

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц, 37 рисунок, 18 таблиц, 15 источников.

Ключевые слова: диагностика, биполярный транзистор, оксидный электролитический конденсатор, диод, наладка, блок питания, выходные характеристики.

Объект исследования:

Объектом исследования является комплекс устройств диагностики электротехнических элементов.

Предмет исследования:

Предметом исследования являются принципиальные электрические схемы комплекса устройств диагностики, моделирование принципиальных электрических схем, характеристики, как результат моделирования.

Цель работы состоит в моделировании имитации работы комплекса устройств диагностики в программной среде Matlab Simulink. Исследования полученных характеристик. Модернизация комплекса устройств диагностики.

Задачи исследования:

Для реализации цели работы необходимо решение следующих задач:

- 1) разработка модели комплекса устройств диагностики;
- 2) исследование полученных характеристик;
- 3) ряд предложений модернизации комплекса устройств диагностики.

Методы исследования:

Методы исследования основаны на математическом моделировании комплекса устройств диагностики в программной среде Matlab Simulink.

Полное описание изготовления, монтажа и наладки комплекса устройств диагностики, а также исследование возможных предложений в вопросе по модернизации системы.

Достоинства результатов:

Безаварийная, надежная работа (а также работа с высокой точностью измерений и преобладающими характеристиками аналоговых разработок) комплекса устройств диагностики в нормальном режиме подтверждается корректными результатами имитации модели.

Научная новизна:

Диссертационная работа расширяет и углубляет известные методы разработки, изготовления, сборки печатных плат; методы монтажных работ в процессе наладки тех или иных электроприборов, устройств. Смежная работа различных известных диагностических приборов в виде единого комплекса устройств предоставляет ряд преимуществ перед аналоговыми устройствами.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word на листах белой бумаги формата А4 с помощью программных сред Microsoft Visio, Matlab.

Введение

Актуальность темы: В радиолюбительской практике часто требуется измерить номинал какого-либо прибора, проверить работоспособность деталей, проверить монтажную работу на наличие замыканий, определенное напряжение для проверки собранного устройства. Именно для таких целей мною была разработана и изготовлена рабочая модель комплекса устройств диагностики электротехнических элементов. Рабочая модель комплекса устройств диагностики электротехнических элементов может активно применяться в лабораториях, цехах, в деятельность которых входит процесс монтажных, реставрационных, сборочных, наладочных и диагностирующих работ. Модель комплекса диагностических устройств работает от электросети напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

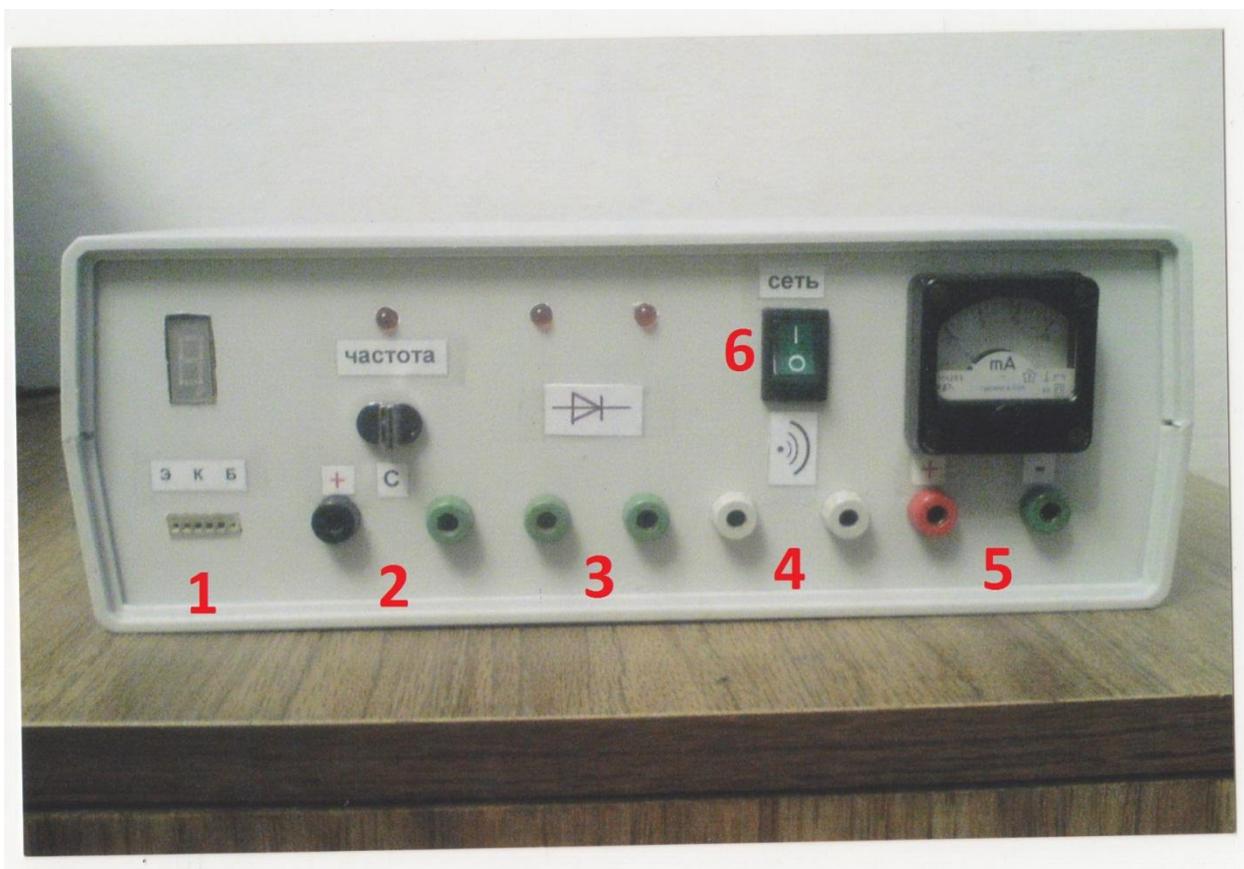


Рисунок 1 – Лицевая панель устройства

На лицевой панели расположены:

- 1- Устройство диагностики работоспособности и определения структуры транзистора;
- 2- устройство диагностики работоспособности оксидных электролитических конденсаторов;
- 3- устройство диагностики работоспособности диодов;
- 4- устройство для «прозвонки» монтажа;
- 5- блок питания постоянного тока;
- 6- сетевой выключатель.

1 Технология ручного способа изготовления печатных плат

Для подготовки изготовления шаблона печатной платы необходимо произвести трассировку принципиальной электрической схемы. Заранее необходимо учитывать максимально компактное расположение деталей на печатной плате, конструктив печатной платы (габаритов, точек крепления, допустимых высот компонентов), размещение конструктивно-привязанных деталей (разъемов, индикаторов, кнопок и др.) Имея конструктивные параметры будущей печатной платы, выполняются монтажные работы по изготовлению шаблона из фольгированного стеклотекстолита.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается только наиболее распространенная «классическая» технология, при которой, с помощью химического травления, лишняя медь, её участки, удаляются с фольгированной поверхности платы. Также удалить медь можно с помощью электроискровой установки или путем фрезерования. В промышленной сфере и радиолюбительской деятельности указанные способы практикуются достаточно редко, исключением может служить изготовление простых печатных плат в единичных количествах.

Для разводки всей схемы на одной стороне платы в «домашних условиях» необходимо использовать как можно больше электротехнических компонентов для поверхностного монтажа при разработке схемы, т.к. на сегодняшний день не существует способа выполнения металлизации переходных отверстий (контактов) опять же в «домашних условиях». Следовательно, если выполнение разводки платы на одной стороне не осуществимо, то необходимо выполнять разводку на противоположной стороне платы с использованием выводов различных компонентов в качестве межслойных переходов. Установленные компоненты на плате в этом случае необходимо пропаявать с обеих сторон платы. Конечно, известны различные способы замены металлизации отверстий (тонкий проводник, вставленный в отверстие и припаянный к дорожкам с двух сторон платы; специальные

пистоны), однако такие способы крайне неудобны и имеют существенные недостатки. В идеальном случае плата разводится только на одной стороне и используется минимальное количество перемычек.

Предварительная подготовка заготовки

Для нанесения защитного покрытия на поверхность будущей печатной платы необходимо произвести предварительную подготовку заготовки. Процесс предварительной подготовки заключается в последовательности таких действий как: удаление окислов и загрязнений с поверхности платы с использованием различных абразивных средств и последующее обезжиривание.

При удалении сильных загрязнений следует использовать средства, не оставляющие глубоких царапин на поверхности платы. К примеру: мелкозернистая наждачная бумага, мелкодисперсный абразивный порошок.

Если на печатной плате наблюдается толстая оксидная пленка, то добиться ее ликвидации можно путем размещения заготовки в растворе хлорного железа в течение 3-5 секунд с последующим тщательным промыванием холодной проточной водой. Замечание: при падении света на печатную плату медь начнет окисляться, поэтому следует производить данную операцию перед тем, как нанести защитное покрытие, либо предохранить заготовку от воздействия прямых световых лучей.

Обезжиривание – заключительный этап подготовки поверхности печатной платы. Для этого можно использовать кусочек мягкой ткани, не оставляющей волокон, смоченный спиртом, бензином или ацетоном. После обезжиривания плату следует промыть в проточной холодной воде. Качество очистки можно контролировать, наблюдая за степенью смачивания водой поверхности меди. Достаточным уровнем очистки считается, когда поверхность полностью смочена водой, без образовавшихся на ней капель и

разрывов пленки воды. Нарушения в этой пленке воды указывают, что поверхность очищена недостаточно.

Нанесение защитного покрытия

90% качества будущей печатной платы зависит от нанесения защитного покрытия. Рассмотрим три наиболее популярных способа нанесения защитного покрытия в порядке возрастания качества получаемых при их использовании плат.

1. Ручное нанесение защитного покрытия.

Чертеж разводки производится вручную на фольгированный стеклотекстолит с помощью пишущего приспособления (маркер, рейсфедер со специализированным красителем, шприц с тонкой иглой 0,3 – 0,6 мм). Краситель должен поступать свободно под действием капиллярного эффекта. Допустимо использование самодельных приспособлений. К примеру, тонкая стеклянная или пластмассовая трубка, вытянутая над огнем для достижения нужного диаметра. Особое внимание следует обратить на качество обработки края трубки или иглы: при рисовании они не должны царапать плату, так как имеет место быть вероятность повреждения уже закрасенных участков. В качестве красителя при работе с такими приспособлениями можно использовать разбавленный растворителем битумный или какой-либо другой лак, цапонлак или даже раствор канифоли в спирте. Краситель должен иметь соответствующую консистенцию для свободного переноса чертежа разводки на заготовку печатной платы. Стоит отметить, что ручной процесс нанесения защитного покрытия достаточно трудоемок. Минимальная ширина дорожки, составляет порядка 0,5 мм.

2. Использование «технологии лазерного принтера».

Данная технология получила широчайшее распространение в силу своей простоты и высокого качества получаемых плат. Основу технологии составляет перенос тонера (порошка, используемого при печати в лазерных принтерах) с какой-либо подложки на печатную плату. Используемая подложка отделяется от платы перед травлением. Также применим второй вариант, когда в качестве подложки используется алюминиевая фольга (фольга стравливается вместе с медью). Первый этап использования данной технологии заключается в печати зеркального изображения рисунка печатной платы на подложке. Параметры печати принтера при этом должны быть установлены на максимальное качество печати (поскольку в этом случае происходит нанесение слоя тонера наибольшей толщины). В качестве подложки можно использовать тонкую мелованную бумагу, алюминиевую фольгу, пленку для лазерных принтеров и другие материалы (рассматривается легкость отделения материала от тонера). Нанесение тонера на фольгированную сторону стеклотекстолита осуществляется с помощью нагрева подложки. Использование данной технологии позволяет добиться ширины дорожек и зазоров между ними до 0,3 мм.

3. Применение фоторезистов.

Фоторезистом называется вещество чувствительное к свету, которое изменяет свои свойства под воздействием освещения. Сущность применения фоторезиста заключается в следующем: на плату с нанесенным на нее слоем фоторезиста накладывается фотошаблон и производится ее засветка, после чего засвеченные (или незасвеченные) участки фоторезиста ликвидируются специальным растворителем, в качестве которого обычно выступает едкий натрий (NaOH). Фоторезисты делятся на две категории: позитивные и негативные. Для позитивных фоторезистов дорожке на плате соответствует черный участок на фотошаблоне, а для негативных, соответственно, прозрачный. Наиболее удобны в применении позитивные фоторезисты.

Травление

Для удаления медной фольги с незащищенных участков фольгированного стеклотекстолита обычно используют химический способ. Печатная плата помещается в травильный раствор и за счет химической реакции медь растворяется, вследствие чего остаются контактные дорожки под слоем защитной покрытия.

Известно большое количество составов для химического травления меди, которые отличаются скоростью протекания реакции, составом выделяющихся в результате реакции веществ, а также доступностью необходимых для приготовления раствора химических реактивов. Ниже в таблице 1 приведена информация о наиболее популярных растворах для травления.

Таблица 1 – Растворы для травления печатной платы

Наимен. раствора	Состав	Кол-во	Технология	Достоинства	Недостатки
Перекись водорода плюс лимонная кислота	Перекись водорода (H_2O_2)	100 мл	В 3% растворе перекиси водорода растворить лимонную кислоту и поваренную соль	Доступность компонентов , высокая скорость травления, безопасность	Не храниться
	Лимонная кислота ($C_6H_8O_7$)	30 г			
	Поваренная соль ($NaCl$)	5 г			
Водный раствор хлорного железа	Вода (H_2O)	300 мл	В теплой воде растворить хлорное железо	Достаточная скорость травления, повторное использован ие	Невысокая доступность хлорного железа
	Хлорное железо ($FeCl_3$)	100 г			

Перекись водорода плюс соляная кислота	Перекись водорода (H ₂ O ₂)	200 мл	В 3% раствор перекиси водорода вливать 10% соляную кислоту	Высокая скорость травления, повторное использован ие	Требуется высокая аккуратность
	Соляная кислота (HCl)	200 мл			
Водный раствор медного купороса	Вода (H ₂ O)	500 мл	В горячей воде (50- 80°C) растворить поваренную соль, а затем медный купорос	Доступность компонентов	Ядовитость медного купороса и медленное травление, до 4 часов
	Медный купорос (CuSO ₄)	50 г			
	Поваренная соль (NaCl)	100 г			

После окончательного растворения меди в травильном растворе печатную плату извлекают и тщательно промывают водой. После снятия с платы тонера (краски), токоведущие дорожки и контактные площадки необходимо зачистить до металлического блеска и покрыть канифольным флюсом и залудить мягким припоем. Далее электротехнические элементы располагают в предназначенные позиции и запаивают.

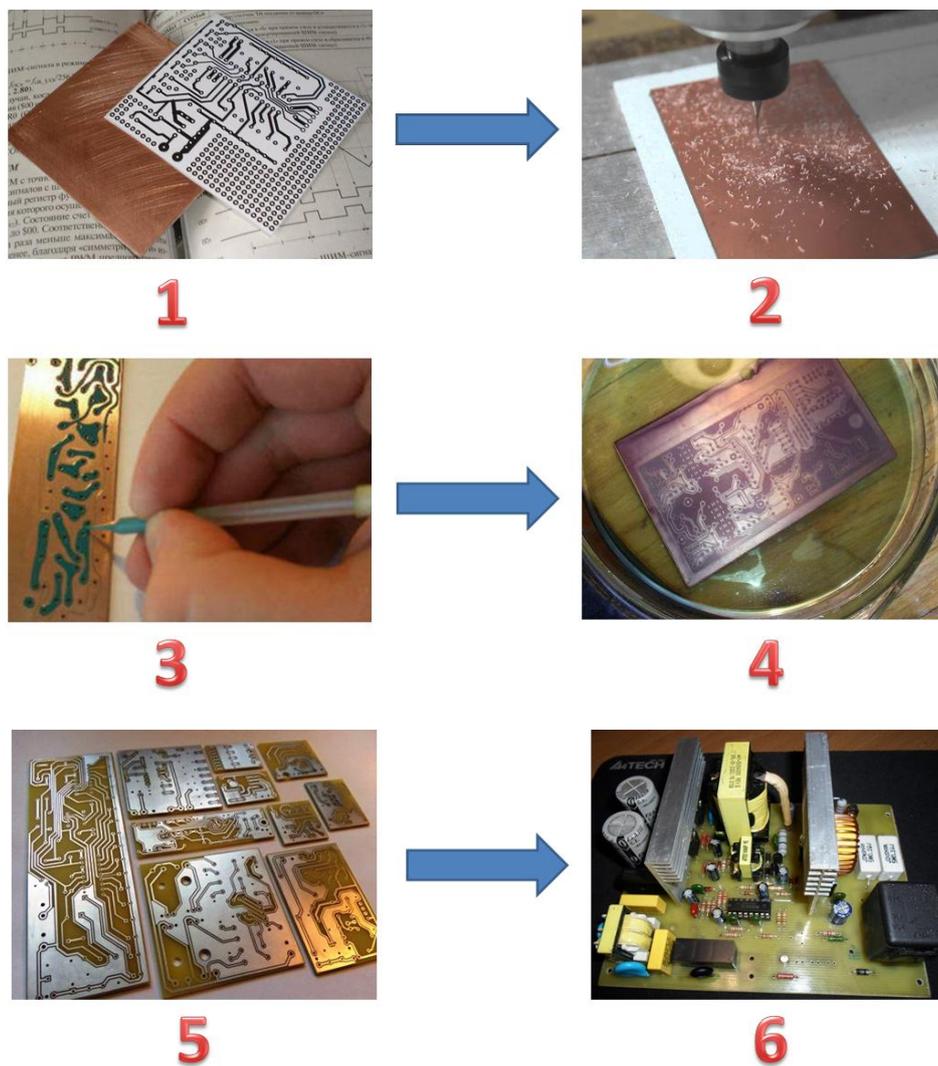


Рисунок 2 - Технология ручного способа изготовления печатных плат

На рисунке 2 использованы следующие обозначения:

- 1- Предварительная подготовка заготовки и трассировка;
- 2- монтажные работы;
- 3- нанесение защитного покрытия;
- 4- травление платы;
- 5- лужение токоведущих дорожек и контактных площадок;
- 6- установка электротехнических элементов на соответствующие позиции, пайка.

2 Устройство диагностики работоспособности и определения структуры транзистора.

3

В радиолюбительской практике часто необходимо проверять транзисторы на их работоспособность, определять структуру и выводы неизвестного транзистора. Для этих целей и предназначен пробник, в котором информация отображается в буквенном виде на индикаторе.

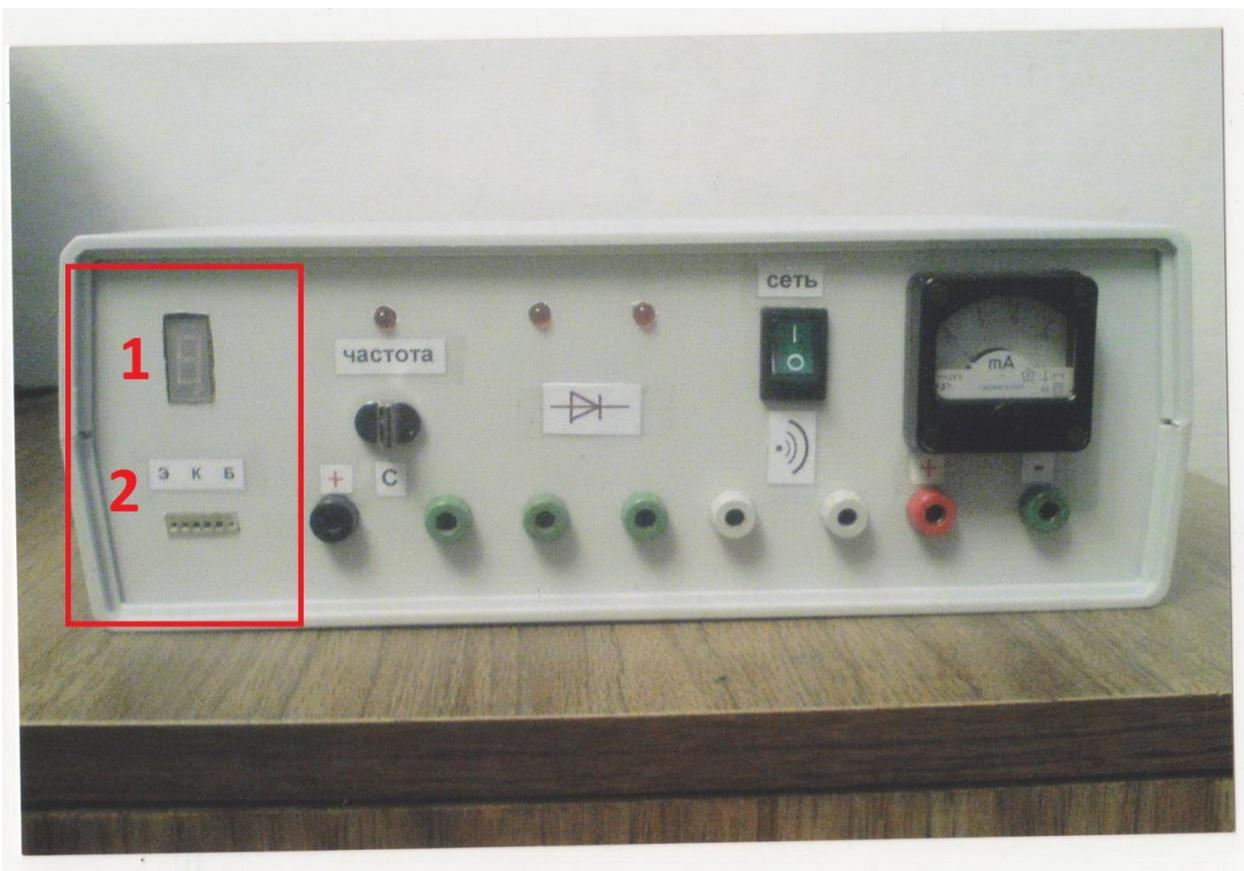


Рисунок 3 - Устройство диагностики работоспособности и определения структуры транзистора

На рисунке 3 использованы следующие обозначения:

- 1- Индикатор;
- 2- Зажимы для проверяемого транзистора с маркировками «Э», «К», «Б» (эмиттер, коллектор, база соответственно).

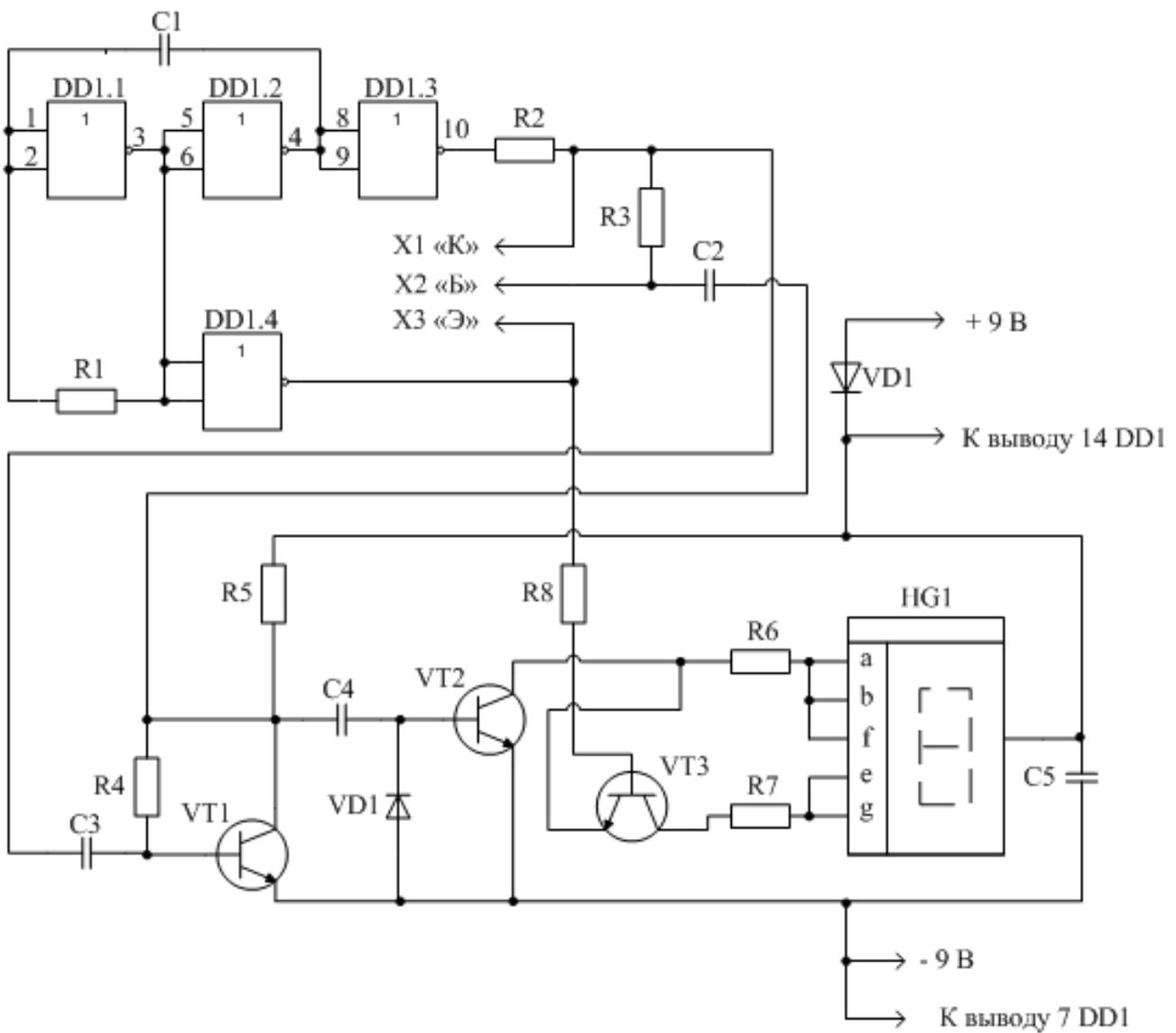


Рисунок 4 - Принципиальная электрическая схема устройства диагностики работоспособности и определения структуры транзистора

В случае, если транзистор исправлен и его выводы подключены к зажимам X1-X3 в соответствии с указанной на схеме маркировкой, на индикаторе визуально наблюдается латинская буква «n» или «р» в зависимости от структуры проверяемого транзистора. Если же индикатор не реагирует на проверяемый полупроводниковый прибор, следовательно, транзистор неисправен, либо его выводы подключены не к тем зажимам. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран мультивибратор. Транзисторы VT1 – VT3 вступают в работу только при подключении к зажимам X1-X3 проверяемого

транзистора. Предположим, что к указанным зажимам подключили транзистор структуры n-p-n. Когда на выходе элемента DD1.3 высокий уровень, работает мультивибратор, в состав которого входит проверяемый транзистор и транзистор VT1. Частота импульсов 4 кГц. Через конденсатор С4 импульсы поступают на усилительный каскад на транзистор VT2. Диод VD1 необходим для разрядки конденсатора в моменты, когда транзистор VT1 открыт. Транзистор VT2 открывается в момент подачи импульса мультивибратора и обеспечивает контакт сегментов индикатора «а, b, f» с минусовым выводом источника питания. При таком подключении индикатора сегменты «а, b, f» образуют букву «п». В этот момент времени низкий уровень на выходе элемента DD1.4 обеспечивает закрытое состояние транзистора VT3. Когда же на выходе элемента DD1.3 будет низкий уровень, а на элементе DD1.4 - высокий, мультивибратор на транзисторах не работает, так как проверяемый транзистор при таком напряжении будет закрыт. Транзистор VT2 также закрыт без поступающих на его базу импульсов мультивибратора. Транзистор VT3 закрыт, поскольку между эмиттером транзистора VT3 и минусовым контактом разрыв в виде закрытого транзистора VT2.

Когда к зажимам X1-X3 подключен проверяемый транзистор p-n-p структуры, мультивибратор будет работать при низких уровнях на выходе элемента DD1.3 и высоких DD1.4. Сигнал поступит на сегменты индикатора «а, b, f, e, g», образуя букву «р».

При проверке неизвестного транзистора, его выводы необходимо подключать к зажимам в различной комбинации до получения той или иной буквы. Указанная буква на индикаторе обозначит структуру транзистора, а по маркировке зажимов удастся определить выводы транзистора.

В схеме использовались электротехнические элементы, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Электротехнические элементы устройства диагностики работоспособности и определения структуры транзистора

Элемент	Обозначение	Номинал
Диод	VD1	D220
Диод	VD2	КД503
Индикатор	HG1	АЛС324Б
Конденсаторы неэлектролитические	C1, C4, C5	1мкФ
Конденсаторы неэлектролитические	C2, C3	4700 мкФ
Микросхема	DD1.1-DD1-4	К176ЛЕ5
Резистор	R1	100 кОм
Резисторы	R2, R5	10 кОм
Резисторы	R3, R4	39 кОм
Резистор	R6	120 Ом
Резистор	R7	220 Ом
Резистор	R8	47 кОм
Транзисторы	VT1-VT3	КТ315

3 Устройство для проверки работоспособности оксидных электролитических конденсаторов.

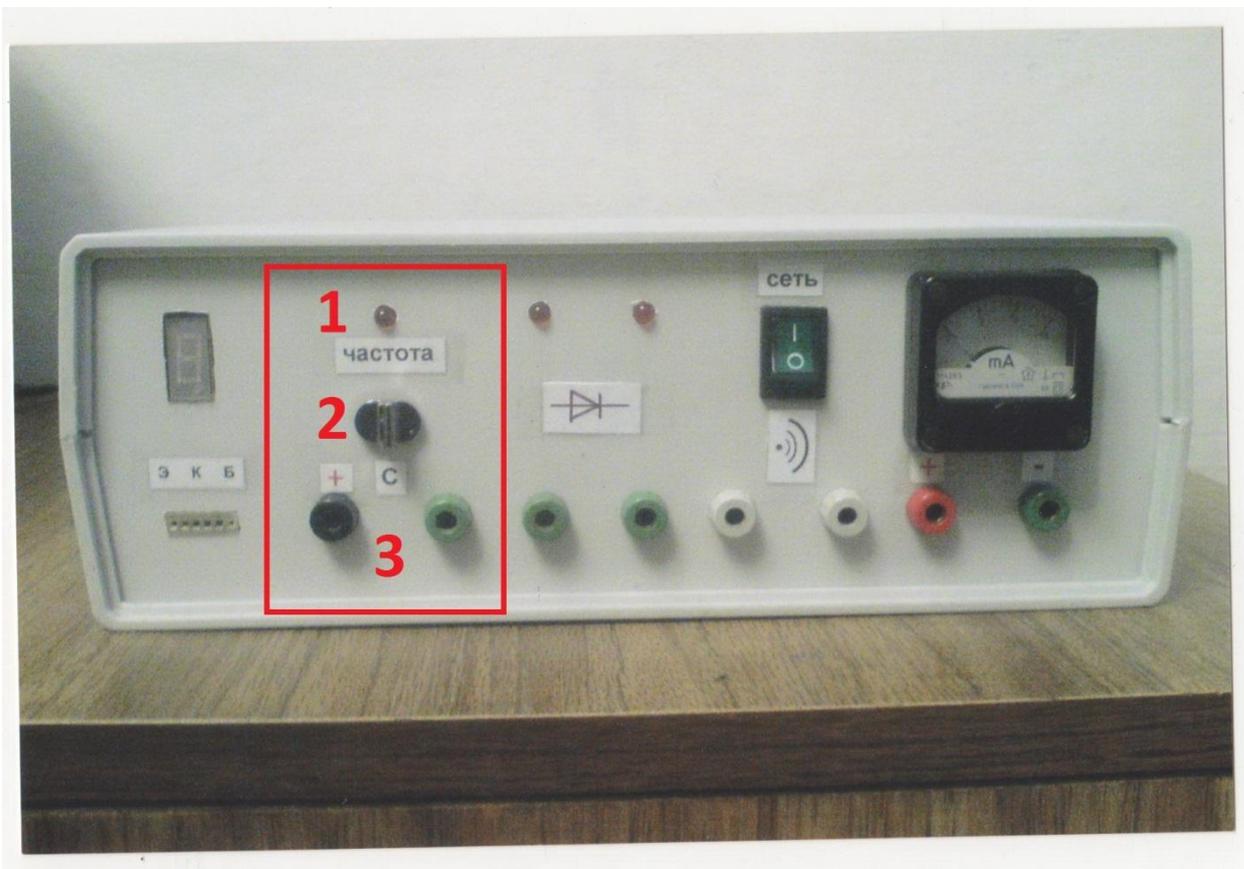


Рисунок 5 – Устройство для проверки работоспособности оксидных электролитических конденсаторов

На рисунке 5 использованы следующие обозначения:

- 1- Светодиод (в качестве индикатора);
- 2- ручка управления переменным резистором;
- 3- контакты для подключения проверяемого конденсатора.

Прибор определяет работоспособность оксидных электролитических конденсаторов. На элементах DD2.1, DD2.2 и транзисторе VT4 собран генератор, частоту которого можно плавно изменять переменным резистором R9. Активную роль в генераторе выполняет проверяемый конденсатор, подключенный к зажимам. Светодиод служит индикатором работы

проверяемого конденсатора. Если конденсатор исправлен, светодиод вспыхивает с частотой, устанавливаемой переменным резистором. При неисправном конденсаторе вспышек светодиода не будет. Питающее напряжение для устройства подается от блока питания, встроенного в корпус. Диапазон проверяемых емкостей от 0,05 мкФ до 5000 мкФ.

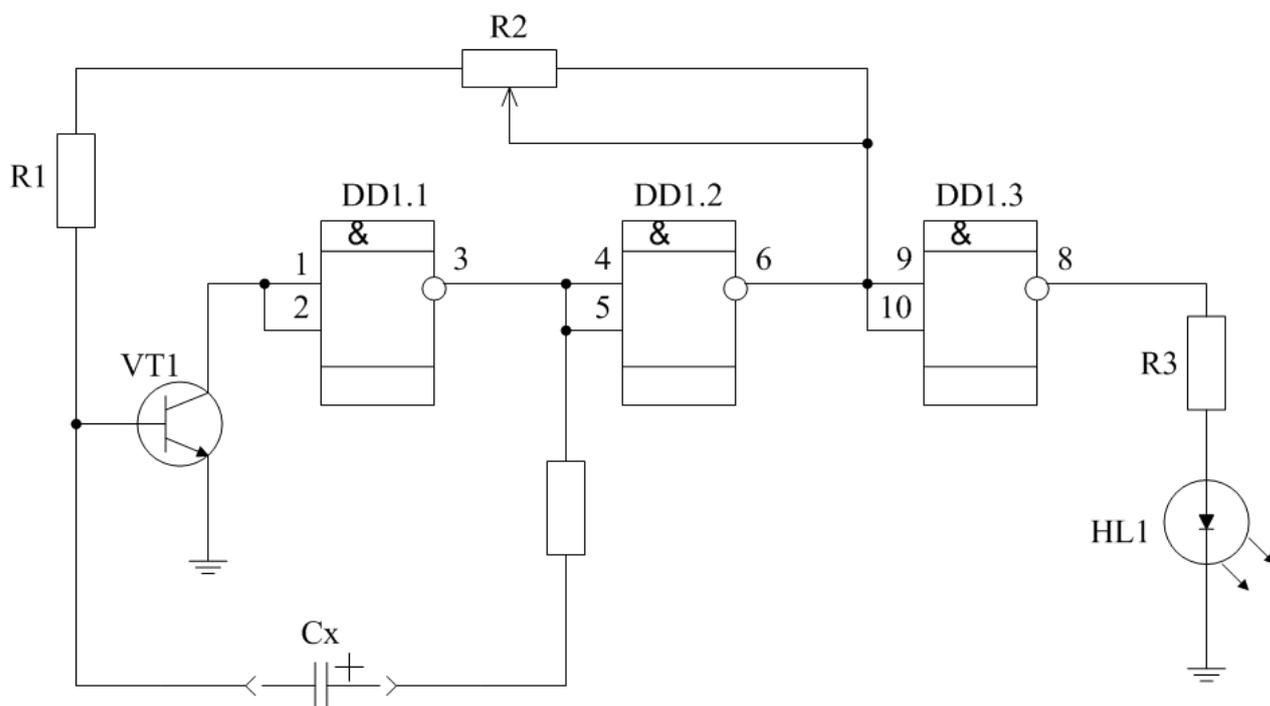


Рисунок 6 - Принципиальная электрическая схема устройства для проверки работоспособности оксидных электролитических конденсаторов

Для получения графических характеристик схема устройства была смоделирована в программе Matlab Simulink.

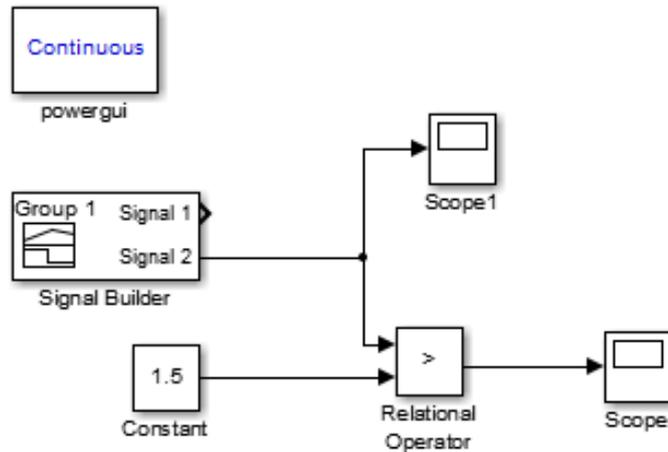


Рисунок 7 – Модель устройства для проверки работоспособности оксидных электролитических конденсаторов

С помощью генератора сигналов (Signal Builder) удалось воспроизвести имитацию заряда и разряда исправного оксидного электролитического конденсатора.

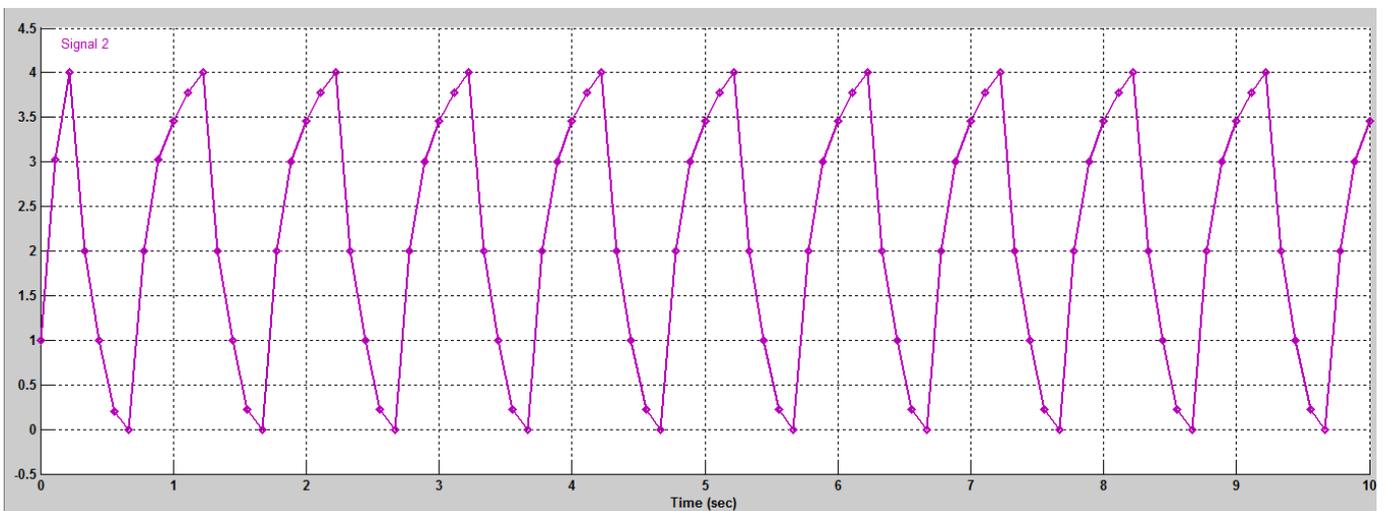


Рисунок 8 – Имитация заряда/разряда исправного конденсатора

Сигнал исправной работы конденсатора становится входным для оператора сравнения (Relational Operator). Второй входной сигнал оператора сравнения устанавливаем постоянным значением равным 1,5, имитируя минимальное значение напряжения для включения светодиода. При зарядке

конденсатора с нулевого значения достигает сигнала равным 1,5, светодиод загорается и остается включенным в течение 0,6 секунд до разрядки конденсатора до значения 1,5, после чего светодиод гаснет и остается выключенным в течение 0,37 секунд. Сигнал индикации работы светодиода показан на рисунке 9.

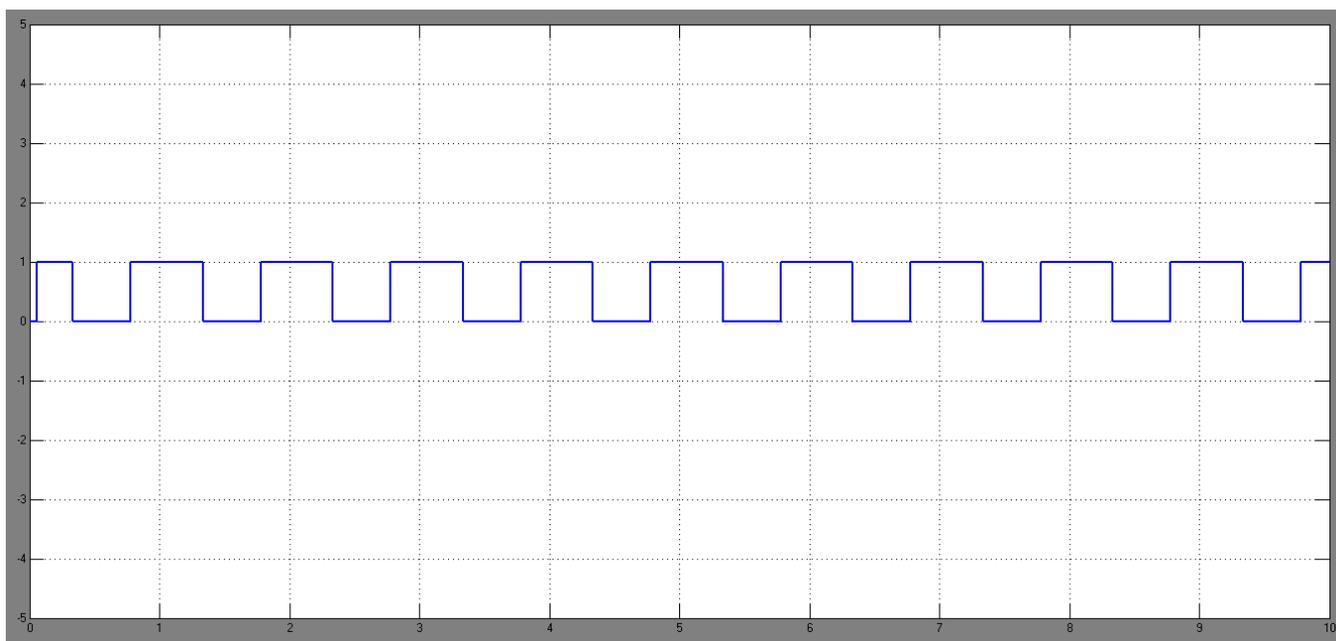


Рисунок 9 – Сигнал индикации

При имитации сигнала неисправного конденсатора (рисунок 10) на осциллографе (Scope) появится постоянный нулевой сигнал (рисунок 11), что указывает на то, что индикация сигнала отсутствует.

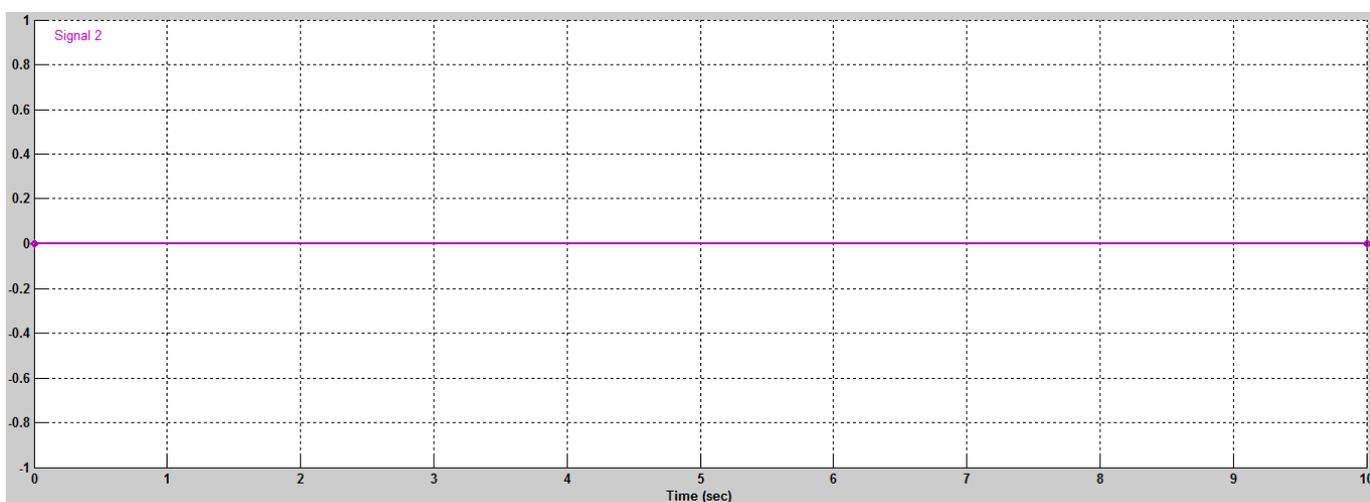


Рисунок 10 – Имитация неисправного конденсатора

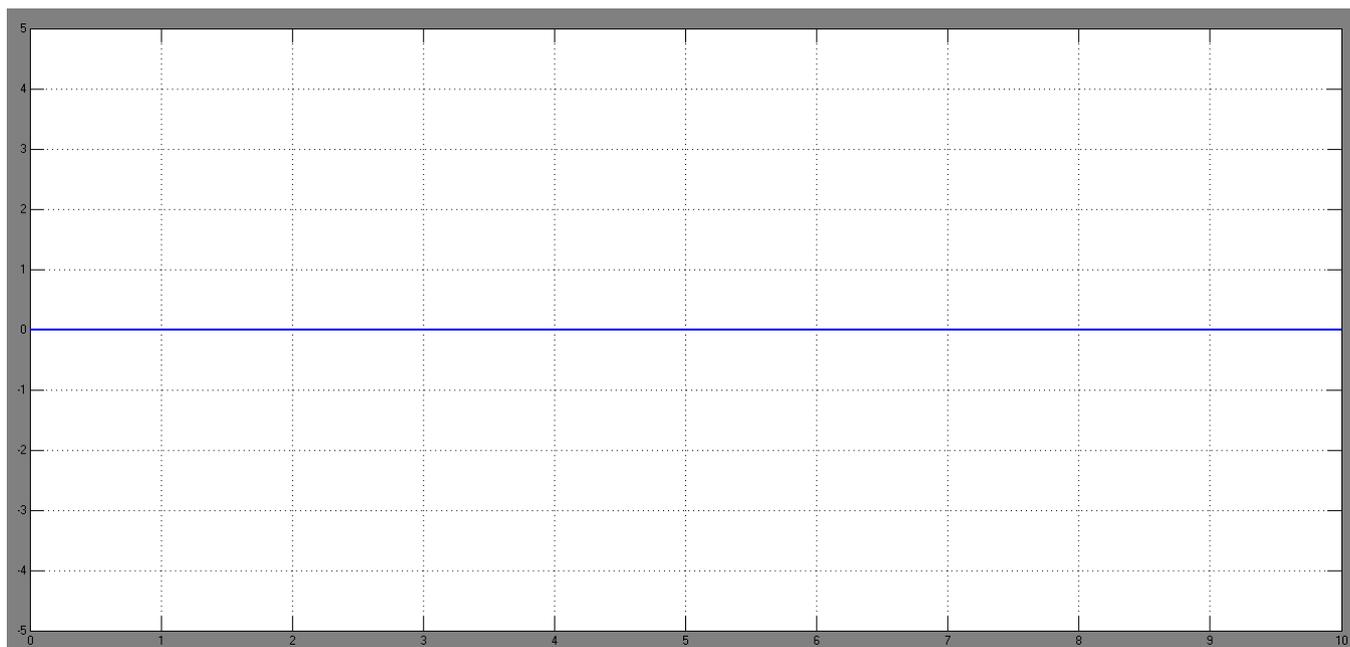


Рисунок 11 – Сигнал индикации

В схеме использовались электротехнические элементы, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Электротехнические элементы устройства для проверки работоспособности оксидных электролитических конденсаторов

Элемент	Обозначение	Номинал
Микросхема	DD1.1-DD1.3	КА155ЛА3
Резистор	R1	1,5 кОм
Резистор (переменный)	R2	1,5 МОм
Резистор	R3	100 Ом
Резистор	R4	510 Ом
Светодиод	HL1	АЛ307А
Транзистор	VT1	КТ3102Е

4 Устройство для проверки работоспособности диодов

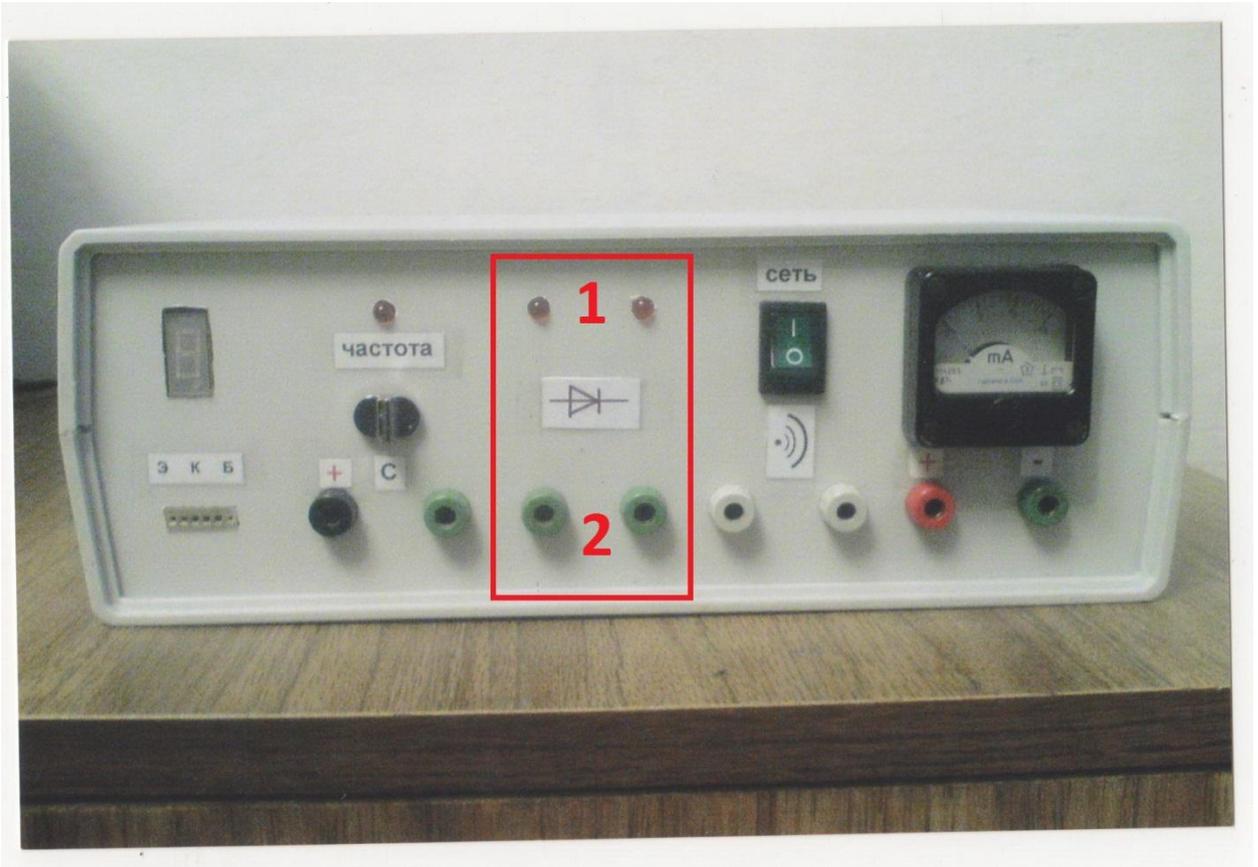


Рисунок 12 – Устройство для проверки работоспособности диодов

На рисунке 12 использованы следующие обозначения:

- 1- Светодиоды (в качестве индикатора);
- 2- Контакты для подключения проверяемого диода.

Данное устройство выполнено на одной микросхеме. На элементах DD1.1 и DD1.2 выполнен мультивибратор, а элементы DD1.3 и DD1.4 выполняют роль повторителей. Производят наладку устройства, подбирая резистор R1 по заданному току через проверяемый диод и светодиоды.

При подключении исправного диода к указанным контактам на лицевой панели в качестве индикации загорается один из светодиодов. В противном случае, при неисправном диоде, либо загораются оба светодиода, либо не загорается ни один.

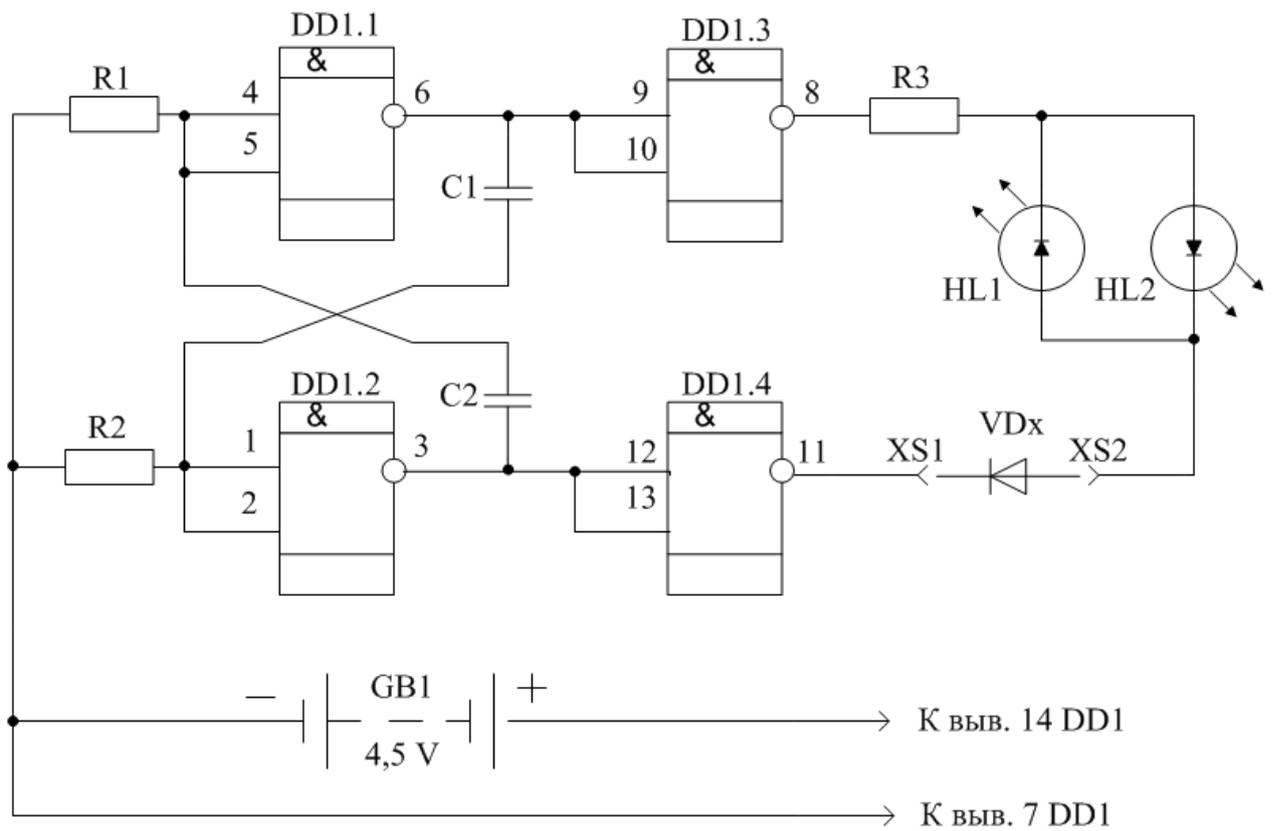


Рисунок 13 - Принципиальная электрическая схема устройства для проверки работоспособности диодов.

Для получения графических характеристик схема устройства была смоделирована в программе Matlab Simulink.

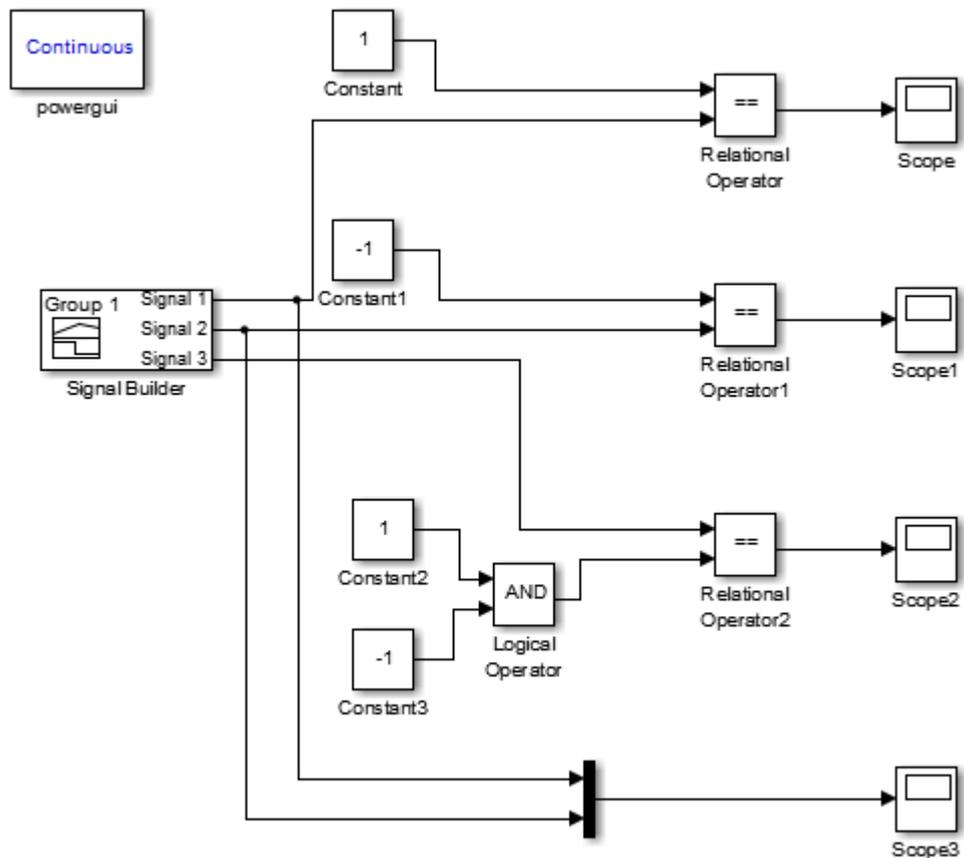


Рисунок 14 – Модель устройства для проверки работоспособности диодов

С помощью генератора сигналов (Signal Builder) воспроизводится имитация сигнала проверяемого диода. К выходным контактам устройства диод подключается произвольно (анод-катод, катод-анод). Поэтому сигнал диода (Signal 1), подключаемый как «анод-катод», принимает значение «1». Сигнал диода (Signal 2), подключаемый как «катод-анод», принимает значение «-1».

Для имитации неисправного диода рассматривается два варианта: совмещенная работа сигналов (Signal 1 и Signal 2); третий сигнал генератора, который в свою очередь принимает значение «0».

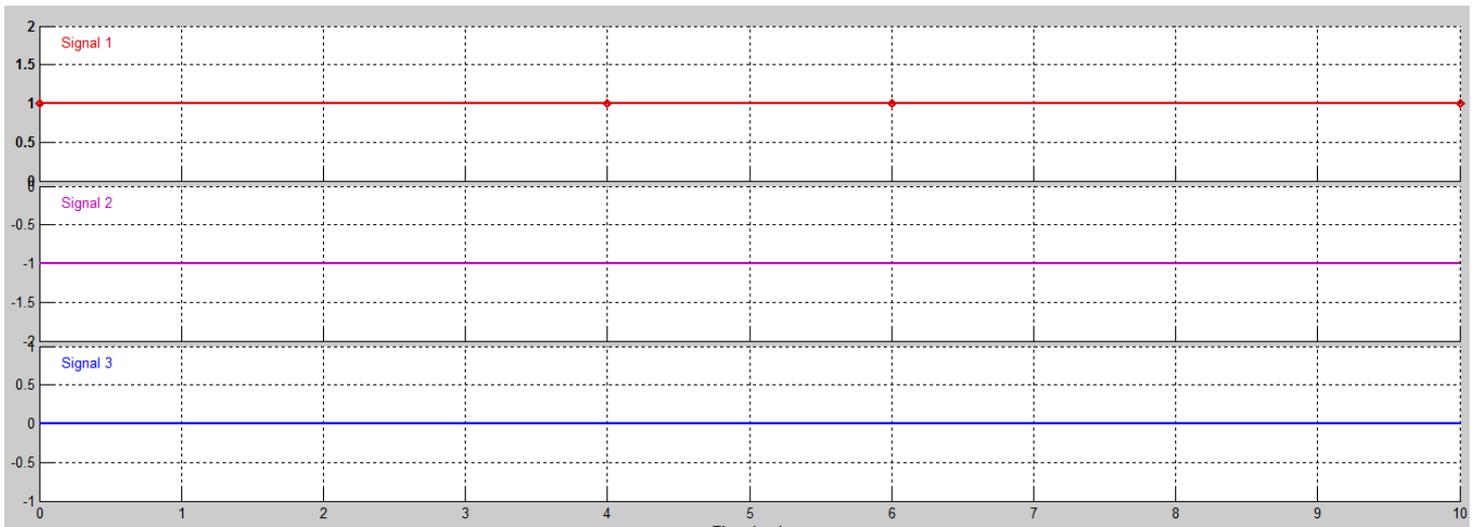


Рисунок 15 – Имитация сигналов

При имитации исправного диода применяется сигнал со значениями «-1» или «1». Тогда на осциллографах «Score» и «Score1» получим положительный сигнал, равный «1» (Рисунок 16). На рабочей модели это действие будет означать индикацию одного из светодиодов.

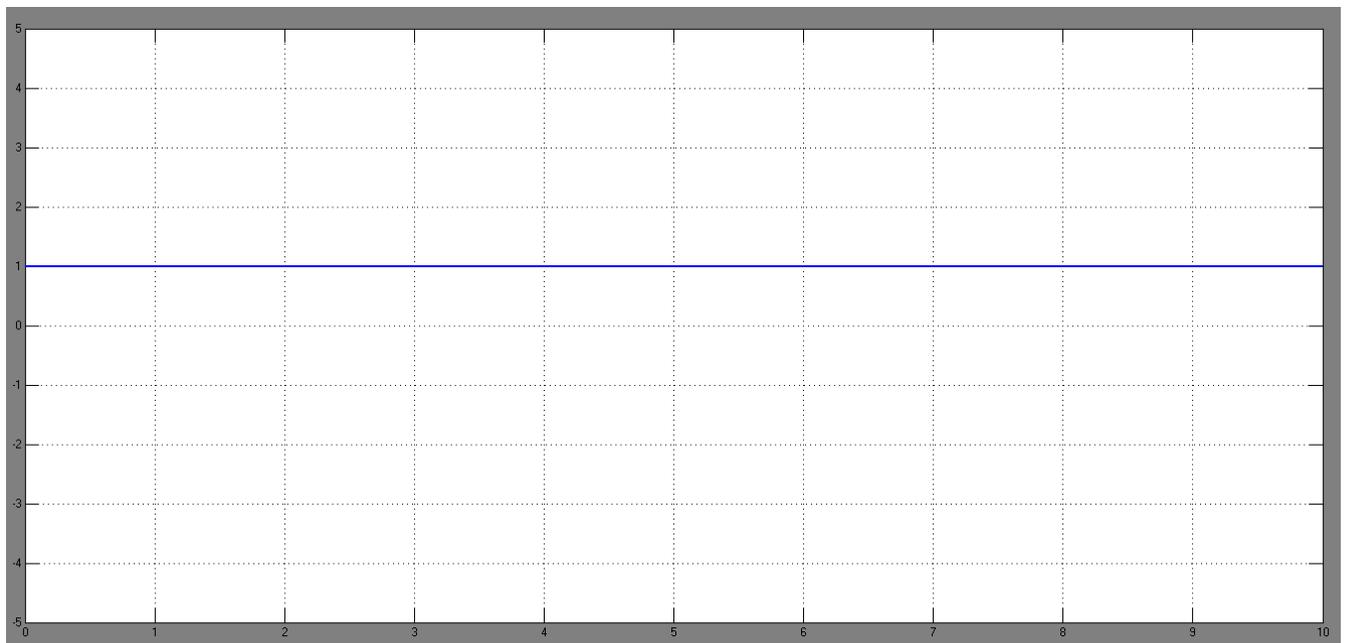


Рисунок 16 – Имитация сигнала при исправном диоде

При неисправном диоде в первом случае одновременно подается два сигнала (Signal 1, Signal 2). Тогда выходные сигналы будут равны «-1» и «1»,

что имитирует свечение обоих светодиодов на лицевой панели рабочей модели, и выглядеть следующим образом (Рисунок 17).

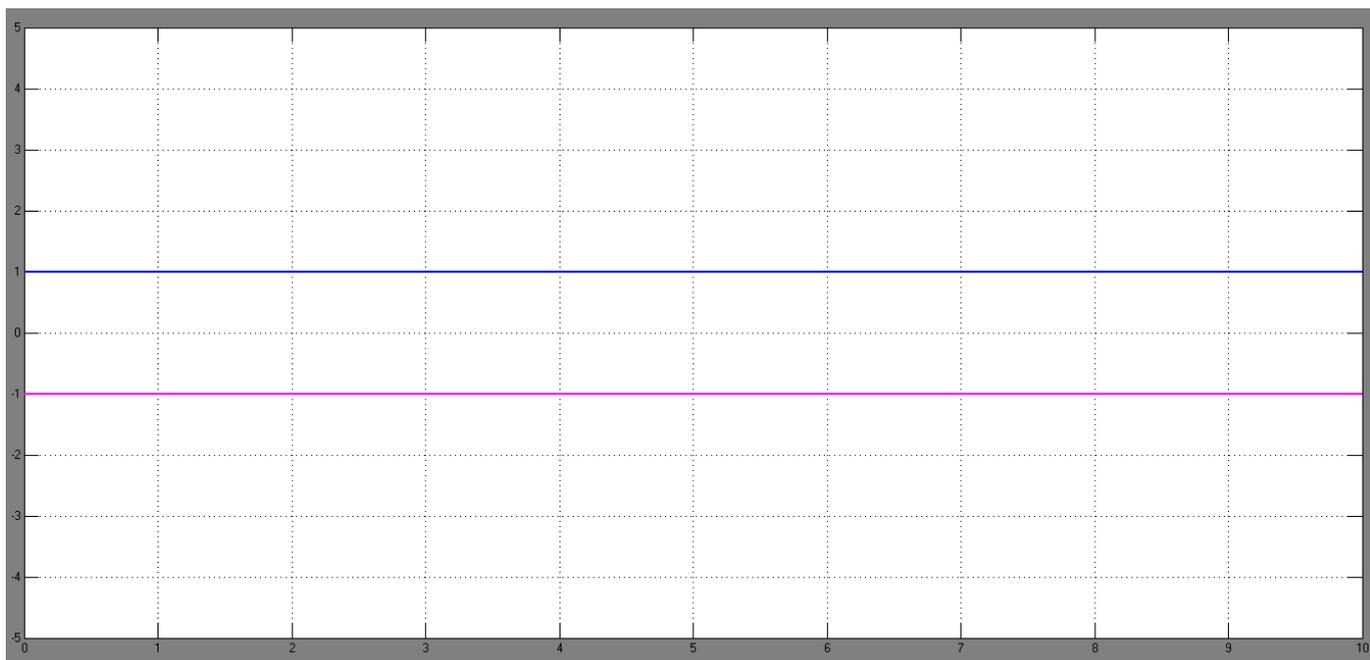


Рисунок 17 – Имитация неисправного диода в первом случае

При имитации неисправного диода во втором случае подается третий сигнал генератора «Signal 3». Выходной сигнал на осциллографе «Score 2» будет равен значению «0». При этом на лицевой панели рабочей модели светодиоды погашены.

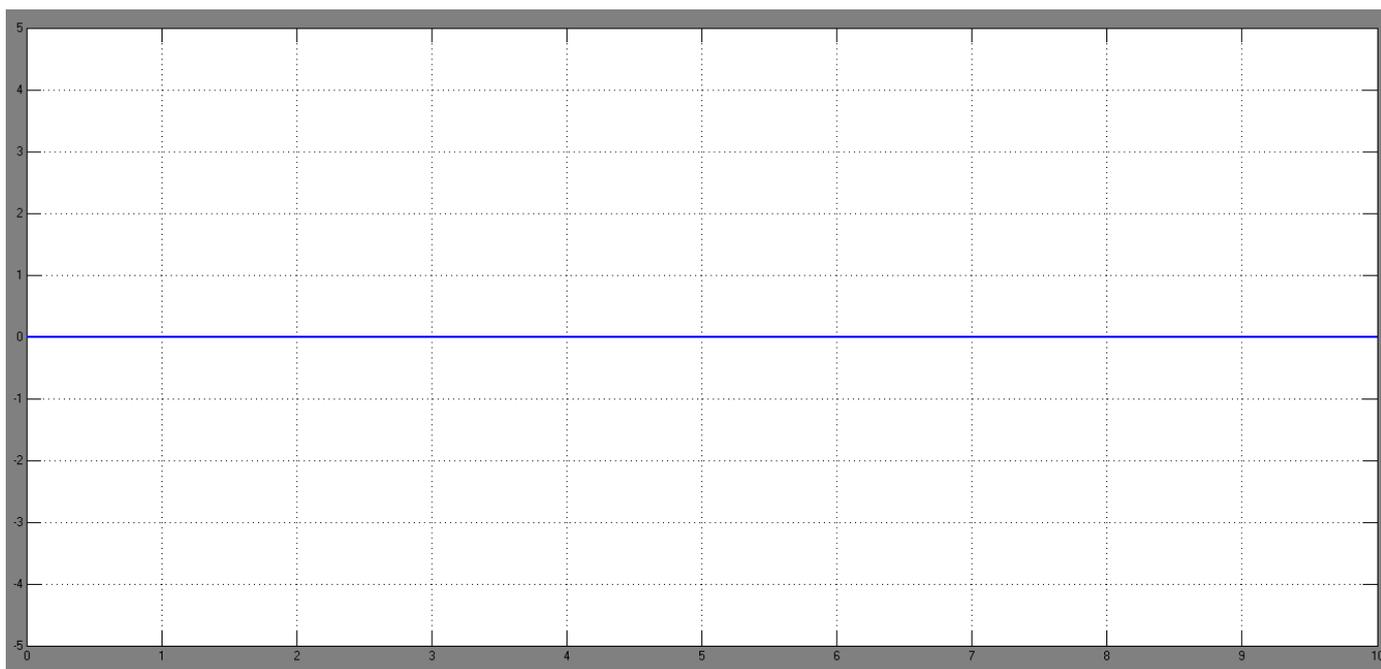


Рисунок 18 – Имитация неисправного диода во втором случае

В схеме использовались электротехнические элементы, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Электротехнические элементы устройства для проверки работоспособности диодов

Элемент	Обозначение	Номинал
Конденсаторы неэлектролитические	C1, C2	0,1 мкФ
Микросхема	DD1.1-DD1.4	K155ЛА3
Резисторы	R1, R2	1,8 кОм
Резистор	R3	100 Ом
Светодиоды	HL1, HL2	АЛ307Б

5 Устройство для «прозвонки» монтажа

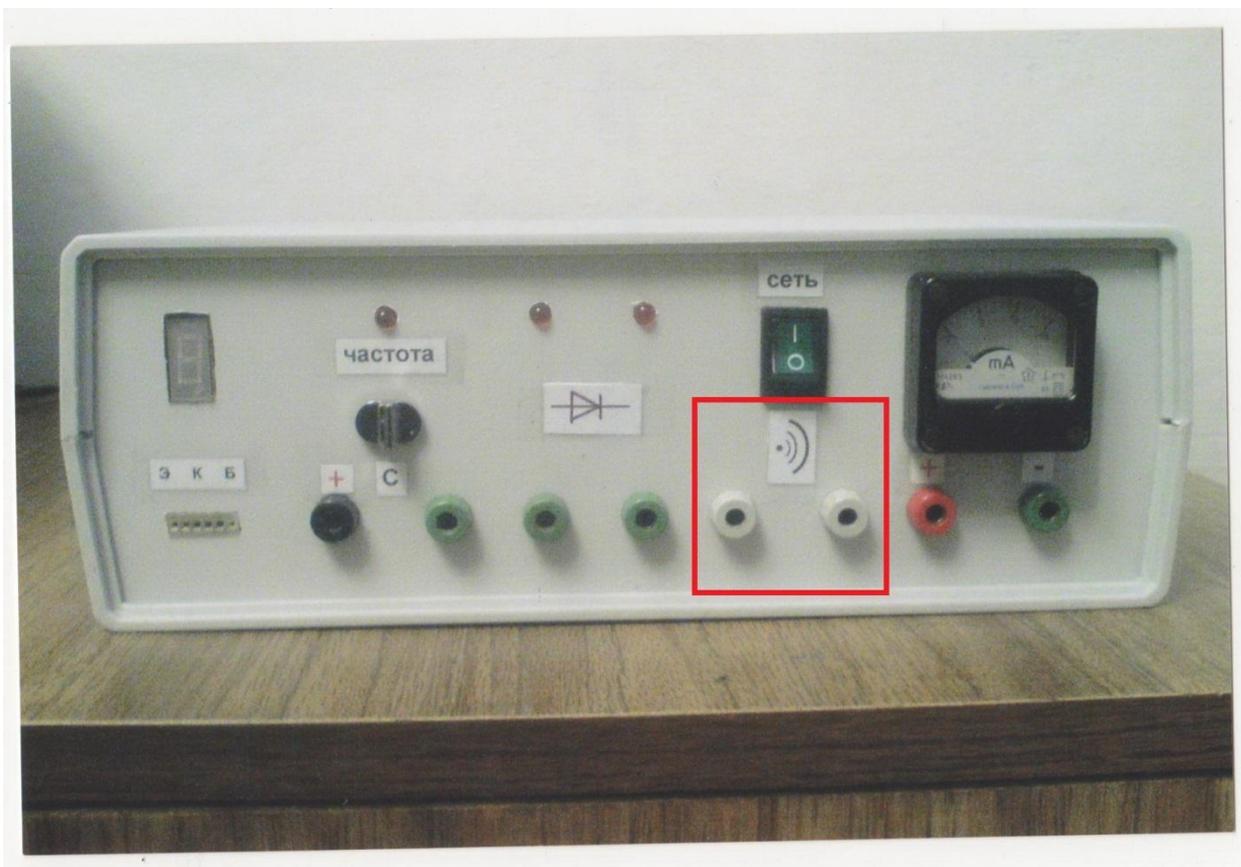


Рисунок 19 - Устройство для «прозвонки» монтажа

Часто возникает проблема с поиском случайно замкнутых при пайке проводников на платах, между ножками микросхем в корпусах поверхностного монтажа или под ними. Или же, наоборот, для проверки соединения, нахождения обрывов или поиска проводников, подключенных в одну точку, так называемый "металлический" контакт. Для решения ряда вышеперечисленных проблем используют тестер с режимом «прозвонки». Но тестер неудобен тем, что зачастую порог срабатывания прибора высокий (до сотен Ом). А также р-п переходы влияют на «прозвонку». В данном устройстве порог срабатывания настроен на сопротивление измеряемой цепи менее 10 Ом. Устройство не реагирует на р-п переходы. Напряжение питания составляет 5 В, поэтому схема питается от встроенной в корпус устройства батарейки.

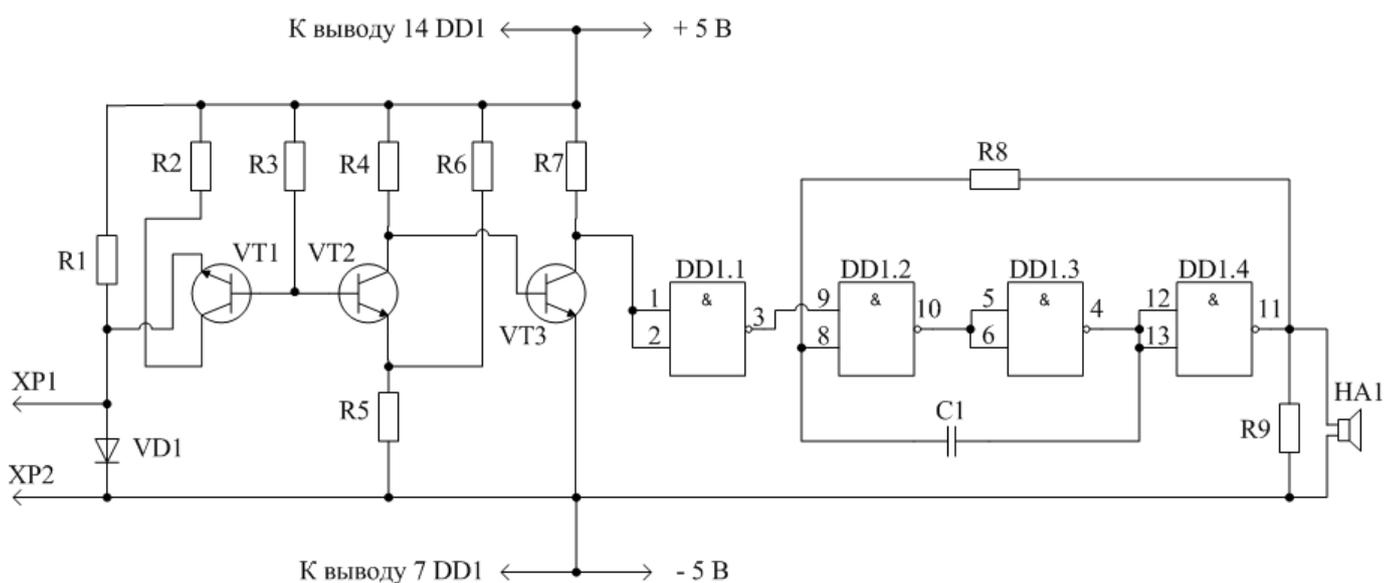


Рисунок 20 – Принципиальная электрическая схема «прозвонки» монтажа

В схеме использовались электротехнические элементы, приведенные в таблице 5.

Таблица 5 – Электротехнические элементы устройства для «прозвонки» монтажа

Элемент	Обозначение	Номинал
Диод	VD1	Д9А
Звуковое устройство	HA1	ЗП-3
Конденсатор неэлектролитический	C1	1500 мкФ
Микросхема	DD1.1-DD1.4	К561ЛА7
Резистор	R1	300 Ом
Резисторы	R2, R4	5,1 кОм
Резистор	R3	51 кОм
Резистор	R5	100 Ом
Резистор	R6	3 кОм
Резистор	R7, R9	30 кОм
Резистор	R8	100 кОм
Транзисторы	VT1-VT3	КТ315Г

6 Блок питания постоянного тока

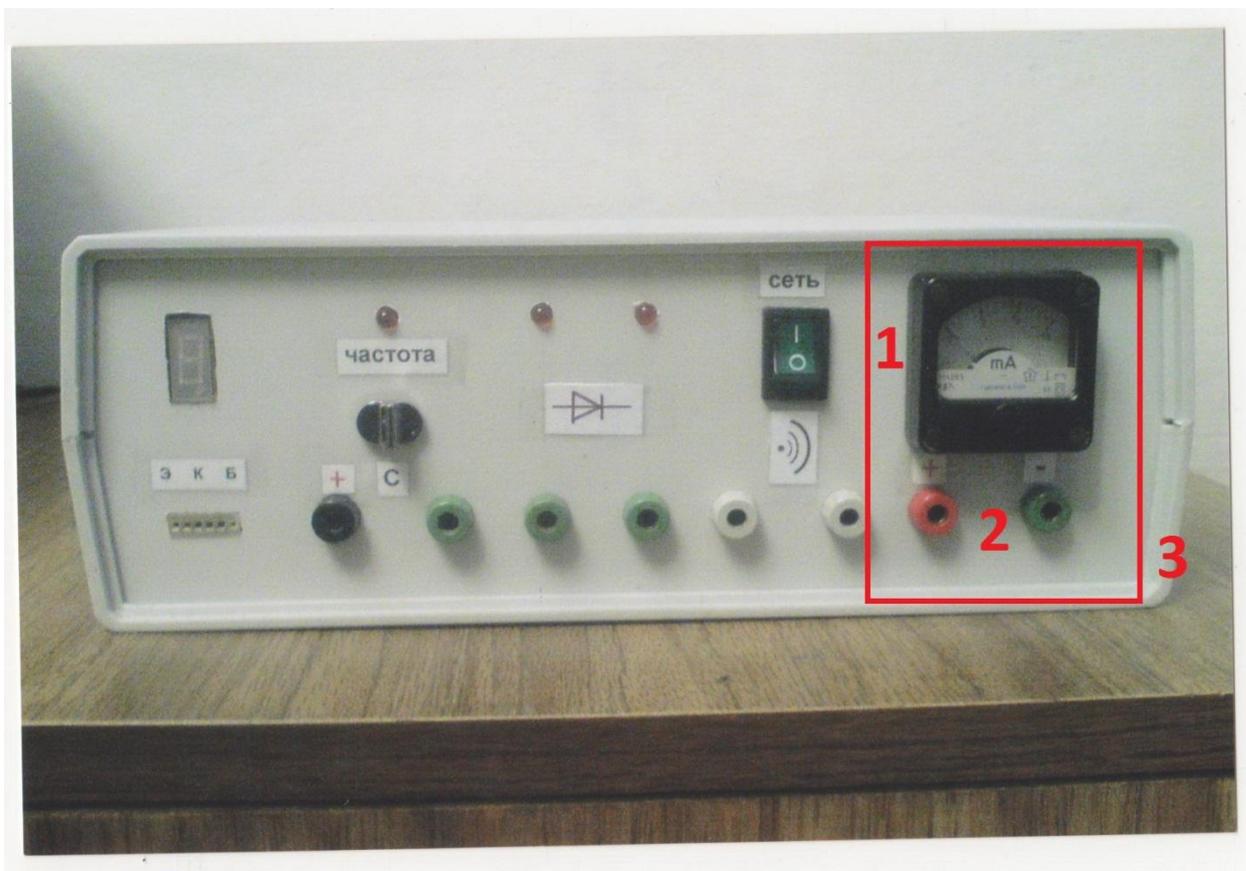


Рисунок 21 – Блок питания

На рисунке 21 использованы следующие обозначения:

- 1- Измерительный прибор;
- 2- выходные контакты с маркировками « + » и « - »;
- 3- ручка переменного резистора (на правом боку корпуса).

Блок питания состоит из понижающего трансформатора, двуполупериодного выпрямителя с конденсатором, который сглаживает пульсации выпрямленного напряжения, стабилизатора напряжения, в котором работают стабилитрон VD6 и транзисторы VT1, VT2, прибора измерительного, с помощью которого визуально наблюдают выходное напряжение. Для индикации включения питания служит светодиод VD5, который дополнительно выполняет функцию подсветки измерительного прибора. Выходное напряжение этого блока можно плавно регулировать

переменным резистором R3. Диапазон регулировки выходного напряжения 0-15 В. Максимальный ток нагрузки 2 А. Резистор R2 и стабилитрон VD6, образующие параметрический стабилизатор, стабилизируют напряжение на R3. Напряжение, создающееся на его нагрузочном резисторе R4, подается непосредственно на базу регулирующего транзистора VT2 и управляет его состоянием. Когда движок резистора R3 находится в крайнем нижнем (по схеме) положении, напряжение смещения на базе управляющего транзистора увеличивается, вследствие чего открываются транзисторы VT1 и VT2 (эмиттерный повторитель). При перемещении движка резистора R3 в крайнее верхнее (по схеме) положение, то выходное напряжение максимально и равно 15 В.

Ручка резистора R3 находится на правом боку корпуса пробника, что придает наиболее удобное использование блока питания при работе.

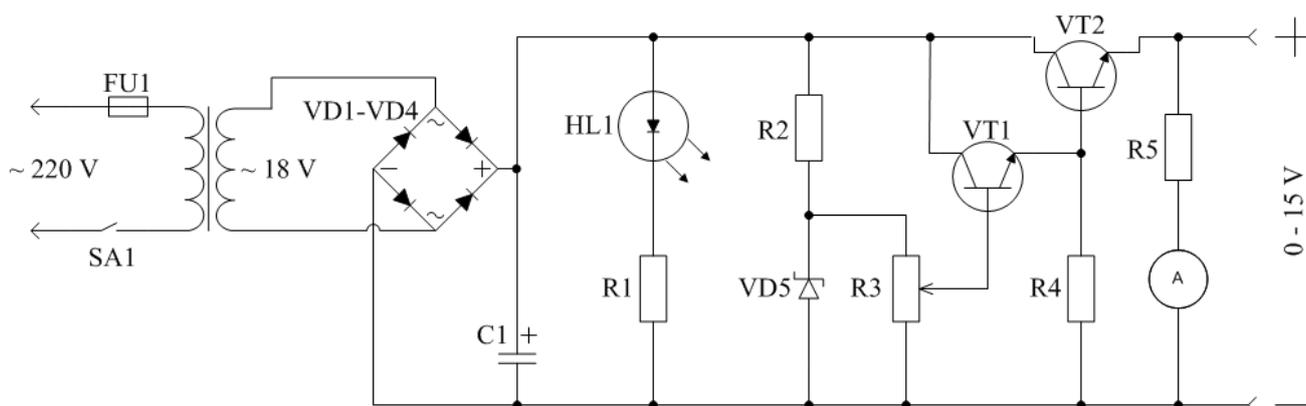


Рисунок 22 – Принципиальная электрическая схема блока питания

Для получения графических характеристик схема устройства была смоделирована в программе Matlab Simulink.

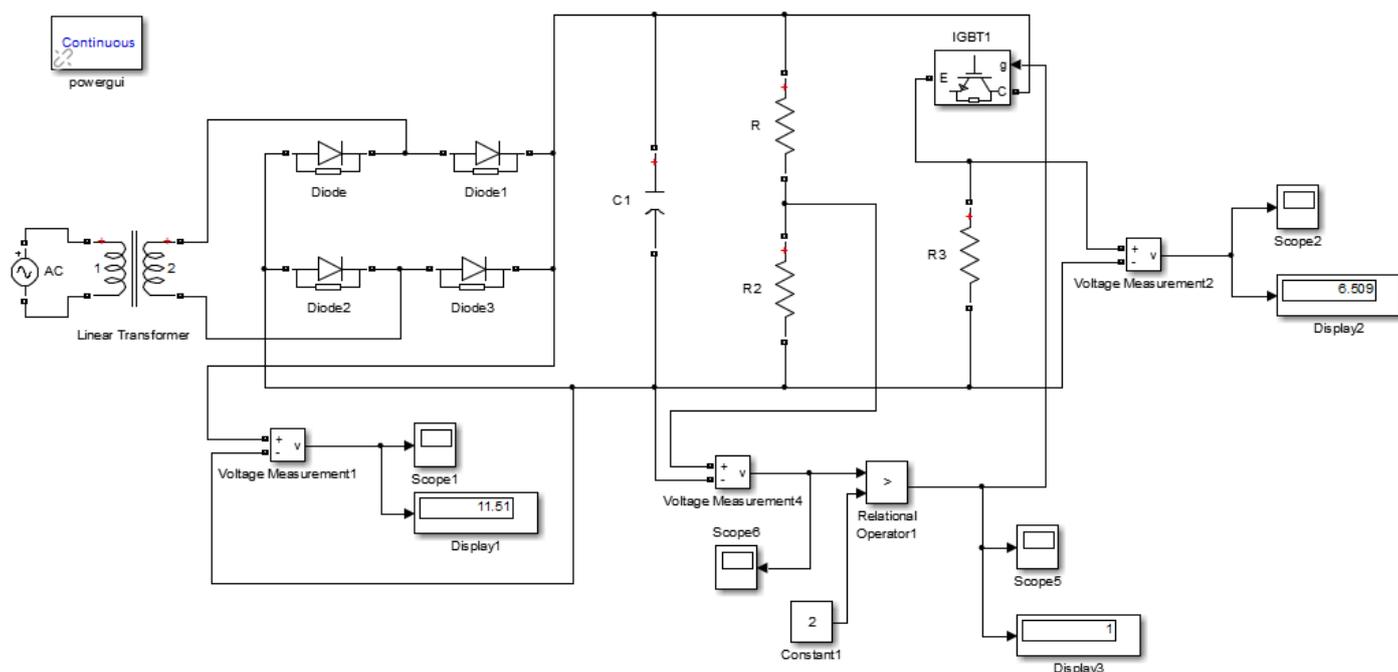


Рисунок 23 – Модель схемы блока питания

Сигналом для открытия транзистора IGBT1 служит выходной сигнал оператора сравнения (Relational Operator1). Входными сигналами для оператора сравнения в свою очередь служат постоянная (Constant1), равная значению «2», и напряжение, измеряемое вольтметром (Voltage Measurement4) на резисторе R2. Транзистор IGBT1 закрыт, пока напряжение на резисторе R2 не достигнет 2 Вольт. В следующий момент времени транзистор IGBT1 открывается, и напряжение на выходе блок питания растёт до установочного значения. Данная схема необходима для имитации времени работы диагностического устройства, а именно визуальное наблюдение и исчисление времени работы блока питания при ручном управлении переменным резистором R3 для изменения напряжения на выходе блоке питания от 0 до 9 В.

Так, к примеру, выглядит выходное напряжение блока питания равное 9 В (Рисунок 24)

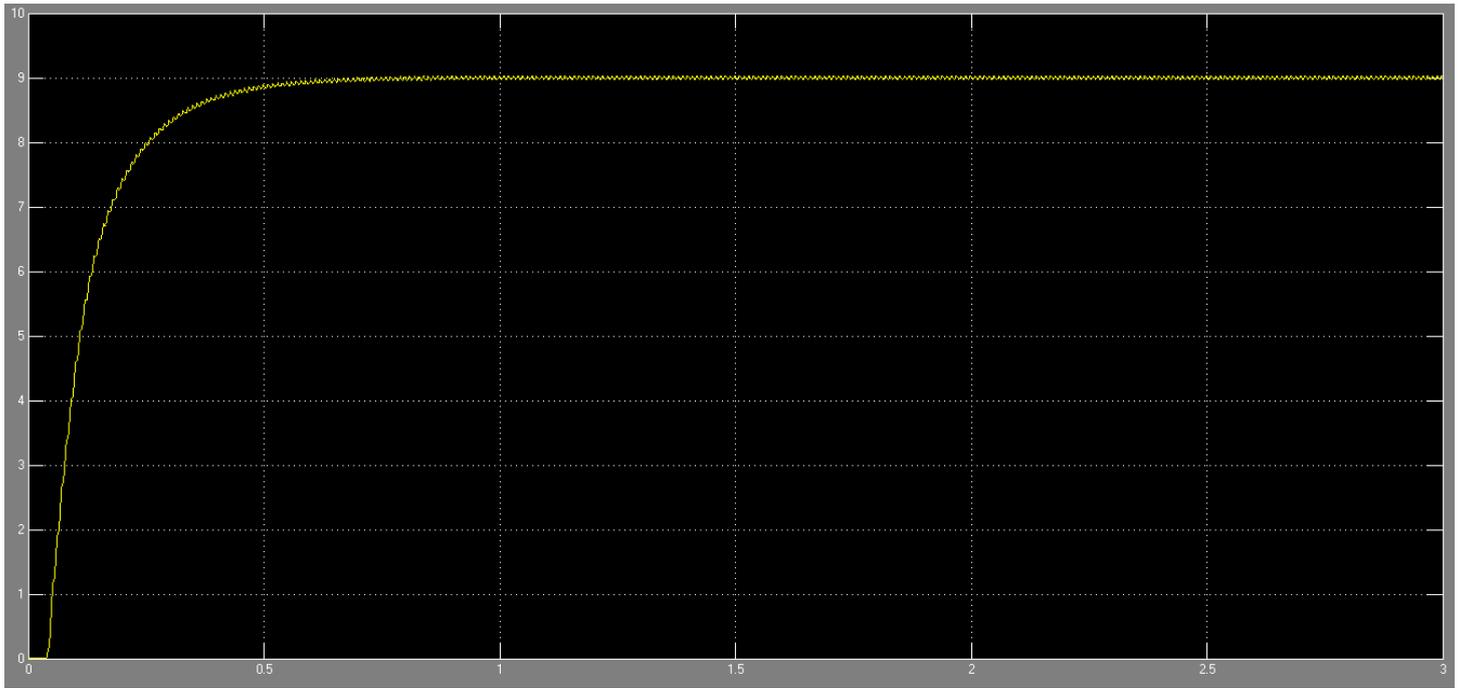


Рисунок 24 – Выходное напряжение 9 Вольт

При вышеуказанном варианте работы блока питания транзистор IGBT1 открывается через 0,035 секунды (Рисунок 25).

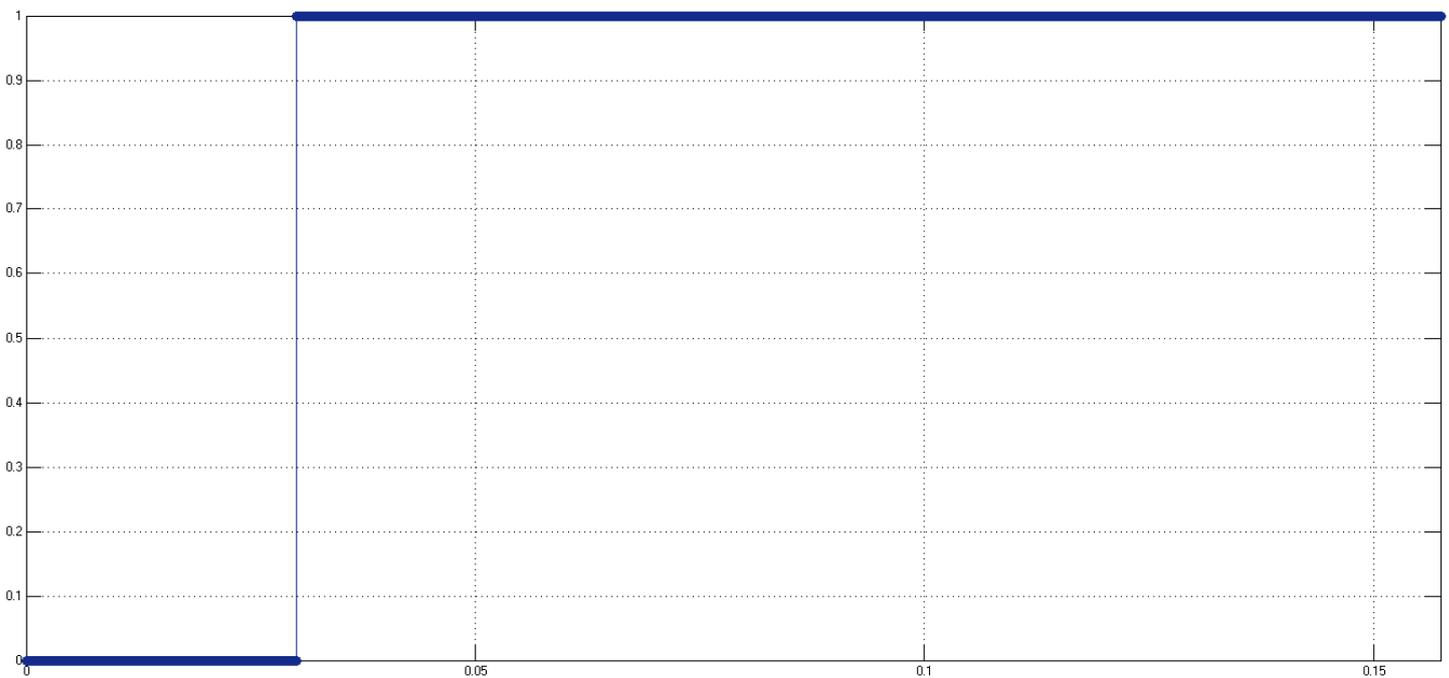


Рисунок 25 – Имитация включения транзистора

Для примера, к указанному принципу установим выходное напряжение равное 6 В.

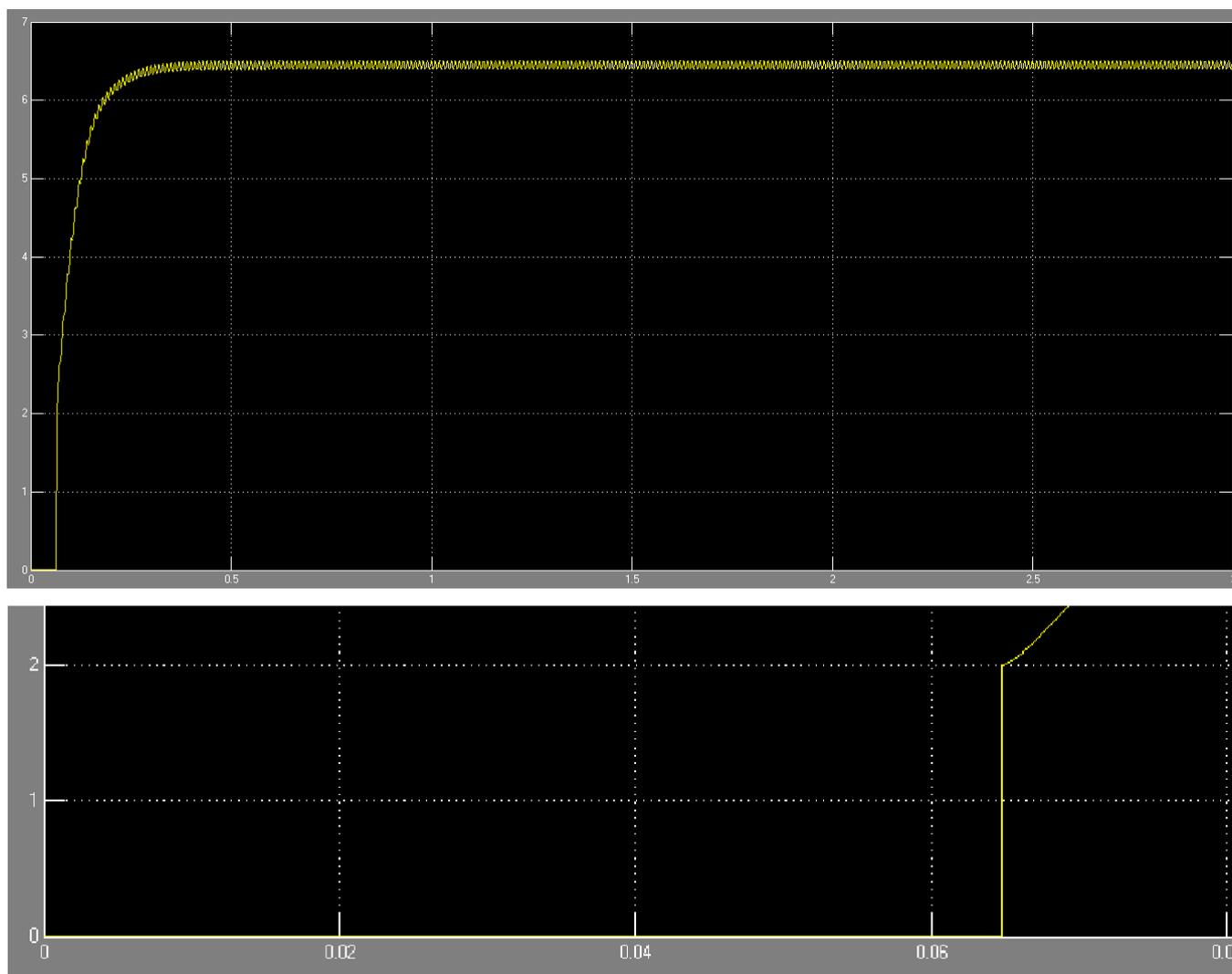


Рисунок 26 – Выходное напряжение 6 Вольт

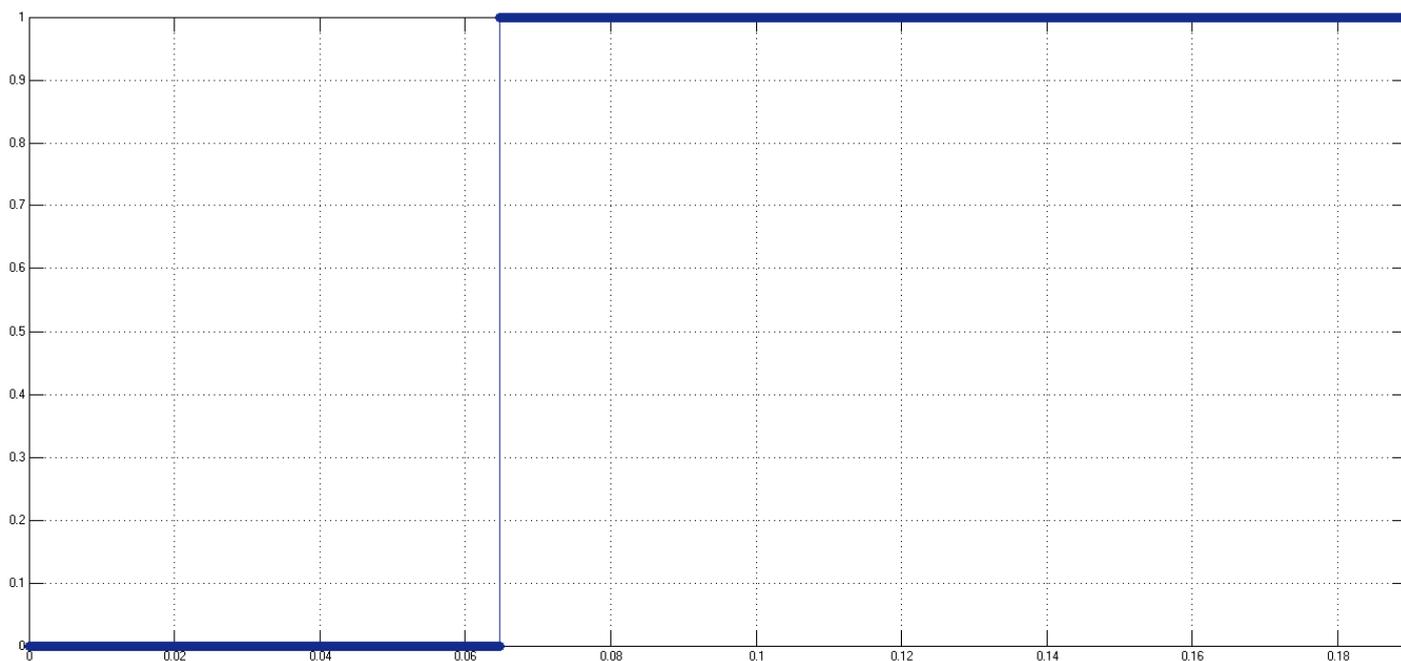


Рисунок 27 – Имитация включения транзистора

Транзистор открывается через 0,065 секунды (Рисунок 27). Значение напряжения, отличное от нуля, фиксируется также на 0,065 секунде (Рисунок 26).

В схеме использовались электротехнические элементы, приведенные в таблице 6.

Таблица 6 – Электротехнические элементы блока питания постоянного тока

Элемент	Обозначение	Номинал
Диодный мост	VD1-VD4	КЦ410Б
Измерительный прибор (миллиамперметр)	mA	
Конденсатор электролитический	C1	2000 мкФ х 25 В
Предохранитель	FU1	2 А
Резистор	R1	2 кОм
Резистор	R2	390 Ом
Резистор (переменный)	R3	10 кОм

Резисторы	R4, R5	1 кОм
Светодиод	HL1	АЛ307
Сетевой выключатель	SA1	
Стабилитрон	VD5	D814
Транзистор	VT1	КТ902
Транзистор	VT2	КТ801
Трансформатор	T1	

7 Питание плат диагностических устройств

Диагностические устройства для проверки работоспособности и определения структуры транзистора, для проверки работоспособности оксидных электролитических конденсаторов и для проверки работоспособности диодов работают от напряжения 5 В и 9 В. Поэтому в корпус «Комплекса устройств диагностики электротехнических элементов» был встроен блок питания с выходным напряжением 5 В и в 9 В с током потребления равным 1 А.

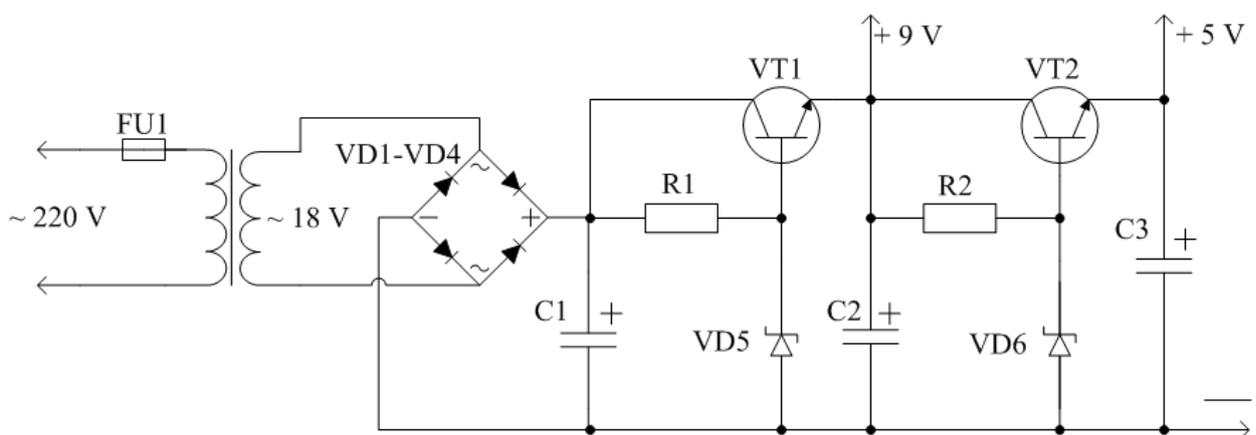


Рисунок 28 – Принципиальная электрическая схема питания плат

Для получения графических характеристик схема устройства была смоделирована в программе Matlab Simulink.

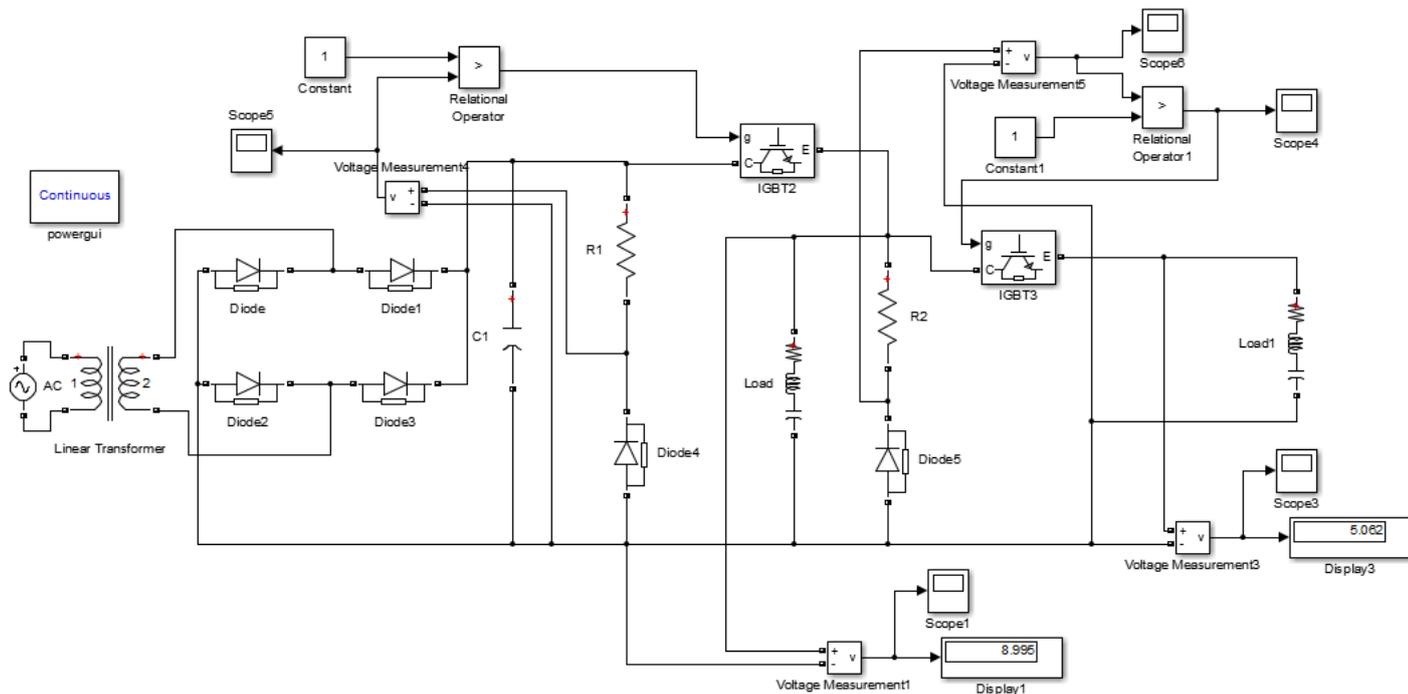


Рисунок 29 – Модель схемы блока питания

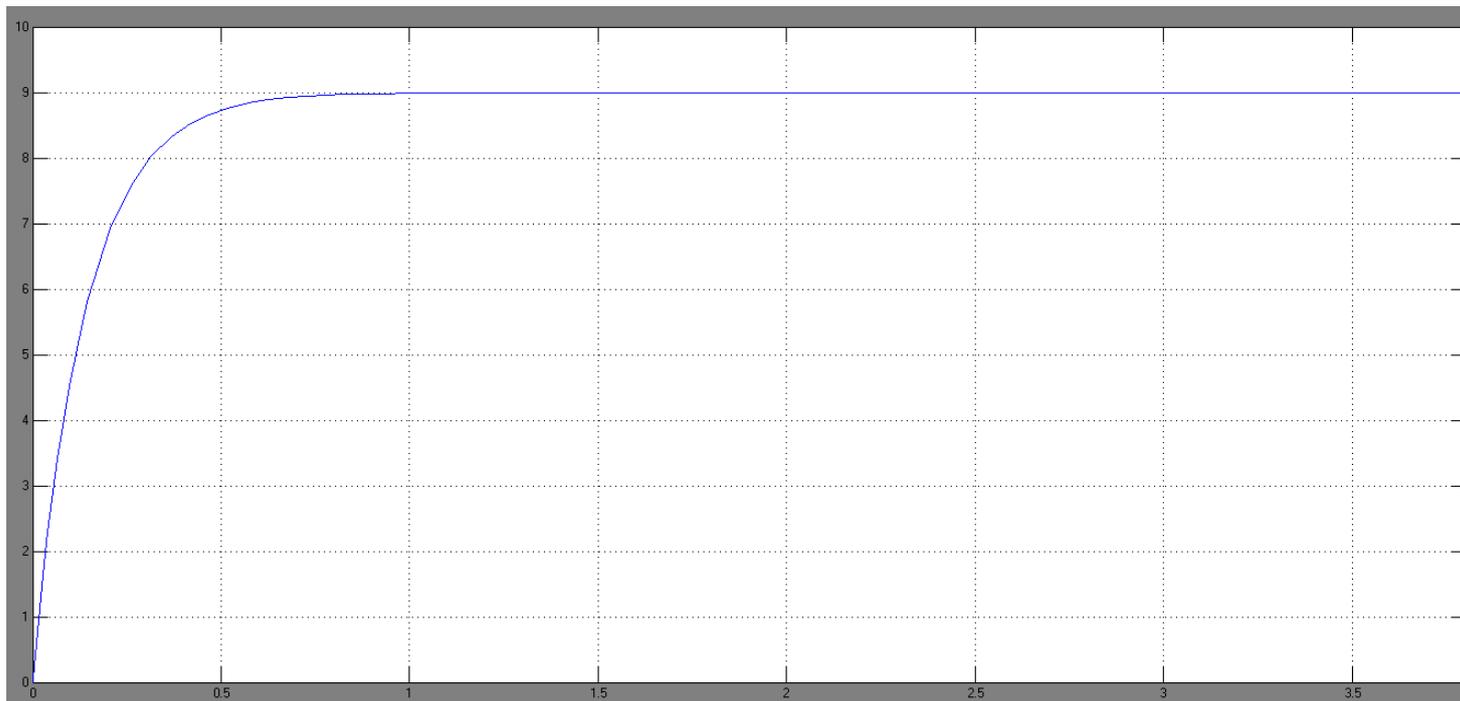


Рисунок 30 – Выходное напряжение 9 В

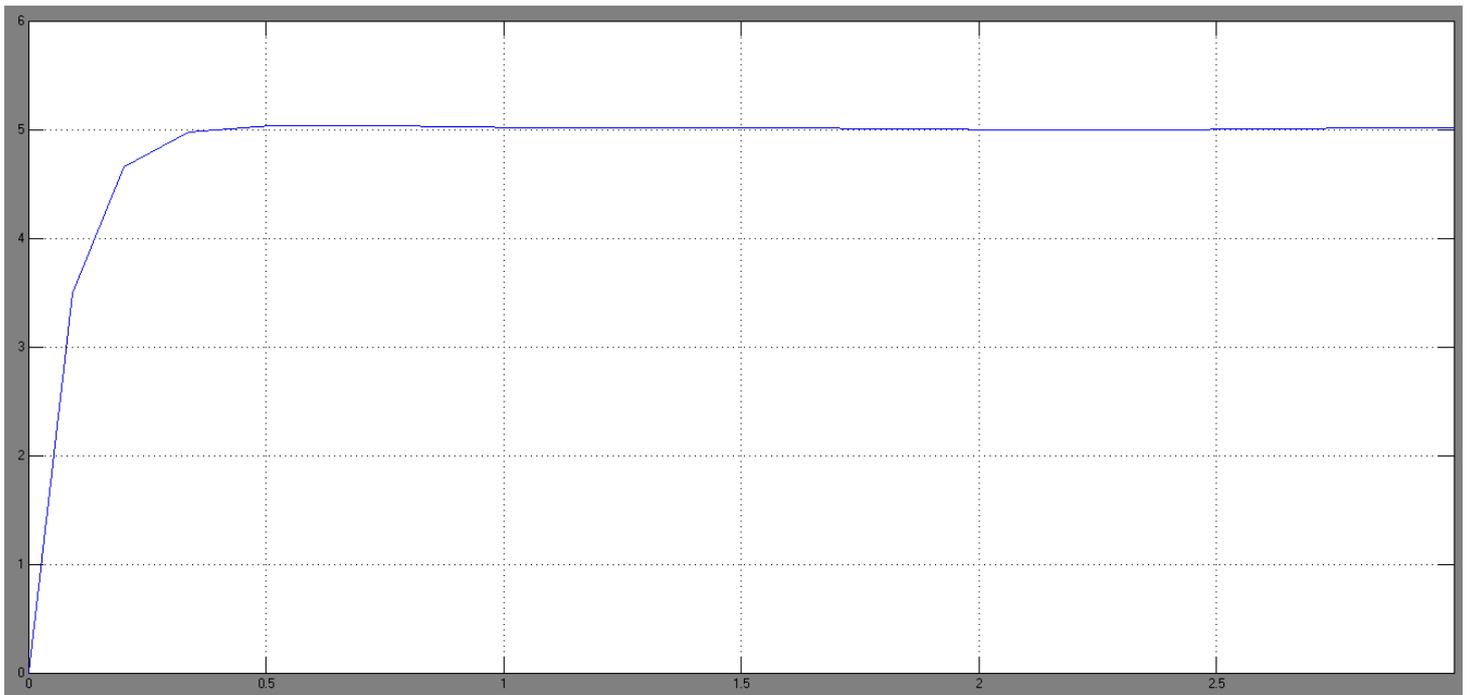


Рисунок 31 – Выходное напряжения 5 В

По графической характеристике первого осциллографа «Score1» можно определить, что выходное напряжение на нагрузке достигает 9 В за 1 секунду (Рисунок 30); по графической характеристике второго осциллографа «Score3» можно определить, что выходное напряжение на нагрузке достигает 5 В за 0,5 секунды (Рисунок 31), в следствие чего можно утверждать, что модель блока питания с выходным напряжением 5 В и в 9 В работает исправно.

В схеме использовались электротехнические элементы, приведенные в таблице 7.

Таблица 7 – Электротехнические элементы блока питания плат

Элемент	Обозначение	Номинал
Диодный мост	VD1-VD4	КЦ402Е
Конденсатор электролитический	C1	500 мкФ х 16 В
Конденсатор электролитический	C2	200 мкФ х 16 В
Конденсатор электролитический	C3	200 мкФ х 10 В
Предохранитель	FU1	1 А
Резисторы	R1, R2	510 Ом
Стабилитрон	VD5	Д814Б
Стабилитрон	VD6	КС156
Транзисторы	VT1, VT2	КТ817А
Трансформатор	T1	

8 Дополнительные устройства для осуществления модернизации комплекса устройств диагностики

8.1 Устройство для измерения малых сопротивлений, шунтов

При монтаже, реставрации, сборки печатных плат часто требуется измерить номинал малых сопротивлений, шунтов. В большинстве случаев измерительные приборы имеют минимальный диапазон измеряемого сопротивления 200 Ом. Для решения вышеуказанной проблемы в данной выпускной квалификационной работе магистра было принято решение использовать мостовую схему измерения.

Произведение сопротивлений противоположных плеч моста, при условии его сбалансированности, будут одинаковы. А напряжения и токи при сбалансированности моста будут взаимокompенсировать друг друга и в сумме будут равны «0».

$$\text{Пусть } R_0 = R_3, \text{ а } R_x = R_4$$

$$\frac{U}{R_1 \times R_4} - \frac{U}{R_2 \times R_3} = 0$$

или

$$\frac{U}{R_1 + R_3} \times R_1 - \frac{U}{R_2 + R_4} \times R_4 = 0$$

Если в мост установить вместо одного из резисторов малое сопротивление произвольного номинала, а другой резистор сделать переменным (по схеме используем два переменных резистора для точности балансировки моста), то такую схему можно использовать для измерения шунтов и малых сопротивлений (Рисунок 33).

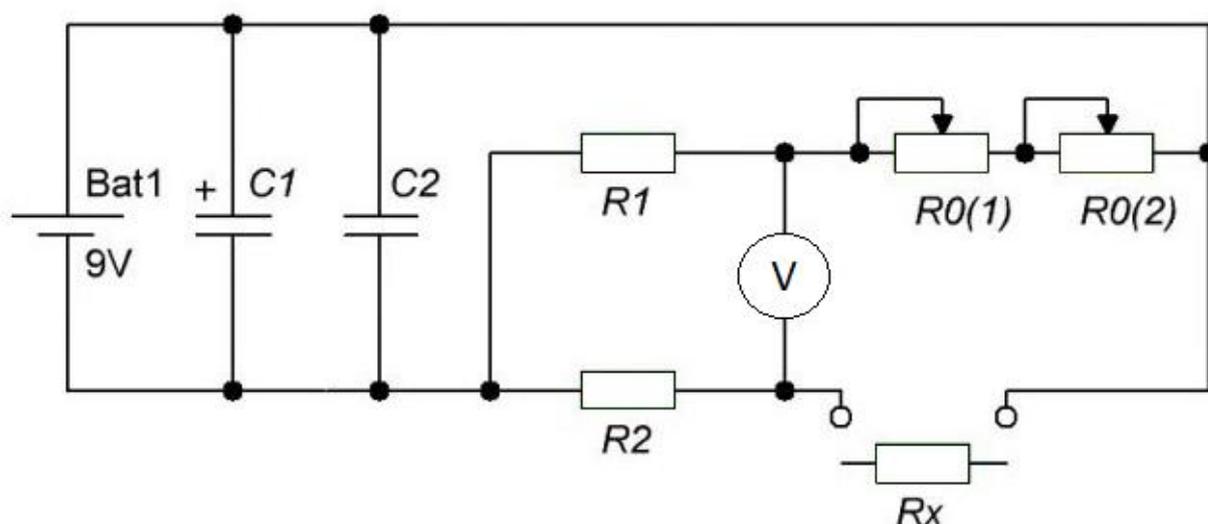


Рисунок 33 – Принципиальная электрическая схема устройства для измерения малых сопротивлений, шунтов

Устройство работает от напряжения равного 9 В. Ток потребления равен 90 мА. Конденсаторы C1 и C2 выступают в роли фильтров

Выберем номиналы переменных резисторов:

$$R_0 = \frac{R_1}{R_2} \times R_x$$

По схеме используем два переменных резистора для большей точности (1 кОм и 100 Ом), что позволяет измерить максимально большое сопротивление в 1,1 Ом, минимальное с сохранением точности измерения 0,01 Ом (при $R_x=0,01$ Ом R_0 должно быть 10 Ом):

Выбираем номиналы резисторов для легкой балансировки и удобства при подсчете номинала шунта и малого сопротивления:

$$\frac{R_1}{R_2} = 10; 100; 1000 \dots$$

После установки измеряемого резистора необходимо подать напряжение на схему, установить диапазон измерений на шкалу равную 200 mV. Необходимо добиться падения напряжения до «0» на вольтметре изменяя положение движка переменного резистора, в следствие чего можно утверждать, что мост сбалансирован. Далее измеряем сопротивления переменного резистора и вычисляем значение малого сопротивления:

$$R_x = \frac{R_0 \times R_2}{R_1}$$

Значение R_x является величиной измеряемого сопротивления.

В схеме использовались электротехнические элементы, приведенные в таблице 8.

Таблица 8 - Электротехнические элементы устройства для измерения малых сопротивлений, шунтов

Элемент	Обозначение	Номинал
Конденсатор	C1	220 мкФ
Конденсатор	C2	100 нФ
Подстроечный резистор	R0(1)	1 кОм

Подстроечный резистор	R0(2)	100 Ом
Резистор	R1	100 кОм
Резистор	R2	100 Ом
Элемент питания	Bat1	9 В

8.2 Функциональный DDS генератор

Данный DDS функциональный генератор сигналов собран на микроконтроллере AVR, обладает хорошей функциональностью, имеет амплитудный контроль.

Основные характеристики DDS-генератора V2.0:

- простая схема;
- односторонняя печатная плата;
- встроенный блок питания;
- отдельный высокоскоростной выход (HS) до 8МГц;
- DDS-сигналы с изменяемой амплитудой и смещением;
- DDS-сигналы: синус, прямоугольник, пила и реверсивная пила, треугольник, ЭКГ-сигнал и сигнал шума;
- 2×16 LCD экран;
- интуитивная 5-ти кнопочная клавиатура;
- шаги для регулировки частоты: 1, 10, 100, 1000, 10000 Гц;
- запоминание последнего состояния после включения питания.

Микроконтроллер AVR осуществляет работу при помощи команд, записанных на языке программирования Assembly Language.

При сборке функционального генератора и его установке в корпус комплекса устройств диагностики необходимо обеспечить постоянное питающее напряжение равное 5 В и 12 В.

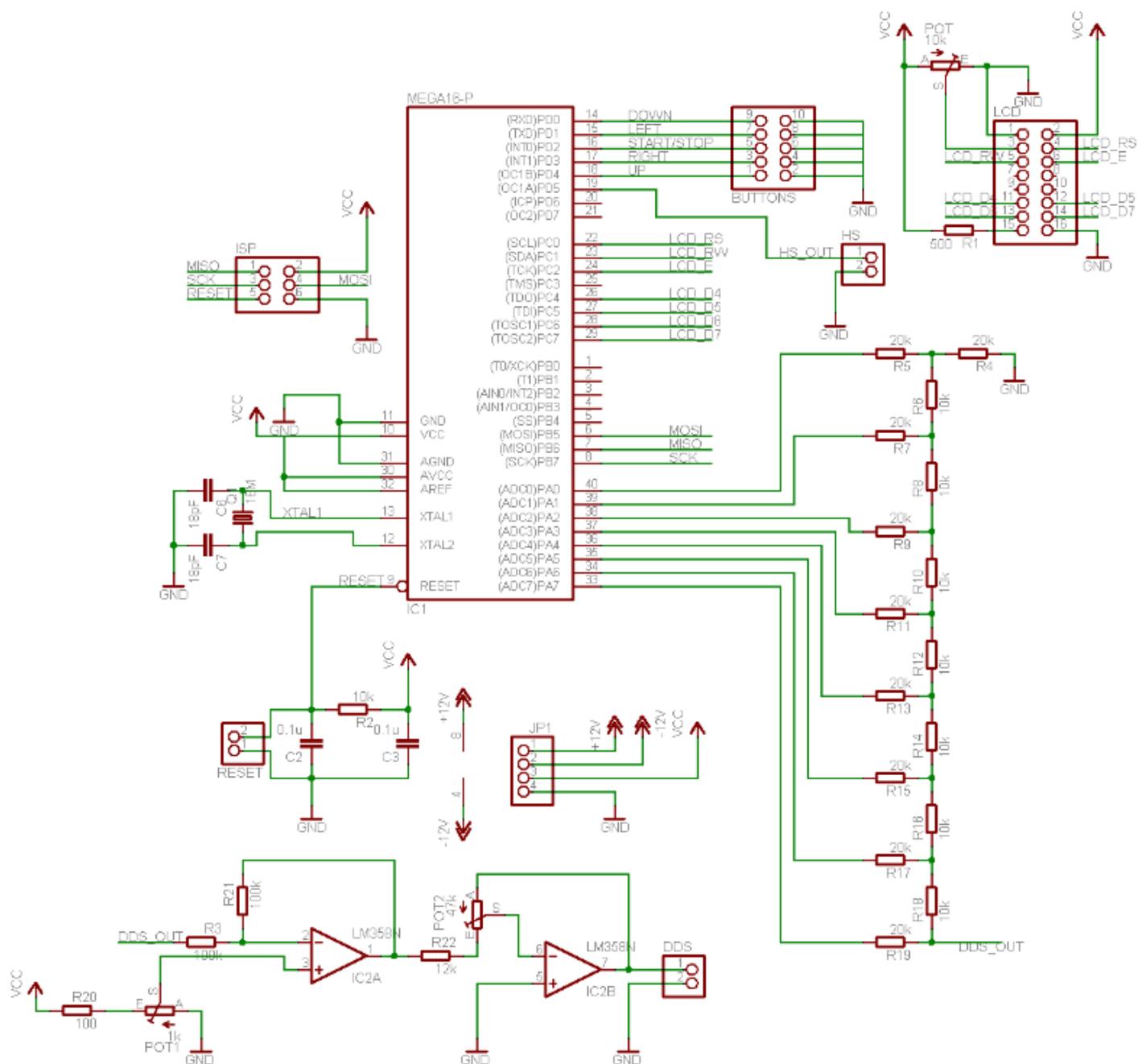


Рисунок 34 – Принципиальная электрическая схема генератора

На рисунке 35 приведены варианты выходных сигналов функционального DDS генератора после завершения ряда монтажных и наладочных работ.

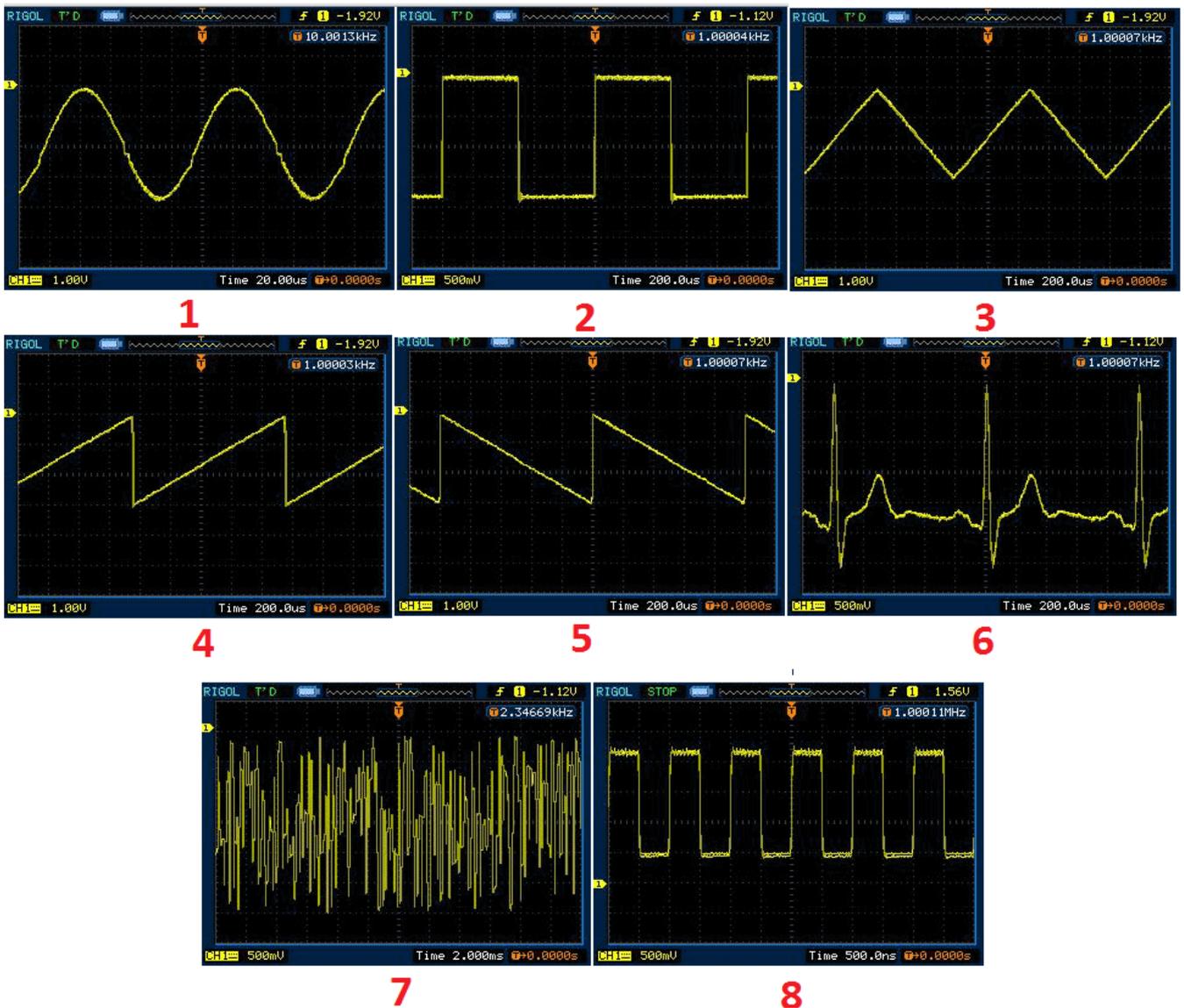


Рисунок 35 – Варианты выходных сигналов

На рисунке 35 использованы следующие обозначения выходных сигналов: 1 – синусоида; 2 – прямоугольник; 3 – треугольник; 4 – пила; 5 – реверсивная пила; 6 – Сигнал ЭКГ; 7 – шум; 8 – HS-выход.

В схеме использовались электротехнические элементы, приведенные в таблице 9.

Таблица 9 - Электротехнические элементы функционального DDS генератора

Элемент	Обозначение	Номинал
Кварц	Q1	16 МГц
Конденсаторы	C2, C3	0,1 мкФ
Конденсаторы	C6, C7	18 пФ
Операционный усилитель	IC2	LM358N
Подстроечный резистор	POT	10 кОм
Подстроечный резистор	POT1	1 кОм
Подстроечный резистор	POT2	47 кОм
Резистор	R1	500 Ом
Резисторы	R2, R6, R8, R10, R12, R14, R16, R18	10 кОм
Резисторы	R3, R21	100 кОм
Резистор	R20	100 Ом
Резистор	R22	12 кОм
МК AVR 8-бит	IC1	ATmega16
LCD-дисплей	LCD	HD44780 2X16

Заключение

В данной магистерской диссертации был разработан и изготовлен комплекс устройств для проверки электротехнических элементов. Дано полное описание изготовления, монтажа и наладки комплекса устройств диагностики. Воспроизведена имитация работы комплекса устройств в программной среде Matlab Simulink, в результате чего были получены и исследованы выходные характеристики. Доказано, что смежная работа исследуемых диагностических приборов в виде единого комплекса устройств предоставляет ряд преимуществ перед аналоговыми устройствами. Рабочая модель устройства обеспечивает решение всех поставленных задач, активно используется в процессе монтажных, реставрационных, сборочных, наладочных и диагностирующих работ. Приведены принципиальные электрические схемы с описанием работы устройства для измерения малых сопротивлений, шунтов и функционального DDS генератора в качестве модернизации комплекса устройств диагностики.

В разделе финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения были рассмотрены потенциальные потребители результатов исследования (рассмотрен целевой рынок, основные сегменты рынка, в которые вошли компании Томской и Кемеровской областей). Произведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения; проведен FAST-анализ; составлена диаграмма Исикавы; сделан SWOT-анализ (выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для проекта); произведена оценка готовности проекта к коммерциализации; исследованы методы коммерциализации результатов научно-технической разработки.

Раздел социальной ответственности описывает рабочее место персонала лаборатории/цеха, деятельность которых подразумевает активное использование комплекса устройств диагностики. Проанализированы опасные и вредные факторы производственных работ. Рассмотрены меры по предотвращении чрезвычайных ситуаций.