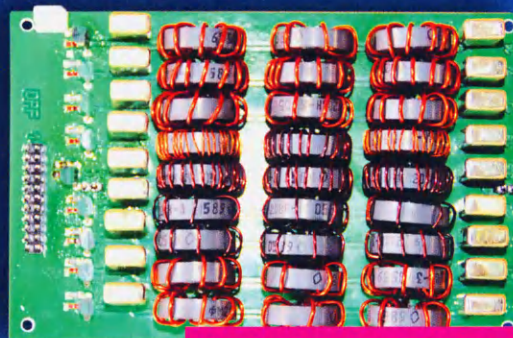


РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Стробоскоп на F6040



Блок полосовых фильтров для КВ-трансивера



Ночник "Лампа накаливания"



Контрольно-сигнальное устройство

- Стробоскоп
- Настраиваем фазоинвертор
- Бытовой таймер
- Исследуем TDA7293 и TDA7294

...и ещё 8 конструкций



2 2021

Цифровой миллиомметр с ЖКИ или OLED-индикатором

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

(см. статью на с. 33)

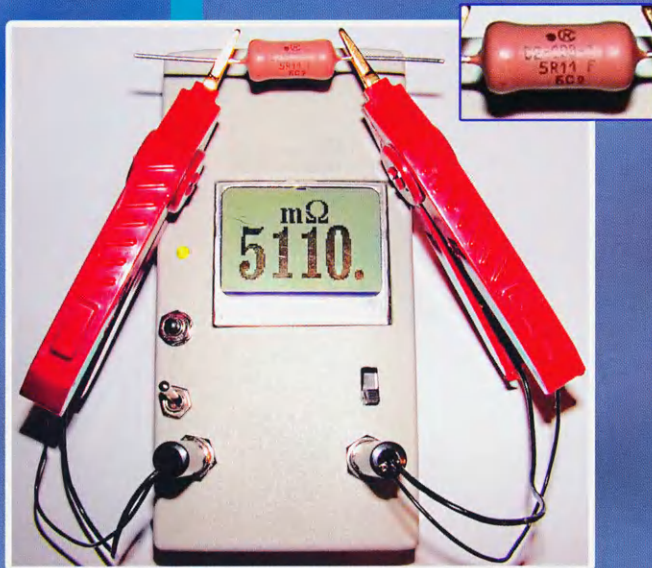


Рис. 19



Рис. 20

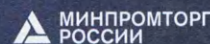


Рис. 21



Рис. 22

РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



СВЯЗЬ

«Информационные и коммуникационные
технологии»

15–18 июня 2021

33-я международная
выставка

Организатор



При поддержке:

- Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.sviaz-expo.ru

12+

Реклама



НАУКА И ТЕХНИКА 4

- А. ГОЛЫШКО. Копируя себя 4
 С. МИШЕНКОВ. МЭИНС—МВТУ—МУКС—МЭИС—
 МИИС—МЭИС—МИС—МТУСИ — 100 лет. 8

РАДИОПРИЁМ 12

- В. ГУЛЯЕВ. Новости вещания 12

ЗВУКОТЕХНИКА 15

- И. РОГОВ. Параметры и модель микросхем TDA7294
 и TDA7293 15
 Л. КОСТЫРКО. Метод настройки АЧХ фазоинвертора 20

КОМПЬЮТЕРЫ 21

- И. РЕШЕТНИКОВ. КРИСС: восьмиразрядный компьютер
 для широкого спектра задач 21

ИЗМЕРЕНИЯ 33

- А. КУЗЬМИНОВ. Цифровой миллиомметр с ЖКИ
 или OLED-индикатором 33

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 40

- А. МЕЛЬНИКОВ. Контрольно-сигнальное устройство 40
 И. НЕЧАЕВ. Стробоскоп на светодиодных модулях F6040 45
 Д. ПАНКРАТЬЕВ. Простой таймер
 для мощной бытовой нагрузки 47

"РАДИО" — О СВЯЗИ 49

- Г. ЧЛИЯНЦ. RU1A — "пионер" коротковолнового движения 49
 В. ДЕНИСОВ. Блок входных диапазонных фильтров
 на ферритовых кольцах для КВ-трансивера 52

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 55

- А. КАРПАЧЕВ. Программирование микроконтроллеров
 серии PIC для начинающих 55
 И. НЕЧАЕВ. Ночник "Лампа накаливания" 59
 Д. МАМИЧЕВ. Arduino и Processing — реальное и виртуальное 60
 С. РЮМИК. Ответы на викторину
 "Arduino: программная часть-2" 62

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 7).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 7, 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Контрольно-сигнальное устройство (см. статью на с. 40). Стробоскоп на светодиодных модулях F6040 (см. статью на с. 45). Блок входных диапазонных фильтров на ферритовых кольцах для КВ-трансивера (см. статью на с. 52). Ночник "Лампа накаливания" (см. статью на с. 59).

**ЧИТАЙТЕ
 В СЛЕДУЮЩЕМ
 НОМЕРЕ:**

**ТРАНЗИСТОРНЫЙ УМЗЧ
 ИНДИКАТОР РАДИОАКТИВНОСТИ
 АККУМУЛЯТОР В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ ФОНАРЕ
 ДОРАБОТКА РЕЛЕ УКАЗАТЕЛЯ ПОВОРОТОВ**

ПОЧТА
РОССИИ

ОФОРМЛЯЙТЕ ПОДПИСКУ НЕ ВЫХОДЯ ИЗ ДОМА



на сайте

podpiska.pochta.ru



в мобильном приложении

Почты России



через почтальона

Доставка
На адрес получателя или дома до почтового ящика

Адрес

ФИО получателя

Месяцы подписки
2020

Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

1 мес. 2020 1 мес. 2020 за полгода 2020
1-е полугодие 2-е полугодие

*** ** Р *** ** Р *** ** Р



От
383,56 руб.
1 месяц
2021

Мы заботимся о Вашей безопасности! Ваше здоровье – главный приоритет



Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на **2021** год, а также на **2012–2020** годы. Цена не изменилась: 12 месяцев — 600 рублей!*

На сайте <http://el.radio.ru> Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный журнал № 7 за 2011 год, в качестве примера.

* 600 рублей — стоимость подписки при оплате в редакции. Стоимость подписки может увеличиться за счёт стоимости услуг банка или платёжных систем, которую они взимают за услугу перевода денег.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: ref@radio.ru

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 25.01.2021 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио[®], 1924—2021. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 01081-21.



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер
службы поддержки
в России:

8-800-333-79-32

Копируя себя

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Вам не приходит в голову, что наши поиски "абсолютного способа" происходят не от ума, а от истовой инженерной веры, что наука и техника могут всё? Между тем, они не всё могут, и никуда мы не придём по этому направлению. Я вижу другое ясное направление: из наших исследований со временем возникнет новая наука — Экспериментальное и Теоретическое Человековедение."

(Владимир Савченко "Открытие себя")

За последние тридцать лет компьютеры настолько стали популярны, что успели изменить многие процессы в жизни человека и соответственно общества. С каждым годом, согласно закону Мура, они приобретают всё больше вычислительных способностей, что позволяет им решать всё более сложные задачи. Однако сколько бы ни увлекались люди разработкой суперкомпьютеров, а по общему признанию специалистов, человеческий мозг оказывается более эффективным при решении множества задач по обработке информации. Проще говоря, мозг лучше адаптируется к задачам, алгоритмы его работы более эффективны, а требуемые для этого энергетические и массогабаритные ресурсы многократно меньше. В каких-то задачах суперкомпьютеры, возможно, приближаются к возможностям человеческого мозга. К примеру, в распознавании изображений. Однако их "железо" занимает порой залы и здания, тогда как мозгу Homo Sapiens достаточно черепной коробки объёмом 1,5...2 л. С точки зрения энергозатрат, мозг здорового человека в спокойном состоянии потребляет 20...30 Вт в сутки, что составляет примерно 0,00007 % мощности одного из самых мощных в мире суперкомпьютеров Fugaku, потребляющего 28 МВт. К тому же, в отличие от человека, суперкомпьютерам нужна система охлаждения, а мозг прекрасно работает при температуре 36...37 °С.

Стати, не стоит сильно впечатляться текущей производительностью суперкомпьютеров и появлением нейронных сетей. Такие задачи, как распознавание изображений, написание стихов и картин, мозг выполняет пока лучше, чем суперкомпьютер. По данным ряда исследований, человеческий мозг обладает потенциальной производительностью в один эксафлопс. Традиционные суперкомпьютеры с подобной вычислительной мощностью пока только разрабатываются — первые экземпляры ожидаются в 2021 г. Но дело даже не в этом. Компьютеры всё ещё используют архитектуру Джона фон Неймана, разработанную в середине XX века, в которой память и процессор разделены и которая по природе работы является последовательной. В результате вычислительная система с такой архитектурой вынуждена постоянно играть в "информационный пинг-понг", перегоняя данные из процессора в память и обратно, что закономерно приводит к задержкам и расходу энергии.

Все искусственные системы обладают существенными ограничениями. В частности, нейронные сети отличаются от биологических аналогов неспособностью "запомнить" прошлые навыки при обучении новой задаче. Алгоритм, натренированный на распознавание собак, не сможет различать людей и т. д. В свою очередь, мозг в целом обрабатывает информацию параллельно, и он также гораздо более устойчив к отказам. Поэтому использование модели обработки информации в мозге может значительно улучшить эффективность компьютеров в будущем.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



Internet Service Provider

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Сайт: <http://www.rinet.net>

Процессоры в компьютерах постоянно улучшаются, увеличивая число транзисторов в чипсетах, устройства становятся многоядерными, позволяя вести параллельные вычисления. Число ядер в современных чипах растёт, но след за этим возникает и новая проблема. Сначала данные нужно распараллелить, а потом синхронизировать результаты. То есть, если существует множество независимых входных сигналов, и они не связаны между собой ни во времени, ни в контексте, множество ядер процессоров и ядер видеокарт хорошо справляются с этой задачей. Но в том случае, если задана весьма объёмная задача, то подзадача параллелизма вычислений, синхронизации результатов может занять большую часть этих самых вычислений.

При всём этом также приходится уменьшать размеры транзисторов. При этом их энергопотребление падает не столь сильно, как их размеры (впрочем, и с размерами в последнее время не всё так гладко), и это вызывает, в частности, проблему теплоотвода. Согласно закону Мура, число транзисторов удваивается примерно каждые два года при уменьшении стоимости их производства. Реализуется этот факт посредством уменьшения размера транзистора. Это приводит нас к ещё одному ограничению: их размеры обусловлены физическими свойствами материалов, из которых они производятся. И вот уже закон Мура, начинает испытывать давление со стороны законов физики микромира. При уменьшении размеров возникает электрический пробой затвора полевого транзистора, и он перестаёт выполнять свою функцию. Усложняется задача отведения тепла, и падает число годных чипов, поскольку на молекулярном уровне транзисторы формируются из всё меньшего и меньшего количества материи.

Таким образом, архитектура Неймана, когда весь поток данных проходит через некий вычислительный центр или, иначе, через одно узкое горлышко, постепенно изживает себя. Поэтому настало время новой архитектуры, которая больше бы походила на архитектуру мозга "венца творения". Соответственно, появилось понятие нейроморфного процессора, работа которого основана на принципах действия человеческого мозга. Подобные устройства моделируют работу нейронов и их отростков — аксонов и дендритов, — отвечающих за передачу и восприятие данных. Связи между нейронами образуются за счёт синапсов — специальных контактов, по которым транслируются электрические сигналы.

Нейронные сети, функционирующие в соответствии с теоретическими представлениями современной науки о памяти и механизмах воспоминаний, по сути, представляют собой цифровую симуляцию того, как синапсы могут сохранять информацию и в результате обучения распознавать шаблоны. Например, нейронные сети позволяют компьютеру или облачному сервису распознавать символы печатного текста без необходимости создания программ с алгоритмом, прямо ориентиро-

ванным на распознавание текстов, или позволяют компьютеру идентифицировать определённое лицо в толпе после просмотра нескольких различных фотографий этого лица.

Одна из задач нейроморфных устройств — ускорить обучение свёрточных нейронных сетей для распознавания изображений. Систематическому искусственному интеллекту (ИИ) на базе этой технологии не нужно обращаться к массивному хранилищу с тренировочными данными по сети — вся информация постоянно содержится в искусственных нейронах. Такой подход даёт возможность реализовывать алгоритмы машинного обучения локально. Поэтому ожидается, что нейроморфные чипы найдут применение в мобильных устройствах, IoT-гаджетах, а также дата-центрах. На нейроморфные технологии также возлагаются большие надежды в области ИИ, поскольку традиционные компьютерные технологии уже показали недостаточную эффективность в этой области.

Нейроморфные системы также перспективны для применения в областях, связанных с обработкой полезного сигнала при высоких уровнях шума. Например, вполне возможно, что первые грампластинки начала прошлого века смогут звучать как качеством современных звуковых систем Hi-End после обработки на нейроморфном компьютере, а первые киносъёмки можно будет посмотреть в цвете и с качеством 4K/8K.

Однако не всё так просто. Столь радикальная смена парадигмы, как переход от фон-неймановской архитектуры к нейроморфной, неизбежно связана с рядом проблем. И если, например, в традиционной архитектуре изображения обрабатываются просто кадр за кадром, то в нейроморфной визуальная информация обрабатывается как изменение визуального поля во времени. Языки программирования тоже нужно будет переделывать практически заново. С точки зрения оборудования тоже не всё просто. Для того чтобы реализовать все преимущества нейроморфных вычислений, потребуются новые поколения элементов памяти, систем хранения и сенсоров. Принципы интеграции элементов оборудования также потребуются переосмыслить. Тем не менее игра стоит свеч, и компьютеры должны выйти на новый уровень вычислений.

Чтобы понять, как должен работать нейроморфный компьютер, надо посмотреть, как работает мозг. Сообщения (нервные импульсы) передаются в мозг через нейроны и связи между ними (синапсы). В мозге тоже происходит интенсивный обмен информацией между нейронами. Эта передача происходит как химическим, так и электрическим путём (конечно, сила тока при этом микроскопически мала).

Реакция мозга на какое-то воздействие (например, укол иглы) может запускаться либо массивным воздействием раздражителя (иглолка обычно воздействует не на один нейрон, а на много, поскольку их размеры малы), либо количественным, накопительным воз-

действием. При этом, имея в виду, что один синапс может быть связан с тысячами других, мозг обрабатывает информацию быстро и эффективно.

Нейроморфный компьютер использует именно такую модель работы, которая также используется и в спайковых нейронных сетях (spike, англ. — всплеск, выброс). Такие сети могут переносить информацию как массово, так и накопительно.

Нейроморфные системы могут быть как цифровыми, так и аналоговыми. В первом случае роли синапсов могут выполнять "триггерные" транзисторы, во втором — мемристоры, элементы, которые могут хранить множество состояний, не только 0 или 1. Изменяя "веса" передаваемых сигналов в нейронной сети, можно моделировать работу мозга.

Первые попытки создать искусственные нейроны предпринимались ещё в 60-х годах прошлого века. Тогда один из будущих изобретателей микропроцессора Тэд Хофф вместе с профессором из Стэнфорда Бернардом Уидроу создали одноуровневую нейросеть на основе мемристоров — электрохимических резисторов с функцией памяти. Считается, что эта разработка положила начало нейроморфной инженерии.

В 80-х годах инженер Карвер Мид предложил использовать транзисторы в качестве аналоговых компонентов, а не цифровых переключателей. В 90-х команда во главе с К. Мидом представила искусственный синапс, способный хранить информацию продолжительное время, и нейроморфный процессор на основе транзисторов с плавающим затвором.

В то же время американский президент Джордж Буш-старший объявил о начале "Десятилетия мозга" и призвал спонсировать программы, направленные на изучение этого органа. Всё это дало толчок к развитию нейроинформатики и вычислительной нейробиологии и привело к созданию инфраструктуры для дальнейшего изучения темы.

За последние десять лет знания человечества о работе мозга достигли новых высот. В 2008 г. инженеры компании IBM при поддержке DARPA (Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США) приняли участие в программе SyNAPSE, в рамках которой разрабатывались компьютерные архитектуры, отличные от фон-Неймановских. За три года IBM удалось разработать ядро с 256 искусственными нейронами (у каждого из них были 256 синапсов).

С 2013 г. Швейцария занимается развитием проекта Human Brain Project (HBP). В этом проекте разрабатываются две нейроморфные системы SpiNNaker и BrainScaleS. Собственно, SpiNNaker — система с одним миллионом процессорных ядер — была запущена в 2018 г.

В 2013 г. в США запущена программа BRAIN Initiative. Эти инициативы оказали серьёзное влияние на сферу систем ИИ и привели к появлению новых нейроморфных технологий.

Компания IBM в 2014 г. создала нейроморфную систему TrueNorth, в новейшей модели которой смоделированы



64 миллиона нейронов и 16 миллионов синапсов. И её уже применяют в задачах распознавания жестов и речи. Разработчики компании заявляют, что вычислительные системы на основе TrueNorth смогут успешно смоделировать работу мозга кошки. Однако ряд экспертов считает такие заявления явным преувеличением. Пока IBM не афиширует эти работы, но известно, что заключён контракт с исследовательской лабораторией BBC США на создание нейроморфного компьютера под названием Blue Raven. Его, в частности, планируют применять в военных дронах, чтобы сделать их легче, "умнее" и снизить их энергопотребление.

Ещё одна крупная ИТ-компания, занимающаяся разработкой нейроморфных вычислительных систем, — это Intel. В 2019 г. она представила чип Loihi. В его составе имеются 128 нейроморфных ядер, каждое из которых симулирует 1024 нейрона. Программировать процессор можно с помощью API, написанного на Python. Первые экземпляры этих устройств уже отправили в дата-центры нескольких ведущих университетов для проведения тестов на реальных задачах.

К слову, об университетах. Над нейроморфными чипами работают и инженеры из Манчестерского университета. Не так давно они представили архитектуру SpiNNaker, состоящую из миллиона ядер, способных эмулировать работу ста миллионов нейронов. Потребляет такая установка 100 кВт. Программировать компьютер можно с помощью языка PyNN. На сегодняшний день машина используется для симуляции процессов, происходящих в мышшином мозге. Исследования нейроморфных систем ведутся также в исследовательских лабораториях Калифорнийского технологического университета.

Кстати, а что будет с электроникой? Даже если количество задач, решаемых нейронными сетями, расширится линейно, например, кроме только текста различать одну форму текстового написания от другой, количество данных, необходимых для обучения, требуется экспоненциально больше. Есть веские основания считать, что некоторые из задач, предполагаемых для нейронных сетей, таких как выявление эмоций (например, отличить подавленное или взволнованное состояние), могут оказаться невозможными, даже с использованием самых современных технологий хранения и памяти.

"Я хочу создать синтетический мозг, — писал доктор Джеймс К. Гимzewски в октябре 2012 г., я хочу создать машину, которая думает, машину, которая обладает физическим интеллектом... Такой системы пока не существует, поэтому её создание обещает вызвать революцию, которую можно было бы назвать постчеловеческой революцией". Сама эта тема кажется настолько фантастичной, что в последнее время серьёзные писатели-фантасты даже избегали её.

Механизм, предлагаемый доктором Гимzewски и его коллегами из Калифорнийского института наносистем UCLA, как ни странно, не является цифровым

процессором, и он вообще не в контексте современной электроники, он даже не имеет отношения к полупроводникам. При этом здесь даже не идёт речь о программировании, по крайней мере, пока. Вопрос, лежащий в основе исследований его команды, заключается в следующем. Если процесс, составляющий естественную память, по крайней мере, на атомном уровне, по существу, механический, то вместо построения цифрового моделирования этого механизма почему бы не исследовать построение реальной машины на том же атомном уровне, которая выполняет те же функции таким же образом? Иными словами, если мозг — это атомная машина, то почему атомная машина не может быть мозгом?

Концепция нейроморфных вычислений отличается от принципов цифрового моделирования нейронных сетей. В обычных симуляциях относительная сила синапса, по сравнению с другими синапсами, представлена объёмом, занимаемым в памяти, или, если быть более точным, в оперативной памяти. "Заученный" шаблон взвешивает значение синапса, и когда изображение близко соответствует тому, что система "видела" раньше, взвешенный синапс фиксируется как прецедент и срабатывает как событие, аналогичное электрическому импульсу синапса в мозге.

В свою очередь, любая нейроморфная архитектура — это попытка построить систему, которая действительно именно таким образом работает, а не имитирует эти функции в цифровом виде. То, чего не хватает обычным полупроводниковым компьютерам для полноценного моделирования нейронной активности, наиболее подходяще описывается словом масштаб.

Так, например, проект 2013 г., объединивший германский исследовательский центр Jülich и японскую лабораторию RIKEN, с использованием суперкомпьютера RIKEN K — самого быстрого в то время, успешно смоделировал нейронную активность, наблюдаемую примерно в 1 % человеческого мозга, в одной операционной последовательности мозговой активности, которая заняла около 40 мин. Потребовалось ещё пять лет на переработку алгоритма, прежде чем команда объявила, что получила методологию, которая может сократить время на вспомогательную нейронную активность, ускоряя выполнение той же последовательности примерно в пять раз. Такая производительность позволяет имитировать нейронную активность, необходимую для написания в Твиттере одного сообщения примерно к 2050 г. Не больше.

Прозрение доктора Гимzewски, вдохновлённое его близким сотрудничеством в течение десятилетий не только с Intel, но и с коллегами в области физики и химии, в том числе парой нобелевских лауреатов в том, что произведённые естественным образом посредством химических реакций структуры уже обладают поведением, похожим на коммутаторы (цифровые или физические), используемые в моделировании функционирования синапсов, особенно в том, как они проводят электричество.

Они сопротивляются воздействию тока, но со временем сопротивляются меньше. Такое же явление происходит в мозге человека, и оно напрямую связано с обучением.

Исследования команды UCLA сосредоточены вокруг использования природных химических явлений на атомном уровне в качестве атомных переключателей, и их результаты показывают, что если их химически произведённые системы рассматриваются как естественная память (например, рецептивные компоненты мозга, которые сохраняют информацию), то, возможно, и в будущем они будут вести себя как естественная память. "Если взять аналогию с машинным обучением, то у нас есть сеть, и у нас есть входы и выходы. В таких системах нужно тренировать сеть", — объясняет Гимzewски. "В обычной системе вы должны тренировать сеть на то, что каждое синаптическое соединение в системе имеет нечто, называемое "весом". Это всего лишь цифра. Но чем больше вес, тем сильнее эффект".

Процесс обучения сети, например, путём предоставления ей большего числа образцов одного и того же класса данных, таких как записи голоса одного человека или изображения лица одного человека, изменяет значения весов. В той мере, в какой эти значения становятся относительно высокими, разработчики говорят, что система "учится". Чем больше разнообразие возможных обучаемых объектов в обучающем наборе (например, лица нескольких людей), тем больше весов требуется для установления дифференциации.

Даже сегодня для обычных цифровых суперкомпьютеров изучение сложных естественных форм представляется крайне трудным, а его результаты менее чем оптимальными. В нейроморфной системе эти веса не являются цифровыми. Они являются продуктами атомных переключателей — устройств, состоящих из ионов или пар ионов, бинарными квантовыми атрибутами которых можно манипулировать в том или ином состоянии. Они похожи на двоичные цифры или биты, но в данном случае они не электронные. Атомный переключатель может быть изготовлен путём прямого принуждения пары ковалентных (связанных вместе) ионов к обмену позициями друг с другом, используя динамический силовой микроскоп, наконечник которого — как игла атомного проигрывателя, заострённая до ширины одного атома.

Однако атомные переключатели не самый большой прорыв. Продолжая работу, начатую профессором Масаказу Аоно в Японском Международном центре Наноархитектоники материалов (MANA), команда Гимzewски химически производит сети, цепи которых формируются нанопроводами сульфида серебра. Чтобы они получились более специфичными, они обрабатывают решётку из медных столбцов, размещённых на расстоянии один микрон от друга с помощью нитрата серебра. В результате нанопроволоки вырастают из этих столбцов в совершенно случайных направлениях. Если

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Условия см. в "Радио", 2014, № 3, с. 7

Для Вас, радиолюбители!

РАДИО элементы, наборы, материалы, корпуса — наложенным платежом. Бесплатный каталог.

426072, г. Ижевск, а/я 1333,
ИП Зиннатов Р. К.
Тел. 8-912-443-11-24,
rtc-prometej@yandex.ru

* * *

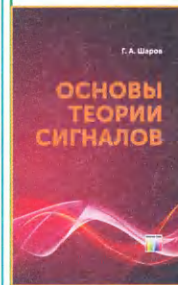
Дистанционные курсы обучения программированию микроконтроллеров STM32, AVR, Arduino, PIC, STM8 и др.

Занятия проводятся по электронной почте или с помощью программы Skype.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

www.electroniclab.ru/courses.htm
т. +7-912-619-5167

Вышла в свет новая книга



Шаров Г. А.

Основы теории сигналов. М.: Горячая линия — Телеком, 2021. — 552 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0906-9.

Рассмотрены общие вопросы теории сигналов, связанные с их метрикой, классификацией, описанием квадратично интегрируемых-ми функциями, представлением в базисных системах ортогональных функций и т.п. Рассмотрены вопросы спектрального и корреляционного анализа. Уделено внимание сигнальным процессам (модулированию, детектированию и преобразованию частоты сигналов). Подробно анализируются спектры фазоманипулированных и фазомодулированных сигналов.

Рассмотрены вопросы дискретизации непрерывных сигналов и преобразования дискретных сигналов, вопросы восстановления непрерывных сигналов и применения ве-совых окон. Приведены подробные сведения об алгоритме быстрого преобразования Фурье и материалы по преобразованиям Хартли, Лапласа, Лорана, Гильберта, Крамерса-Кронига, Габора и вейвлет-преобразованиями.

Для научных и инженерно-технических работников в области радиоэлектроники, а также студентов, аспирантов и преподавателей высших учебных заведений.

WWW.TECHBOOK.RU
Справки по тел.: (495) 737-39-27

описать формы этих структур одним словом, то наиболее подходящее — это дендриты, которые, и не случайно, используются для описания структуры синапсов в мозге. После того как дендриты сформированы, сульфирование полученного вещества активизирует скрепление нанопроводов в тех местах, где образовались соприкосновения между ними, чтобы возникло соединение.

Гимзевски приравнивает эти соединения к синапсам. На атомном уровне эти синапсы ведут себя так же, как симулированные синапсы в цифровой нейронной сети, хотя технически они не электронные. В обычной электронной цепи логические элементы, по сути, являются переключателями. Впрочем, это не позволяет говорить, что такая система подобна мозгу, который физически состоит из нейронов, аксонов и синапсов, которые вместе составляют её функции. Для реального прорыва необходим атрибут мозга, который неврологи называют нейропластичностью. Применительно к искусственному устройству, такому как процессор, аналогичным атрибутом может быть способность устройства самостоятельно строить связи внутри себя для выполнения новой функции. Самый простой способ получить этот атрибут — это возможность перестановки переключателей.

Однако предполагать, что физики и химики лишь только сейчас подошли к тому, чтобы использовать естественные процессы для вычислительных или математических целей, несправедливо по отношению к людям, которые стояли у истоков создания вычислительной техники. Среди них — Чарльз Бэббидж. Одной из задач для его вычислительной машины было сделать очевидным представление о том, что математика — это всего лишь человеческая интерпретация большего божественного механизма. Как писал Бэббидж в 1838 г.: "Чтобы проиллюстрировать различие между системой, к которой часто или через отдалённые промежутки времени прикладывается рука её создателя, и системой, которая получила при своём первом формировании отпечаток воли её автора, предвидя разнообразные, но всё же необходимые законы её действия на протяжении всего её существования, мы должны прибегнуть к какой-то машине, воспроизводящей человеческие способности. Но поскольку все эти механизмы должны располагаться неизмеримо ниже простейших природных творений, то исходя из общности тех циклов, которые даже человеческое изобретение в некоторых случаях развёртывает перед нашим взглядом, мы, возможно, сможем составить слабое понимание о величине того самого первого шага в цепи рассуждений, который ведёт нас к Богу".

Работы команды Джеймса Гимзевски продемонстрировали, что механизм сборки структур в результате случайных химических процессов может обнаруживать проявления, обычно связанные с компьютерным моделированием. Природа может подражать подражателю и иногда даже смеяться над ним. И вот тут профессор Гимзевски, похоже, пытается сделать самый боль-

шой шаг в соединении веры и логики: ментально добиться философских прощаний Бэббиджа.

Продвигаясь в своих исследованиях, он попытался смоделировать то, что неврологи называют нейропилем — самую большую концентрацию синапсов в мозге, соединяющую вместе бесчисленное количество нервных волокон. На одном из этапов он оценил плотность синтетических соединений в один миллиард на квадратный сантиметр. Это плотнее, чем массивы транзисторов в современных полупроводниках. Эта нейроткань химически вырабатывается в результате процесса, как его называет Гимзевски, снизу—вверх. После этого она соединяется с электродной решёткой, которая представляет собой обычный прибор, состоящий из 64 или иногда из 128 медных выходов. Этот интерфейс позволяет считывать данные с нескольких электродов подобно тому, как неврологи сканируют активность мозга. "В том типе схемы, которую мы производим, поведение отдельного элемента в атомном переключателе или отдельном соединении не так важно для нас. Объект нашего исследования — это общесистемная активность всего устройства и то, как оно организовано в пространстве и времени".

Справедливости ради надо сказать, что речь не идёт о системе, которая после имплантации в смартфон Galaxy S29 будет использовать нейропластичность, чтобы превратить его в Galaxy S30. С чисто практической точки зрения, исследования команды Гимзевски указывают путь к замене обычных цифровых суперкомпьютеров для выполнения задач, требующих индуктивного рассуждения, на совершенно новую форму машины. Это будет система, функционирующая на принципах таймшеринга, с доступом через облако или облачную службу и, по крайней мере, теоретически она может быть гораздо более экономичной с точки зрения реализации операций и в управлении.

Однако пока всё находится только в стадии эксперимента, помогающего познать нас самих. Память — это то, что мы есть, и то, что определяет нас как индивидуумов. Если это правда, то, возможно, мы захотим вернуться к вопросу о том, кто мы на самом деле, раз мы так успешно автоматизировали процесс выраживания самих себя в стеклянной банке.

В целом же, нейроморфное железо пока находится на ранних этапах своего развития. Задачи, которые ставят перед системами ИИ на его основе, пока в основном ограничиваются распознаванием объектов. Тем не менее представители ИТ-индустрии убеждены, что в будущем нейроморфное аппаратное обеспечение позволит проводить полноценные симуляции и откроет совершенно новые вычислительные возможности.

По материалам shalaginov.com,
yandex.ru/turbo/hightech_fm,
habr.com, machinelearningmastery.ru,
fishki.net



МЭИНС—МВТУ—МУКС—МЭИС—МИИС—
 МЭИС—МИС—МТУСИ

100 лет

С. МИШЕНКОВ, д-р техн. наук, г. Москва

Профессор Б. П. Терентьев много лет занимался созданием и совершенствованием электронно-механического телеграфного аппарата. В начале 60-х годов появился первый его макет, а в 70-е годы был разработан серийный образец, много лет выпускавшийся под маркой "РТА-80" одним из заводов в Калуге.

Наступила эра массового телевидения и переход его к цветному. Невозможно не вспомнить труды профессора С. И. Катаева — одного из ведущих разработчиков первых в России телевизионных устройств, распределительной системы, включая спутниковую, и профессора С. В. Новаковского, долгое время возглавлявшего работы по созданию системы цветного телевидения. С. И. Катаев и Ю. Б. Зубарев разработали систему передачи сигналов звукового сопровождения телевидения по системе "Орбита" модуляцией синхросигналов (число синхроимпульсов удвоилось для удовлетворения теоремы Котельникова для полосы звуковых частот до 15000 Гц). Б. П. Хромой разработал оборудование электронной рипроекции, внедрённое на всех телецентрах страны. В. Г. Макоев разработал принципы создания больших телевизионных систем, воплотил которые, став Главным инженером строящегося Останкинского телецентра. В. Н. Ульянов занимался разработкой специальных телевизионных систем.

Ещё в 50-е годы под руководством профессора А. А. Харкевича в институте велись разработки новых цифровых

принципов связи, наиболее ярким результатом которых явилось построение к 1960 г. пакетной системы связи для мониторинга и управления ПВО и ПРО страны по кабельным и тропосферным каналам связи (профессор Л. Е. Варакин и др.). Например, подобные сигналы используются в сотовых телефонах. 70-е годы ознаменовались быстрым развитием телефонной связи: на смену декадно-шаговым пришли координатные телефонные станции. Для телефонных сетей страны разрабатывались квазиэлектронные, а позднее — и полностью электронные коммутационные системы. Значительный вклад в этот процесс внесли специалисты института под руководством профессора О. Н. Ивановой, которой написан первый в стране учебник по электронной коммутации и программированию в автоматических телефонных станциях. Под руководством профессора Г. Б. Метельского разработана методика построения городских телефонных сетей большой ёмкости, использовавшаяся проектными организациями до самого последнего времени, когда телефонная связь начала переходить на технологию VoIP. В 1975—1978 гг. Московская телефонная сеть занимала первое место в мире по внедрению цифровой аппаратуры местной связи.

Высокое качество профессиональной подготовки в вузе позволило десяткам его выпускников занимать ключевые административные и научно-технические посты в различных ведомствах, ведущих телекоммуникационных и радиотехнических предприятиях, организациях и фирмах как в нашей стране, так и за рубежом. Достаточно назвать членов Правительства и министров связи и

родственных отраслей хозяйства СССР и Российской Федерации Н. В. Талызина, В. А. Шамшина, О. Н. Шишкина, Э. К. Первышина, П. С. Пleshакова, Г. Г. Кудрявцева, В. Б. Булгака, А. Е. Крупнова, А. А. Иванова.

Очень ценятся выпускники университета в Международном союзе электросвязи (штаб-квартира в Женеве): В. В. Тимофеев — директор Бюро радиосвязи, П. С. Кураков — заместитель директора Сектора развития МСЭ, М. И. Кривошеев — на протяжении 30 лет бессменный председатель Телевизионной комиссии МСЭ, единственный обладатель серебряной, золотой и хрустальной медалей МСЭ, Амадун Туре — Генеральный секретарь МСЭ (защищал кандидатскую диссертацию в МТУСИ).

В 1971 г. — к своему 50-летию — за большие заслуги в деле подготовки кадров и по результатам научных исследований и разработок МЭИС был награждён орденом Трудового Красного Знамени.

Лауреатами Ленинской и Государственной премий стали многие сотрудники: профессора П. К. Акульшин, Г. З. Айзенберг, И. Е. Горон, Э. М. Манукян, В. Б. Пестряков, И. Н. Путилова, Н. Д. Федоров, В. В. Фурдуев, доценты В. Б. Биншток, Л. С. Королькевич, Г. Г. Пуцыкин, Р. Б. Урличич. Звания лауреатов Ленинской премии получили восемь выпускников: министр связи СССР В. А. Шамшин, академики А. Л. Микаэлян и В. П. Ефремов, а также В. П. Минашин, И. С. Цирлин, А. С. Селиванов, Ю. К. Ходарев и Г. А. Аванесов, внёсшие значительный вклад в создание систем планетарной радиолокации, спутниковой связи, космического телевидения,

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2021, № 1

космических исследований и космического приборостроения.

Лауреатами премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники, а также в области образования стали член-корреспондент РАН профессор В. В. Шахгильдян, профессора А. С. Аджемов, В. Б. Булгак, Э. В. Евреинов, В. Б. Козырев, А. А. Ляховкин, И. А. Мамзев, М. С. Шумилин.

Профессоры В. А. Котельников и А. А. Харкевич были избраны академиками РАН, а Ю. Б. Зубарев и В. В. Шахгильдян — членами-корреспондентами РАН.

Профессорами Г. З. Айзенбергу, И. Е. Горону, Б. П. Терентьеву, С. И. Катаеву, Л. А. Жекулину и М. А. Спожкову были присвоены почётные звания заслуженных деятелей науки и техники РСФСР.

На кафедре радиопередающих устройств под руководством профессора, впоследствии члена-корреспондента РАН, В. В. Шахгильдяна начались исследования систем так называемой "фазовой автоподстройки частоты" (продолжает и развивает его ученик А. В. Пестряков), результаты которых легли в основу создания синтезаторов частот для приёмно-передающей аппаратуры связи и вещания, сначала военного назначения, а затем и гражданского. Сейчас они используются практически во всех современных радиостанциях, радио- и телевизионных приёмниках, а также в мобильных телефонах. Появление мощных высокочастотных транзисторов позволило создать высокоэффективные усилители для радиопередатчиков. КПД ламповых усилителей редко превышал 25 %. Новые усилители, разработанные коллективом В. Г. Лаврушенко под руководством профессора В. В. Шахгильдяна, обеспечивали КПД более 80 %. Построенные на их базе радиопередатчики получили широкое внедрение в нашей стране.

В начале 80-х годов МЭИС решением правительства был включён в число ведущих вузов страны по научно-исследовательской деятельности, в связи с чем научно-исследовательский отдел (научно-исследовательский сектор — НИС) был преобразован в более крупную подразделение — научно-исследовательскую часть (НИЧ). В период "Косыгинских реформ" НИЧ была переведена на полный хозрасчёт и самоокупаемость, что впоследствии позволило ей достойно пережить сложные 90-е годы.

В 80-е годы происходил перевод телеграфной сети общего пользования на прогрессивную для того времени систему коммутации сообщений. В связи с этим в лаборатории документальной электросвязи разрабатываются так называемый "Телеграф-Автомат", а затем "Концентратор телеграфных сообщений" (КТС), построенные на базе микроЭВМ отечественного производства и предназначенные для комплексной автоматизации районных узлов связи (кандидат технических наук, старший научный сотрудник В. С. Алешин). Эти изделия уже под названием концентратор документальных сообщений

серийно выпускались вплоть до середины 90-х годов и были установлены более чем в 200 узлах связи страны. Практические успехи в области цифровых методов обработки и передачи сигналов, обусловленные появлением соответствующей элементной базы, позволили заняться разработкой новых технологий.

Под руководством профессора М. В. Гитлица были созданы цифровые магнитные запоминающие устройства. Достигнута при этом плотность записи оказалась близкой к теоретически предельной. Результаты этих исследований нашли, в частности, применение в космических аппаратах.

Первые авторские свидетельства на сжатие видеосигналов по такому популярному ныне цифровому методу, как MPEG-4, были получены в 80-х годах профессором В. Н. Безруковым, учеником С. И. Катаева. Если бы не было этих и подобных им изобретений, не было бы ни развивающегося сейчас в нашей стране цифрового телевидения, ни современной видеозаписи на DVD.

В 1988 г. на базе трёх институтов — МЭИС, ВЗЭИС и Института повышения квалификации руководящих работников и специалистов (ИПК) — был образован Московский институт связи (МИС). В 1992 г. МИС распоряжением правительства Российской Федерации был преобразован в Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ). В следующем, 1993 г. в университете на правах колледжей вошли Всесоюзный заочный техникум связи и Политехникум связи им. В. Н. Подбельского.

Объединение этих учебных заведений и придание институту статуса технического университета значительно повысили его кадровый и материально-технический потенциал и предопределили возможность совершенствования и расширения всех сторон его деятельности.

Перестройка 90-х годов первоначально повлекла за собой резкий спад финансирования научных исследований и разработок. В этих условиях сохранить научный и инженерно-технический потенциал института оказалось возможным только за счёт доходов от серийного производства и поставок потребителям разработанной в институте разнообразной аппаратуры.

Под руководством профессора В. Н. Ульянова была создана линейка телевизионных передатчиков малой и средней мощности, предназначенных для установки в областных и районных центрах. Они оказались настолько удачными, что их стали серийно производить для цифрового стандарта DVB-T2.

Малогабаритные высокочастотные генераторы и лазеры явились основой для создания и серийного выпуска различной электрохирургической аппаратуры, позволяющей рассекать живые ткани с минимальными повреждениями кожного покрова. Особым спросом пользовался "Мобильный многофункциональный хирургический комплекс", особенно часто применявшийся при хирургии лица и в стоматологии.

Изменился принцип формирования

НИОКРов (финансирование велось из фонда, создаваемого операторами связи при Минсвязи России), которые обязательно должны были быть направлены на развитие каждого оператора и отрасли в целом. Этот принцип более жёстко привязал научные работы к конкретным запросам операторов и активировал поиск жизненно важных тем исследований.

Большие сложности возникли с аспирантурой. Стипендия аспиранта не позволяла купить даже студенческого проездного билета. Выход был найден в формировании договоров НИОКР, объединяющих работы нескольких аспирантов, с соответствующим изменением их индивидуальных планов.

В Россию хлынул поток зарубежной аппаратуры, которую необходимо было сертифицировать, чтобы не допустить сбыт устаревшего, негодного оборудования и достаточно часто адаптировать его к российским сетям. В состав сертификационных центров вошёл и МТУСИ, причём его акустический центр оказался единственным в отрасли, пригодным для полноценных акустических исследований.

Самыми главными, конечно, оставались исследования и разработки новых принципов и оборудования мобильных систем связи, повсеместного внедрения ВОЛС, электронной коммутации, а главное — всепоглощающего внедрения ЭВМ во все звенья инфраструктуры связи. В цифре — переход от плейзиохронных систем к синхронным, переход на сеть коммутации сообщений от коммутации каналов — построение всеобъемлющей Интернет-сети и организация "всемирной паутины", исследование возможности перехода на цифру в телевидении и звуковом вещании. Институт участвовал в формировании всех прогнозов развития, активно участвовал в международной деятельности, особенно в МСЭ.

Переход на всеобъемлющую цифровизацию всех отраслей экономики страны потребовал расширения учебных дисциплин, связанных с обработкой информации. При этом особое внимание уделялось её защите во всех звеньях передачи и обработки. Увеличилось число НИОКРов по этой тематике.

Появились дисциплины, учебные лаборатории и научная тематика по роботизации.

В этих сложных условиях выстояли признанные в России и за рубежом научные школы, созданные известными учёными в области телекоммуникаций, радиотехники и информатики — А. С. Аджемовым, С. С. Аджемовым, Г. З. Айзенбергом, Н. А. Баевым, И. Е. Гороном, И. И. Гродневым, О. Н. Ивановой, А. Н. Казанцевым, С. И. Катаевым, Б. Р. Левиным, Г. А. Левиным, С. С. Наденко, С. Д. Пашкеевым, В. Б. Пестряковым, Н. Т. Петровичем, Н. И. Чистяковым, В. В. Шахгильдяном.

В настоящее время перспективными направлениями научно-технической деятельности университета являются исследования и разработки в области информационной безопасности и защищённых телекоммуникационных систем; внедрения цифрового телерадио-

вещания, в том числе телевидения высокой чёткости; развитии сетей связи флудующих поколений, в частности, сетевых сетей и сетей на базе MESH-технологий; разработка концепции создания принципиально новой системы спутниковой связи на базе сочетания группировок низколетящих и высокоорбитальных спутников.

Для упрощения проведения НИР и ОКР в МТУСИ сформирован Технопарк — территориальное объединение взаимодействующих между собой и с университетом самостоятельных фирм, организаций и предприятий. При определяющей роли университета Технопарк объединяет более сотни компаний и организаций различных форм собственности. Содружество существенно расширяет материально-техническую базу университета. В Технопарк входят учебные центры иностранных фирм, органы сертификации и центры испытательной сертификационного оборудования, конструкторские бюро, предприятия, осуществляющие поставку материалов и комплектующих для подразделений НИЧ, ведущих НИОКР, и выпускающие серийную продукцию, издательские, полиграфические, транспортные, ремонтно-строительные и другие предприятия, работающие в интересах университета.

Целый ряд новых разработок создан крупным научным коллективом, возглавляемым профессором С. С. Аджемовым. В частности, создан комплекс имитационного моделирования спутниковых телекоммуникационных систем, позволяющий проводить их проектирование, расчёт и оценку характеристик, включая покрытие земной поверхности, надёжность связи, электромагнитную совместимость различных систем наземного и космического базирования, работающих в смежных частотных диапазонах.

Программно-аппаратный комплекс для прогнозирования параметров ионосферы, предназначенный для расчёта параметров ионосферного коротковолнового канала связи в зависимости от частоты, времени сеанса и местоположения абонента, широкополосное панорамное устройство обнаружения и обработки радиосигналов "Морошка" для мониторинга радиозоферы, которое применяется в радиочастотных центрах страны.

Под руководством профессора А. В. Пестрякова выполнена разработка комплекса контроля за местоположением морских объектов (суда, белухи, киты и др.) на основе спутниковой системы слежения.

В конце XX века начали готовиться к переходу на Болонскую систему образования (бакалавры, магистры), разрушающую классическую русскую систему инженерного образования. Возражения профессоров и руководства операторов связи не были учтены, так как считалось, что при принятии новой системы наши дипломы должны были признаваться на Западе. При этом учитывалась не важность знаний, а признание документа. Хотя советские врачи в Америке достаточно быстро сдавали экзамены на право частной практики, а

советских инженеров принимали на престижные предприятия без предъявления диплома.

Рушились главные принципы русской школы: мы готовили думающих создателей, а нам предписывалось готовить грамотных потребителей. На экзамене вместо поиска решения необходимо было из четырёх глухих ответов выбрать один наименее глупый. Этот принцип провозглашался Е. Т. Гайдаром (зачем что-то разрабатывать, проще купить) и был окончательно сформулирован министром образования. Инженеров слишком много, и бездельники профессора получают слишком много (как известно, зарплата педагогов была меньше средней зарплаты по региону).

Русская инженерная школа готовила специалистов достаточно широкого профиля. Например, окончившие МТУСИ радиоспециалисты при необходимости адаптировались к функциям "проводников", и наоборот; радиовещатели могли быстро освоить премудрости мобильной связи и т. д. Именно это качество особенно необходимо при освоении современной мультисервисной инфокоммуникационной техники, и именно оно особенно ценилось во всём мире у русских специалистов.

Большую роль в этом направлении играла военная кафедра, начавшая свой путь с ИТАС и военного отделения. Многие старшие офицеры военной кафедры оканчивали институт в 1941 г., прошли войну, представляли собой элиту инженерного офицерского корпуса связистов. Они умели чётко, методически отточенно излагать суть процессов, вырабатывали у студентов навыки эксплуатации, сопряжения разнотипного оборудования в единую систему. Учили общению в группе при выполнении единого задания. Закрывшие военную кафедру были потерей для вооружённых сил, но ещё большей потери понесли студенты, лишённые практической работы с реальным оборудованием, обеспечивавшим различные виды связи.

Уменьшение времени подготовки бакалавра, по сравнению с временем подготовки специалиста, неизбежно сужает его кругозор, делает его более узким специалистом. Усилия профессоров МТУСИ направлены на поиск "золотой середины" между глубиной знаний и их объёмом, даваемых при обучении. Изучение многих разделов математики, физики и различных технических дисциплин, как бы не нужных конкретной специализации, не только глубоко знакомит студента с предметом, но и прививает обучаемому навыки постижения неизвестного, тренирует мыслительный аппарат, причает самостоятельно вникать во всё более частые уточнения в теории и практике. Приучает к непрерывному самообучению, заменяя регулярные короткие курсы повышения квалификации, осуществляющие "непрерывное образование".

Несколько выпусков показали, что новые учебные программы МТУСИ скорректированы так, что выпускники — бакалавры успешно справляются с работой на конкретных инженерных должностях, получая повышения по службе, но замкнуты на узкую специа-

лизацию.

Двухлетняя подготовка магистров, дополняющая четырёхлетнюю подготовку бакалавров не заменяет пять—шесть с половиной лет классического инженерного образования из-за принципиальной невозможности полной преемственности курсов бакалавров и магистров. Один год уходит просто на повторение известного, так как не могут выполняться требования обязательного совпадения специализаций бакалавра и магистра. Разрыв этапов подготовки студента удлинит её на год, ухудшая качество.

Значительные трудности при обучении вызвала развивающаяся последние два учебных года пандемия. Первоначально было запрещено работать в штатном режиме преподавателям 65+, а затем и самим студентам. Университет переходил на дистанционное обучение.

Необходимо отметить, что ещё в 90-е годы в МТУСИ на заочном отделении разрабатывалась и начала широко применяться технология дистанционного образования. Преподаватель читал лекции и занимался на семинарах с несколькими небольшими группами в помещениях узлов связи в трёх—четырёх городах по видеоконференцсвязи.

На рубеже нового тысячелетия на первый план начали выходить разработки в области информатики и инфокоммуникаций. Одной из них стала "Федеральная университетская сеть дистанционного обучения для учебных заведений высшего профессионального образования", разработанная под руководством профессора А. С. Аджемова, она отмечена Премией Правительства Российской Федерации в области образования и неоднократно представлялась на отечественных и зарубежных выставках.

В 2000-х годах тот же коллектив создаёт "Электронный университет" для эффективного управления вузом и внедрения современных методов обучения. Система базируется на принципиально новой организации учебного процесса и делопроизводства с использованием современных информационных и сетевых технологий.

К лекциям и семинарам профессорско-преподавательский состав был готов (практически все лекции сопровождаются презентациями с компьютеров). Значительно сложнее проводить лабораторные работы, поскольку невозможно заменить реальное управление какими-то блоками и их измерения дистанционными описаниями и моделированием. В некоторых учебных лабораториях ведутся активные исследования по разработкам дистанционно-управляемых экспериментальных макетов таких лабораторных работ.

Уже два семестра все виды занятий, зачёты, экзамены и защита выпускных работ бакалавров, диссертаций магистров, аспирантов, докторантов и даже работа приёмной комиссии проводятся дистанционно.

В составе Университета два региональных филиала в городах Ростове-на-Дону и Нижнем Новгороде, Научный

центр, Институт повышения квалификации, Колледж телекоммуникаций, Центр довузовской подготовки, Учебно-научный полигон новой техники.

В Университете обучаются около девяти тысяч студентов очной и заочной формы обучения, аспирантов, слушателей различных курсов. Подготовка осуществляется по современной многоуровневой системе образования — бакалавр, инженер, магистр — по 25 специальностям и восьми направлениям на 40 кафедрах (восемь из них — базовые крупные московских НИИ и операторов связи).

Для продуктивного обучения необходимо создать студенту условия для переключения внимания — отдыха, формируя его интеллект, который складывается не только из технических знаний. Студент должен двигаться, сохраняя спортивную форму, которая необходима, чтобы проводить длительные исследования, настройку больших инфокоммуникационных систем, познавать мир, становиться многосторонним, интересным в общении человеком. В университете пользуются большой популярностью путешествия, экскурсии, художественная самодельность (отрывки из спектаклей, музыка, пение, танцы — развивай все свои таланты), имеется подмосковная база отдыха. Особенно полезно, если отдых помогает студенту более глубоко узнать будущую профессию.

Ещё в двадцатые годы прошлого века в институте связи зародилась (одна из первых в Москве) радиоловительская станция, подготовившая многих радиостов-любителей, способных обеспечивать радиосвязь со всем миром даже в полевых условиях. В семидесятые—восемидесятые годы коллективная радиостанция МЭИС ЦАЗКАН прочно входила по своему рейтингу в первую десятку мира, обеспечивала связь с походниками на Северный полюс (один из них всегда был нашим студентом или преподавателем).

В двадцатые годы в эфире работала студенческая радиовещательная станция им. Любовича (Нарком связи), в настоящее время в МТУСИ организована студенческая радиовещательная станция, телецентр, работает радиокружок.

Помимо участия в профессиональных инфокоммуникационных выставках, в МТУСИ проводится ежегодная выставка "Российский High-End", демонстрирующая достижения конструкторов акустических комплексов самого высокого качества (руководитель Акустического центра — Д. Г. Свобода).

Весьма познавательна экспозиция Музея связи — "Эволюция оборудования от фонографов и первых телеграфных аппаратов до всех проявлений радиоэлектроники наших дней". Музей создан коллективом под руководством О. А. Разина. Все экспонаты работают. Минимум одна лекция по каждой специальности проводится в Музее связи.

В университете уделяют особое внимание довузовской подготовке, отбору абитуриентов, даже во время пандемии on-line проводятся "Дни открытых дверей", олимпиады, курсы подготови-

тельных занятий, ознакомительные беседы в школах по введению в специальность.

В студенческой научно-исследовательской работе в рамках единого учебно-научного процесса участвуют более 900 студентов дневной формы обучения. Победители выставок, конкурсов и олимпиад неоднократно награждались медалями и дипломами Минобрнауки России, дипломами российских и зарубежных компаний, таких как CiscoSystems, Ericsson, Alcatel-Lucent и др. Студенты активно участвуют в различных молодёжных фестивалях, конкурсах, чемпионатах, получают многочисленные призы и дипломы.

Университет — головной вуз в Учебно-методическом объединении по образованию в области телекоммуникаций (УМО). Сегодня УМО насчитывает свыше 80 вузов не только в РФ, но и в республиках ближнего зарубежья.

Активное международное сотрудничество продолжается в МТУСИ почти 90 лет. За это время Университет стал настоящей кузницей квалифицированных кадров для многих зарубежных стран. Среди тысяч его выпускников известные учёные, видные государственные и общественные деятели, крупные специалисты различных областей экономики многих стран Европы, Азии, Африки и Латинской Америки.

Начиная с 1946 г. университет подготовил несколько тысяч магистров, бакалавров, инженеров, более 360 кандидатов наук из 82 стран мира. В настоящее время в университете обучаются более 400 студентов и аспирантов из 48 стран Европы, Азии, Африки и Латинской Америки.

Политика МТУСИ направлена на интеграцию с международным университетским сообществом и получение за счёт этого дополнительных возможностей ускоренного развития и конкурентных преимуществ. Университет поддерживает многолетние крепкие партнёрские отношения с ведущими европейскими университетами и образовательными организациями. В договорах, большинство из которых заключены МТУСИ в соответствии с международными соглашениями Российской Федерации, принимают участие 48 вузов из 46 стран мира, в том числе 11 вузов из семи стран СНГ.

В рамках международного сотрудничества МТУСИ организовал краткосрочные стажировки нескольких тысяч человек из 82 стран Европы, Азии, Африки и Латинской Америки в рамках как двусторонних соглашений с зарубежными вузами-партнёрами, так и международных программ (TACIS, TEMPUS и др.). В зарубежные вузы ежегодно направляются более 200 специалистов из числа преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов.

Значительный вклад в становление и развитие вуза внесли ректоры А. С. Бутягин, В. А. Надеждин (с 1942 г. по 1970 г.), И. Е. Ефимов (с 1970 г. по 1987 г.), В. В. Шахгильдян (с 1987 г. по 2004 г.), А. С. Аджемов (2004—2015 гг.), С. Д. Ерохин (с 2015 г. по настоящее время), а также ректоры ВЗЭИС профессор Д. И. Аркадьев (с 1957 г. по

1971 г.), профессор Ю. Б. Зубарев (с 1973 г. по 1979 г.) и профессор Л. Е. Варакин (с 1979 г. по 1987 г.).

Университет семь раз менял своё название МЭИНС—МВТУ—МУКС—МЭИС—МЭИС—МЭИС—МЭИС—МТУСИ, несколько раз подчинённость, но самое главное — сохранялся коллектив преподавателей, учёных во все периоды сложной, иногда очень тяжёлой жизни страны, решал наиболее острые проблемы развития инфокоммуникационной структуры страны, прогнозируя её потребности в кадрах и воспитывая своих учеников инженерами-созидателями.

Коллектив МТУСИ видит "свою миссию в обеспечении высокого профессионального уровня выпускников университета, аспирантов и докторантов, преподавателей и научных работников, служащих и руководителей, в формировании гражданских и нравственных качеств личности в условиях глобального информационного общества и динамично меняющихся потребностей рынка труда.

Для этого мы стараемся добиться эффективной организации и высокого качества образовательного и научно-исследовательских процессов, единства научной и учебной деятельности, дающей специалистам глубокие общенаучные и профессиональные знания, распространения знаний с целью улучшения интеллектуальных ресурсов всех отраслей национального хозяйства, в которых работают наши выпускники.

Мы стремимся не только передавать уже имеющиеся знания и обучать тому, что уже известно, но, опираясь на традиции, сложившиеся за многолетнюю историю существования университета, учить, как получить знания, которых ещё нет, и как сделать то, чего ещё не существует. Опираясь на замечательное прошлое, через мгновение настоящего, стремимся создать блестящее будущее".

НАШИМ АВТОРАМ

Уважаемые авторы!

Напоминаем, что в отправляемых в редакцию статьях рисунки схем, печатных плат и иной графики должны быть представлены в форматах BMP, TIFF, JPEG, GIF или в версиях программ Splan (рисунки схем) и Sprint LayOut (рисунки плат). С более подробной информацией по правилам оформления статей вы можете ознакомиться по адресу <http://www.radio.ru/author/> (на сайте журнала "Радио" в разделе "Авторам").

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

АМУРСКАЯ ОБЛ. 1 декабря филиал РТРС "Амурский ОРТПЦ" начал трансляцию "Радио России" с вставками региональных программ ГТРК "Амур" в г. Белогорске, г. Свободном, пгт Прогресс и их ближайших окрестностях.

Передачики мощностью 1 кВт работают в Белогорске на частоте 100,3 МГц, в Свободном — на частоте 104,6 МГц, в Прогрессе — на частоте 103,6 МГц.

Трансляция "Радио России" ведётся ежедневно с 05.00 до 01.00, региональные новости "Вести-Амурская область" выходят в эфир дважды в день в 13.30 и 19.45 (время местное) (источник — URL: <https://amur.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-belogorske-svobodnom-i-progresse/> (21.12.20)).

АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ. 6 декабря в полночь на передающей станции в населённом пункте Коноша началась трансляция программ "Радио России" с региональными врезками "Радио Поморье". Для того чтобы принимать программы государственной радиостанции, входящей в холдинг ВГТРК, необходимо настроить приёмное оборудование на частоту 102,6 МГц (источник — URL: <https://arhangelsk.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/radio-rossii-stalo-dostupno-zhitelyam-konoshskogo-rayona/> (21.12.20)).

Начиная с 8 декабря жители ещё четырёх муниципальных образований региона могут слушать программы "Радио России" с включениями региональной телерадиокомпании "Поморье".

Ровно в полночь по местному времени специалисты Архангельского областного радиотелевизионного передающего центра включили семь новых радиопередатчиков:

- в населённом пункте Погост Кенозерский Плесецкого района — на частоте 102 МГц;

- в населённом пункте Нижнее Устье Плесецкого района — на частоте 103,4 МГц;

- в населённом пункте Илеза Устьянского района — на частоте 102,9 МГц;

- в населённом пункте Кизема Устьянского района — на частоте 104 Гц;

- в населённом пункте Шангалы Устьянского — на частоте 104 МГц.

- в населённом пункте Ершевская Красноборского района — на частоте 102,5 МГц;

- в населённом пункте Яренск Ленского района — на частоте 102,9 МГц.

Мощность каждого передатчика — 30 Вт. Населённые пункты Поморья, где в 2020 г. начали работать радиопередатчики "Радио России": д. Алферовская, п. Ивановское, р.п. Малошуйка, г. Няндомы, п. Первомайский, р.п. Пле-

Примечание. Время всюду — UTC.
Время MSK = UTC + 3 ч.

сецк, с. Порог, с. Строевское, п. Таёжный, р.п. Урдомы (источник — URL: <https://arhangelsk.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/sem-novykh-peredatchikov-radio-rossii-zarabotali-v-arhangelskoy-oblasti/> (21.12.20)).

БАШКИРИЯ. 9 декабря в сети вещания "Радио Дача" присоединились г. Давлеканово и село Раевский Республики Башкортостан. Частота вещания — 105,2 МГц (источник — URL: https://vk.com/radiodachadavlekanovo?w=wall-201186954_2 (21.12.20)).

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. С утра 27 ноября в г. Белгороде на частоте 87,6 МГц запущена новая радиостанция "Калина красная". Она заменила предыдущий проект — станцию "Studio 21" (источник — URL: https://vk.com/wall-83427404_19725?w=wall-83427404_19725 (21.12.20)).

ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛ. 4 декабря филиал РТРС "Воронежский ОРТПЦ" начал тестовую трансляцию радиостанции "Радио России" в г. Россоши на частоте 100,8 МГц и в г. Павловске — на частоте 102,7 МГц. Мощность передатчика в Павловске — 0,1 кВт, в Россоши — 1 кВт (источник — URL: <https://voronezh.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-radio-rossii-v-rossoshi-i-pavlovske/> (21.12.20)).

ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ. В Забайкальском крае успешно завершается модернизация сети вещания радиостанции "Радио России". Ввод нового оборудования для трансляции передач радиостанции "Радио России" по всем пунктам осуществлён до конца 2020 г., а в г. Могоча — в начале 2021 г.

В настоящее время РТРС совместно с ВГТРК выполняет масштабную программу по расширению сети радиовещания. Всего в рамках программы на территории края будет построено 58 объектов вещания "Радио России" наряду с действующими ретрансляторами в г. Чите, п. Хилок, п. Дульдурга, с. Калга.

Забайкальцы смогут слушать "Радио России" в городах и посёлках с близлежащими населёнными пунктами на следующих частотах:

- г. Краснокаменск — 103,6 МГц;

- п. Орловский, Новоорловский (Агинский район) — 103,5 МГц;

- станция Хада—Булак, г. Борзя, (Борзинский район) — 106,8 МГц;

- п. Холбон, г. Шилка (Шилкинский район) — 105,1 МГц;

- пгт Кокуй (Сретенский район) — 104,7 МГц;

- с. Нерчинский Завод — 105,1 МГц;

- с. Улёты — 103,2 МГц;

- пгт Могойтуй (Могойтуйский район) — 101,4 МГц;

- с. Новокургатай (Акшинский район) — 104,9 МГц;

- пгт Оловянная (Оловянинский район) — 101,9 МГц;

- с. Усть—Иля (Акшинский район) — 103,7 МГц;

- с. Хапчеранга (Кыринский район) — 102,1 МГц;

- с. Кыра (Кыринский район) — 103,7 МГц;

- с. Алтан (Кыринский район) — 101,9 МГц;

- с. Тарбальджей (Кыринский район) — 101,3 МГц;

- с. Бада (Хилокский район) — 101,8 МГц;

- с. Малета (Петровск-Забайкальский район) — 102,4 МГц;

- с. Солонечный (Газимуро-Заводский район) — 101,8 МГц;

- пгт Приаргунск (Приаргунский район) — 103,7 МГц;

- с. Кличка (Приаргунский район) — 101,4 МГц;

- г. Сретенск (Сретенский район) — 103,4 МГц;

- с. Вершино-Шахтаминский (Шелопугинский район) — 101,4 МГц;

- с. Шелопугино (Шелопугинский район) — 101,8 МГц;

- с. Копунь (Шелопугинский район) — 103,1 МГц;

- с. Газимурский Завод (Газимуро-Заводский район) — 103,2 МГц;

- с. Закаменная (Газимуро-Заводский район) — 102,4 МГц;

- г. Могоча (Могочинский район) — 101,0 МГц;

- с. Кайластуй (Краснокаменский район) — 101,2 МГц;

- с. Урулюнгуй (Приаргунский район) — 100,7 МГц;

- с. Александровский Завод (Александрово-Заводский район) — 103,0 МГц;

- с. Убур—Тохтор (Акшинский район) — 101,5 МГц;

- с. Курулга (Акшинский район) — 102,9 МГц;

- с. Мангут (Кыринский район) — 104,6 МГц;

- с. Нарасун (Акшин — 103,4 МГц;

- с. Тохтор (Акшинский район) — 105,4 МГц;

- г. Петровск-Забайкальский — 102,6 МГц;

- пгт Новопавловка (Петровск-Забайкальский район) — 103,1 МГц;

- с. Красный Чикой (Красночикийский район) — 102,8 МГц;

- с. Урлук (Красночикийский район) — 100,8 МГц;

- с. Стеклозавод (Красночикийский район) — 101,6 МГц;

- с. Захарово (Красночикийский район) — 100 МГц;

- г. Хилок (Хилокский район) — 103,3 МГц;

- с. Зюльзя (Нерчинский район) — 101,5 МГц;

- г. Балей (Балейский район) — 103,3 МГц;

- с. Букача (Чернышевский район) — 102,1 МГц;

- с. Верх-Усугли (Тунгокоченский район) — 102,7 МГц;

- п. Жирекен (Чернышевский район) — 101,8 МГц;

- пгт Карымское (Карымский район) — 103,0 МГц;

- с. Беклемишево (Читинский район) — 102,3 МГц;

- пгт Дарасун (Карымский район) — 102,3 МГц;

— с. Дешулан (Улётовский район) — 101,8 МГц;
— с. Икабья (Каларский район) — 100,5 МГц;
— с. Куанда (Каларский район) — 102,0 МГц;
— с. Новая Чара (Каларский район) — 100,0 МГц;
— с. Татаурово (Улётовский район) — 102,3 МГц

(источник — URL: <https://chita.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/radio-rossii-vshchaet-v-zabaykale-nanovoy-volne/> (21.12.20)).

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ. 2 декабря филиал РТРС "Кемеровский ОРТПЦ" начал трансляцию радиоканала "Радио России" в пгт Комсомольске. Частота вещания — 103,5 МГц. Передатчик мощностью 0,1 кВт охватывает сигнал Комсомольск и близлежащие населённые пункты (источник — URL: <https://kemerovo.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-komsomolske/> (21.12.20)).

18 декабря с объекта связи филиала РТРС "Кемеровский ОРТПЦ" в г. Новокузнецке началась трансляция радиоканала "Серебряный Дождь". Частота вещания — 96,9 МГц. Мощность передатчика — 0,3 кВт (источник — URL: <https://kemerovo.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/v-novokuznetskenachalas-translyatsiyu-radiokanala-serebryanny-dozhd/> (21.12.20)).

КИРОВСКАЯ ОБЛ. 18 ноября филиал РТРС "Кировский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в Свечинском и Котельничском районах Кировской области. Вещание ведётся на частоте 107,7 МГц. Трансляция "Радио России" на частоте 70,73 МГц прекращена (источник — URL: <https://kirov.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-svechinskom-i-kotelnicheskom-rayonakh-kirovskoy-oblasti/> (21.12.20)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. В декабре РТРС организовал трансляцию радиостанции "Радио России" в трёх населённых пунктах Краснодарского края.

Передатчики мощностью 0,1 кВт заработали на частоте 102 МГц в г. Кропоткине и на частоте 103,6 МГц — в г. Хадыженске. Передатчик мощностью 30 Вт заработал в станице Губской на частоте 104,2 МГц (источник — URL: <https://krasnodar.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-kropotkine-gubskoy-khadyzhenske/> (21.12.20)).

ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ. 9 декабря в г. Липецке на частоте 105,1 МГц начала вещание радиостанция "Калина красная" (источник — URL: https://vk.com/kalinafm?w=wall-175399800_615 (21.12.20)).

МАРИЙ ЭЛ. Филиал РТРС в Республике Марий Эл продолжает эстафету запусков передатчиков "Радио России" в регионе. 1 декабря трансляция радиостанции началась в посёлке Советском. Радиостанция доступна на частоте 106,9 МГц, вещание будет осуществляться ежедневно (источник — URL: <https://www.marimedia.ru/news/society/item/110668/> (21.12.20)).

НОВГОРОДСКАЯ ОБЛ. 1 декабря филиал РТРС "Новгородский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в г. Боровичи на частоте 107,2 МГц. Мощность передатчика — 2 кВт, высота подвеса передающей антенны — 220 м.

Передатчик в г. Боровичи станет седьмым, наряду с г. Великим Новгородом, с. Залучье, г. Пестово, г. Валдай, д. Мелехово, д. Мокрый Остров, вещающим "Радио России" в УКВ-диапазоне (источник — URL: <https://novgorod.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-radio-rossii-v-g-borovichii-novgorodskoy-oblasti/> (21.12.20)).

ОМСКАЯ ОБЛ. Первого декабря филиал РТРС "Омский ОРТПЦ" начал трансляцию программ "Радио России" в г. Калачинске. Передатчик мощностью 1 кВт обеспечивает устойчивый приём радиосигнала в Калачинском, Нижнеомском, Горьковском, Кормиловском и Оконешниковском районах.

Одновременно с оборудованием в г. Калачинске были включены передатчики в райцентрах Муромцево, Русская Поляна и посёлке Хутора, транслирующие "Радио России" для жителей Муромцевского, Русско-Полянского, Тюкалинского и Крутинского районов.

Частоты вещания новых передатчиков "Радио России":

- г. Калачинск — 104,7 МГц;
- рп Муромцево — 101,6 МГц;
- рп Русская Поляна — 107,5 МГц;
- с. Хутора — 100,4 МГц

(источник — URL: <https://omsk.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/rtrs-nachinaet-translyatsiyu-program-radio-rossii-v-vostochnykh-rayonakh-omskoy-oblasti/> (21.12.20)).

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ. 24 ноября филиал РТРС "Оренбургский ОРТПЦ" начал трансляцию программ радиостанции "Радио России" в двенадцати населённых пунктах Оренбургской области.

Это — г. Абдулино, п. Акбулак, с. Биккулово Октябрьского района, с. Кваркено, с. Лебяжка Новосергиевского района, рп Первомайский, с. Пономарёвка, д. Рамазаново Кувандыкского городского округа, п. Светлый Светлинского района, с. Ташла Ташлинского района, п. Тюльган, г. Ясный. В ближайшее время будет организовано вещание ещё в шести населённых пунктах области.

ОРЛОВСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Орловский ОРТПЦ" с 23 декабря начал трансляцию на г. Ливны радиостанции "Радио России" на частоте 90,2 МГц. Средний радиус её покрытия — 38 км. Мощность передатчика — 1 кВт, высота подвеса передающей антенны — 177 м. Запуск радиостанции "Радио России" в Ливнах — часть совместной масштабной программы ВГТРК и РТРС по расширению сети радиовещания (источник — URL: <https://orel-region.ru/index.php?head=1&unit=19090> (21.12.20)).

С 24 ноября жители г. Орла, настроив приёмник на частоту 98,5 МГц,

услышали радиостанцию "Калина красная". Музыкальный эфир станции основан на авторской песне. Здесь можно услышать произведения таких исполнителей, как Владимир Высоцкий, Булат Окуджава, Олег Митяев, а также любимую музыку из советского кино (источник — URL: https://vk.com/wall-96276987_848?w=wall-96276987_848 (21.12.20)).

16 декабря в г. Орле был дан старт вещанию радиоканала "Вести FM" на частоте 92 МГц (источник — URL: <https://ogtrk.ru/novosti/80231.html> (21.12.20)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. 14 декабря филиал РТРС "Пермский КРТПЦ" дал старт трансляции радиостанции "Радио России" в г. Кунгуре на частоте 100,9 МГц и в с. Барда на частоте 105,8 МГц. Мощность передатчиков — 1 кВт и 2 кВт соответственно, высота подвеса передающих антенн — 188 м в Кунгуре, в Барде — 191 м (источник — URL: <https://vesti-perm.ru/pages/813534556bc047deb21106f8ae7bbe0c> (21.12.20)).

6 декабря филиал РТРС "Пермский КРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в г. Чернушка на частоте 103 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт, высота подвеса передающей антенны — 75 м (источник — URL: <https://perm.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-chernushke/> (21.12.20)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. 7 декабря филиал РТРС "Ростовский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Маяк" в г. Волгодонске на частоте 88,4 МГц. Высота подвеса передающей антенны — 190 м. Передатчик — мощностью 1 кВт. В зону охвата радиостанции попадает г. Цимлянск Ростовской области (источник — URL: <https://rostov.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-mayak-v-volgodonske/> (21.12.20)).

САХАЛИНСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Сахалинский ОРТПЦ" завершил крупный социально значимый проект по развитию областной сети вещания радиостанции "Радио АСТВ". Проект получил поддержку правительства региона.

В период с июля по ноябрь специалисты филиала установили, испытали и ввели в эксплуатацию 43 передатчика. Сеть вещания "Радио АСТВ", размещённая на объектах сахалинского филиала РТРС, теперь включает 62 передающие станции.

Новые радиовещательные передатчики ведут трансляцию в следующих районах Сахалинской области:

- Александровск-Сахалинском (РТС Мгачи, частота вещания — 105,1 МГц);
- Анивском (РТС Огоньки, частота вещания — 107,8 МГц);
- Долгинском (РТС Быков, частота вещания — 101,1 МГц; РТС Взморье, частота вещания — 102,7 МГц; РТС Стародубское, частота вещания — 100,7 МГц);
- Корсаковском (РТС Новиково, частота вещания — 103,8 МГц; РТС частота вещания — Озерское 105,3 МГц; РТС Чапаево, частота вещания — 104,8 МГц);

— Курильском (РТС Буревестник, частота вещания — 100,7 МГц; РТС Рейдово, частота вещания — 103 МГц), Макаровском (РТС Восточное, частота вещания — 103 МГц; РТС Поречье, частота вещания — 102,8 МГц);

— Невельском (РТС Горнозаводск, частота вещания — 104,6 МГц; РТС Невельск, частота вещания — 103,2 МГц; РТС Шебуино, частота вещания — 106,4 МГц; РТС Ясноморское, частота вещания — 102,6 МГц);

— Ногликском (РТС Вал, частота вещания — 102,5 МГц; РТС Горячие Ключи, частота вещания — 103,1 МГц; РТС Ныш, частота вещания — 103,8 МГц);

— Поронайском (РТС Вахрушев, частота вещания — 102 МГц);

— Смирныховском (РТС Омор, частота вещания — 101,6 МГц; РТС Первомайск, частота вещания — 102,3 МГц; РТС Победино, частота вещания — 102,1 МГц; РТС Рошино, частота вещания — 101,8 МГц);

— Томаринском (РТС Ильинское, частота вещания — 102,4 МГц; РТС Пензенское, частота вещания — 103,4 МГц);

— Тымовском (РТС Арги-Паги, частота вещания — 103,3 МГц; РТС Белоречье, частота вещания — 102 МГц; РТС Зональное, частота вещания — 100 МГц);

— Углегорском (РТС Бошняково, частота вещания — 106,3 МГц; РТС Краснополье, частота вещания — 102,8 МГц; РТС Лесогорское, частота вещания — 103,9 МГц; РТС Поречье, частота вещания — 100,5 МГц);

— Холмском (РТС Костромское, частота вещания — 103,3 МГц; РТС Пожарское, частота вещания — 102,7 МГц; РТС Правда, частота вещания — 100,3 МГц; РТС Пятиречье, частота вещания — 106,3 МГц; РТС Чапланово, частота вещания — 106,7 МГц; РТС Яблочное, частота вещания — 106,4 МГц);

— Южно-Курильском (РТС Головнино, частота вещания — 104,4 МГц; РТС Крабозаводское, частота вещания — 104,7 МГц; РТС Менделеево, частота вещания — 103,4 МГц) и в городском округе Южно-Сахалинске (РТС Синегорск, частота вещания — 107,9 МГц) (источник — URL: <https://sakhalin.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-v-tri-raza-rasshiril-set-veshchaniya-radio-astvna-sakhaline/> (21.12.20)).

В декабре филиал РТПС "Сахалинский ОРТПЦ" завершил тестирование и приступил к эксплуатации радиовещательных передатчиков радиостанций "Радио Energy" и "Комсомольская правда". Программы ещё двух федеральных радиостанций появились в эфире г. Южно-Сахалинска.

Радиослушатели областного центра и его окрестностей уже в октябре могли настроить приём "Радио Energy" на частоте 91,1 МГц. С 1 декабря эфир "Комсомольской правды" стал доступен на частоте 87,5 МГц. Мощность обоих передатчиков — 1 кВт.

"Радио Energy" транслируется в 150 городах России. Новый передатчик "Комсомольской правды" в Южно-Сахалинске стал 63-м в межрегиональной

сети радиостанции. В Дальневосточном федеральном округе радио "Комсомольская правда" также транслируется в эфире городов Владивосток, Хабаровск, Благовещенск, Уссурийск, Находка и Улан-Удэ (источник — URL: <https://sakhalin.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-zapustil-radio-energy-i-radio-komsomolskaya-pravda-v-yuzhno-sakhalinske/> (21.12.20)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 17 декабря в 9 ч утра по местному времени началось вещание радиостанции "Воскресение" в г. Нижнем Тагиле на частоте 94,9 МГц (источник — URL: https://vk.com/pravradio_ru?w=wall-26484888_1233 (21.12.20)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. 18 декабря в г. Твери на частоте 89,4 МГц начала вещание православная радиостанция "Радио Вера" (источник — URL: https://vk.com/radio_vera?w=wall-51326921_23100 (21.12.20)).

ТЮМЕНСКАЯ ОБЛ. 14 декабря в полночь по местному времени филиал РТПС "Урало-Сибирский региональный центр" начинает трансляцию радиостанции "Радио России" в следующих населённых пунктах:

— с. Армизонское — на частоте 101,8 МГц, мощность передатчика — 0,1 кВт, вещание станет доступно почти десяти тысячам жителей Армизонского района Тюменской области;

— с. Аромашево — на частоте 104,4 МГц, мощность передатчика — 0,1 кВт;

— с. Казанское — на частоте 104,4 МГц, мощность передатчика — 0,1 кВт;

— г. Заводоуковск — на частоте 106,4 МГц, мощность передатчика — 0,1 кВт

(источник — URL: <https://yalutorovsk.online/news/193592.html> (21.12.20)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. 9 декабря филиал РТПС "Челябинский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Вести FM" в г. Магнитогорске. Частота вещания — 95,4 МГц. Мощность передатчика — 100 Вт (источник — URL: <https://chelyabinsk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-vesti-fm-v-magnitogorske/> (21.12.20)).

10 декабря филиал РТПС "Челябинский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в г. Верхнеуральске. Частота вещания — 105,8 МГц, мощность передатчика — 30 Вт (источник — URL: <https://chelyabinsk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-verkhneuralske/> (21.12.20)).

11 декабря филиал РТПС "Челябинский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" в г. Юрюзани. Частота вещания — 107,4 МГц. Мощность передатчика — 100 Вт. Трансляция на частоте 67,25 МГц прекращена (источник — URL: <https://chelyabinsk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-rossii-v-yuryuzani/> (21.12.20)).

ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ. 1 декабря в полночь по местному времени филиал РТПС "Урало-Сибирский РЦ" начал трансля-

цию радиостанции "Радио России" в г. Салехарде и ещё в двух населённых пунктах Приуральянского района Ямало-Ненецкого автономного округа.

В с. Аксарка и в п. Харп передатчики мощностью 30 Вт работают на частотах 104,5 МГц и 105,5 МГц. В Салехарде радиостанция "Радио России" — с 1 декабря в эфире для жителей города и ближайших населённых пунктов на частоте 99,4 МГц. Мощность передатчика — 250 Вт.

В Ямало-Ненецком автономном округе программы "Радио России" транслируются в г. Ноябрьске на частоте 101,1 МГц и в с. Мужы Шурьшкарского района на частоте 102,2 МГц. В ближайшее время филиал планирует разместить оборудование для трансляции "Радио России" ещё на семи антенно-мачтовых сооружениях радиотелевизионной сети РТПС в округе (источник — URL: <https://yanao.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachnet-fm-translyatsiyu-radio-stantsii-radio-rossii-v-salekharde-i-priuralnyskom-rayone-yanao/> (21.12.20)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ПАКИСТАН. "Радио Пакистана" ("Pakistan Broadcasting System", PBS) начало транслировать четырёхчасовые пробные передачи "Радиошкола", чтобы продвигать дистанционное обучение в стране.

В связи с этим в Исламабаде был подписан Меморандум о взаимопонимании между "Радио Пакистана" и Министерством федерального образования и профессионального обучения о продвижении дистанционного обучения в стране.

В соответствии с Меморандумом о взаимопонимании Министерство федерального образования и профессиональной подготовки предоставит цикл передач для обеспечения детей начальным образованием.

Эти образовательные программы транслируются различными среднетелесными сетями "Радио Пакистана" с 10.00 до 12.00, а затем в виде повторной трансляции — с 14.00 до 16.00 семь дней в неделю на частотах:

— Islamabad, мощность передатчика — 500 кВт, частота вещания — 585 кГц;

— D.I.Khan, мощность передатчика — 100 кВт, частота вещания — 711 кГц;

— Quetta, мощность передатчика — 100 кВт, частота вещания — 1134 кГц;

— Turbat, мощность передатчика — 100 кВт, частота вещания — 981 кГц;

— Khuzdar, мощность передатчика — 300 кВт, частота вещания — 567 кГц;

— Loralai, мощность передатчика — 10 кВт, частота вещания — 1251 кГц;

— Larkana, мощность передатчика — 100 кВт, частота вещания — 1053 кГц

(источник — URL: <https://www.urdupoint.com/en/pakistan/radiopakistani-starts-test-run-transmission-o-1095024.html> (21.12.20)).

Параметры и модель микросхем TDA7294 и TDA7293

И. РОГОВ, г. Ростов-на-Дону

В статье приведены результаты измерений основных характеристик популярных микросхем усилителей мощности TDA7294 и TDA7293 — АЧХ и ФЧХ, а также АЧХ при максимальной амплитуде выходного сигнала (мощностная АЧХ) и скорости нарастания выходного напряжения. Приводится модель микросхемы, построенная на основе проведённых измерений.

Микросхема TDA7294 [1] и её чуть более "продвинутой" вариант — TDA7293 [2] уже два десятилетия успешно применяются для построения усилителей мощности звуковой частоты (УМЗЧ), как любительских, так и профессиональных. Усилители, собранные на этих микросхемах, позволяют получить параметры качества, превосходящие многие УМЗЧ конца XX века (кроме выходной мощности) и ряд моделей XXI века. Однако отсутствие подробной информации о частотных свойствах микросхем не позволяет максимально использовать их возможности. В данной статье приведены результаты измерений частотных и скоростных параметров самой микросхемы УМЗЧ. Использование этих параметров помо-

при увеличении глубины отрицательной обратной связи (ООС) выше рекомендуемого производителем значения. В этом случае в схему усилителя и петлю общей ООС обычно, кроме самой микросхемы УМЗЧ, входят ОУ и одна или несколько цепей местной и общей частотной коррекции. Повышение глубины ООС таким способом заметно снижает нелинейные искажения усилителя, но обеспечить при этом устойчивость усилителя и хороший вид переходного процесса — задача достаточно сложная.

В усилителе, охваченном отрицательной обратной связью, собственные свойства микросхемы изменяются, так как обратная связь "улучшает" их на величину глубины ООС. В результате

вать цепь ООС, с другой стороны — дающий более достоверные результаты. Схемы измерений показаны на рис. 1 [3].

Микросхема включается в режим инвертирующего усилителя с резисторами R1 и R2 в цепи ООС. На высоких частотах, где коэффициент усиления значительно снижается, можно произвести прямое измерение входного и выходного напряжения микросхемы (рис. 1,б). На низких частотах, где коэффициент усиления микросхемы высокий, непосредственно измерить её входное напряжение с требуемой точностью не представляется возможным. Поэтому была использована схема измерений, показанная на рис. 1,а. Напряжение на инвертирующий вход микросхемы подаётся через делитель напряжения R_{д1}R_{д2}, а входное напряжение измеряют на входе делителя. При достаточно большом коэффициенте деления, напряжение U₁ имеет значение вполне подходящее для проведения измерений с хорошей точностью.

Спротивление нагрузки было выбрано равным 75 Ом. Это, с одной стороны, позволило создать достаточно большой выходной ток амплитудой 200 мА, чтобы выходной каскад микросхемы работал в режиме большого сигнала (с точки зрения выходного тока), создавая условия работы, близкие к реальности. С другой стороны, существенно снижается нагрев микросхемы, что уменьшает погрешности, связанные с влиянием температуры кристалла на её параметры.

Питание усилителя производилось от лабораторного стабилизированного источника с напряжением 2×30 В и максимальным током 3 А, чтобы просадки,

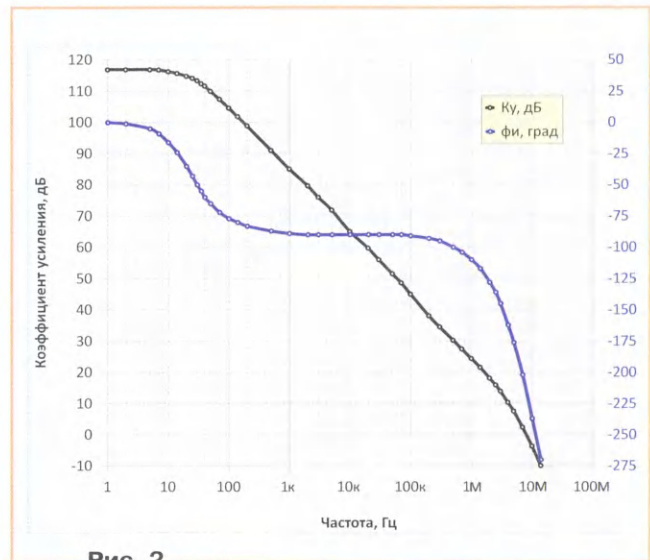
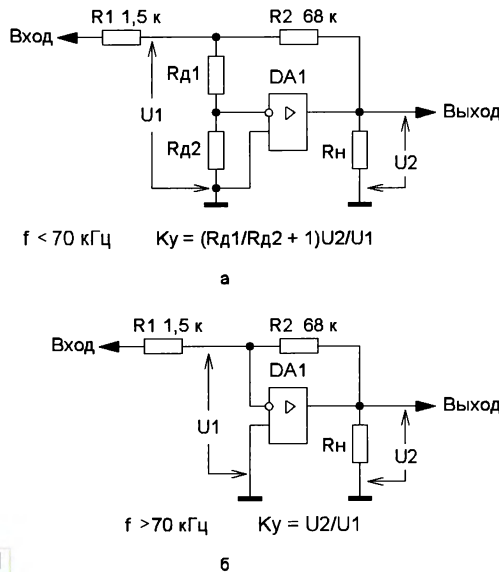


Рис. 1

жет разрабатывать усилители, максимально использующие положительные её качества и смягчающие отрицательные.

Знание амплитудно-частотных (АЧХ) и фазо-частотных (ФЧХ) характеристик особенно полезно для анализа устойчивости усилителей на микросхеме и расчёта необходимой частотной коррекции

свойства усилителя определяются не только и не столько свойствами самой микросхемы, сколько цепью обратной связи. Разрывать же цепь ООС для измерения параметров микросхемы в "чистом виде" не рекомендуется. Поэтому автор выбрал метод измерения параметров микросхемы, позволяющий, с одной стороны, не разры-

вать цепь ООС, с другой стороны — дающий более достоверные результаты. Для измерений использовался генератор RIGOL DG1022 с максимальной частотой генерации 20 МГц и разрядностью ЦАП, формирующего сигнал, равной 14 бит, а также цифровой осциллограф RIGOL DS2102A с полосой пропускания до 100 МГц.

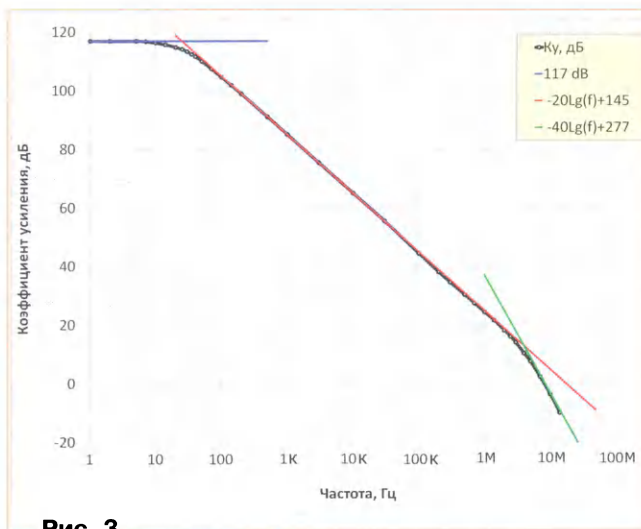


Рис. 3

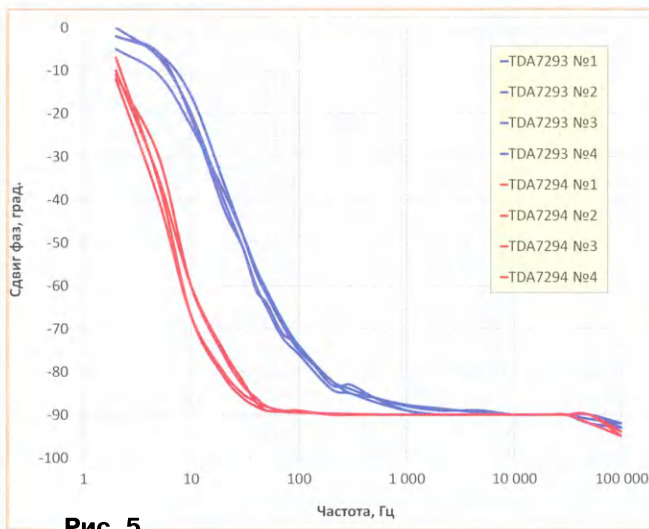


Рис. 5

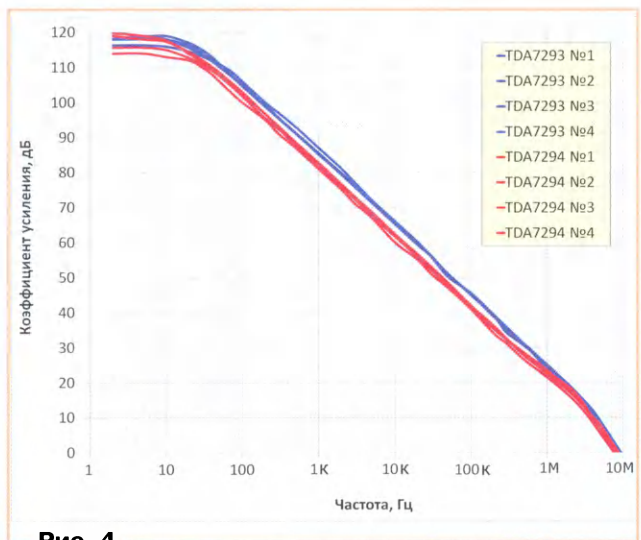


Рис. 4

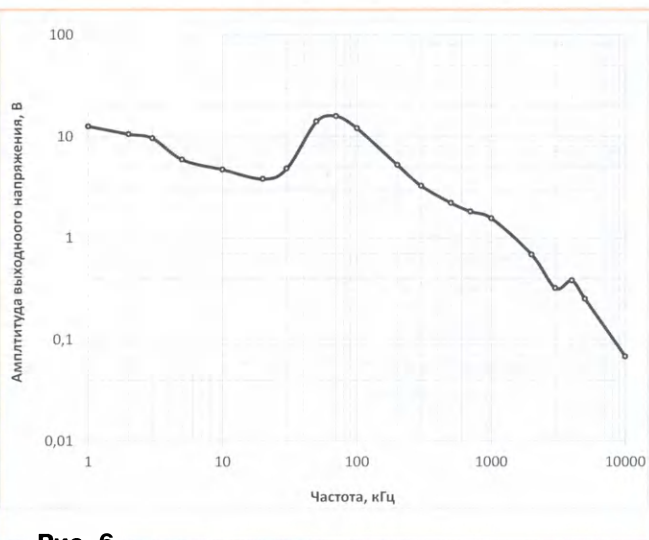


Рис. 6

Логарифмические АЧХ и ФЧХ микросхемы TDA7293 показаны на рис. 2. На графиках указаны точки, в которых производились измерения. Форма АЧХ соответствует классическому усилителю топологии Лина (Lin H. M.) [4], на ней хорошо видно два наиболее низкочастотных полюса. Частота первого, самого низкочастотного полюса — около 25 Гц, частота второго — около 4 МГц. ФЧХ также соответствует классической, однако при типовой схеме включения микросхемы в области инфразвуковых частот (менее 7 Гц) на ФЧХ наблюдается нехарактерный для подобных усилителей излом и переход в область положительного сдвига фаз, когда выходной сигнал опережает по фазе входной сигнал. Скорее всего, это влияние вольтодобавки, используемой в усилителе и формирующей положительную обратную связь небольшой глубины. При проведении измерений автор использовал конденсатор вольтодобавки повышенной ёмкости, поэтому ФЧХ получились гладкими и классическими.

Аппроксимация измеренной логарифмической АЧХ показана на рис. 3. Хорошо видны частоты полюсов, а также крутизна спада АЧХ на трёх участках,

составляющая соответственно 0 дБ/декаду, 20 дБ/декаду и 40 дБ/декаду.

На рис. 4 и рис. 5 показаны АЧХ и ФЧХ, снятые подобным образом на четырёх экземплярах микросхем TDA7293 и четырёх экземплярах микросхем TDA7294. Точки, в которых производились измерения, для большей наглядности графиков не показаны. Для измерений использовались микросхемы, приобретённые в разное время в течение последних пяти—семи лет у разных продавцов.

На основе результатов проведённых измерений можно сделать ряд выводов.

1. Графики, соответствующие микросхемам одного типа, ложатся "кучно". Следовательно, микросхемы в производстве имеют стабильные параметры. Впрочем, это не удивительно, за то время, которое выпускаются эти микросхемы, видимо, технологический процесс был хорошо отлажен.

2. Стабильность параметров указывает на то, что среди исследованных микросхем нет контрафактных экземпляров. Все исследованные TDA7294 были выпаяны из усилителей, которые работали стабильно, не возбуждались, и демонстрировали хорошие парамет-

ры, т. е. оригинальные микросхемы работают хорошо.

3. Микросхемы TDA7294 обладают несколько худшими частотными свойствами по сравнению с микросхемами TDA7293. Особенно хорошо это демонстрирует ФЧХ.

4. Полученные результаты, а также наличие у микросхемы TDA7293 узлов, отсутствующих в микросхеме TDA7294, позволяют с большой долей уверенности утверждать, что разные типы микросхем не являются результатом разбраковки, и различия характеристик обусловлено их разной конструкцией.

В таком случае микросхема TDA7293 не просто превосходит микросхему TDA7294 по таким параметрам, как максимально допустимое напряжение питания и выходная мощность, но и имеет более совершенную конструкцию. Поэтому можно рекомендовать вообще отказаться от применения микросхемы TDA7294.

Все дальнейшие результаты относятся к микросхемам TDA7293, имеющим более высокие показатели качества и чаще рекомендуемым к применению. Все исследованные экземпляры микросхем обоих типов продемон-

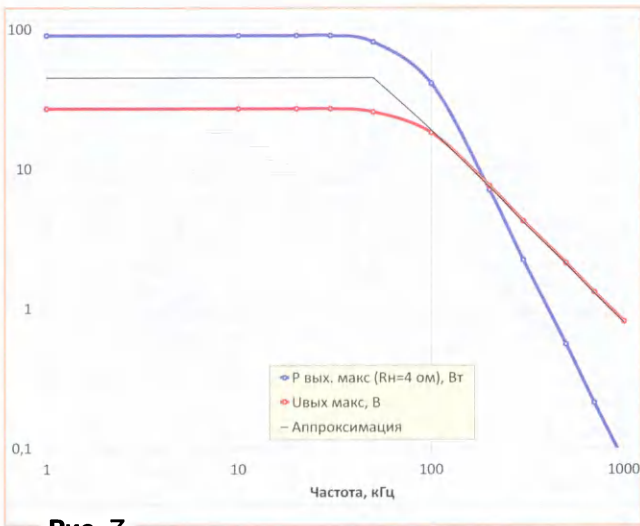


Рис. 7

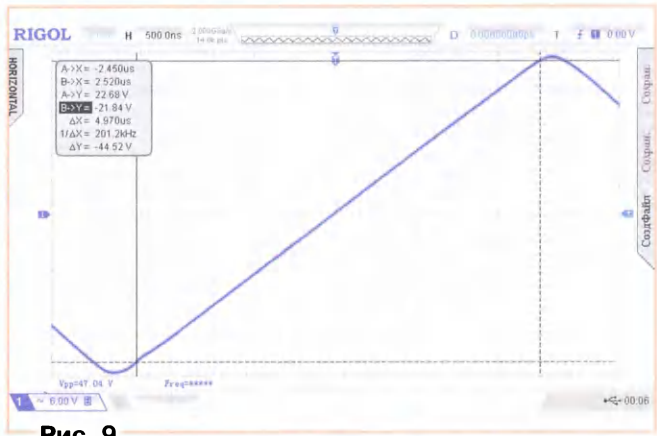


Рис. 9

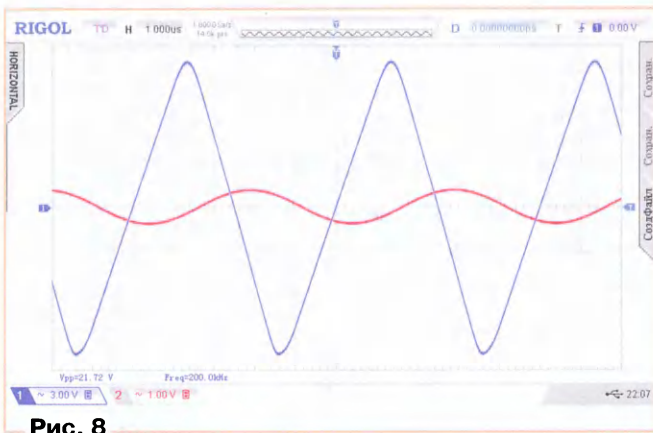


Рис. 8

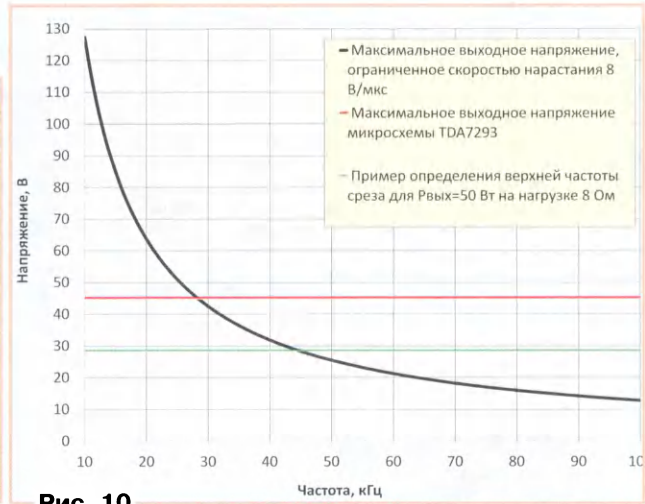


Рис. 10

ровали очень близкие результаты. Параметры микросхем TDA7294, если и оказались немного хуже, но эта разница была не настолько значительна, чтобы её было необходимо специально продемонстрировать. То есть можно сделать примерно такой практический вывод в отношении микросхемы TDA7294: эта микросхема практически аналогична микросхеме TDA7293, но по некоторым параметрам уступает.

Известно, что измерение АЧХ усилителей имеет особенность — для этих устройств характерны две АЧХ, которые могут иметь заметные различия.

1. Малосигнальная АЧХ. Она измеряется при выходном напряжении на один-два порядка меньше, чем максимальное. При таком измерении игнорируется такой динамический параметр усилителя, как максимальная скорость изменения выходного напряжения. В результате АЧХ получается очень широкой, и верхняя граничная частота усилителя при таком измерении может достигать весьма больших значений. Малосигнальная АЧХ является очень хорошим рекламным показателем, поэтому применяется широко.

2. Мощностная АЧХ, часто называемая мощностной полосой пропускания. Она измеряется при выходном напряжении, близком к максимальному. Такая АЧХ зачастую получается более

узкой, чем малосигнальная. Верхняя граничная частота усилителя при этом зачастую получается заметно ниже, чем в малосигнальной, поэтому такая АЧХ измеряется и публикуется редко. Однако именно она полноценно характеризует частотные свойства усилителя при любом входном сигнале. В любых условиях работы УМЗЧ обладает частотными свойствами не хуже тех, которые демонстрирует мощностная АЧХ.

В приведённых выше измерениях показаны АЧХ достаточно близкие к мощностным. В области звуковых частот амплитуда выходного напряжения была около 10 В. На более высоких частотах амплитуда устанавливалась максимально возможной, но при условии сохранения синусоидальной формы выходного напряжения. График на рис. 6 показывает зависимость максимального выходного напряжения микросхемы от частоты при проведении одного из измерений. Снижение амплитуды выходного сигнала на частотах выше 100 кГц происходит вследствие ограниченной скорости нарастания выходного напряжения.

На рис. 7 красной линией с маркерами точек измерения показаны результаты измерения мощностной АЧХ. Судя по этому графику, верхняя граничная частота при максимальной амплиту-

де выходного сигнала — около 90 кГц. Синяя линия на графике — выходная мощность на нагрузке 4 Ом, соответствующая измеренному выходному напряжению. На звуковых частотах максимальная выходная мощность микросхемы, ограниченная её динамическими свойствами, — примерно 90 Вт, снижаясь на частоте 100 кГц до 40 Вт. Однако приведённые измерения не совсем корректны. Они производились при стабилизированном напряжении питания микросхемы, равном 30 В. Это не позволило получить максимально возможный размах выходного напряжения. Поэтому на рис. 7 тонкой чёрной линией показана аппроксимация мощностной АЧХ при максимально возможном напряжении питания и, следовательно, максимально возможном выходном напряжении. Как видно из графика, даже в этом случае верхняя граничная частота равна 50 кГц, что перекрывает звуковой диапазон. Таким образом, частотные свойства микросхемы позволяют обеспечить высокое качество звучания во всём звуковом частотном диапазоне с любой допустимой выходной мощностью без ограничений по скорости нарастания выходного напряжения. И даже имеется значительный запас.

Максимальная скорость нарастания выходного напряжения — это параметр, позволяющий оценить вероятность воз-

никновения динамических нелинейных искажений (TIM) в усилителе на микросхеме TDA7293 (TDA7294). Наличие таких искажений — одна из причин неприятного "транзисторного" звучания некоторых усилителей. Динамические искажения возникают при недостаточной скорости нарастания выходного напряжения усилителя, если эта скорость оказывается меньше, чем скорость изменения входного напряжения, приведённая к выходу (т. е. умноженная на коэффициент усиления усилителя). В этом случае сигнал отрицательной обратной связи не успевает измениться на требуемую величину, и возникает кратковременный разрыв петли ООС. Это приводит к кратковременной, но значительной перегрузке усилителя. Всплески искажений, вызванные такой перегрузкой, воспринимаются слушателем как неприятное, неестественное, "грязное" звучание.

Существуют два основных метода измерения максимальной скорости нарастания выходного напряжения усилителя.

1. При подаче на вход усилителя прямоугольного сигнала, с амплитудой, близкой к максимальной. Скорость изменения у такого сигнала в принципе можно считать бесконечно большой. Усилитель обрабатывает такой входной сигнал в меру своих возможностей, и усиленный сигнал на выходе усилителя имеет трапециевидную форму. Боковые стороны этой трапеции как раз и показывают максимальную скорость изменения (нарастания и спада) выходного сигнала усилителя.

Максимальная скорость нарастания, измеренная на прямоугольном сигнале, — это очень хороший рекламный параметр, потому что такой метод измерения даёт самое большое число. Но при реальной работе усилителя подобная ситуация, в принципе не должна возникать, поскольку

при таком сигнале все каскады усилителя значительно перегружаются, а отрицательная обратная связь вообще не работает. Если попытаться воспроизводить звук, загнав усилитель в такой режим, результат получится просто ужасным.

Задача состоит не в том, чтобы получить красивое рекламное число, а в том, чтобы определить максимальную скорость нарастания выходного напряжения микросхемы усилителя в таком режиме, который возможен при реальной работе, когда динамические искажения только-только начинаются, ООС практически не отключается, и звук искажается незначительно. Это будет предельное значение скорости нарастания, чуть ниже которого усилитель работает отлично, а выше которого уже начинаются искажения. Для этого лучше применить второй метод измерения максимальной скорости нарастания выходного напряжения.

2. На вход усилителя подают синусоидальное напряжение такой амплитуды и частоты, чтобы из-за ограничения скорости нарастания на выходном сигнале начальный участок синусоиды превратился бы в прямую линию. При небольшом увеличении входного напряжения синусоидальный сигнал на

выходе превращается в практически треугольный с боковыми прямыми линиями. Наклон этих линий — отношение изменения напряжения к длительности нарастания или убывания напряжения и есть максимальная скорость нарастания выходного напряжения.

На рис. 8 показаны входной (красная линия) и выходной амплитудой около 10 В (синяя линия) синусоидальные сигналы с частотой 200 кГц. Синусоида искажена мало, её вершины сохраняют округлость, а значит, скорость нарастания выходного напряжения усилителя превышена ненамного.

Непосредственно измерение, проведённое методом преобразования синусоидального сигнала в треугольный, показано на рис. 9. Курсоры дают следующую информацию: напряжение изменяется на 44,52 В за время 4,97 мкс. В этом случае максимальная скорость нарастания выходного напряжения $44,52/4,97 = 8,96$ В/мкс. Судя по рис. 8, скорости изменения выходного напряжения усилителя при возрастании и убывании напряжения равны (в реальности так и есть, эти скорости различаются незначительно, на уровне погрешности измерения). Поскольку при измерении усилитель был немного перегружен по скорости нарастания, можно принять, что исследуемый экземпляр микросхемы обеспечивает максимальную скорость нарастания не менее 8 В/мкс, что хорошо согласуется с параметрами, опубликованными производителем, а также с мощностной АЧХ на рис. 7.

Надо отметить, что этот метод измерений может дать заниженное значение скорости нарастания, если усилитель недогружен по частоте, и синусоидальное напряжение недостаточно выродилось в треугольное. По мнению автора, такая ситуация не должна приниматься во внимание. Любое измерение или моделирование не должно давать результаты лучшие, чем есть на самом деле. В результате же этой погрешности получается, что исследуемая микросхема на самом деле лучше, чем мы о ней думаем, и усилитель, разработанный на основе её заниженных параметров, будет иметь больший "запас прочности".

Как определить, будет ли такая скорость нарастания выходного напряжения достаточной для качественной работы усилителя? Давайте определим, какая требуется скорость нарастания напряжения, чтобы обеспечить возможность воспроизведения синусоиды максимальной амплитуды и частоты. Максимальная скорость нарастания синусоидального напряжения $V_{\text{макс}}$ определяется для максимальной частоты сигнала $F_{\text{макс}}$ и максимальной амплитуды сигнала $U_{\text{макс}}$ по формуле

$$V_{\text{макс}} = 2\pi f_{\text{макс}} U_{\text{макс}}$$

За максимальную частоту $F_{\text{макс}}$ обычно принимают верхнюю частоту звукового диапазона, равную 20 кГц. Это неправильно, ведь если по какой-то

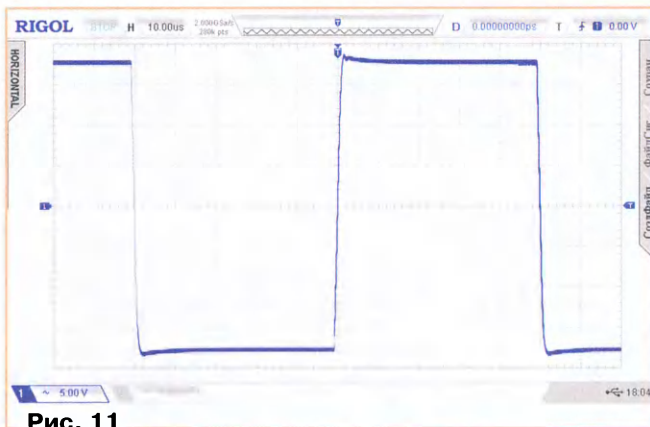


Рис. 11

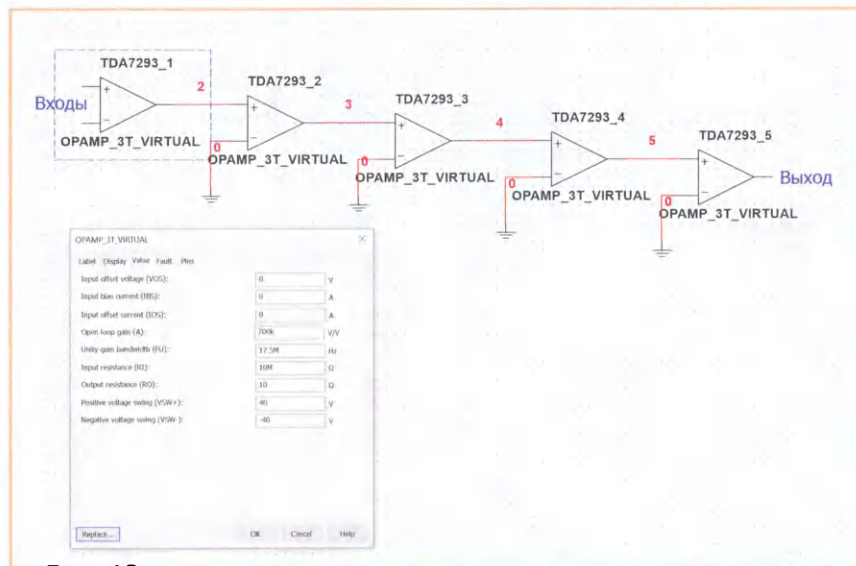


Рис. 12

причине на вход усилителя попадёт более высокая частота с такой же амплитудой, наступит перегрузка усилителя по скорости нарастания выходного напряжения и возникнут динамические искажения. Правильным является использовать в качестве $F_{\text{макс}}$ верхнюю граничную частоту усилителя по уровню -3 дБ. В этом случае, если скорость нарастания усилителя будет достаточной, динамические искажения вообще никогда не возникнут!

Причина такова. Если частота сигнала будет больше частоты среза усилителя, амплитуда выходного сигнала усилителя уменьшится, ведь выше частоты среза коэффициент усиления падает. При этом скорость нарастания выходного сигнала усилителя, равная их произведению, останется практически неизменной. То есть скорость нарастания сигнала выше, чем определённая, исходя из вышеприведённых условий, быть не может.

Это правило определения максимальной требуемой скорости нарастания выходного напряжения называется "критерий динамической линейности" [5]. Кстати, когда этот критерий выполняется, мощностная АЧХ усилителя (для сигнала максимальной амплитуды) совпадает с АЧХ малого сигнала.

Если при разработке усилителя учитывать максимальную скорость нарастания выходного напряжения, чтобы критерий динамической линейности выполнялся, то верхняя граничная частота, соответствующая критерию, получается не очень большой, но более 40...80 кГц. Публикуемые же рекламные значения верхней частоты некоторых усилителей составляют сотни килогерц и даже единицы мегагерц. Такая информация вызывает сомнения: либо приводится малосигнальная полоса частот, либо в усилителе не приняты меры для предотвращения возникновения динамических искажений.

Полученное в результате измерений значение скорости нарастания выходного напряжения микросхемы, равное 8 В/мкс, также выглядит "плохим рекламным параметром" по сравнению со значениями в десятки вольт в микросекунду у усилителей, заявленных как Hi-End. Тем не менее, такого значения вполне достаточно для работы микросхемы в любых режимах усиления без появления динамических искажений.

На рис. 10 приведена зависимость максимальной амплитуды выходного напряжения, ограниченной скоростью нарастания, равной 8 В/мкс, от частоты усиливаемого сигнала (чёрная линия). Как видно из графика, на частоте 20 кГц максимально возможная амплитуда превышает 60 В, что намного больше максимально возможного выходного напряжения микросхемы. Красная линия на графике — максимальная амплитуда выходного сигнала, которую способна "выдать" микросхема TDA7293. С

Номер полюса (каскада, ОУ)	1	2	3	4	5
Обозначение на схеме	TDA7293_1	TDA7293_2	TDA7293_3	TDA7293_4	TDA7293_5
Коэффициент усиления (open loop gain V/V), раз	700 000	1	1	1	1
Коэффициент усиления (open loop gain), дБ	117	0	0	0	0
Частота полюса	25 Гц	6 МГц	15 МГц	20 МГц	20 МГц
Частота единичного усиления, МГц	17,5	6	15	20	20

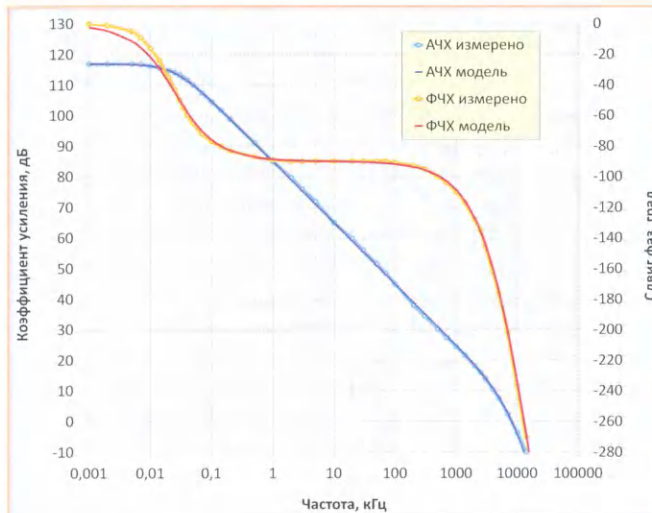


Рис. 13

таким значением амплитуды микросхема может работать без появления динамических искажений вплоть до частоты 28 кГц.

На рис. 10 зелёной линией показан пример использования этого графика при проектировании УМЗЧ на микросхеме TDA7293. Допустим, проектируемый УМЗЧ рассчитывается на получение максимальной выходной мощности $P_{\text{макс}} = 50$ Вт на нагрузке $R_{\text{н}} = 8$ Ом. Тогда амплитуда максимального выходного напряжения определяется по формуле $U_{\text{макс}} = (2P_{\text{макс}}R_{\text{н}})^{1/2} = (2 \cdot 50 \cdot 8)^{1/2} = 28,28$.

На графике строят горизонтальную прямую, соответствующую вычисленному напряжению (зелёная линия на рис. 10). Точка пересечения этой прямой с графиком максимального выходного напряжения (чёрная линия) даёт максимальное значение верхней граничной частоты усилителя, для которой выполняется критерий динамической линейности. В нашем случае это 45 кГц. Искусственно ограничив частотный диапазон проектируемого усилителя значением 40 кГц, можно быть абсолютно уверенным в отсутствии динамических искажений.

На рис. 11 приведена осциллограмма меандра амплитудой 18 В и частотой 10 кГц, воспроизводимого усилителем на микросхеме TDA7293 с неглубокой ООС. Этот рисунок иллюстрирует хорошие динамические свойства микросхе-

мы и аperiodический характер переходного процесса.

На основании полученных результатов измерения АЧХ и ФЧХ микросхемы была построена её модель. Модель содержит пять полюсов, при их меньшем числе не удалось добиться совпадения модели с результатами измерений. Для моделирования каждого из полюсов можно использовать RC-цепи, оснащённые буфером, а можно отдельный идеализированный операционный усилитель. В обоих случаях получается пятикаскадная схема. Пример модели микросхемы TDA7293 на ОУ в программе Multisim показан на рис. 12. Численные данные параметров модели приведены в таблице.

На рис. 13 приведено сравнение измеренных и смоделированных АЧХ и ФЧХ. Расхождение ФЧХ в области ниже 20 Гц объясняется, скорее всего, влиянием конденсатора вольтодобавки в реальном усилителе. Надо отметить, что предлагаемая модель получена не на основе анализа конструкции микросхемы и протекающих в ней физических процессов, а эмпирически, на основе их внешних проявлений. Поэтому не исключена вероятность, что в некоторых "тонких" свойствах в области частот более 3...10 МГц работа реальной микросхемы будет отличаться от результатов моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. TDA7294. 100 В, 100 W DMOS audio amplifier with mute and standby. — URL: <https://www.st.com/en/audio-ics/tda7294.html> (22.12.2020).
2. TDA7293. 120 V / 100 W DMOS audio amplifier with mute and standby. — URL: <https://www.st.com/en/audio-ics/tda7293.html> (22.12.2020).
3. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств. 4-ое изд. перераб. и доп. — М.: ДМК Пресс, 2018.
4. Селф Д. Проектирование усилителей мощности звуковой частоты. — М.: ДМК Пресс, 2009.
5. Данилов А. А. Прецизионные усилители низкой частоты. — М.: Горячая линия—Телеком, 2004.

Метод настройки АЧХ фазоинвертора

Л. КОСТЫРКО, г. Чернигов, Украина

Автор предлагает несложный метод настройки амплитудно-частотной характеристики фазоинвертора громкоговорителя акустической системы в обычной жилой комнате.

Правильность расчёта и изготовления фазоинвертора, а также его согласования с динамической головкой можно проверить измерением частотной характеристики модуля полного сопротивления или частотной характеристики звукового давления, развиваемого громкоговорителем в области частот приблизительно ниже 500 Гц. Первый метод проверки проще, поскольку для его использования нужно меньше измерительной аппаратуры, и измерение можно произвести в незагруженном помещении.

Второй метод несколько сложнее, но он даёт более полные сведения о работе громкоговорителя с фазоинвертором [1, с. 82, 83].

В предлагаемой статье описан простой, но весьма точный метод настройки амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) фазоинвертора в обычной жилой комнате. Этот метод основан на том, что АЧХ динамической головки, измеренная при минимальном расстоянии микрофона от диффузора головки (в ближнем поле), на низких частотах (НЧ) звукового диапазона практически не

отличается от АЧХ, измеренной традиционными методами в свободном поле [2].

Сущность метода рассмотрим на примере подбора длины трубы фазоинвертора акустической системы "Radiotekhnika S-30" [3]. Для измерений использовались усилитель низкой частоты (УНЧ) на микросхеме TDA2004, электретный микрофон неизвестного производителя, звуковая карта настольного компьютера, бесплатная программа REW [4].

Метод настройки содержит следующие этапы.

1. Перекрывают порт фазоинвертора и измеряют АЧХ НЧ-головки в ближнем поле. В результате получают "калибровочную АЧХ" измерительного комплекса, содержащего звуковую карту, УНЧ, НЧ-головку и микрофон (рис. 1). При обработке измерений калибровочная АЧХ измерительного комплекса выполняется ту же функцию, что и калибровочный файл измерительного микрофона. Калибровочная АЧХ практически не искажена влиянием АЧХ комнаты, в которой проводят измерения. Например, на рис. 2 показаны различия между двумя калибровочными АЧХ, снятыми в двух разных жилых комнатах. Комнаты имеют разные длину, ширину и обста-

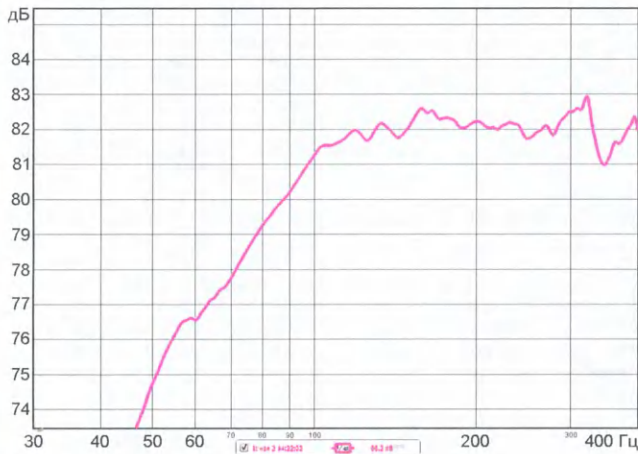


Рис. 1

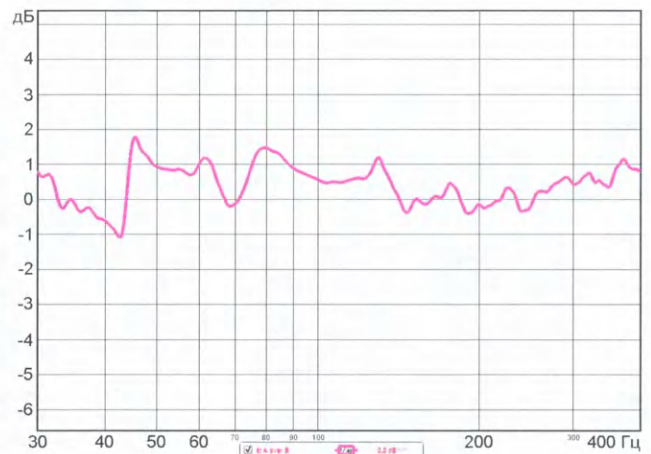


Рис. 2

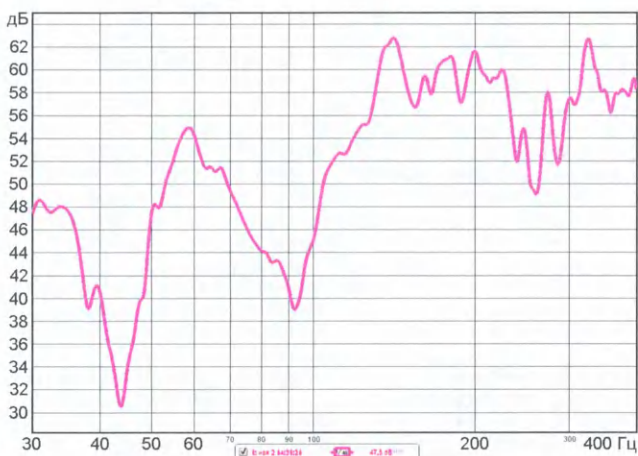


Рис. 3

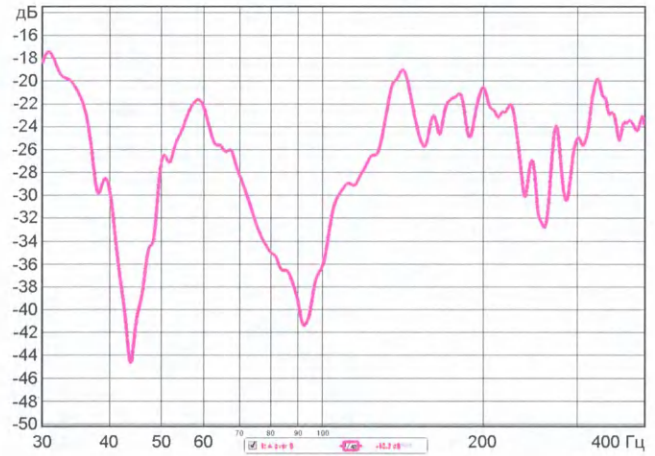


Рис. 4

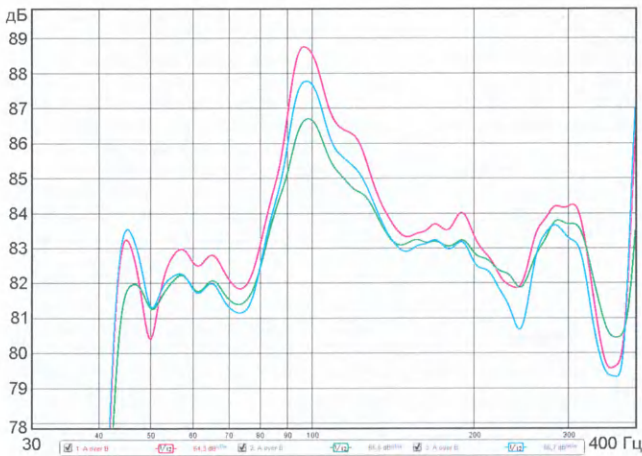


Рис. 5

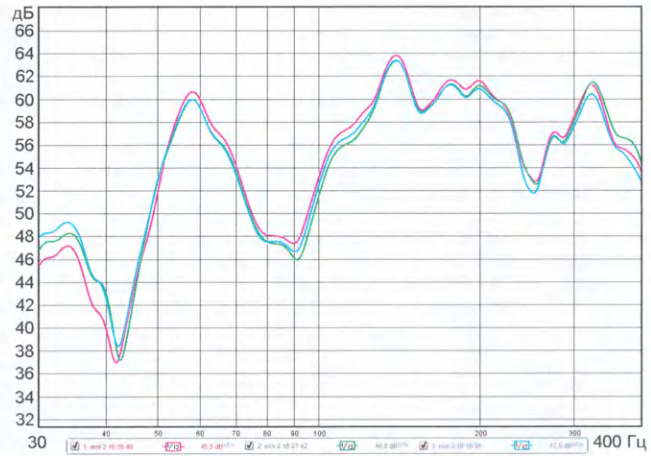


Рис. 6

новку, но использовались одни и те же УНЧ, микрофон и акустическая система и однотипные звуковые карты. Как видно на рис. 2, калибровочные АЧХ, снятые в разных комнатах, отличаются менее чем на ± 2 дБ, т. е. удовлетворяются требования к погрешности метода акустических измерений [5, п. 4.6.1].

2. Располагают микрофон на расстоянии не ближе 1 м от громкоговорителя [5, п. 4.3.1] и при последующих измерениях не изменяют их расположение в комнате.

3. Измеряют АЧХ в дальнем поле (рис. 3). Вычитают из этой АЧХ калибровочную АЧХ, для чего в программе REW выполняют операцию деления АЧХ, измеренной в дальнем поле, на калибровочную АЧХ. При этом получают АЧХ комнаты с конкретным расположением в ней громкоговорителя и микрофона (рис. 4).

4. Открывают порт фазоинвертора.

5. Измеряют АЧХ громкоговорителя в дальнем поле для разных значений длины трубы фазоинвертора. В программе REW из этих АЧХ вычитают АЧХ комнаты и, таким образом, получают

АЧХ громкоговорителя для разных значений длины трубы фазоинвертора. На рис. 5 приведены АЧХ громкоговорителя для труб фазоинвертора длиной соответственно 6 см (красная кривая), 7 см (зеленая кривая) и 8 см (синяя кривая). Как видно на рис. 5, при длине трубы фазоинвертора 7 см АЧХ громкоговорителя наиболее ровная.

Для сравнения на рис. 6 приведены результаты тех же измерений в дальнем поле, но без вычета АЧХ комнаты. Влияние комнаты существенно изменило форму АЧХ, заметно возросла неравномерность АЧХ. Здесь уже несколько предпочтительнее выглядит фазоинвертор с длиной трубы 8 см (синяя кривая), но определить АЧХ громкоговорителя не представляется возможным.

По измерениям, выполненным согласно описанной методике для второго громкоговорителя "Radiotehnika S-30", оптимальная длина трубы фазоинвертора (по критерию минимума неравномерности АЧХ) оказалась близкой к 10 см. Итоговая частота настройки фазоинверторов обоих громкоговорителей оказалась равной 48 Гц.

Эта методика позволяет также корректировать АЧХ громкоговорителя и в других задачах. Например, в задаче оптимального заполнения громкоговорителя звукопоглощающим материалом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эфрусси М. М. Громкоговорители и их применение. Изд. 2-е, перераб. и доп. (Массовая радиобиблиотека, вып. 919). — М.: Энергия, 1976. 144 с. с ил.
2. Keele D. B., jr. Low-Frequency Loudspeaker Assessment by Nearfield Sound-Pressure Measurement. — URL: https://www.pearl-hifi.com/06_Lit_Archive/14_Books_Tech_Papers/Keele_D_B/LF_Near-field_Measurement.pdf (14.12.2020).
3. 10 AC-315 "Radiotehnika S-30". — URL: <http://ldsound.ru/10-as-315-radiotehnika-s-30b/> (14.12.2020).
4. Room Acoustics Software. — URL: <https://www.roomeqwizard.com/> (14.12.2020).
5. ГОСТ Р 53575-2009 (МЭК 60268-5:2003). ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ. Методы электроакустических испытаний.

КРИСС:

восьмиразрядный компьютер для широкого спектра задач

И. РЕШЕТНИКОВ, г. Видное Московской обл.

Контроллер Ethernet

Контроллер сети Ethernet выполнен на специализированной микросхеме

Продолжение.

Начало см. в "Радио", 2021, № 1

DD6 (ENC28J60, Microchip) и подключён по стандартной схеме согласно документации, применён широко распространённый сетевой разъём со встроенным трансформатором HR911105A. Контроллер питается от отдельного стабилизатора DA2 напряжением 3,3 В,

сопряжение уровней не требуется, поскольку все входы и выходы микросхемы допускают подключение к уровням сигналов 5 В. Вывод /RESET микросхемы соединён с плюсовой линией питания внешним резистором R13, поскольку заявленное внутреннее соединение

присутствует не во всех версиях микросхемы. Выход /INT формирует сигнал /INTL МК ЦП (см. раздел про прерывания).

Для питания применён линейный стабилизатор DA2 (серии LD1117) на фиксированное напряжение 3,3 В, поскольку потребляемый микросхемой ток может достигать 250 мА в режиме передачи. Этот стабилизатор выпускают в выводном варианте в корпусе TO-220, но плата допускает установку стабилизатора в корпусе SOT-223, у которого выводы выпрямляют и его впаивают как выводной элемент. Допустима установка этого стабилизатора в обоих типах корпусов.

Микросхема имеет встроенный генератор тактовой частоты 25 МГц и имеет возможность вывода рабочей частоты на вывод CLKO. На плате предусмотрена возможность использования этой частоты для обеспечения работы VGA-контроллера вместо предусмотренного генератора G1 (установкой перемычки). Это не очень рекомендуемый вариант, такая опция несколько нарушит формальное соответствие сигнала VGA стандарту, хотя контроллер VGA продолжает стабильно работать. Ещё имейте в виду, что сигнал CLKO исчезает при переходе микросхемы в энергосберегающий режим, а потребление контроллера в целом достаточно велико, более 1 Вт. В текущей версии прошивки вывод CLKO не активирован.

Не стоит ожидать, что компьютер сможет открывать веб-страницы и т. п., это нереально потому, что типичная веб-страница имеет объём 100...200 Кб при полезном объёме данных 2 Кб. В большой степени этот интерфейс задумывался для исходящих и входящих Telnet-соединений, специальных протоколов типа Modbus TCP, получения/передачи данных через специально разработанные веб-сервисы. В этой версии, кроме того, стек TCP сильно ограничен.

Работа с сетью достаточно сложна и будет рассмотрена отдельно. Отметим только, что управление микросхемы контроллера реализовано через программные порты ввода/вывода (см. соответствующий раздел), а передача данных идёт в режиме прямого доступа к программной памяти (DMA), реализованной на уровне МК ЦП.

Контроллер внешних устройств

Контроллер внешних устройств (КВУ) выполнен на отдельном МК ATmega328P (DD5), подключённом к системной шине аппаратным интер-

фейсом SPI МК, и предназначен для решения следующих задач:

- формирование системной тактовой частоты 20 МГц;
- работа с внешним COM-портом RS-232 (через преобразователь уровней);
- формирование сигнала ЗЧ однотонального синтезатора мелодий;
- работа со стандартной клавиатурой PS/2;

гой — mini-DIN6-F (штекер) для подключения клавиатуры, DB9-M — для подключения устройств RS-232 (в том числе принтера), любой подходящий четырёхконтактный разъём для шины подключения GPIO. Назначение выходов ОПР приведено в **табл. 4**.

Пара небольших комментариев:
— ОПР в этой разработке не соответствует никаким стандартам (например, Apple LocalTalk Bus и подобным),

Таблица 4

Вывод	Сигнал	Порт МК КВУ	Назначение	Разъём клавиатуры	Разъём RS-232	Разъём шины GPIO
1	GND		GND	3	5	GND
2	+5 В		Питание VCC внешних устройств, +4,8 В 150 мА	4		VCC
3	RS-232 TxD	D1	Выход TX интерфейса RS-232		3	
4	SDA	C4	Выход SDA блока GPIO			SDA
5	KCLK	D2	Вход CLK клавиатуры PS/2	1		
6	RS-232 RxD	D0	Вход RX интерфейса RS-232		2	
7	SCL	C5	Выход SCL блока GPIO			SCL
8	KDATA	D4	Вход DATA клавиатуры PS/2	2		

- работы с опционными внешними устройствами блока GPIO;
- формирование контента вывода контроллера VGA, включая задачи формирования курсора и указателя мыши;
- формирование сигнала сброса /RESET головного МК;
- программируемый таймер СТС.

Системный тактовый генератор

Формирование тактового сигнала 20 МГц обеспечено внешним кварцевым резонатором ZQ2 и штатными средствами вывода тактовой частоты на вывод CLKO (PB0). Этот сигнал используется в качестве генератора МК ЦП и МК контроллера VGA.

Периферийный разъём

Из-за ограниченного места на плате некоторые сигналы КВУ выведены на объединённый периферийный разъём (MFC или ОПР) XP7 типа miniDIN-8F (гнездо на плату), на который выведено и питание +5 В через развязывающий диод, что позволяет питать внешние устройства от отдельного источника питания. При выборе разъёма настоятельно рекомендуется использовать экранированные разъёмы в металлических корпусах, дешёвые пластиковые имеют крайне низкую прочность. Подключение внешних периферийных устройств осуществляется через специальный разветвитель: с одной стороны разъём — mini-DIN-8M (штекер), с дру-

гую — никакие стандартные переходники не подходят;

— если к порту RS-232 планируется подключать только внешний компьютер через переходник USB—RS-232, то можно сразу поставить разъём типа DB9-F.

COM-порт RS-232

Внешний COM-порт особенностей не имеет, подключён через специализированную микросхему DD7 преобразователя уровней MAX232 (Maxim) и управляется аппаратным выходом UART МК КВУ. Настройки порта "по умолчанию" после рестарта: скорость — 19200 бод, 8 бит, один стоповый бит, без контроля чётности. Настройки могут быть изменены программно (см. работу с портами ввода/вывода). Работа с портом организована через системные порты ввода/вывода и стандартные функции ОС CP/M, в которой он ассоциирован с каналом LST (см. соответствующие разделы).

Синтезатор мелодий

Синтезатор мелодий выполнен по простейшей схеме однотонального синтезатора с дискретным выходом.

Вывод PB1 МК через преобразователь уровня с фильтром высоких частот (R16C28R17) и разделительный конденсатор C29 подключён к микросхеме усилителя мощности (УМ) DA3 (TDA7052A), к выходу которой подключена миниатюрная динамическая

головка мощностью 2 Вт сопротивлением 8 Ом, расположенная в корпусе устройства. Сигнал выхода выведен также на внешний аудиоразъём XP10 "SPK" и позволяет подключать внешние звуковоспроизводящие устройства.

Усиление УМ регулируют резистором R18. Его сопротивление, указанное на схеме, подобрано так, чтобы фактическая выходная мощность УМ была равна около 0,8 Вт. При желании этот резистор можно сделать переменным, например, использовав резистор типа RK097N, установив как регулятор громкости над аудиоразъёмом (можно вообще не устанавливать последний) или на лицевой панели. Подключение вывода VC (вывод 4) DA3 к общему проводу заглушает выходной сигнал, это можно использовать, например, установив миниатюрный выключатель "Mute". В базовой версии это не предусмотрено.

Выходной сигнал формируется аппаратными средствами МК, под эти цели задействован один таймер. Синтезатор стандартно предназначен для проигрывания пользовательских мелодий длительностью до 16 нот, каждая нота лежит в диапазоне от ля второй октавы до ре-диез малой октавы, длительность — от одной до восьми "базовой" длительности, которая может быть установлена от 10 мс до 2,5 с. Мелодия загружается из исполняемой программы через порты ввода/вывода. Предусмотрено (при наличии разрешения), что окончание мелодии формирует системное прерывание, благодаря чему могут проигрываться и более длительные мелодии.

Сразу оговоримся, что качество звука, мягко говоря, далеко от совершенства, хотя для игрушек вполне хватит. Эксперименты с различными LC-фильтрами немного улучшают ситуацию, но не сильно. Желание могут ввести дополнительный МК (ATtiny8x вполне достаточно) и сделать формирование нормального инструментального звука, подобные проекты есть в Интернете. Поскольку такое формирование требует почти полной загрузки МК, сделать его ресурсами КВУ возможности нет.

Клавиатура

КВУ поддерживает работу со стандартными клавиатурами PS/2, которые легко доступны и до сих пор массово выпускаются. В реализации контроллера клавиатуры имеется ряд особенностей, которые необходимо учитывать:

- стартовая настройка клавиатуры не производится, команда инициализации не отправляется;

- поддерживаются только клавиатуры, работающие по умолчанию в наборе символов SET2 (это подавляющее большинство клавиатур);

- настройка параметров клавиатуры (скорость повторения символа и т. п.) не предусмотрена и используется только та, которая устанавливается по умолчанию;

- предусмотрена работа только стандартных клавиш 102-клавишной клавиатуры, специальные клавиши, такие как управление музыкой и т. п., не обрабатываются.

При опросе ЦП клавиатура выдаёт скан-коды PS/2 (с несколькими исключениями) и коды клавиш в кодировке CP866. Тут следует сделать одно замечание: ОС CP/M, по своей сути, — семиразрядная, равно как и многие программы для неё. Поэтому весь клавиатурный ввод обычно сначала обрабатывается командой AND 7F. В наборе программ компьютера предлагается версия загрузочного образа и нескольких программ со снятым подобным ограничением, которые корректно работают. Но далеко не все программы могут быть так модифицированы. Поэтому есть возможность трактовать коды клавиш

как семиразрядные, разбитые на два набора символов, как это часто делалось на практике, например, заглавные русские и латинские символы (набор 0) и заглавные/прописные русские символы (набор 1). Подробнее см. раздел по аппаратной совместимости.

Клавиши стрелок, некоторые их комбинации и функциональные клавиши возвращаются в интервале кодов 1—31 (аналогично комбинации CTRL-A—CTRL-Z), набор кодов выбран в соответствии с кодами команд редактора WordStar (табл. 5).

Клавиши-модификаторы поддерживаются следующим образом:

Таблица 5

Код нажатия	Клавиша или комбинация клавиш	Аналог	Стандартное функциональное назначение
1	CTRL + стрелка влево	^A	На слово влево
2	F6	^B	
3	Home	^C	
4	Стрелка вправо	^D	На символ вправо
5	Стрелка вверх	^E	На строку вверх
6	CTRL + стрелка вправо	^F	На слово вправо
7	DEL	^G	Удалить символ над курсором
8	BACKSPACE (Забой)	^H	Удалить символ слева
9	TAB	^I	Табуляция
10	F1	^J	Вызов помощи
11	F2	^K	
12	F7	^L	
13	ENTER	^M	Ввод
14	F8	^N	
15	F3	^O	
16	F4	^P	
17	F5	^Q	
18	END	^R	
19	Стрелка влево	^S	На символ влево
20	CTRL + DEL	^T	Удалить слово справа
21	F9	^U	
22	INS	^V	
23	PgUp	^W	
24	Стрелка вниз	^X	На строку вниз
25	F10	^Y	
26	PgDn	^Z	
27	ESC	^[
28	F11	^_	
29	F12	^J	
30	NUMLOCK	^^	
31	SCROLLLOCK	^_	

- SHIFT, CTRL — полноценно;
- ALT возвращается флагом, в комбинации с цифровой клавиатурой выдаёт символы псевдографики;
- WIN — не поддерживается;
- "правые" и "левые" клавиши-модификаторы не различаются.

Клавиши переключения поддерживаются так:

- CAPSLOCK — стандартно;
- SCROLL — переключение раскладки PVC (вкл.) / LAT (выкл.), при этом нажатие регистрируется и передаётся как клавиша с кодом 31;
- NUMLOCK не поддерживается и возвращается как обычная клавиша с кодом 30.

ляют собой восьмиразрядный I²C-расширитель с двунаправленными портами ввода/вывода. Поскольку расширители с индексом и без индекса "A" имеют разные коды устройств, всего могут быть задействованы до 16 расширителей или 128 портов GPIO. А при их каскадировании число выходов может быть увеличено на порядок.

Решение вынести блок GPIO в отдельный внешний модуль, а не размещать на основной плате, обусловлено тем, что обязательного или типового применения в рассматриваемой архитектуре у них нет, но это полезная опция, которая может оказаться востребованной. Кроме того, просто логи-

ние: поддерживаются только микросхемы, которые оперируют одним байтом данных в посылке (R/W), поэтому использование, например, расширителей типа MCP23017 невозможно, но можно сделать своё ведомое I²C-устройство, назначив ему уникальный идентификатор, ограничений по идентификаторам нет.

Таймер CTC

Программируемый таймер предназначен в основном для формирования пауз фиксированной длительности от 10 мс до 2,5 с с шагом 10 мс. Управление таймером — через порты вво-

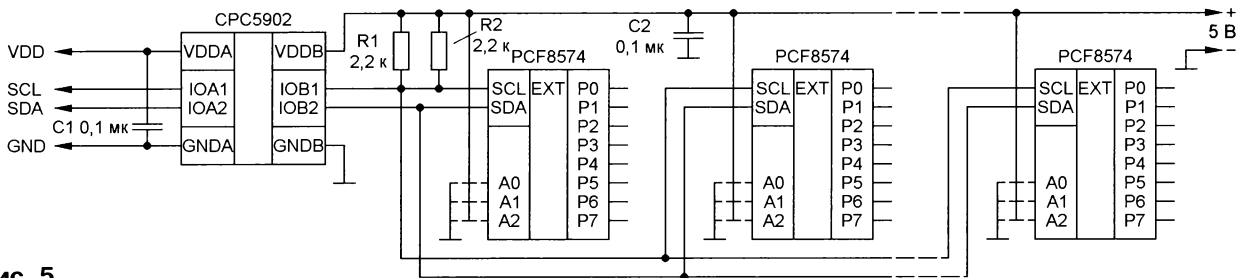


Рис. 5

Цифровая клавиатура возвращает:

- код нажатия цифровой клавиши;
- в комбинации SHIFT + клавиша, клавиши трактуются как блок стрелок, см. табл. 5;
- в комбинации ALT + клавиша — символ псевдографики, одинарные линии;
- в комбинации SHIFT+ALT + клавиша — символ псевдографики, двойные линии.

Обработчик клавиатуры аппаратно обрабатывает комбинацию CTRL+ALT+SHIFT+ESC как команду принудительной перезагрузки МК ЦП, это аналог клавиши RESET.

Обработка сигнала от клавиатуры выполняется через прерывания, вход CLK подключён к выводу PD2 (INT0) МК ЦП. Если разрешены прерывания клавиатуры, то по факту нажатия клавиши формируется соответствующее прерывание и формируется сигнал PINT (линия 12 жгута), см. раздел по системе прерываний.

Для программного слоя МК ЦП ввод кода нажатой клавиши двухуровневый, можно настроить промежуточный слой "эмуляции программной платформы", на уровне которого будет осуществлена подмена кодов нажатия и скан-кодов (подробнее см. в соответствующем разделе). Но авторская позиция — более корректно вести разработку под нормальную кодовую таблицу или модифицировать код программ везде, где это возможно.

Поддержка GPIO

Поддержка GPIO (блок входов/выходов общего назначения) обеспечивается через внешний блок расширителей на микросхемах PCF8574 и/или PCF8574A, подключённых к шине I²C МК. Микросхемы PCF8574* представ-

ческий сигнал для блока GPIO обычно не актуален, подключение нагрузки идёт через релейные, транзисторные или силовые ключи, что в любом случае требует внешнего блока, а шлейф в четыре провода гораздо удобнее, чем 10 или 18 жил.

Блок расширителей имеет типовую схему, изображённую на рис. 5. Входы A0—A3 расширителей являются адресными, их подключают к линии питания или к общему проводу (нельзя оставлять неподключёнными) для задания уникального (для каждого типа микросхем) адреса узла. При конструировании своего блока GPIO следует учесть два фактора:

- "рабочим" выходным сигналом микросхемы PCF8574* является низкий уровень, высокий уровень имеет очень низкую нагрузочную способность;

- на входе блока рекомендуется поставить специализированный шинный формирователь, например CPC5902, при числе расширителей больше трёх он является обязательным;

- рекомендуется использовать для питания внешний источник питания 5 В, при наличии на плате GPIO силовых ключей и управляющих узлов он является обязательным.

В качестве блока расширения могут быть использованы без переделки исполнительные платы из [1].

У МК КВУ задействован аппаратный блок работы с шиной I²C, в линиях установлены внешние резисторы, соединяющие с линией питания, установка дополнительных во внешнем блоке GPIO не требуется. Рабочая частота шины — 100 кГц. При необходимости назначение выводов может быть программно изменено. Программно работа с блоком GPIO осуществляется через порты ввода/вывода.

В текущей версии имеется ограниче-

да/вывода, при наличии разрешения таймер может формировать системное прерывание.

Видеоконтроллер VGA

Для вывода на экран в устройстве реализован видеоконтроллер (ВК), который работает в полном соответствии со стандартами Industrial VGA, формирует монохромное (зелёное на чёрном фоне) изображение постоянной яркости, поддерживает вывод буквенно-цифровой информации до 25 строк по 80 символов, псевдографики 160×96 точек, аппаратное отображение курсора. ВК поддерживает до шести фиксированных таблиц знакогенератора.

Немного об устройстве контроллера, поскольку это единственный сложный блок компьютера, собранный не на специализированной ИМС, а на отдельных компонентах.

Поскольку тактовая частота отображения пиксела превышает тактовую частоту МК AVR, а нарушать принципы не хотелось, видеоадаптер собран на комбинации нескольких программируемых и логических элементов. Принцип действия, вкратце, такой:

- отдельный тактовый генератор (ГЧП) задаёт базовую частоту пиксела 25,175 МГц в соответствии со стандартами видеосигнала 640×480 точек;

- отдельный МК DD11 (ATtiny13) формирует сигналы строчной и кадровой разверток (ГСИ), он тактирован ГЧП через делитель на 2 (12,5 МГц) на счётчике DD10.1, что обеспечивает его синхронизацию с ГЧП;

- узел на логических элементах 2И-НЕ микросхемы DD3 формирует сигнал начала символа (выход элемента DD3.3);

- блок знакогенератора на МК DD8 (Atmega328) с нужной периодичностью

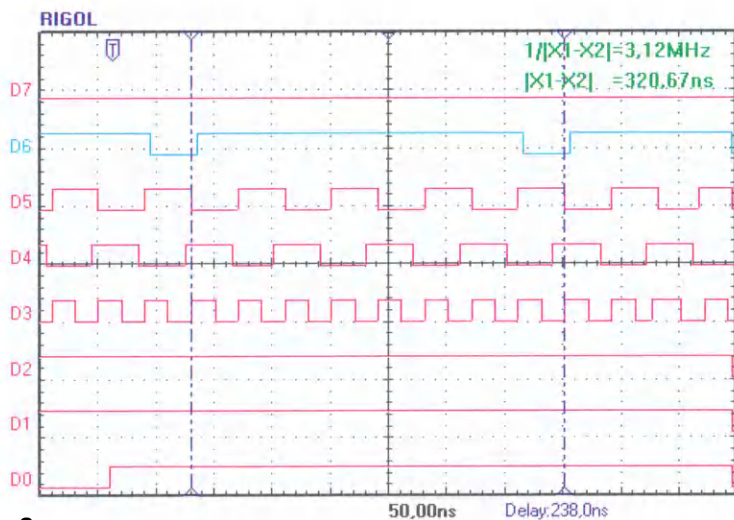


Рис. 6

выводит на свою шину данных очередные восемь горизонтальных точек;

— сдвиговый регистр DD9 (74HC166) синхронного типа по команде начала символа записывает выведенный сигнал и далее с частотой ГЧП выводит данные на выход VGA-сигнала, когда нет вывода, регистр принудительно находится в обнулённом состоянии (порт PB2, выв. 7 DD11).

Оциллограмма работы приведена на рис. 6 (D6 — сигнал на выв. 11 DD3, D3 — ГЧП, D4 — выв. 4 DD10, D5 — выв. 6 DD3, D0 — выв. 7 DD11), штрих-пунктирная линия синего цвета показывает момент записи восьмиразрядного блока в сдвиговый регистр. Задача — сформировать сигнал низкого уровня длительностью менее двух тактов ГЧП один раз на восемь тактов ГЧП так, чтобы на момент фронта импульса ГЧП был установлен низкий уровень. Поскольку МК ГСИ работает на частоте ГЧП/2, он формирует сигнал длительностью два такта, что много. Синхронизация МК и генератора развёртки плюс внутренняя задержка элементов 2И-НЕ и применение синхронного сдвигового регистра позволяют достигнуть требуемое и получить качественную, без артефактов, картинку на экране. Важным является применение регистра именно синхронного типа.

Согласно стандарту видеосигнал VGA должен быть в интервале 0...0,7 В, формирование нужного уровня происходит на цепи R19VD8. Яркость сигнала выбрана на уровне приблизительно 80 % от максимальной, цвет изображения — зелёный на чёрном фоне. При желании цвет изображения можно легко поменять на другой или даже инвертировать, сделав, например, чёрный текст на белом фоне, поскольку у микросхемы DD3 есть один незадействованный элемент.

Вообще говоря, ВК представляет собой вполне самостоятельное устройство, которое может работать отдельно, вывод XTAL2 не задействован и может быть использован для подключения кварцевого резонатора. Запись информации для отображения может происходить через аппаратные интерфей-

сы МК (I²C или SPI) в моменты, когда МК ВК не занят рисованием экранной картинки — во время обратного хода луча строчной и кадровой развёрток. Такая загрузка управляется со стороны МК ВК — формируется сигнал /RTR (готов к приёму, импульс длительностью три такта).

В данном случае в процессе формирования видеосигнала задействован МК КВУ: он передаёт на МК ВК содержимое видеопамяти, заменяя периодически символ в позиции курсора на символ с кодом 0, который всегда является символом курсора. Передача данных видеопамяти организована по отдельной шине SPI, соединяющей МК КВУ и ВК (VSPI). Эта связь имеет несколько особенностей:

— "мастером" соединения выступает МК КВУ, МК ВК является ведомым устройством;

— со стороны МК КВУ сигнал SPI формируется программно, поскольку аппаратный интерфейс занят взаимодействием с МК ЦП, в ВК используется аппаратный интерфейс SPI;

— передача данных от КВУ осуществляется только по сигналу готовности /RTR от ВК.

В текущей конфигурации поддерживается разрешение до 25 строк по 80 символов, что требует чуть меньше 2 Кб памяти. Это определяет выбор МК для ВК и КВУ: младшие модели не имеют достаточно памяти. Старшие модели с большим объёмом памяти больше по размерам, что неоправданно увеличило бы габариты устройства без реального выигрыша в функциональности. Разрешение (пиксельное) ВК — 640 на 480 точек, что даёт размер знакоместа 20 на 8 точек для 24 строк и 19 на 8 для 25 строк. Объём 32 Кб программной памяти ВК при этом позволяет разместить шесть различных таблиц знакогенератора, которые могут переключаться программно. Это даёт возможность иметь богатый набор игровых и специальных символов, а также обеспечить режим псевдографики 160 на 96 точек. Если рассматривать практически, то этого более чем достаточно для такого компьютера.

При желании ВК может быть легко модернизирован для поддержки атрибутов яркости и цвета. Но за это придётся заплатить усложнением конструкции, автор посчитал такое усложнение неоправданным, хотя несколько вариантов (в том числе использованном части кодов как атрибутов и введение дополнительной "атрибутной" видеопамяти) были проверены на работоспособность.

Некоторые оценки скорости работы ВК. При частоте МК 20 МГц вывод восьмиразрядного шаблона должен происходить один раз примерно в 6,2 такта, программно это шесть тактов выборки и вывода плюс периодические вставляемые команды пор синхронизации. МК ВК синхронизирован сигналами строчной и кадровой развёртки, но поскольку он работает асинхронно по отношению к ГЧП и кварцевые резонаторы имеют разброс, требуется подстройка задержек вывода. Сейчас это реализовано через несколько вариантов прошивки, в будущих версиях планируется сделать автоматическую синхронизацию.

Во время вывода строки МК ВК на 100 % занят этим процессом, синхронизация видеопамяти происходит во время обратного хода луча, т. е. приблизительно 30 % времени. При среднем объёме исполняемой микропрограммы МК КВУ в 500 тактов это соответствует скорости обновления изображения примерно 1/20 с, что более чем достаточно для комфортной работы и даже команды полного стирания или заливки экрана происходят незаметно для глаз. Внутренняя SPI-шина ВК работает на частоте примерно 5 МГц. Точная частота не может быть определена, поскольку формирование сигнала идёт программно, а МК КВУ обрабатывает поток прерываний. Но это не влияет на стабильность работы, поскольку принимающим является аппаратный буфер интерфейса SPI МК ВК. Визуально никаких задержек при перерисовке экрана и при отработке специализированных экранных тестов не замечается.

Таблицы знакогенератора загружаются стандартными средствами системного программирования устройства (см. соответствующий раздел), сами таблицы разрабатывались с использованием прекрасного знакогенератора ZEDITOR Виталия Поединка.

Системное ПЗУ

На плате установлено системное ПЗУ DS2 типа 25LC1024 (Microchip) последовательного типа с интерфейсом SPI объёмом 128 Кб, позволяющее сохранить два дампа памяти/снимка работы. Это элемент не очень обязательный, для учебного детского компьютера можно обойтись и без него, но в реальной практике он сильно помогает обеспечить:

- работу компьютера без карты памяти;
- быструю загрузку и начало работы;
- сохранение и восстановление рабочей сессии;
- возможность переключаться меж-

ду одновременными сеансами работы до трёх параллельно — текущий и два сохранённых.

Это, конечно, не многозадачность, но для такой системы очень комфортный вариант, например, в одной сессии открыт текстовый редактор, в другой — ОС с компилятором и настроено переключение между сессиями через привычную комбинацию клавиш ALT + TAB.

В ПЗУ информация хранится двумя блоками по 64 Кб, при этом в самом конце блока расположен сегмент данных сохранения сессии размером 48 байт, в котором сохраняется служебная информация: состояние регистров, счётчик команд, важные переменные среды — настройка режима видео и позиция курсора. Обратите внимание, что сохраняется только содержимое ОЗУ, дополнительная память (см. раздел про организацию памяти) не сохраняется и не восстанавливается.

Программно доступа к данному системному ПЗУ не предусмотрено.

Центральный процессор

Центральный процессорный модуль (ЦП) DD1 выполнен на базе МК ATmega1284P (Microchip) с программным эмулятором системы команд микропроцессора Z80 (Zilog) и объединяет в себе функции микропроцессора, контроллера накопителя на SD-картах с DMA, программную часть контроллера Ethernet с DMA и решает другие задачи.

Вариант с эмулятором в данном случае оказался предпочтителен по сравнению с использованием настоящего микропроцессора (Z80 ещё продаются) сразу по нескольким причинам:

— банальная экономия места на печатной плате: настоящий процессор плюс внешний контроллер периферии с режимом прямого доступа к памяти DMA занимают гораздо больше места;

— возможность вывода части кода на уровень микропрограммы МК, задействуя неиспользуемые опкоды набора команд эмулируемого микропроцессора;

— получаемый "в подарок" режим DMA без конфликтов на шинах адреса и данных;

— нет ограничений по набору команд, можно реализовать различные микропроцессоры и наборы команд, даже придумать свой.

ЦП является мастером для системной шины SPI, единственным "владельцем" ОЗУ, точкой сбора и обработки сигналов прерываний, центром обработки команд BIOS и блока эмуляции аппаратной совместимости. Кроме этого, ЦП обеспечивает два интерфейса UART: коммуникационный, выведенный на внешнюю лицевую панель устройства (TTY), и второй — для внутрисистемного программирования, который работает только в момент начальной загрузки, пока активен стартовый загрузчик. Оба интерфейса описаны в соответствующих разделах.

Особенности работы контроллеров SD-карты и Ethernet, взаимодействие с внешней ИМС ОЗУ описаны ранее.

Структура программной памяти

Упрощённая структура организации программной области ЦП показана в табл. 6.

Таблица 6

Блок векторов прерываний	
0000	Блок обработчика прерываний
Программные модули	
0200	Блок чтения ОЗУ и декодирования команды эмулятора
0300	Блок обработки команд Z80
7000	Блок обработчика прерываний
7200	BIOS, BDOS, работа с портами ввода/вывода
8800	Функции инициализации и стартовой загрузки
9000	Контроллер SD-карты
9400	Контроллер Ethernet
B000	Команды внутреннего отладчика
C000	Блок эмуляции аппаратной совместимости
D800	Системная консоль
Блок данных	
E000	Служебные данные эмулятора Z80
F000	Резервная область
F800	Стартовые сообщения
Секция Bootloader	
FE00	Стартовый загрузчик

Эмулятор процессора Z80

Эмулятор микропроцессора Z80 исполняет инструкции в объёме официально документированных команд с небольшими дополнениями, а кроме того, содержит ряд дополнительных команд, которые будут описаны далее. Полный список поддерживаемых команд в текущей версии приведён в табл. 7. Отметим, что задача точного воспроизведения поведения процессора Z80 не ставилась, ставилась задача обеспечения работоспособности стандартных программ для ОС CP/M, что не одно и то же.

Типичный цикл выполнения однобайтовой команды состоит из следующих блоков:

- чтение кода команды из памяти — восемь тактов (см. раздел про ОЗУ);
- декодирование адреса обработчика — шесть тактов;
- переход по адресу обработчика — два такта;
- выполнение команды — один—восемь тактов, в зависимости от команды;
- назначение флагов — три—пять тактов, в зависимости от команды;
- переход к началу — два такта.

Таким образом, общая продолжительность цикла обработки для операций "запись регистр—регистр" составляет 19 тактов, арифметических и логических — 21—25 тактов, на частоте 20 МГц это соответствует времени 1—1,1 мкс, которое эквивалентно скорости работы процессора Z80 на частоте 4 МГц, что является для него стандартной частотой. А многие компьютеры даже работали на частоте 2,8 МГц. Поэтому компьютер обеспечивает быстроедействие вполне достаточное для комфортной работы для соответствующего программного обеспечения. Плюс к этому, эмулятор не тормозится внешними запросами DMA, что имеет место в реальных системах на Z80. При разработке эмулятора задача точного соблюдения тайминга по командам не ставилась.

Из специфических особенностей эмулятора необходимо отметить следующее:

— регистр R полноценно не реализован, вместо этого работает таймер на частоте 2,5 МГц. Правило сохранения старшего бита соблюдено. Учитывая, что в современных системах задача регенерации ОЗУ не актуальна, а регистр R используется преимущественно для генерации случайных чисел, это ограничение не выглядит критичным. Автору известна только одна применявшаяся на практике конструкция LD R,A/LD A,R, которая увеличивает регистр A на 2, сохраняя значение 7-го бита, при реальной потребности легко реализовать через свободные команды;

— недокументированные флаги 3 и 5 регистра флагов не поддерживаются, они всегда равны 0. Сделано это исключительно, чтобы не тратить время на их формирование. Для работы абсолютного большинства программ это не является критичным, но некоторые тесты работают некорректно, выдавая ошибку из-за несоответствия значения регистра флагов;

— блочные команды LDIR, CPIR и тому подобные выполняются как одна команда, а не уменьшением на два счётчика команд. Это ускоряет их работу, но при входящем прерывании последнее обработается только после полного завершения цикла обработки команды;

— команда NONI отработывается как NOP;

— команда DAA реализована "опытным" путём: на эмуляторе проверена работа во всех комбинациях флагов H, B, C и значений регистра A. Поэтому для части входящих значений результат может не соответствовать конкретным реализациям процессоров, но это лишь теоретически, таких проблем не выявлено.

Эмулятор корректно обрабатывает все тесты Z80 Instruction Exerciser (<http://mdfs.net/Software/Z80/Exerciser/>) в объёме xehdос и стандартный тест проверки "левых" процессоров CPUTEST, большинство программ работают корректно. Но при этом есть незначительное число программ, кото-

рые демонстрируют неадекватную работу, причины выяснить пока не удалось. Автору известны два таких примера, в остальных случаях (включая все языки программирования) работа программ абсолютно корректна. Возможно, это связано с использованием "недокументированных" команд или значений флагов.

Базовый набор команд несколько расширен (все изменения в блоке команд с префиксом ED):

— блок команд операций умножения и деления;

— блок команд вызова функций BIOS пп (см. раздел про структуру ОС);

— команда вызова функций BDOS (см. раздел про структуру ОС).

Эти команды заменяют команды NONI в тех местах, где нет общепринятых "недокументированных" команд, и не влияют на работу программ, рассчитанных на обычный процессор. Правила работы с этими командами будут описаны в разделе по программированию устройства.

Говоря о структуре эмулятора, надо

сказать несколько слов о структуре его организации в части вопроса о расширении возможностей и созданию эмуляторов других процессоров. Схема трёхуровневая:

— описание стандартных типов команд и операндов и список команд в формализованном виде;

— настройки кода исполнения и правила установок флагов для каждого типа команд;

— программы для формирования исполняемого кода.

Так, например, команда логической операции "И" AND B выглядит так:

— в списке команд: cmd[0xa0] = { _and_, a_, b_};

— в описателях команд: d[_and_] = {"and @1,@2", ___H___, _____, _SZ___, P_};

В результате автоматически формируется фрагмент исполняемого кода, выполняющий основную логику команды и выполняющий настройку флагов как стандартных, так и специфических для конкретного контроллера.

Basic functions

Таблица 7

	00	01	02	03	04	05	06	07
00	NOP	LD BC, nn	LD (BC), A	INC BC	INC B	DEC B	LD B, n	RLCA
08	EX AF, AFe	ADD HL, BC	LD A, (BC)	DEC BC	INC C	DEC C	LD C, n	RRCA
10	DJNZ s	LD DE, nn	LD (DE), A	INC DE	INC D	DEC D	LD D, n	RLA
18	JR *, s	ADD HL, DE	LD A, (DE)	DEC DE	INC E	DEC E	LD E, n	RRA
20	JR NZ, s	LD HL, nn	LD (ww), HL	INC HL	INC H	DEC H	LD H, n	DAA
28	JR Z, s	ADD HL, HL	LD HL, (ww)	DEC HL	INC L	DEC L	LD L, n	CPL A
30	JR NC, s	LD SP, nn	LD (nn), A	INC SP	INC (HL)	DEC (HL)	LD (HL), n	SCF
38	JR C, s	ADD HL, SP	LD A, (nn)	DEC SP	INC A	DEC A	LD A, n	CCF
40	LD B, B	LD B, C	LD B, D	LD B, E	LD B, H	LD B, L	LD B, (HL)	LD B, A
48	LD C, B	LD C, C	LD C, D	LD C, E	LD C, H	LD C, L	LD C, (HL)	LD C, A
50	LD D, B	LD D, C	LD D, D	LD D, E	LD D, H	LD D, L	LD D, (HL)	LD D, A
58	LD E, B	LD E, C	LD E, D	LD E, E	LD E, H	LD E, L	LD E, (HL)	LD E, A
60	LD H, B	LD H, C	LD H, D	LD H, E	LD H, H	LD H, L	LD H, (HL)	LD H, A
68	LD L, B	LD L, C	LD L, D	LD L, E	LD L, H	LD L, L	LD L, (HL)	LD L, A
70	LD (HL), B	LD (HL), C	LD (HL), D	LD (HL), E	LD (HL), H	LD (HL), L	HALT	LD (HL), A
78	LD A, B	LD A, C	LD A, D	LD A, E	LD A, H	LD A, L	LD A, (HL)	LD A, A
80	ADD A, B	ADD A, C	ADD A, D	ADD A, E	ADD A, H	ADD A, L	ADD A, (HL)	ADD A, A
88	ADC A, B	ADC A, C	ADC A, D	ADC A, E	ADC A, H	ADC A, L	ADC A, (HL)	ADC A, A
90	SUB A, B	SUB A, C	SUB A, D	SUB A, E	SUB A, H	SUB A, L	SUB A, (HL)	SUB A, A
98	SBC A, B	SBC A, C	SBC A, D	SBC A, E	SBC A, H	SBC A, L	SBC A, (HL)	SBC A, A
a0	AND A, B	AND A, C	AND A, D	AND A, E	AND A, H	AND A, L	AND A, (HL)	AND A, A
a8	XOR A, B	XOR A, C	XOR A, D	XOR A, E	XOR A, H	XOR A, L	XOR A, (HL)	XOR A, A
b0	OR A, B	OR A, C	OR A, D	OR A, E	OR A, H	OR A, L	OR A, (HL)	OR A, A

b8	CP A,B	CP A,C	CP A,D	CP A,E	CP A,H	CP A,L	CP A,(HL)	CP A,A
c0	RET NZ	POP BC	JP NZ,nn	JP *,nn	CALL NZ,nn	PUSH BC	ADD A,n	RST 00h
c8	RET Z	RET *	JP Z,nn	CB*	CALL Z,nn	CALL *,nn	ADC A,n	RST 08h
d0	RET NC	POP DE	JP NC,nn	OUT (n),A	CALL NC,nn	PUSH DE	SUB A,n	RST 10h
d8	RET C	EXX	JP C,nn	IN A,(n)	CALL C,nn	DD*	SBC A,n	RST 18h
e0	RET PO	POP HL	JP PO,nn	EX (SP),HL	CALL PO,nn	PUSH HL	AND A,n	RST 20h
e8	RET PE	JP *,HL	JP PE,nn	EX DE,HL	CALL PE,nn	ED*	XOR A,n	RST 28h
f0	RET P	POP AF	JP P,nn	DI	CALL P,nn	PUSH AF	OR A,n	RST 30h
f8	RET M	LD SP,HL	JP M,nn	EI	CALL M,nn	FD*	CP A,n	RST 38h

CB-prefixed commands

	00	01	02	03	04	05	06	07
00	RLC B	RLC C	RLC D	RLC E	RLC H	RLC L	RLC (HL)	RLC A
08	RRC B	RRC C	RRC D	RRC E	RRC H	RRC L	RRC (HL)	RRC A
10	RL B	RL C	RL D	RL E	RL H	RL L	RL (HL)	RL A
18	RR B	RR C	RR D	RR E	RR H	RR L	RR (HL)	RR A
20	SLA B	SLA C	SLA D	SLA E	SLA H	SLA L	SLA (HL)	SLA A
28	SRA B	SRA C	SRA D	SRA E	SRA H	SRA L	SRA (HL)	SRA A
30	SLL B	SLL C	SLL D	SLL E	SLL H	SLL L	SLL (HL)	SLL A
38	SRL B	SRL C	SRL D	SRL E	SRL H	SRL L	SRL (HL)	SRL A
40	BIT 0,B	BIT 0,C	BIT 0,D	BIT 0,E	BIT 0,H	BIT 0,L	BIT 0,(HL)	BIT 0,A
48	BIT 1,B	BIT 1,C	BIT 1,D	BIT 1,E	BIT 1,H	BIT 1,L	BIT 1,(HL)	BIT 1,A
50	BIT 2,B	BIT 2,C	BIT 2,D	BIT 2,E	BIT 2,H	BIT 2,L	BIT 2,(HL)	BIT 2,A
58	BIT 3,B	BIT 3,C	BIT 3,D	BIT 3,E	BIT 3,H	BIT 3,L	BIT 3,(HL)	BIT 3,A
60	BIT 4,B	BIT 4,C	BIT 4,D	BIT 4,E	BIT 4,H	BIT 4,L	BIT 4,(HL)	BIT 4,A
68	BIT 5,B	BIT 5,C	BIT 5,D	BIT 5,E	BIT 5,H	BIT 5,L	BIT 5,(HL)	BIT 5,A
70	BIT 6,B	BIT 6,C	BIT 6,D	BIT 6,E	BIT 6,H	BIT 6,L	BIT 6,(HL)	BIT 6,A
78	BIT 7,B	BIT 7,C	BIT 7,D	BIT 7,E	BIT 7,H	BIT 7,L	BIT 7,(HL)	BIT 7,A
80	RES 0,B	RES 0,C	RES 0,D	RES 0,E	RES 0,H	RES 0,L	RES 0,(HL)	RES 0,A
88	RES 1,B	RES 1,C	RES 1,D	RES 1,E	RES 1,H	RES 1,L	RES 1,(HL)	RES 1,A
90	RES 2,B	RES 2,C	RES 2,D	RES 2,E	RES 2,H	RES 2,L	RES 2,(HL)	RES 2,A
98	RES 3,B	RES 3,C	RES 3,D	RES 3,E	RES 3,H	RES 3,L	RES 3,(HL)	RES 3,A
a0	RES 4,B	RES 4,C	RES 4,D	RES 4,E	RES 4,H	RES 4,L	RES 4,(HL)	RES 4,A
a8	RES 5,B	RES 5,C	RES 5,D	RES 5,E	RES 5,H	RES 5,L	RES 5,(HL)	RES 5,A
b0	RES 6,B	RES 6,C	RES 6,D	RES 6,E	RES 6,H	RES 6,L	RES 6,(HL)	RES 6,A
b8	RES 7,B	RES 7,C	RES 7,D	RES 7,E	RES 7,H	RES 7,L	RES 7,(HL)	RES 7,A
c0	SET 0,B	SET 0,C	SET 0,D	SET 0,E	SET 0,H	SET 0,L	SET 0,(HL)	SET 0,A
c8	SET 1,B	SET 1,C	SET 1,D	SET 1,E	SET 1,H	SET 1,L	SET 1,(HL)	SET 1,A
d0	SET 2,B	SET 2,C	SET 2,D	SET 2,E	SET 2,H	SET 2,L	SET 2,(HL)	SET 2,A
d8	SET 3,B	SET 3,C	SET 3,D	SET 3,E	SET 3,H	SET 3,L	SET 3,(HL)	SET 3,A
e0	SET 4,B	SET 4,C	SET 4,D	SET 4,E	SET 4,H	SET 4,L	SET 4,(HL)	SET 4,A

e8	SET 5,B	SET 5,C	SET 5,D	SET 5,E	SET 5,H	SET 5,L	SET 5,(HL)	SET 5,A
f0	SET 6,B	SET 6,C	SET 6,D	SET 6,E	SET 6,H	SET 6,L	SET 6,(HL)	SET 6,A
f8	SET 7,B	SET 7,C	SET 7,D	SET 7,E	SET 7,H	SET 7,L	SET 7,(HL)	SET 7,A

DD-prefixed commands

	00	01	02	03	04	05	06	07
00	NOP	LD BC,nn	LD (BC),A	INC BC	INC B	DEC B	LD B,n	RLCA
08	EX AF,AFe	ADD IX,BC	LD A,(BC)	DEC BC	INC C	DEC C	LD C,n	RRCA
10	DJNZ s	LD DE,nn	LD (DE),A	INC DE	INC D	DEC D	LD D,n	RLA
18	JR *,s	ADD IX,DE	LD A,(DE)	DEC DE	INC E	DEC E	LD E,n	RRA
20	JR NZ,s	LD IX,nn	LD (ww),IX	INC IX	INC IXh	DEC IXh	LD IXh,n	DAA
28	JR Z,s	ADD IX,IX	LD IX,(ww)	DEC IX	INC IXl	DEC IXl	LD IXl,n	CPL A
30	JR NC,s	LD SP,nn	LD (nn),A	INC SP	INC (IX+d)	DEC (IX+d)	LD (IX+d),n	SCF
38	JR C,s	ADD IX,SP	LD A,(nn)	DEC SP	INC A	DEC A	LD A,n	CCF
40	LD B,B	LD B,C	LD B,D	LD B,E	LD B,IXh	LD B,IXl	LD B,(IX+d)	LD B,A
48	LD C,B	LD C,C	LD C,D	LD C,E	LD C,IXh	LD C,IXl	LD C,(IX+d)	LD C,A
50	LD D,B	LD D,C	LD D,D	LD D,E	LD D,IXh	LD D,IXl	LD D,(IX+d)	LD D,A
58	LD E,B	LD E,C	LD E,D	LD E,E	LD E,IXh	LD E,IXl	LD E,(IX+d)	LD E,A
60	LD IXh,B	LD IXh,C	LD IXh,D	LD IXh,E	LD IXh,IXh	LD IXh,IXl	LD H,(IX+d)	LD IXh,A
68	LD IXl,B	LD IXl,C	LD IXl,D	LD IXl,E	LD IXl,IXh	LD IXl,IXl	LD L,(IX+d)	LD IXl,A
70	LD (IX+d),B	LD (IX+d),C	LD (IX+d),D	LD (IX+d),E	LD (IX+d),H	LD (IX+d),L	HALT	LD (IX+d),A
78	LD A,B	LD A,C	LD A,D	LD A,E	LD A,IXh	LD A,IXl	LD A,(IX+d)	LD A,A
80	ADD A,B	ADD A,C	ADD A,D	ADD A,E	ADD A,IXh	ADD A,IXl	ADD A,(IX+d)	ADD A,A
88	ADC A,B	ADC A,C	ADC A,D	ADC A,E	ADC A,IXh	ADC A,IXl	ADC A,(IX+d)	ADC A,A
90	SUB A,B	SUB A,C	SUB A,D	SUB A,E	SUB A,IXh	SUB A,IXl	SUB A,(IX+d)	SUB A,A
98	SBC A,B	SBC A,C	SBC A,D	SBC A,E	SBC A,IXh	SBC A,IXl	SBC A,(IX+d)	SBC A,A
a0	AND A,B	AND A,C	AND A,D	AND A,E	AND A,IXh	AND A,IXl	AND A,(IX+d)	AND A,A
a8	XOR A,B	XOR A,C	XOR A,D	XOR A,E	XOR A,IXh	XOR A,IXl	XOR A,(IX+d)	XOR A,A
b0	OR A,B	OR A,C	OR A,D	OR A,E	OR A,IXh	OR A,IXl	OR A,(IX+d)	OR A,A
b8	CP A,B	CP A,C	CP A,D	CP A,E	CP A,IXh	CP A,IXl	CP A,(IX+d)	CP A,A
c0	RET NZ	POP BC	JP NZ,nn	JP *,nn	CALL NZ,nn	PUSH BC	ADD A,n	RST 00h
c8	RET Z	RET *	JP Z,nn	DDCB	CALL Z,nn	CALL *,nn	ADC A,n	RST 08h
d0	RET NC	POP DE	JP NC,nn	OUT (n),A	CALL NC,nn	PUSH DE	SUB A,n	RST 10h
d8	RET C	EXX	JP C,nn	IN A,(n)	CALL C,nn	NONI	SBC A,n	RST 18h
e0	RET PO	POP IX	JP PO,nn	EX (SP),IX	CALL PO,nn	PUSH IX	AND A,n	RST 20h
e8	RET PE	JP *,IX	JP PE,nn	EX DE,IX	CALL PE,nn	NONI	XOR A,n	RST 28h
f0	RET P	POP AF	JP P,nn	DI	CALL P,nn	PUSH AF	OR A,n	RST 30h
f8	RET M	LD SP,IX	JP M,nn	EI	CALL M,nn	NONI	CP A,n	RST 38h

ED-prefixed commands

	00	01	02	03	04	05	06	07
--	----	----	----	----	----	----	----	----

00	BIOS 0	BIOS 1	BIOS 2	BIOS 3	BIOS 4	BIOS 5	BIOS 6	BIOS 7
08	BIOS 8	BIOS 9	BIOS 10	BIOS 11	BIOS 12	BIOS 13	BIOS 14	BIOS 15
10	BIOS 16	BIOS 17	BIOS 18	BIOS 19	BIOS 20	BIOS 21	BIOS 22	BIOS 23
18	BIOS 24	BIOS 25	BIOS 26	BIOS 27	BIOS 28	BIOS 29	BIOS 30	BIOS 31
20	BIOS 32	BIOS 33	BIOS 34	BIOS 35	BIOS 36	BIOS 37	BIOS 38	BDOS
28	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
30	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
38	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
40	IN B, (C)	OUT (C), B	SBC HL, BC	LD (ww), BC	NEG A	RETN	IM 0	LD I, A
48	IN C, (C)	OUT (C), C	ADC HL, BC	LD BC, (ww)	NEG A	RETI	IM 3	LD R, A
50	IN D, (C)	OUT (C), D	SBC HL, DE	LD (ww), DE	NEG A	RETN	IM 1	LD A, I
58	IN E, (C)	OUT (C), E	ADC HL, DE	LD DE, (ww)	NEG A	RETN	IM 2	LD A, R
60	IN H, (C)	OUT (C), H	SBC HL, HL	LD (ww), HL	NEG A	RETN	IM 0	RRD A, (HL)
68	IN L, (C)	OUT (C), L	ADC HL, HL	LD HL, (ww)	NEG A	RETN	IM 3	RLD A, (HL)
70	NONI	OUT (C), 0	SBC HL, SP	LD (ww), SP	NEG A	RETN	IM 1	MUL
78	IN A, (C)	OUT (C), A	ADC HL, SP	LD SP, (ww)	NEG A	RETN	IM 2	DIV
80	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
88	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
90	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
98	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
a0	LDI	CPI	INI	OUTI	NONI	NONI	NONI	NONI
a8	LDD	CPD	IND	OUTD	NONI	NONI	NONI	NONI
b0	LDIR	CPIR	INIR	OTIR	NONI	NONI	NONI	NONI
b8	LDDR	CPDR	INDR	OTDR	NONI	NONI	NONI	NONI
c0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
c8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
d0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
d8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
e0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
e8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
f0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI
f8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI

FD-prefixed commands

	00	01	02	03	04	05	06	07
00	NOP	LD BC, nn	LD (BC), A	INC BC	INC B	DEC B	LD B, n	RLCA
08	EX AF, AFe	ADD IY, BC	LD A, (BC)	DEC BC	INC C	DEC C	LD C, n	RRCA
10	DJNZ s	LD DE, nn	LD (DE), A	INC DE	INC D	DEC D	LD D, n	RLA
18	JR *, s	ADD IY, DE	LD A, (DE)	DEC DE	INC E	DEC E	LD E, n	RRA
20	JR NZ, s	LD IY, nn	LD (ww), IY	INC IY	INC IYh	DEC IYh	LD IYh, n	DAA
28	JR Z, s	ADD IY, IY	LD IY, (ww)	DEC IY	INC IYl	DEC IYl	LD IYl, n	CPL A

30	JR NC,s	LD SP,nn	LD (nn),A	INC SP	INC (IY+d)	DEC (IY+d)	LD (IY+d),n	SCF
38	JR C,s	ADD IY,SP	LD A,(nn)	DEC SP	INC A	DEC A	LD A,n	CCF
40	LD B,B	LD B,C	LD B,D	LD B,E	LD B,IYh	LD B,IYl	LD B,(IY+d)	LD B,A
48	LD C,B	LD C,C	LD C,D	LD C,E	LD C,IYh	LD C,IYl	LD C,(IY+d)	LD C,A
50	LD D,B	LD D,C	LD D,D	LD D,E	LD D,IYh	LD D,IYl	LD D,(IY+d)	LD D,A
58	LD E,B	LD E,C	LD E,D	LD E,E	LD E,IYh	LD E,IYl	LD E,(IY+d)	LD E,A
60	LD IYh,B	LD IYh,C	LD IYh,D	LD IYh,E	LD IYh,IYh	LD IYh,IYl	LD H,(IY+d)	LD IYh,A
68	LD IYl,B	LD IYl,C	LD IYl,D	LD IYl,E	LD IYl,IYh	LD IYl,IYl	LD L,(IY+d)	LD IYl,A
70	LD (IY+d),B	LD (IY+d),C	LD (IY+d),D	LD (IY+d),E	LD (IY+d),H	LD (IY+d),L	HALT	LD (IY+d),A
78	LD A,B	LD A,C	LD A,D	LD A,E	LD A,IYh	LD A,IYl	LD A,(IY+d)	LD A,A
80	ADD A,B	ADD A,C	ADD A,D	ADD A,E	ADD A,IYh	ADD A,IYl	ADD A,(IY+d)	ADD A,A
88	ADC A,B	ADC A,C	ADC A,D	ADC A,E	ADC A,IYh	ADC A,IYl	ADC A,(IY+d)	ADC A,A
90	SUB A,B	SUB A,C	SUB A,D	SUB A,E	SUB A,IYh	SUB A,IYl	SUB A,(IY+d)	SUB A,A
98	SBC A,B	SBC A,C	SBC A,D	SBC A,E	SBC A,IYh	SBC A,IYl	SBC A,(IY+d)	SBC A,A
a0	AND A,B	AND A,C	AND A,D	AND A,E	AND A,IYh	AND A,IYl	AND A,(IY+d)	AND A,A
a8	XOR A,B	XOR A,C	XOR A,D	XOR A,E	XOR A,IYh	XOR A,IYl	XOR A,(IY+d)	XOR A,A
b0	OR A,B	OR A,C	OR A,D	OR A,E	OR A,IYh	OR A,IYl	OR A,(IY+d)	OR A,A
b8	CP A,B	CP A,C	CP A,D	CP A,E	CP A,IYh	CP A,IYl	CP A,(IY+d)	CP A,A
c0	RET NZ	POP BC	JP NZ,nn	JP *,nn	CALL NZ,nn	PUSH BC	ADD A,n	RST 00h
c8	RET Z	RET *	JP Z,nn	FDCB	CALL Z,nn	CALL *,nn	ADC A,n	RST 08h
d0	RET NC	POP DE	JP NC,nn	OUT (n),A	CALL NC,nn	PUSH DE	SUB A,n	RST 10h
d8	RET C	EXX	JP C,nn	IN A,(n)	CALL C,nn	NONI	SBC A,n	RST 18h
e0	RET PO	POP IY	JP PO,nn	EX (SP),IY	CALL PO,nn	PUSH IY	AND A,n	RST 20h
e8	RET PE	JP *,IY	JP PE,nn	EX DE,IY	CALL PE,nn	NONI	XOR A,n	RST 28h
f0	RET P	POP AF	JP P,nn	DI	CALL P,nn	PUSH AF	OR A,n	RST 30h
f8	RET M	LD SP,IY	JP M,nn	EI	CALL M,nn	NONI	CP A,n	RST 38h

DDCB-prefixed commands

	00	01	02	03	04	05	06	07
00	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RLC (IX+d)	NONI
08	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RRC (IX+d)	NONI
10	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RL (IX+d)	NONI
18	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RR (IX+d)	NONI
20	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SLA (IX+d)	NONI
28	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SRA (IX+d)	NONI
30	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SLL (IX+d)	NONI
38	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SRL (IX+d)	NONI
40	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 0,(IX+d)	NONI
48	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 1,(IX+d)	NONI
50	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 2,(IX+d)	NONI
58	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 3,(IX+d)	NONI
60	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 4,(IX+d)	NONI

68	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 5, (IX+d)	NONI
70	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 6, (IX+d)	NONI
78	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 7, (IX+d)	NONI
80	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 0, (IX+d)	NONI
88	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 1, (IX+d)	NONI
90	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 2, (IX+d)	NONI
98	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 3, (IX+d)	NONI
a0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 4, (IX+d)	NONI
a8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 5, (IX+d)	NONI
b0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 6, (IX+d)	NONI
b8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 7, (IX+d)	NONI
c0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SET 0, (IX+d)	NONI
c8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SET 1, (IX+d)	NONI
d0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SET 2, (IX+d)	NONI
d8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SET 3, (IX+d)	NONI
e0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SET 4, (IX+d)	NONI
e8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SET 5, (IX+d)	NONI
f0	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SET 6, (IX+d)	NONI
f8	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SET 7, (IX+d)	NONI

FDCB-prefixed commands

	00	01	02	03	04	05	06	07
00	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RLC (IY+d)	NONI
08	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RRC (IY+d)	NONI
10	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RL (IY+d)	NONI
18	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RR (IY+d)	NONI
20	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SLA (IY+d)	NONI
28	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SRA (IY+d)	NONI
30	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SLL (IY+d)	NONI
38	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	SRL (IY+d)	NONI
40	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 0, (IY+d)	NONI
48	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 1, (IY+d)	NONI
50	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 2, (IY+d)	NONI
58	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 3, (IY+d)	NONI
60	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 4, (IY+d)	NONI
68	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 5, (IY+d)	NONI
70	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 6, (IY+d)	NONI
78	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	BIT 7, (IY+d)	NONI
80	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 0, (IY+d)	NONI
88	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 1, (IY+d)	NONI
90	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 2, (IY+d)	NONI
98	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	NONI	RES 3, (IY+d)	NONI

применённый для измерения напряжений в нём, натолкнул автора на идею, а нельзя ли сконструировать миллиомметр, применив подобный метод для измерения малых сопротивлений? Небольшая стоимость вольтметра [1] (по подсчётам автора, не более 10 долл.), простота его схемы, а также приличная точность измерений позволили предположить, что такой миллиомметр вряд ли обойдётся дороже, будет ненамного сложнее по схеме и, кроме того, возможно, будет обладать приемлемой точностью измерения малого сопротивления. Как оказалось впоследствии, предположения автора полностью подтвердились. Мало того, автор получил такой результат, какого даже не ожидал.

На рис. 1 показана упрощённая

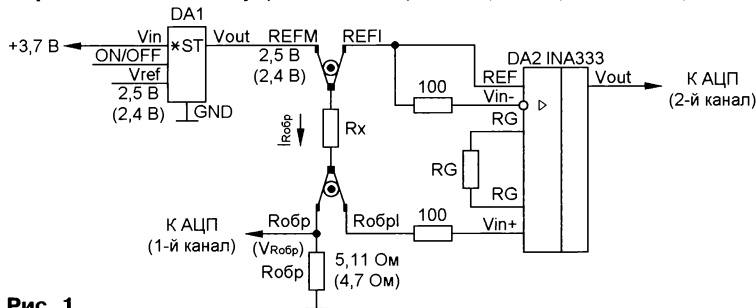


Рис. 1

схема, поясняющая принцип измерения сопротивления тестируемого резистора R_x . Этот принцип основан на измерении напряжения U_{R_x} на резисторе R_x , через который протекает определённый ток I_{R_x} , также измеряемый. Сопротивление R_x вычисляют по закону Ома:

Для формирования тока I_{R_x} использу-

$$R_x = \frac{U_{R_x}}{I_{R_x}}$$

ется стабилизатор напряжения DA1, показанный на рис. 1 в виде отдельного блока. На вход стабилизатора (V_{in}) подаётся напряжение питания, условно показанное как +3,7 В. Стабилизатор может включаться и выключаться сигналом ON/OFF, подаваемым на одноимённый вход. Кроме того, на вход стабилизатора поступает образцовое напряжение V_{ref} , в качестве которого может использоваться либо выходное напряжение внешнего источника образцового напряжения (ИОН) номиналом 2,5 В, либо выходное напряжение встроенного в микроконтроллер (МК) ИОН номиналом 2,4 В. Выходное напряжение стабилизатора V_{out} (сигнал REFМ) практически равно образцовому (разность, измеренная автором, не превышает долей милливольт), но сигнал REFМ имеет существенно большую мощность, чем мощность сигнала V_{ref} , позволяющую обеспечивать ток до нескольких ампер (для целей измерений требуется ток не более 0,5 А).

Для исключения погрешности измерений из-за падения напряжения на проводах, возникающего при прохождении по ним относительно большого тока, используется хорошо известная двухконтурная измерительная схема Кельвина. Измеряемый резистор под-

ключают к этим контурам с помощью специализированных зажимов, которые также именуются как зажимы Кельвина (в миллиомметре применены зажимы марки LCR-90).

В первом контуре (сигнал REFМ — R_x — $R_{обр}$ — общий провод) ток $I_{R_{обр}}$ проходит через измеряемый резистор R_x и последовательно соединённый с ним образцовый резистор $R_{обр}$. Силловые провода (REFМ) и провод, соединяющий нижний по схеме зажим с $R_{обр}$, должны иметь большое поперечное сечение не менее 0,5 мм². Для определения тока $I_{R_{обр}}$ напряжение с образцового резистора ($V_{R_{обр}}$) подают на один из входов АЦП МК (назовём его условно как 1-й канал АЦП). Зная напряжение $V_{R_{обр}}$ и сопротивление образцового резистора $R_{обр}$, можно определить ток

$I_{R_{обр}}$, который также проходит через измеряемый резистор.

Второй контур (сигнал REFI — R_x — $R_{обр1}$) предназначен для измерения падения напряжения на измеряемом резисторе. В этот контур включён инструментальный усилитель (ИУ) DA2, работающий в дифференциальном режиме. Сигнал $R_{обр1}$ через резистор сопротивлением 100 Ом поступает на неинвертирующий вход ИУ (V_{in+}), а сигнал REFI подаётся на вход образцового напряжения ИУ (REF) и через 100-омный резистор — на инвертирующий вход ИУ (V_{in-}). Провода для сигналов REFI и $R_{обр1}$ в связи с пренебрежимо малым током в этом контуре могут быть меньшего сечения, но не настолько, чтобы их можно было легко порвать, лучше, чтобы их сечение было не менее 0,1...0,05 мм². Для установки коэффициента усиления G ИУ к его входам RG подключён резистор RG. Коэффициент усиления ИУ (согласно справочным материалам на ИУ INA333) $G = 1 + 100K/RG$. Выходное напряжение ИУ (V_{out}) подключается к условно 2-му каналу АЦП МК. Это напряжение, как известно (для ИУ), определяется по формуле $V_{out} = G(V_{in+} - V_{in-}) + V_{ref}$.

Поскольку потенциал сигнала REFI всегда выше потенциала сигнала $R_{обр1}$ (этот очевидный факт, на взгляд автора, не нуждается в пояснении), вышеприведённая формула для удобства может быть переписана в виде

$$V_{out} = G(V_{in+} - V_{in-}) + V_{ref} = -G(V_{in-} - V_{in+}) + V_{ref} \quad (1)$$

Из формулы (1) можно найти разность потенциалов (напряжение) на измеряемом резисторе R_x :

$$V_{in-} - V_{in+} = \frac{V_{ref} - V_{out}}{G} \quad (2)$$

Реальное напряжение V_{out} , если оно измеряется АЦП, может быть получено по его безразмерному показанию (обозначим его как U_{out}), умноженному на образцовое напряжение V_{ref} :

$$V_{out} = V_{ref} \cdot U_{out} \quad (3)$$

Для объяснения, что представляет собой безразмерное показание U_{out} , приведём ниже следующий пример.

Если АЦП имеет идеальную передаточную функцию, к его входу для образцового подключено напряжение V_{ref} , и это же напряжение подключено к измерительному входу АЦП, то показания АЦП будут соответствовать ровно 1. Или другими словами, безразмерное значение показания АЦП (U_{out}) будет в этом случае равно 1.

Аналогично по безразмерному показанию АЦП ($U_{R_{обр}}$) определяется реальное напряжение ($V_{R_{обр}}$) на образцовом резисторе:

$$V_{R_{обр}} = V_{ref} \cdot U_{R_{обр}} \quad (4)$$

Ток $I_{R_{обр}}$, протекающий через образцовый резистор $R_{обр}$, можно вычислить:

Измеряемое сопротивление резистора R_x может быть найдено как паде-

$$I_{R_{обр}} = \frac{V_{R_{обр}}}{R_{обр}} \quad (5)$$

ние напряжения на нём ($V_{in-} - V_{in+}$), делённое на проходящий ток $I_{R_{обр}}$, а с учётом (2)—(5) получим

Поделив числитель и знаменатель в последнем выражении (6) на V_{ref} , полу-

$$R_x = \frac{V_{in-} - V_{in+}}{I_{R_{обр}}} = \frac{V_{ref} - V_{out}}{G \cdot V_{R_{обр}}} \cdot R_{обр} = \frac{V_{ref} - V_{ref} \cdot U_{out}}{G \cdot V_{ref} \cdot U_{R_{обр}}} \cdot R_{обр} \quad (6)$$

чим расчётную формулу для вычисления R_x по показаниям АЦП (U_{out} , $U_{R_{обр}}$), по сопротивлению образцового резистора $R_{обр}$ и коэффициенту усиления G ИУ

Интересная особенность формулы (7) — отсутствие в ней образцового

$$R_x = \frac{1 - U_{out}}{G \cdot U_{R_{обр}}} \cdot R_{обр} \quad (7)$$

напряжения V_{ref} . Это означает, что, во-первых, оно в принципе, может быть любым, конечно, в разумных пределах, и, во-вторых, что его абсолютное значение не играет никакой роли, лишь бы это напряжение было стабильно во время измерения. Как будет видно из дальнейшего изложения, это время — не более секунды. Формула (7) была использована для всех расчётов в программе для МК. Конкретные значения сопротивления образцовых резисторов $R_{обр}$ и коэффициентов усиления G будут указаны в дальнейшем.

В статье рассматриваются два варианта прибора: первый — с ЖКИ Nokia 5110 (он несколько проще) и второй — с индикатором OLED-1306.

Условно схему миллиомметра с ЖКИ (рис. 2) можно разбить на две части — цифровую и аналоговую.

В цифровую часть входят два интерфейса сопряжения МК с компьютером для программирования МК, интерфейс

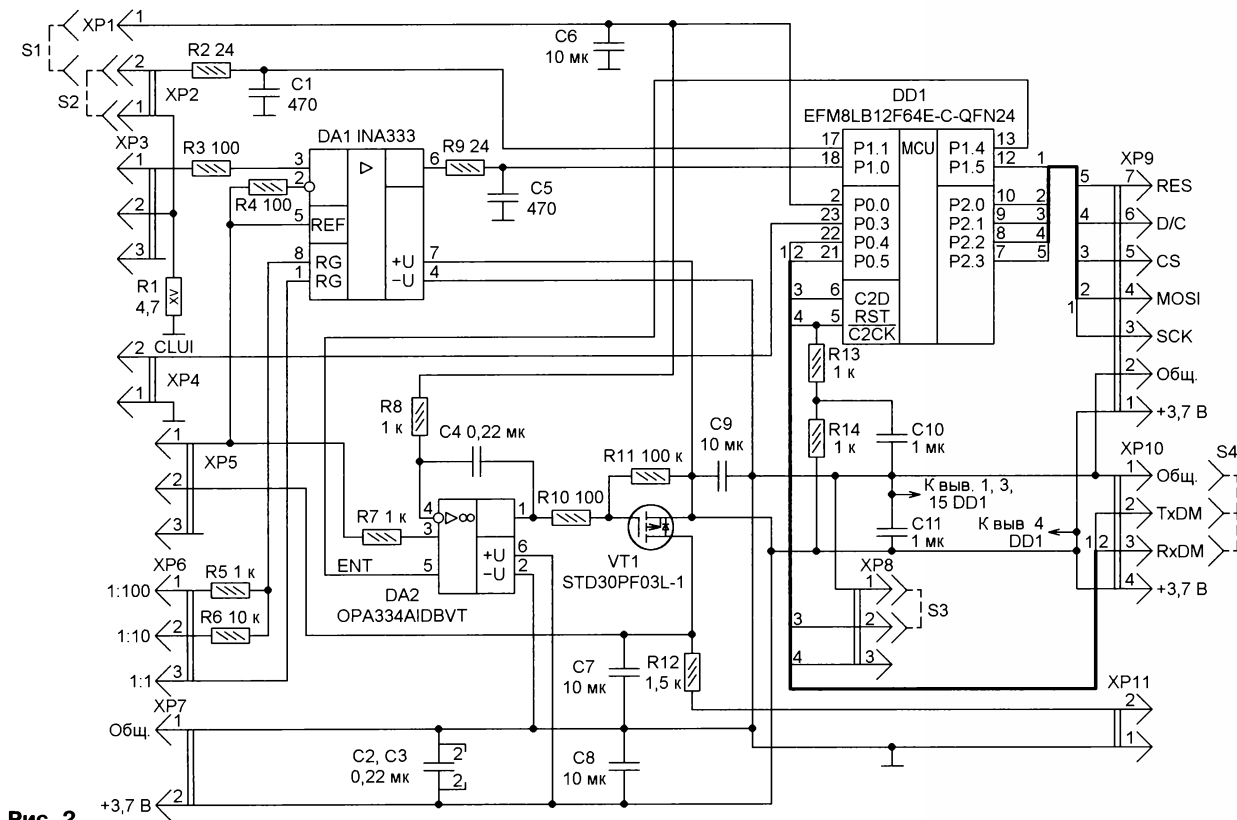


Рис. 2

сопряжения с ЖКИ, несколько сигналов (разряд состояния), предназначенных для управления работой МК, и несколько выведенных сигналов (разряд управления), предназначенных для управления МК внешними устройствами.

Программу можно загрузить в МК двумя способами. Первый вариант программирования МК — с помощью адаптера USB DEBUG, который сопрягается с компьютером по интерфейсу USB, а с МК — по двухпроводному интерфейсу C2. Для этого предназначен трёхконтактный штыревой разъём XP8, на который, кроме общего провода, выведены два сигнала — RST/C2CK и C2D. Для сопряжения используют кабель, который одной стороной с ответной трёхконтактной вилкой подключают к разъёму XP8, а второй — к адаптеру USB DEBUG. Схему такого кабеля можно найти в [2]. Цепь R13R14C10 используется для штатной работы интерфейса C2.

Второй вариант программирования МК — по интерфейсу RS-232 с помощью COM-порта компьютера. Для сопряжения используется четырёхконтактный штыревой разъём XP10, на который выведены сигналы TxDM, RxDM, напряжение +3,7 В и общий провод. К этому разъёму подключают преобразователь уровней интерфейса RS-232—TTL, а к нему — кабель сопряжения с COM-портом компьютера. Все схемы и подробное описание этого режима программирования можно найти в [3]. Для перевода МК в этот режим программирования необходимо замкнуть перемычкой S3 контакты 1—2 разъёма XP8.

Для сопряжения МК с ЖКИ используются интерфейс SPI и семиконтактный штыревой разъём XP9, на который выведены сигналы SPI, напряжение +3,7 В и общий провод. К этому разъёму одной стороной с ответной семиконтактной вилкой подключают кабель, который второй стороной соединяют с ЖКИ. Схема соединения приведена на рис. 3.

Управление режимами работы МК осуществляется сигналами DIAP0 и

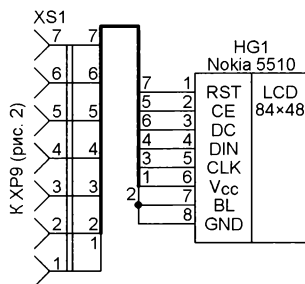


Рис. 3

DIAP1, логические состояния которых (лог. 0 или лог. 1) определяют тот или иной режим работы. Эти сигналы выведены на штыревой разъём XP10. К контактам 1—3 этого разъёма одной стороной с трёхконтактной ответной вилкой подключают кабель, который второй стороной припаивают к движковому переключателю SA1 (рис. 4). Здесь следует заметить, что объединение в одном и том же разъёме (XP10) сигналов для программирования МК по

интерфейсу RS-232 и сигналов управления не приведёт к какой-либо коллизии: при программировании МК прибор не работает и ничего не измеряет, а при работе он отключён от интерфейса RS-232.

Сигнал CLUI низкого уровня запускает миллиомметр в режим измерения,

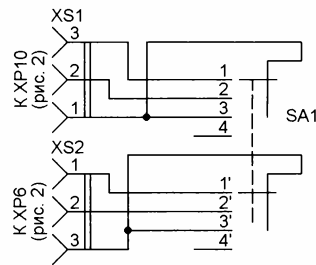


Рис. 4

если он появляется после включения питания. Этот сигнал и общий провод выведены на двухконтактный штыревой разъём XP4, к нему подключают кабель с ответной двухконтактной вилкой, вторая сторона которого соединена с кнопкой (рис. 5). При нажатии на кноп-

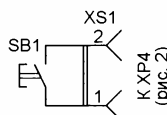


Рис. 5

ку сигнал CLUI = лог. 0, при отпускании — CLUI = лог. 1. Если кнопка нажата и удерживается в нажатом состоянии

перед включением питания, а после включения питания её отпускают, миллиметр переходит в режим установки нуля по выбранному интервалу измерения.

Для управления работой стабилизатора используется управляющий сигнал ENT, подаваемый МК, который включает (лог. 1) или выключает (лог. 0) стабилизатор.

Аналоговая часть включает в себя прецизионный образцовый резистор R1, напряжение на котором измеряет АЦП МК, ИУ DA1 (INA333), с помощью которого измеряют падение напряжения на измеряемом резисторе, и стабилизатор на основе ОУ DA2 и мощного полевого р-канального транзистора VT1 (STD30PF03L-1).

В этом варианте прибора используется внутренний ИОН МК с напряжением Vref, равным 2,4 В.

Сигнал Vref присутствует на выводе P0.0 (вывод 2) МК DD1. Этот же сигнал поступает на одноконтakтный штыревой разъём XP1. Конденсатор C6 — блокировочный. Для измерения напряжения на образцовом резисторе R1 он подключён к контакту 1 двухконтakтного разъёма XP2. В штатном режиме работы его контакты 1 и 2 замыкают перемычкой S2, в результате чего напряжение на резисторе R1 с контакта 2 этого разъёма через RC-цель R2C1 поступает на вывод P1.1 (вывод 17) МК, сконфигурированный программно как один из входов АЦП (ADC0.7). В режиме калибровки полной шкалы АЦП перемычку S2 с разъёма XP2 снимают, а контакт 2 этого разъёма соединяют с разъёмом XP1 перемычкой S1. В результате образцовое напряжение Vref через цель R2C1 поступает на этот вход АЦП МК.

ИУ DA1 (INA333) включён по аналогичной рис. 1 схеме. В зависимости от интервала измерения к его входам RG (выводы 1, 8) подключается либо резистор R5 сопротивлением 1 кОм, в этом случае коэффициент усиления $G = 1 + 100/1 = 101$, либо резистор R6 сопротивлением 10 кОм, тогда $G = 1 + 100/10 = 11$, либо ничего не подключается, выводы 1, 8 свободны, в этом случае $G = 1$. Для установки того или иного коэффициента усиления служит движковый переключатель ПД-47 (SA1 на рис. 4) с двумя группами контактов (три положения, два направления). Для установки коэффициента усиления G на плате предусмотрен трёхконтakтный штыревой разъём XP6. К этому разъёму подключают кабель, на одной стороне которого расположена ответная трёхконтakтная вилка XS2, подключаемая к разъёму XP6, а вторая его сторона припаяна к контактам 1'—3' SA1. Помимо установки коэффициента усиления ИУ, переключатель SA1 второй группой контактов (1—3) устанавливает в то или иное состояние разряды интервалов измерения DIAP0 и DIAP1 МК. Для этого служит трёхпроводный кабель, который одной стороной припаян к контактам 1—3 SA1, а на второй его стороне установлена трёхконтakтная вилка XS1, которую подключают к контактам 1—3 разъёма XP10 (см. рис. 2). Во втором снизу по схеме рис. 4 положении все контакты переключателя SA1 разомкну-

ты, в связи с чем разряды DIAP0 и DIAP1 находятся в состоянии лог. 1, а коэффициент усиления ИУ $G = 1$. В следующем положении замыкаются контакты 2—3 и 2'—3', разряд DIAP0 устанавливается в состоянии лог. 0, а DIAP1 по-прежнему в состоянии лог. 1, коэффициент $G = 11$. В верхнем по схеме положении замыкаются контакты 1—3 и 1'—3', разряд DIAP1 = лог. 0, разряд DIAP0 = лог. 1, а $G = 101$.

Есть ещё одна технологическая комбинация разрядов DIAP0 и DIAP1, когда оба устанавливаются в состояние лог. 0. Она используется для калибровки полной шкалы АЦП МК. Для этого с разъёма XP10 снимают ответную трёхконтakтную вилку кабеля, соединяющего этот разъём с переключателем SA1, и на три контакта (1—3) надевают трёхконтakтную перемычку S4 (см. рис. 2), соединяющую все три контакта, т. е. замыкающую сигналы DIAP0 и DIAP1 на общий провод.

Измеряемый резистор Rx подключают к зажимам Кельвина LCR-90, к которым одной стороной припаяны два двухпроводных кабеля, ко вторым сторонам которых припаяны двухконтakтные разъёмы — розетки DJK-10B (XS1 и XS2 на рис. 6). Их вставляют в две вилки DJK-04B (XP3 и XP5 на рис. 2), установленные на лицевой поверхности

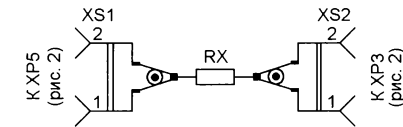


Рис. 6

корпуса прибора. К этим вилкам припаяны два двухпроводных кабеля, которые второй стороной впаяны в плату. Силовой контур, через который протекает большой ток, — контакт 2 разъёма XP3—измеряемый резистор Rx—контакт 2 разъёма XP5, измерительный контур, предназначенный для измерения напряжения на резисторе Rx, — контакт 1 разъёма XP3—измеряемый резистор Rx—контакт 1 разъёма XP5.

Напряжение с выхода ИУ (вывод 6 DA1) через цель R9C5 поступает на вывод P1.0 (вывод 18) МК — ещё один вход АЦП (ADC0.6).

В состав стабилизатора входят ОУ DA2 (OPA334AIBVT) и мощный р-канальный полевой транзистор VT1 (STD30PF03L-1). В отличие от стандартной схемы стабилизатора положительного напряжения на ОУ и п-канальном полевом транзисторе, на сток которого поступает входное напряжение, а с истока снимается стабилизированное, как видно из схемы рис. 2, в ней использован р-канальный транзистор, входное напряжение (+3,7 В) подаётся на его исток, а стабилизированное снимается с его стока. Такое включение р-канального транзистора имеет одну особенность. В стандартной схеме, чтобы открыть п-канальный транзистор, требуется подать на его затвор напряжение больше на 1...4 В напряжения истока, т. е. выше входного напряжения. Но где его взять, если, кроме входного, другого напряжения нет? В пред-

лагаемом варианте (см. рис. 2), во-первых, на стоке напряжение (выходное, 2,4 В) меньше, чем напряжение на истоке (входное, 3,7 В), т. е. р-канальный транзистор работает в штатном режиме, во-вторых, на затвор транзистора для его открывания требуется подать напряжение не выше входного, а меньше его на те же 1...4 В (т. е. меньше напряжения на истоке). С этим легко справится ОУ DA2, поскольку напряжение его питания +3,7 В. Транзистор STD30PF03L-1 имеет низкое пороговое напряжение (около 1 В), поэтому стабилизатор будет работать даже при сильном разряженном аккумуляторе (до 2,7 В). Как видно из схемы, на инвертирующий вход ОУ DA2 через резистор R8 поступает образцовое напряжение Vref, а на его неинвертирующий вход подаётся не выходное напряжение стабилизатора, а напряжение, которое получается в месте контакта зажима с измеряемым резистором. Другими словами, стабилизатор устанавливает образцовое напряжение Vref именно в месте контакта измеряемого резистора Rx с зажимом. Выходное напряжение ОУ через резистор R10 поступает на затвор транзистора VT1. При подключении нагрузки к выходу стабилизатора его выходное напряжение уменьшится, а вместе с ним уменьшится напряжение на неинвертирующем входе ОУ DA2, а также его выходное напряжение. Это приведёт к тому, что напряжение на затворе транзистора также снизится, транзистор приоткроется, возвратив выходное напряжение стабилизатора на прежний уровень. При отключении нагрузки всё произойдёт наоборот.

ОУ DA2 имеет вход разрешения EN (вывод 5), низкий уровень на котором переводит выход ОУ в высокоимпедансное состояние. В этом случае затвор транзистора VT1 оказывается подключённым к истоку через резистор R11, что приведёт к закрытию транзистора. Если на вход разрешения DA2 подать высокий уровень, выход ОУ включится, что приведёт к работе стабилизатора в штатном режиме. Как видно из схемы, сопротивление резистора R10 в тысячу раз меньше сопротивления резистора R11, поэтому в этом случае влияние R11 на включение транзистора ничтожно мало.

Включение и выключение стабилизатора осуществляются сигналом, подаваемым МК с вывода P1.4.

К выходу стабилизатора подключены светодиод через двухконтakтный штыревой разъём XP11 (см. рис. 2) и двухпроводный кабель с ответным разъёмом XS1 (рис. 7). Светодиод расположен на лицевой поверхности корпуса и сигнализирует о наличии напряжения

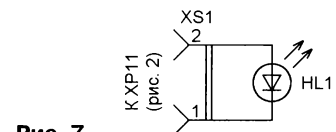


Рис. 7

на выходе стабилизатора. Он загорается только в процессе измерения, на время не более секунды.

Напряжение питания платы с условным значением +3,7 В поступает с двухконтактного цангового штыревого разъёма XP7. На самом деле напряжение полностью заряженного аккумулятора — около +4,2 В, а разряженного, но ещё находящегося в штатном режиме работы, — +2,7 В.

Все резисторы, кроме R1, и конденсаторы, кроме C6—C9, — для поверхностного монтажа типоразмера 0603, конденсаторы C6—C9 — типоразмера 0805. Резистор R1 — мощностью рассеяния 15 Вт в металлическом корпусе. Все разъёмы (кроме XP1—XP3 и XP5) — штыревые с шагом 1,27 мм (PLL-0X), разъёмы XP1 и XP2 — цанговые с шагом 2,54 мм (PSLM-0X). О разъёмах XP3 и XP5 уже было упомянуто выше. Питают этот вариант миллиомметра от аккумулятора 18650 HG2 размерами 18×65 мм ёмкостью 3 А·ч.

В схеме миллиомметра с OLED-индикатором, в основном повторяющейся

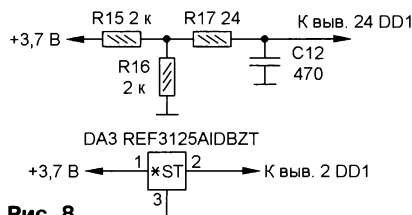


Рис. 8

схему с ЖКИ (см. рис. 2), изменены и добавлены некоторые компоненты (рис. 8). Нумерация элементов продолжает начатую на рис. 2. Для определения степени заряженности аккумулятора добавлены два резистора R15 и R16 (с допуском 0,1%), напряжение из точки соединения которых через цепь R17C12 подаётся на ещё один вход АЦП МК — вывод 24 DD1 (ADC0.1). Напряжение в точке соединения резисторов делителя, вдвое меньшее напряжения питания, измеряет АЦП МК. В зависимости от его значения на экран индикатора выводится рисунок аккумулятора с тремя элементами, по числу которых можно судить о степени его заряженности.

В качестве источника образцового напряжения используется внешний ИОН DA3 (REF3125AIDBZT) с выходным напряжением $V_{ref} = 2,5$ В. Цанговые разъёмы PSLM-0X с шагом 2,54 мм (XP1, XP2) заменены на штыревые с шагом 1,27 мм (PLL-0X). Резистор сопротивлением 4,7 Ом мощностью рассеяния 15 Вт (R1) заменён на двухваттный C2-29В-2 0,5% сопротивлением 5,11 Ом. Изменено подключение OLED-индикатора к разъёму XP9 (рис. 9). В этом варианте прибора используется аккумулятор того же диаметра (18 мм), но более короткий (49 мм против 65 мм в устройстве с ЖКИ) — 18490 AW ёмкостью 1,1 А·ч.

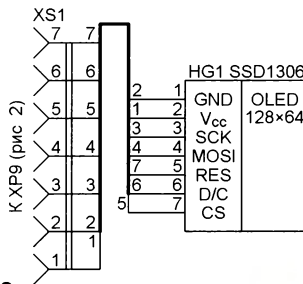


Рис. 9

В остальном схема миллиомметра с OLED-индикатором идентична схеме рис. 2. Указанные изменения позволили расположить прибор в более миниатюрном корпусе.

Оба варианта устройства собраны на платах из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертежи печатных плат в масштабе 1:1 и расположение элементов в масштабе 2:1 показаны на рис. 10, рис. 11 — для варианта с ЖКИ, на рис. 12, рис. 13 — для варианта с OLED-индикатором. В

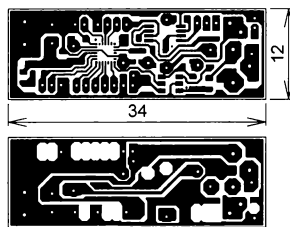


Рис. 10

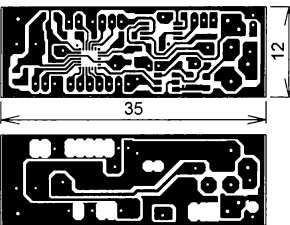


Рис. 12

отверстия (не для разъёмов) вставляются отрезки лужёного провода и пропаиваются с обеих сторон платы. На одной стороне платы размещены элементы для поверхностного монтажа, на другой — выводные элементы и разъёмы. На рис. 14 и рис. 15 приведены фотографии собранных плат, сделанные со стороны расположения компонентов для поверхностного монтажа. Фотографии сделаны перед тем, как к ним были припаяны образцовый резистор и полевой транзистор (и разъёмы — на рис. 15).

По фотографии прибора с ЖКИ в открытом корпусе разме-

рами 120×60×30 мм (рис. 16) можно составить представление о его внутреннем устройстве. Корпус состоит из двух половин. На первой, лицевой, стороне прибора прорезано окно для индикатора, плата которого приклеена к обратной стороне первой половины полосками губчатой ленты с двухсторонним липким слоем. На лицевой стороне также расположены светодиод, кнопка и выключатель питания, а для ручки движкового переключателя интервалов измерения прореза-

но прямоугольное окно. На этой же стороне укреплены разъёмы для подключения измерительных зажимов Кельвина, к которым припаяны провода с ответными разъёмами. На внутренней стороне второй половины корпуса расположены аккумулятор, приклеенный полоской губчатой ленты с двухсторонним липким слоем, движковый переключатель, к которому припаяны две латунные стойки с внутренней резьбой M2,5, привинченные к корпусу с обратной стороны винтами M2,5 с потайными

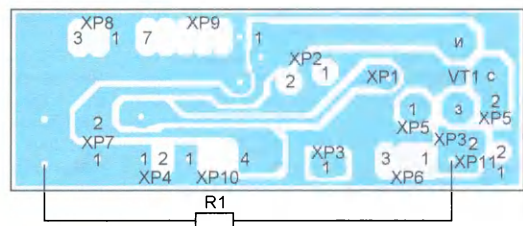
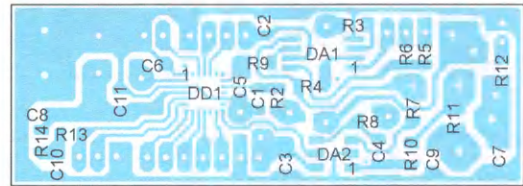


Рис. 11

головками, плата с разъёмом для зарядки аккумулятора, привинченная к корпусу с обратной стороны двумя винтами M2 с потайными головками и гайками. Транзистор припаян к медной пластине размерами 25×15×1,5 мм, в которой просверлено отверстие и нарезана резьба M3. Эта пластина крепится к внутренней поверхности второй половины корпуса винтом M3 с потайной головкой. Все выводы транзистора впаиваются в плату со стороны расположения элементов для поверхностного монтажа. Образцовый резистор привинчен к внутренней части верхней торцевой планки корпуса винтами M2 с потайными головками и гайками. С платой этот резистор соединён двумя проводами сечением 0,7 мм², впаиваемыми в плату. Плата не имеет крепёжных отверстий, поскольку она держится на

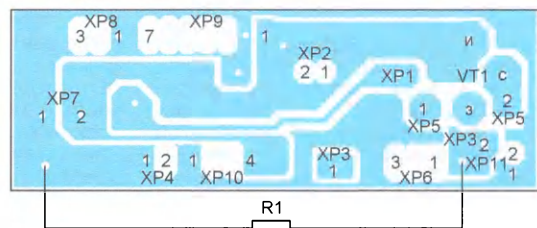
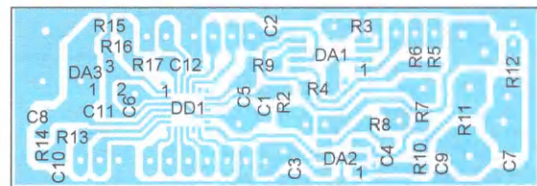


Рис. 13

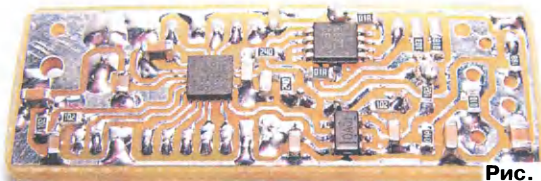


Рис. 14

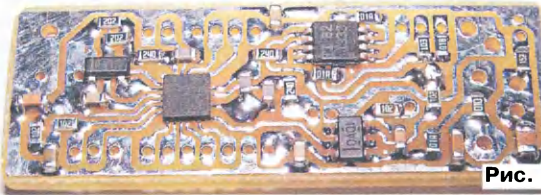


Рис. 15

жёстких выводах транзистора и дополнительно — на проводах образцового резистора. Обе половины корпуса соединяют винтами М3 с потайными головками.

Прибор с OLED-индикатором размещён в корпусе размерами 105×40×25 мм, также состоящим из двух половин (рис. 17). Индикатор расположен на внутренней части первой половины корпуса, в которой прорезано окно, и прижат к корпусу стеклотекстолитовыми шайбами, четырьмя винтами М1,6 с потайными головками и гайками. Чтобы не повредить отображающую поверхность индикатора, между платой и внутренней поверхностью корпуса установлены резиновые прокладки толщиной 0,5 мм от резинового бинта. Остальные компоненты на этой половине корпуса расположены аналогично прибору с ЖКИ. В основном компоненты прибора на второй половине корпуса расположены аналогично их расположению в приборе с ЖКИ. Отличия состоят только в том, что образцовый резистор просто впаян в плату, а разъём для зарядки аккумулятора расположен снизу и выведен на нижнюю торцевую поверхность корпуса. Обе половины корпуса скрепляются двумя боковыми панелями с защёлками.

Как было упомянуто выше, для зарядки аккумулятора используется специальная плата на микросхеме TP4056, оборудованная разъёмом MicroUSB для подключения к ней устройства для зарядки телефона с выходным напряжением 5 В. К выходным контактам устройства на TP4056 припаян двухпроводный кабель, а на другой его стороне — вилка на кабель (рис. 18). Во время зарядки аккумулятора питание прибора должно быть выключено, а зарядное устройство для телефона подключено к сети. При правильном подключении начнётся зарядка аккумулятора и на плате включится красный светодиод. По завершении зарядки, когда аккумулятор зарядится до напряжения 4,2 В, красный светодиод погаснет и включится синий, сигнализируя об окончании зарядки. Здесь следует заметить, что на плате с TP4056 по умолчанию установлен максимальный зарядный ток 1 А. Такой ток обеспечивают далеко не все зарядные устрой-

ства для телефона. Кроме того, при токе 1 А плата сильно нагревается и может выйти из строя от перегрева. Поэтому, если использовать зарядное устройство для телефона, обеспечивающее ток 1 А или более, плату необходимо установить на теплоотвод. Автор использовал игольчатый теплоотвод с площадью поверхности около 70 см². Плата приклеена к теплоотводу гибкой термопрокладкой

с двухсторонним липким слоем (белого цвета на рис. 18). Если же зарядное устройство обеспечивает ток не более 0,5 А, теплоотвод не нужен, поскольку в этом случае нагрев платы небольшой, правда, время зарядки аккумулятора будет существенно больше. Метод передискретизации и усреднения для увеличения разрешающей способности 14-разрядного SAR-АЦП (встроенного в МК EFM8LB12), используемый для измерений необходимых напряжений в миллиомметре, подробно описан в [1], поэтому описывать его здесь ещё раз, на взгляд автора, не имеет смысла. Вывод информации на индикаторы ЖК Nokia 5110 и OLED 1306

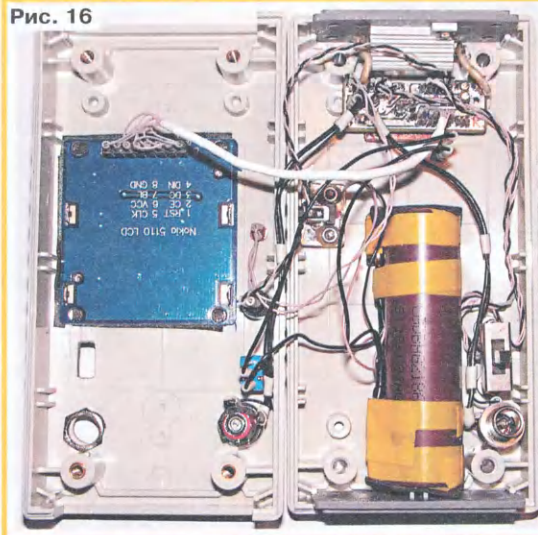


Рис. 16

также подробно описан в [1], поэтому здесь не приводится. Единственно, что необходимо отметить, поскольку индикаторы перевёрнуты (разъёмом вверх, иначе он упрётся в аккумулятор, рис. 16, рис. 17), все выводимые символы также перевёрнуты. Для LCD-5110 это легко сделать в программе GLCD Font Creator, отразив их зеркально по вертикали и горизонтали. Для OLED-1306 это вообще не представляет проблемы, поскольку это делается всего двумя командами, отвечающими за способ вывода, либо слева направо и сверху вниз, либо наоборот. Формула (7) для расчёта измеряемого резистора R_x проста, и запрограммировать её в

МК не составляет большого труда. Поэтому ниже описаны только суть работы подпрограмм, используемых в миллиомметре, и способ их запуска.

Таких подпрограмм три: подпрограмма калировки полной шкалы АЦП МК, подпрограмма установки нуля прибора на выбранном интервале измерения, подпрограмма штатной работы прибора. Кроме того, в миллиомметре с OLED-индикатором дополнительно используется подпрограмма индикации уровня зарядки аккумулятора.

Подпрограмма калировки полной шкалы АЦП может быть запущена только при открытом корпусе прибора. Эту подпрограмму требуется запустить всего один раз, перед тем как корпус прибора будет закрыт.

Для запуска подпрограммы калировки полной шкалы АЦП необходимо:

1. Снять с разъёма XP10 (см. рис. 2) ответный разъём кабеля.
2. Замкнуть контакты 1—3 разъёма XP10 трёхконтактной перемычкой — ответным разъёмом с соединительными тремя контактами между собой.
3. Снять двухконтактную перемычку с контактов разъёма XP2.
4. Соединить контакт 2 разъёма XP2 с контактом одноконтактного разъёма XP1. Для этого необходимо изготовить однопроводный кабель, с двумя гнездами на его концах.
5. Включить питание прибора.

Подпрограмма измерит образцовое напряжение V_{ref} в безразмерном виде, АЦП покажет значение, близкое к 1 (например, у одного экземпляра МК это значение было равно 0,9998). Далее вычисляется обратное значение, в этом случае равное 1/0,9998 ≈ 1,0002, которое в виде коэффициента К запишется во флэш-память МК (K = 1,0002) и затем прочтётся из неё. Далее будет произведено повторное измерение напряжения, которое будет умножено на К и выведено на индикатор. Показания на экране должны быть: "1.000" — для прибора с ЖКИ и "1.0000" — для прибора с OLED-индикатором. Если на индикаторах получены такие показания, это означает, что калировка полной шкалы произведена правильно. В противном случае необходимо произвести калировку заново, выключив и включив питание прибора.

После калировки полной шкалы необходимо вернуть все разъёмы в первоначальное состояние и закрыть корпус прибора. На этом калировка полной шкалы заканчивается.

Запуск подпрограммы установки нуля для каждого интервала измерений необходимо проводить в следующей последовательности:

1. Подключают к прибору разъёмы от зажимов и соединяют их измерительные контакты между собой.
2. Не включая питания, нажимают на кнопку и, не отпуская её, включают питание. Далее кнопку следует отпустить. Подпрограмма прочтёт из флэш-памяти коэффициент К, полученный при калировке полной шкалы АЦП,

и с учётом этого коэффициента произведёт измерение сопротивления (в данном случае это сопротивление равно нулю). Результат будет выведен на экран. Показания для индикаторов ЖК и OLED должны быть нулевыми на каждом интервале. Подпрограмма вычислит разность между нулём и измеренным сопротивлением, запишет эту разность в виде коэффициента K_0 — для первого интервала измерения, K_1 — для второго и K_2 — для третьего.

3. Выключают питание и включают его вновь. Затем нажимают и отпускают кнопку. Программа прочтёт из флэш-памяти записанные ранее коэффициенты (K , K_0 , K_1 и K_2), измерит сопротивление (нулевое, поскольку зажимы замкнуты) и с учётом коэффициентов выведет результат на экран индикатора. Показания прибора также должны быть нулевыми. В противном случае необходимо произвести повторно установку нуля (см. п. 2). Во время измерения временно, не более секунды, загорится и погаснет светодиод.

4. Производят установку нуля на всех трёх интервалах.

На этом установка нуля прибора заканчивается.

Измеряют сопротивление резисторов в штатном режиме работы так:

1. Подключают измеряемый резистор к зажимам.
2. Устанавливают нужный интервал измерения.
3. Включают питание прибора.
4. Нажимают и отпускают кнопку.

Программа прочтёт из флэш-памяти записанные ранее коэффициенты (K , K_0 , K_1 и K_2), измерит сопротивление подключённого резистора и с учётом коэффициентов выведет результат на экран индикатора. Во время измерения временно, не более секунды, загорится светодиод, который затем погаснет, а показания останутся на экране.

Подпрограмма для индикации уровня зарядки аккумулятора работает так:

Максимальное напряжение, до которого заряжается аккумулятор, как было упомянуто выше, равно 4,2 В. Минимально допустимое напряжение, при котором аккумулятор функционирует в штатном режиме, — 2,7 В. Разность между этими двумя напряжениями — 4,2 В — 2,7 В = 1,5 В. Если разделить это число на три части, то получим 0,5 В. В соответствии с этим можно найти три граничных напряжения, определяющих степень заряженности аккумулятора — 2,7 В, 3,2 В и 3,7 В.

Для определения выходного напряжения аккумулятора $U_{\text{БАТ}}$, как было указано выше, это напряжение, уменьшенное в два раза делителем R15R16, подаётся на вход АЦП МК. Подпрограмма измеряет это напряже-

ние, и если $U_{\text{БАТ}} \leq 2,7$ В, то индицируется "пустой" аккумулятор, если $2,7 \text{ В} < U_{\text{БАТ}} \leq 3,2$ В, то индицируется аккумулятор с одним засвеченным элементом, если $3,2 \text{ В} < U_{\text{БАТ}} \leq 3,7$ В — с двумя, если $U_{\text{БАТ}} > 3,7$ В — с тремя. Если для измерения напряжений U_{out}

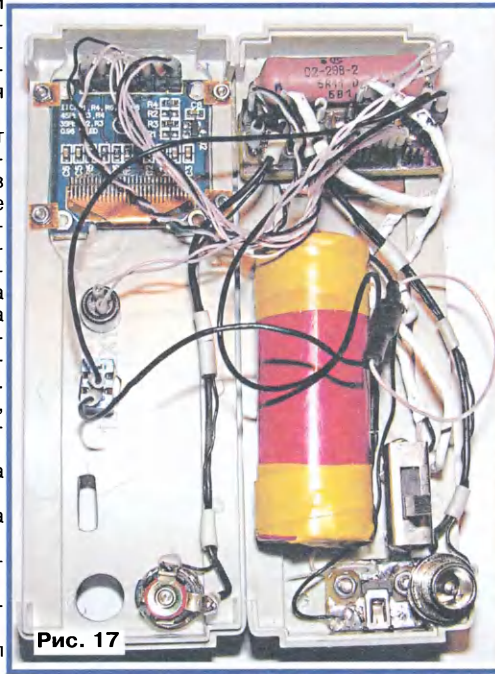


Рис. 17

и $U_{\text{РобР}}$, использующихся в расчёте сопротивления измеряемого резистора R_x по формуле (7), производится 64-кратное усреднение результатов 1024 показаний АЦП (усреднённых с дедимацией), для измерения значения $U_{\text{БАТ}}$ производится восьмикратное усреднение. Это сделано в связи с тем, что высокая точность измерения

восемь раз, чтобы аккумулятор меньше разряжался.

Здесь следует заметить, что если время измерения R_x не превышает одной секунды, т. е. каждое измерение требует 0,5 А·с, аккумулятора ёмкостью 1 А·ч (3600 А·с), используемого в приборе с OLED-индикатором, хватит на $3600 \text{ А·с} / 0,5 \text{ А·с} = 7200$ измерений до полной разрядки аккумулятора. Ёмкость аккумулятора, используемого в приборе с ЖКИ, в три раза больше (3 А·ч), поэтому и число измерений им в три раза больше. Потребляемый миллиомметрами ток только при индикации показаний — около 15 мА для прибора с ЖКИ и около 20 мА — для прибора с OLED-индикатором, т. е. существенно меньше, чем во время измерения (500 мА). Также следует отметить, что потребление тока только в режиме индикации для миллиомметров (15 и 20 мА) в два—три раза больше, чем потребление тока вольтметрами (5 и 10 мА соответственно), описанными в [1]. Утроенное потребление тока — следствие утроенной тактовой частоты процессора МК (72 МГц в миллиомметрах против 18 МГц в вольтметрах [1]). Однако утроение тактовой частоты процессора МК уменьшило время измерения, когда протекает ток 0,5 А, до 1 с (при частоте 18 МГц это время — 3 с). Здесь, на взгляд автора, комментарии излишни.

О степени заряженности аккумулятора прибора с ЖКИ можно судить по яркости светодиода — если светодиод тускло горит, значит, аккумулятор следует подзарядить. Кроме того, при необходимости, напряжение аккумулятора можно измерить вольтметром.

Для проверки работоспособности приборов автор подобрал несколько резисторов с однопроцентным допуском разного сопротивления и два шунта (класса 0,5). Результаты измерений показаны на рис. 19—рис. 26 (см. 2-ю и 3-ю с. обложки). На рис. 19 показано измерение сопротивления резистора C2-29B-1 номинальным сопротивлением 5,11 Ом, на рис. 20 — резистора KNP300 сопротивлением 0,1 Ом, на рис. 21 — резистора для поверхностного монтажа типоразмера 2512 сопротивлением 0,01 Ом, на рис. 22 — шунта 75ШСММ3-75-0,5 номинальным сопротивлением 1 МОм, на рис. 23 — резистора C5-16MВ сопротивлением 0,15 Ом, на рис. 24 — резистора для поверхностного монтажа типоразмера 2512 сопротивлением 5 МОм, на рис. 25 — шунта 75ШСММ3-75-0,5 номинальным сопротивлением 1 МОм, на рис. 26 — шунта 75ШСМТ2 номинальным сопротивлением 0,5 МОм.

Проведя эксперименты по измерению сопротивления резисторов и шунтов и увидев их результаты, автор, при-

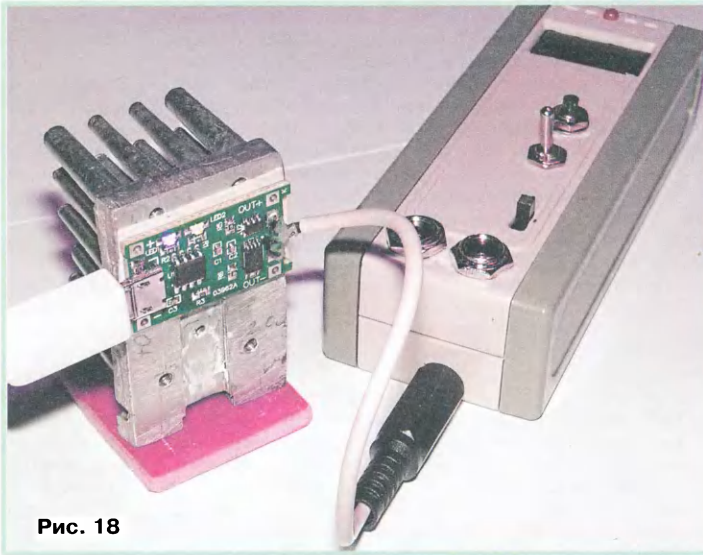


Рис. 18

не нужна, а восьмикратное усреднение требует в восемь раз меньше времени, чем 64-кратное. А это дополнительное время, которое входит в общее время прохождения большого тока (0,5 А). Поэтому оно и снижено в

зняться, был слегка ошеломлён. Конечно, предполагалось, что прибор, по идее, должен измерять подобные значения, но откуда взялась такая невероятная чувствительность и приемлемая точность, особенно при измерении сопротивления шунтов?

Тогда автор начал искать причину таких результатов. И вот, что выяснилось.

Если судить о погрешности результатов измерений, учитывая формулу (7), можно прийти к выводу, что сопротивление измеряемого резистора R_x зависит от четырёх параметров — от результатов измерений двух напряжений U_{out} и U_{Robr} , от коэффициента усиления ИУ G и сопротивления $R_{обр}$. Если не учитывать погрешности измерений напряжений U_{out} и U_{Robr} , остаются два параметра — G и $R_{обр}$. Как следует из технической документации на ИУ INA333, типовая (максимальная) погрешность установки коэффициента G при $G = 1$ равна 0,01 % (0,1 %), при $G = 10$ — 0,05 % (0,25 %), при $G = 100$ — 0,07 % (0,25 %). Коэффициент G устанавливают резисторами $R5$ и $R6$ (см.

рис. 2), имеющими допуск 0,1 %. Хотя допуск $R_{обр}$ равен 0,5 %, сопротивление образцовых резисторов было измерено более точным прибором, с погрешностью около 0,1 %. Если принять среднее значение погрешности установки коэффициента G равное $G = 0,1$ % и суммировать его с погрешностями $(R5/R6) = 0,1$ % и $R_{обр} = 0,1$ %, получим, что усреднённая погрешность измерения прибором сопротивления R_x будет: $R_x = G + (R5/R6) + R_{обр} = 0,3$ %. Но даже если принять максимальную погрешность $G = 0,25$ %, $R_{обр} = 0,5$ % и $(R5/R6) = 0,1$ %, то получим $R_x = 0,85$ %, т. е. не более 1 %, причём на всех трёх интервалах измерения. Вероятно, погрешность R_x лежит где-то посередине между 0,3 % и 0,85 %. Конечно, хорошо бы измерить сопротивление тех же резисторов, что приведены на рис. 19—рис. 26, более точным прибором, но, к сожалению, у автора такого прибора нет.

В заключение хотелось бы отметить приличную точность измерения прибором малых сопротивлений. Простота схем, несложная разводка плат и их

малый размер позволили расположить приборы в миниатюрных корпусах и, кроме того, определили возможность их лёгкого повторения. Стоимость всех комплектующих прибора, по подсчётам автора, не превышает 10 долл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Цифровой вольтметр с шестью значащими цифрами. — Радио, 2020, № 9, с. 18—24.
2. Кузьминов А. Ю. Связь между компьютером и микроконтроллером. Современные аппаратные и программные средства. — М.: Перо, 2018.
3. Кузьминов А. Программирование микроконтроллеров EFM8 с помощью встроенного загрузчика программ. — Радио, 2018, № 12, с. 11—14.

От редакции. По адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/02/milliommetr.zip> имеются файлы печатных плат устройства в формате Sprint Layout и программное обеспечение.

Контрольно-сигнальное устройство

А. МЕЛЬНИКОВ, г. Барнаул

В быту и на производстве зачастую требуется устройство, позволяющее одновременно контролировать состояние нескольких датчиков и выдающее сигнал тревоги при изменении состояния одного из них. Такое устройство может быть полезным при реализации системы "умный дом", системы охранной сигнализации, системы контроля параметров (напряжения, тока, температуры, давления и т. д.) на удалённых объектах, а также для многих других целей. Построить подобное устройство можно, взяв за основу многоканальную систему охранной сигнализации, описания которых неоднократно публиковались в журнале "Радио", или использовать систему, специально разработанную для контроля состояния большого числа датчиков. Одна из таких систем описана в [1].

По мнению автора, устройство, предназначенное для контроля состояния датчиков удалённых объектов, должно отвечать нескольким требованиям. Во-первых, оно должно быть защищено от помех, наводимых в соединительной линии, во-вторых, оно должно быть экономичным, в-третьих, иметь максимально простую конструкцию и в-четвёртых, реагировать появлением сигнала на любое изменение состояния датчиков, то есть как на замыкание, так и на размыкание их контактов.

Реализовать первое требование наиболее просто, обеспечив гальва-

ническую развязку между входными цепями и цепями самого устройства с помощью оптопар. Реализации второго требования способствует отказ от применения в цепях контроля электромагнитных реле и построение логической части устройства на микросхемах КМОП-структуры. Третье требование позволит реализовать рациональное построение узла контроля состояния датчиков, представляющего собой многоходовый элемент ИЛИ. В качестве такого узла можно использовать многоходовые логические элементы, диоды или конденсаторы (именно с применением конденсаторов построено устройство [1]). Однако использование таких узлов в большинстве случаев затрудняет реализацию четвёртого требования, то есть выдачу сигнала при любом изменении состояния контактов датчиков.

Так как сигналы, подаваемые на вход устройства, являются дискретными (цифровыми), они могут принимать лишь два значения (высокий или низкий уровень), в качестве узла сравнения удобно использовать компаратор цифровых сигналов — микросхему K561ИП2. Эта микросхема имеет два четырёхразрядных входа и изменяет логическое состояние своих выходов в зависимости от кодов на входах. Более подробно описание этой микросхемы можно найти, например, в [2].

Принцип работы как цифрового, так и аналогового компаратора заключается в сравнении двух величин, поступающих на его входы. Для того чтобы "заставить" цифровой компаратор выдавать выходной сигнал при любом изменении логического уровня на одном из входов, этот сигнал следует подать на один из адресных входов компаратора, а на другой вход подать тот же сигнал через интегрирующую RC-цепь. При этом сигнал на втором входе будет играть роль образцового, и в случае изменения входного логического уровня компаратор выдаст сигнал разбалансировки, длительность которого определяется временем изменения логического уровня на втором входе и задаётся параметрами RC-цепи.

Схема устройства, предназначенного для контроля состояния четырёх датчиков, и построенная исходя из приведённых выше принципов, показана на рис. 1. В исходном состоянии на выходе $A=B$ микросхемы цифрового компаратора DD1 присутствует высокий логический уровень, транзистор VT1 и тиристор VS1 закрыты, поэтому звуковой излучатель со встроенным генератором HA1, а также светодиоды HL6, HL7 отключены. При подаче на один из входов, например первый (XТ1), напряжения от контролируемого датчика включается светодиод HL1 и открывается фототранзистор оптопары U1.1. При этом конденсатор C3 быстро заряжается, и на входе B0 (вывод 11) цифрового компаратора DD1 появляется высокий логический уровень. Но так как на входе A0 (вывод 10) высокий логический уровень появляется с задержкой, обусловленной постоянной времени цепи R16C9, на выводе 3 компаратора на время зарядки конденсатора C9 появляется низкий логический уровень, в результате чего транзистор VT1 открывается и включается светодиод HL6.

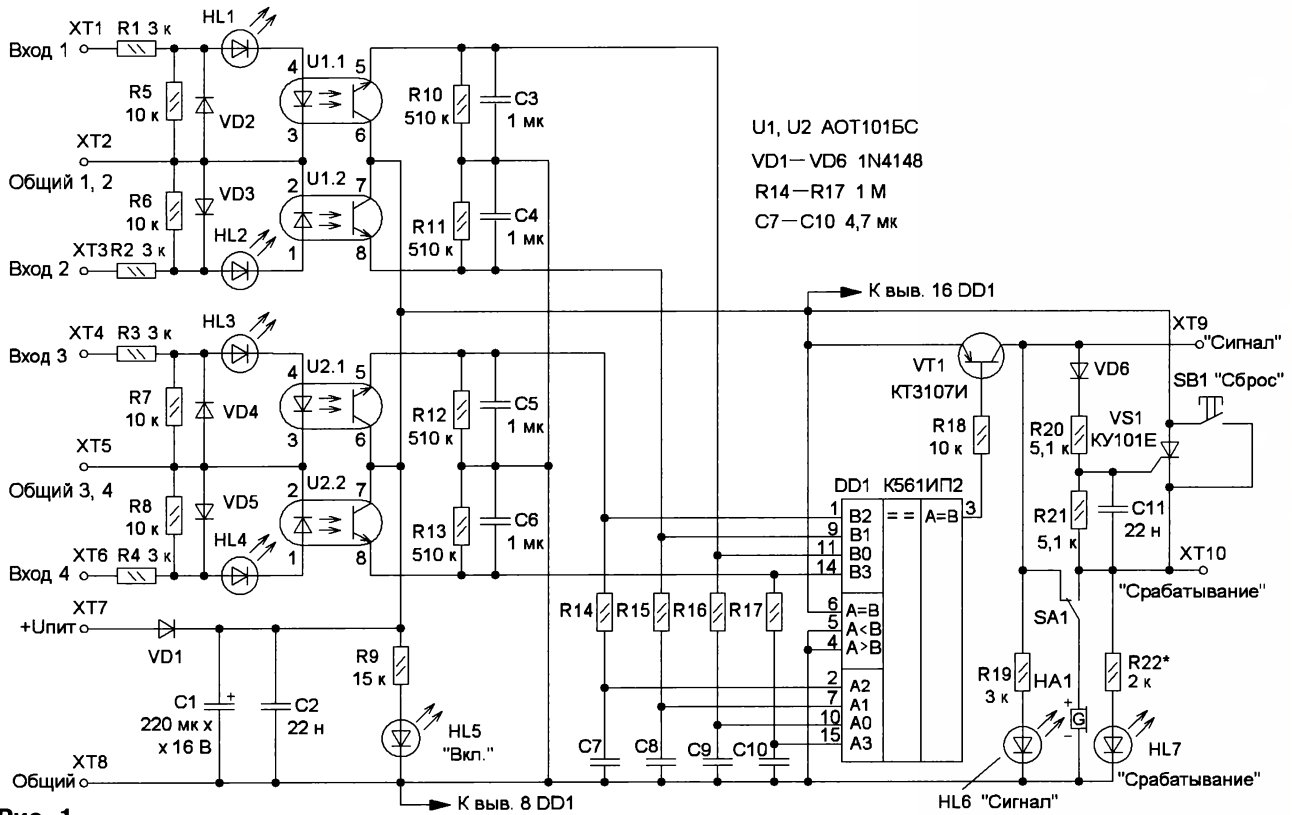


Рис. 1

Одновременно с этим напряжение с коллектора транзистора через диод VD6 и резистор R20 поступает на управляющий электрод тиристора VS1, который открывается и удерживается током, протекающим через светодиод HL7. По окончании зарядки конденсатора C9 на выходе компаратора снова появляется высокий уровень напряжения, транзистор VT1 закрывается и светодиод HL6 гаснет, но тиристор остаётся открытым.

В случае исчезновения напряжения на "Входе 1" конденсатор C3 разряжается через резистор R10, и после появления на входе B0 компаратора низкого логического уровня на выходе A=B компаратора появится низкий уровень напряжения на время, определяемое продолжительностью разрядки конденсатора C9 через резисторы R16 и R10. Остальные входы устройства работают аналогично, при этом устройство способно выдавать сигналы при любом сочетании входных логических уровней. Постоянная времени цепей R10C3, R11C4, R12C5 и R13C6 выбрана такой, чтобы устройство не реагировало на непродолжительное исчезновение входного напряжения, поэтому с помощью устройства можно контролировать наличие переменного напряжения с частотой 50 Гц.

Характер подачи звукового сигнала зависит от положения переключателя SA1. Если переключатель находится в показанном на схеме положении, звуковой сигнал включается на время зарядки (разрядки) одного из конденсаторов C7—C10 через соответствующие резисторы. Если переключатель

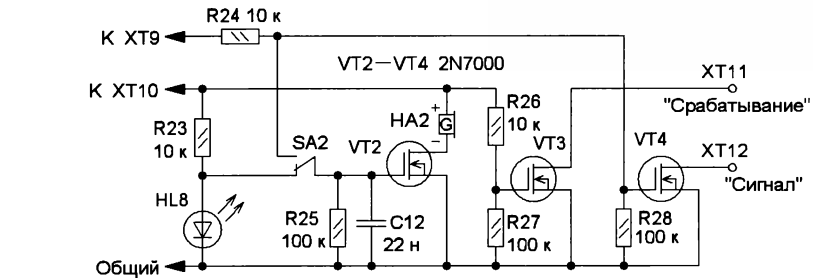


Рис. 2

переведён в правое по схеме положение, звуковой излучатель HA1 оказывается подключённым к катоду тиристора, и звуковой сигнал звучит непрерывно до момента сброса устройства в исходное состояние путём нажатия на кнопку SB1 "Сброс". Нажатие на эту кнопку при не сработавшей сигнализации приводит к включению светодиода HL7 и звукового сигнализатора (в том случае, если последний подключён к катоду тиристора), поэтому кнопку можно использовать для проверки работоспособности звуковой сигнализации.

Устройство может получать питание от любого стабилизированного источника с выходным напряжением 5...14 В и током нагрузки не менее 50 мА. Диод VD1 защищает устройство от подачи питающего напряжения в неправильной полярности, конденсатор C1 — сглаживающий, C2 — блокировочный в цепи питания микросхемы. Светодиод HL5 сигнализирует о включении устройства.

Напряжение, которое можно подавать на входы устройства, зависит от

сопротивления резисторов входных делителей, а также их мощности рассеяния и для указанных на схеме элементов составляет 5...15 В. В том случае, если входное напряжение больше, следует установить резисторы R1—R4 большей мощности и, при необходимости, большего сопротивления или использовать дополнительные внешние резисторы. Диоды VD2—VD5 защищают светодиоды и излучающие диоды оптопар от обратного напряжения, предотвращая выход этих элементов из строя в случае подключения входных клемм в неправильной полярности, а также позволяют подавать на входы устройства переменное напряжение. Резисторы R5—R8 определяют минимальный ток, при котором включаются светодиоды и излучающие диоды оптопар.

Контакты XT9, XT10 сигнализатора можно использовать для подключения внешних исполнительных устройств через дополнительные транзисторные или оптоэлектронные ключи. Для пре-

дотрачивания повреждения элементов устройства в случае замыкания выходов на общий провод в цепи контактов XT9, XT10 желательно включить резисторы сопротивлением 0,5...1 кОм.

до 150 мА (при использовании на месте VT3, VT4 более мощных транзисторов к клеммам XT11, XT12 возможно подключение нагрузки большей мощностью).

ные К73-17 (на месте конденсаторов C7—C10 также можно использовать танталовые конденсаторы ТЕСАР). Микросхема DD1 заменяема функциональным аналогом из серии КР1561 или

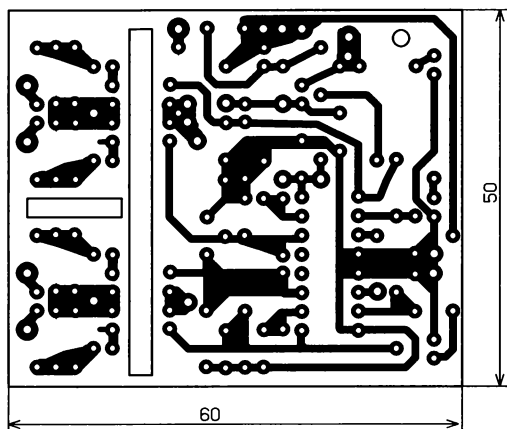


Рис. 3

Чтобы звуковой сигнал, подаваемый устройством при открывании тиристора, был более заметным, его можно сделать прерывистым, дополнив устройство приставкой, схема которой приведена на рис. 2 (нумерация элементов продолжает начатую на рис. 1). При использовании приставки звуковой излучатель HA1 и переключатель SA1 из устройства следует удалить (функции этих элементов будут выполнять звуковой излучатель HA2 и переключатель SA2 приставки). Если переключатель SA2 находится в верхнем по схеме положении, затвор полевого транзистора VT2 через резистор R24 соединён с коллектором транзистора VT1, поэтому звуковой излучатель кратковременно срабатывает при изменении состояния входов устройства. В случае перевода переключателя SA2 в нижнее по схеме положение затвор полевого транзистора соединяется с анодом мигающего светодиода HL8, поэтому звуковой сигнал будет включаться в такт со вспышками этого светодиода. Транзисторы VT3, VT4 образуют дополнительные ключи, позволяющие подключать исполнительные устройства с рабочим напряжением до 40 В и током

Детали устройства можно разместить на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, чертёж которой приведён на рис. 3. Для обеспечения надёжной гальванической развязки между входными цепями оптопар и остальных элементами устройства в печатной плате выполнены прорезы. Конденсатор C1 установлен параллельно, а диод VD6 и резистор R20 — перпендикулярно плате, а левый по схеме вывод резистора и катод диода спаяны между собой. Все светодиоды установлены со стороны деталей, а выводы светодиодов надеты трубки высотой 5 мм (отрезки стержня от шариковой ручки). Внешний вид смонтированной платы приведён на рис. 4.

В устройстве можно использовать любые подходящие по габаритам резисторы, оксидный конденсатор — К50-35 или импортный, остальные конденсаторы — керамические К10-7 или плёноч-

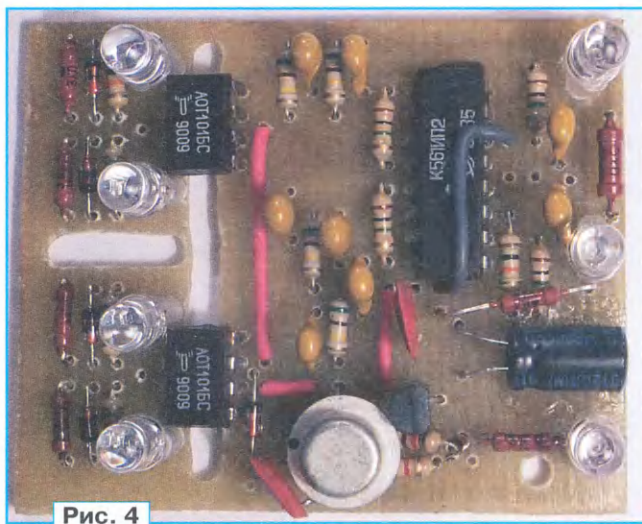


Рис. 4

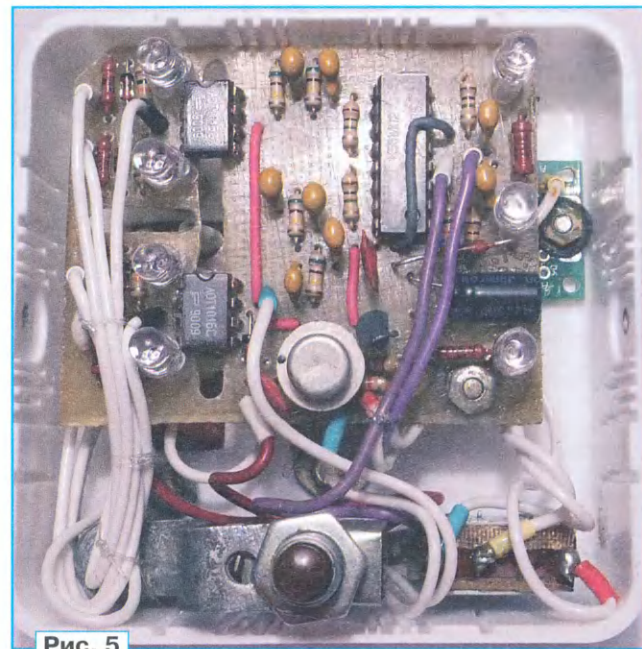


Рис. 5

импортной микросхемой MC14585BP. Транзистор VT1 — любой из серии КТ3107, транзисторы 2N7000 можно заменить транзисторами BS170 или КП501. Для управления мощными исполнительными устройствами на месте VT3, VT4 можно установить мощные переключательные транзисторы, например, IRF630 или IRFZ44N.

Тиристор VS1 — любой из серии КУ101, диоды — любые маломощные выпрямительные или импульсные, например, серий КД521 или КД522. Транзисторные двухканальные оптопары АОТ101 можно использовать с любым буквенным индексом или применить вместо них подходящие импортные. Светодиод HL8 — мигающий, он должен иметь минимальное прямое напря-

жение во включённом состоянии, поэтому здесь следует использовать светодиод красного свечения. Остальные светодиоды — любого типа, желательна повышенной яркости свечения.

Звуковой излучатель со встроенным генератором — НРМ14АХ или другой аналогичный, рабочее напряжение которого соответствует напряжению питания устройства. Переключатели SA1, SA2 — любой конструкции, например, движковые ПДМ1-1 или кнопочные П2К, кнопка SB1 — любая без фиксации (KM1-1, П2К или другая, имеющая нормально разомкнутые контакты). В том

на задней стенке, а для того чтобы устройство можно было закрепить, например, на стойке или на щите, по центру задней стенки с внутренней стороны корпуса установлена стальная пластина с резьбовым отверстием М5, в которое можно вкрутить крепёжный винт (рис. 6).

Верхней крышкой корпуса устройства служит подходящая по размеру лицевая панель от вышедшего из строя микроамперметра, закреплённая к корпусу с помощью двух стальных пластин с резьбой и винтов М3. Отверстие в лицевой панели, изначально предна-

уменьшить в несколько раз. Однако следует иметь в виду, что при постоянной времени менее 20 мс возможность работы устройства при подаче на вход переменного напряжения частотой 50 Гц будет потеряна.

Описанное устройство может найти самое различное применение. Его можно использовать в качестве прибора охранной сигнализации, работающего с датчиками на замыкание или на размыкание, а также для контроля наличия напряжения в сети 230 В, подключив входы устройства к фазным проводам сети через резисторы сопро-



Рис. 6



Рис. 7

случае, если звуковой сигнал должен отключаться не при отпускании, а после нажатия кнопки, последовательно с её контактами следует включить оксидный конденсатор ёмкостью 47 мкФ или более (плюсовым выводом к аноду тиристора), а параллельно конденсатору — резистор сопротивлением 1 МОм, служащий для разрядки конденсатора после отпускания кнопки.

В авторском варианте устройство собрано в пластмассовой распределительной коробке размерами 80×80×28 мм (рис. 5). Элементы узла по схеме рис. 2 размещены на отрезке универсальной макетной платы, которая закреплена на задней стенке корпуса, а напротив звукоизлучателя HA2 в задней стенке просверлено отверстие. Печатная плата устройства закреплена над монтажной платой с помощью стойки с резьбой М3, а верхний край платы опирается на прокладку из пористой резины, приклеенную к корпусу звукоизлучателя HA2.

Кнопка SB1 закреплена с помощью кронштейна, изготовленного из стальной полосы толщиной 2 мм, а для движка переключателя SA2 в задней стенке корпуса выполнена прорезь. Все входные и выходные цепи выведены на разъём РП14-10, расположенный

значенное для регулятора нулевого положения стрелки микроамперметра, рассверлено до диаметра 8,5 мм, и через него выведен толкатель кнопки SB1. Внешний вид устройства в сборе приведён на рис. 7.

Собранное правильно и из исправных деталей устройство начинает работать сразу. В том случае, если после изменения состояния любого из входов и кратковременного включения светодиода HL6 светодиод HL7 также гаснет, следует подобрать сопротивление резистора R22 таким образом, чтобы ток через светодиод HL7 превышал ток удержания применённого экземпляра тиристора. При необходимости продолжительность подачи звукового сигнала можно уменьшить или увеличить, изменив ёмкости конденсаторов С7—С10 и (или) сопротивление резисторов R14—R17, а яркость свечения светодиодов можно изменить путём подбора сопротивления соответствующих токоограничивающих резисторов.

Постоянная времени RC-цепей R10С3, R11С4, R12С5 и R13С6 задаёт время реакции устройства на исчезновение напряжения на одном из входов. Если это время необходимо уменьшить, номиналы резисторов и (или) конденсаторов, входящих в эти цепи, следует

увеличить до 75...100 кОм и мощностью 2 Вт (общие выводы входов при этом соединяют с нулевым проводом). Ток, потребляемый по цепи входов, при напряжении питания 12 В не превышает 3 мА, поэтому устройство можно использовать в качестве логического анализатора при исследовании различных устройств.

Для увеличения числа одновременно контролируемых датчиков несколько устройств можно соединить каскадом, как показано на рис. 8 и рис. 9 (общие провода входов всех устройств на схемах не показаны). На этих схемах приведены варианты соединения как с использованием "активных" выходов, так и выходов с открытым стоком (в первой схеме в цепь контактов ХТ9, ХТ10 каждого из устройств следует включить защитные резисторы сопротивлением 0,5...1 кОм). Оба устройства позволяют одновременно контролировать до шестнадцати датчиков, но в схеме, приведённой на рис. 9, число контролируемых линий нетрудно увеличить до двадцати, подключив дополнительные контактные датчики S1—S4 параллельно клеммам ХТ11 блоков А1—А4.

Логика работы индикации блока А5 зависит от способа подключения его

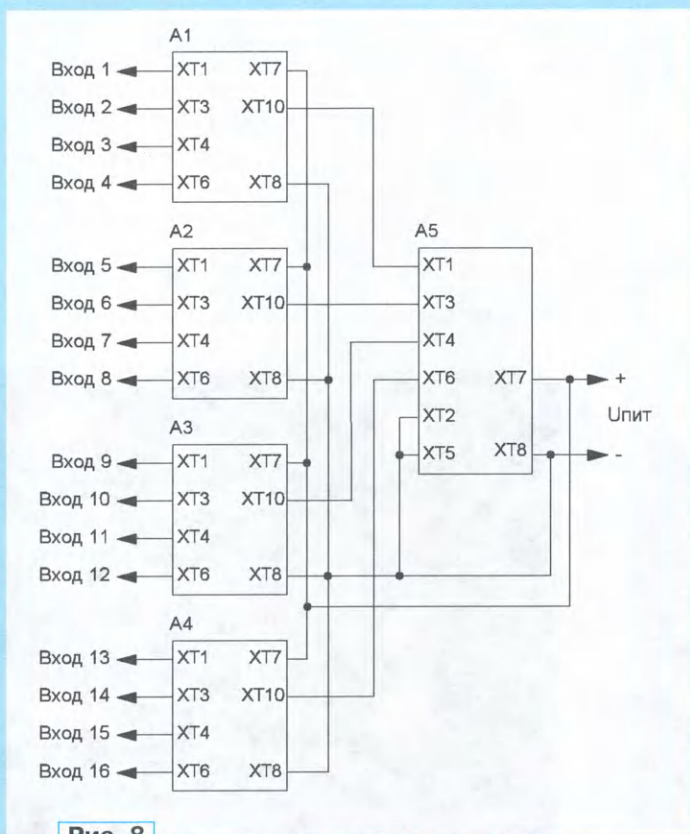


Рис. 8

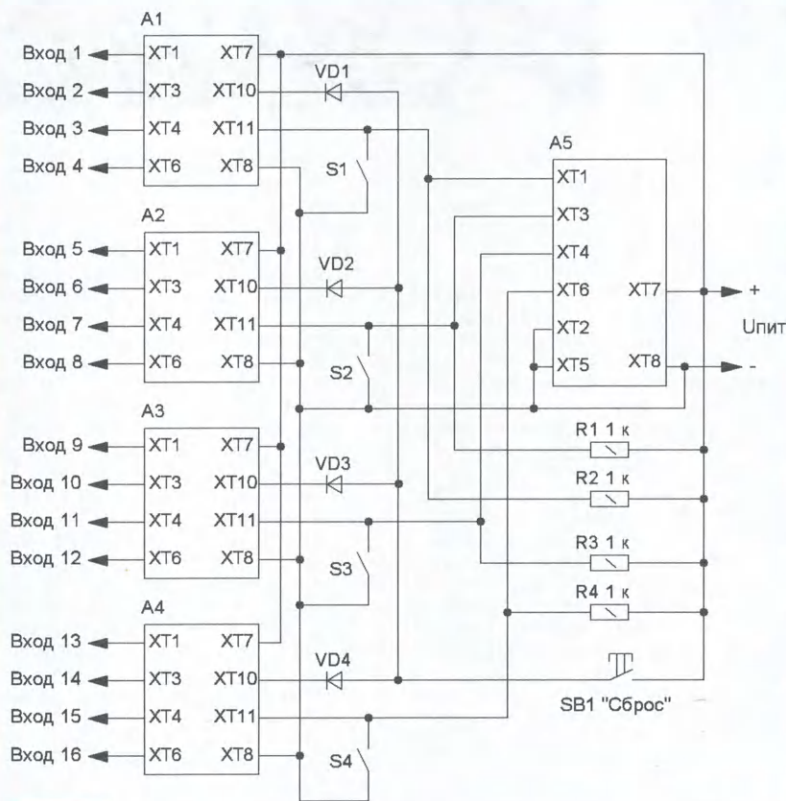


Рис. 9

входов. В схеме на рис. 8 светодиоды HL1—HL4 при отсутствии сигналов от устройств А1—А4 отключены и включаются при появлении сигнала тревоги. В схема на рис. 9 при отсутствии сигнала тревоги светодиоды включены и отключаются как при срабатывании блоков А1—А4, так и при замыкании контактов S1—S4. Если в устройстве (схема на рис. 9) каждый из резисторов R1—R4 установить возле соответствующего блока, то устройство А5 будет выдавать сигнал тревоги как при замыкании линии на общий провод, так и при её обрыве.

Это устройство можно использовать, например, для контроля наличия напряжения на отходящих линиях нескольких электрощитов с одновременным контролем положения их дверей (или дверей помещений, в которых находятся эти электрощиты). Для реализации такой системы на дверцах щитов или дверях щитовых помещений размещают датчики S1—S4, контакты которых разомкнуты при закрытых дверях и замыкаются при их открывании (в качестве таких датчиков можно использовать микропереключатели серии МП или герконы).

Работает такая система следующим образом. Пока напряжение сети присутствует на входах всех устройств, а дверцы щитов закрыты, блоки А1—А5 находятся в исходном состоянии. В случае срабатывания, например, устройства А1 на табло блока А5, находящегося в помещении дежурного, включается соответствующий светодиод и звучит звуковой сигнал. Для выяснения причины срабатывания дежурному следует выйти на объект, с которого пришёл сигнал тревоги, и посмотреть на табло установленного там устройства. В том случае, если на табло светится индикатор "Срабатывание", причиной сигнала тревоги является исчезновение (или появление) контролируемого напряжения на одном из входов. Если же индикатор "Срабатывание" не светит, причиной появления сигнала явилось открывание дверцы щита и вызванное этим событием замыкание контактов датчика S1. Для упрощения построения подобной системы звуковые излучатели в устройствах А1—А4 можно не устанавливать, а также отказаться от кнопок сброса, дополнив схему диодами VD1—VD4 и осуществляя сброс всех установленных на объектах устройств из помещения дежурного с помощью кнопки SB1.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Базилюк В.** Мультиразрядник. — Радиолюбитель, 2001, № 3, с. 14, 15.
2. **Шило В. Л.** Популярная цифровая микросхемы: Справочник. 2-е изд., испр. — Челябинск: Металлургия, Челябинское отд., 1989, с. 265—267.

От редакции. По адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/02/control.zip> имеется файл печатной платы устройства в формате Sprint Layout.

Стробоскоп на светодиодных модулях F6040

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

На основе светодиодных модулей F6040 [1, 2] можно собрать различные осветительные приборы. Номенклатура таких и аналогичных модулей весьма велика, отличаются они номинальной мощностью и небольшими конструктивными особенностями. Эти модули, как и многие другие аналогичные, представляют собой светодиодную матрицу, которая питается от сети 230 В через встроенный несложный драйвер. Все элементы размещены на дюралюминиевой печатной плате-теплоотводе (рис. 1). Имеющиеся в наличии модули были с номинальной мощностью 20 Вт и потребляли от сети ток 87 мА.

В состав драйвера этого модуля входят выпрямительный диодный мост MB10C и две микросхемы DF6811BC в корпусе SO-8 (аналоги — микросхемы MX2082S, SM2082C), которые представляют собой линейный стабилизатор тока. Значение тока устанавливают подборкой внешнего резистора. Каждая из микросхем питает всего одну светодиодную матрицу, содержащую 64 све-

живает конденсатор С4. На логическом элементе DD1.1 собран генератор прямоугольных импульсов, длительность которых зависит от ёмкости конденсатора С3 и сопротивления резистора R6. Сквозность определяется соотношением сопротивлений резисторов R6 и R4, R5, а также сопротивления транзистора VT1. На логическом элементе DD1.2 собран инвертор, а на элементах DD1.3

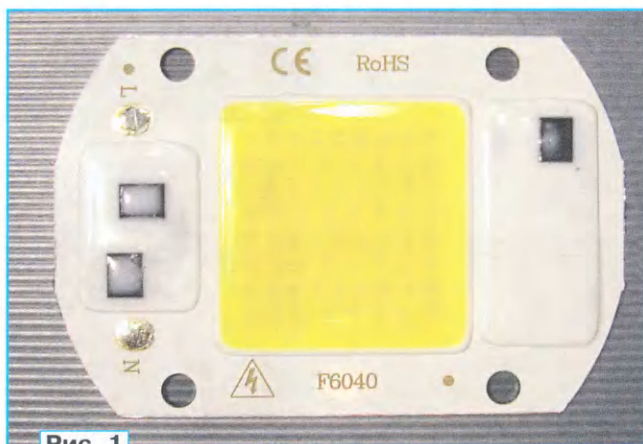


Рис. 1

VD1 и служит индикатором включения, а также источником напряжения смещения для транзистора VT1.

В режиме стробоскопа устройство работает так. Импульсный генератор формирует импульс длительностью 1...2 мс, который после прохождения через элементы DD1.2—DD1.4 поступает на затвор транзистора VT2 и открывает его. В течение этого времени на светодиодные матрицы поступает питающее напряжение и возникает вспышка света. Поскольку длительность открывающего транзистор импульса меньше длительности одного полупериода (10 мс) сетевого напряжения, и потребовалась установка конденсатора С4. Дело в том, что транзистор VT2 может открыться в момент, когда сетевое напряжение проходит через ноль, и без этого конденсатора (который заряжен до напряжения около 310 В) вспышки может не произойти или она будет слабой. Наличие конденсатора С4 исключает такую ситуацию.

Каскад на транзисторе VT1 реагирует на уровень звукового сигнала в помещении. На базу транзистора с движка подстроечного резистора R2 поступает напряжение, которое устанавливает транзистор VT1 на грани открывания. В этом случае зарядка конденсатора С3 осуществляется через резисторы R4 и R5, и период следования импульсов будет немногим менее 1 с (примерно одна вспышка в секунду). Если в помещении

до напряжения около 310 В) вспышки может не произойти или она будет слабой. Наличие конденсатора С4 исключает такую ситуацию. Каскад на транзисторе VT1 реагирует на уровень звукового сигнала в помещении. На базу транзистора с движка подстроечного резистора R2 поступает напряжение, которое устанавливает транзистор VT1 на грани открывания. В этом случае зарядка конденсатора С3 осуществляется через резисторы R4 и R5, и период следования импульсов будет немногим менее 1 с (примерно одна вспышка в секунду). Если в помещении

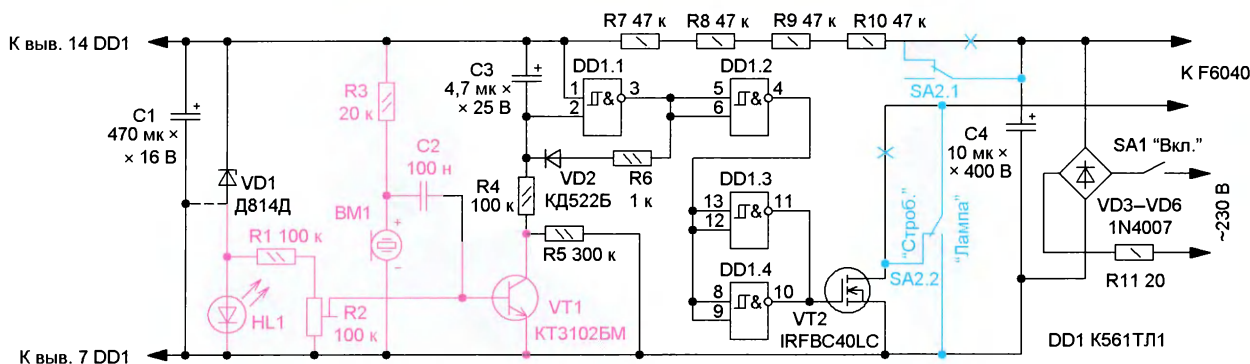


Рис. 2

диодных кристалла. Поскольку в драйвере отсутствуют сглаживающие конденсаторы, пульсации яркости этого модуля довольно велики. Но, с другой стороны, это является причиной сравнительно высокого быстродействия модуля, поскольку в нём отсутствуют элементы с большой постоянной времени. Это позволяет применить модули F6040 как в осветительной лампе, так и в стробоскопе.

Схема устройства показана на рис. 2. Сетевое напряжение выпрямляет диодный мост VD3—VD6, пульсации выпрямленного напряжения сгла-

и DD1.4 — буферный каскад, который управляет мощным полевым транзистором VT2.

На транзисторе VT1 и микрофоне BM1 собран каскад, который изменяет сквозность импульсов генератора. Питание всех узлов осуществляется от параметрического стабилизатора напряжения, собранного на резисторах R7—R10, стабилитроне VD1 и сглаживающем конденсаторе С1. Напряжение питания — около 12 В, потребляемый собственным устройством ток не превышает 2 мА. Светодиод HL1 включён последовательно со стабилизатором

и будет звучать громкая музыка, транзистор VT1 будет открываться и зарядный ток конденсатора С3 увеличится, что приведёт к увеличению частоты вспышек. Получается так — чем громче музыка, тем чаще вспышки. Максимальная частота вспышек — около 4 Гц. Если такая функция не нужна, все элементы, выделенные на рис. 2 красным цветом, на плату не устанавливают, а если не нужен и светодиод HL1, на плате вместо него устанавливают проволочную перемычку.

Практически все элементы устройства смонтированы на печатной плате

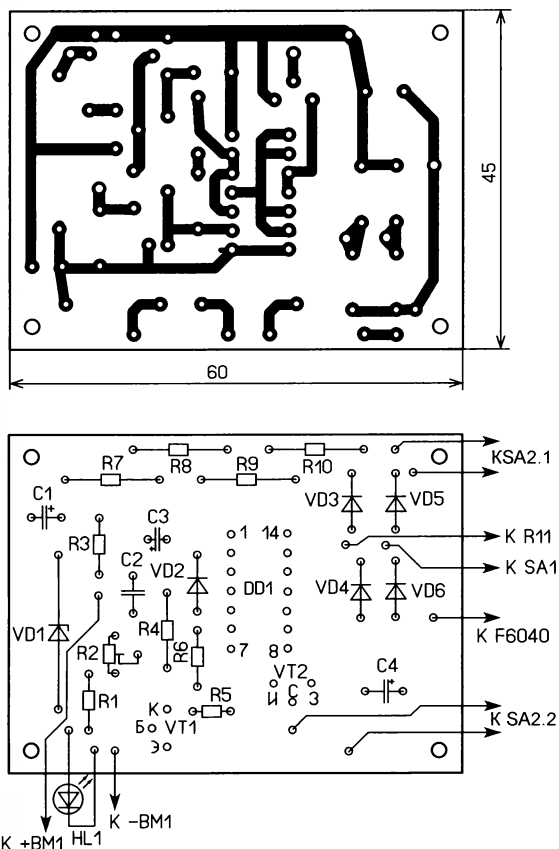


Рис. 3

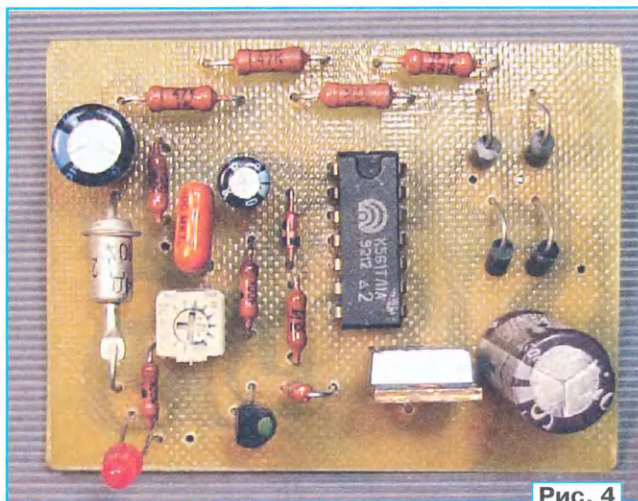


Рис. 4

из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Чертеж платы показан на рис. 3. Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, подстроечный — серий 3362Н, РV32Н или отечественные СП3-19, оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные. Стабилизатор — любой маломощный с напряжением стабилизации 10...12 В, диод КД522Б можно заменить любым маломощным импульсным или выпрямительным. Транзистор КТ3102БМ можно заменить любым из этой серии, замена транзистора

любой, рассчитанный на работу в сети 230 В, например МТ-1. Внешний вид смонтированной платы показан на рис. 4.

В устройстве применены два светодиодных модуля F6040, которые с помощью теплопроводящей пасты установлены на ребристый теплоотвод (рис. 5) размерами 86×62×18 мм. В качестве корпуса устройства можно применить прозрачную пластмассовую коробку подходящей формы и размера (рис. 6). Для микрофона следует сделать в корпусе отверстие.

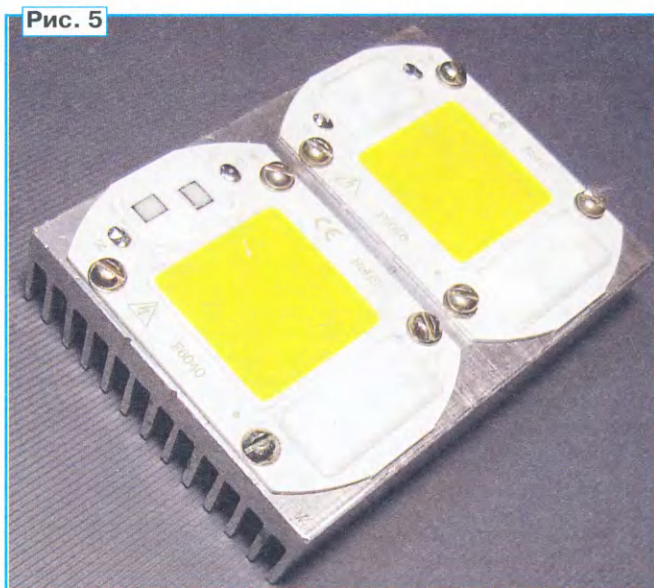


Рис. 5



Рис. 6

IRFBC40LC — транзистор IRF840 или аналогичный. Выключатель SA1 —

Налаживание устройство не требует. При необходимости длительность импульса можно изменить подборкой конденсатора С3. Увеличение его ёмкости приведёт к увеличению длительности импульса. Одновременно уменьшится частота вспышек. Её можно изменить подборкой резисторов R4 и R5. Минимальную частоту вспышек задают резисторы R4 и R5, максимальную — резистор R4.

Чтобы устройство использовать и как осветительный прибор, в него надо ввести элементы и изменения, выделенные на схеме синим цветом. В положении "Лампа" переключателя SA2 к конденсатору С4 подключены светодиодные модули F6040, благодаря чему

пульсации светового потока, излучаемого модулями, значительно уменьшены. Но наличие этого конденсатора приводит к тому, что действующее напряжение на модулях увеличивается (по сравнению с тем, когда сглаживающего конденсатора нет), что приводит к увеличению среднего тока через них, а значит, и яркости, а также рассеиваемой мощности, которая возрастает до 25 Вт на каждую матрицу. Поэтому их следует разместить на более эффек-

тивном теплоотводе. Приведённый на рис. 5 тепловод будет слишком мал. В положении "Строб." переключателя SA2 устройство переходит в режим стробоскопа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Светодиодная матрица 6040-F2525 20 Вт. — URL: <https://sestek.ru/id/svetodiодnaya-matrica-6040-f2525-20vt-1700-lm--cob-6000k-175-265v-ac-pf0-9-60x40mm--220v-2309.html> (16.11.20).

60x40mm--220v-2309.html (16.11.20).

2. Нечаев И. Уменьшение пульсаций яркости светодиодного модуля F6040 и регулятор яркости для него. — Радио, 2020, № 5, с. 44—48.

От редакции. Чертеж печатной платы в формате Sprint LayOut имеется по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/02/strob.zip> на нашем FTP-сервере.

Простой таймер для мощной бытовой нагрузки

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Таймер предназначен для управления отключением и включением мощной бытовой нагрузки через заданный промежуток времени. Причиной для его разработки явилась оперативная необходимость в ограничении времени работы мощного бытового нагревательного прибора с целью защиты от перегрева и обеспечения пожарной безопасности. Под рукой оказались распространённые КМОП-микросхемы, которые и послужили основой таймера. Несмотря на повсеместное использование микроконтроллеров (МК) в бытовых приборах и стремительное их удешевление, зачастую устройства на дискретных элементах обладают определёнными преимуществами. Так и в данном случае: во-первых, таймер достаточно прост и представляет собой, что называется, "конструкцию выходного дня". Во-вторых, отсутствуют затраты

дополнительном блоке питания. Это объективные показатели. Что касается субъективных аспектов, то стремление везде использовать МК иногда напоминает "стрельбу из пушки по воробьям", сопровождается неоправданным наращиванием излишнего функционала и не способствует развитию навыков конструирования дискретных логических устройств и пониманию принципов их работы. А ведь именно это является основой мышления и профессиональной деятельности инженера-конструктора РЭА.

Таймер основан на типовых схемных и конструктивных решениях и в какой-то степени является ретро-экскурсом в классику схемотехники 1980-х годов, которая применялась в устройствах измерения временных интервалов. Его особенности: простота схемы, использование частоты сети 50 Гц в качестве

Основные технические характеристики

Максимальный ток нагрузки, А 16
Номинальное напряжение нагрузки, В ~230
Минимальная длительность выдержки (T0), с (мин) 655 (~11)
Максимальная длительность выдержки, мин 93,5 / 99*
*Длительность интервалов выдержки определяется выражением $(2 \cdot N - 1) \cdot T_0 / 2$ или $N \cdot T_0$, где N = 1...9 (в зависимости от конкретной схемной реализации).

Схема таймера показана на рис. 1. Счётчики DD1 и DD2 образуют каскадный делитель частоты. На элементах VD1, VD2, R1, R2, C1 собран стабилиза-

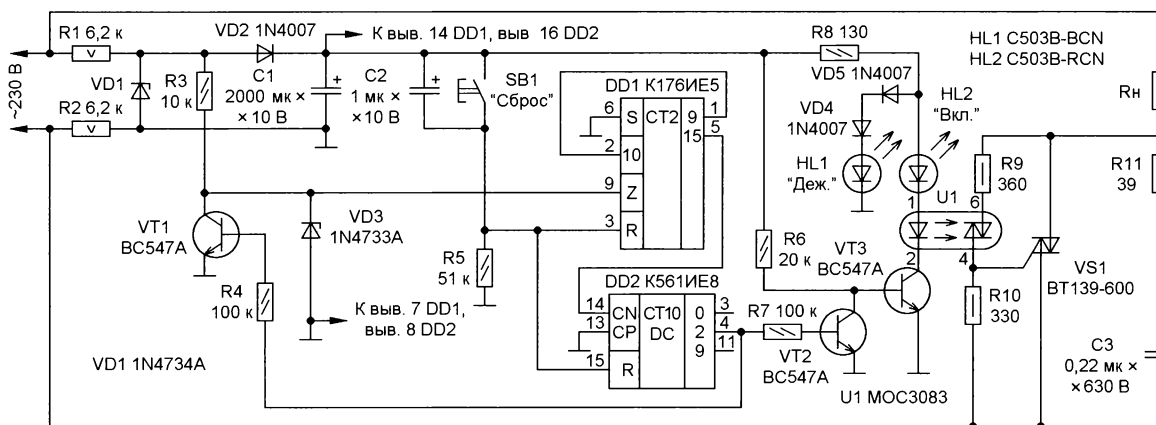


Рис. 1

времени на создание и отладку программного обеспечения. В-третьих, себестоимость его изготовления всё ещё меньше аналога, выполненного на МК. В-четвёртых, ввиду существенно меньшего собственного потребления тока отсутствует необходимость в

опорной, бестрансформаторное питание, оптосимисторное управление нагрузкой, однократное отключение/включение нагрузки, фиксированные кратные интервалы времени коммутации, светодиодная индикация режима работы.

тор напряжения. При этом с катода стабилизатора VD1 снимаются импульсы практически прямоугольной формы, которые через резистор R3 поступают на тактовый вход двоичного счётчика DD1 с коэффициентом деления 32768 (2¹⁵). Стабилитрон VD3 служит для

ограничения амплитуды входных импульсов. Далее импульсы с периодом T_0 около 655 с (~11 мин) и скважностью, равной 2, поступают на счётный вход CN десятичного счётчика-дешифратора DD2. При подаче импульсов на вход CN переключение счётчика происходит по фронту импульсов, поэтому первый импульс высокого уровня на выходе 1 появится через половину опорного периода T_0 (примерно 5,5 мин), на остальных выходах через $(2N-1)*T_0/2$, где N — номер разряда счётчика (1...9). Выход 0 не используется, так как в начальном состоянии имеет уровень лог. 1, который сменяется на лог. 0 при первом переключении счётчика. Максимальная длительность выдержки в данном случае составляет 93,5 мин (1 ч 33 мин 30 с) на выходе 9. В авторском варианте используется подключение к выходу 2 (выдержка ~16,5 мин), что и показано на схеме. С выбранного выхода DD2

уровень лог. 1 через резистор R4 поступает на базу транзистора VT1, который открывается и тем самым блокирует прохождение тактовых импульсов на счётный вход счётчика DD1. Устройство остаётся в таком состоянии до момента ручного сброса с помощью кнопки SB1, после чего отсчёт выдержки начинается заново. Конденсатор C2 служит для установки счётчиков таймера в нулевое состояние при включении питания.

С выхода 2 счётчика-дешифратора DD2 управляющее напряжение поступает на базу транзистора VT2 через резистор R7. В исходном состоянии, при уровне лог. 0, транзистор VT2 закрыт. Соответственно, транзистор VT3 находится в открытом состоянии, через излучающий диод оптрона U1 протекает ток, симистор VS1 также открыт и нагрузка включена. При появлении уровня лог. 1 перечисленные элементы переходят в инверсные состояния и нагрузка отключается. Светодиоды HL1, HL2 служат для индикации режима работы таймера (дежурный режим и включение нагрузки соответственно). При открытом транзисторе VT3 сумма падений напряжения на его участке коллектор—эмиттер, светодиоде HL2 и излучающем диоде оптопары U1 меньше, чем сумма падений напряжения на диодах VD4, VD5 и светодиоде HL1, и последний выключен. При закрытии транзистора VT3 он включается. Такое решение (а не напрашивающееся включение светодиода HL1 в цепь коллектора транзистора VT2) выбрано исходя из возможной аппаратной доработки устройства, о которой будет сказано далее в этой статье.

Налаживания правильно собранное устройство не требует. Долговремен-

ная точность выдержки интервалов определяется частотой питающей сети и составляет $\pm 0,1\%$, что представляется



Рис. 2

вполне достаточным для бытовых нужд.

При необходимости управлять не отключением, а включением нагрузки элементы VT3 и R6 исключают, а вывод 2 оптопары U1 подключают к коллектору транзистора VT2. Если опорный сигнал с выхода микросхемы DD1 подавать на вход СР микросхемы DD2, длительность интервалов выдержки будет определяться как $N*T_0$ для $N=1...9$. Минимальное её значение равно около 11 мин, максимальное — 99 мин (1 ч 39 мин). Неиспользуемый вывод CN в этом случае следует подключить к плюсовой линии питания (выв. 14 DD1) через резистор сопротивлением 4,7...24 кОм.

Режим работы таймера выбирают на этапе монтажа подключением к соответствующим выходам счётчика-дешифратора DD2. При необходимости оперативного выбора интервала можно установить галетный переключатель для коммутации этих выходов. В этом случае следует также установить дополнительный резистор сопротивлением 100 кОм между подвижным контактом этого переключателя и общим проводом.

Включение ограничительных резисторов R1, R2 обеспечивает защиту при случайном прикосновении к токоведущим частям устройства. Тем не менее, так как устройство имеет непосредственную гальваническую связь с сетью переменного тока напряжением ~230 В, при налаживании необходимо выполнять требования безопасности, предъявляемые к работе с электроустановками напряжением до 1000 В.

Микросхему K561IE8 можно заменить на аналогичную из серии K176. Транзисторы VT1—VT3 — BC547 или отечественные КТ3102 с любым буквен-

ным индексом. Стабилитроны VD1 — 1N4734A 1N4735A KC156A, KC162A с напряжением стабилизации 5,6...6,2 В, VD3 — 1N4733A 1N4732A KC151A, KC147A. Все диоды — любые из серии 1N400х или аналогичные. Светодиоды HL1 — Cree C503B-BCN (синий), HL2 — Cree C503B-RCN (красный) или аналогичные сверхъяркие в корпусах диаметром 5 мм. Цвет свечения светодиода имеет значение, так как прямое напряжение светодиода в этом устройстве является критичным параметром. Резисторы R3—R11 — C2-23H, C2-33H или МЛТ, R1, R2 — керамические проволочные цементные CR-L, SQP, PRW мощностью 5 Вт. Каждый из резисторов R1, R2 можно заменить на два параллельно включённых резистора C2-33H или МЛТ сопротивлением 12 кОм мощностью рассеяния 2 Вт. Оксидные конденсаторы C1, C2 — K50-35, K50-68, C3 — K73-17 на номинальное напряжение 630 В. Оптон U1 — МОС3063 (600 В), МОС3083 (800 В) со встроенным

Zero-Cross детектором. Симистор VS1 — BT136, BT139, BTA140. Допустимый ток нагрузки определяется симистором и для указанных типов составляет, соответственно 4, 16 и 25 А. Кнопка SB1 — RWD-304, DS-316 или аналогичная без фиксации.

Конструкция таймера показана на рис. 2. Устройство собрано в ПВХ корпусе в исполнении IP54 с размерами 85×40×32 мм. Все элементы, за исключением симистора VS1, светодиодов HL1, HL2 и кнопки SB1, размещены на монтажной плате с шагом отверстий 0,1" и размерами 80×40 мм. Печатная плата не разрабатывалась. Монтажная плата расположена на днище корпуса и зафиксирована с помощью термоклея. Термоклей не следует наносить вблизи мощных резисторов. Мощный симистор размещён на теплоотводящей пластине из декоративного алюминиевого профиля толщиной 0,45 мм и размерами 75×40 мм. Теплоотвод закреплён на крышке корпуса с помощью резьбовых соединений M3 с обязательным использованием изолирующих шайб или стоек. В пространстве поверх монтажной платы рекомендуется свободно поместить изолирующую прокладку (из ПВХ, картона и др.) размерами 80×40 мм. Кнопку сброса и светодиоды размещают в отверстиях на боковых стенках корпуса. Межэлементные соединения выполнены с помощью провода МГТФ-0,12, цепи нагрузки — гибким многожильным монтажным медным проводом сечением 1...1,2 мм². При больших значениях коммутируемого тока (от 25 А) необходимо разместить VS1 на отдельной печатной плате с сечением проводников, соответствующим значению тока нагрузки, и применить более мощный теплоотвод.

R1UA — "пионер" коротковолнового движения

Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина

Предыстория начала нашего радиолюбительского движения:

— 28 июля 1924 г. СНК СССР принял "Закон о свободе эфира" (Постановление "О частных приёмных радиостанциях" было опубликовано в газете "Известия" от 9 сентября 1924 г. и в сентябрьском номере журнала "Радиолюбитель" (с. 20), которое разрешало гражданам СССР пользоваться индивидуальными радиоприёмниками. В нём, в частности, говорилось: "В целях более широкого использования населением радиосвязи ... предоставить ... и частным лицам ... право устройства и эксплуатации приёмных радиостанций".

— 26 февраля 1926 г. в "Известиях ЦИК СССР и ВЦИК" было опубликовано Постановление СНК СССР "О радиостанциях частного пользования", что легализовало радиолюбителей в части разрешения на индивидуальные передатчики.

Георгий (Юрий) Лукич Аникин (1909—1973) проживал в Н.-Новгороде



Георгий Лукич Аникин,
60-е годы.

по ул. Свердлова, д. 51. В 1924 г. он получил наблюдательский позывной РК-2.

Следует отметить, что уже в 1924—1926 гг. (до вышеуказанного Постанов-

ления от 28 февраля 1926 г.) наши коротковолновики начали работу в эфире так называемыми "нелегальными" позывными [1—4].

Георгий Аникин был оператором

радиолaborатория; с весны 1926 г. позывной использовался на коллективной радиостанции СКВ при Нижегородском отделении ОДР; с 1927 г. — RA65, позже — eu2KAG.



Слева—направо: R1AK, R1WG,
R1UA и R1MA (стоит в верхнем
углу), 1926 г.

"нелегальной" радиостанции подстанции КВ при технической секции Нижегородского общества радиолюбителей (НОР) — R1NN. Все её операторы (включая Георгия — R1UA) также себе присвоили аналогичные позывные.

Примечание.

R1NN — ранее Нижегородская

R1AK — Александр Николаевич Кожевников (1907—1938); Н.-Новгород, Преображенское озеро, 1/2; позже РК-13, 23RA, eu2AO; в 1928 г. — радист ледокола "Малыгин" во время экспедиции по спасению экипажа дирижабля "Италия"; был арестован в г. Горьком, осуждён по Ст. 58-6, 58-9 УК

„Р1ЮА“

Нести работу с короткими волнами и начал в середине 1924 г. Именно: был построен коротковолновой передатчик.

Вначале работа сопровождалась многими неудачами и несчастьями с лампами, но вскоре удалось покрыть расстояние 15 км в радиусе. Расстояние само по себе ничтожное, но для первого раз и это хорошо. Также же результаты возушились и с другой несколько измененной схемой; она работала на переменном токе.

В погоне за покрытием расстояния, в 1925 г. сбран передатчик по схеме, изображенной на рисунке. Эта 3-я схема, носящая название „симметричной“, собралась с 2-мя 10-ватт. лампами, при первой же пробе дала 0,5 ампера в антенне, при высоте 35 метров.

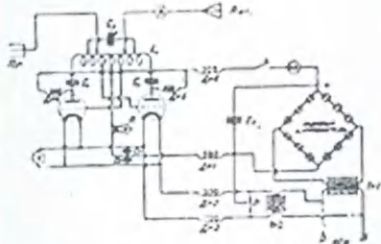


Рис. 1. Схема передатчика Р1ЮА.

Между тем, декрета о передатчиках все еще не было. Я ждал и вместе с тем вел изредка опытную передачу. Но, так как передача велась днем (вечером передатчик не генерировал из-за перегрузки осветительной сети), кантаций в ответ на мою передачу не получал. Зато хороший сюрприз преподнес „технический контролер по радио-установкам“, займ одлаждм проверить— все ли в порядке...

С тех пор передатчик стоял в бездействии, густо покрывшись пылью. Вся коротковолновая работа сосредоточилась только на приеме заграничных любителей.

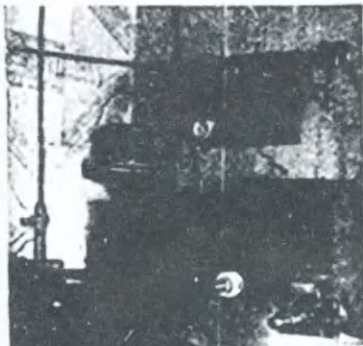


Рис. 2. Уголок лабораторий и приемная коротковолновая установка радиолюбителя Ю. Анкина.

Принимал я на 2-ламповый приемник (детектор-усилитель). Схема самая простая, регенеративная. На фотографии виден приемник, отмеченный звездочкой.

Когда декрет о частных любительских передающих станциях был опубликован, я последние закончил начатый 10-метровый передатчик для детальной работы „ср“ (всем-всем).

Подав заявление в Верхне-Волжское управление связи и стал ожидать ответа.

К этому времени у нас в И.-Новгороде открылась губерльская радиовыставка, куда, в числе своих экспонатов, я отправил два передатчика на кор. воли. К концу выставки (через полтора месяца со дня подачи заявления) пришло из Москвы письмо в И. Волжское управл. связи о том, что гр. Анкину разрешено на передающую ламповую радиостанцию выдать не можем и вместо стем предлагаем немедленно конфисковать приборы передатчика...

Управление связи не стало долго ждать— передатчики конфискованы прямо с выставки. Теперь поставлен крест на возобновлении коротковолновых работ.

Справедливо ли это? Думаю, что нет. Для СССР нужен кадр квалифицированных радиолюбителей, сильных как в теории, так и в практике. И поэтому зинать любителей возможности работать в такой важной области, как коротковолновая передача,— не годится.

Ю. Анкин.

Примечание редакция. Радиолюбителям, желающим приступить к радиопередаче, необходимо иметь в виду следующее.

Передатчики разрешаются пока только для экспериментально-научной работы. Поэтому шансом на получение разрешения могут иметь лишь вполне подготовленные любители.

При подаче заявления совершенно необходимо представить удостоверение в том, что заявитель действительно занимается экспериментальной работой; поэтому нужно иметь хорошую связь с научными или радиолюбительскими организациями, принимать участие в их работе.

Тов. Анкин, при подаче заявления, насколько нам известно, не использовал своей общественной стаж — и получил отказ. При вторичной подаче заявления он имел уже рекомендацию ОДР, и мы надеемся, что разрешение ему будет выдано.

Сейчас положение вещей с любительской радиопередачей напоминает то, которое имело место в начале нашего радиолюбительства: многие помнят, как трудно было получить разрешение на приемник. Мы думаем, что со временем это положение изменится. Пока можем только рекомендовать радиолюбителям, получившим отказ на свое заявление о желании установить передатчик, организовывать экспериментальную радиопередачу при организациях и при них работать.



Статья Ю. Анкина „Р1ЮА“ из журнала „Радиолюбитель“.

РСФСР и 1.02.1938 г. был расстрелян.

R1WG — Владислав Владимирович Гржибовский: Н.-Новгород, Холодный пер., 6-3; позже 13RA/RK-7; радист судна „Персей“ во время экспедиции по спасению экипажа дирижабля „Италия“; eu2AH; дальнейшая его радиолюбительская судьба неизвестна.

R1MA — Михаил Александрович Яковлев: Н.-Новгород, ул. Студеная, 58-2; позже RK-19, 91RA, eu2BU.

Несколько ранее, в 1924 г., R1UA построил свой передатчик, описание которого через два года было опубликовано в журнале „Радиолюбитель“ [5].

История сохранила одну из его QSL „неlegalного“ позывного R1UA за 8 декабря 1926 г.

Примечание. Такая буква U (с двумя точками сверху) в немецкой транскрипции соответствует русской букве „Ю“, т. е. „Юрий“.

В моем архиве сохранились воспоминания его двоюродного брата Виктора Йосифовича Анкина (UA3TA ранее 94RA/RK-60, eu2BW, U3VC), которые он прислал в 70-х годах. Привожу выдержку из них: „Еще в 1923 г. он и другой нижегородский радиолюбитель Я. Д. Фиякель проводили между собой двухсторонние радиосвязи с помощью самодельных искровых передатчиков и

Юные изобретатели — радиолюбители. Из нижегородской Коммуна" собирает пыльное и не совсем обильное в наших краях известие. Недалюо один из сотрудников губэлектротдела в И.-Новгороде на улице Свердлова в частной квартире обнаружил радио-телеграфную станцию. Устроителями и изобретателями ее оказались мальчики Яша Ф. 14 л. и Юра Л. 13 л. При допросе молодые люди заявили, что их давно интересовали вопросы радиотелефонии и они ими серьезно занимались. Достав литературу и внимательно ее изучив, они приступили к практическому осуществлению. Много было положено трудов для оборудования станции. После долгих усилий удалось достать в разных лавчонках необходимые приборы и добиться желанной цели и завязать связь между улицы Свердлова и Новой ул. где расположена нижегородская радио-станция.

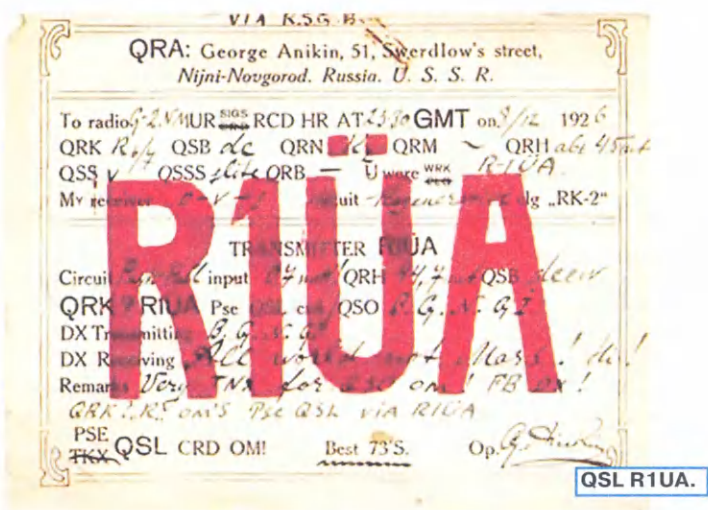
Сотрудник губэлектротдела предложил юным радио-любителям немедленно закрыть свою станцию, убрать пачку и антенну. Крайне огорченные изобретатели обратились за защитой в радио-лабораторию к проф. Лебединскому. Последний заинтересовался их работой и нашел, что оборудованная ими станция построена правильно. Она могла работать на расстоянии 5 верст. Вследствие заступничества проф. Лебединского нижегородские власти разрешили юным радиолюбителям продолжать их деятельность, забыв...

Заметка "Юные изобретатели — радиолюбители".

детекторных приёмников. По этому поводу была заметка в газете "Нижегородская Коммуна" 23.11.1923 г. и в книге Б. А. Остроумова "В. И. Ленин и Нижегородская радиолaborатория" (изд. 1967 г., с. 387). Первая двухсторонняя связь была им установлена в декабре 1926 г. с бельгийцем B4ZZ".

Примечание.

Яков Фиякель в 1928 г. был как 54RW, а в 1929—1933 гг. — eu2DP.



QSL R1UA.



QSL EB4ZZ.



Могила Г. Л. Аникина.



RK-2.



39RA, 1928 г.

Скорее всего, это был EB4ZZ (в эфире буква "E", т. е. сокращённо "Европа" не передавалась).

Подтверждение вышеприведённых воспоминаний UA3TA было обнаружено в журнале НКПиТ "Жизнь связи" № 5 за 1923, в котором на с. 104 опубликована заметка "Юные изобретатели — радиолюбители".

В июне 1926 г. журнал "Радио Всем" [6] сообщил, что ОДР предприняла кам-

панию по организации радиолюбителей, имеющих коротковолновые приёмники.

И уже в июньских номерах журналов "Радио Всем" [7] и "Радиоловитель" [8] было сообщено, что Г. Л. Аникин (RK-2) на двухламповый приёмник (0-V-1) принимал работу английских, испанских, итальянских и других радиостанций.

Как RK-2 он активно наблюдает за эфиром, о чём в 1927 г. сообщает журнал "Радиоловитель" в его заметке "50 станций за 2 вечера" [9].

В первой половине 1927 г. получает позывной 39RA, избирается членом Правления ЦСРВ.

В 1928 г. в приложении "RA-QSO-RK" к журналу "Радио Всем", в рубрике "Смотр наших сил", напечатана его заметка [10], в которой Юрий Аникин приводит описание своей радиостанции и делится опытом работы.

С 20 октября 1928 г. коротковолновики страны переходят на новую "Систему позывных", но его позывной (уже как eu2.), по неизвестным автору причинам, в период с 1929 г. по 1933 г. не упоминался...

Во второй половине 1933 г. он получает позывной U3WW, но дальнейшая

его радиолобительская биография автору неизвестна.



"Шек" 39RA, 1928 г.

Известно, что он был одним из первых джазовых пианистов города, а позже стал композитором — писал музыку к спектаклям для Горьковского

театра комедии и песни для барда Эрика Кролле (1927—1964).

Примечание. Можно только предположить, что они сблизились благодаря увлечению РАДИО (Э. Кроль окончил радиотехнический техникум и был конструктором морских приборов).

По вполне естественным причинам, изложенный материал не может претендовать на право абсолютной исторической истины, но автор обработал доступные ему материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Члиянц Г. R1FL — наш первый "нелегал". — Радио, 2019, № 9, с. 53—56.
2. Члиянц Г. Известный коротковол-

новик-журналист Вадим Востряков. — Радио, 2019, № 10, с. 49—51.

3. Члиянц Г. 09RA — первый наставник Э. Т. Кренкеля. — Радио, 2019, № 11, с. 51.

4. Члиянц Г. 12RA — известный военной инженер. — Радио, 2020, № 2, с. 53.

5. Аникин Ю. "P1ЮА". — Радиолобитель, 1926, № 11-12, с. 238.

6. Наблюдения радиолобителя. — Радио Всем, 1926, № 4, с. 23.

7. Наблюдения радиолобителя. РК—? — Радио Всем, 1926, № 6, с. 24.

8. QRA — Радиолобитель, 1926, № 9-10, с. 188.

9. 50 станций за 2 вечера. — Радиолобитель, 1927, № 2, с. 74.

10. Аникин Г. EU—39RA—RK2. — RA-QSO-RK, 1928, № 10, с. 94 (приложение к журналу "Радио Всем", 1928, № 19).

Блок входных диапазонных фильтров на ферритовых кольцах для КВ-трансивера

В. ДЕНИСОВ, (RA6LM) г. Азов

Блок диапазонных фильтров, описание которого проводится ниже, предназначен для применения в КВ-

трансивере. Схема устройства показана на рис. 1. Собран он на ферритовых кольцах и содержит девять трёхконтур-

ных LC-фильтров с ёмкостной связью на входе и выходе и с ёмкостной связью между контурами. Нумерация всех эле-

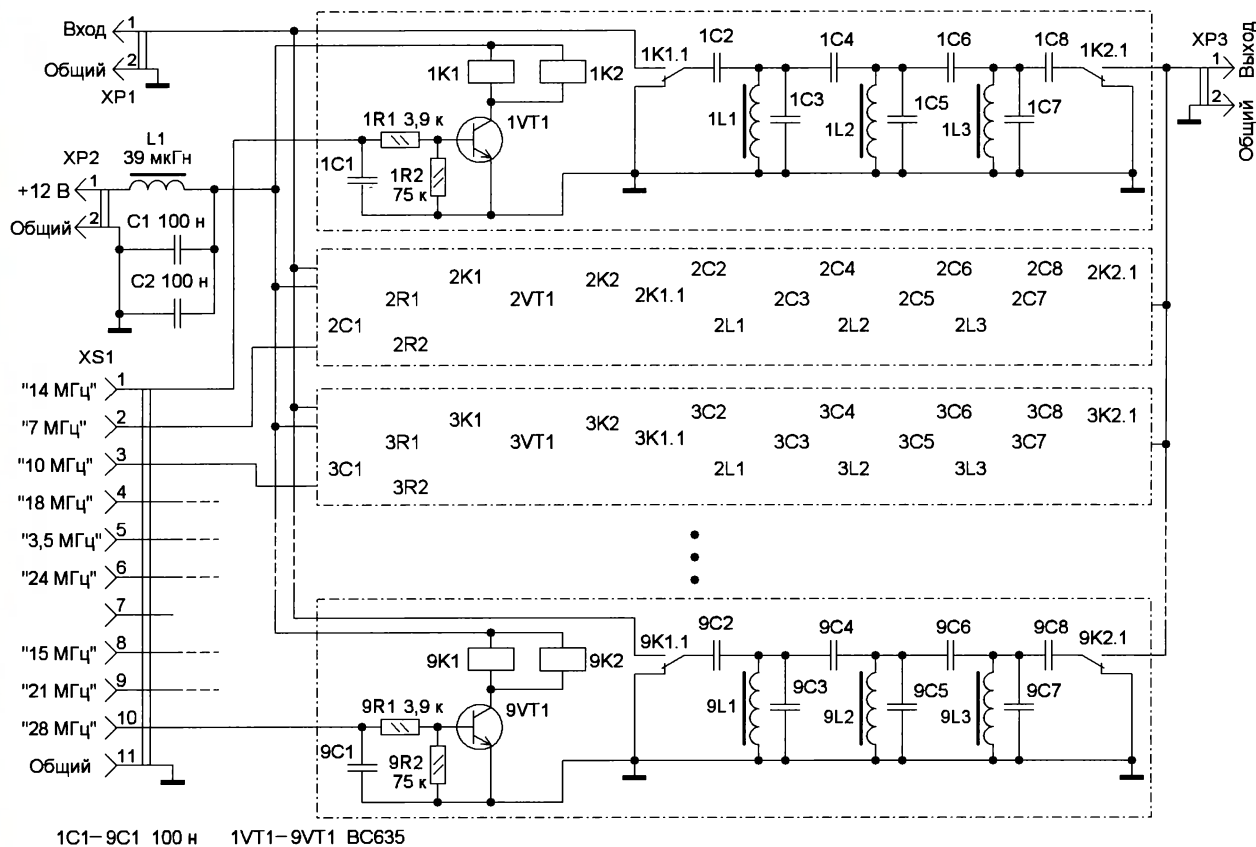


Рис. 1

Диапазон	Индуктивность, мкГн			Ёмкость, пФ				Число витков			Диаметр провода, мм
	L1, L3	L2		C2, C8	C3, C7	C5	C4, C6	L1, L3	L2		
14	2,2	1,1		27	27	100	3,6	10	6		0,8
7	3,5	1,4		51	62	270	7,5	13	9		0,8
10	2,2	1,1		36	30	120	5,6	10	6		0,8
1,8	30	15		150	51	430	22	32	24		0,41
3,5	12	6		120	20	330	24	25	18		0,8
24	1,35	0,68		15	20	51	3,0	6	5		0,8
18	1,7	0,85		24	20	48	3,9	8	7		0,8
21	1,35	0,85		15	16	75	2,7	8	6		0,8
28	0,8	0,4		15	20	27	3,0	6	5		0,8

Табл. 1

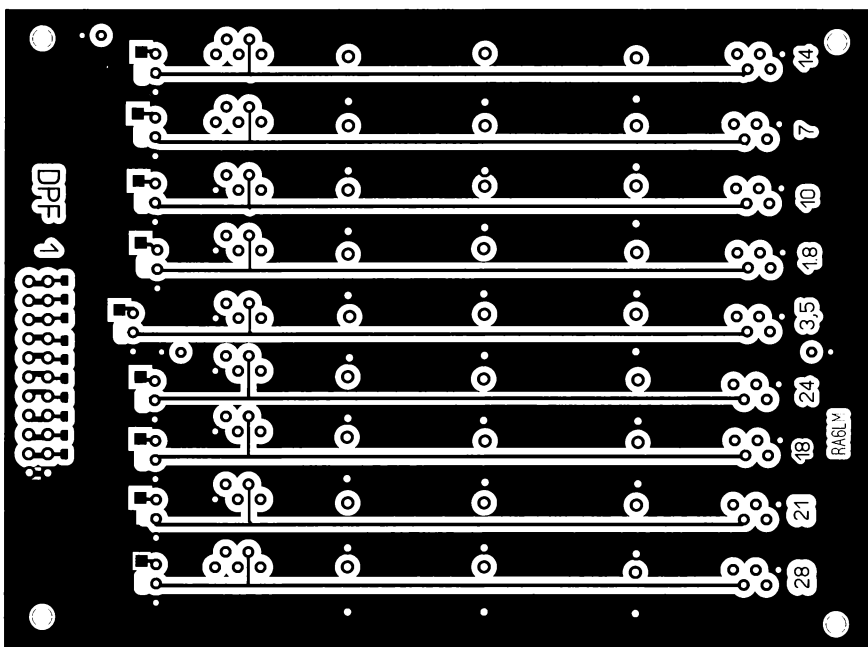
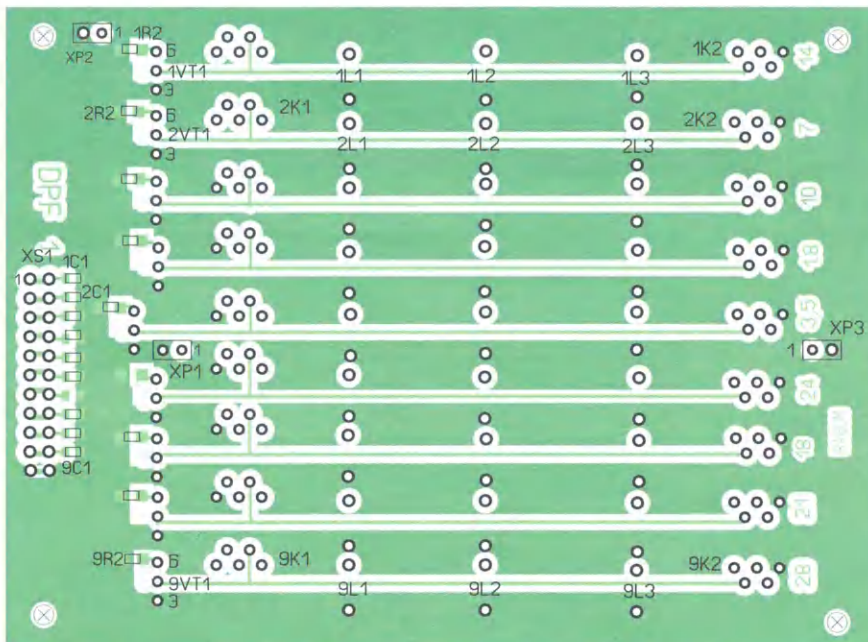


Рис. 2

Рис. 3



ментов начинается с цифры, указывающей на их принадлежность к конкретному фильтру. Каждый фильтр рассчитан на пропускание полосы частот одного из любительских диапазонов. Фильтры переключаются с помощью реле 1K1—9K2. Входы и выходы неиспользуемых фильтров замкнуты. Входные и выходные сопротивления фильтров — 50 Ом. Ёмкости конденсаторов и индуктивности катушек индуктивности, а также данные обмоток приведены в табл. 1. Катушки индуктивности намотаны на кольцевых магнитопроводах 20×10×5 или 12×6×4 из феррита М20ВН-3.

Все элементы размещены на двухсторонней печатной плате размерами 85×115 мм (для магнитопроводов 12×6×4), она изготовлена из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Чертежи топологии платы показаны на рис. 2 и рис. 4, а схема размещения элементов — на рис. 3 и рис. 5. Отверстия должны быть металлизированы. Если это не так, выводы элементов, вставляемые в отверстия, надо припаивать с двух сторон платы.

Дроссель L1 — для поверхностного монтажа типоразмера 1206 индуктивностью несколько десятков микрогенри. Реле — РЭС-49 с номинальным напряжением 12 В. Можно применить и другие кольца из высокочастотного феррита, но диаметром не более 20 мм, главное чтобы индуктивность катушек соответствовала данным из табл. 1.

Для налаживания фильтров требуются измеритель ёмкости конденсаторов с разрешением 0,1 пФ, измеритель индуктивности с разрешением 0,01 мкГн, прибор для исследования АЧХ, технологические переменные конденсаторы (3 шт.) с твёрдым диэлектриком с максимальной ёмкостью 300 пФ от портативных радиоприёмников и набор конденсаторов для поверхностного монтажа типоразмера 0805.

Предварительно наматывают катушки индуктивности в соответствии с табл. 1, измеряют их индуктивности и подгоняют как можно ближе к номиналу с допуском не более 3...5%. Припаивают их на плату и приклеивают клеем Монолит или другим аналогичным. Проверяют срабатывание реле, подавая по очереди напряжение 4...5 В на контакты 1—6 и 8—10 гнезда XS1.

Монтируют все конденсаторы диапазонных фильтров, кроме конденсаторов пС3, пС5, пС7 (где п — номер фильтра) в соответствии с табл. 1. Взамен конденсаторов пС3, пС5, пС7 временно припаивают переменные конденсаторы. Подключают блок фильтров к прибору для исследования АЧХ с входным и выходным сопротивлением 50 Ом. Если в приборе используется высокоомный щуп, выход блока фильтров надо нагрузить сопротивлением 51 Ом. Включают нужный диапазон, и переменными конденсаторами на экране прибора добиваются требуемой АЧХ. После этого отпаивают переменные конденсаторы, измеряют их введённую ёмкость и на их место припаивают конденсаторы для поверхностного монтажа с эквивалентной

ёмкостью. Можно использовать два или даже три параллельно соединённых конденсатора. Для упрощения наладки на плату можно установить подстроечные конденсаторы для поверхностного монтажа TZC3P200A (5...20 пФ) или TZC3P300A (6...30 пФ). Для варианта с подстроечными конденсаторами на плате предусмотрены посадочные места для них, обозначенные C_v. Но в этом случае конденсаторы пС3, пС5, пС7 должны иметь ёмкость примерно на 10 пФ меньше, чем измеренные ёмкости переменных конденсаторов. В крайнем случае, если нет характеристики, то можно попробовать настроить фильтр с помощью ГСС и

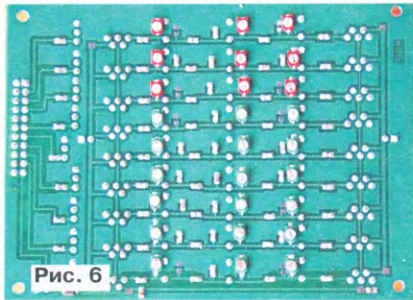


Рис. 6

лампового вольтметра. По окончании настройки всех диапазонов плату промывают спиртом и покрывают тонким слоем электроизоляционного акрилового лака PLASTIC-71 или PLASTIC.

Изготовленные фильтры эксплуатируются уже много лет, показывают

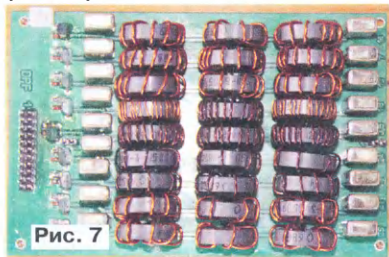


Рис. 7

высокую стабильность результатов, а самое главное, имеют небольшое затухание в полосе пропускания, при этом отпадает необходимость в УВЧ. Антенна подключена непосредственно к входу блока фильтров, а они нагружены на высокоуровневый ключевой смеситель. Катушки не имеют отводов, и их легко их изготовить. Внешний вид смонтированной платы для варианта с подстроечными конденсаторами показан на рис. 6 и рис. 7. Основные параметры фильтров приведены в табл. 2. Затухание в полосе пропускания для фильтров на катушках индуктивности, намотанных на магнитопроводах 12×6×4 из феррита М20ВН-3, — 3...3,5 дБ, а для фильтров на катушках индуктивности, намотанных на магнитопроводах 20×10×5 из того же феррита, — 2...3 дБ.

От редакции. По адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/02/filtr.zip> имеются файлы печатной платы устройства в формате bmr и авторский вариант в формате Sprint Layout.

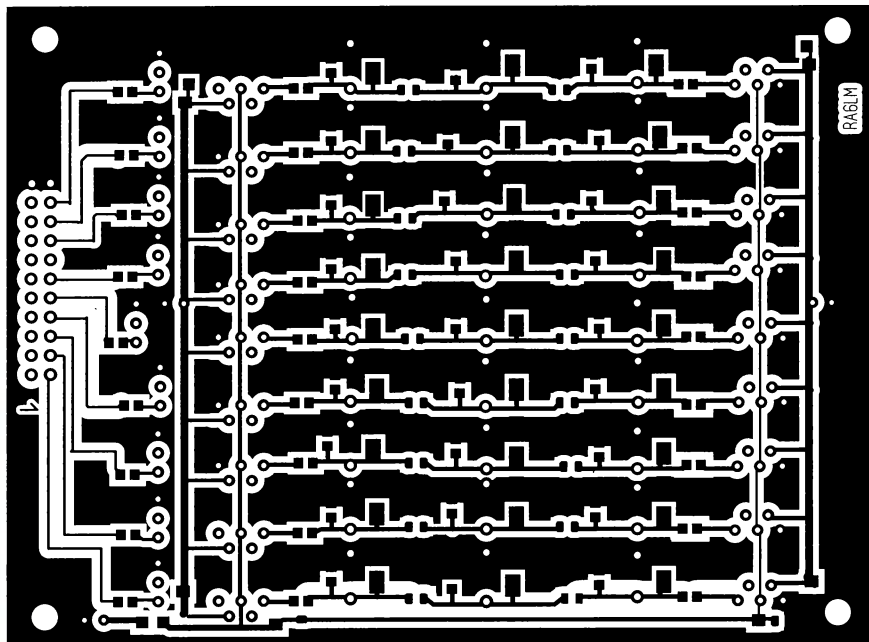
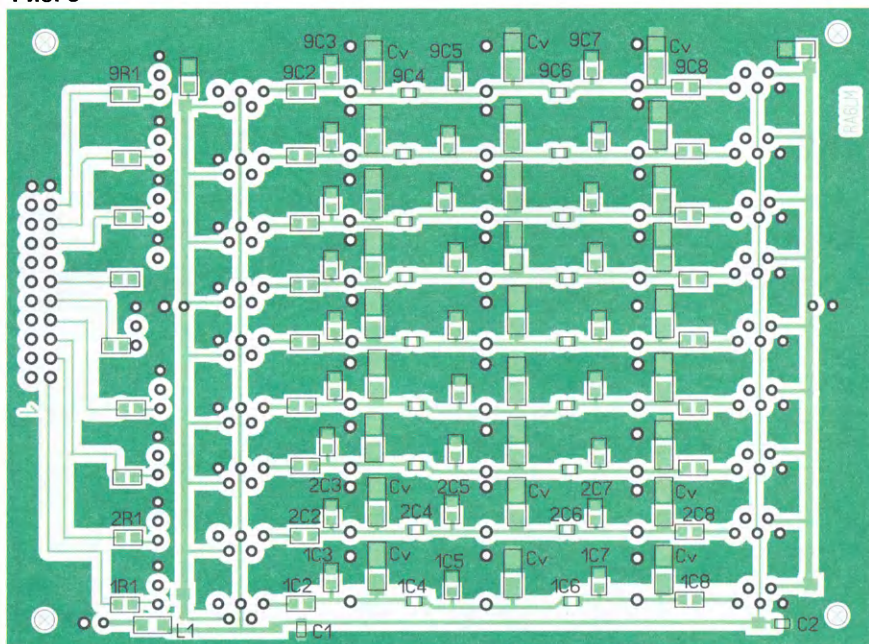


Рис. 4

Рис. 5



Диапазон	Частоты по уровню – 3 дБ		Полоса пропускания, кГц
	Нижняя частота, кГц	Верхняя частота, кГц	
1,8	1800	2020	400
3,5	3450	4100	650
7	6900	7300	400
10	10000	10200	200
14	13800	14500	700
18	18015	18500	485
21	20500	22000	1500
24	24500	25300	800
28	27500	30500	3000

Табл. 2

РАДИО

начинающим

Александрю Сергеевичу Долгому посвящается...

Программирование микроконтроллеров серии PIC для начинающих

А. КАРПАЧЕВ, г. Железногорск Курской обл.

Предлагаемый вниманию читателей цикл статей предназначен для тех, кто не имеет представления о микроконтроллерах (МК) и совершенно не умеет программировать. Как правило, это совсем юные ребята или же умудрённые многолетним опытом ветераны радиотехники. Этим категориям радиолюбителей наиболее затруднительно освоить МК, поскольку им особенно сложно разобраться в серьёзных статьях о МК. Надеюсь, что, прочитав предлагаемый небольшой цикл статей, они смогут разрабатывать простые устройства на МК, а может, не остановившись на этом, пойдут дальше, всё глубже и глубже проникая в сложный, но увлекательный мир МК. В цикле статей пойдёт речь о МК серии PIC, производимых американской компанией Microchip Technology Inc. Название PIC является сокращением от англ. peripheral interface controller, что означает контроллер интерфейса периферии.

Рассказывать о преимуществах применения МК не имеет смысла — это понимают даже те, кто никогда с ними не работал. Например, один МК может заменить с десятка обычных микросхем малой и средней степени интеграции: счётчики, регистры, логические элементы и т. п. Кроме того, даже самые простые и недорогие современные МК, как правило, содержат в своём составе аналого-цифровые преобразователи (АЦП), цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), регуляторы с широтноимпульсной модуляцией (ШИМ), компараторы и т. п. Благодаря этому при разработке многих устройств можно обойтись всего одним МК. А это значительное уменьшение объёма работы с "железом", ведь развести, протравить, просверлить и залудить плату для десятка микросхем, а затем и распаять их довольно трудоёмко. Если они будут заменены одним МК, произойдет ещё и существенное уменьшение габаритов получившегося изделия. Согласитесь, в применении МК сплошные плюсы!

Но это одна "сторона медали". А у всякой медали есть и вторая сторона

— появляется работа, связанная с программированием, и именно это является основным сдерживающим фактором применения МК радиолюбителями. Судите сами. Прошло уже около 20 лет, как в журнале была напечатана серия статей А. С. Долгого, где подробно рассказывалось о проектировании устройств на МК, их разработке и отладке [1, 2]. В этих источниках подробнейшим образом описаны практически все этапы, от создания алгоритма будущего устройства, до прошивки МК. Несмотря это, для подавляющего большинства радиолюбителей МК остаются пока Terra incognita. (Неизвестная земля). О справедливости данного утверждения свидетельствует относительно малый процент конструкций, выполненных на МК. Объясняется это тем, что для разработки устройства на МК недостаточно иметь навыки и опыт разработки, сборки и отладки устройства на обычных дискретных радиоэлементах и цифровых микросхемах. При создании устройства на МК необходимо ещё и суметь составить и отладить программу для него. А перенести опыт работы

электронщика в область работы программиста не так просто и совсем не легко.

Чтобы написать, отладить, скомпилировать и прошить программу в МК, необходимо научиться работать инструментами программиста. А это — различные программы — симуляторы, отладчики, компиляторы, а также программаторы. Также необходимо знать хотя бы один язык программирования, ассемблер или Си. В идеале, конечно, оба. Но это совсем непростые языки программирования. К тому же, чтобы писать даже простые программы на Ассемблере, необходимо представлять себе МК как минимум на уровне ячеек памяти, регистров и портов ввода—вывода. Я не говорю уже о том, что необходимо просто хорошо знать ПК, чтобы найти, установить и научиться пользоваться вышеперечисленными программами. Согласитесь, всего этого с лихвой хватит, чтобы отбить у радиолюбителя, незнакомого с программированием, всякое желание осваивать МК.

Но я утверждаю, что если радиолюбитель понимает принципы работы цифровых микросхем и разрабатывает

на них устройства, он сможет легко научиться писать простые программы для МК. То есть такие программы, которые, например, что-то включают/выключают в зависимости от времени или какого-то сигнала, выдерживают паузу, отсчитывают нужное число импульсов или генерируют сигнал с заданной частотой и скважностью. Такие программы, в которых нет сложных математических вычислений, прерываний и ветвлений, проверок различных флагов и т. п. Именно это я хочу показать на примере создания устройства с простым алгоритмом работы. Возможно, это станет вашим первоначальным толчком к применению МК, ну а дальше всё зависит от того, понравится ли вам создавать устройства, проводя основную часть времени не с паяльником и осциллографом, а с карандашом, бумагой и ПК.

Итак, вернёмся к основной причине, почему большинство радиолюбителей, несмотря на желание, не могут начать осваивать МК. Дело в том, что многим радиолюбителям сложно самостоятельно разобраться в серьёзных статьях на эту тему и в даташитах на МК. Большинство имеющихся публикаций на эту тему предназначено для тех, у кого уже есть даже не начальные, а вполне серьёзные знания в программировании. Даташиты на МК написаны очень сжато и столь серьёзным языком, что свободно ориентируются в них только программисты. К сожалению, эта же история повторяется и в Интернете — множество сайтов просто перепечатывают одну и ту же информацию, понять которую может либо программист, либо тот, кто уже имеет навыки работы с МК. В качестве начала обучения часто предлагается научиться мигать светодиодом. Конечно, проще этой задачи ничего придумать нельзя, но даже и эта задача невыполнима, если у вас нет хотя бы начальных знаний языка программирования и архитектуры МК, а также умения работать в среде разработки программ. Ну а конфигурирование самого МК — задача куда сложнее, чем мигание светодиодом! Об этом свидетельствуют встречающиеся на форумах просьбы начинающих выложить конфигурацию МК для того, чтобы они смогли начать писать программы для них!

Поскольку в начале изучения МК его настройка представляет наибольшую сложность, я приведу в этой статье листинг программы, в котором МК уже сконфигурирован и настроен. В этот листинг нужно будет просто вставлять программы своих конструкций. В данной статье вашему вниманию предлагается метод для начала изучения МК, в котором учтены все

вышеперечисленные задачи и сложности. В процессе обучения будет сказано, что нужно запомнить на этом этапе, а что можно пока проигнорировать без ущерба для понимания. Естественно, изучать только теорию абсолютно бессмысленно, необходимо изготавливать какое-либо устройство. Для опытного электронщика начинать изучение МК с бесполезного мигания светодиодом совсем уж примитивный и неинтересный путь. Но и разрабатывать сложный прибор, например, вольтметр, часы или MP3-плеер, тоже не получится — вы не сможете написать программу для него.

Приобретать различные стартовые наборы, с моей точки зрения, ни к чему, поскольку через неделю-другую они окажутся ненужными, да и цена на них неоправданно высока. Поэтому я подобрал конструкцию, которая не будет валиться без дела, а алгоритм её работы понятен каждому. Предлагаю начать изучение МК с изготовления переключателя гирлянд. Программу для такого устройства составить очень легко, и вам будет не очень трудно постигать азы программирования на языке ассемблера. Внося в программу несложные изменения, можно получить различные варианты переключения (бегущие огни, бегущая тень, мигание и т. п.). При этом вы будете нарабатывать опыт программирования. Ну а если переключатель гирлянд кажется вам бесполезным устройством, потому что перед Новым годом ими забыты все магазины, через некоторое время вы сможете превратить его в "светильник настроения". Описаний таких светильников в Интернете огромное число, а вот в магазинах их практически нет. Да и не всегда целесообразно тратить деньги на то, что можно сделать самому.

Есть ещё одна приятная новость. Изучив этот цикл статей, вы сможете сделать три конструкции: генератор прямоугольных импульсов с различной скважностью; таймер с практически с неограниченной выдержкой (звучит фантастически, но это так!); ну и, собственно переключатель гирлянд (с большим количеством вариантов переключений). Если я вас убедил, начнём.

После выхода в свет статей [1—3], прошло уже много лет, и некоторые сложности, упоминавшиеся в них, к счастью, уже преодолены. Это касается отсутствия документации и справочной литературы на русском языке, а также отсутствия русскоязычных программных средств разработки и отладки программ для МК. Сейчас в Интернете можно скачать и даташиты, и справочную литературу, и различные самоучители. Там же можно купить и

программатор, а не собирать его самому, как 20 лет назад. Есть множество сайтов и форумов, где начинающим могут помочь советом и грамотным ответом, хотя частенько будут отправлять опять же к даташиту. Поэтому без небольших начальных знаний на форумах делать нечего.

Если вы не радиоинженер и не программист, значит, будете изучать МК в свободное от работы или учёбы время. Поэтому настройтесь на то, что процесс изучения займёт какое-то время, но никак не несколько дней. При этом подразумевается, что у вас имеется ПК и вы уверенный пользователь, потому что придётся скачивать и устанавливать на него необходимые программы, а также учиться ими пользоваться. Если же вы пользователь, но не очень уверенный, придётся искать того, кто вам поможет в этом, потому что здесь будут даваться начальные сведения о работе с МК, а не с компьютером и программами.

Впрочем, даже если у вас нет более опытного помощника, установить необходимые нам программы и научиться ими пользоваться можно с помощью Интернета. Ещё раз перечислю необходимые действия для начала изучения МК:

- иметь твёрдую уверенность и горячее желание научиться разрабатывать устройства на МК;
 - скачать и установить на ПК среду разработки и отладки программ — MPLAB;
 - приобрести программатор и установить его драйвер на ПК;
 - если необходимо, скачать и установить на ПК программу-эмулятор COM-порта;
 - скачать русскоязычную документацию на МК. В нашем случае — это PIC12F675.
 - найти или скачать журналы, в которых напечатаны статьи, перечисленные в списке литературы.
 - найти или скачать какой-нибудь самоучитель по программированию. Его нужно начинать читать одновременно с чтением данной статьи. Понадобится он и в дальнейшем, когда стадия "суперначинающего" будет вами преодолена и вы захотите двигаться дальше.
- Согласитесь, что всего вышеперечисленного немало! Но, именно поэтому, первым пунктом и стоит горячее желание.
- В самом начале пути необходимо определиться с программатором. Он нужен для записи созданной программы в МК. Если у вас достаточно опыта, можете сделать его самостоятельно, найдя описание, например, в Интернете. Можно купить и готовый программатор, тем более, что в Интернете он будет стоить дешевле,

чем комплекующие для него. Заказывая или изготавливая программатор, определитесь, нужен ли для его работы COM-порт. И если да, то вам придётся ставить на свой ПК ещё и программу-эмулятор COM-порта. Ведь в современных ПК, а тем более ноутбуках, уже давно нет разъёма COM-порта. Но самое главное, пока вы ждёте посылку с программатором, или изготавливаете его самостоятельно, — это не "остыть" к изучению МК.

Я применяю недорогой программатор, купленный в Интернете несколько лет назад. Приобретая его, я ещё мало что знал о МК и не знал, что некоторые МК имеют так называемую калибровочную константу, записанную на заводе-производителе. Также я не знал, что некоторые программаторы умеют самостоятельно считывать и вновь перезаписывать в МК эту константу, т. е. сохранять её. А некоторые программаторы, увы, не умеют этого делать. Так вот, чтобы облегчить себе жизнь, рекомендую выбрать программатор, который самостоятельно, без вашего участия, считывает и перезаписывает калибровочную константу.

Пока ожидаете или изготавливаете программатор, установите на ПК среду разработки и отладки программ — MPLAB. Подробно об этом можно прочитать в [1, № 8]. Там указано, где скачивать (приведены адреса сайтов), как устанавливать и как работать с этой программой. Поскольку со времени выхода статьи прошло уже около 20 лет, скачивать нужно, конечно же, более современную версию программы. Учиться работать с ней можно тоже с помощью Интернета, там есть множество сайтов, где работа с ней расписана подробнейшим образом.

Итак, программы установлены, даташит на русском языке скачан [4], программатор имеется, PIC12F675 приобретен, желание не пропало. Тогда идём дальше — начинаем изучать даташит. Ещё раз напоминаю, если вы радиолюбитель, для которого всё, что связано с программированием, — "тёмный лес", который вас пугает, не давая начинать осваивать МК. Не пугайтесь, пока пропускайте всё незнакомое. На что нужно обратить внимание, будет сказано.

В самом начале даташита, на с. 1 приведены основные параметры МК PIC12F629/675. Даже если вы далеки от программирования, согласитесь, основное понятно: максимальная тактовая частота — 20 МГц; напряжение питания — 2...5,5 В; шесть каналов ввода/вывода. Также в своём составе он имеет аналоговый компаратор, АЦП (только у PIC12F675), два таймера TMR0 и TMR1. Для начала это даже очень много. Скорее всего, у вас воз-

ник вопрос: сколько же смогли "повесить" на шесть функциональных выводов? Посмотрите на структурную схему МК, и вы увидите, что один его вывод может иметь от трёх до пяти функций. Это сделано, чтобы минимизировать общее число выводов МК. Именно поэтому практически любой вывод (кроме выводов питания) может быть настроен на множество функций: просто цифровой вход/выход, аналоговый вход АЦП или компаратора, вход счётчика или выход тактовой частоты и т. п. Это, конечно, рай для опытных разработчиков, но, увы, — сложность для начинающих, потому что такое обилие возможностей влечёт за собой необходимость тщательной настройки и МК в целом, и каждого его вывода. И вот это действительно не так просто!

Поэтому первый главный совет: пока не запоминайте, всё, чем может быть каждый вывод МК. Даже для такого простого МК, как PIC12F675, сделать это в начале изучения довольно сложно. Тем более, что, возможно, будут непонятны некоторые обозначения. Также не сильно пугайтесь схем, диаграмм и таблиц и пока не тратьте время на попытку глубоко их осмыслить. Второй главный совет — не нужно сразу пытаться выучить как пользоваться всеми возможностями МК и как настраивать его на это обилие возможностей. Это будем делать постепенно, по мере изучения. Поверьте, если вы в начале начнёте пытаться сразу всё выучить, запомнить и применить, то вас ждут два пути. Первый — если для вас всё окажется ясным и понятным, значит, вы очень умный и талантливый человек, и вас ждёт большое будущее на поприще программирования. А второй — вы просто запутаетесь и, скорее всего, оставите мысль о применении МК. Итак, запоминаете только то, что объяснено, остальное пропускаете.

Ну а потом у вас впереди опять два пути. Первый — от создания программ вы начнёте получать большее удовольствие, чем от работы с паяльником. Тогда вы сами всё глубже и глубже начнёте изучать и программирование, и МК, посвящая этому всё больше и больше своего времени. Второй путь — вы поняли, что программирование это не ваша стезя. Ну что ж, тогда у вас останется умение разрабатывать простые конструкции на МК. А это тоже немало.

Естественно, в самом начале изучения МК нас интересуют его выходы, чтобы чем-то управлять. Но понятно, что на будущее неплохо было бы узнать ещё и про входы, чтобы сам МК мог воспринимать какие-то внешние воздействия.

Посмотрите на таблицу 1-1 в даташите на с. 7. Она так и называется

"Назначение выводов МК PIC12F629/675". Следует запомнить, что наш МК имеет шесть универсальных выводов, пять из которых двуправленные, т. е. могут быть назначены либо входом, либо выходом. Для этого случая обозначаются они так: GP0 — вывод 7, GP1 — вывод 6, GP2 — вывод 5, GP4 — вывод 3 и GP1 — вывод 2. Ещё один вывод 4 может быть либо инверсным входом сброса, тогда он обозначается как MKLR с чертой наверху, либо только входом, тогда он обозначается GP3. Ещё запоминаем то, что GP0, GP1, GP2, GP3, GP4, GP5 называются каналами порта ввода/вывода. Называется этот порт GPIO, и мы видим, что он шестирядный. На будущее запомним, что настройка этого порта заключается в том, чтобы назначить выбранные выводы либо выходами, либо входами. Есть ещё одна приятная мелочь, если потребуются подтягивающие резисторы, знайте, что они уже встроены в МК! Их можно программно (т. е. написав специальные команды в программе) подключать к тем выводам, которые будут назначены входами. Но знайте, что есть и досадная мелочь — у входа GP3 такого резистора нет, поэтому при необходимости придётся ставить его самому, устанавливая резистор на плату. Согласитесь, что программно это сделать легче, — не надо паять резисторы, а это экономия времени, да и места на плате. Хотя не всё так однозначно, иногда может понадобиться установить внешний подтягивающий резистор, так как внутренний резистор имеет сопротивление около 40 кОм.

Как мы и договаривались, всю остальную информацию пока пропускаем, ведь для изготовления переключателя "бегущий огонь" знание только выходов уже достаточно. Для начала можно сделать переключатель на трёх светодиодах (трёхканальный переключатель), ну а в дальнейшем можно будет увеличить их число до пяти. Решим, что катоды светодиодов будут подключены к минусовой линии питания, тогда включаться они будут подачей на их аноды напряжения питания, что более привычно, а поэтому будет и более понятно при составлении программы.

Как вы знаете, эффект "бегущего огня" заключается в том, чтобы последовательно зажигать и гасить светодиоды. Собрать такое устройство можно всего на трёх транзисторах, на которых собран многофазный мультивибратор, или на одной микросхеме. В первом случае устройство получится простым, но с трудом поддающимся хоть какому-то усовершенствованию. Ведь чтобы изменить частоту пере-

ключения, придётся одновременно заменить три конденсатора. В случае применения микросхем его возможности расширяются, но только в рамках воплощённого алгоритма. Именно поэтому устройства на обычных микросхемах называются устройствами на жёсткой логике, т. е. чтобы устройство смогло выполнять ещё какие-то функции, оно должно быть существенно переработано. Устройства на МК называются устройствами на гибкой логике, т. е. изменяя не схему, а только

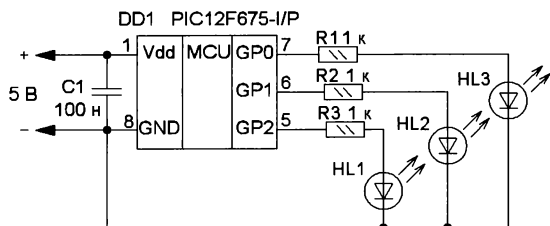


Рис. 1

программу, можно заставить одно и то же устройство работать совершенно по-другому. Естественно, в пределах разумного, так как получить из переключателя гирлянд цифровой вольтметр, конечно же, не получится.

Схема "бегущего огня" на МК показана на рис. 1. Поскольку в качестве выходов пять из шести выводов абсолютно равнозначны, решим, что светодиоды будут подключаться к выводам, которые обозначены как GP0, GP1 и GP2. Выводы GP4 и GP5 использованы пока не будут. Всё, схема собрана! Собрать её не просто, а очень просто. Для изменения частоты переключения не потребуется замена элементов. Но вот выходит на сцену "обратная сторона медали" — МК без программы, записанной в него, представляет собой просто кусочек кремния в пластике, поэтому собранное устройство, конечно же, не заработает.

Вот и настало время приступить к написанию программы. Первое, что нужно сделать, это просто составить для себя словесное описание того, что должно делать ваше устройство. Затем на основе этого описания нужно составить алгоритм его работы. Кстати, этот этап присутствует не только у программиста, при составлении программы, но и у радиолюбителя, при разработке устройства на дискретных элементах. Отличие между ними лишь в том, что радиолюбитель добивается выполнения алгоритма, соединяя между собой различные элементы с помощью паяльника, а программист пишет по заданному алгоритму программу, которую выполняет МК. Следует сразу предупредить, что это довольно существенное отличие! Вполне возможно, оно вам понравит-

ся, и вы начнёте всё больше и больше заниматься программированием, но возможно, что нет, тогда вы оставите это занятие. В конце концов, мир состоит не из одних программистов!

Как должен работать наш переключатель, совершенно ясно. Включается первый светодиод и светит некоторое время, затем гаснет и включается второй светодиод, который тоже светит некоторое время. После того как он погаснет, включается третий светодиод и тоже светит

такое же время. После погасания третьего светодиода вновь включается первый, и далее всё повторяется. Конечно, программист напишет такую простую программу даже без составления алгоритма. Но, во-первых, вы пока ещё совсем начинающий программист, а во-вторых, привыкайте

работать, составляя алгоритм, это правило хорошего тона, как и делать подробные комментарии к составляемой программе. Пренебрегающие

ной, поищите в Интернете что-нибудь попроще.

Получился вот такой алгоритм. Для очень внимательных я сразу скажу, что в этом алгоритме есть небольшое упущение. Сделано это специально, чтобы показать, как отлаживать программу:

1. Включить первый светодиод, т. е. подать лог. 1 на выход GP0.
2. Выключить первый светодиод, т. е. подать лог. 0 на выход GP0.
3. Включить второй светодиод, т. е. подать лог. 1 на выход GP1.
4. Выключить второй светодиод, т. е. подать лог. 0 на выход GP1.
5. Включить второй светодиод, т. е. подать лог. 1 на выход GP2.
6. Выключить второй светодиод, т. е. подать лог. 0 на выход GP2.
7. Перейти на строку № 1.

Это запись алгоритма словами. Но обычно его изображают графически, так как рисунок более наглядно показывает нам последовательность действий, связи, переходы и т. п. Графическое изображение нашего алгоритма приведено на рис. 2.

Кстати, замечу, что сейчас это тоже программа, только написана для человека на понятном ему человеческом языке, поэтому в таком виде более точно называть её инструкцией. Если вы посадите человека за выключатели и дадите ему эту инструкцию, получите "бегущие огни", правда, ненадолго, потому что человек скоро устанет, начнёт сбиваться и путаться в выключателях. Лучше, конечно, поручить эту задачу МК. Но для этого нужно написать эту инструкцию, точнее уже программу, на языке, понятном для него. Сделать это по такому подробно алгоритму будет очень легко даже начинающему. А именно это нам и нужно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгий А. Разработка и отладка устройств на МК. — Радио, 2001, № 5, с. 17—19; № 6, с. 24—26; № 7, с. 19—21; № 8, с. 28—31; № 9, с. 22—24; № 10, с. 14—16; № 11, с. 19—21; № 12, с. 23—25. Радио, 2002, № 1, с. 1—19.

2. Долгий А. О настройке тактового RC-генератора, встроенного в МК PIC12F629 и PIC12F675. — Радио, 2009, № 3, с. 22, 23.

3. Гладштейн М. Проектируем устройства на микроконтроллерах. — Радио, 2000, № 11, с. 25, 26; № 12, с. 20—23.

4. Однокристалльные 8-разрядные FLASH CMOS микроконтроллеры компании Microcip Tecnolodgi Incorporated PIC 12F629, 12F675. — URL: http://www.microchip.ru/files/dsheets-rus/PIC12F629_675.pdf (27.11.20).

(Продолжение следует)

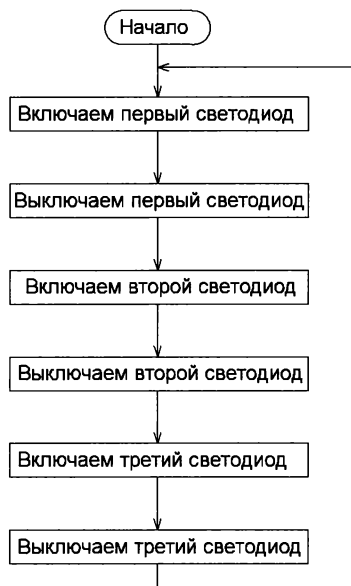


Рис. 2

этимися правилами начинающие программисты через некоторое время сами с трудом разбираются в своих программах.

Составляя алгоритм по описанию работы устройства, необходимо описать всё, до мельчайших подробностей и учесть все возможные варианты работы устройства. Если захотите глубже разобраться в этом, попробуйте изучить статью [3]. Если она покажется вам слож-

Ночник "Лампа накаливания"

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Не так давно в продаже появились и стали относительно популярными так называемые светодиодные "лампы Эдисона" [1], которые применяются и как декоративные. Их основой являются филаментные (от англ. **filament** — нить накаливания) светодиоды (рис. 1). Они представляют собой стержень из стекла округлой или прямо-

угольной формы, на котором смонтированы 20 или более последовательно соединённых кристаллов УФ-светодиодов. После этого их покрывают слоем люминофора жёлтого цвета. Этот слой препятствует прохождению ультрафиолетового излучения, преобразуя его в видимый цвет, и обеспечивает рассеивание светового потока, который максимально близко соответствует цветовой температуре обычной лампы накаливания. Номинальное напряжение такого светодиода — 55...65 В, а максимальная потребляемая мощность в большинстве случаев — 1 Вт.

Как известно, залогом долговечной работы светодиодов является эффективный отвод тепла. Поэтому в "лампы Эдисона" часто закачивают смесь газов на основе гелия, который хорошо передаёт тепло от светодиода к колбе и далее в атмосферу. Филаментные светодиоды можно извлечь из вышедших из строя филаментных ламп (если, конечно, такой светодиод исправен) или приобрести также и в интернет-магазинах.



Рис. 1

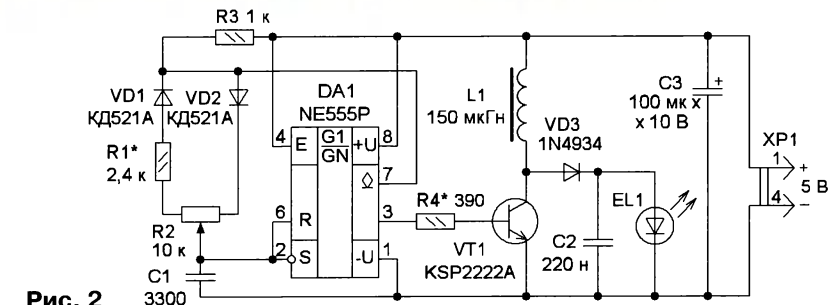


Рис. 2

угольной формы, на котором смонтированы 20 или более последовательно соединённых кристаллов УФ-светодиодов. После этого их покрывают слоем люминофора жёлтого цвета. Этот слой препятствует прохождению ультрафиолетового излучения, преобразуя его в видимый цвет, и обеспечивает рассеивание светового потока, который максимально близко соответствует цветовой температуре обычной лампы накаливания. Номинальное напряжение такого светодиода — 55...65 В, а максимальная потребляемая мощность в большинстве случаев — 1 Вт.

Как известно, залогом долговечной работы светодиодов является эффективный отвод тепла. Поэтому в "лампы Эдисона" часто закачивают смесь газов на основе гелия, который хорошо передаёт тепло от светодиода к колбе и далее в атмосферу. Филаментные светодиоды можно извлечь из вышедших из строя филаментных ламп (если, конечно, такой светодиод исправен) или приобрести также и в интернет-магазинах.

Филаментный светодиод был применён для изготовления ночника, имитирующего обычную лампу накаливания. Для его питания удобно применить сетевой блок питания (ЗУ сотового

телефона) с USB-разъёмом, а в качестве автономного источника питания — Power bank с таким же разъёмом. Но в этом случае потребуются повышающий преобразователь напряжения.

Схема преобразователя напряжения показана на рис. 2. Он содержит генератор с регулируемой скважностью импульсов на таймере DA1, ключ на транзисторе VT1, накопительный дроссель L1 и выпрямитель на диоде VD3 и конденсаторе C2. Частота следования импульсов — несколько десятков килогерц. Резистором R2 осуществляют регулировку скважности импульсов, поступающих на базу транзистора VT1. Чем больше длительность импульсов, тем больше энергии накапливается в дросселе и тем больше напряжение на светодиоде EL1, а значит, и больше яркость его свечения. Яркость можно регулировать от слабого свечения практически до максимально возможной. При слабом свечении можно различить светящиеся кристаллы. В применённом светодиоде — 20 кристаллов. Резистор R1 ограничивает максимальную яркость свечения светодиода.

Большинство элементов преобразователя напряжения смонтированы на односторонней печатной плате из стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм, чертёж которой и схема размещения элементов показаны на рис. 3. Применены постоянные резисторы МЛТ, C2-23, переменный — СП4-1, СПО, СПЗ-3, если применить переменный резистор СПЗ-

4ГМ с выключателем, с его помощью можно выключать ночник. Диоды VD, VD2 — любые маломощные импульсные серий КД521, КД522, 1N4148. Импульсный диод 1N4934 можно заменить диодом КД521А, 1N4148. Таймер NE555P можно заменить таймером КР1006ВИ1, но следует учесть минимальное напряжение питания — 5 В. Транзистор можно применить PN2222А. Можно применить импульсный транзи-

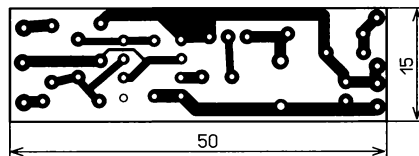


Рис. 3

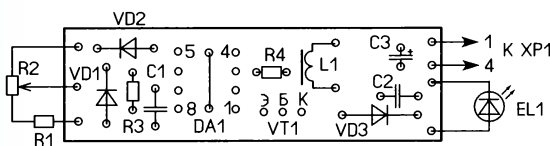


Рис. 4

стор средней мощности с допустимым напряжением коллектора не менее 70 В и постоянным током коллектора не менее 0,5 А. Напряжение насыщения должно быть как можно меньше. Оксидный конденсатор — импортный, остальные — плёночные или керамические малогабаритные, причём конденсатор C2 должен иметь номинальное напряжение не менее 63 В. Дроссель — серии RLB на максимальный ток не менее 500 мА. Внешний вид смонтированной платы показан на рис. 4. В качестве кабеля можно использовать USB-кабель от какого-либо устройства. При этом следует обратить внимание на сопротивление его проводов, желательно, чтобы оно было не более 0,5 Ом.

Предварительно надо проверить рабо-

тоспособность устройства и провести его наладивание. Взамен резистора R1 временно устанавливают подстроечный резистор сопротивлением 10 кОм. Резистор R2 устанавливают в положение максимальной яркости и подстроечным резистором устанавливают желаемую максимальную яркость. Затем подстроечный заменяют постоянным резистором с сопротивлением, равным сопротивлению введённой части подстроечного. При максимальной яркости надо на ощупь проверить нагрев светодиода, и если он разогревается сильно, максимальную яркость следует уменьшить. Резистор R4 подбирают при максимальной яркости свече-

ния. Его сопротивление устанавливают максимально возможным, но чтобы при этом максимальная яркость не уменьшалась. Это обеспечит максимальный КПД. В дальнейшем резистор R4 монтируют на выводе переменного резистора R2.



Рис. 5

Чтобы изготовить ночник, потребуется поместить светодиод внутри стеклянной колбы. Для этого придётся разобрать лампу накаливания. Сначала надо аккуратно удалить центральный контакт цоколя вместе с керамическим изолятором. Затем удаляют стеклянную трубку и арматуру крепления нити накаливания. Надо расширить проход в стеклянную колбу, удалив стеклянные выступающие острые грани и обточить их с помощью алмазного надфиля. Эта работа потребует аккуратности и осторожности, чтобы не пораниться об стеклянные осколки, которые надо собрать и выбросить.

Для держателя светодиода использован одножильный монтажный провод диаметром 0,5 мм в изоляции (желательно разного цвета, например красного и синего). Берут два отрезка провода и удаляют изоляцию на длину, равную высоте размещения светодиода внутри колбы. Оголённые концы проводов припаивают к выводам светодиода на расстоянии не более 2 мм. Используя тот факт, что выводы светодиода гибкие, изгибают один из них на угол более 90 градусов, и провод с этим выводом вводят внутрь колбы на требуемую глубину. Фиксируют этот провод внутри цоколя лампы с помощью термоклея. В этом месте провод должен быть в изоляции. Затем вводят второй провод, выравнивают расположение светодиода внутри колбы и крепят его. После проверки работоспособности желательно дополнительно закрепить оба провода ещё одной порцией термоклея. Получилась лампа накаливания (рис. 5).

В качестве корпуса светильника использован пластмассовый корпус диаметром 43 мм и высотой 75 мм от зубочисток. В отвинчивающейся крышке корпуса делают отверстие, в котором закрепляют лампу. Сделать это можно с помощью термоклея. Сбоку в корпусе делают отверстие для установки переменного резистора. В нижней части корпуса сделано отверстие для кабеля питания. Как отмечено выше, источником питания может служить ЗУ сотового телефона или Power bank. Максимальный потребляемый ток — 300...400 мА.

Поскольку в таком варианте устройство может быть неустойчиво, существует высокая вероятность его падения набок, что может привести к разбитию колбы. Поэтому в качестве основания был использован каркас (вместе с маг-

нитом для увеличения массы) от квадратной или круглой динамической головки диаметром 100...150 мм. В отверстия для крепления динамической головки можно установить резиновые



Рис. 6

амортизаторы. В заключение можно покрасить устройство в желаемый цвет, предварительно защитив кабель и колбу лампы от краски. Внешний вид устройства показан на рис. 6 (яркость свечения — минимальная). В результате получилась классическая радиолобительская конструкция из имеющихся в наличии элементов и подручных материалов.

От редакции. Чертеж печатной платы в формате Sprint LayOut имеется по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/02/lampa.zip> на нашем FTP-сервере.

Arduino и Processing — реальное и виртуальное

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Возможность создавать в среде Processing трёхмерные объекты и обмениваться данными с внешними устройствами на основе микроконтроллеров благодаря библиотеке Serial позволяют создавать реальные и виртуальные конструкции, работающие одновременно. Такой подход расширяет возможности изделия в целом, дополняя одну реальность другой. Выбор ведомой и ведущей из них остаётся за разработчиком, как и сфера их применения.

В качестве иллюстрации автор выбрал известные читателям по ранним

статьям конструкции светодиодного куба [1] и игрушки-аниматроника [2] на основе плат Arduino. На рис. 1 и рис. 2 показана совместная работа упомянутых выше приложений и конструкций. В них виртуальные воплощения являются ведущими, а реальные изделия — ведомыми. Иными словами, приложения самодостаточны, а использование реального куба и аниматроника являются одной из возможных опций их работы.

На рис. 3 показаны изображения рабочего окна приложения виртуального светодиодного куба. В текущей вер-

сии используется 14 кнопок управления различными опциями, из них девять горизонтальных и пять вертикальных. В левом нижнем углу динамичная строка информирует о номере исполняемого эффекта и его названии. Циклический перебор вариантов опции происходит кратковременными нажатиями на соответствующую кнопку. Кнопкой "ФОН" устанавливают цвет фона приложения, кнопкой "ЦВЕТ" изменяют цвет пикселей куба. С помощью других функциональных кнопок меняют форму и размер пикселя. Кнопкой "СКОРОСТЬ" регулируют длительность паузы между сменой кадров. Кнопкой "ЭФФЕКТ9" перебирают все записанные в программу эффекты. Нажатие на кнопку "ФОТО" сохраняет текущий кадр в формате картинки с расширением .png. Существует возможность сохранять до восьми кадров одновременно. Кнопку "СТОП-ШАГ" удобно использовать при



Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

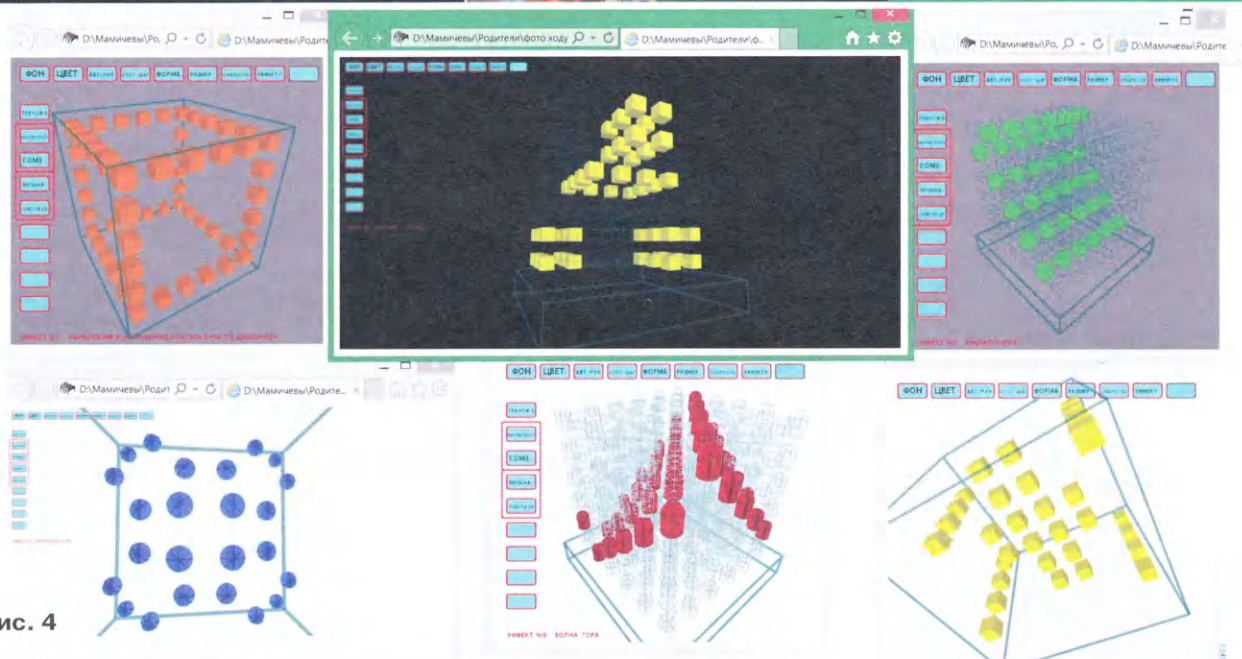


Рис. 4

покадровом просмотре эффекта, предварительно кратковременно нажав на колесо мыши (стоп-кадр), а также при создании gif-анимации. Кнопка "АВТ/РУЧ" переключает режимы с автоматического (прокрутка куба, смена цветов и перебор эффектов) на ручной, т. е. самостоятельный выбор всех

ми. Это синхронное воспроизведение или трансляция эффекта на внешний куб и исполнение эффекта в ритме музыкального трека, сопровождающего эффект. Кнопка "СОМ3" позволяет выбрать порт подключения к плате, а кнопка "ВЫКЛЮЧЕНО" коммутирует его. Подробно о том, как организовать обмен

кнопка "МУЗЫКА". Чувствительность куба к ритму подбирают с помощью одноимённой кнопки. Музыкальные треки (их пять) должны храниться в папке скетча. Подробнее о том, как Processing работает с аудиофайлами и посмотреть примеры реализации можно в [4, 5].

Третий режим позволяет создавать динамические иллюстрации — gif-картинки к эффектам (рис. 4). Имея такие иллюстрации к каждому эффекту, проще набирать программу эффектов для исполнителя и редактировать её. Для создания картинки удобнее пользоваться парой кнопок "ФОТО" и "СТОП-ШАГ", выбирая индивидуально опции под каждый эффект. Саму анимацию проще делать, используя интернет ресурсы, например <<https://gifius.ru/>>.

Вариант виртуального аниматроника (скетчи bluechiken2.pde и синхрон_bl.ino) предназначен для чтения сказок. Он работает аналогично предыдущему приложению и способен также синхронизироваться с "механическим" аниматроником. Каждую сказку по тексту удобно разделить на несколько частей и преобразо-

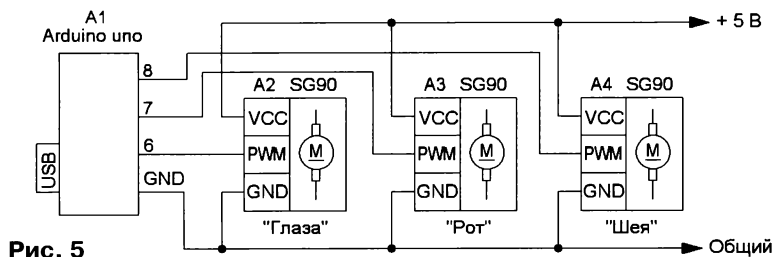


Рис. 5

опций исполнения эффекта. Кнопкой "ТРАНСФ.3" поворачивают все пиксели кадра относительно осей x, y и z в различных сочетаниях, обеспечивая смену ориентации куба в пространстве и реверс кадров эффекта.

Вертикальные кнопки обеспечивают управление двумя отдельными режима-

данными между приложением и микроконтроллером, можно прочитать в [3].

Скетч, принимающий данные из приложения и управляющий кубом, — синхрон_b66.ino. Скетч приложения — исполнител4. Для переключения на музыкально-ритмичное сопровождение исполнения эффектов используется

вывать в аудиофайлы с расширением .mp3. Для этого удобно пользоваться ресурсом <<https://voxworker.com/ru>>. Автор использовал сказку Эрнеста Ильина о роботе-мальчике, разбив её на четыре фрагмента [6].

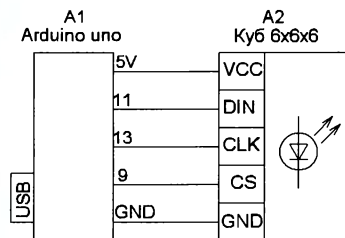


Рис. 6

Схема подключения сателлита—аниматроника показана на рис. 5, куба — на рис. 6. Подключения сохранены из предыдущих версий конструкций. Получив опыт в использовании Processing, можно самостоятельно создавать виртуальные версии собственных конструкций, дополняя их новыми функциональными возможностями, заменяя или синхронизируя работу с реальными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамичев Д. Светодиодный куб 6×6×6 на Arduino. — Радио, 2018, № 1, с. 61—63.
2. Мамичев Д. Игрушка-аниматроник. — Радио, 2020, № 2, с. 60—62.

3. Arduino и Processing. Как управлять микроконтроллером по COM-порту. — URL: <https://habr.com/ru/post/450518/> (13.08.20).

4. Processing: Библиотеки/Sound/Класс SoundFile. — URL: http://wikihandbk.com/wiki/Processing:Библиотеки/Sound/Класс_SoundFile (13.08.20).

5. Processing: Библиотеки/Sound/Класс Amplitude. — URL: http://wikihandbk.com/wiki/Processing:Библиотеки/Sound/Класс_Amplitude (13.08.20).

6. Ernest Ilin. Сказка про Маленького Робота. — URL: <https://proza.ru/2002/09/06-128> (13.08.20).

От редакции. Скetch и файлы для проекта, а также видеозапись работы устройства находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/02/virtual.zip> на нашем FTP-сервере.

Ответы на викторину "Arduino: программная часть-2"

("Радио", 2021, № 1, с. 54, 55)

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

1. Ответ — 0. Цифровые порты в Arduino двунаправленные. Следовательно, контакт A1:8, к которому подключается транзистор VT1 и реле K1, можно программно перевести из режима "Выход" в режим "Вход" с внутренним "pull-up" резистором. Этот резистор подключается одним выводом к цепи +5 В, другим — к выводу 8 Arduino, в результате образуется делитель напряжения, нижнее плечо которого составляют резистор R1 и открытый переход база—эмиттер транзистора VT1. Поскольку "pull-up" резистор высокоомный (20...50 кОм), напряжение на выводе 8 Arduino будет примерно на 0,1...0,2 В больше, чем напряжение на переходе транзистора VT1, т. е. 0,75...0,85 В, что воспринимается микроконтроллером как лог. 0.

2. Ответ — 1. Назначение скетча — циклическое включение и выключение реле K1 по следующему алгоритму: 2 с — включено, 8 с — пауза, 2 с — включено, 8 с — пауза и т. д. Длительность включённого состояния задаётся в строке 4 явным образом через количество миллисекунд, где число 2000 эквивалентно 2 с. Длительность паузы рассчитывается как разность между числами в строках 3 и 4, в итоге получается 10000 — 2000 = 8000 мс, или 8 с. Реле K1 включается

(выключается) напряжением лог. 1 (лог. 0) на выводе 8 Arduino. Смена логических уровней производится в строках 9, 10, где оператор **digitalWrite** имеет нестандартное заполнение. Внутри его скобок на месте, где указывается уровень, присутствует длинное логическое выражение **millis()%(allTime) < onTime**. Первые 2 с, до того как постоянно работающий счётчик миллисекунд **millis()** сравняется со значением, хранящимся в переменной **onTime**, логическое выражение истинно, оператор записи превращается в **digitalWrite(relayPin, 1)**, реле K1 включается. Как только в счётчике миллисекунд число 2000 будет превышено, логическое выражение станет ложным **digitalWrite(relayPin, 0)**, и реле K1 выключится.

Если поменять местами числа в строках 3 и 4, то счётчик миллисекунд никогда не сможет выйти за рамки 2000, следовательно, логическое выражение всегда будет истинным, и на выводе 8 Arduino установится уровень лог. 1. Реле K1 будет постоянно включено.

3. Ответ — 0. Назначение скетча — игра человека с Arduino в "Чёт-нечёт". Нажимая на клавиатуре компьютера клавиши 1 или 2, надо попы-

таться угадать, какое число "задумал" Arduino. Последний играет по-честному, генерируя случайные числа и не зная ходы человека. Теоретически на большой выборке поединков должна получиться боевая ничья.

Однако первая компиляция скетча приведёт к ошибке **expected initializer before 'Serial'** с подсветкой строки 3. Действительно, в ней пропущены фигурные скобки, должно быть **void setup() { Serial.begin(9600); }**. Но главный сюрприз ждёт дальше. Скетч, хоть и исправно компилируется, но при загрузке в Arduino "играет в поддавки". Если на клавиатуре компьютера постоянно вводить цифру 2, человеку выигрыш всегда обеспечен. Разгадка кроется в программном генераторе случайных чисел в строке 4. Правильная запись **a = random(2)**, поскольку функция **random()** генерирует целые числа от 0 до N-1, где N — число в скобках.

На этом ошибки, приводящие к неработоспособности программы, заканчиваются. Есть ещё одна неточность — нерациональное применение типа **long** в переменной **k** в строке 6. Здесь следовало бы указать тип **char**. Но к фатальным ошибкам в данном скетче это не относится (небрежность, недосмотр), хотя и приведёт к перерасходу памяти на 18 байт.

4. Ответ — 0. Назначение скетча — включение и выключение реле K1 с помощью шифра, состоящего из цифр, подаваемых с клавиатуры компьютера в среде Arduino IDE. Коды включения 123 и выключения 456 прописаны в строках 10, 11 скетча. Переменная **kod**, которая ими управляет, имеет размерность **unsigned int** (строка 9), следовательно, её значение всегда меньше, чем 65536. Получается, что шифр может состоять из четырёх любых цифр или из пяти

определённых цифр. Чтобы вводить шифр повышенной секретности из восьми цифр, следует задать для переменной **код** тип данных **unsigned long**.

5. Ответ — 0. При подаче между обкладками пьезоизлучателя BQ1 пульсирующего напряжения с частотой 1,5 кГц он будет издавать высокий звук, соответствующий ноте " соль" третьей октавы. В рассматриваемой схеме излучатель BQ1 и светодиод HL1 имеют общую точку соединения. Казалось бы, при мигании светодиода с частотой 0,5 Гц (два раза в секунду) звучание излучателя тоже должно быть прерывистым. Однако элемент BQ1 является униполярным. Он может подключаться вторым выводом как к цепи питания 5 В, так и к общему проводу GND. Мигание светодиода приводит лишь к периодической смене полярности пульсирующего напряжения, подаваемого на излучатель. Но результат будет одинаков — непрерывное звучание.

6. Ответ — 1. Назначение скетча — измерение температуры с помощью термистора RK1 и выдача результата на компьютер в градусах Цельсия. Температура рассчитывается по упрощённой формуле известного уравнения Стейнхарта — Харта [1]. В формуле фигурирует коэффициент В (константа **В_COEF** в строке 2), который указывается в справочных данных термистора RK1. Для разных типов термисторов он будет разным, причём с большим разбросом. К примеру, для термистора MMT-1 коэффициент температурной чувствительности В равен 2060...4300 К.

Если измеренная температура получается выше, чем показывает образцовый термометр, увеличивая константу **В_COEF** можно скомпенсировать погрешность. Для справки, градуировку в бытовых условиях обычно проводят в двух точках — в воде с кусочками льда 0 °С и в кипящей воде при 100 °С. В последнем случае не лишним будет учесть высоту местности над уровнем моря согласно **таблице**.

7. Ответ — 1. Назначение скетча — управление нагревательным элементом, регулирующим температуру в термостате. Поскольку реального нагревателя нет, его наличие имитирует светодиод HL1. Он светит, если температура выше нормы (нагреватель отключается), если погашен — температура ниже нормы (нагреватель включается). Границы изменения температуры в термостате задаются числами в относительных единицах, соответственно 510 и 490 в строках 9, 11. С ними сравниваются результаты измерения напряжения функцией **analogRead()**. Чем выше

температура термистора, тем меньше считываемое число, и наоборот.

Если считываемое число находится в промежутке между 490 и 510 (в вопросе это 500), в зависимости от направления процесса — остывание или нагрев, напряжение на выходе 8 Arduino может быть как лог. 0, так и лог. 1.

8. Ответ — 1. Назначение скетча — выполнить фильтрацию внешних помех при измерении температуры термистором RK1 через вход A0 Arduino. В скетче используется алгоритм "Бегущее среднее" (другое название — "Скользящее среднее" от англ. Running Average) [2]. Это простой и достаточно эффективный способ устранения наводок при замерах аналоговых напряжений, будь то термодатчика, фоторезистора или гигрометра. Настраивается фильтр подбором двух коэффициентов в строках 2 и 3. Первый из них **STEP** отвечает за число цифровых выборок в единицу времени. Частота следования выборок должна быть достаточно большой, чтобы захватить все основные гармоники в спектре сигнала согласно теореме Котельникова. Второй коэффициент **COEF** может изменяться от 0 до 1, при этом чем он меньше, тем лучше сглаживаются "иголки" в сигнале. В переводе на язык теории фильтров этот коэффициент определяет частоту среза цифрового ФНЧ.

9. Ответ — 1. Модуль датчика движения HC-SR501 не является новинкой для читателей журнала "Радио" [3]. Его невысокая стоимость и способность обнаруживать движущиеся тепловыделяющие объекты на рас-

Высота над уровнем моря, м	Температура кипения воды, °С
0	100
400	98,65
800	97,32
1200	96,02
1600	94,72

стоянии до 3...7 м способствуют широкому применению в системах "умный дом", охранных сигнализациях, автоматизации быта. Напряжение питания на его выводе VCC рекомендуется 4,5...12 В. Однако выходной сигнал OUT имеет логические уровни 0 и 3,3 В, что наводит на мысль о возможности снижения напряжения питания до 3,3 В.

На **рис. 1** показано внутреннее устройство модуля HC-SR501. Логика работы следующая: PIR-датчик B1 преобразует ИК-излучение от удалённого объекта в электрический сигнал, который обрабатывается в специали-

зированном контроллере DD1. Питание обеспечивает интегральный стабилизатор DA1 с выходным напряжением 3,3 В. Если на вывод VCC модуля HC-SR501 будет подано питание 3,3 В, за счёт кремниевого диода VD1 оно снизится до 2,7...2,8 В. При таком питании PIR-датчик ещё будет работать (у него нижняя граница — 2,2 В), а вот контроллер DD1 начнёт давать сбои (у него нижняя граница — 3 В). Вывод — запитать модуль HC-SR501 от цепи 3,3 В Arduino нельзя. Но если это потребуется в других конструкциях, можно ввести перемычку, как показано на рис. 1 пунктиром.

10. Ответ — 1. Назначение скетча — обнаружение движущихся объектов с выдачей в компьютер текстовой информации "Есть движение", "Нет движения". Как известно, на плате модуля HC-SR501 имеется перемычка, устанавливаемая в положение "Н" или "L". В зависимости от модификации модуля это может быть съёмная перемычка или паяное соединение между ламелями. Если перемычка находится в положении "L", то каждое движение объекта сопровождается формированием на выходе OUT отдельного импульса. Если перемычка — в положении "Н", то число движений объекта накапливается, уровень лог. 1 на выходе OUT держится до тех пор, пока объект не выйдет из зоны охраны или не замрёт на длительное время. Следовательно, скетч Arduino при положении перемычки "L" будет фиксировать большее количество движений, чем в положении перемычки "Н", но информативность для пользователя только ухудшится.

11. Ответ — 0. Назначение скетча — обнаружение движущихся объектов с включением внутреннего светодиода L на плате Arduino. Особенность — использование системы прерывания микроконтроллера, чтобы не пропустить начало импульса с выхода OUT модуля HC-SR501 и разгрузить процессорное ядро для выполнения других задач. Тип прерывания указывается при инициализации скетча в блоке **setup()**. Малоаметный ноль внутри скобок

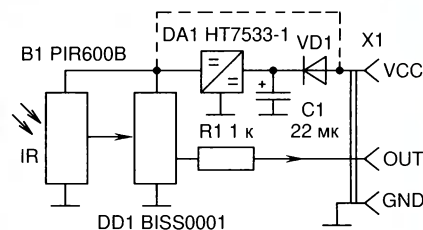


Рис. 1

функции `attachInterrupt()` в строке 6 указывает на тип прерывания `INT0`.

12. Ответ — 0. Назначение скетча — подсчёт количества движений объекта (объектов) за одну минуту и вывод этой информации в компьютер для прорисовки на плоттере в среде Arduino IDE. Применяться может, например, для оценки трафика движения в людных местах, а в быту — как трекер фаз сна. В последнем случае учитывается, что на протяжении ночи происходит смена фаз так называемого быстрого и медленного сна. В зависимости от того, в какую из фаз человек проснулся, утро может быть как добрым, так и не очень ("встал не с той ноги"). Во время медленного сна человек, как правило, лежит неподвижно, сон крепкий, просыпаться тяжело, будить не рекомендуется. Во время быстрой фазы человек часто видит сны, может переворачиваться с боку на бок, но сон поверхностный и пробуждение будет лёгким.

Скетч Arduino подсчитывает число движений, которое сделал спящий человек в течение ночи. За это отвечает переменная `a` в строке 9. Переменная `count` отсчитывает промежутки времени, равные 60 с. Мерной линейкой служит число 1400000L в строке 12, подбирается экспериментально. При составлении своего скетча это число рекомендуется вынести в шапку программы отдельной константой, чтобы можно было оперативно задавать другие отрезки времени. Для примера на рис. 2 показан график сна с пятиминутными подсчётами числа движений.

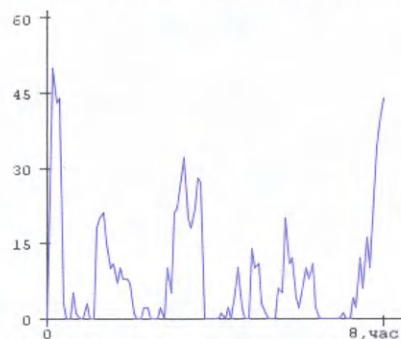


Рис. 2

Чем выше пик на графике, тем чаще человек ворочался, что указывает на быструю фазу сна, и наоборот.

13. Ответ — 1. Принцип работы и параметры ультразвукового дальномера HC-SR04 подробно освещены в [4]. Точность измерения, в первую очередь, зависит от температуры окружающей среды, поскольку она напрямую влияет на скорость распространения звуковых волн с ростом примерно 0,6 м/с на градус. Об этом знают все. А вот про влияние атмосферного

давления и относительной влажности воздуха информации меньше.

Согласно справочным данным ГСССД МР 176-2010 ("Расчётное определение скорости звука во влажном воздухе..."), скорость звука повышается с увеличением относительной влажности воздуха. Разница при показаниях гигрометра 10 % и 90 % составляет около 1 м/с при комнатной температуре. Для сравнения, такой же результат обеспечивает изменение температуры окружающего воздуха всего лишь на 1,5 °С.

Атмосферное давление связывают со скоростью звука в барографических таблицах, но там свой вклад вносит спад температуры воздуха в зависимости от высоты над уровнем моря. Давление начинает заметно влиять на скорость звука при кратном (в 5...10 раз) его изменении. Этот фактор учитывают на производстве при испытаниях в барокамерах. В естественных погодных условиях влиянием атмосферного давления обычно пренебрегают.

14. Ответ — 0. Назначение скетча — измерение расстояния до препятствия модулем HC-SR04 и вывод информации в компьютер. Скетч составлен без применения библиотек функций с помощью прямого формирования зондирующего сигнала длительностью 10 мкс (строки 7—9) и приёма отражённого сигнала в строке 10.

В строке 11 скетча в формуле для расчёта дистанции принята скорость распространения звука 343 м/с (коэффициент 0,0343). Эта скорость, согласно справочных таблиц, подразумевает температуру окружающей среды +20 °С. При температуре +25 °С скорость составляет 346 м/с, следовательно, если имелась в виду эта температура, в формуле был бы коэффициент 0,0346.

Важно понимать, что формула расчёта расстояния, применённая в этом и многих других простейших скетчах в Интернете, не учитывает геометрию распространения излучаемой и отражённой волн. В исследованиях [5] показано, что при расстоянии 2 см до объекта погрешность составляет 25 %, а при измерении расстояния 400 см погрешность снижается до 0,0007 %.

15. Ответ — 0. Назначение скетча — аналогично вопросу 14, но с применением библиотеки функций [6]. Инициализация библиотечных параметров производится в строке 3, где числа в скобках означают: 13 — номер вывода Arduino, к которому подключается сигнал `Trig` модуля HC-SR04; 12 — то же, но для сигнала `Echo`; 21 — температура окружающей среды в градусах Цельсия; 250 — максимально измеряемое расстояние в сантиметрах. Строка 11, упоминаемая в вопро-

се, содержит оператор `Serial.println()`, который посылает информацию о дистанции `d` в компьютер.

Если сравнивать функциональную роль операторов в строках 3 и 11, то видно, что точность измерения дистанции определяется температурой в строке 3, в отличие от строки 11, где число 1 указывает лишь на точность округления результата до десятых долей сантиметра.

16. Ответ — 0. Назначение скетча — использование модуля HC-SR04 в качестве датчика присутствия активного типа. Логика включения и выключения светодиодов HL1, HL2, а также пьезоизлучателя с встроенным генератором HA1 точно такая же, как в конструкции [4]. Нижняя граница дистанции, начиная с которой происходит обнаружение объекта, задают в строке 10 числом 50 в сантиметрах. Верхнюю границу 300 см указывают при инициализации библиотеки в строке 3 и ещё раз повторяют в строке 10 в виде числа 300. Зачем? Дело в том, что применяемая в скетче библиотека "HCSR04" отсекает дистанцию 0...4 см, как дающую недостоверные показания, и вместо 0...4 выдаёт сверхбольшое число для облегчения идентификации события. Следовательно, если в строке 10 проверить только нижний предел 50 см (как звучит в вопросе), но не проверять верхний предел 300 см, то при малых дистанциях до объекта устройство перестанет его "видеть".

ЛИТЕРАТУРА

1. Термистор и Arduino. — URL: <http://arduino-diy.com/arduino-thermistor> (11.11.20).
2. Полезные алгоритмы для Arduino. Фильтры значений. Бегущее среднее (Running Average). — URL: <https://alexgyver.ru/arduino-algorithms/> (11.11.20).
3. Савченко А. Автомат управления лестничным освещением с датчиком движения. — Радио, 2017, № 1, с. 47—48.
4. Нечаев И. Ультразвуковой дальномер без микроконтроллера. — Радио, 2018, № 4, с. 59—62.
5. Жмудь В. и др. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04. — Автоматика и программная инженерия, 2017, № 4 (22), с. 18—25.
6. HCSR04. — URL: <https://github.com/enjoyneering/HCSR04> (11.11.20).

От редакции. Скетчи программ, описание дальномера HC-SR04 и справочные данные о скорости звука в зависимости от влажности и температуры воздуха находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/02/arduino2.zip> на нашем FTP-сервере.

Цифровой миллиомметр с ЖКИ или OLED-индикатором

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

(начало статьи см. на с. 33)



Рис. 23



Рис. 24



Рис. 25



Рис. 26

Dr.Web Security Space

защитит ваш цифровой МИР

Поддерживаемые
ОС



ANDROID



Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга



Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО



Защита от уязвимостей программ

От эксплоитов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях



Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения



Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств



Защита детей

Родительский контроль

Техподдержка
компании
«Доктор Веб»:
<https://support.drweb.ru>

Сайты компании
«Доктор Веб»
в социальных сетях:
[https://www.drweb.ru/
user/social](https://www.drweb.ru/user/social)



Сайты компании
«Доктор Веб»:
<https://антивирус.рф>
<https://drweb.ru>



© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97

- ✓ Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО
- ✓ Круглосуточная техническая поддержка
- ✓ Бонус для покупателей — защита для Android