данных на персональный компьютер.

3.2 Определение компонентов устройства

В соответствие перечисленным функциям устройства можно сопоставить следующие компоненты:

- 1 Модуль преобразования канала - масштабирует и смещает диапазон входного сигнала (два канала).
- 2 Микроконтроллер - производит обработку входного сигнала, а также управление всей схемой.
- 3 Интерфейс подключения - обеспечивает прием и передачу данных между микроконтроллером и персональным компьютером.
- 4 Питание - фактически относится к интерфейсу подключения USB, но логически отделен от него ввиду выполнения иной функции.

3.3 Взаимодействие компонентов устройства

Микроконтроллер имеет двунаправленную связь с модулями преобразования канала (два канала), а также интерфейсом подключения.

Модуль питания имеет однонаправленную связь в сторону всех остальных компонентов устройства.

4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Для построения функциональной схемы необходимо установить процесс, иллюстрируемый схемой. Затем нужно определить функциональные части изделия, участвующих в этом процессе, и установив связь между этими частями, соединить их между собой.

Конечный результат разработки функциональной схемы осциллографа можно увидеть в Приложении Б.

4.1 Определение иллюстрируемого процесса

В случае осциллографа с интерфейсом к персональному компьютеру, функциональная схема должна иллюстрировать последовательное преобразование входного аналогового сигнала с его последующим преобразованием в цифровой вид и передачей на основное устройство.

4.2 Определение функциональных частей схемы

На основании установленного процесса можно выделить следующие функциональные части устройства:

- 1 Аттенюатор 1:10 - уменьшает амплитуду смещенного входного сигнала в десять раз.
- 2 Операционный усилитель $\times 1$ - буферизирует входной сигнал для передачи на АЦП микроконтроллера (большие сигналы).
- 3 Операционный усилитель $\times 10$ - усиливает входной сигнал в десять раз для передачи на АЦП микроконтроллера (маленькие сигналы).
- 4 Микроконтроллер - выполняет преобразование входного аналогового сигнала в дискретные значения.

4.3 Взаимодействие функциональных частей схемы

Входной сигнал канала и сдвиговой сигнал приходят на вход аттенюатора, в результате чего на выходе получается отцентрированный сигнал большего диапазона. С выхода аттенюатора сигнал идет на буферизирующий операционный усилитель $\times 1$, после чего направляется на операционный усилитель $\times 10$, уменьшающий диапазон сигнала. С операционных усилителей сигнал подается на микроконтроллер, где дискретизируется, после чего направляется в интерфейс подключения.

5 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Конечный результат разработки функциональной схемы осциллографа можно увидеть в Приложении В.

5.1 Входной каскад

Аналого-цифровой преобразователь контроллера PIC18F13K50 имеет входной диапазон 0-5 В. Сигналы, меньшие этого диапазона, будут измеряться с пониженным разрешением (поскольку они не охватывают весь диапазон возможных значений разрядов АЦП), а более крупные сигналы будут отсекаются до максимального значения [6].

Сначала во входном каскаде входящий сигнал ослабляется в 10 раз делителем напряжения, образованным резисторами R7 и R8. Помимо увеличения диапазона входного напряжения в десять раз, последовательное подключение этих резисторов дает сопротивление 1 МОм, достаточное для подключения ко входу пассивных щупов 1:10 и 1:100.

Поскольку последующие схемы не могут взаимодействовать с отрицательным напряжением (для простоты в схеме отсутствует отрицательное питание), для смещения отрицательной половины вверх используется низкоомный делитель на резисторах R1, R2, R3. Конденсатор C1 выступает в роли фильтра и гарантирует, что от быстрого изменения входного сигнала сигнал смещения не «поплывет».

Емкостный делитель C3, C4 вместе с парой резисторов R1, R3 образует так называемый *частотно-скомпенсированный делитель*. Причина его использования состоит в следующем: между входом (входным сигналом со щупа осциллографа) и АЦП микроконтроллера находятся элементы с некоторой паразитной емкостью (провода, диоды, операционные усилители). Если использовать только R1 и R3, в результате в схеме образуется RC-фильтр, что серьезно уменьшит пропускную способность осциллографа. Однако, если выполняется равенство $(C_4 + C_{par}) \cdot R_8 = C_3 \cdot R_7$, коэффициент деления от частоты сигнала зависеть не будет [7].

Диоды D1, D2 действуют как входная защита, ограничивая любые сигналы, поступающие на операционный усилитель и превышающие значения напряжения 0-5 В.

Перечисленные выше процессы описаны с использованием элементов первого канала осциллографа.

5.2 Блок усиления

Для усиления сигналов используется MCP6024, который содержит 4 операционных усилителя в одном корпусе. Главной особенностью данного элемента является то, что он является так называемым «Rail-to-rail» усилителем, т.е. он работает нормально, даже если входной сигнал или выходной сигнал доходит до его шин питания, что позволяет не беспокоиться об обработке предельных значений [8].

Каждый канал использует два операционных усилителя из «пачки»: один в качестве буфера между входным каскадом (импеданс которого превышает максимально допустимый импеданс источника для аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера), второй для усиления сигнала в десять раз (можно использовать для маленьких сигналов).

5.3 Триггер

В триггере используется компаратор RC0, встроенный в микроконтроллер, что исключает необходимость использования внешних схем. Триггер сравнивает масштабированный входной сигнал с пороговым уровнем, управляемым пользователем. Для того, чтобы сгенерировать пороговый сигнал, можно использовать цифро-аналоговый преобразователь, однако для исключения ненужных задержек можно использовать имеющийся в микроконтроллере генератор широтно-импульсной модуляции RC5. Поскольку генерируемый сигнал представляет собой не постоянный уровень, а быструю прямоугольную волну, он подается на фильтр нижних частот C8, R17, временная константа которого подобрана таким образом, чтобы подаваемый на компаратор сигнал представлял собой среднее напряжение ШИМ.

5.4 Блок подключения

Микроконтроллер PIC18F14K50 имеет полноценный USB-интерфейс, поэтому с аппаратной точки зрения реализация подключения для передачи данных тривиальна.

Присутствует развязка источника питания — объемный конденсатор C13 в сочетании с обмоткой L1 и конденсатором C12 фильтрует питание: C13 действует как буфер для предотвращения скачков энергопотребления схемы, а C12 и L1 блокируют высокочастотный шум, поступающий от ПК к осциллографу, или помехи, исходящие от осциллографа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном разделе будут подведены итоги по проектированию осциллографа с интерфейсом к персональному компьютеру.

В ходе выполнения курсового проекта были получены теоретические сведения, необходимые для построения схем основных преобразований аналогового сигнала, таких как деление, умножение и смещение. Примененные при разработке схемы электротехнические решения являются типовыми для современных осциллографов, что также способствует пониманию их внутреннего устройства.

Разработанный USB-осциллограф имеет два канала с диапазоном входного сигнала

- от -25 до 25 В при использовании щупов 1:1;
- от -250 до 250 В при использовании щупов 1:10.

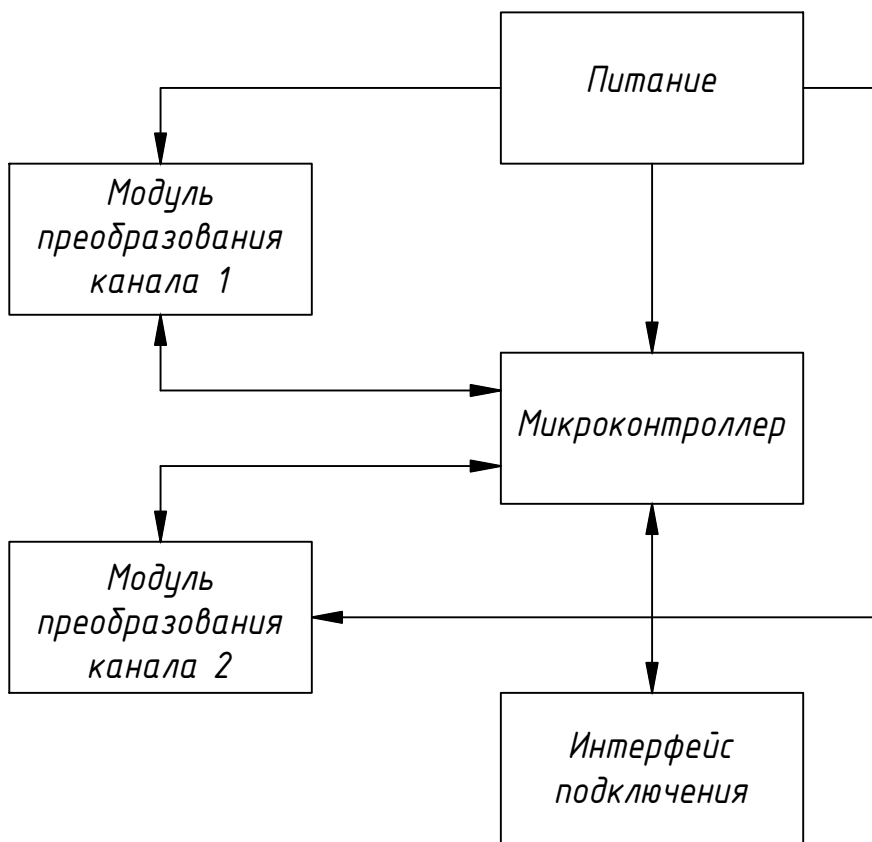
и позволяет исследовать часто встречаемые в любительской среде аналоговые сигналы, например, аудиосигналы, ультразвук, переменный ток в лабораторных цепях, показания датчиков.

Полученная схема устройства имеет простую структуру, поэтому без проблем может быть усовершенствована, например, путем добавления логического анализатора для исследования дискретных сигналов, или наращиванием входного каскада для увеличения допустимого диапазона исследуемого аналогового сигнала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

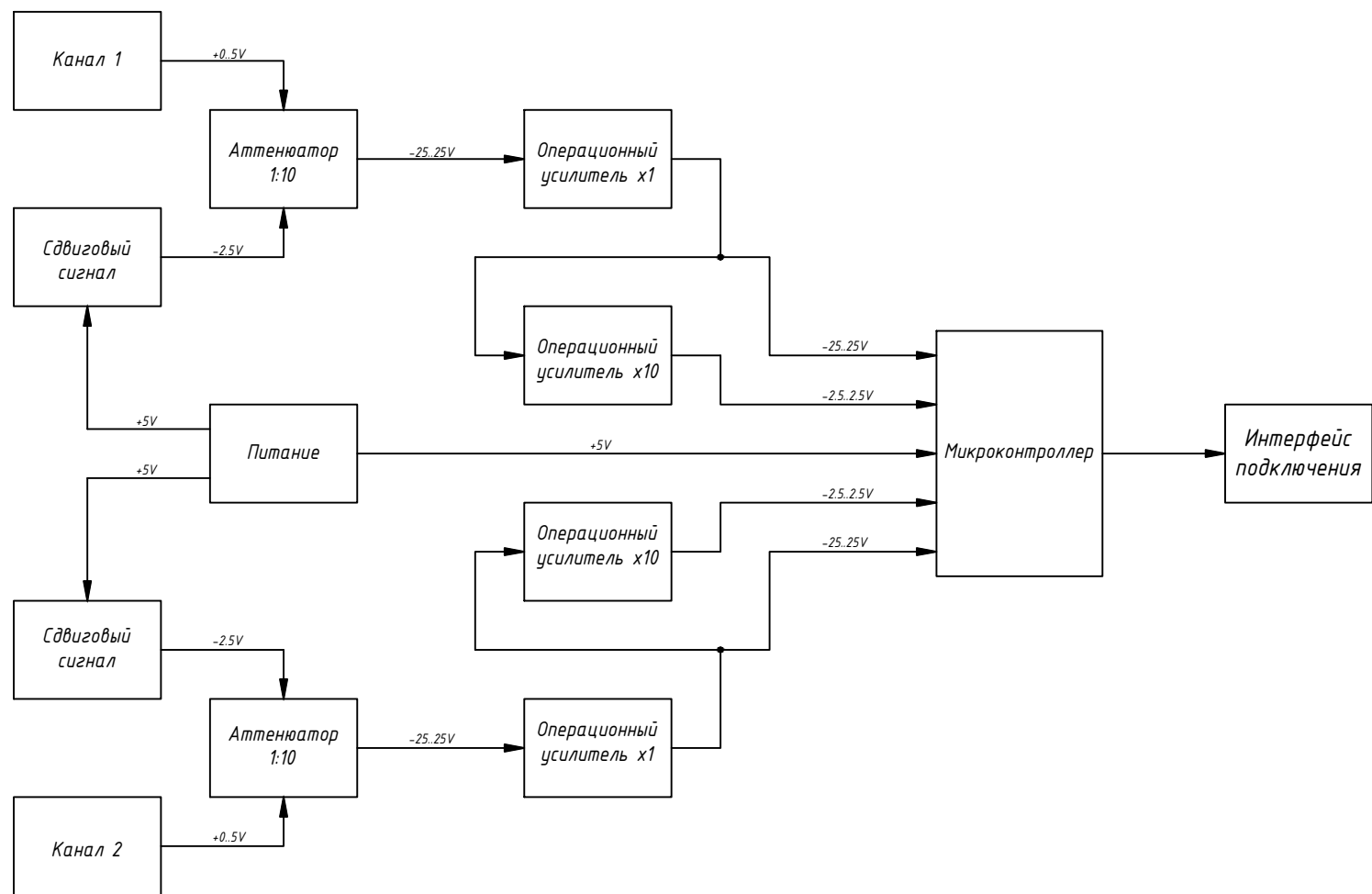
- [1] Брокгауз, Ф.А. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона / Ф.А. Брокгауз. — Рипол Классик. — Т. 40.
- [2] Яворский, Б. М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. — изд. «Наука», 1979.
- [3] Clamper circuits - Positive clamper, Negative clamper and Biased clamper [Электронный ресурс]. — Дата доступа : 16.11.2023. — Режим доступа : <https://www.physics-and-radio-electronics.com/electronic-devices-and-circuits/rectifier/clampercircuits.html>.
- [4] Запуск (Триггер) - КИПиС [Электронный ресурс]. — Дата доступа : 16.11.2023. — Режим доступа : https://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=3097.
- [5] Universal Serial Bus 3.1 Specification, Revision 1.0. — Hewlett-Packard Company, Intel Corporation, Microsoft Corporation, Renesas Corporation, ST-Ericsson, and Texas Instruments, 2013.
- [6] PIC18F13K50 Datasheet, PDF - Alldatasheet [Электронный ресурс]. — Дата доступа : 22.11.2023. — Режим доступа : <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/348751/MICROCHIP/PIC18F13K50.html>.
- [7] Что такое частотно-компенсированный делитель напряжения или для чего на входе осциллографа параллельно резисторам ставят конденсаторы [Электронный ресурс]. — Дата доступа : 22.11.2023. — Режим доступа : <https://hubstub.ru/circuit-design/146-chto-takoe-chastotno-kompensirovanny-delitel-napryazheniya-ili-dlya-chego-na-vhode-oscillografa-parallelno-rezistoram-stavyat-kondensatory.html>.
- [8] MPC6024 Datasheet, PDF - Alldatasheet [Электронный ресурс]. — Дата доступа : 22.11.2023. — Режим доступа <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/99101/MICROCHIP/MCP6024.html>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)
Схема электрическая структурная



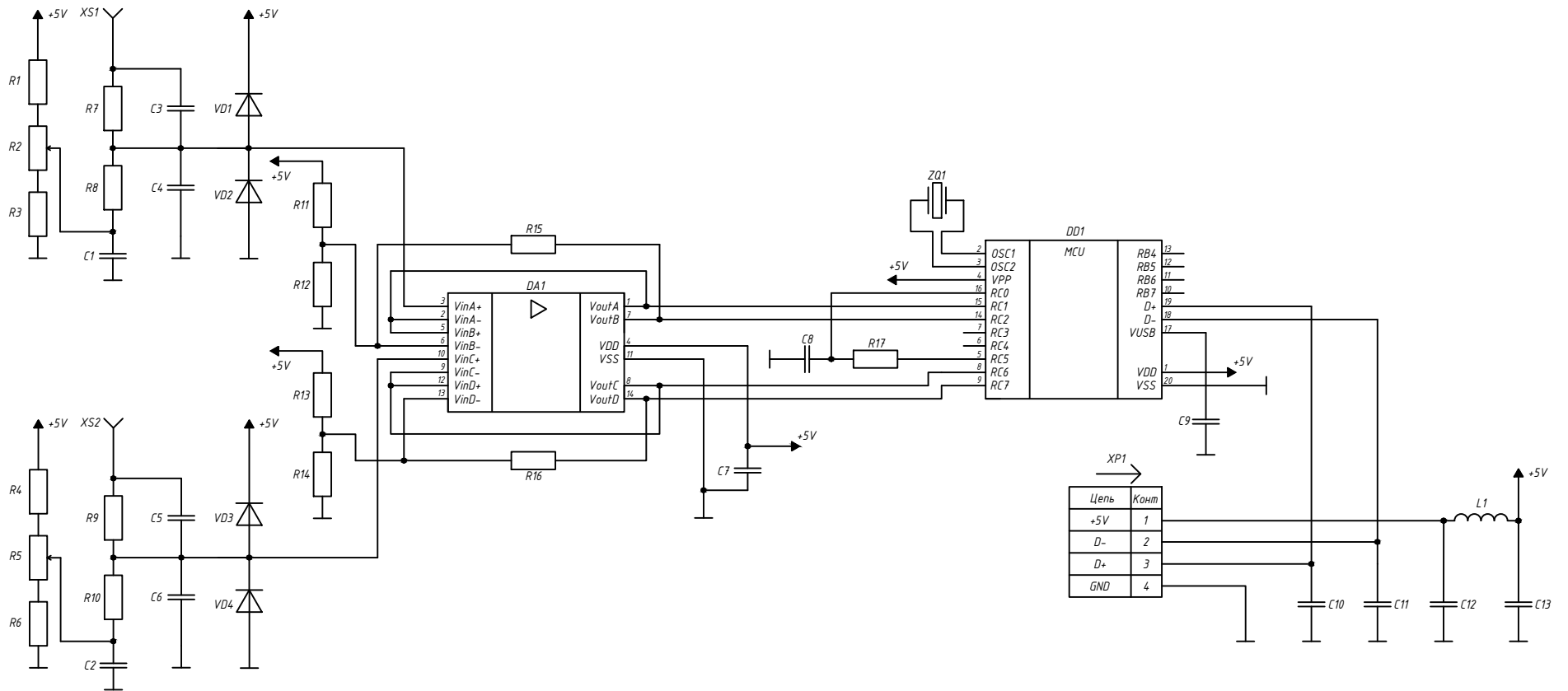
					ГЧИР.400201.309.Э1				
					Осциллограф с интерфейсом к ПК Схема электрическая структурная	Лит.		Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Т		
Разраб.		Кутняк							
Пров.		Мармузович							
						Лист		Листов	1
						ЭВМ, зр. 150503			

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)
Схема электрическая функциональная



						ГЧИР.400201.309.Э2			
						Осциллограф с интерфейсом к ПК Схема электрическая функциональная	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Т		
Разраб.	Кутняк								
Пров.	Мармузевич						Лист	Листов	1
							ЭВМ, гр. 150503		

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)
Схема электрическая принципиальная



					ГЧИР.400201.309.ЭЭ				
					Осциллограф с интерфейсом к ПК Схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.		Кутняк				Т			
Пров.		Мармузевич							
						Лист	Листов	1	
						ЭВМ, зр. 150503			

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)
Перечень элементов

[illegible]

[illegible]

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)
Ведомость документов

Обозначение					Наименование					Примечание				
					<u>Текстовые документы</u>									
БГУИР КР 1-40 02 01 309 ПЗ					Пояснительная записка					22 с.				
					<u>Графические документы</u>									
ГУИР.400201.309 Э1					Осциллограф с интерфейсом к ПК Схема электрическая структурная					А4				
ГУИР.400201.309 Э2					Осциллограф с интерфейсом к ПК Схема электрическая функциональная					А3				
ГУИР.400201.309 Э3					Осциллограф с интерфейсом к ПК Схема электрическая принципиальная					А3				
ГУИР.400201.309 ПЭЭ					Осциллограф с интерфейсом к ПК Перечень элементов					А4				