

Схемотехника

№ 5 (7) май 2001

И. О. главного редактора:

Дмитрий Садченков

Зам. главного редактора:

Алексей Сигаев

Редакционная коллегия:

Павел Асташкевич

Александр Фрунзе

Виктор Йовчик

Литературный редактор:

Ольга Кузовникова

Корректор:

Юлия Асташкевич

Дизайн и верстка:

Виктория Сычева (обложка)

Ирина Чикина

Отдел распространения:

Марина Трофимова

Юрий Рубичев

тел.: (902) 112-9838

e-mail: compitech@mtu-net.ru

Отдел рекламы:

Светлана Хабарова

Адрес редакции:

121351 Москва, ул. Ивана Франко,

д. 40, к. 1, стр. 2

тел./факс: (095) 737-9279,

768-9456

e-mail: shemotech@mtu-net.ru

www.compitech.ru

Издатель и учредитель

ООО "ИД Скимен"

Отпечатано в ЗАО "Красногорская
типография"

143400 МО, г. Красногорск,

Коммунальный квартал, 2

тел: (095) 562-0433

Тираж 5000 экз.

Заказ № 1339

Журнал зарегистрирован в
Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций.
Рег. № ПИ77-5262

Редакция не несет ответственности за
информацию, приведенную в
рекламных материалах

Полное или частичное
воспроизведение материалов
допускается только с разрешения
ООО "ИД Скимен"

Подписной индекс издания по каталогу
"Роспечать" – 66750 (со второго
полугодия 2001 г.)

Цена свободная

Содержание

Аудиотехника

Усилитель мощности с микроконтроллерной системой управления 2

Измерения

Двухобъектный цифровой термометр 9
LCF-метр 10

Источники питания и силовая электроника

Простой источник питания 12
Силовой ключ на МДП-транзисторе 14

Основы схемотехники

Подключение модулей к работающему устройству 15
О подборе кварцевых резонаторов 19
Резисторные и термопарные погрешности в высокоточных системах 21
Основы схемотехники жидкокристаллических дисплеев 23
Микроконтроллеры? Это же просто! 26
Аналоговые коммутаторы 28

Просто и доступно

Звуковые сигнализаторы 33

Софт

QuickPicreator – графический растровый спрайт-ориентированный
редактор принципиальных электрических схем 34
Создание аналоговых PSPICE-моделей радиоэлементов 38

Технологии

Полимеры (бытовые пластмассы) 42

Цифровая техника

AVR-контроллеры: большое в малом 44
128-канальный аналоговый коммутатор 47
Стационарные часы реального времени
с синхронизацией по радиоканалу 50

Электроника в быту

Люминесцентный светильник с батарейным питанием 51
Регулятор температуры с системой аварийного предупреждения 52

Справочный листок

Основные электрические характеристики
оптоэлектронных коммутаторов серии K294КП 53

Страницы истории

Силикобагер: как это было 55

Усилитель мощности с микроконтроллерной системой управления

Схема защиты полностью переработана (рис. 6). Теперь она размещена на основной плате. Таким образом, каждый канал имеет свою независимую схему. Это несколько избыточно, зато каждая основная плата полностью автономна и представляет собой законченный монофонический усилитель. Часть защитных функций несет микроконтроллер, но для повышения надежности достаточный набор защит реализован аппаратно. В принципе, плата усилителя может работать вообще без микроконтроллера. Поскольку УМ имеет отдельный дежурный источник питания, схема защиты питается от него (уровнем +12 В). Это делает поведение схемы защиты более предсказуемым при аварии одного из основных источников питания.

Защита от перегрузки по току осуществляется триггером, собранным на транзисторах VT3, VT4 (рис. 3), который включается при открывании транзистора VT13. Этот транзистор принимает сигнал с датчика тока и открывается при достижении током установленного с помощью подстроечного резистора R30 значения. Триггер выключает генераторы тока VT5, VT6, что приводит к запертию всех транзисторов составного эмиттерного повторителя. Кроме того, состояние триггера считывается через цепочку VD13, R63 (рис. 6), и когда он включается, на входах логического элемента U4D устанавливается низкий логический уровень. Транзистор VT24 обеспечивает выход с открытым коллектором для сигнала IOF (I Out Fail), который опрашивается микроконтроллером.

Защита от постоянной составляющей на выходе усилителя реализована на транзисторах VT19–VT22 и логических

элементах U4B, U4A. Сигнал с выхода усилителя через делитель R57R59 поступает на ФНЧ R58C23 с частотой среза около 0,1 Гц, который выделяет постоянную составляющую сигнала. Если появляется постоянная составляющая положительной полярности, то открывается транзистор VT19, включенный по схеме ОЭ. Он, в свою очередь, открывает транзистор VT22, и на входах логического элемента U4B появляется высокий логический уровень. Если появляется постоянная составляющая отрицательной полярности, то открывается транзистор VT21, включенный с ОБ. Такая асимметрия схемы – вынужденная мера, связанная с однополярным питанием схемы защиты. Для того, чтобы повысить коэффициент передачи тока, применено каскадное включение транзисторов VT21, VT20 (ОБ–ОК). Далее, как и в первом случае, открывается транзистор VT22 и т. д. К выходу логического элемента U4A подключен транзистор VT23, который обеспечивает выход с открытым коллектором для сигнала DCF (DC Fail).

Защита от пропадания сетевого напряжения содержит вспомогательный выпрямитель VD1, VD2 (VD3, VD4), который имеет сглаживающий фильтр (рис. 11) с очень маленькой постоянной времени. Если подряд пропадают несколько периодов сетевого напряжения, выходное напряжение выпрямителя падает, и на входах логического элемента U4C (рис. 6) устанавливается низкий логический уровень.

Логические сигналы с трех описанных выше схем защиты поступают на элемент «ИЛИ» U5C, на выходе которого формируется низкий логический уровень в случае срабатывания любой схемы. При этом через диод VD17 разря-

жается конденсатор C24, и на входах логического элемента U5B (а также на выходе U5A) появляется низкий логический уровень. Это приводит к закрытию транзистора VT27 и отключению реле K1. Цепочка R69, C24 обеспечивает некоторую минимальную задержку при включении питания на тот случай, если микроконтроллер по каким-то причинам не сформирует начальную задержку. Транзистор VT25 обеспечивает выход с открытым коллектором для сигнала OKL (OK Left) или OKR (OK Right). Микроконтроллер может запретить включение реле. Для этого установлен транзистор VT26. Эта возможность необходима при реализации программной защиты от перегрева, программной задержки включения реле и для синхронизации работы систем защиты каналов.

Взаимодействие микроконтроллера с аппаратной схемой защиты происходит следующим образом: при включении усилителя, после того как напряжение питания достигло номинального значения, микроконтроллер опрашивает сигналы готовности аппаратных защит OKL и OKR. Все это время включение реле запрещено микроконтроллером путем поддержания сигнала ENB (Enable) в состоянии высокого логического уровня. Как только микроконтроллер получит сигналы готовности, он формирует временную задержку и разрешает включение реле. В процессе работы усилителя микроконтроллер постоянно следит за сигналами готовности. В случае пропадания такого сигнала для одного из каналов, микроконтроллер снимает сигнал ENB, выключая таким образом реле в обоих каналах. Затем он опрашивает сигналы состояния защит для идентификации канала и вида защиты.

Сигнал ENB снимается микроконтроллером и в случае срабатывания защиты от перегрева, которая реализована полностью программно. Эта защита срабатывает при температуре радиаторов 59,8 °С. При температуре 55,0 °С на дисплее появляется предварительное сообщение о перегреве: автоматически выводится температура

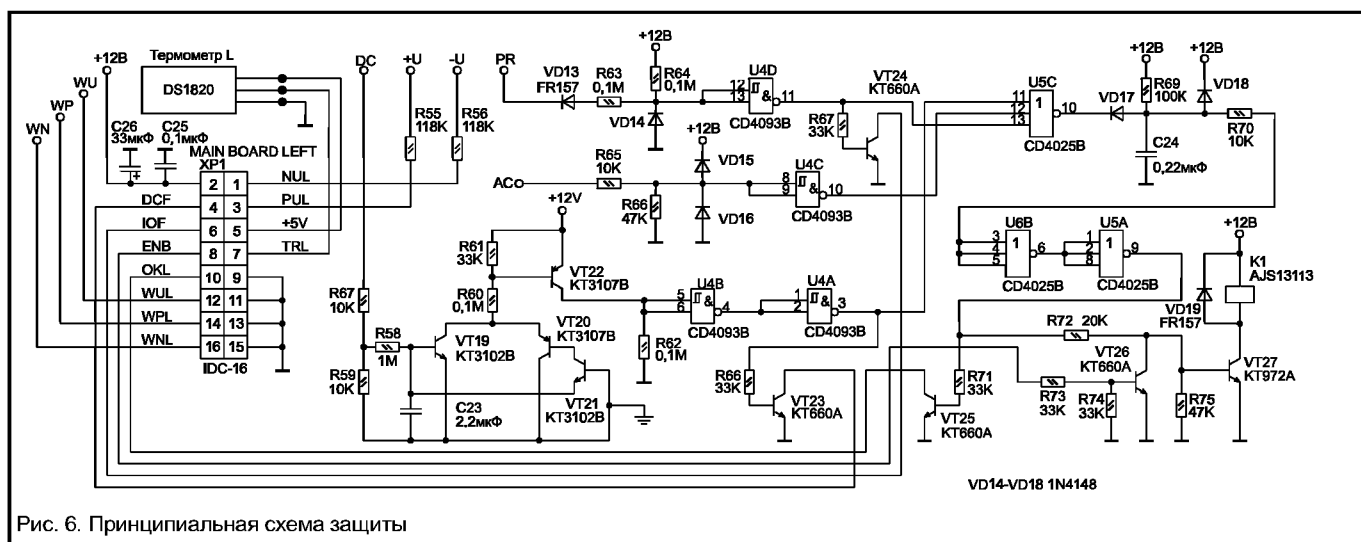


Рис. 6. Принципиальная схема защиты

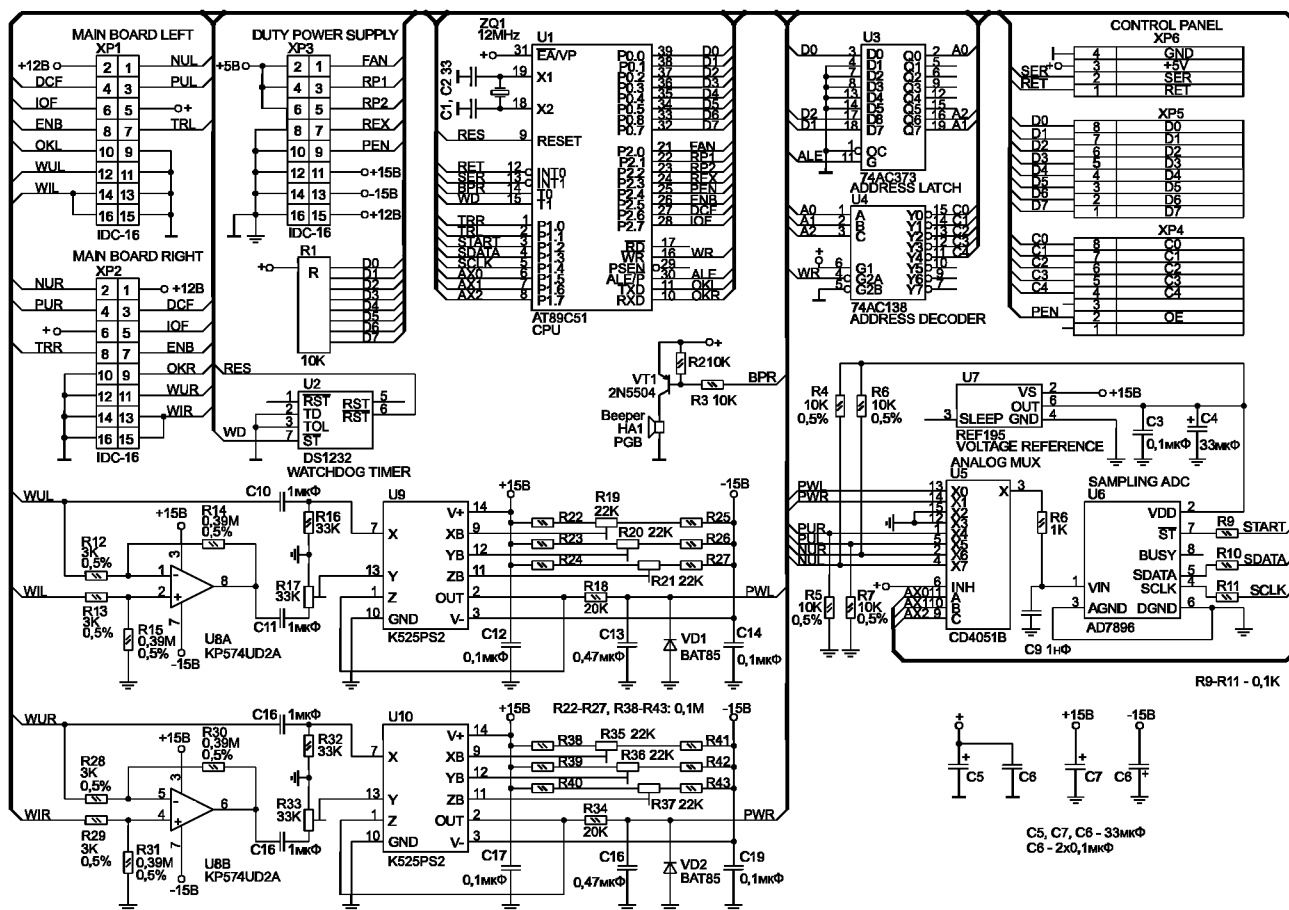


Рис. 7. Принципиальная схема платы процессора

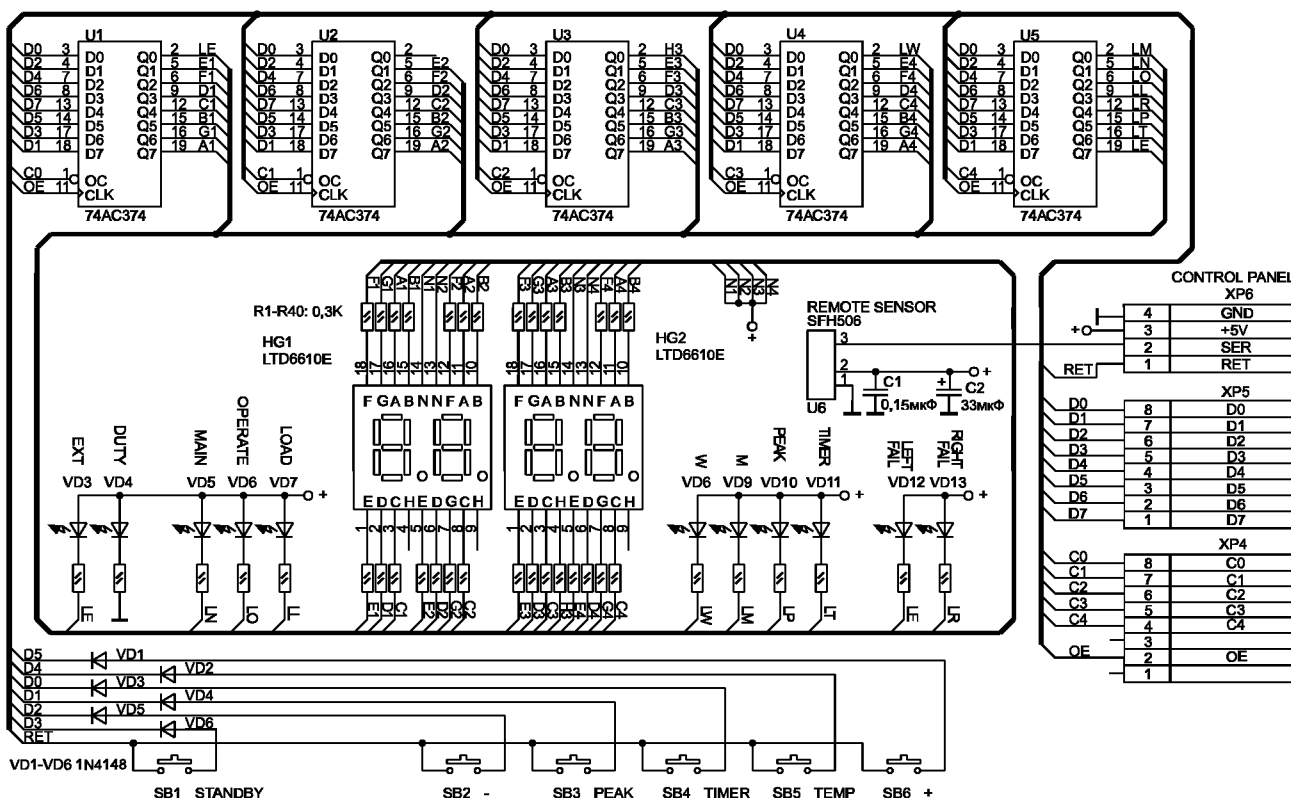


Рис. 8. Принципиальная схема платы дисплея



Микроконтроллер с помощью АЦП следит за напряжениями питания обоих каналов усилителя. Это напряжение поступает на процессор с основных плат, где установлены резисторы делителей R55R56 (рис. 6). При включении усилителя порог устанавливается равным 38 В. Когда напряжение достигает этого уровня, исключаются резисторы из первичных цепей основных трансформаторов. Если этот порог не будет достигнут за установленное время, то процесс включения прерывается. Это может иметь место в том случае, если потребляемый схемой усилителя ток существенно повышен (усилитель поврежден). После достижения напряжением порога 38 В, порог снижается до 20 В, и микроконтроллер продолжает следить за напряжениями питания.

Если во время работы усилителя напряжение питания падает ниже 20 В, срабатывает защита и усилитель отключается.

Принципиальная схема платы процессора приведена на рис. 7. Основой процессора является микроконтроллер U1 типа AT89C51 фирмы Atmel. Для повышения надежности системы применен супервизор U2. Для сброса сторожевого таймера используется отдельная линия WD. Дисплей связан с процессором с помощью 8-разрядной шины (разъем XP5). Для стробирования регистров платы дисплея служат сигналы C0...C4, которые вырабатываются дешифратором адреса U4. Регистр U3 является защелкой младшего байта адреса, используются только разряды A0, A1, A2. Старший байт адреса вообще не используется, что позволило освободить порт P2 для других целей. Для измерения выходной мощности и контроля за напряжениями питания применяется 12-разрядный АЦП U6 типа AD7896 фирмы Analog Devices. Одного канала АЦП недостаточно, поэтому на входе установлен коммутатор U5 (еще лучше было бы просто использовать 8-канальный АЦП типа AD7888, но на момент проведения разработки их не оказалось в наличии). Данные считываются из АЦП в последовательном виде. Для этого используются линии SData (последовательные данные) и SClk (тактовый сигнал). Запуск процесса преобразования производится программно сигналом Start. В качестве опорного источника для АЦП использован REF195 (U7). Из восьми входов коммутатора задействованы шесть: два — для измерения мощнос-

ти, четыре — для контроля напряжений питания. Нужный канал выбирается с помощью адресных линий AX0, AX1, AX2.

Рассмотрим схему измерения мощности левого канала. Через резисторные делители, расположенные на основной плате, напряжение с разных выводов датчиков тока поступает на дифференциальный усилитель U8A, который выделяет сигнал тока. С выхода U8A через подстроечный резистор R17 сигнал поступает на вход Y аналогового перемножителя U9 типа K525PC2. Сигнал напряжения просто снимается с делителя и поступает на вход X аналогового перемножителя. На выходе перемножителя установлен ФНЧ R18C13 с временем интегрирования около 10 мс, который выделяет сигнал, пропорциональный квазипиковой выходной мощности. Он поступает на один из входов коммутатора, далее на АЦП. Среднее значение мощности вычисляется программно. Диод VD1 защищает вход коммутатора от отрицательного напряжения.

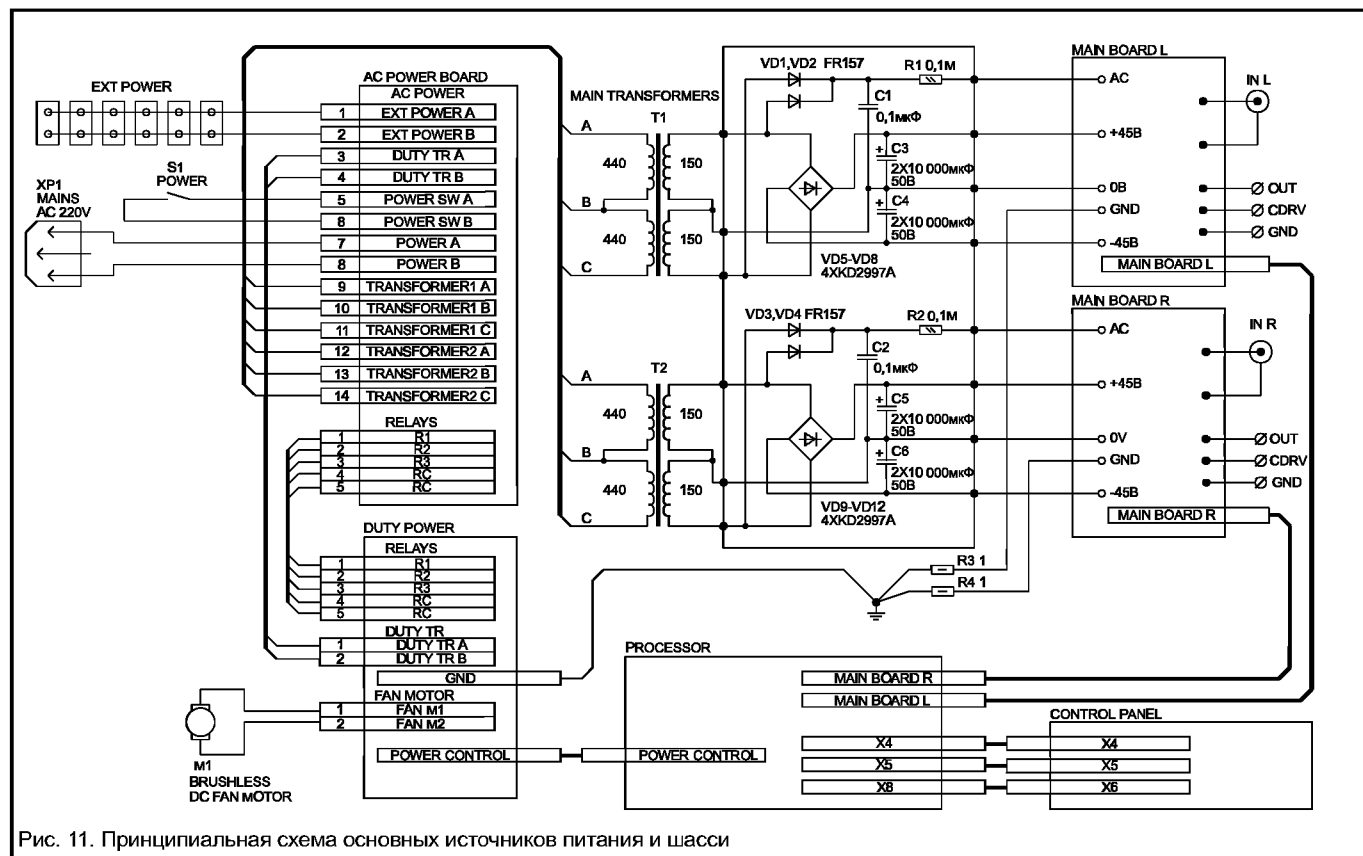
Линии TRR и TRL используются для чтения термометров; IOF, DCF, OKL, OKR — для считывания состояния защиты; сигнал ENB разрешает включение реле нагрузки; сигнал PEN управляет дежурным источником питания; сигнал REX включает реле внешних розеток; сигналы RP1 и RP2 включают реле основного источника питания; сигнал FAN включает вентилятор.

При нажатии на кнопки управления программно генерируются звуковые сигналы. Для этого задействована линия BPR, к которой подключен транзисторный ключ VT1, нагруженный на ди-

намический излучатель HA1.

На плате дисплея (рис. 8) установлены два двухразрядных индикатора: HG1 и HG2 типа LTD6610E. Они управляются параллельными регистрами U1–U4. Регистр U5 управляет светодиодами. Последовательно с каждым сегментом и с каждым светодиодом включены ограничительные резисторы. Входы ОС всех регистров объединены и подключены к сигналу PEN микроконтроллера. Во время сброса и инициализации регистров этот сигнал находится в состоянии высокого логического уровня. Это предотвращает случайное зажигание индикации при переходных процессах. На плате дисплея также установлены кнопки управления SB1–SB6. Они подключены к линиям шины данных и к линии возврата RET. Диоды VD1–VD6 предотвращают короткое замыкание линий данных при одновременном нажатии двух и более кнопок. При сканировании клавиатуры микроконтроллер использует порт P0 как простой порт вывода, формируя на его линиях бегущий ноль. Одновременно опрашивается линия RET. Таким образом определяется код нажатой кнопки. Рядом с индикаторами на плате дисплея установлен фотоприемник дистанционного управления U6. С его выхода сигнал поступает на вход SER микроконтроллера. Декодирование кода RC-5 осуществляется программно.

Платы процессора и дисплея, а также система защиты питаются от дежурного источника питания. Дежурный источник (рис. 9) обеспечивает на выходе 4 уровня: +5 В, +12 В, +15 В и –15 В. Уровни ±15 В в дежурном режиме отключаются. В источнике применен не-



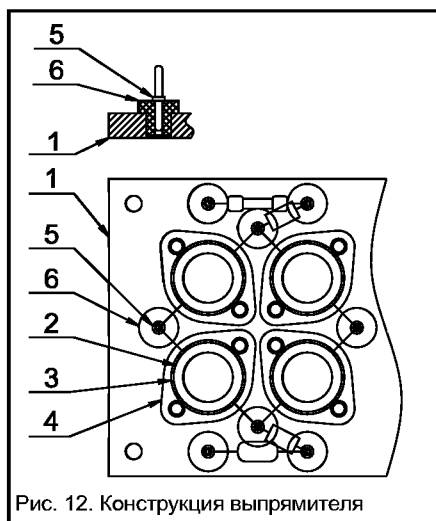


Рис. 12. Конструкция выпрямителя

большой тороидальный трансформатор, намотанный на сердечнике 50x20x25мм. Дежурный трансформатор имеет большой запас по мощности, при этом число витков на вольт выбрано больше расчетного. Благодаря этим мерам, трансформатор практически не нагревается, что повышает его надежность (ведь он должен работать непрерывно в течение всего срока службы усилителя). Намоточные данные и диаметр провода указаны на схеме. Стабилизаторы напряжения особенностей не имеют. Для выключения уровней ± 15 В используются ключи на транзисторах VT1–VT4, которые управляются с помощью сигнала PEN.

На плате дежурного источника питания установлены ключи на транзисторах VT5–VT12 для управления реле и вентилятором. Поскольку у микроконтроллеров семейства MCS-51 во время действия сигнала "Reset" порты находятся в состоянии высокого логического уровня, все исполнительные устройства должны включаться низким уровнем, иначе будут ложные срабатывания в момент включения питания или в случае срабатывания сторожевого таймера. По этой причине в качестве ключей нельзя применять одиночные p–p–n транзисторы с ОЭ или микросхемы драйверов ULN2003 и подобные.

Реле, предохранители и ограничительные резисторы расположены на отдельной плате (рис. 10). Подключение всех сетевых проводов производится через клеммники. Основные трансформаторы имеют отвод от середины первичной обмотки. Этот отвод может быть использован для получения напряжения 110 В для питания других компонентов комплекса.

Основные трансформаторы установлены на шасси, к ним подключен блок выпрямителей (рис. 11). Конструкция блока выпрямителей показана на рис. 12. На плате 1 из алюминиевого сплава толщиной 5 мм через керамические диоды 2 установлены прокладки 3, которые прижаты накладками 4. Монтаж выпрямителя выполнен на монтажных стойках 5 (такие применялись в качестве разъемов в телевизорах), которые запрессованы в диэлектрические

втулки 6. Втулки выточены из эбонита или текстолита и запрессованы в плату 1. Плата имеет гладкую нижнюю поверхность и привинчена к шасси. Таким образом, теплопроводом для диодов является все шасси. Это, возможно, избыточно, так как мощность, выделяемая на диодах, мала. Кроме основных выпрямителей, здесь смонтированы и вспомогательные, которые используются в схеме слежения за сетевым напряжением.

Для усилителя мощности конструкция и компоновка не менее важны, чем схемотехника. В усилителе есть цепи, ток в которых достигает 20 А, поэтому соединения должны быть как можно более короткими.

Основой корпуса усилителя является шасси из алюминиевого сплава Д16Т толщиной 4 мм (рис. 13). К шасси 1 по бокам прикреплены радиаторы 2 и 3, которые выфрезерованы из алюминиевой плиты или отливки. Необходимая площадь радиаторов сильно зависит от условий эксплуатации усилителя, но она не должна быть меньше 2000 см². На каждом радиаторе 1 (рис. 14) имеется гладкая поверхность 2, которая обработана после чернения. На ней через керамические прокладки 2 установлено по девять транзисторов 4. Рядом с транзисторами установлен термометр 9. Выходные транзисторы прижаты накладками 5, остальные транзисторы крепятся с помощью винтов. Это не очень хорошо, так как требует сверления керамических прокладок, что удается сделать только с помощью алмазных сверл, да и то с большим трудом.

Как показал опыт, при креплении термометров DS1820 на их корпус нельзя оказывать большого давления. Иначе показания искажаются, причем весьма значительно (лучше приклеить термометры с помощью клея, обладающего высокой теплопроводностью).

Снизу на радиаторе закреплена плата транзисторов 6. На нижней стороне этой платы проводники отсутствуют, поэтому ее можно крепить прямо на поверхность радиатора. Выводы всех транзисторов припаивают к площадкам

на верхней стороне платы. Соединения платы транзисторов с основной платой выполнены короткими проводами, которые впаяны в пустотелые заклепки 7. Для того чтобы заклепки не замыкали на радиатор, в нем сделано углубление 8. На расстоянии 15 мм параллельно радиатору на резьбовых стойках установлена основная плата 10.

Проведенные исследования показали, что слюда, а тем более современные эластичные прокладки, не обладает достаточной теплопроводностью. Лучшим материалом для изолирующих прокладок является керамика на основе BeO. Однако, для транзисторов в пластмассовых корпусах такие прокладки почти не встречаются. Довольно хорошие результаты удалось получить, изготовив прокладки из подложек гибридных микросхем. Это керамика розового цвета (к сожалению, материал точно не известен, скорее всего на основе Al₂O₃). Для сравнения теплопроводности разных прокладок был собран стенд, в котором на радиаторе были закреплены два одинаковых транзистора в корпусе ТО-220: один непосредственно, другой – через исследуемую прокладку. Ток базы у обоих транзисторов был один и тот же. Транзистор на прокладке рассеивал мощность порядка 20 Вт, а другой транзистор мощности не рассеивал (на коллектор не подавалось напряжение). Измерялась разность падений напряжения на переходе база-эмиттер у двух транзисторов, и по этой разности вычислялась разность температур переходов. Для всех прокладок использовалась теплопроводящая паста, без нее результаты были худшими и нестабильными. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Для облегчения доступа к платам усилителя, радиаторы закреплены на шасси 1 (рис. 13) с помощью петель, что позволяет откидывать радиаторы. Для того чтобы этому не мешали провода входных и выходных разъемов 6 и 7, задняя панель разбита на три части. Средняя часть закреплена с помощью кронштейна на шасси, а две боковые части закреплены на радиаторах.

Разъемы установлены на боковых частях панели, которые откидываются вместе с радиаторами. Таким образом, радиатор в сборе представляет собой монофонический УМ, который подключается только проводами питания и плоским кабелем управления.

При таком расположении основных плат звезды земли каналов удалены друг от друга. Через общий провод входных кабелей (и источник сигнала) земли входных разъемов оказываются соединенными. В то же время, эти земли должны быть всегда (даже при отключенных входных кабелях) при-

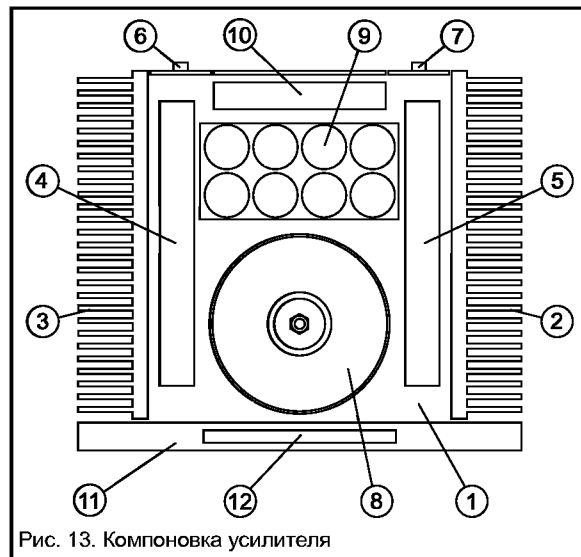


Рис. 13. Компоновка усилителя

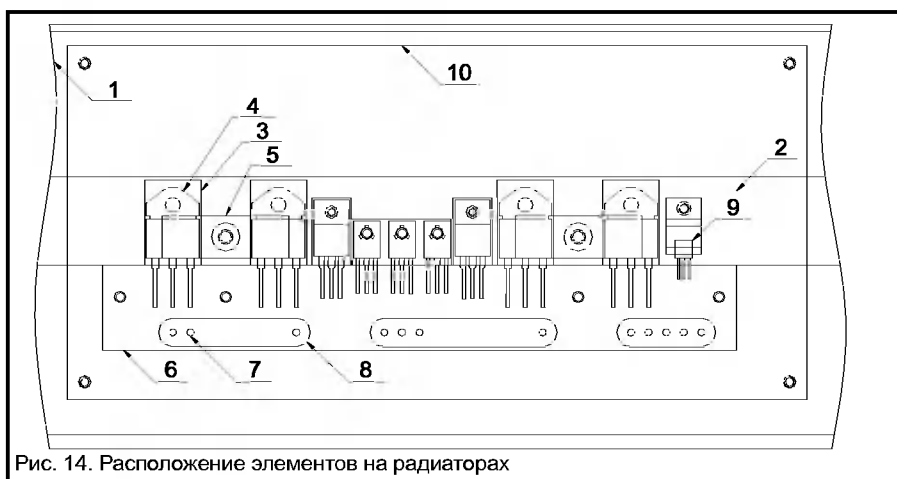


Рис. 14. Расположение элементов на радиаторах

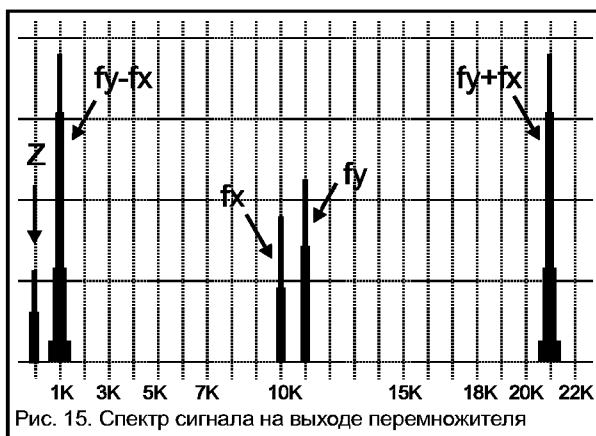


Рис. 15. Спектр сигнала на выходе перемножителя

Таблица 1

Тип прокладки	Относительное превышение температуры, °С
Без прокладки	0
Керамика на основе BeO, 1,5 мм	4
Керамическая подложка, 1,0 мм	16
Слюда, 0,05 мм	28
эластичная прокладка, 0,2 мм	88

близительно эквипотенциальными для нормальной работы системы защиты. Поэтому земли каналов соединены между собой в одной точке на шасси. При подключении входных кабелей земляные проводники образуют виток, который пронизывают силовые линии магнитного поля рассеяния основных трансформаторов. В петле наводится ЭДС, которая приводит к падению напряжения на всех участках земляной цепи. Часть этого падения прикладывается ко входу, что ухудшает отношение сигнал/шум. Для предотвращения этого явления в проводники, соединяющие земли каналов с шасси, введены небольшие резисторы (R3 и R4 на рис. 11). Эти резисторы ограничивают ток в витке на достаточно малом уровне, чтобы уровень фона стал намного ниже уровня собственных шумов УМ.

Основные тороидальные трансформаторы 8 (рис. 13) через эластичные прокладки установлены друг на друга. Для уменьшения наводок со стороны трансформаторов на другую аппаратуру (кассетную деку, например), рекомендуется поместить их в экран из оцинкованной стали толщиной не менее

полей рассеяния трансформаторов достаточно просто включить их первичные обмотки противофазно. Но на практике эта мера очень неэффективна. Поле рассеяния тороидального трансформатора, при кажущейся его осевой симметрии, имеет очень сложное пространственное распределение. Поэтому переполосовка одной из первичных обмоток приводит к ослаблению поля рассеяния в одной точке пространства, но к усилению в другой. Более того, конфигурация поля рассеяния существенно зависит от нагрузки трансформатора.

К трансформатору питания УМ предъявляются очень жесткие требования. Это связано с тем, что он нагружен на выпрямитель с конденсаторами фильтра очень большой емкости. Поэтому потребляемый от вторичной обмотки трансформатора ток носит импульсный характер, причем значение тока в импульсе во много раз превышает средний потребляемый ток. Чтобы потери в трансформаторе оставались низкими, обмотки должны иметь очень малое активное сопротивление. Другими словами, трансформатор дол-

жен быть рассчитан на значительно большую мощность, чем в среднем от него потребляется. В описываемом усилителе применены два тороидальных трансформатора, каждый из которых намотан на сердечнике 110х60х40 мм из стальной ленты Э-380. Первичные обмотки содержат 2х440 витков провода диаметром 0,6–0,8 мм, вторичные – 2х135 витков провода диаметром 1,25–1,5 мм.

Выходы вторичных обмоток трансформаторов распаяны непосредственно на монтажных стойках выпрямителя. Выход выпрямителя короткими проводами соединен с платой конденсаторов фильтра 9 (рис. 13), которая установлена на резьбовых стойках над плитой выпрямителя. С платы конденсаторов фильтра напряжение питания подается короткими проводами большого сечения на основные платы 4 и 5.

Параллельно задней панели на специальном кронштейне установлена плата дежурного источника питания 10, а под ней – плата реле. Дежурный трансформатор закреплен рядом на кронштейне.

Передняя стенка корпуса образована панелью 11, которая имеет коробчатое сечение. Внутренняя стенка передней панели изготовлена из сплава Д-16Т толщиной 3 мм. Внешняя накладка панели изготовлена из листового полистирола толщиной 2,5 мм. Внутри передней панели установлена плата процессора 12, а ниже – плата дисплея. Из соображений дизайна передняя накладка панели разбита на две части – нижнюю и верхнюю (рис. 1), имеющие выпуклую форму. Все органы управления и индикации размещены на нижней части. Кнопки изготовлены из черного листового полистирола и подвешены на упругих полистироловых полосках. Напротив светодиодов в накладке проделаны отверстия диаметром 2 мм, в которые запрессованы световоды – цилиндрики из молочного оргстекла. Стекло дисплея также несколько выпуклое, под ним установлена маска из черной пластмассы, в которой проделаны отверстия для индикаторов и транспарантов. Транспаранты напечатаны на прозрачной пленке с помощью струйного принтера. Позади транспарантов помещена матовая пленка, которая хорошо рассеивает свет. За ней установлены светодиоды.

Настройка дежурного источника питания и цифровой части процессора особенностей не имеет, поэтому останавливаться на них подробно нет смысла. Некоторые трудности могут возникнуть с регулировкой схемы измерения выходной мощности. Дело в том, что аналоговые перемножители К525ПС2 требуют внешних подстроечных резисторов регулировки смещения X, Y и Z (существуют более удобные для применения перемножители, например AD633, но цена в \$7 отбивает всякую охоту их использовать). Методика регулировки смещений довольно сложная. Быстрее всего настройку можно произвести с помощью анализатора спектра. Для этого в канал X нужно подать синусоидальное напря-

жение частотой 10 кГц и амплитудой 1–5 В, а в канал Y – частотой 11 кГц и такой же амплитудой. При правильной регулировке смещений в выходном сигнале должны быть только две составляющие: $F_y - F_x$ и $F_y + F_x$ (рис. 15). Если неправильно отрегулировано смещение X, то на выходе появляется составляющая F_y , если смещение Y – то F_x , если смещение Z – то постоянная составляющая. Такой метод регулировки хорош тем, что каждый подстроечный резистор влияет только на одну компоненту. После регулировки смещений остается лишь отрегулировать коэффициент передачи канала Y для калибровки шкалы измерителя мощности. Сделать это можно на полностью настроенном усилителе. На вход необходимо подать синусоидальный сигнал частотой 1 кГц и установить мощность на эквиваленте нагрузки 50–100 Вт. Ее необходимо измерить обычными приборами (достаточно вольтметра переменного напряжения, ведь сопротивление нагрузки известно), а затем подстройкой коэффициента передачи канала Y добиться таких же показаний на дисплее усилителя. Если в измерительных цепях применены не очень точные резисторы, то, возможно, понадобится регулировка дифференциального усилителя. Цель регулировки – добиться наилучшего подавления синфазной составляющей. Сделать это можно, например, подбором резистора R47, который расположен на основной плате усилителя. Этим добиваются нулевых показаний измерителя мощности при отключенном эквиваленте нагрузки (т. е. когда выходное напряжение не равно нулю, а выходной ток – нулевой).

Настройку основных плат усилителя производят последовательно, вначале для левого, а затем для правого канала по следующей схеме:

1. Отключить разъем процессора от основной платы усилителя. Выпаять C2 и R44 на основной плате. Закоротить нормально разомкнутые контакты реле перемычкой. Установить подстроечный резистор R24 в нижнее по схеме положение, а R30 – в среднее положение. Подключить первичную обмотку трансформатора настраиваемого канала к ЛАТРу.
2. Плавно повысить напряжение питания канала примерно до ± 12 В и проследить скорость разрядки конденсаторов фильтра при выключении питания. Если напряжение падает плавно (5 с и более), значит потребление в норме.
3. На короткое время плавно подать номинальное напряжение питания и проконтролировать прохождение сигнала со входа на выход усилителя.
4. Подключить эквивалент нагрузки. Подать номинальное напряжение питания и подстроечным резистором R24 установить ток покоя, равный 133 мА (на каждом из резисторов R32–R35 должно падать около 20 мВ).
5. Проверить напряжение питания U1–U3, которое должно быть в пределах $\pm 13...16$ В.

6. Проверить постоянную составляющую выходного напряжения, которая не должна превышать 1 мВ.
7. Подать на вход меандр с частотой 20 кГц и проверить переходную характеристику. Выброс на переходной характеристике не должен превышать 3%. Измерить скорость нарастания выходного напряжения. Она должна быть около 60 В/мкс. Подключить C2.
8. Подключить на выход резистор сопротивлением 1–1,5 Ом. Резистор будет рассеивать значительную мощность, поэтому, скорее всего, придется применить для него водяное охлаждение. Подать на вход синусоидальное напряжение частотой 1 кГц. Увеличить его амплитуду так, чтобы пиковое значение тока в нагрузке достигло 20 А. С помощью подстроечного резистора R30 добиться срабатывания защиты по току. Эту операцию нужно проделать оперативно, иначе выходные транзисторы могут перегреться.
9. Проверить работу системы Clean Drive. Для этого подключить эквивалент нагрузки проводами малого сечения и длиной 2–3 м. На вход подать синусоидальное напряжение частотой 1 кГц, обеспечив в нагрузке мощность 40–50 Вт. При подключении третьего провода системы Clean Drive амплитуда сигнала на нагрузке должна возрастать, компенсируя падение на проводах.
10. Снять перемычку с контактов реле, подключить R44.
11. Провести действия, описанные в пунктах 1–10, с платой другого канала.
12. После настройки основных плат двух каналов нужно полностью восстановить межплатные соединения: подключить процессор, подключить основные трансформаторы к блоку реле. Включить питание. Убедиться, что процесс включения усилителя проходит нормально. Включение должно происходить и при пониженном до 186 В напряжении сети. В противном случае нужно уменьшить номиналы резисторов R55, R56 в схеме защиты (они расположены на основных платах). Нужно

иметь в виду, что если хотя бы один канал неисправен или неподключен, то нормальное включение невозможно.

13. Проверить защиту от пропадания сетевого напряжения. При выключении сетевой вилки на работающем усилителе реле нагрузки должно сразу выключаться.
14. Проверить защиту от постоянной составляющей. Для этого через резистор 10 кОм подать попеременно ± 15 В в точку соединения резисторов R57 и R59. При этом защита должна срабатывать.

На этом настройку можно считать законченной.

Необходимое ПО доступно на сайте www.platan.ru/shem1/.

Леонид Ридико,
wubblick@yahoo.com

Литература

1. Н. Сухов. УМЗЧ высокой верности. – Радио, №6, 1989, с. 55–57, №7, 1989, с. 57–61.
2. Н. Сухов. К вопросу об оценке нелинейных искажений УМЗЧ. – Радио, №5, 1989 с. 54–57.
3. Л. Ридико. Предварительный усилитель с микроконтроллерной системой управления. – Схемотехника, №1, 2000.
4. А. Белов. Личные беседы. НИИ Ядерных Проблем, г. Минск.



Программаторы "Стерх"

☒ **Универсальный программатор ST-011**

- программирование более 500 типов **BPROM, EPROM, FLASH, Serial EPROM, MPU/MCU, PAL, PLD** производства **Россия, Altera, AMD, Intel, Microchip, National, Philips, Siemens, SST, SGS-Thomson, TI, Winbond, Zilog** и др.
- одна универсальная **DIP40** или **DIP42 ZIF**-панель
- определение правильности установки микросхем
- идентификация производителя и типа микросхемы
- быстросрабатывающая защита от перегрузок
- встроенный источник питания
- RS-232 со скоростью обмена до 115 кбод
- программное обеспечение с русскоязычным интерфейсом и поддержкой «мыши»
- программное обновление версий через Internet
- дополнительно: адаптеры для микросхем в корпусах PLCC, SOP и др.

☒ **УФ-излучатель UV-01**

- устройство стирания микросхем EPROM: таймер до 99 мин, звуковая сигнализация, до 16 микросхем одновременно.

Более подробную информацию об изделиях и последние версии ПО можно найти на нашем WWW-сервере:
<http://www.sterh.com>

Изготовитель: НПО «БОНД» г. Бердск
 ☎ (38341) 5-15-62, E-mail: pprog@bond.nsk.su

Москва:	«Точка Опоры»	☎ (095) 956-39-42/43
Санкт-Петербург:	«ЭФО»	☎ (812) 247-89-00
Екатеринбург:	«Институт радиотехники»	☎ (3432) 74-58-61

Двухобъектный цифровой термометр

Для измерения температуры воздуха в помещении и вне его используют, как правило, два разных термометра, хотя вполне можно было бы обойтись одним, имеющим два датчика температуры. О таком устройстве и пойдет речь. Прибор выполнен на базе интегральных датчиков температуры К1019ЕМ1 и АЦП двойного интегрирования КР572ПВ5.

Термометр (рис. 1) позволяет поочередно измерять температуру двух различных объектов, причем сигналы с датчиков температуры могут переключаться как вручную, так и автоматически. Один из датчиков расположен прямо на плате прибора, другой – выносной.

Наличие стабилизатора, реализованного на микросхеме DA1 и транзисторе VT1, позволяет использовать для питания прибора широкий диапазон напряжений от 7,5 до 20 В, а температурная стабильность его выходного напряжения в несколько раз лучше, чем у внутреннего стабилизатора КР572ПВ5 за счет применения регулируемого прецизионного стабилизатора TL431С (отечественный аналог КР142ЕН19). От этого стабилизатора напряжением +5 В питаются все цепи термометра, в том числе и импульсный инвертор напряжения, выполненный на элементах DD3.4–DD3.6, VD1, VD2, C11, C12. Он вырабатывает напряжение –4,5 В, которое подключено к выводу 26 АЦП. Необходимое для работы инвертора напряжение переменной величины (50 кГц) снимается с вывода 38 этой же микросхемы.

Для наиболее полной реализации возможностей датчиков температуры DA2, DA3 через них должен протекать неизменный ток величины около 1 мА. Этот режим обеспечивают источники тока на транзисторах VT2, VT3 и VT4, VT5. Величину тока можно скорректировать резисторами R15, R16. Коммутация датчиков осуществляется аналоговыми ключами DD2.1 и DD2.2, входящими в состав микросхемы К561КТ3. Ее третий элемент

DD2.3 совместно с резистором R12 выполняет функцию инвертора логического сигнала, управляющего ключами, а четвертый, DD2.4, вместе с элементом DD5.3 и счетчиком DD4 задействован в схеме выбора режима работы термометра.

Каждое нажатие кнопки SB1 приводит к изменению состояния выходов кольцевого счетчика, определяющего один из трех вариантов подключения датчиков температуры к входу АЦП, а именно:

- подключен внутренний датчик (DA2);
- подключен выносной датчик (DA3);
- датчики подключаются попеременно с интервалом 3...4 с.

В последнем случае ключами управляет выходной сигнал мультивибратора (DD3.1–DD3.3, R17, R18, C3). Чтобы можно было определить, какой из датчиков подключен в данный момент, одновременно с подключением датчика DA2 на индикаторе HG1 появляется знак “~” (тильда). Отображение этих знаков, а также символа “С” и десятичной точки во втором разряде HG1 осуществляется с помощью элементов DD5.1, DD5.2, DD5.4.

Выходное напряжение микросхемы К1019ЕМ1 в милливольтах пропорционально абсолютной температуре и равно $10 \cdot T_k$, где T_k – температура в градусах Кельвина. Смещение уровня выходного сигнала датчиков на –2731,5 мВ, необходимое для перехода от температурной шкалы Кельвина к шкале Цельсия, осу-

ществляется входным дифференциальным каскадом самого АЦП. Величина смещения определяется положением движка подстроечного резистора R8. Резистором R10 выставляется уровень образцового напряжения DD1.

В термометре можно использовать постоянные резисторы типа С2–23, С2–33 (5%), однако для достижения максимальной точности при значительных колебаниях температуры окружающего воздуха лучше остановиться на С2–29В с отклонением от номинала 1...2%. В первую очередь это касается резисторов R6, R7, R9, R11 и R13. В устройстве также используются переменные резисторы СП3–19а. Конденсаторы С6, С7, и С12 – электролитические К50–35 или аналогичные импортные, С4 – К73–16, К73–17. Остальные конденсаторы – КМ5, КМ6, К10–17. SB1 – миниатюрная кнопка с парой контактов на замыкание. Источник питания прибора – любой, в том числе и нестабилизированный. Потребляемый ток – 7...12 мА – зависит от напряжения источника.

Удаленный датчик DA3, находящийся вне помещения, зашунтирован конденсатором С6 для защиты от возможных наводок и помех. С этой же целью для подключения этого датчика к термометру желательно использовать экранированный провод, а конструктивное исполнение должно предусматривать его изоляцию от атмосферных воздействий в виде покрытия электротехническим лаком или эпоксидной смолой. Можно также воспользоваться термоусадочной трубкой подходящего диаметра.

Перед настройкой термометра необходимо убедиться, что напряжения на выводах 1 и 26 DD1 относительно общего провода равны соответственно +5 и –4,5 В. Затем кнопкой выбора режима устанавливают на индикаторе показания выносного датчика (знаки “.” и “~” на индикаторе отсутствуют) и, поместив датчик DA3 в кашеобразную массу из тающего льда или снега, подстроечным резистором R8 добиваются нулевых показаний индикатора. Далее, датчик DA3 переносят в горячую воду и, измеряя ее температуру образцовым термометром, резистором R10 устанавливают это значение на индикаторе. В конце этой процедуры кнопкой SB1 устанавливают показания внутреннего датчика (на индикаторе появляется знак “.”), размещают образцовый термометр в непосредственной близости от датчика DA2 и резистором R20 добиваются равенства показаний индикатора прибора и образцового термометра при измерении температуры окружающего воздуха. Последнюю операцию можно выполнить и без образцового термометра. В этом случае достаточно максимально приблизить выносной датчик к внутреннему и в режиме попеременного отображения температуры выставить резистором R20 показания внутреннего датчика, равные показаниям внешнего.

Виктор Цибин,
victor@prometec.ru

Литература

1. Б. Г. Федорков, В. А. Телец. Микросхемы АЦП и ЦАП. – М. Энергоатомиздат, 1990.

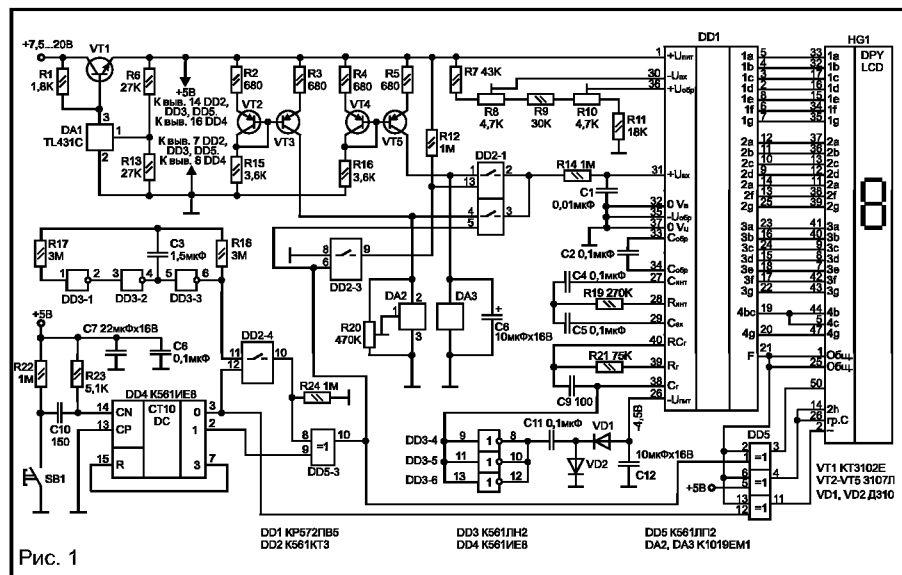


Рис. 1

LCF-метр

Предлагаемое многофункциональное устройство на цифровых микросхемах представляет собой частотомер и измеритель емкости и индуктивности (далее измеритель) с выводом результатов измерений на персональный компьютер. Подключение к компьютеру осуществляется через свободный COM порт.

Основные технические характеристики:

- диапазон измерения индуктивности: 0,05 мкГн – 1 Гн;
- диапазон измерения емкости: 0,5 пФ – 1 мкФ;
- диапазон измерения частоты: 5 Гц – не менее 5 МГц;
- амплитуда входного сигнала 0,5–25 В;
- погрешность измерения не более 5 %;
- напряжение питания (двухполярное): ± 10 В.

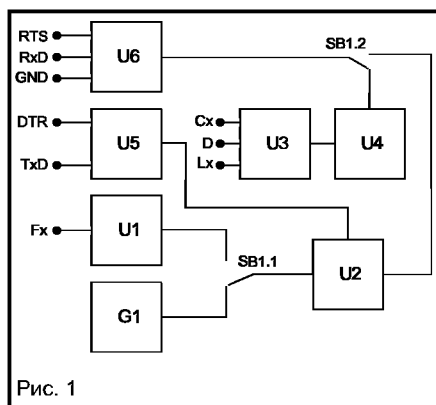


Рис. 1

- выбор предела измерения: при измерении емкости и индуктивности – автоматический или ручной, при измерении частоты – ручной.

Функциональная схема устройства представлена на рис. 1. Измеритель состоит из шести узлов: входного формирователя импульсов U1, задающего генератора (1 МГц) G1, четырехдекадного делителя U2, узла измерения емкости и индуктивности U3, линейного преобразователя напряжения в частоту U4, узла управления декадным делителем U5 и узла приема данных U6.

В режиме измерения частоты (SB1 включен) напряжение, подаваемое на гнездо Fx, преобразованное в прямоугольные импульсы формирователем импульсов U1, поступает на декадный делитель U2 и затем на узел приема данных.

В режиме измерения индуктивности и емкости (SB1 выключен) образцовая частота с задающего генератора G1 поступает на декадный делитель U2, узел измерения U3, преобразователь U4 и на узел приема данных.

Электрическая принципиальная схема изображена на рис. 2.

Формирователь импульсов U1 состоит из усилительного каскада на тран-

зисторе VT3 и триггера Шмитта на элементах D3.1 и D3.2. Инвертор D3.3 улучшает форму импульсов. Диод VD2 ограничивает отрицательное напряжение на эмиттерном переходе транзистора, предотвращая его пробой. Резистор R4 ограничивает ток через диод при входном сигнале большого уровня. Задающий генератор G1 выполнен на элементах D1.1–3 и кварцевом резонаторе частотой 1 МГц (при незначительном увеличении погрешности измерений возможна замена на конденсатор емкостью 27–35 пФ).

Декадный делитель U2 состоит из элементов D1.4, D5–D9. Выбор диапазона осуществляется уровнем логической единицы с выходов микросхемы D2.

В узле U3 напряжение, снимаемое с конденсатора C4, увеличивается усилителем постоянного тока до уровня 0,1–10 В.

Генератор, управляемый напряжением с линейной характеристикой (узел U4), выполнен на микросхеме 1108ПП1, включенной по стандартной схеме преобразователя напряжения в частоту.

В узлах U5 и U6 использованы оптроны для гальванической развязки COM порта компьютера и измерителя.

Для питания измерителя используется стабилизатор (рис. 3) с защитой от перегрузки и короткого замыкания на выходе. Выходное напряжение стабилизатора составляет ± 10 В при максимальном токе нагрузки 300 мА. При изменении тока нагрузки от 25 до 300 мА выходное напряжение меняется лишь на 0,2 В.

Детали измерителя и стабилизатора смонтированы на печатных платах

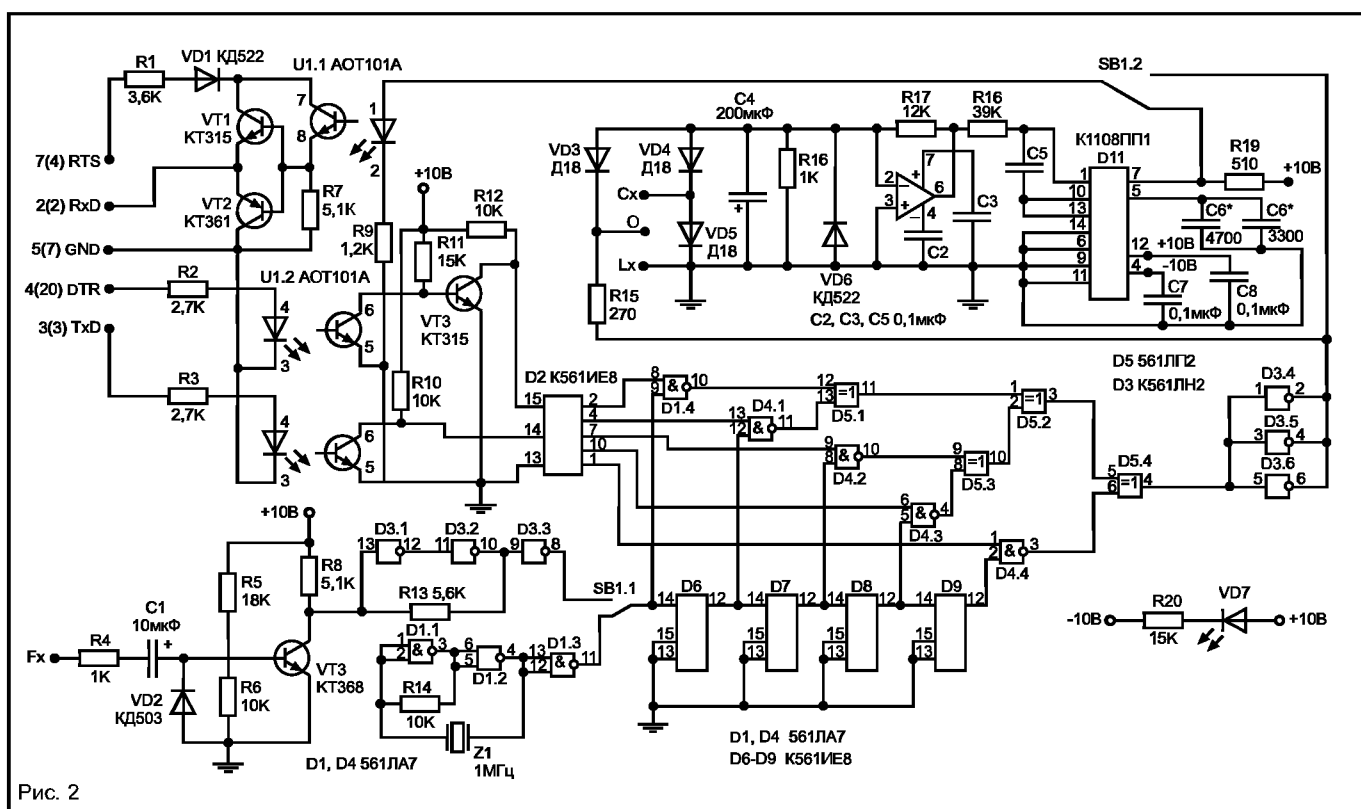


Рис. 2

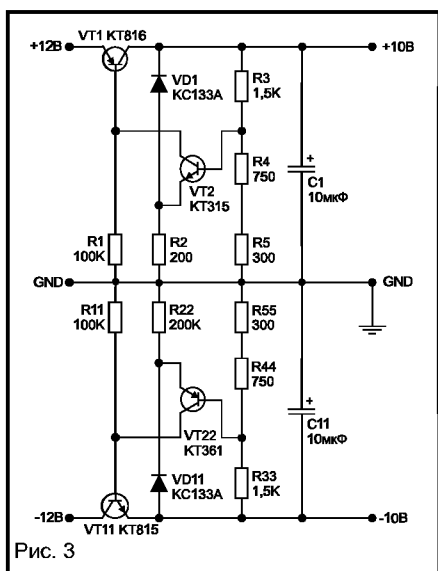


Рис. 3

(рис. 4–7 соответственно) из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита. Плата стабилизатора вставляется в свободный PCI (ISA) слот компьютера. Монтажные схемы плат приведены на рис. 8 и 9.

Налаживание измерителя начинают в режиме измерения частоты (SB1 выключен): включив в программе (LCFMeter.Exe) 1 диапазон измерения, подают напряжение +10 В на резистор R18, предварительно отсоединив его от R17 и вывода 6 микросхемы D10; изменением емкости C6 добиваются показаний 4400–4500 Гц. Затем, восстановив соединения R18, измеритель переводят в режим измерения емкости (1 диапазон). Подключают эталонный конденсатор емкостью 30–70 пФ и, заменив резистор R17 переменным (делитель равен 40, строка 14 файла LCFMeter.Ini), добиваются показаний,

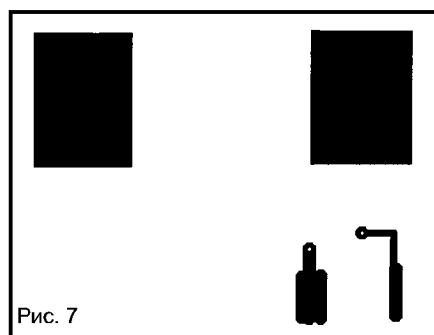


Рис. 7

бываются показаний измерителя, соответствующих номиналу катушки.

Настройка частотомера (SB1 включен) сводится к установке максимальной чувствительности путем подбора сопротивления резистора R5, подав на вход эталонную частоту с генератора частоты.

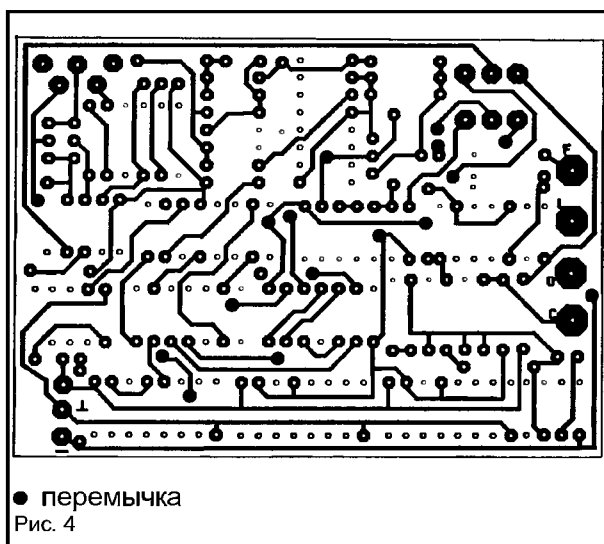


Рис. 4

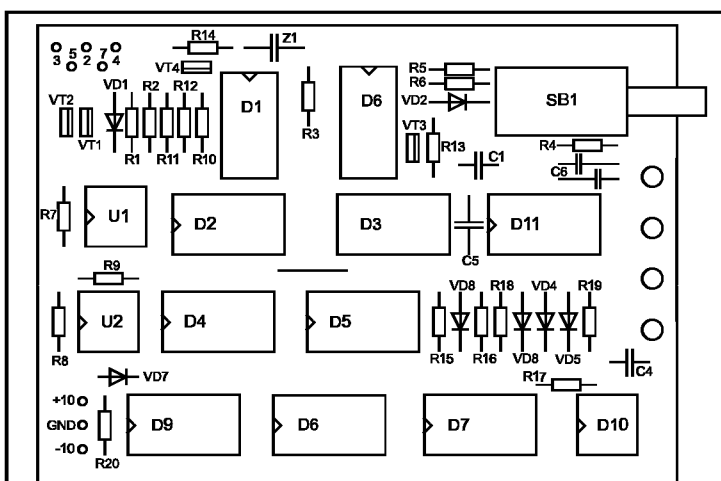


Рис. 8

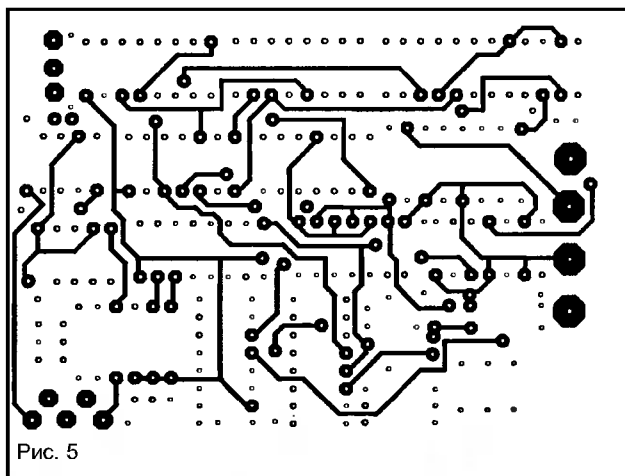


Рис. 5

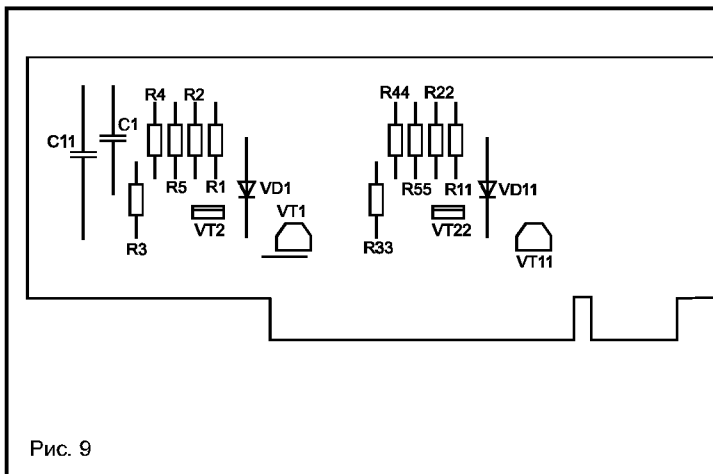


Рис. 9

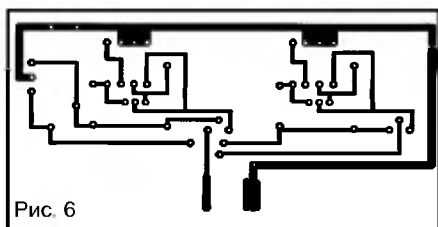


Рис. 6

близких к эталонному (± 2 пФ). Устанавливают постоянный резистор R17 и изменением периода измерения (строка 16 файла LCFMeter.Ini) добиваются показаний измерителя, соответствующих номиналу эталонной емкости. Затем подключают эталонную катушку индуктивности и изменением делителя (строка 6 файла LCFMeter.Ini) до-

При настройке стабилизатора подбором резисторов R4 и R44 добиваются выходных напряжений ± 10 В.

Необходимое ПО можно скачать по адресу www.platan.ru/shem/.

Алексей Потенко,
measur@narod.ru
2:5019/20.4@FidoNet

Простой источник питания

При проектировании и отладке электронной аппаратуры к нему предъявляются специальные требования. Прежде всего, источник питания должен обеспечивать выходное напряжение разных номинальных значений, ведь микросхемы различных типов (особенно цифровые) имеют свое значение напряжения питания. Аналоговые микросхемы работают в широком диапазоне напряжений питания и, зачастую, для них требуется плавное изменение напряжения в достаточно больших пределах. Некоторые схемные решения предполагают наличие двух питающих напряжений: положительной и отрицательной полярности относительно общей точки. При проведении ремонтных работ или экспериментов с аппаратурой могут возникать опасные ситуации, например перегрузка по току потребления или даже полное замыкание по цепи питания. В таких случаях могут произойти необратимые изменения, такие как выгорание радиоэлементов в устройстве, с которым проводится работа, или повреждение самого источника питания. В любом случае, это не только ухудшает настроение, но и приводит к материальным потерям, а для устранения последствий необходимо дополнительное время. Значит, совсем не помешает защита от превышения тока нагрузки или КЗ.

Промышленность выпускает очень хорошие лабораторные источники питания с регулируемой выходного напряжения и защитой по току нагрузки с плавной установкой. Это, например, источник типа Б5-44 (на 30 Вт) или Б5-50 (на 100 Вт). Однако, будучи широко используемыми в промышленности, они не нашли применения в радиолюбительской практике по причине дороговизны. Кроме того, любителям, как правило, можно обойтись и более скромными по своим характеристикам источниками питания.

В массовой литературе описано множество схем и предлагаются разные по сложности и параметрам лабораторные источники питания для радиолюбителей. По разным причинам достаточно трудно остановить свой выбор на каком-либо из них: то очень сложная схема, то дефицитные комплектующие. Да и тратить много времени на повторение сложной конструкции не хотелось бы.

Предлагаемая автором схема лабораторного источника питания представляется достаточно оптимальной и по своим электрическим параметрам, и по возможности претворения в жизнь. Объясняется это тем, что в основе схе-

мотехнического решения источника питания лежит использование стандартных адаптеров для малогабаритной импортной аппаратуры. Более того, взятые адаптеры на напряжение 120 В, которые можно получить почти даром, так как в нашей бытовой сети они могут быть применены с большим трудом. Схема универсального, достаточно простого и неплохого по электрическим характеристикам источника питания приведена на рис. 1.

Вначале остановимся более подробно на устройстве самого адаптера. Он представляет собой очень прочный корпус ("вилочной конструкции") и имеет плоские штыри под импортную розетку. Внутри корпуса располагается трансформатор, выполненный по нормам повышенной безопасности, и двухполупериодный выпрямитель с фильтром (в виде электролитического конденсатора емкостью 1000 мкФ). Из корпуса выходит двухжильный кабель с разъемом. На примененном адаптере типа КХ-А11 обозначено, что он имеет на выходе напряжение 12 В при токе 500 мА (входное напряжение 120 В, 60 Гц).

Лабораторный источник питания состоит из двух одинаковых адаптеров G1 и G2 (рис. 1). Их главное назначение — галь-

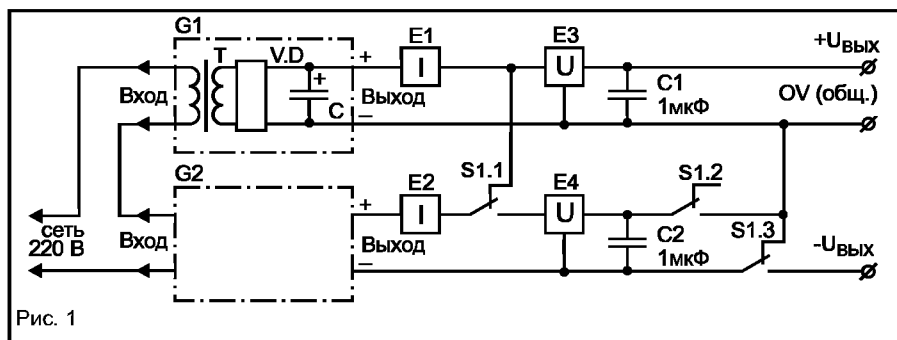


Рис. 1

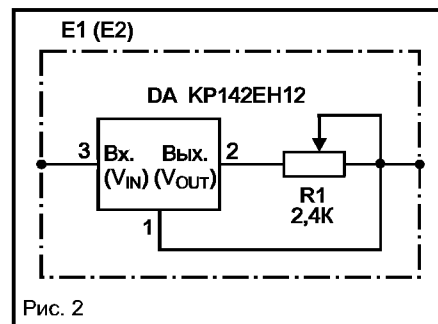


Рис. 2

ваническая развязка вторичной цепи от сети и понижение вторичного напряжения до 12 В. Основная идея, заложенная в предлагаемой структуре источника питания, — соединение определенным образом первичных и вторичных цепей. Со стороны первичных обмоток осуществляется только последовательное соединение, так как они рассчитаны на 120 В. Следовательно, на два последовательно соединенных адаптера подается напряжение сети, равное 220 В.

А вот вторичная цепь каждого адаптера выдает постоянное напряжение

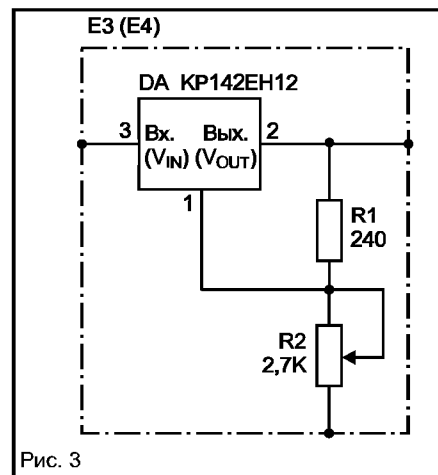


Рис. 3

около 12 В, и они могут быть соединены как параллельно, так и последовательно (переключателем S1). В первом случае допустимый ток нагрузки увеличивается в два раза, а во втором — напряжение. При последовательном соединении выходов адаптеров может быть получено два напряжения разной полярности относительно средней (общей) точки (+U_{Вых} и -U_{Вых}).

Выходное напряжение каждого канала стабилизируется микросхемой типа KP142EH12 (LM317T) в пределах от 1,2 до 15 В (E3, E4). Верхний предел в данном случае определяется током нагрузки. Во входной цепи каждого стабилизатора имеется узел ограничения тока (E1, E2), выполненный на такой же микросхеме (типа KP142EH12), но

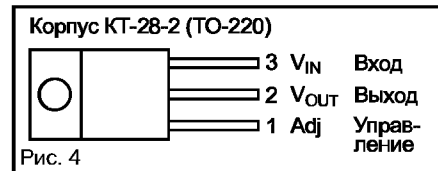


Рис. 4

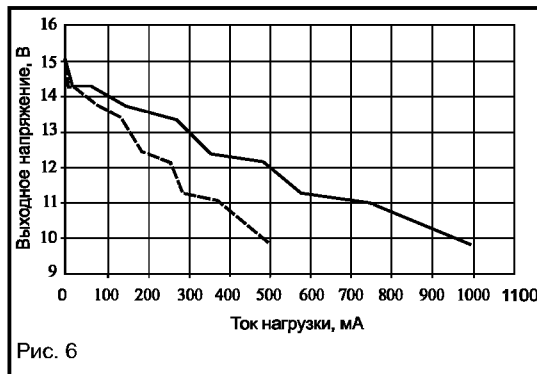
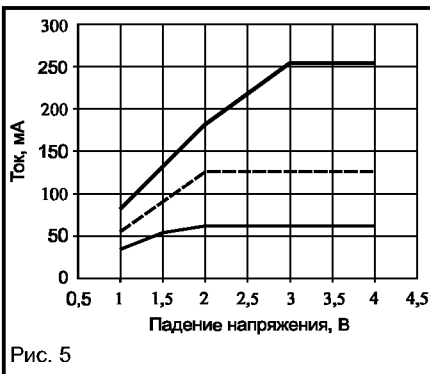


Рис. 5

Рис. 6

Таблица 1

U _{вых} , В	РЕЖИМ РАБОТЫ					
	Нестабилизированный		Стабилизированный		Стаб. с защитой	
	Ток нагрузки, мА					
12	500	250	100	50	30	15
11,5			200	100	50	25
11			300	150	100	50
10	1000	500	500	250	200	100
9			700	350	300	150
8			1000	500	500	250
	1	2	1	2	1	2
1 – однополярный выход			2 - двухполярный выход			

включенной по-другому (рис. 2). В этом случае осуществляется ограничение (стабилизация) тока нагрузки, а его величина устанавливается резистором R1 (он не должен быть меньше 2,4 Ом). По каждому выходу такая регулировка может производиться независимо. Также независимо можно устанавливать выходное напряжение каждого канала резистором R2. На рис. 3 приведена стандартная схема включения микросхемы стабилизатора типа КР142ЕН12 (LM317Т), а назначение выводов показано на рис. 4.

Следовательно, каждый канал выходного напряжения лабораторного источника питания имеет независимые установки предельного тока нагрузки (тока ограничения) и величины выходного напряжения. При проведении экспериментальных и ремонтных работ эти качества очень важны как для нагрузки, так и для самого источника питания.

Реализация предлагаемого схемного решения источника питания облегчается применением всего одного типа микросхемы. Однако следует отметить, что, несмотря на наличие встроенной защиты от перегрева, все стабилизаторы необходимо установить на радиаторы. Причем ЕЗ работает при большем токе, имеет большую рассеиваемую мощность и, соответственно, должен быть установлен на радиатор большей площади (около 10 см²).

Электрические характеристики такого источника питания в разных режимах были определены экспериментально. Вначале необходимо знать минимальное падение напряжения на стабилизаторах. На рис. 5 приведена такая зави-

симость для микросхемы КР142ЕН12, снятая экспериментально при разных токах. Минимальное падение напряжения (при токе 62, 125 и 250 мА) составило около 2 В. Следова-

тельно, выходное стабилизированное напряжение источника питания будет на 4 В меньше, чем на выходе адаптера (2 В на Е1 и 2 В на Е3). На рис. 6 (нижний график) приведена нагрузочная характеристика адаптера при напряжении 110 В и частоте 50 Гц. Его выходное сопротивление составило около 8 Ом (среднее значение). Нагрузочная характеристика всего источника питания в однополярном нестабилизированном режиме приведена на этом же рисунке (верхний график). Выходное сопротивление нестабилизированного выхода составляет в среднем около 4 Ом. Основные выходные электрические параметры лабораторного источника питания даны в таблице

1. Здесь приведены значения для нестабилизированного, стабилизированного однополярного и стабилизированного двухполярного напряжений на выходе.

Диапазон выходных стабилизированных напряжений можно немного увеличить, если отказаться от схемы защиты по току (поставить перемычки).

Конструктивно лабораторный источник питания выполняется в пластмассовом корпусе подходящих размеров, а органы регулировки и выходные клеммы располагаются на лицевой панели. Следует отметить особенность установки адаптеров. Их выходные плоские штыри отгибаются под прямым углом в разные стороны. В штырях имеются отверстия, в которых можно нарезать резьбу М4 и винтами закрепить сетевые провода.

Наиболее простым способом изменения выходных напряжений и токов может быть применение переменных резисторов. Более сложный, а для некоторых экспериментов и необходимый, способ установки выходных параметров – это использование секционированных делителей.

Игорь Кольцов,
shemotech@mtu-net.ru

www.platan.ru

ПЛАТАН

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ВАШЕГО УСПЕХА

**International
TOR Rectifier**

Схема управления балластами
флюоресцентных ламп IR21571
фирмы International Rectifier

- Минимум дополнительных компонентов, простота подключения и адаптации к различным типам ламп
- Высоковольтный (600В) драйвер и схема управления в одном корпусе
- Программируемое время предварительного подогрева и программируемая частота
- Программируемое время ожидания и программируемые характеристики поджига
- Автоматический рестарт
- Защита от перегрева, защита от нерезонансной работы
- Защита от электростатического пробоя
- Рабочая температура -55 +150 °C
- Максимальный ток до 500мА

Пример
схемы
применения

121351, Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, к. 1, стр. 2
тел./факс: (095) 73-75-999

Почта: 121351, Москва, а/я 100
E-mail: #@platan.ru

MITSUBISHI ELECTRIC

Infineon

BOURNS

EPCOS

Honeywell

MOTOROLA

intersil

muRata

CRYDOM

DATA VISION

Kingbright

Силовой ключ на МДП-транзисторе

Силовой электронный ключ на мощном полевом МДП-транзисторе предназначен для коммутации мощных нагрузок там, где требуется гальваническая развязка цепей нагрузок от цепей управления. Коммутируемый ток, напряжение и сопротивление ключа в открытом состоянии определяются типом примененного полевого транзистора и могут варьироваться, соответственно, в пределах от единиц до сотен ампер, от десятков до сотен вольт и от сотых долей до единиц Ом.

Напряжение гальванической развязки определяется типом использованного или спроектированного импульсного трансформатора и может составлять десятки или сотни вольт.

По мнению авторов, предлагаемый ключ может найти широкое применение в радиоэлектронной аппаратуре, где для повышения надежности требуется поэлементное резервирование ключей. Необходимо также, чтобы блок управления был запитан от одной шины питания, а нагрузки – от разных шин питания, находящихся под разным потенциалом.

Данный ключ, в принципе, является аналогом электромагнитного реле с одним контактом, работающим на замыкание, но превосходящим аналог по числу коммутаций, быстродействию, надежности и, кроме того, он является совместимым по управлению с логическими микросхемами.

Электрическая принципиальная схема устройства приведена на рис. 1. Устройство состоит из схемы управления ключом и собственно ключа [1].

Схема управления содержит:

1. генератор прямоугольных импульсов с частотой $f \approx 500$ Гц, собранный на элементах D1.2, D1.3, R7, R8, C1, VD1;
2. формирователь коротких положительных импульсов $\tau \approx 4$ мкс со скважностью

тью $Q \approx 500$, собранный на элементах C2, R9, D1.4;

3. селектор импульсов, собранный на элементах D1.1, D2;

4. ключевые каскады VT1.1, VT1.2, R3...R6.

Силовой электронный ключ содержит:

1. разделительный повышающий трансформатор T1 с коэффициентом трансформации 1:1.2;
2. управляющие транзисторы VT1.3, VT1.4, резисторы R10...R13, диоды VD2, VD3;
3. мощный МДП-транзистор.

Устройство работает следующим образом. При поступлении на вход устройства логического 1 открывается микросхема D2.1 для прохождения отпирающих импульсов с выхода D1.4 на базу транзистора VT1.1. На выходе 11 элемента D1.1 будет присутствовать уровень логического 0, поэтому на выходе 10 элемента D2.2 будет логическая 1 и транзистор VT1.2 будет закрыт, а транзистор VT1.1 будет периодически, на время $\tau \approx 4$ мкс открываться, вызывая протекание тока через обмотку 2–5 трансформатора T1 по цепи “+9 В, эмиттер-коллектор транзистора VT1.1, выводы 2, 5 трансформатора T1, общая шина”.

$$U = -\frac{U_{1-4}}{Q},$$

На вторичной обмотке (выводы 1, 4) трансформатора T1 появятся короткие положительные импульсы, которые по цепи “вывод 1 трансформатора T1, эмиттер-база транзистора VT1.3, R11, R12, вывод 4 трансформатора T1” вызывают открывание транзистора VT1.3, и емкость затвор-исток МДП-транзистора VT2 заряжается. Транзистор VT2 открывается, т. к. положительный потенциал с вывода 1 трансформатора T1 через открытый транзистор VT1.3 поступает на затвор транзистора VT2, а отрицательный

потенциал с вывода 4 трансформатора T1 через диод VD3 поступает на исток VT2. Небольшое отрицательное напряжение, присутствующее на обмотке (выводы 1, 4 трансформатора T1) между короткими положительными импульсами мало, и им можно пренебречь. Значение отрицательного напряжения U – в паузах между короткими положительными импульсами можно приблизительно определить по формуле:

$$U = \frac{U_{1-4}}{Q} \approx \frac{15}{500} = 30 \text{ мВ},$$

где U_{1-4} – амплитуда напряжения коротких импульсов на обмотке 1–4 трансформатора T1, Q – скважность коротких импульсов.

Такого значения напряжения в паузах между короткими положительными импульсами недостаточно, чтобы открыть p-n переходы VD2 и VT1.4, и заряд на емкости затвор-исток МДП-транзистора VT2 будет сохраняться до прихода следующего короткого положительного импульса.

При поступлении на вход устройства логического 0, элемент D2.1 закрывается для прохождения импульсов на базу VT1.1, а D2.2 открывается для прохождения отпирающих импульсов на базу VT1.2. Так как схема ключа симметрична, то происходят аналогичные процессы, при этом емкость затвор-исток МДП-транзистора перезаряжается, на затвор-исток поступает отрицательное напряжение, и он закрывается.

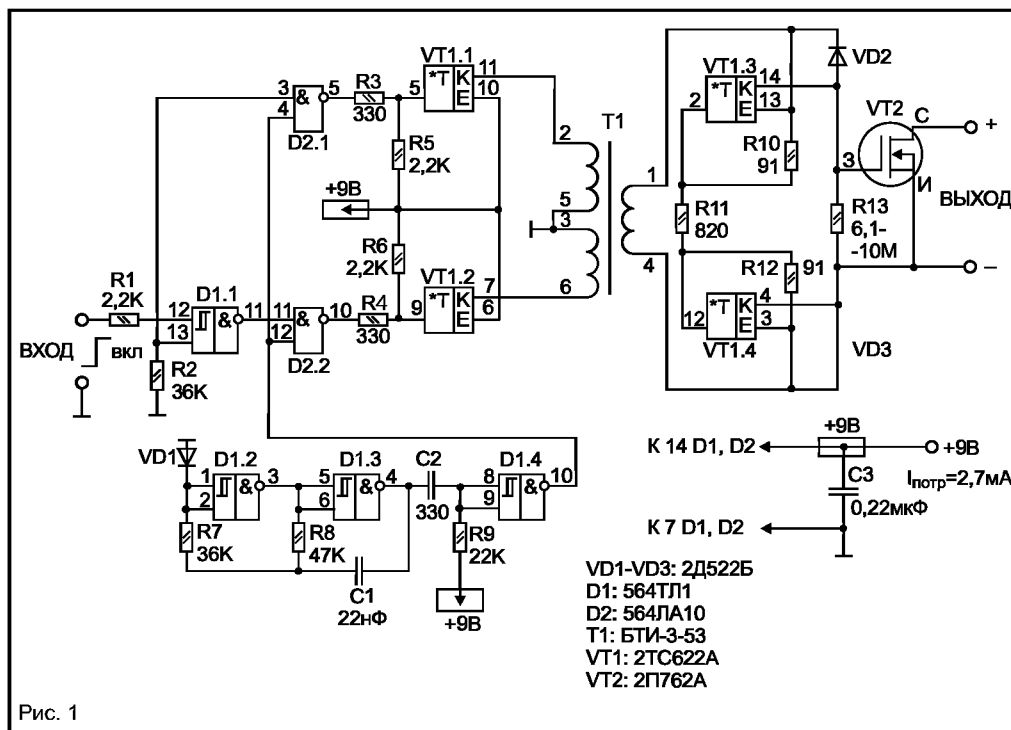
Схема ключа проверялась при использовании МДП-транзисторов типа IRFP250, КП704А, КП921А. Крутизна фронтов по уровню 0,5 составила 0,1 мкс при токе через ключ 5 А.

При повторении устройства можно порекомендовать следующую замену: 564ТЛ1 можно заменить на 564ЛЕ5, 564ЛА7; диоды 2Д522Б на 2Д510А; транзисторную матрицу 2ТС622А можно заменить дискретными транзисторами 2Т313А(Б), 2Т310А(Б, В), КТ361; трансформатор T1 можно заменить аналогичным или изготовить его самостоятельно, намотав на сердечнике М2000НМ1 10х6х3 обмотки 2–5 и 3–6 по пять витков, а 1–4 – по десять витков провода ПЭТВ-2 диаметром 0,2 мм. Если требуется повышенное напряжение гальванической развязки, то при намотке трансформатора T1 можно использовать провод МГТФ-0,07.

Михаил Соколов,
Павел Михеев,
Анжелика Квакина,
rvm@npom.krasnoyarsk.su

Литература

1. Патент РФ, №2152127, НОЗК 17/567.
2. Транзисторы 2П762А АЕЯР.432140.159 ТУ.
3. Трансформаторы БТИ-3 ОЮО.222.000 ТУ.
4. Микросхемы интегральные серии 564, руководство по применению РД11 340.907-80.
5. Грязнов Н. М., УДК.621.396.69.
6. Трансформаторы и дроссели в импульсных устройствах – М.: Радио и связь, 1986, с. 40, 82.



VD1-VD3: 2Д522Б
D1: 564ТЛ1
D2: 564ЛА10
T1: БТИ-3-53
VT1: 2ТС622А
VT2: 2П762А

Подключение модулей к работающему устройству

Встречаются системы, состоящие из нескольких модулей, главный из которых работает постоянно, а дополнительные (съёмные) модули могут подключаться или отключаться по ходу работы системы. Часто запросы на создание таких систем поступают от заказчиков промышленной электроники и сверхнадежных вычислительных систем. Например, на большинстве серверов локальных вычислительных сетей стоят подключаемые жесткие диски, которые меняются во время работы системы в случае сбоев или переполнения. К счастью, наступили времена качественной популярной электроники. Теперь требования к подключению модулей во время работы системы выставляются только для того, чтобы пользователь не задумывался о сохранности устройства и порядке включения системы.

Для того, чтобы создать подключаемый модуль, необходимо выполнить несколько требований, которые, во-первых, предупредят поломку модуля при подключении к работающей системе и, во-вторых, не приведут к сбоям в работе системы. Интерфейс между подключаемым и основным модулями состоит из шин питания, земли и сигнальных шин. Модель микросхемы, подключаемой к системе показана на рис. 1.

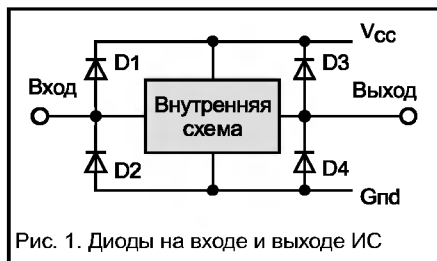


Рис. 1. Диоды на входе и выходе ИС

Диоды $D_1...D_4$ в микросхеме выполняют следующие функции.

D_1 . Этот диод присутствует в большинстве микросхем КМОП. Он защищает микросхему от электростатических разрядов, ограничивая напряжение на входе микросхемы. Этого диода нет ни на биполярных микросхемах ТТЛ и ЭСЛ, ни на микросхемах БикМОП.

D_2 . Паразитный диод, появление которого предопределено структурой входа микросхем. В цифровых микросхемах дополнительно к этому диоду ставят еще один, с меньшим сопротивлением, для того чтобы фильтровать пики напряжения, меньшие уровня логического нуля. Такие пики появляются в результате токового отражения сигналов. Этот диод также защищает вход микросхемы от электростатического разряда.

D_3 . В микросхемах КМОП этот диод вставляется для защиты от электростатических разрядов. В большинстве биполярных микросхем на этом месте есть паразитный диод. Исключением являются биполярные микросхемы с открытым коллектором или с триста-

бильным выходом. Выход этих микросхем всегда остается в состоянии высокого импеданса.

D_4 . Присутствует во всех цифровых микросхемах. В биполярных микросхемах вставляется дополнительный диод Шоттки для фильтрации напряжения, меньшего уровня логического нуля. Как и в случае с диодом D_2 , предполагается, что такое напряжение появится при отражении сигнала. В КМОП микросхемах диод вставляется для защиты от электростатических разрядов.

При подключении или отключении модулей во время работы системы самым большим интересом представляет напряжение, которое появляется на входах и выходах микросхемы. Таблица 1 иллюстрирует работу вышеописанных четырех диодов и возможные значения напряжений на входах и выходах интерфейсных микросхем.

При создании подключаемых модулей микросхемы БикМОП выгодно отличаются от прочих тем, что имеют добавочную цепь, которая держит выход микросхемы в состоянии высокого импеданса в момент ее включения. Эта цепь следит за напряжением питания. Она показана на рис. 2. Цепь состоит из двух диодов — D_1 , D_2 — и транзистора Q_1 , на базу которого подается напряжение. При напряжении питания, которое меньше установленного (например, для серии АВТ/ВСТ $V_{COFF} \sim 2,5$ В, для LVT $V_{COFF} \sim 1,8$

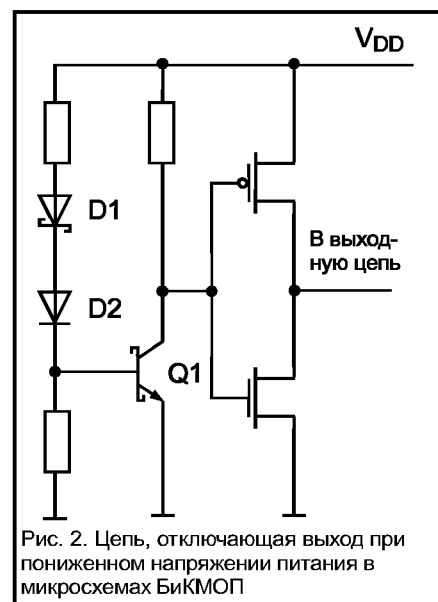


Рис. 2. Цепь, отключающая выход при пониженном напряжении питания в микросхемах БикМОП

В), выход этой цепи переходит в состояние логической единицы. При этом он отключает сигнал на выходе микросхемы, независимо от сигнала, который присутствует на входе. Это свойство микросхем БикМОП гарантирует, что поведение схемы предсказуемо даже при очень низком напряжении питания.

Условия работы системы при смене модулей

Предполагается, что входы и выходы микросхем, описанные выше, подключаются к работающей системе, и весь интерфейс можно представить как набор подобных выводов. Подключаемый модуль и система показаны на рис. 3. Для определенности скажем, что модуль М-1 уже подключен к системе. Этот модуль получает энергию через источник V_1 .

Если модуль М-2 вставить в разъем, то не все контакты модуля и системы соприкоснутся одновременно. При этом возможны самые разные сочетания напряжений на сигнальных контактах разъема. Влияет на это последовательность включения контактов земли, питания и сигнальных цепей, а также уровень сигнала в цепи.

Поведение системы будет предсказуемо, если соблюдаются по крайней мере два условия:

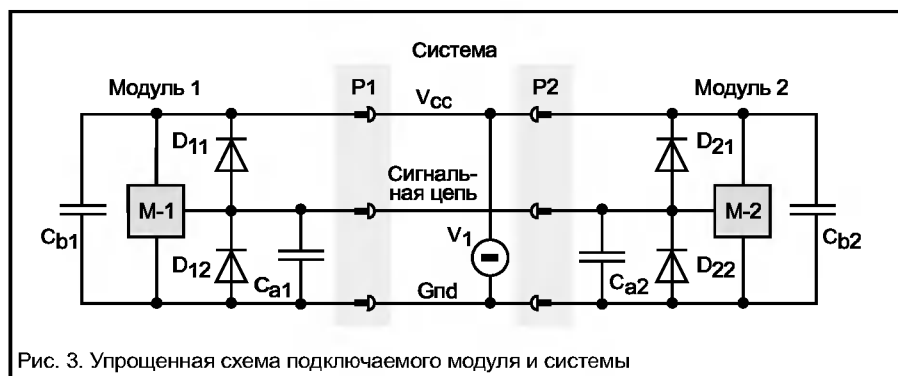
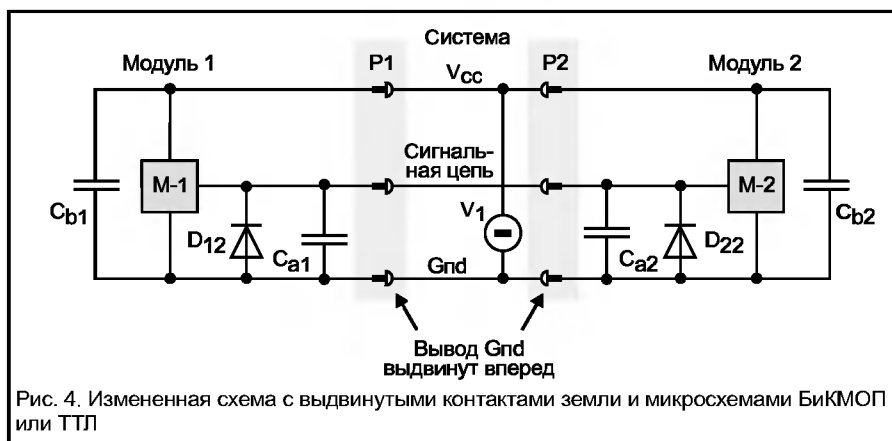


Рис. 3. Упрощенная схема подключаемого модуля и системы

Таблица 1. Напряжение на входах и выходах микросхем, фильтруемое внутренними диодами

Серия	Вход $D < \sim >_1, В$	Тотемный выход $D < \sim >_3, В$	Выход с открытым коллектором $D < \sim >_3, В$	Триста- бильный выход $D < \sim >_3, В$	Состояние высокого импеданса при включении
SN7400	5,5	7	7	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	Нет
SN74LS	7	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	7	5,5	Нет
SN74S	5,5	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	7	5,5	Нет
SN74F	7	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	7	5,5	Нет
SN74ALS	7	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	7	5,5	Нет
SN74AS	7	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	7	5,5	Нет
SN74BCT	7	—	5,5	5,5	Да
SN74ABT	7	—	—	5,5	Да
SN74LVT	7	—	—	5,5	Да
SN7HC	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	Нет
SN74AC	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	—	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	Нет
SN74LV	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	Нет
SN74LVC	7	$V_{cc} + 0,5$	—	5,5	Нет
SN74ALVC	4,6	—	—	$V < \sim >_{cc} + 0,5$	Нет



1) На разъеме есть один или несколько контактов земли, выдвинутых вперед относительно других контактов.

2) Интерфейс состоит только из микросхем, не имеющих диодов D_{11} и D_{21} , показанных на рис. 3.

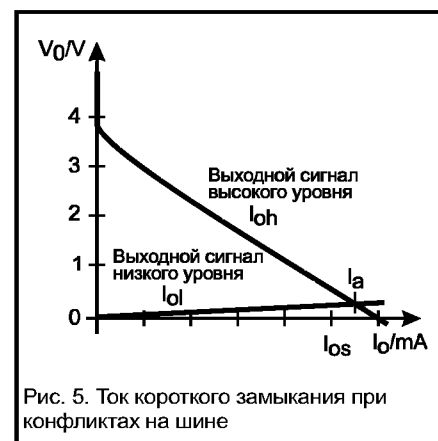
Второму условию удовлетворяют все биполярные или БикМОП микросхемы с тристабильными выходами или выходами с открытым коллектором.

В последнем случае, при включении дополнительного модуля в работающую систему первым появляется потенциал земли. Если же первым было подключено напряжение питания, то

выходы интерфейсных сигналов могут переключиться в неконтролируемое состояние.

Эти простые предосторожности уже гарантируют, что интерфейсные микросхемы не будут разрушены при включении. Если этого достаточно для выполнения требований к подключаемым модулям, то на этом варианте можно остановиться и не принимать более глобальных и дорогих решений. Следует заметить однако, что:

1) При включении модуля и соединении сигнальной линии конденсатор C_{b2} на рис. 4 должен быть заряжен.



Иначе ток, который потечет при его зарядке, вызовет искажение сигнала.

2) Проблема возможных конфликтов на шине остается нерешенной. Часто, когда два шинных формирователя подают сигналы одного и того же уровня на шину, они начинают бороться между собой и побеждает тот, кто пропускает через выходной транзистор больший ток (здесь надо смотреть схему выходного каскада тех микросхем, которые стоят на шине). При этом они перегреваются и сгорают.

Как избежать конфликтов и помех на сигнальных шинах?

Проблема конфликтов на шине стоит особенно остро, когда встречаются выходные сигналы разных уровней — низкого и высокого. На рис. 5 можно увидеть упрощенную характеристику этого процесса. Ток, который возникает в результате конфликта, достигает $I_s = 120 \text{ mA}$, и в этой борьбе выживает та микросхема, которая имеет на выходе низкий уровень. Микросхема с высоким уровнем на выходе достигает тока короткого замыкания и сгорает.

Для того чтобы не допустить конфликт, нужна дополнительная схема, которая во время включения питания держала бы выходы в состоянии высокого импеданса.

Основным элементом этой схемы может быть ИС TLC7705. Такие микросхемы используются для генерации сигнала Reset при включении прибора. В нашем случае выводы этой микросхемы подключаются к входам разрешения шинных формирователей. Во время инициализации или включения модуля сигнал Reset переводит выходы микросхем в третье состояние. При создании таких схем удобно использовать микросхемы, которые имеют два входа Enable (например, SN74ABT541). Это и другие альтернативные решения показаны на рис. 6.

При подключении нового модуля к системе, переключаемая емкость цепи должна быть заряжена до уровня напряжения на той цепи, к которой она подключается. В противном случае, при подключении конденсатор C_{s2} (рис. 3) будет перезаряжаться, и возникнет ток, из-за которого могут произойти помехи в

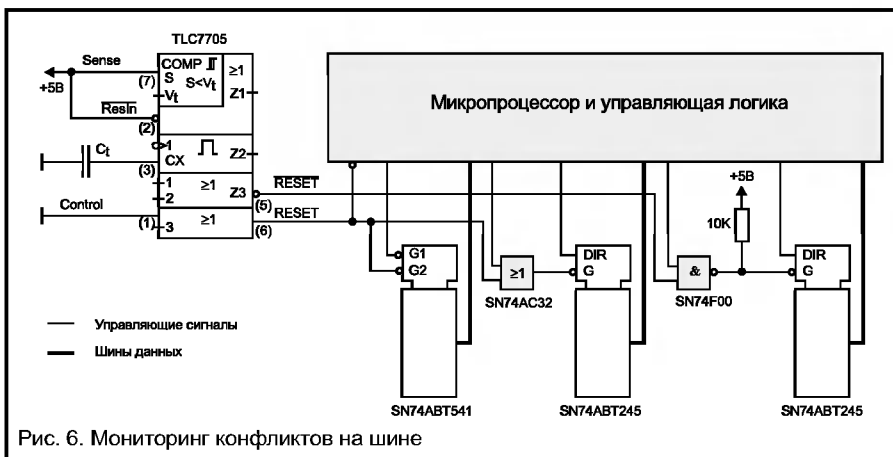


Рис. 6. Мониторинг конфликтов на шине

В ней используются:

- диод D_1 — источник опорного напряжения необходимого для зарядки емкости;
 - коммутатор U_3 (например, SN74CBT3244), который подает напряжение для зарядки во время включения модуля;
 - микросхема мониторинга напряжения питания U_1 , которая держит шинные формирователи в отключенном состоянии во время включения модуля.
- Как видно из рис. 11, для того чтобы сконструировать сложный интерфейс с шинами большой разрядности, необходимо потратить довольно много сил и ресурсов. Здесь показана схема толь-

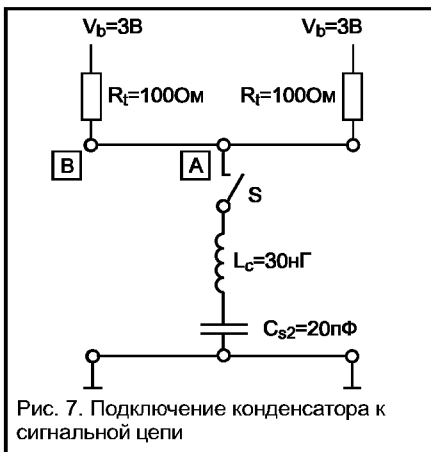


Рис. 7. Подключение конденсатора к сигнальной цепи

жения 1,5 В. Эквивалентная схема показана на рис. 9.

При этом броски напряжения уменьшатся примерно в два раза и будут выглядеть примерно так, как показано на рис. 10.

На практике это означает, что разъем подключаемого модуля должен быть устроен следующим образом: первыми должны соприкасаться шины земли и зарядки конденсаторов, вторыми – шины питания и сигнальные шины. На рис. 11 показана схема, которая предлагается для применения в целях защиты системы от помех на шине.

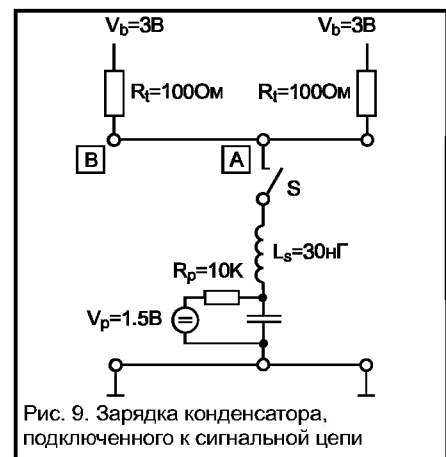


Рис. 9. Зарядка конденсатора, подключенного к сигнальной цепи

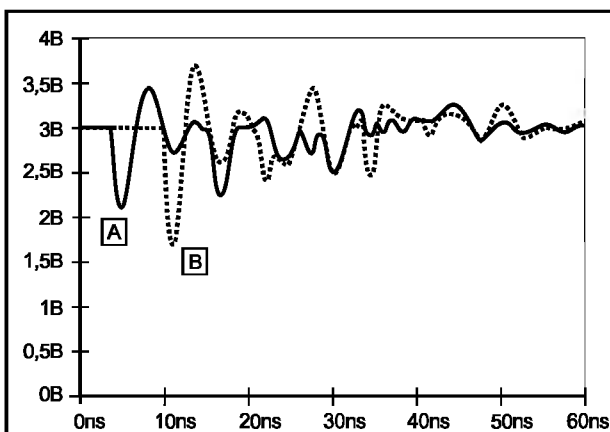


Рис. 8. Броски напряжения в точке контакта и в точке выхода микросхемы при подключении модуля

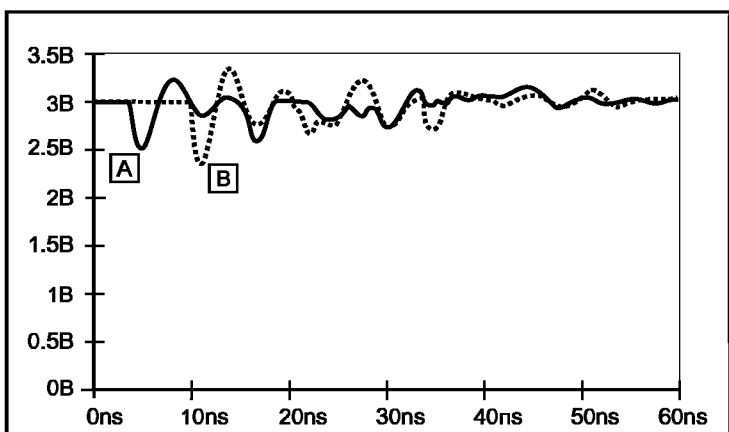


Рис.10. Броски напряжения при подключении модуля с заряженной емкостью

сигнале. На рис. 7 показана эквивалентная схема, описывающая этот процесс.

На схеме переключающийся конденсатор в центре цепи $C_{S2}=20$ пФ, индуктивность контакта разъема $L_C=30$ нГ, импеданс линии $Z_0=30$ Ом при времени распространения сигнала 10 нс. Линия терминируется с обеих сторон резисторами $R_i=100$ Ом.

При подсосединении разъема ключ S замыкается. Напряжение в точке А резко меняется. Напряжение в точке В также меняется и вызывает потерю данных на шине (если в этот момент шла передача данных).

Для того, чтобы уменьшить этот бросок напряжения, нужно зарядить конденсатор до уровня порогового напря-

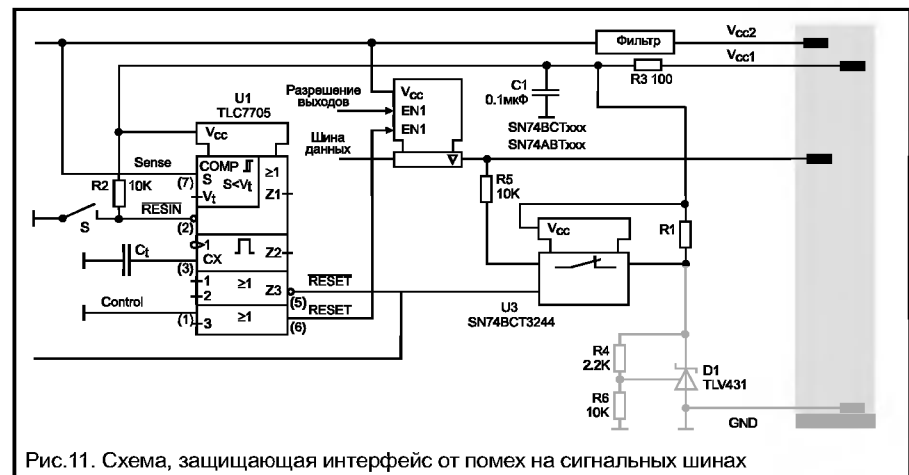


Рис.11. Схема, защищающая интерфейс от помех на сигнальных шинах

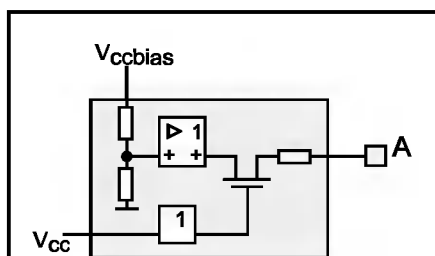


Рис. 12. Управление перезаряжаемой емкостью в микросхеме SN74ABTE16245

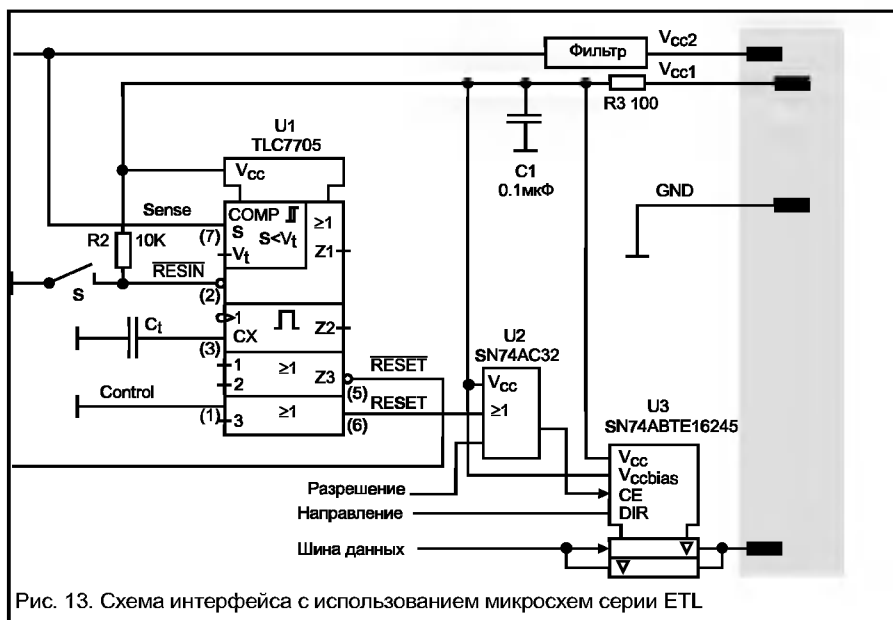


Рис. 13. Схема интерфейса с использованием микросхем серии ETL

ко для одного сигнала, в то время как популярные шины имеют разрядность 32 и более бит данных.

Специальные микросхемы для сменных модулей

Существуют шинные формирователи, которые уже содержат в себе все необходимые для защиты от шинных конфликтов компоненты – коммутаторы и резисторы. Их использование упрощает схему, показанную на рис. 11. Эти микросхемы выпускаются в двух сериях: ETL (Enhanced Transceiver Logic, серия SN74ABTE) и BTL (Backplane Transceiver Logic, серия SN74FB).

Микросхемы серии ETL имеют дополнительный вывод для подключения напряжения зарядки выходной емкости микросхемы, обычно называемый V_{CCBIAS} . Он питает схему, заряжающую конденсатор во время включения модуля. На рис. 12 показана структура блока, где присутствуют напряжение питания и напряжение зарядки – соответственно V_{CC} и V_{CCBIAS} . Для простоты в схеме не нарисована цепь, отключающая выход микросхемы при пониженном напряжении питания (она была показана на рис. 2).

На рис. 13 показана схема интерфейса, в которой используются микросхемы ETL. В момент включения модуля,

после подсоединения контактов V_{CC1} и Gnd на микросхеме U3 появляется напряжение V_{CCBIAS} . Одновременно включаются микросхемы U2 и U1, и сигналом OE отключают выходы шинного формирователя от шины.

Как избежать бросков напряжения в цепях питания при подключении модуля?

Броски напряжения в цепях питания системы при подключении модуля появляются точно так же, как броски в сигнальных цепях. При этом величина заряжаемой емкости колеблется от де-

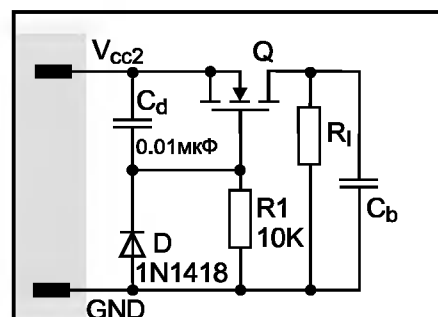


Рис. 14. Схема медленного включения модуля с использованием транзистора

создании подключаемых модулей. Первый набор применим для модулей, подключаемых к системе, работа которой может быть нарушена во время подключения, и второй – для модулей, подключающихся к системе без нарушения ее работы. Естественно, создать модуль, который удовлетворял бы второму требованию, гораздо сложнее.

Единственное, что требуется в этом случае, – уверенность, что при подключении модуля по сигнальным линиям не течет никаких случайных токов. Для этого необходимо:

- 1) Использовать разъем с выдвинутыми вперед выводами земли.
- 2) Интерфейсные цепи при отключенном питании должны оставаться в состоянии высокого импеданса.
- 3) Желательно использовать микросхемы, которые имеют механизм отключения сигнальных шин при включении питания (рис. 2). Рекомендуемые серии – ABT, BCT и LVT (таблица 1).

II. Необходимо, во-первых, выполнить все рекомендации раздела I, во-вторых, иметь уверенность, что при подключении модуля к системе не произойдет никаких помех в сигнальных цепях и цепях питания. Необходимо:

- 1) Использовать разъем с выдвинутыми вперед выводами земли и специальными выводами питания.
- 2) Использовать исключительно микросхемы, отключающие свои выходы при пониженном напряжении питания.
- 3) Использовать цепи мониторинга напряжения питания.
- 4) Емкости сигнальных линий до подключения сигнальных линий с шиной системы должны быть заряжены – для этого рекомендуется использовать микросхемы серий BTL и ETL со специальными выводами V_{CCBIAS} .
- 5) При включении модуля не должно быть бросков напряжения в цепях питания. При необходимости можно вставить в разрыв цепи питания схему, которая бы исключала влияние блокирующего конденсатора модуля на напряжение питания системы.

сятков до сотен микрофард и зависит от емкости блокирующего конденсатора. Один из путей к ограничению скачка напряжения – включение в цепь питания коммутатора, который медленно включается. На рис. 14 предложена схема, в которой роль коммутатора играет P-MOП транзистор. Цепочка RC обеспечивает медленное изменение сигнала на базе транзистора. Диод D быстро разряжает конденсатор, после того как модуль был выключен.

Предполагается, что транзистор имеет малое сопротивление во включенном состоянии. При работе рассеиваемая мощность на транзисторе невелика из-за небольшого падения напряжения. Поэтому можно использовать транзисторы в планарном корпусе, например P-MOП TPS1101PW. При необходимости можно параллельно включать несколько транзисторов.

На рис. 15 приведена схема источника питания, который получает из системы от десяти до сорока вольт и преобразует их импульсным способом в 5 В. Схема не дает броска напряжения при включении. Анализ работы схемы можно найти в описании импульсного преобразователя TL5001.

Рекомендации

Итак, есть два набора рекомендаций, которые необходимо выполнять при

Вадим Стрижов,
strijov@ccas.ru

О подборе кварцевых резонаторов

В практике ремонта часто возникает необходимость замены кварцевого резонатора. Однако внимание при замене обычно обращается только на частоту. Остальные же параметры часто оказываются за пределами рассмотрения. В результате могут возникнуть проблемы. Поэтому в настоящей статье автор проясняет некоторые вопросы, возникающие при подборе кварцевых резонаторов.

Основные свойства кварцевых резонаторов

Кристалл кварца имеет механические и электрические характеристики. При его сжатии генерируется электрическое поле в направлении, перпендикулярном приложенному усилию. И наоборот, если к кристаллу кварца приложено электрическое поле, в нем возникают механические колебания в направлении, перпендикулярном приложенному электрическому заряду. Это явление называется пьезоэлектрическим эффектом, который и лежит в основе производства кварцевых резонаторов для электронной техники.

Пластины кварца заставляют вибрировать (колебаться), устанавливая ее между двумя электродами и прикладывая к ним переменное напряжение. Амплитуда таких колебаний достигает максимума при совпадении частоты приложенного переменного напряжения с резонансной частотой кварцевой пластины. Схему генератора с использованием кварцевого резонатора называют "генератором с кварцевой стабилизацией частоты".

Одним из замечательных свойств кварцевого резонатора является его высокая добротность Q . Этот параметр, если рассматривать его как механический, показывает, во сколько раз энергия, запасенная в резонаторе, превышает потери энергии на колебания:

$$Q = 2\pi \left(\frac{W_{\text{КВ}}}{W_{\text{потерь}}} \right). \quad (1)$$

Если же рассматривать добротность как электрическую величину, то она представляет собой реактивное индуктивное сопротивление на резонансной частоте, деленное на последовательное эквивалентное сопротивление потерь.

Кварцевые резонаторы с высокой добротностью имеют низкие потери энергии в процессе работы. Обычно добротность составляет 20...200 тыс., а у высококачественных резонаторов она может достигать 3 млн.

Другой важной характеристикой кварцевых резонаторов является их высокая частотная стабильность. Отклонение их резонансной частоты от номинального значения может быть вызвано двумя причинами: изменениями рабочей температуры и старением. И если отклонения, вызванные изменениями температуры, могут достигать $\pm 100\%$, то отклонения, вызываемые старением, составляют около $\pm 5\%$ в год.

Выбор кварцевого резонатора

К выбору кварцевого резонатора следует подходить очень внимательно, учитывая, какой погрешностью частоты должна обладать создаваемая схема. Чем выше требования к точности генерируемой частоты, тем сложнее и дороже будет устройство.

При создании схемы с использованием терморезистора как элемента термостабилизации, можно достичь отклонения частоты от номинала в пределах $\pm 2\%$ в месяц. А системы фазовой автоматической подстройки частоты требуют гораздо меньшей нестабильности частоты опорных колебаний.

Качество любой схемы, использующей кварцевые резонаторы, определяют их четыре основных параметра:

- отклонение частоты;
- стабильность частоты;
- старение;
- нагрузочная емкость.

Любой из этих параметров может быть изменен без влияния на другие. Такая независимость делает использование

кварцевых резонаторов еще более привлекательным. Однако изменение в лучшую сторону любого из перечисленных параметров ведет и к удорожанию системы.

Отклонение частоты

Отклонение частоты для кварцевого резонатора измеряется при комнатной температуре (25°C). Этот параметр характеризует максимальное отклонение генерируемой частоты относительно ее номинального значения. Для большинства кристаллов он составляет миллионные доли от номинала. Например, если кварцевый резонатор на частоту 32768 Гц имеет паспортное отклонение частоты $\pm 20\%$, то при температуре 25°C частота его колебаний может изменяться в пределах от 32768,65536 до 32767,34464 Гц. Кварцевые резонаторы с частотой 32768 Гц известны как "часовые", и такое отклонение частоты может привести к уходу часов на 1 минуту в течение месяца. Это отклонение можно представить выражением:

$$60 \frac{\text{с}}{\text{мин.}} \times 60 \frac{\text{мин.}}{\text{час}} \times 24 \frac{\text{часа}}{\text{день}} \times 30 \frac{\text{дн.}}{\text{мес.}} \times \left(\pm \frac{20}{1000000} \right) = \pm 51,84 \frac{\text{с}}{\text{мес}}$$

Стабильность частоты

Стабильность частоты кварцевого резонатора зависит от температуры окружающей среды и вида среза кристалла. Наибольшее применение нашли кристаллы со срезами АТ и ВТ. Кривые их температурной стабильности отличаются (рис. 1). Это необходимо учитывать при проектировании устройств.

Кривая характеристики кристалла со срезом АТ представляет собой график кубической функции. Из него видно, что кривая характеристики может перемещаться в вертикальном направлении в пределах допустимого отклонения частоты.

Кристаллы со срезом ВТ имеют более низкую резонансную частоту, а кривая их характеристики имеет форму параболы. При изменении окружающей температуры резонансная частота такого кристалла может изменяться только в сторону уменьшения.

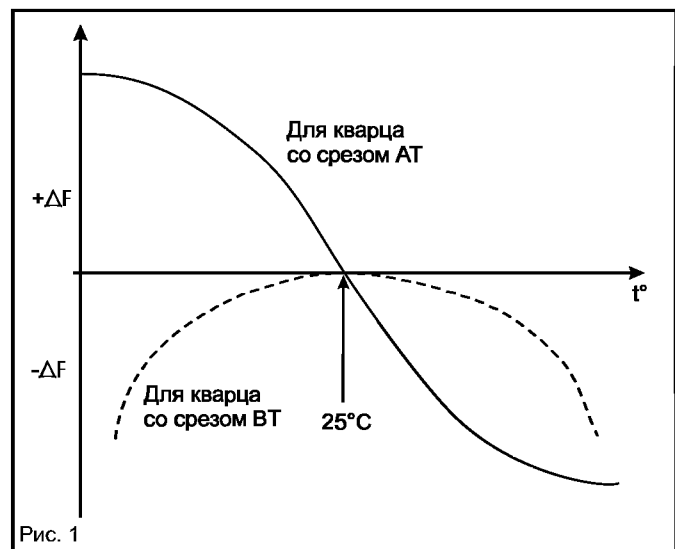


Рис. 1

Старение

Старение кварца – это естественный физический процесс. В этом случае резонансную частоту кварцевого резонатора можно рассматривать как функцию от времени. Старению кварца способствуют механические воздействия на его корпус, примеси внутри корпуса. Этот процесс сдерживает щадящая эксплуатация резонатора, при которой уровни напряжения, прикладываемого к нему, малы.

Нагрузочная емкость

Для схем с параллельным резонансом задается такой параметр, как нагрузочная емкость. Если нагрузочная емкость схемы не согласуется с нагрузочной емкостью кварцевого резонатора, имеет место сдвиг резонансной частоты.

Последовательный и параллельный резонанс

Не все радиолюбители и специалисты правильно понимают суть этого вопроса. Не существует параллельного или последовательного резонанса кварцевого резонатора. Но каждый кварцевый резонатор имеет разные частоты параллельного и последовательного резонанса. При калибровке резонатора его проверяют на частоте последовательного или параллельного резонанса. Частота параллельного резонанса выше частоты последовательного.

Большинство генераторов работают в режиме возбуждения кварцевого резонатора на частоте параллельного резонанса. Примеры таких схем: схема Пирса, схема Колпица, схема Клаппа. Возбуждение на частоте последовательного резонанса, как правило, не применяется.

На рис. 2 изображена эквивалентная схема кварцевого резонатора. Элементы $C1$, $R1$, $L1$ представляют эквивалент непосредственно пластины кварца, а $C0$ – шунтирующая (статическая) емкость резонатора. Она обусловлена конструктивными особенностями резонатора и составляет несколько пикофард. $L1$ – это индуктивность подвижной массы кристалла. Она может достигать тысяч генри. $C1$ – емкость подвижной массы кристалла. Ее значение – несколько фемтофард. $R1$ – эквивалентное последовательное сопротивление резонатора при генерации. Оно характеризует механические потери при генерации и может принимать значения от нескольких омов до нескольких десятков килоом. Если $R1$ имеет небольшую величину, резонатор теряет меньше энергии в процессе генерации. Это облегчает запуск генератора и обеспечивает стабильность его работы.

На последовательное эквивалентное сопротивление не оказывает влияния емкость $C0$. Частоту последовательного резонанса кварцевого резонатора можно определить из формулы:

$$F_S = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

Когда резонатор установлен на печатную плату, его эквивалентная схема изменяется и принимает вид, изображенный на рис. 3. Из рисунка видно, что в схему добавлена емкость CL . Эта емкость паразитная. Она является комбинацией емкостей $CL1$ и $CL2$ – паразитных емкостей монтажа и нагрузки резонатора. В этом случае резонансная частота смещается. Этот параметр называют резонансной частотой с подключенной параллельно нагрузкой F_P :

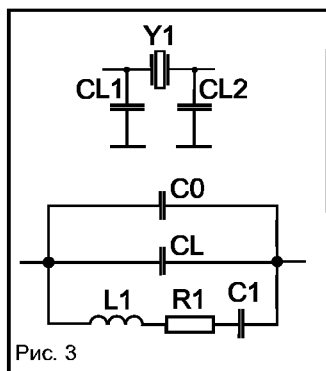


Рис. 3

$$F_P = F_S \sqrt{1 + \frac{C1}{C0 + CL}} \quad (3)$$

В большинстве случаев параметр F_P приводится в перечне технических данных на резонаторы. В заводских условиях резонаторы калибруют с использованием специальной нагрузочной емкости. Ее величина указывается в паспортных данных резонаторов. Если реальная емкость нагрузки не согласуется с емкостью, указанной в паспортных данных, то генерация колебаний осуществится на частоте, отличной от F_P . Следует также всегда помнить, что частота параллельного резонанса всегда выше частоты последовательного резонанса.

Отклонение частоты и емкость нагрузки

При несоответствии емкости нагрузки кварцевого резонатора той, которая указана в паспорте, рабочая частота генератора будет отличаться от указанной в паспортных данных. В таком случае отклонение частоты ΔF_P можно описать формулой:

$$\Delta F_P = F_{P1} - F_{P2} \quad (4)$$

или

$$\Delta F_P = F_S \sqrt{1 + \frac{C1}{C0 + CL_{\text{пасп.}}}} - F_S \sqrt{1 + \frac{C1}{C0 + CL_{\text{ген.}}}} \quad (5)$$

В формуле F_{P1} – паспортное значение частоты, а F_{P2} – реальное значение. На практике такая погрешность часто является незначительной и в расчет не принимается. Однако при использовании кварцевого резонатора в схемах точного отсчета интервалов времени вносимую погрешность частоты следует обязательно учитывать.

Для того чтобы снизить влияние паразитных емкостей, используют подстроечные конденсаторы. Если реальная емкость нагрузки меньше паспортной, то подстроечный конденсатор включают параллельно резонатору. Если же реальная емкость больше паспортной, то его включают последовательно с резонатором.

Выбор кристалла

Как было сказано выше, кристаллы могут быть либо со срезом АТ, либо со срезом ВТ. Учитывая температурные характеристики таких кристаллов, можно сделать вывод, что предпочтительнее использовать кристаллы со срезом АТ, поскольку при изменении температуры окружающей среды рабочая частота кристалла со срезом ВТ всегда понижается. К сожалению, на низких частотах (ниже 1 МГц) выбора не остается, так как в этой области, в основном, используют резонаторы со срезом ВТ.

Режимы работы кварцевых резонаторов

Режим работы кварцевых резонаторов зависит от частоты. Как правило, они работают на основной частоте в полосе до 50 МГц, а на частотах свыше 50 МГц кварц резонирует на обертонах. Частоты обертонов не являются верхними гармониками основной частоты, хотя и расположены близко от них. На практике часто используют умножение основной резонансной частоты кварцевого резонатора. Этот способ более прост и эффективен, чем применение кристаллов, работающих в обертоновом режиме. Почему? Это очевидно, учитывая недостатки кварцевых резонаторов на обертонах.

Резонансная частота кварцевого резонатора обратно пропорциональна толщине пластины кварца. Ограничение верхнего предела резонансной частоты до 50 МГц вызвано прежде всего трудностью производства тонких пластин и механических держателей для них. Кварцы, предназначенные для работы на обертонах, имеют большую толщину, кратную толщине кристалла, работающего на основной частоте. Например, резонатор, работающий на третьем обертоном (грубо – утроение основной частоты), имеет толщину пластины, в три раза превышающую толщину пластины ре-

зонатора, работающего на основной частоте (рис. 4). Генератор, использующий кварц, работающий в обертоновом режиме, должен иметь специальную конструкцию. В частности, фильтр, подавляющий основную резонансную частоту кварца. Другой недостаток обертоновых резонаторов – это более высокое последовательное эквивалентное сопротивление и меньшая добротность, что затрудняет запуск генератора и снижает устойчивость колебаний. Третий недостаток – возможность запуска в режиме случайных колебаний, частота которых далека от рабочей частоты.

Эксплуатация кварцевых резонаторов

Кварцевые резонаторы выпускаются в различных корпусах: металлических, стеклянных, пластмассовых, для обычного печатного и поверхностного монтажа. Лучшим выбором можно назвать пластмассовые корпуса, потому что кварцевый резонатор в них заключен сначала в металлический корпус и уже потом в пластмассовый.

При размещении кварца на плате следует придерживаться правила: чем ближе к генератору, тем лучше. Рядом с резонатором не должно проходить дорожек, по которым передаются другие сигналы, способные вносить помехи в ра-

Кристалл, работающий в основном режиме

S

Кристалл, работающий в режиме на третьем обертоном

3S

Рис. 4

боту кварцевого генератора. Все точки генератора должны быть хорошо заземлены.

Дмитрий Хрусталеv,
pierce_arrow@mtu-net.ru

Резисторные и термпарные погрешности в высокоточных системах

Мы продолжаем публикацию переводных материалов из учебника "Practical Design Techniques For Sensor Signal Conditioning", подготовленного специалистами Analog Devices. Предлагаемая статья относится к десятой главе книги "Hardware Design Techniques" (дословно перевести довольно сложно, ближе всего по смыслу, пожалуй, "Особенности реализации аппаратной части устройства" – ред.)

Точность резисторов является одним из решающих факторов в создании прецизионных систем. На рис. 1 изображен неинвертирующий усилитель, в котором коэффициент усиления 100 задается отношением внешних резисторов R1 и R2. Неравенство температурных коэффициентов этих двух резисторов является очевидным источником ошибки. Предположим, что собственные погрешности операционных усилителей незначительны, и что резисторы точно подобраны при температуре +25°C. Если температурные коэффициенты резисторов отличаются хотя бы на 25 ppm/°C, коэффициент усиления усилителя изменится до 250 ppm при изменении температуры на 10°C. Это около 1 МЗР в 12-битной системе, и весьма серьезная проблема для 16-битной системы.

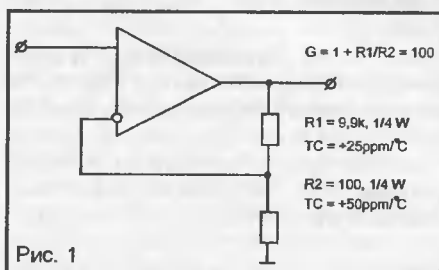


Рис. 1

Даже если температурные коэффициенты идентичны, возможны существенные погрешности. Предположим, R1 и R2 имеют идентичные температурные коэффициенты +25 ppm/°C, и оба они четвертьваттные. Если входной сигнал на рис. 2 равен нулю, то резисторы не будут рассеивать тепло. Но если напряжение на входе составляет 100 мВ, то к резистору R1 будет приложено 9,9 В, и на нем будет рассеиваться 9,9 мВт, вследствие чего его температура возрастет на 1,24°C (температурное сопротивление четвертьваттного резистора – 125°C/Вт). Рост на 1,24°C вызывает изменение сопротивления на 31 ppm, и соответствующее изменение коэффициента усиления. R2, к которому приложено 100 мВ, нагревается только на 0,0125°C, что является незначительным. Изменение коэффициента усиления на 31 ppm создает погрешность в 0,5 МЗР у 14-битной системы, и совершенно неприемлемо для 16-битной.

Этих и подобных ошибок удастся избежать, подбирая для R1 и R2 наиболее подходящие номиналы сопротивлений и температурные коэффициенты, а также принимая меры по выравниванию температуры

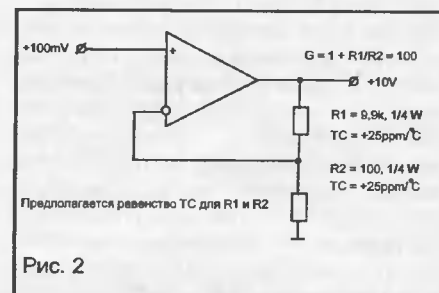
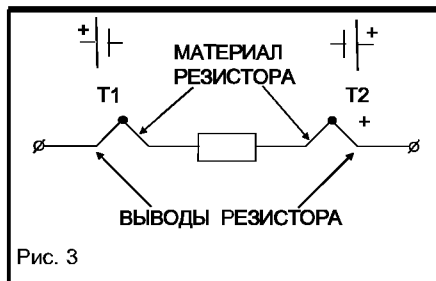


Рис. 2

резисторов, подбор которых очень важен. Легче всего этого достичь, применяя резисторную сборку в самостоятельном корпусе – такая сборка может быть как внутри корпуса ИС, так и снаружи, в виде отдельного чипа из тонкопленочных резисторов.

Другой проблемой, связанной с резисторами, является термоэлектрический эффект. Любое соединение различных проводников является источником термо-ЭДС. Если в цепи имеются два соединения, мы имеем термопару. Как только эти два соединения окажутся при различной температуре, в цепи возникнет нескомпенсированная термо-ЭДС. Этот эффект обычно используется для измерения температуры, о чем уже говорилось в разделе, посвященном термодатчикам (см. предыдущие номера журнала – ред.). Однако он также является источником дополнительной погрешности при измерении слабых сигналов, если температуры проводников различны, ибо соединение двух проводников из различных материалов всегда образует термопару, хотим мы того или нет. Этот эффект трудноустранить, даже если делать соединение медным проводом, поскольку соединение медных проводников, выпущен-

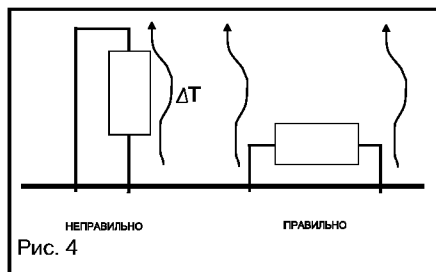


ным разными производителями, может дать термо-ЭДС вплоть до 0,2 мкВ/°C.

Рассмотрим модель резистора, представленную на рис. 3. Соединение между материалом резистора и проводниками формирует две термопары. Термо-ЭДС может достигать значений 400 мкВ/°C для угольных резисторов. В то же время существуют специально сконструированные резисторы, у которых эта термо-ЭДС крайне низка, всего 0,05 мкВ/°C [1]. Металлопленочные резисторы (RN-типов) характеризуются значением термо-ЭДС, примерно равным 20 мкВ/°C.

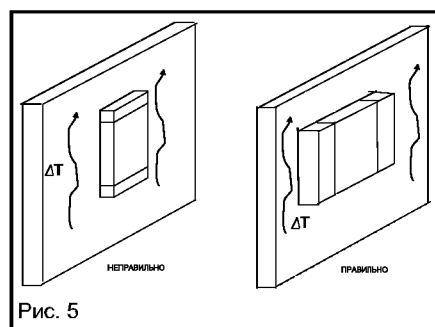
Термопарные эффекты не сказываются при работе с переменными сигналами, или когда резисторы находятся в условиях постоянства температуры, но рассеяние тепла на резисторе, равно как и его ориентация относительно источника тепла, может привести к тому, что один из его концов окажется теплее другого, и термо-ЭДС на концах окажутся разными. В итоге, он превратится в источник дополнительной ЭДС, равной разности упомянутых термо-ЭДС, и это приведет к ошибкам в системе, работающей на постоянном токе. Например, если мы используем обычные металлопленочные резисторы, температурное изменение на 1°C вызовет нескомпенсированную термо-ЭДС величиной 20 мкВ, которое вполне сопоставимо с приведенным ко входу смещением точного операционного усилителя, такого как OP177 или AD707, и уж совершенно неприемлемо при использовании сверхвысокоточных усилителей с прерыванием (chopper-усилителей).

Рис. 4 показывает, как ориентация резистора может вызвать нескомпенсированную термо-ЭДС. Установка резистора вертикально с целью уменьшить занимаемую им площадь поверхности платы может привести к появлению температурного градиента вдоль его поверхности, особенно,

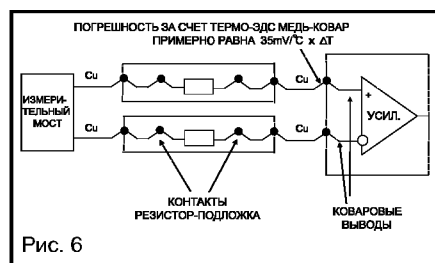


если он и сам рассеивает заметное количество тепла. Установка резистора параллельно плате снимает эту проблему, если вдоль его оси не проходит поток воздуха. Ориентируя ось резистора перпендикулярно воздушному потоку, можно сохранить одинаковую температуру концов резистора, сведя к нулю погрешности за счет термо-ЭДС.

Рис. 5 показывает, как расположить резистор на вертикально установленной печатной плате, вдоль которой снизу вверх распространяется конвективный воздушный поток. Как и в предыдущем случае, ось сопротивления должна быть перпендикулярна конвекционному потоку, чтобы снизить нескомпенсированную термо-ЭДС. Отметим, что вследствие малых размеров резисторов для поверхностно-



го монтажа, термопарный эффект в них выражен гораздо ниже, чем у вышеупомянутых типов резисторов в традиционном исполнении с гибкими выводами, т. к. расстояние между выводами чип-резисторов около 1 мм, а на таких расстояниях перепады температуры за счет конвекции очень малы.



Простая цепь, показанная на рис. 6, иллюстрирует проблему паразитных термопар. Здесь мы имеем удаленный мост, сигнал с которого усиливается инструментальным усилителем, каждый вход которого снабжен токоограничивающим резистором. Каждый резистор имеет 4 термопары: две находятся внутри резистора, а две там, где выводы резистора соединяются с медными проводниками. Еще одна пара термопар расположена в местах соединения медных проводников с коваровыми ножками корпуса инструментального усилителя. Соединение "медь/ковар" имеет термо-ЭДС порядка 35 мкВ/°C.

Большинство литых пластмассовых ИС используют в качестве выводов медные проводники соответствующего размера (например, инструментальный усилитель AD620).

Вдобавок, медный провод имеет коэффициент температурного сопротивления (у проводника 30-го калибра он составляет приблизительно 0,385%/°C), который может внести погрешность, если температура проводов существенно различается или если они разной длины. В нашем случае, однако, эта погрешность незначительна, т. к. по проводам течет минимальный ток.

Очевидно, что подобная простая цепь должна быть хорошо проработана не только с точки зрения электрических сигналов, но и в плане тепловых эффектов, без чего добиться желаемой прецизионности невозможно. В этом смысле полезны сокращение числа проводников из различных материалов, минимизация термических градиентов путем правильного расположения осей резисторов относительно направления движения теплового потока или блокирование воздушного потока к компонентам с использованием металлических или пластиковых экранов, сокращение рассеиваемой мощности в чувствительных приборах, правильный отбор прецизионных резисторов и подбор числа соединений в каждом плече дифференциального сигнала, вплоть до введения так называемых "dummy" компонентов, если требуется. Розетки, соединители, выключатели или реле в сигнальных цепях могут вводить нестабильные контактные соединения, а также "неизвестные" термопарные соединения которые также могут помешать достичь требуемой точности. Поэтому их следует по возможности избегать.

Walt Kester, Walt Jung
and James Bryant
Перевод и обработка
Александра Фрунзе и
Андрея Асташкевича,
alex.fru@mtu-net.ru

Литература

1. RCD Components, Inc., 520 E. Industrial Park Drive, Manchester NH, 03109, 603-669-0054, <http://www.rcd-comp.com>.
2. Steve Sokolov and James Wong, High-Accuracy Analog Needs More Than Op Amps, *Electronic Design*, Oct. 1, 1992, p. 53.
3. Doug Grant and Scott Wurcer, Avoiding Passive Component Pitfalls, *The Best of Analog Dialogue*, Analog Devices, 1991, p. 143.
4. Brian Kerridge, *Elegant Architectures Yield Precision Resistors*, EDN, July 20, 1992.

(Продолжение, начало №3–4/2001)

Основы схемотехники жидкокристаллических дисплеев

2.3.5. Структура и основные характеристики драйвера SED1520 фирмы Seiko-Epson

SED1520 (рис. 21) предназначен для использования в малоформатных матричных ЖКЭ. Драйвер универсальный

роллером. Две микросхемы SED1520 обеспечивают адресацию ЖКЭ форматом 122x32 [5].

2.3.6. Архитектура драйвера HD44780

Микросхема драйвера-контроллера HD44780 (рис. 24) предназначена для использования

- формирователей 3...11 В;
- поддержка форматов знаков 5x8 и 5x10;
- встроенный генератор;
- 8- или 4-разрядная шина данных для сопряжения с микроконтроллером;
- максимальная частота обмена по шине данных – 2 МГц;
- объем дисплейного ОЗУ – 80x8 (80 символов);
- встроенный фиксированный знакогенератор на 9920 бит;
- 208 шрифтов формата 5x8;
- 32 шрифта формата 5x10;
- пользовательский загружаемый знакогенератор 64x8;
- программируемый мультиплекс 1:8, 1:11, 1:16;
- набор дисплейных функций.

Архитектура драйвера обеспечивает

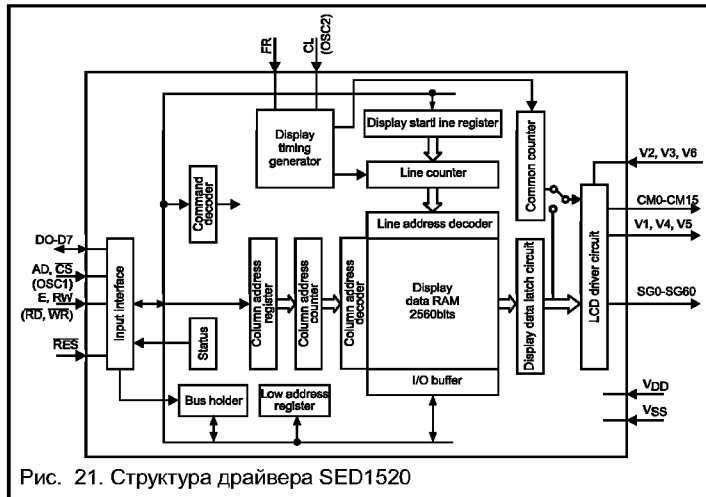


Рис. 21. Структура драйвера SED1520

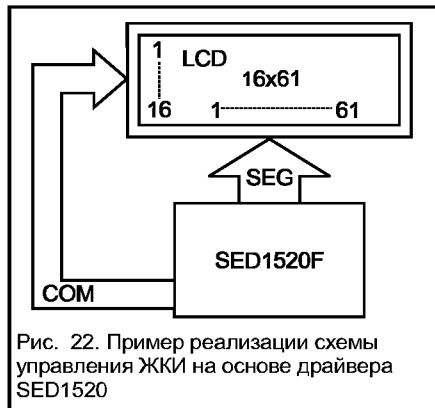


Рис. 22. Пример реализации схемы управления ЖКИ на основе драйвера SED1520

и содержит схемы управления строками и столбцами. Один драйвер без схемы расширения может управлять ЖКЭ форматом до 16x61 (рис. 22). SED1520 может работать в двух режимах: как комплексный, обеспечивая управление строками (16 строк) и столбцами (61 столбец), либо как драйвер столбцов, действуя как схема расширения вместе с другим драйвером. Структура драйвера содержит дисплейную память на 2560 бит (32x80) и схему регенерации. Формирователь напряжений – внешний. Как правило, это обычный резистивный делитель, шунтированный емкостями. Тактирование синхрогенератора производится от внешнего сигнала частотой 2 кГц. Архитектура драйвера поддерживает каскадирование микросхем и расширение числа столбцов. На рис. 23 приведена типовая схема сопряжения драйвера с микроконтроллером.

в символьных ЖКИ. Основа архитектуры драйвера HD44780 разработана в конце 70-х годов и фактически определила стандарт интерфейса для символьных ЖКИ на долгие годы. Аналоги HD44780 выпускает несколько фирм-производителей. Большинство пользователей предпочитают применять ЖКИ именно с системой дисплейных команд, совместимых с HD44780. В России фирма "МЭЛТ" производит символьные дисплеи также на основе драйвера, совместимого с HD44780.

Основные характеристики драйвера:

- число строчных выводов – 16;
- число столбцовых выводов – 40;
- диапазон питающих напряжений для логики 2,7 ... 5,5 В;
- диапазон питающих напряжений для выходных

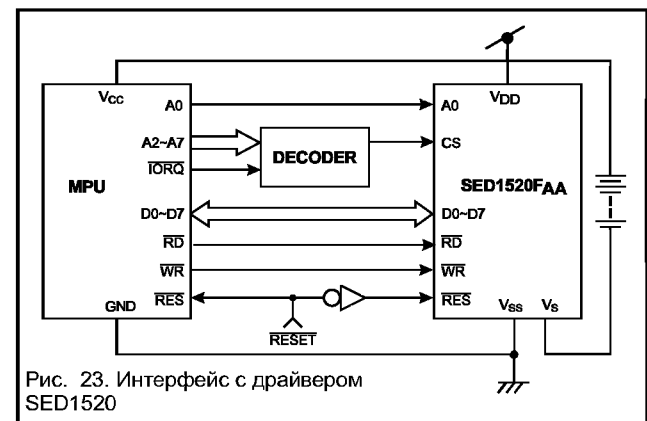


Рис. 23. Интерфейс с драйвером SED1520

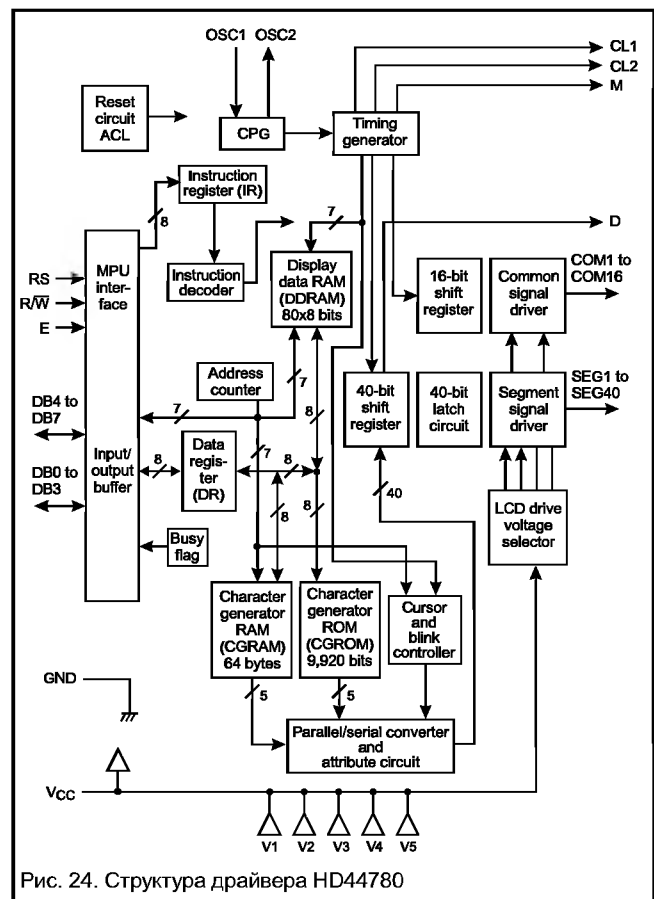


Рис. 24. Структура драйвера HD44780

каскадирование и согласованную работу со схемами расширения по столбцам. В конструкции дисплея микросхема может устанавливаться как в бескорпусном исполнении (с заливкой кристалла компаундом), так и в корпусе (FP-80B или TFP80F). В карте заказа должно быть указано исполнение знакогенератора (возможны варианты Japaп, Europeaп или Custom – заказной). Этот драйвер используется практически во всех символьных ЖКИ, начиная от формата одна строка на 8 символов, и заканчивая форматом четыре строки по 40 символов. Пример использования драйвера в однострочном ЖКИ показан на рис. 25.

На рис. 26 показаны варианты реализации внешней схемы формирователей

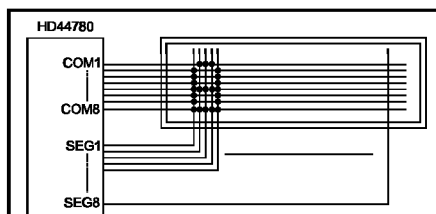


Рис. 25. Пример реализации однострочного ЖКИ (Bias 1:4, мультиплекс 1:8)

лей уровней для разных форматов ЖКИ. Bias 1:4 используется для однострочных дисплеев, во всех остальных вариантах применяется Bias 1:5. В символьных ЖКИ с фиксированными знаками на основе контроллера драйвера HD44780 используется резистивный делитель, состоящий из 5 резисторов номиналом по 1,3 кОм. Ток, протекающий через такой резистивный делитель, составляет от 0,5 до 1 мА.

2.4. Структура строчных и столбцовых драйверов матричных ЖКИ

2.4.1. Структура и режимы работы универсального драйвера матричных ЖКЭ А1835ИД1 (НПО “Интеграл”, Минск)

Драйвер А1835ИД1 предназначен для организации схем управления строками и столбцами матричных ЖКЭ. Микросхема была разработана для использования в микро-ЭВМ “Электрони-

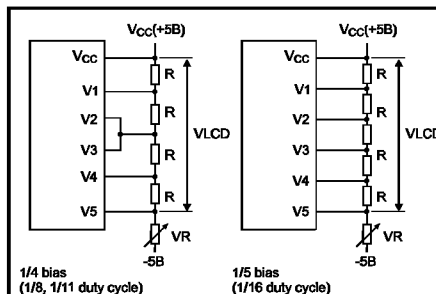


Рис. 26. Организация формирователей уровней для разных режимов

ка ПК–90”. В бескорпусном варианте микросхема использовалась в заказных графических ЖКЭ, выпускаемых НПО “Платан” (Фрязино). Режим работы – строчный или столбцовый – задается потенциалом на входе S/P.

Основные характеристики драйвера:

- питание логической части +5 В;
- диапазон напряжений для питания выходных формирователей: –20...0 В;
- максимальная частота загрузки данных – не более 400 кГц по ТУ (реально – до 600 кГц);
- число выходов управления строками (столбцами) – 40;
- эстафетный механизм для каскадирования как по строкам, так и по столбцам;
- тип корпуса – 64-выводный с четырехсторонним расположением выводов (без аналога).

Структура драйвера показана на рис. 27, а его условное графическое обозначение – на рис. 28. Схема драйвера содержит:

- выходные формирователи напряжений;
- выходной 40-разрядный регистр;

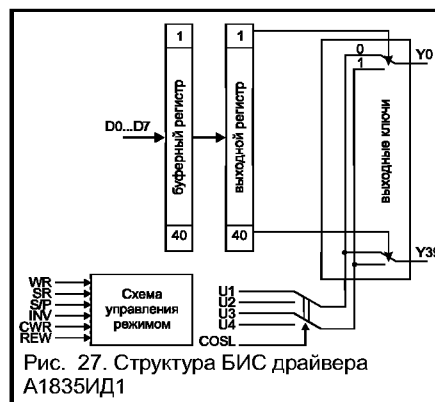


Рис. 27. Структура БИС драйвера А1835ИД1

- 40-разрядный буферный регистр для записи данных;
- схему управления режимами.

В режиме управления столбцами данные по фронту сигнала CWR побайтно записываются в буферный регистр, а затем по сигналу WR производится перезапись в выходной регистр. Выходы этого регистра управляют аналоговыми

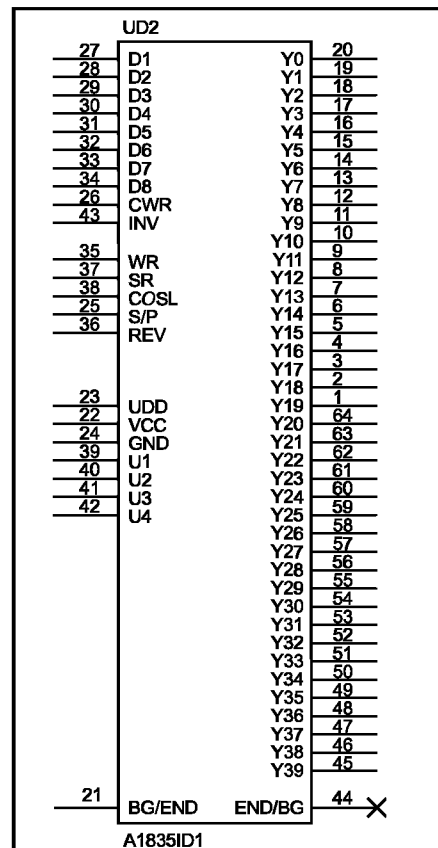


Рис. 28. Условное графическое изображение микросхемы А1835ИД1

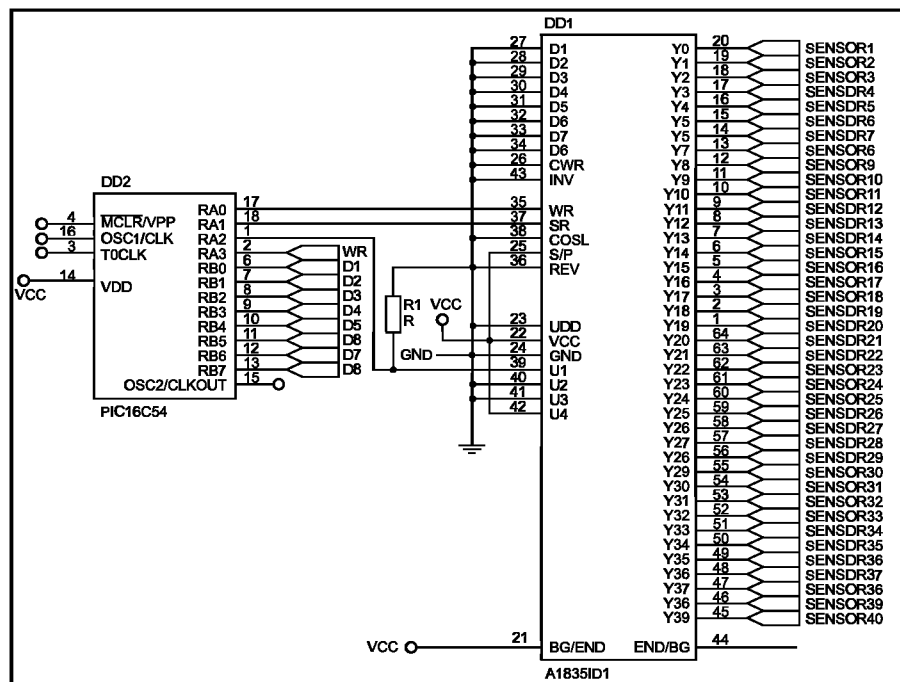


Рис. 30. Организация на основе А1835ИД1 схемы сканирования состояния 40 входов Sensor1..Sensor40

ключами. Состоянию логического 0 соответствует подача со схемы переключения полярности напряжения одного уровня, а при подаче логической 1 – другого. В свою очередь, эта двойка уровней напряжения синхронно с сигналом изменения полярности изменяет свои уровни. Четыре уровня напряжений, необходимых для формирования диаграммы управления электродами, поступают через входы U1...U4. По сути, формирователь представляет собой двухступенчатую систему аналоговых ключей, которые коммутируют на выходы Y0...Y39 один из уровней напряжений U1...U4.

В режиме управления строками выходной регистр работает как сдвиговый. В начале кадра производится запись "1" в первый разряд сдвигового регистра. Затем по фронту сигнала WR единица каждый раз сдвигается на один разряд. Режимный вход REW позволяет менять направление/порядок загрузки байтов в режиме управления столбцами и изменять направление "бегущей единицы" в режиме управления строками. Для каскадирования микросхем в режимах управления строками и столбцами в драйвере используется эстафетный принцип.

2.4.2. Использование микросхемы драйвера A1835ID1 в микроконтроллерных системах сбора данных

Реализация A1835ID1 в компактном корпусе с четырехсторонним расположением выводов. Малое потребление, а также наличие большого числа выво-

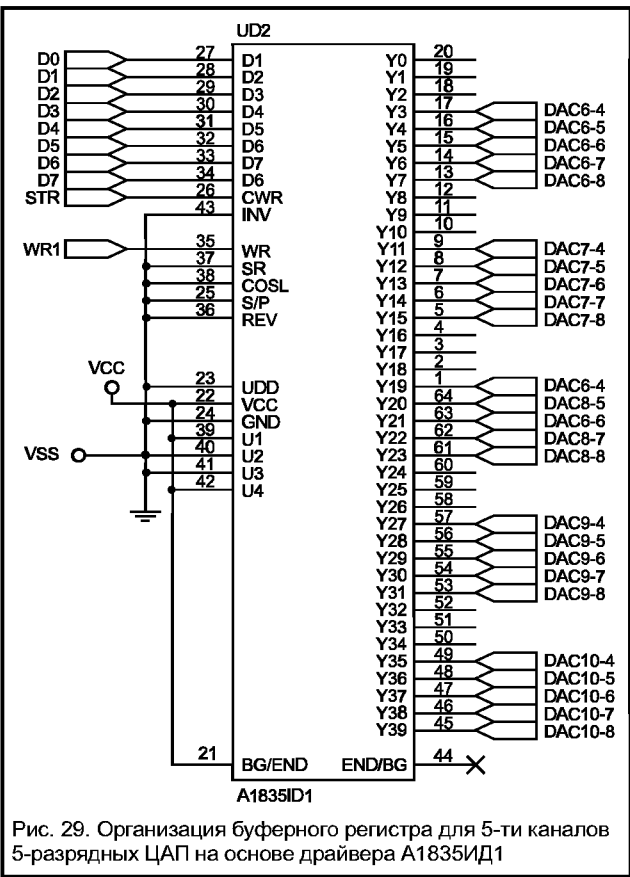


Рис. 29. Организация буферного регистра для 5-ти каналов 5-разрядных ЦАП на основе драйвера A1835ID1

троллерных систем сбора данных. В таких системах требуется обеспечить большое число входов и выходов. На рис. 29 показана схема реализации на драйвере A1835ID1 буферного регистра для 5-канального 5-разрядного модуля ЦАП. При использовании данной микросхемы следует помнить о том, что выходы Y0...Y39 имеют малую нагрузочную способность (не более 1 мА). Загрузка (смена данных) производится одновременно на всех 40 выводах. Сначала производится последовательная запись 5 байтов в буферный регистр, а затем производится перезапись в выходной регистр по переднему фронту сигнала WR. Остальные сигналы управления в этом режиме не использу-

ются. Режим столбцового драйвера задается при S/P = 0.

ются. Режим столбцового драйвера задается при S/P = 0.

Ключи, коммутирующие напряжения U1...U4 на выходы Y0...Y39, – двунаправленные. Поэтому можно инвертировать ситуацию: считать выходы Y0...Y39 входами, а вывод U1 – выходом. Если драйвер перевести в режим сканирования строк (S/P = 1), то можно последовательно после подачи сигнала WR (scaper) произвести считывание состояния вывода U1 микроконтроллером. Посредством подачи 40 тактов можно последовательно сосчитать состояния всех 40 входов Y0...Y39. Таким образом, используя два драйвера в разных режимах, можно получить расширение по входам и выходам (40+40). Реализация схемы сканирования 40 входов на основе A1835ID1 показана на рис. 30. Для данной схемы предполагается, что логическому состоянию Sensori = 0 соответствует напряжение 0 В. Данная схема может работать и как коммутатор аналоговых сигналов. В этом случае, чтобы обеспечить прохождение аналогового сигнала, имеющего уровень близкий к нулю, через ключи без искажения, рекомендуется подать на вывод 23 (Udd) потенциал меньше нуля, например –5 В.

В таблице 1 приведено назначение выводов микросхемы A1835ID1.

Александр Самарин,
samar@zelax.ru

Таблица 1. Назначение выводов микросхемы A1835ID1

Название выводов	Назначение
D1...D8	Байтовая шина для загрузки данных в режиме управления столбцами
CWR	Строб записи данных D1...D8 в 40-разрядный внутренний регистр драйвера
INV	Сигнал инвертирования входных сигналов D1...D8 (практически не используется)
WR	Сигнал перезаписи данных из буферного 40-разрядного регистра в выходной
COSL	Сигнал управления сменой полярности выходных сигналов Y0...Y39
S/P	Режим работы микросхемы: S/P=0 – режим управления столбцами, S/P=1 – режим управления строками
REW	Направление (порядок следования) распределения данных в буферном регистре при загрузке. Определяет направления для комплементарных эстафетных сигналов. Если REW=0 BG/END – вход, а END/BG – выход
Y0...Y39	Выходы сигналов управления электродами матричного ЖКЭ; при S/P=0 – сигналы развертки по строкам, а при S/P=1 – сигналы управления столбцовыми (сегментными) электродами
Vcc	Напряжение питания логики +5 В
GND	Общий
UDD	Напряжение питания выходных ключей формирователей напряжений Y0...Y39
U1...U4	Входы для подачи с делителя напряжения уровней напряжений соответствующих выбранному и невыбранному состояниям строки/столбца для двух фаз смены полярности
BG/END	Вход/выход эстафеты при каскадировании микросхем
END/END	Выход/вход сигнала эстафеты при каскадировании микросхем

Продолжение следует

(Продолжение, начало № 4/2001)

Микроконтроллеры? Это же просто!

Двоичные и шестнадцатеричные коды

Приведенной выше информации по чокелке и назначению выводов вполне достаточно для рассмотрения первых примеров. Однако прежде, чем перейти к ним, нам необходимо познакомиться с некоторыми особенностями записи программ и чисел.

При написании программ нам с вами придется пользоваться так называемыми двоичным и шестнадцатеричным представлением чисел. Поначалу привыкнуть к ним довольно трудно. Но после привыкания числа в двоичном и шестнадцатеричном представлении дают вам при анализе и написании программ гораздо больше информации, чем привычные десятичные числа.

В двоичном представлении числа записываются при помощи всего двух цифр — 0 и 1. Числам 0 и 1 в двоичном представлении соответствуют, как и обычно, цифры 0 и 1. А вот с двойкой уже иначе — число 2 в двоичной системе записывается как 10В (буква В на конце служит признаком того, что число записано в двоичном представлении; просто 10 без буквы на конце или 10D — это десять, а 10В — это двойка).

Почему двойка в двоичном представлении записывается таким образом? Да вот почему. В обычной арифметике для первых десяти чисел (от нуля до девяти) есть десять цифр — 0, 1, 2, ..., 9. Для следующего числа, десятки, самостоятельной цифры уже нет. Поэтому для нее мы снова используем самую младшую цифру 0, но ставим слева перед ней цифру 1 — число становится двузначным. Так и с двойкой в двоичном представлении — на ноль и единицу есть свои цифры, а на двойку уже нет (напомним, есть только цифры 0 и 1). Поэтому, как и десятка в обычном представлении, двойка в двоичном представлении записывается при помощи младшей из двух возможных цифр — 0, слева перед которым ставим 1.

Тройка в двоичной системе представляется как 11В — это очевидно, 11 — это число, на 1 больше, чем 10. А вот число четыре двумя цифрами в двоичной системе не представить. Действительно, 00В (или 0В) соответствует нулю, 01В (или 1В) соответствует единице, 10В соответствует двойке, 11В — тройке, а пятого двузначного числа, используя только цифры 0 и 1, записать нельзя. Как быть? Элементарно. Коль скоро все двузначные числа кончились, четверка будет трехзначной, причем правые две цифры должны быть нулями, а крайняя слева — 1. Т. е. четыре в двоичном представлении — это 100В. Пять — соответ-

ственно — 101В, шесть — 110В, семь — 111В. Для восьмерки и трех цифр уже не хватает — значит, она должна быть четырехзначной, три правых цифры — нули, крайняя слева какая? Правильно, 1. Итого, восемь — это 1000В.

Надеюсь, принцип представления чисел в двоичной системе я вам объяснил. Если нет — вам придется обратиться к литературе [3]. Ну а чтобы легко переводить числа из двоичного представления в десятичное и наоборот, проще всего использовать стандартную программу "Калькулятор" из Windows (кнопка "Пуск" — меню "Программы" — меню "Стандартные" — "Калькулятор"). Запустив "Калькулятор", щелкните мышью заголовок меню "Вид", выберете "Инженерный". Слева над цифрами вы увидите форму представления числа — Нех (шестнадцатеричное, это у нас впереди), Дес (обычное десятичное, оно всегда выбрано при первом запуске программы Калькулятор), Oct (восьмеричное, мы им не будем пользоваться) и Bin — двоичное или бинарное (отсюда и буква В на конце обозначения двоичных цифр). Выбрав Дес — десятичное, и набрав 8, нажмите мышкой на Bin — и вы увидите на экране 1000 (не забудьте, что это — 1000 в системе Bin, т. е. 1000В). Не выходя из системы Bin, наберите 11000011 и перейдите в Дес — вы увидите на экране 195, т. е. числу 11000011 в двоичной системе соответствует 195 в привычной нам десятичной. И так далее...

В шестнадцатеричном представлении числа записываются при помощи 16 цифр. Десять из них вам хорошо знакомы — 0, 1, 2, ..., 9. В качестве остальных шести цифр используют (не удивляйтесь!) буквы А, В, С, D, E, F. То есть для числа десять есть своя цифра (А), для числа одиннадцать — цифра В, для числа двенадцать — цифра С, для числа тринадцать — цифра D. Числам четырнадцать и пятнадцать соответствуют, как вы уже догадались, цифры E и F. А вот для числа шестнадцать цифр уже нет, поэтому его, как и двойку в двоичном представлении, запишем в виде младшей цифры — 0, перед которой поставим цифру 1: таким образом, число шестнадцать — это 10Н. Буква Н в конце обозначает, что число записано в шестнадцатеричной системе счисления (Нех). Переводить числа из нее в десятичную систему и обратно можно с помощью все того же Windows-Калькулятора. Например, 112ВН — это 4395 десятичное, а 8190 десятичное — это 1FFEH (не поленились, проверьте!).

Зачем все это нужно? Память программ микроконтроллера AT89C1051 содержит 1024 ячейки, AT89C2051 содержит 2048 ячеек, AT89C51 — 4096 ячеек, а AT89C52 — 8192 ячеек. В шестнадцатеричном представлении это будет соответственно 400Н, 800Н, 1000Н, 2000Н. Для процессора 8086, на котором собирались первые IBM-PC, допустимо использование памяти объемом 1048576 ячеек, или 100000Н. Согласитесь, что в шестнадцатеричном представлении приведенные цифры легче запоминать.

А теперь вернемся чуть-чуть назад, к фрагменту памяти программ, который мы анализировали в первом разделе. Обычно адреса ячеек и коды команд представляются именно в шестнадцатеричной, а не в десятичной системе счисления. В Нех-представлении этот фрагмент будет выглядеть следующим образом (рис. 4).

На самом деле это ровно то же самое, что было приведено на рис. 1 (проверьте при помощи Windows-Калькулятора). И хотя подобная запись несколько менее привычна, нам придется привыкать к таким записям. Дело в том, что программа ассемблер, о которой мы раньше уже упоминали, и которая преобразовывает написанные нами команды в понятные микроконтроллеру коды, все "результаты своей деятельности" выводит в соответствующие файлы именно в шестнадцатеричном представлении.

Краткие выводы

Итак, подведем первый итог. Микроконтроллеры представляют собой микросхемы, которые всего-навсего "от корки до корки" выполняют программы, занесенные в них программистами. Последние, зная, что из себя представляет микроконтроллер, а также то, как и какие команды он может выполнить, составили и отладили программы (последовательность этих самых команд), оттранслировали их при помощи ассемблера и занесли их в микроконтроллеры при помощи специальных программаторов. Подобный программатор вы должны либо найти у кого-то из знакомых, либо приобрести на Митинском рынке или в одной из фирм, рекламирующихся в журнале "Компоненты и Технологии". Стоить от может от 15...20 до 200...400 у. е., в зависимости от его универсальности. Ни в коем случае не приобретайте программатор, не убедившись в том, что он "шьет" интересные нас микроконтроллеры (в частности, фирмы Atmel семейства AT89 — AT89C1051, AT89C2051, AT89C51, AT89C52; они самые доступные и дешевые). Для начала, конечно, лучше не по-

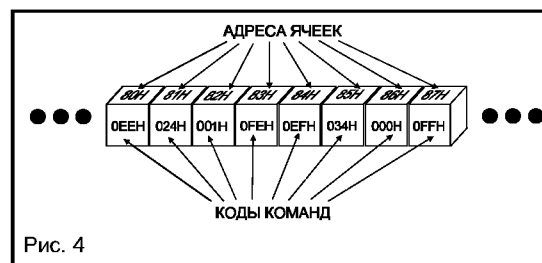


Рис. 4

купать, а найти программатор у кого-либо из знакомых. Чаще всего эти люди к тому же смогут вам что-то подсказать при совершении вами первых шагов, что отнюдь не лишне для начинающих.

У большинства МК память программ (ПЗУ) находится на кристалле и состоит из нескольких тысяч ячеек. Содержимое их не изменяется при включении/выключении питания. В каждой ячейке хранятся коды команд. Они представляют собой числа от 0 до 255 (в двоичной системе — от 00000000В до 11111111В). Каждой команде соответствует свое число (корректнее сказать — код). При включении питания МК один за другим читает эти коды, осуществляет их дешифрацию, а затем выполняет дешифрованные команды. Первой выполняется команда, код которой расположен в самой первой ячейке памяти программ, имеющей нулевой адрес.

Помимо памяти программ, на кристалле расположена и память данных (ОЗУ). В отличие от первой, при выключении питания содержимое ее теряется (искажается). Информация из памяти данных может быть не только прочитана микроконтроллером, но и изменена (т. е. осуществлена запись данных в ОЗУ).

К некоторым ячейкам ОЗУ МК может обращаться (читать и записывать информацию) при помощи коротких быстрой-полимных команд. Такие ячейки называются регистрами. При выключении питания содержимое их также теряется.

Стандартные микроконтроллеры семейства x51 выпускаются преимущественно в 40-ногих DIP-корпусах. К ножкам 18 и 19 обычно подсоединяют кварцевый резонатор с частотой от 1 до 12 МГц. Для корректного запуска МК при включении питания вход сброса 9 через конденсатор соединяют с шиной питания, а через резистор — с общим проводом. С шиной питания через 20-килоомный резистор нужно соединить также ножку 31.

32 ножки микроконтроллера организованы в четыре 8-разрядных порта ввода/вывода. Все линии одного и того же порта в схемотехническом исполнении совершенно идентичны. В схемотехнике разных портов есть небольшие различия. Каждая линия каждого порта независимо от остальных может работать как на вывод информации (как выход, устанавливающийся в нулевой или в единичный уровень), так и на ввод (как вход). В последнем случае при запуске микроконтроллера написанная вами программа должна занести в выходной триггер этой линии единицу, иначе возможен конфликт на линии.

На этом первое знакомство с микроконтроллером будем считать завершенным. Оно ужасающе поверхностно — приведенная выше информация, наверное, составляет лишь один-два процента от того, что знает профессионал среднего уровня. Но и этого уже достаточно, чтобы начать знакомиться с тем, как на практике работают схемы с микроконтроллерами, как пишутся

программы, транслируются, заносятся в микроконтроллеры, отлаживаются. На конкретных примерах мы посмотрим, как заставить МК работать с реальным АЦП, как организовать вывод информации из микроконтроллера на семисегментный индикатор, ввод ее в МК с клавиатурной матрицы. Этому будут посвящены следующие две главы. Разобравшись с ними, вы сможете сделать первые шаги в самостоятельной разработке системы на микроконтроллере.

Александр Фрунзе,
alex.fru@mtu-net.ru

Литература

1. А. Фрунзе, С. Хоркин. Однокристалльные микро-ЭВМ. — Радио, №8-12, 1994, №№ 1-3. 1995.
2. В. Я. Нерода, В. Э. Торбинский, Е. Л. Шлыков. Однокристалльные микроЭВМ MCS-51. Архитектура. — М., изд. Диджитал Компонентс, 1995, с. 164.
3. Р. Токхайм. Микропроцессоры: курс и упражнения. Пер. с англ. — М., Энергоатомиздат, 1988, с. 336.
4. В. В. Сташин, А. В. Урусов, О. П. Мологонцева. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. — М., Энергоатомиздат, 1990, с. 224.

Продолжение следует

www.platan.ru
ПЛАТАН

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ВАШЕГО УСПЕХА

MITSUBISHI ELECTRIC



International
Rectifier

Infineon
Technologies

EPCOS

Honeywell

BOURNS

MOTOROLA

intersil

micRata

CRYDOM

DATA VISION

Kingbright

Семейство
высокопроизводительных
16-ти разрядных микроконтроллеров M16C62

- высокоэффективное ядро, программная совместимость внутри семейства, 91 команда, тактовая частота 16МГц
- 128к...256к RDM (наличие Flash версий), 3к...20к RAM
- прямая адресация до 4М внешней ROM и 128к SRAM без подключения дополнительных элементов
- наличие встроенного контроллера ПДП и встроенного аппаратного умножителя
- АЦП 8 или 10 каналов по 10 бит, ЦАП 2 канала по 8 бит
- программирование по RS-232C
- до 87 линий программируемого ввода/вывода
- 5 выходных и 6 входных 16-битных таймеров
- 3 UART и 2 синхронных последовательных канала
- версии с CAN контроллером (M306NDFCTFP)
- наличие бесплатного ПД, включающего C++ компилятор

Наименование	Память ПЗУ кб ОЗУ кб	Порты ин./выс.	Унит.В	Тип памяти	Корпус
M30620ECFP	128 10	87	2.7-5.5	ОТР	100P6S-A
M30620ECFS	128 10	87	2.7-5.5	EPROM	100D0
M30620SFP	0 10	47	2.7-5.5	ROMLESS	100P6S-A
M30621ECFP	128 10	87	2.7-5.5	ОТР	80P6S-A
M30622ECFS	128 5	87	2.7-5.5	EPROM	100D0
M30622ECFP	128 5	87	2.7-5.5	ОТР	100P6Q-A
M30622SFP	0 3	47	2.7-5.5	ROMLESS	100P6S-A
M30623ECFP	128 5	87	2.7-5.5	ОТР	80P6S-A
M30624GSP	256 20	87	3	FLASH	100P6Q-A
M30624GLFP	256 20	87	3.3	FLASH	100P6S-A
M30624GLGP	256 20	87	3.3	FLASH	100P6Q-A
M306NDFCTFP	256 10	87	5	FLASH	100P6S-A

121351, Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, к. 1, стр. 2
тел./факс: (095) 73-75-999

Почта: 121351, Москва, а/я 100
E-mail: mfeublahl@platan.ru

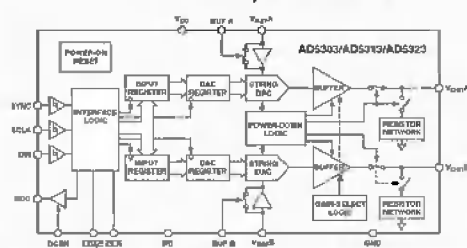
ARGUSSOFT
Департамент Микроэлектроники

ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ
дистрибутор фирм:

ANALOG
DEVICES

Недорогие экономичные
ЦАП серии AD53xx

ε = -40°...+125°
ток потребления 100мкА/50нА



Микросхема	Разрядность, бит	Кол-во ЦАП на корпус	Время установки, мкс (тип)	Интерфейс	Цена в партии от 100 шт. с НДС, USD
AD5300/10/20	8/10/12	1	4/6/8	SPI	2.01/2.73/4.03
AD5301/11/21	8/10/12	1	6/7/8	I ² C	2.26/3.15/4.78
AD5302/12/22	8/10/12	2	6/7/8	SPI	3.16/3.82/5.55
AD5303/13/23	8/10/12	2	6/7/8	SPI	3.79/4.60/7.26
AD5304/14/24	8/10/12	4	6/7/8	SPI	4.78/5.72/11.21
AD5305/15/25	8/10/12	4	6/7/8	I ² C	4.78/5.72/11.21
AD5306/16/26	8/10/12	4	6/7/8	I ² C	5.08/6.04/11.69
AD5307/17/27	8/10/12	4	6/7/8	SPI	5.08/6.04/11.69
AD5330/31/40/41	8/10/12/12	1	6/7/8/8	паралл.	3.16/3.39/5.24/4.85
AD5332/33/42/43	8/10/12/12	2	6/7/8/8	паралл.	4.78/4.85/6.67/7.59
AD5334/35/36/44	8/10/12/12	4	6/7/7/8	паралл.	5.41/5.22/8.45/12.63

ЗАО "АРГУССОФТ Компани"

Наш адрес: 129085, Москва, Проект Мира, 95

Тел.: (095) 217-2487, 217-2519, 217-2505, Факс: (095) 218-66-42

Интернет: http://www.argusssoft.ru, e-mail: components@argusssoft.ru

ANALOG
DEVICES

TRACO
POWER

ATMEL

BOURNS

CLARE

RENECO

AXICOM

JE-AN

HANTRONIX

Honeywell

SII
Seno Instruments Inc.

micRata

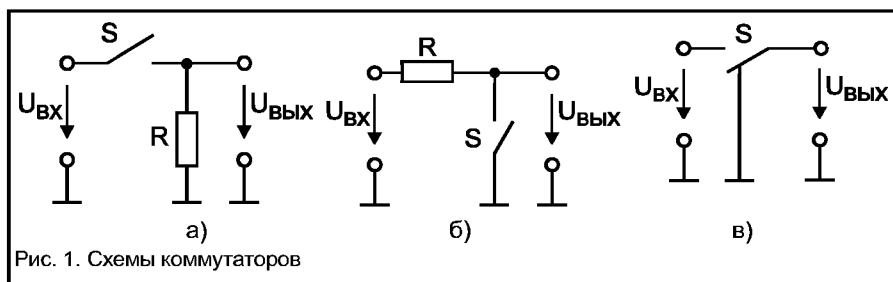
Аналоговые коммутаторы

Аналоговый коммутатор служит для переключения непрерывно изменяющихся электрических сигналов. Если коммутатор находится в состоянии "включено", его выходное напряжение должно, по возможности, быть равным входному; если же коммутатор находится в состоянии "выключено", выходное напряжение должно быть как можно ближе к нулю.

1. Общие сведения

Существуют различные схемные решения коммутаторов, удовлетворяющие указанным условиям. Их принцип действия показан на рис. 1 на примере механических переключателей.

тах с управляемым сопротивлением, имеющим малое минимальное и высокое максимальное значения. Для этих целей могут использоваться диодные мосты, биполярные и полевые транзисторы.



На рис. 1а представлен последовательный коммутатор. Пока контакт замкнут, $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}$. Когда контакт размыкается, выходное напряжение становится равным нулю. Все это справедливо, если источник сигнала имеет нулевое выходное сопротивление, и емкость нагрузки равна нулю. При значительном выходном сопротивлении источника сигнала напряжение $U_{\text{вых}}$ делится между этим сопротивлением и резистором R. Поэтому данную схему не следует применять в случае, если источником сигнала является источник тока, например, фотодиод. При существенной емкости нагрузки во время разряда этой емкости при размыкании ключа S выходное напряжение коммутатора падает до нуля с задержкой.

В схеме параллельного коммутатора (рис. 1б) $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}$ при замкнутом ключе, если входное сопротивление нагрузки коммутатора бесконечно велико. Если же оно соизмеримо с сопротивлением резистора R, то на резисторе будет падать часть выходного напряжения источника сигнала. При наличии емкостной нагрузки выходное напряжение будет устанавливаться после размыкания ключа относительно медленно.

Последовательно-параллельный коммутатор, показанный на рис. 1в, не имеет недостатков двух предыдущих схем. В любом рабочем состоянии он имеет выходное сопротивление, близкое к нулю.

2. Электронные коммутаторы

Разновидности аналоговых коммутаторов, показанные на рис. 1, могут быть реализованы на электронных элемен-

тах. Вследствие своей неидеальности, они вносят погрешности в обрабатываемые сигналы. Источниками погрешностей электронных аналоговых коммутаторов являются:

- ненулевое проходное сопротивление электронного ключа во включенном состоянии и конечная его величина в выключенном;
- остаточное падение напряжения на замкнутом ключе, т. е. наличие

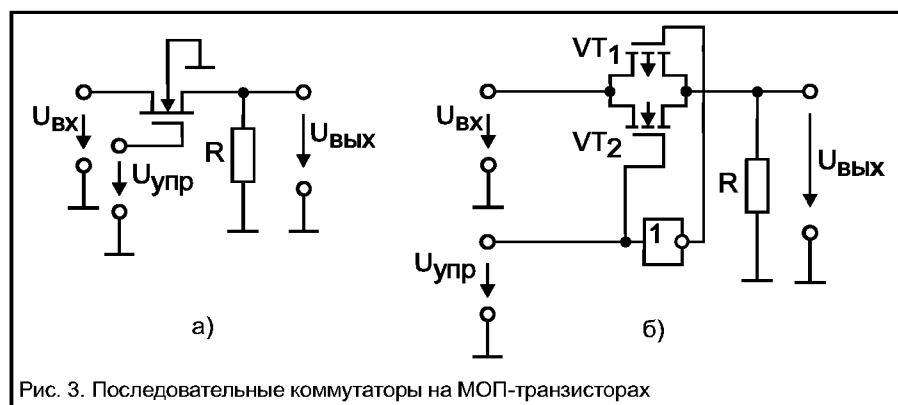
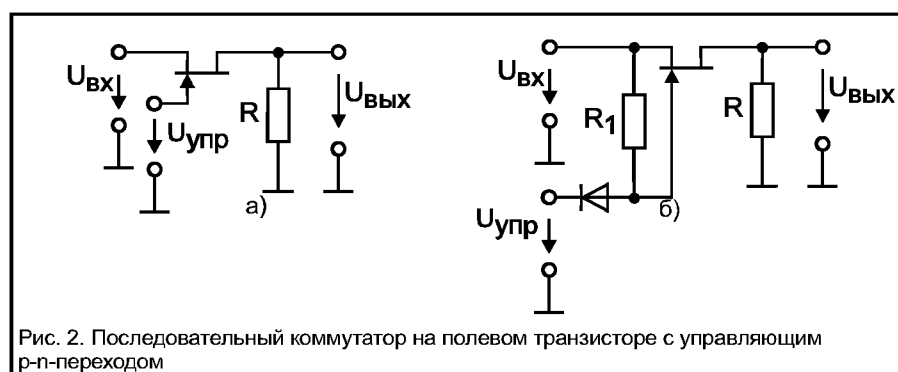
напряжения на ключе при отсутствии тока через него;

- нелинейная зависимость сопротивления ключа от напряжения (тока) на информационном и управляющем входах;
- взаимодействие управляющего и коммутируемого сигналов;
- ограниченный динамический диапазон (по амплитуде и по знаку) коммутируемых токов и напряжений.

Ключи на биполярных транзисторах и, в особенности, на диодных мостах потребляют значительную мощность по цепям управления и имеют сравнительно большое остаточное напряжение, составляющее единицы милливольт, что вносит заметную погрешность при коммутации слабых сигналов (менее 100 мВ). Такие ключи имеют высокое быстродействие (время переключения диодных ключей, выполненных на диодах Шоттки, достигает 1 нс) и используются для построения сверхскоростных коммутаторов. Более широкое применение нашли коммутаторы на полевых транзисторах.

3. Коммутаторы на полевых транзисторах

Как известно, полевой транзистор в области малых напряжений сток-исток ведет себя как резистор, сопротивление которого может изменяться во много раз при изменении управляющего напряжения затвор-исток $U_{\text{зи}}$. На рис. 2а изображена упрощенная схема последовательного коммутатора на полевом транзисторе с управляющим р-п-переходом.



Если в этой схеме управляющее напряжение $U_{упр}$ установить меньшим, чем минимально возможное входное напряжение, по крайней мере, на величину порогового напряжения транзистора – транзистор закроется, и выходное напряжение станет равным нулю. Для того чтобы транзистор был открыт, напряжение затвор-исток $U_{зи}$ следует поддерживать равным нулю, обеспечивая тем самым минимальное сопротивление канала. Если же это напряжение станет больше нуля, управляющий р-п-переход откроется, и выход коммутатора окажется соединенным с цепью управления. Равенство $U_{зи}$ нулю не просто реализовать, так как потенциал истока изменяется в соответствии с изменением входного потенциала. Наиболее простой путь преодоления этой трудности показан на рис. 26.

Если напряжение $U_{упр}$ установить большим, чем максимально возможное входное напряжение коммутатора, диод VD закроется, и напряжение $U_{зи}$ будет, как это и требуется, равно нулю. При достаточно большом отрицательном управляющем напряжении диод будет открыт, а полевой транзистор закрыт. В таком режиме работы через резистор R_1 течет ток от источника входного сигнала в цепь управляющего сигнала. Это не мешает нормальной работе схемы, так как выходное напряжение коммутатора в этом режиме равно нулю. Нарушение нормального режима работы такой схемы может произойти лишь в случае, если цепь входного сигнала содержит разделительный конденсатор, который при закрытом транзисторе коммутатора заряжается до отрицательного уровня управляющего напряжения.

Проблемы подобного рода не возникают, если в качестве ключа использовать полевой транзистор с изолированным затвором (МОП-транзистор). Его можно переводить в открытое состояние, подавая управляющее напряжение большее, чем максимальное входное положительное напряжение, причем и в таком режиме работы ток затвора будет равен нулю. Таким образом, в этой схеме коммутатора отпадает необходимость в диоде и резисторе R_1 . Схема ключа на МОП-транзисторе приведена на рис. 3а. Здесь ключом является п-канальный МОП-транзистор обогащенного типа, не проводящий ток при $U_{зи} \leq 0$. В этом состоянии сопротивление канала, как правило, достигает единиц или даже десятков ГОм, и сигнал не проходит через ключ. Поддача на затвор значительного положительного напряжения относительно истока приводит канал в проводящее состояние с сопротивлением от 20 до 200 Ом, типичным для транзисторов, используемых в качестве аналоговых ключей.

Приведенная на рис. 3а схема будет работать при положительных

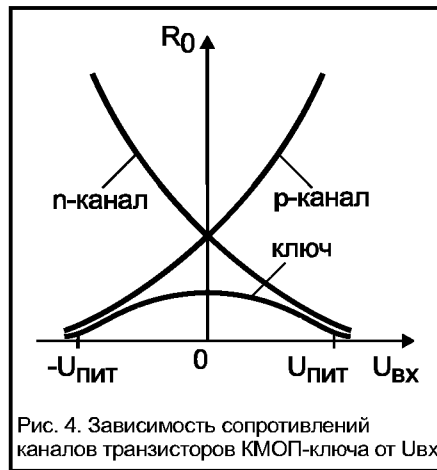


Рис. 4. Зависимость сопротивлений каналов транзисторов КМОП-ключа от $U_{вх}$

входных сигналах, которые, по крайней мере, на 5 В меньше, чем $U_{упр}$. При более высоком уровне сигнала напряжение затвор-исток будет недостаточно, чтобы удержать транзистор в открытом состоянии (сопротивление канала в открытом состоянии R_0 начнет расти); отрицательные входные сигналы вызовут включение транзистора при заземленном затворе. Поэтому, если надо переключать сигналы обеих полярностей (например, в диапазоне от -10 до $+10$ В), то можно использовать такую же схему, соединив подложку с источником -15 В и подавая на затвор напряжение $+15$ В (включено) или -15 В (выключено).

Лучшими характеристиками обладают ключи на комплементарных МОП-транзисторах (КМОП-ключи), показанные на рис. 3б. Здесь на подложку транзистора VT1 подается положительное питающее напряжение $+U_{пит}$, а на подложку транзистора VT2 – отрицательное питающее напряжение $-U_{пит}$. При высоком уровне управляющего сигнала напряжение на затворе п-канального транзистора VT2 практически равно $+U_{пит}$. В таком случае транзистор VT2 проводит сигналы с уровнями от $-U_{пит}$ до $+U_{пит}$ без нескольких вольт (при более высоких уровнях сигнала R_0 начинает катастрофически расти). В это время напряжение на затворе VT1 практически

равно $-U_{пит}$. Транзистор VT1 пропускает сигналы с уровнями от $+U_{пит}$ до значения, на несколько вольт выше $-U_{пит}$. Таким образом, все сигналы в диапазоне от $+U_{пит}$ до $-U_{пит}$ проходят через двухполюсник с малым сопротивлением (рис. 4). При переключении управляющего сигнала на низкий уровень, напряжение на затворе п-канального транзистора VT2 устанавливается близким к $-U_{пит}$, а напряжение на затворе р-канального транзистора VT1 устанавливается близким к $+U_{пит}$. Тогда при $U_{пит} < U_{вх} < +U_{пит}$ оба транзистора заперты, и цепь коммутатора разомкнута. В результате получается аналоговый переключатель для сигналов в диапазоне от низкого до высокого напряжения питания ключа. Эта схема работает в двух направлениях: любой ее зажим может служить входным. Она является основой практически для всех ИМС аналоговых коммутаторов, выпускаемых в настоящее время.

4. Аналоговые мультиплексоры

Хорошим приложением ключей на полевых транзисторах являются мультиплексоры – схемы, которые позволяют выбрать один из нескольких входов по указанию управляющего цифрового сигнала. Такие устройства входят в состав систем сбора данных микропроцессорных регуляторов промышленных и транспортных объектов. Аналоговый сигнал с выбранного входа будет прямо проходить на выход. На рис. 5 в качестве примера показана функциональная схема аналогового мультиплексора из четырех направлений в одно.

Каждый из ключей от S0 до S3 представляет собой аналоговый КМОП-ключ. Дешифратор декодирует адрес, представленный в двоичном коде, и включает только адресованный ключ, блокируя остальные. Вход разрешения E необходим для наращивания числа коммутируемых источников сигналов; если на этот вход поступает сигнал низкого уровня, то независимо от состояния адресных входов все ключи мульт-

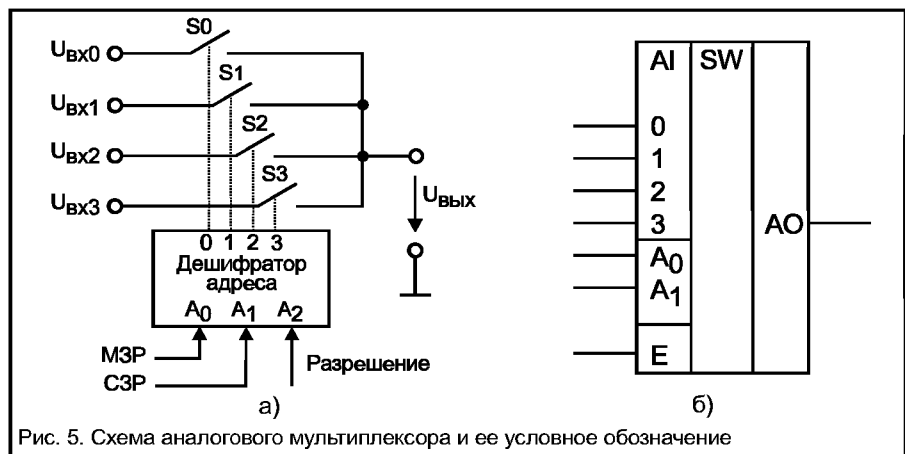


Рис. 5. Схема аналогового мультиплексора и ее условное обозначение

типлексора разомкнуты. Так как аналоговые ключи являются двунаправленными устройствами, аналоговый мультиплексор является одновременно и демультиплексором, т. е. сигнал может быть подан на вход мультиплексора и снят с избранного выхода.

5. Характеристики аналоговых коммутаторов

5.1. Статические характеристики

1) Сопротивление в открытом (включенном) состоянии. Ключи КМОП, работающие от относительно высокого напряжения питания (например, ± 15 В), будут иметь малые значения R_o во всем диапазоне значений входного сигнала, так как всегда тот или другой

На рис. 6 приведены зависимости R_o ключа микросхемы коммутатора MAX312 от напряжения входного сигнала при однополярном питании. При уменьшении $U_{пит}$ сопротивление полевого транзистора во включенном состоянии значительно увеличивается (особенно вблизи точки $U_{вх} = U_{пит}/2$). Это объясняется тем, что для полевого транзистора обогащенного типа пороговое напряжение составляет несколько вольт, и для достижения малых значений R_o требуется напряжение затвор-исток не меньше, чем 5...10 В. Как видно из рис. 6, сопротивление открытого ключа, близкое к 10 Ом при номинальном напряжении питания, при $U_{пит} = 2,7$ В достигает 700 Ом!

Имеются различные приемы, используемые разработчиками ИМС аналоговых коммутаторов, чтобы сохранить значение R_o малым и примерно постоянным во всем диапазоне изменения входных сигналов. Это нужно для уменьшения нелинейных искажений входного сигнала. Для этого схему управления ключом выполняют таким образом, чтобы напряжение п-подложки "следило" за напряжением входного сигнала. Применение транзисторов с малым напряжением отсечки и повышенной крутизной позволяет построить коммутаторы с весьма малым R_o при низком питающем напряжении.

На рис. 7 приведены зависимости сопротивления открытого ключа низковольтной микросхемы MAX391 от напряжения входного сигнала для различных питающих напряжений при однополярном (а) и разнополярном (б) питании.

Применение КМОП логики для управления транзисторами ключей дает

еще один важный положительный эффект: в состоянии покоя эти микросхемы практически не потребляют энергии.

2) Ток утечки канала. В закрытом состоянии канал КМОП-ключа обладает очень высоким динамическим сопротивлением (до сотен ГОм) при напряжении сток-исток более 0,1 В. Поэтому его принимают источником тока с током $I_{ут}$. Направление протекания тока утечки через закрытый КМОП-ключ определяется полярностью приложенного напряжения. При очень низких напряжениях на закрытом ключе сопротивление канала уменьшается, но остается все-таки весьма высоким.

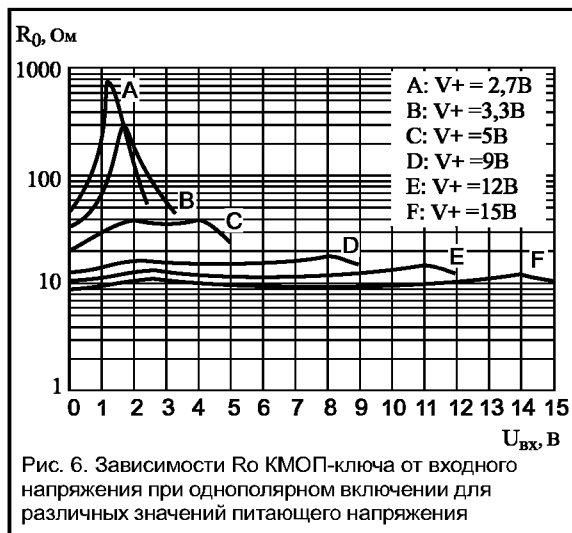
5.2. Динамические характеристики

1) Междоэлектродные емкости. МОП-ключи обладают следующими емкостями (рис. 8): между входом и выходом ($C_{си}$), между каналом и общей точкой схемы (C_c , $C_{и}$), между затвором и каналом (C_z) и между ключами в пределах одного кристалла. Как правило, наличие этих емкостей ухудшает характеристики ключей.

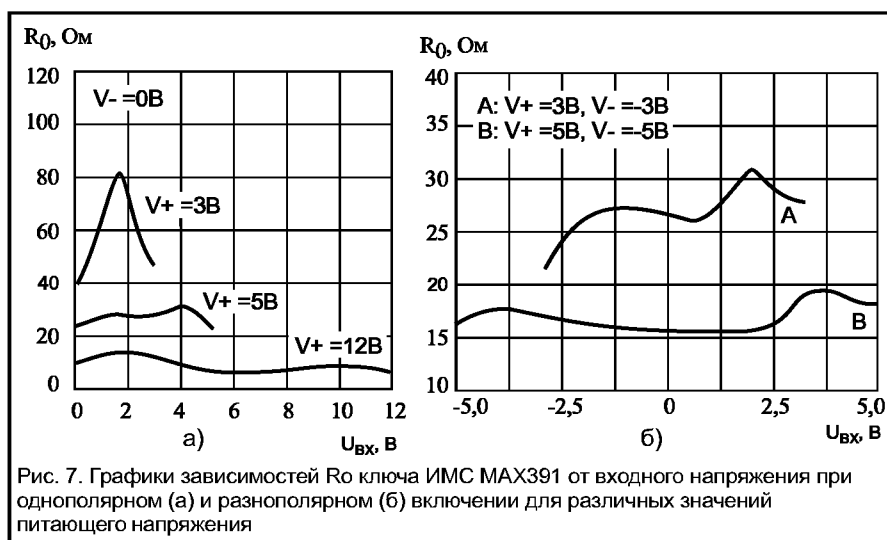
• $C_{си}$ (емкость вход-выход). Наличие этой емкости приводит к прохождению сигнала через разомкнутый ключ, причем на высоких частотах это прохождение возрастает. На рис. 9 показан этот эффект для микросхемы четырехканального аналогового коммутатора типа MAX312. Здесь кривая 1 представляет собой амплитудно-частотную характеристику последовательного ключа, нагруженного на резистор 50 Ом в замкнутом состоянии. Кривая 2 — фазочастотная характеристика для этого же случая. Кривая 3 представляет амплитудно-частотную характеристику ключа в разомкнутом состоянии при той же нагрузке. Как видно, даже при нагрузке 50 Ом сквозное прохождение сигнала на высоких частотах становится значительным. При нагрузке 10 кОм ситуация со сквозной передачей сигнала, конечно же, намного хуже.

В большинстве низкочастотных применений емкостное сквозное прохождение сигнала через разомкнутый ключ не создает проблем. Если они возникают, хорошим решением является использование пары включенных каскадно ключей (рис. 10а) или, что еще лучше, использование последовательно-параллельного коммутатора (рис. 10б).

Последовательный каскад ценой дополнительного делителя напряжения удваивает ослабление (в децибеллах), в то время как последовательно-параллельная схема уменьшает прямое прохождение, снижая эффективное сопротивление нагрузки до R_o , когда последовательный ключ разом-



проводящий транзистор будет иметь прямое смещение затвора, равное, по крайней мере, половине напряжения питания. Но при меньшем напряжении питания сопротивление ключа R_o будет расти, и максимум его достигается при среднем уровне сигнала между высоким и низким напряжениями питания.



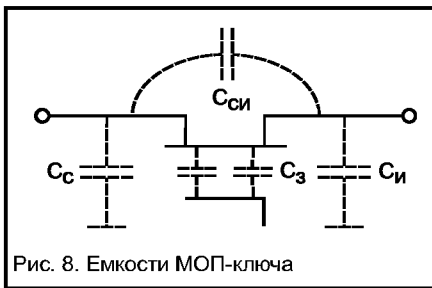


Рис. 8. Емкости МОП-ключа

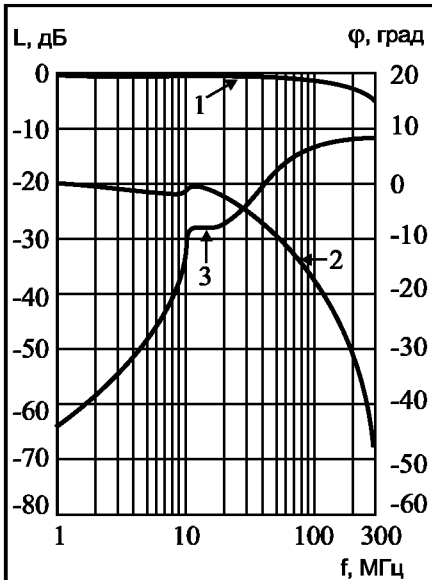


Рис. 9. Частотные характеристики последовательного коммутатора на ИМС MAX312

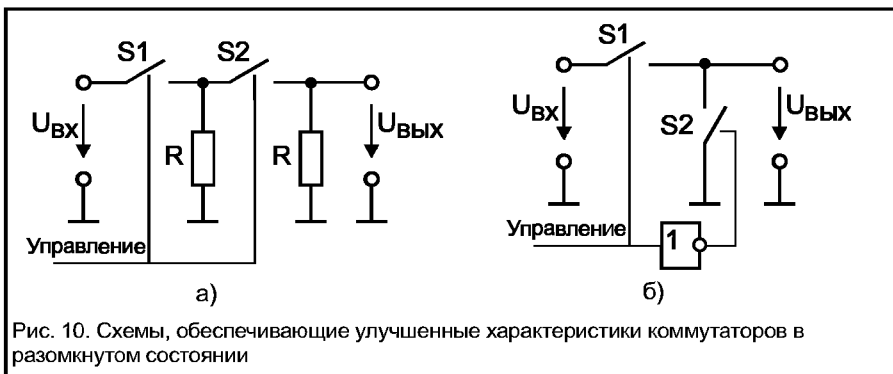


Рис. 10. Схемы, обеспечивающие улучшенные характеристики коммутаторов в разомкнутом состоянии

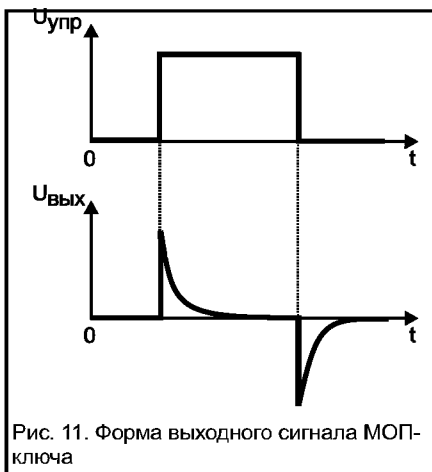


Рис. 11. Форма выходного сигнала МОП-ключа

кнут. Многие фирмы выпускают ИМС аналоговых коммутаторов, содержащие по два нормально замкнутых (т. е. замкнутых при низком уровне управляющего сигнала) и два нормально разомкнутых ключа. Это, например, MAX314, DG413, 590KN4 и другие. Эти микросхемы позволяют наиболее просто построить последовательно-параллельные коммутаторы.

- C_o , C_i (емкость относительно земли). Шунтирующая на землю емкость приводит к упомянутому ранее спаду частотной характеристики (кривые 1 и 2 на рис. 9). Совместно с сопротивлением источника сигнала и сопротивлением замкнутого ключа R_o , эти емкости образуют фильтр нижних частот. Ситуация осложняется при высокоомном источнике сигнала.
- Емкость между ключами. Поскольку обычно на кристалле размещается несколько ключей, то не следует удивляться появлению наводок между каналами. Виновницей может быть емкость между каналами, имеющая величину порядка 0,5 пФ. Эффект усиливается по мере роста частоты и увеличения импеданса источника сигнала.

2) Динамические помехи. Во время перехода от включенного состояния к выключенному и обратно в аналоговых ключах на полевых транзисторах могут возникать неприятные эффек-

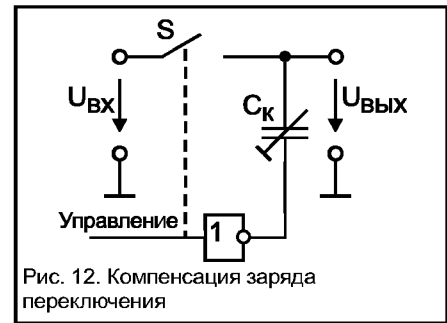


Рис. 12. Компенсация заряда переключения

рез емкость C_z , имеющую величину порядка 5 пФ (рис. 8), при изменении напряжения затвора. Это напряжение делает резкий скачок от одного уровня питания к другому, перенося заряд $q = \pm C_z (U_{зи.выс} - U_{зи.низ})$.

Заметим, что величина переносимого заряда зависит только от полного изменения напряжения затвора и не зависит от времени, за которое это изменение происходит. Замедление изменения сигнала на затворе вызывает меньшую по амплитуде, но более долгую динамическую помеху с той же площадью под графиком. Обработка выходного сигнала ключа фильтром нижних частот дает тот же эффект. Такие меры могут помочь в тех случаях, когда важно добиться малого пика амплитуды динамической помехи, однако с точки зрения исключения пропускания управляющего напряжения с затвора на выход они неэффективны. Можно попробовать частично компенсировать заряд переключения путем добавки инвертированного сигнала затвора через компенсирующий подстроечный конденсатор малой емкости C_k (рис. 12).

Емкость затвор-канал распределена по всей длине канала, а это значит, что часть заряда переключения (помехи) попадает на вход ключа, вызывая переходные процессы на выходе источника сигнала. Эти процессы будут минимальны, если источник сигнала обладает нулевым выходным сопротивлением, т. е. является источником ЭДС. Уменьшение полного сопротивления нагрузки также приводит к снижению динамической помехи, но при этом нагружается источник коммутируемого сигнала, и вносятся дополнительные статическая погрешность и нелинейность за счет конечного и нелинейного R_o . Уменьшение емкости затвор-канал за счет сокращения размеров интегрального МОП-транзистора уменьшает переходные помехи при переключении коммутатора, но за это приходится платить увеличением R_o .

На рис. 13 приведены кривые переноса заряда для ключа с управляющим р-п-переходом (рис. 2). Как видно, для такого типа ключа существует сильная зависимость величины динамической помехи от сигнала, поскольку диапазон изменения напряжения затвора propor-

ционален разности между уровнем входного сигнала и уровнем отрицательного напряжения питания. Хорошо сбалансированные КМОП-ключи имеют относительно малую динамическую помеху, поскольку попадающие в канал заряды у комплементарных МОП-транзисторов стремятся скомпенсировать друг друга (когда на одном затворе напряжение растет, на другом – падает). На рис. 14 приведены зависимости заряда переключения от входного напряжения для интегрального КМОП-коммутатора MAX312 при двухполярном питании ± 15 В (кривая А) и однополярном $+12$ В (кривая В). Чтобы дать представление о масштабе этих эффектов, скажем, что заряд 30 пКл создает скачок напряжения в 3 мВ на конденсаторе емкостью 0,01 мкФ. Для многих применений это очень существенная величина.

3) Быстродействие. Ключи на полевых транзисторах имеют сопротивление в открытом состоянии R_0 от 10 Ом до сотен Ом. В комбинации с емкостью подложки и паразитными емкостями, это сопротивление образует фильтр нижних частот, ограничивающий область частот пропускаемых сигналов значениями порядка 10 МГц и даже ниже. Полевые транзисторы с

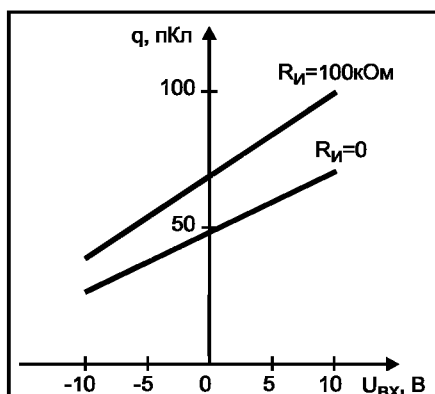


Рис. 13. Зависимость заряда переключения ключа на полевом транзисторе с управляющим рп-переходом от входного напряжения

Таблица 1

Наименование коммутатора	Напряжение питания, В	Ток потр. мкА	Ток утечки, нА	R_0 , Ом	Время включ., нс	Время выкл., нс	Заряд перекл., пКл	Макс. вых. ток, мА	Примечание
Коммутаторы									
DG411	4,5...20 10...30	1	0,25	35	175	145	10	30	Счетверенный коммутатор.
MAX391	2,7...8 3...15	<1	0,1	35	130	75	5	30	То же
HI-201HS	5...20 12...20	4000	1	50	30	40	10	20	Быстродействующий
MAX326	4,5...18 10...30	100	0,01	2500	1000	1000	1	20	Минимальный заряд переключения
590KH13	15	4000	50	50	50	50	–	20	Счетверенный коммутатор
Мультиплексоры									
590KH6	15	–	70	300	300	300	–	20	1x8
591KH3	15	1000	70	270	300	300	–	20	1x16
DG528	4,5...20 5...30	2500	1	450	1000	1000	4	20	1x8; Регистр-защелка
MAX350	2,7...8 3...15	7	0,1	100	275	150	10	30	Сдвоенный 1x4; Последовательный интерфейс

меньшим R_0 имеют обычно большую емкость, так что выигрыша в скорости нарастания выходного сигнала они не дают. Значительная доля ограничения частотной характеристики вызвана элементами защиты – последовательными токоограничивающими резисторами и шунтирующими диодами, применяемыми почти во всех КМОП-схемах. Специальные высокоскоростные коммутаторы, например MAX453 фирмы Maxim, имеют типичную полосу пропускания до 50 МГц и предназначены для передачи сигналов видеочастоты с амплитудой ± 1 В от низкоомных источников (обычно 75 Ом) на согласованную нагрузку.

4) Время переключения. Длительность переходного процесса включения и выключения ($t_{вкл}$ и $t_{выкл}$) коммутатора на МОП-транзисторах определяется временем перезаряда емкости затвор-канал. Уменьшение этой емкости связано с возрастанием R_0 , поэтому обычно повышения скорости переключения добиваются снижением выходного сопротивления цепей, осуществляющих управление напряжением на затворе коммутирующего МОП-транзистора. При этом возрастает ток, потребляемый схемой от источника питания. Характерная величина времени переключения для КМОП-коммутаторов составляет около 0,2 мкс при токе потребления в статическом состоянии менее 1 мкА.

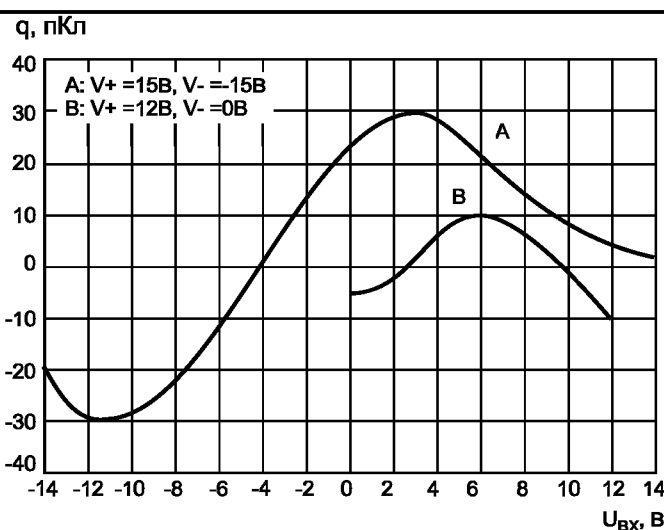


Рис. 14. Зависимость заряда переключения от входного напряжения для интегрального коммутатора MAX312

5.3. Эксплуатационные параметры

К эксплуатационным параметрам относятся:

- номинальные значения питающих напряжений;
- ток потребления;
- максимально допустимое значение тока через коммутатор;
- диапазон допустимых значений входного (выходного) напряжения;
- уровни (высокий и низкий) напряжения управления (обычно согласованы с уровнями 0 и 1 ТТЛ и КМОП цифровых микросхем, для чего ИМС аналоговых коммутаторов содержат порой довольно сложные схемы управления собственно ключами).

В таблице 1 приведены основные характеристики некоторых типов аналоговых коммутаторов и мультиплексоров.

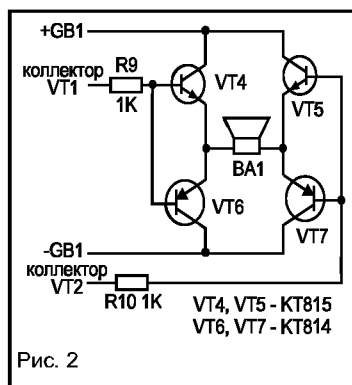
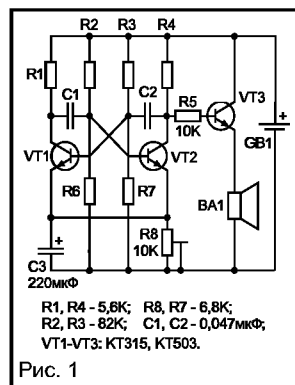
Георгий Волович,
g_volovich@mail.ru

Продолжение следует

Звуковые сигнализаторы

Описанные в данной статье устройства могут быть реализованы на специализированных микросхемах, однако вопрос приобретения необходимых импортных комплектующих далеко не для всех радиолюбителей решается просто. Поэтому в качестве основы всех предлагаемых конструкций используется отечественная элементная база.

Для использования в системах пожарной и охранной сигнализации подойдет сигнализатор, схема которого изображена на рис. 1. Он обеспечивает прерывистый звуковой сигнал с изменяющейся тональностью. Устройство представляет собой симметричный мультивибра-



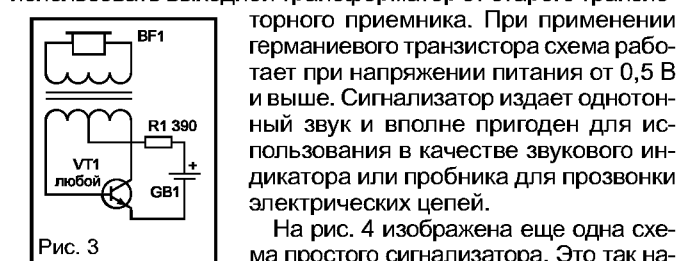
тор с дополнительной цепью C3, R8. На транзисторе VT3 собран усилитель, нагруженный на громкоговоритель BA1 мощностью 0,1...0,5 Вт.

При подаче питания в мультивибраторе возникают колебания с частотой, определяемой номиналами конденсаторов C1, C2 и резисторов R2, R3. Конденсатор C3 начинает заряжаться. При этом частота колебаний мультивибратора повышается. По окончании заряда C3 транзисторы запираются, происходит срыв колебаний, и C3 начинает разряжаться через резистор R8. По окончании его разряда колебания мультивибратора восстанавливаются. При указанных на схеме номиналах частота колебаний будет изменяться приблизительно от 800 до 2000 Гц с периодичностью примерно раз в секунду. Для подстройки периода служит резистор R8.

При необходимости сделать сигнализатор более компактным следует использовать пьезоэлектрический зуммер, например ЗП-3. Его можно подключить между коллекторами транзисторов VT1 и VT2. При этом громкость звучания будет ниже. Если необходим более громкий сигнал, следует заменить громкоговоритель на более мощный (1...3 Вт) и дополнить сигнализатор усилителем, собранным по схеме, приведенной на рис. 2.

Устройство не критично к напряжению питания и типу используемых транзисторов. Также можно применить низкочастотные транзисторы структуры р-п-р, предварительно изменив полярность напряжения питания и подключения конденсатора C3.

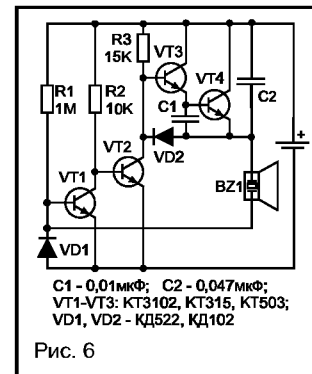
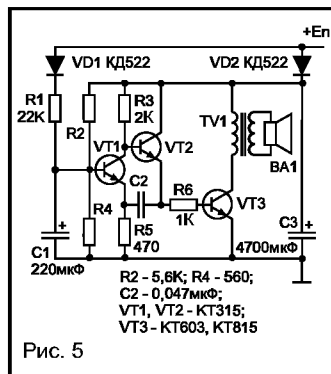
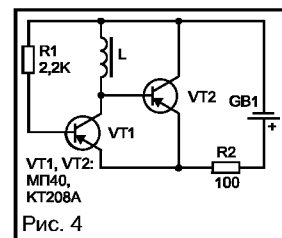
Если от сигнализатора не требуется большой громкости сигнала, то его можно собрать по схеме, приведенной на рис. 3. Ее главное преимущество — предельная простота и минимум деталей. В качестве трансформатора T1 можно использовать выходной трансформатор от старого транзисторного приемника. При применении германиевого транзистора схема работает при напряжении питания от 0,5 В и выше. Сигнализатор издает однотонный звук и вполне пригоден для использования в качестве звукового индикатора или пробника для прозвонки электрических цепей.



зываемый RL-генератор. Индуктивностью и одновременно звуковым излучателем в нем служит низкоомный наушник с сопротивлением обмотки 50...60 Ом, например ТМ-2А или ТА-56М. Сигнализатор работоспособен при напряжении питания 1...2 В, частота генерируемых им колебаний определяется значением индуктивности L и величиной напряжения питания.

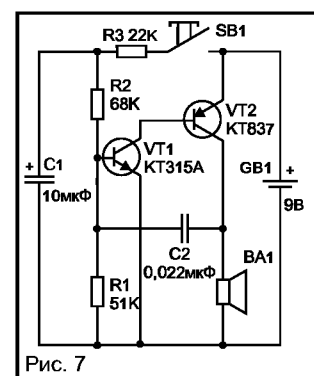
Сигнализатор, схема которого изображена на рис. 5, предназначен для звуковой индикации о пропадании питающего напряжения. Он представляет собой релаксационный генератор, который "заторможен" подачей высокого потенциала на базу транзистора VT1 через цепь VD1R1. Когда напряжение питания отключается, запирающий потенциал исчезает раньше, чем упадет до нуля напряжение питания генератора. После запуска генератор издает звуковой сигнал, длительность которого зависит от емкости конденсатора C1, за счет заряда которого питается сигнализатор. После восстановления подачи питающего напряжения конденсатор C1 зарядится вновь, и сигнализатор будет готов к работе.

Звуковой генератор, схема которого приведена на рис. 6, работает на резонансной частоте нагрузки — пьезоэлектрического зуммера BZ1, что обеспечивает достаточную громкость звука при минимальном потреблении энергии источника питания. Напряжение питания может составлять от 3 до 12 В. Подбором конденсатора C2 устанавливаются наибольшую громкость звучания. При отработке данной схемы на макете было обнаружено, что при определенных значениях емкости C2 некоторые экземпляры излучателей резонировали на гармониках ос-



новной частоты в области ультразвуковых частот.

Электронная сирена на двух транзисторах, изображенная на рис. 7, отличается повышенной громкостью звучания. Она представляет собой релаксационный генератор на комплементарной паре транзисторов, запускаемый нажатием кнопки SB1. Подбирая емкость конденсатора C1 и величину сопротивления резистора R3, включенного последовательно с кнопкой SB1, можно получить желаемую скорость нарастания и спада тональности звукового сигнала. В качестве излучателя подойдет любая динамическая головка сопротивлением 4...8 Ом на номинальную мощность не менее 0,5 Вт. Пока кнопка SB1 не нажата, сигнализатор практически не потребляет энергии, так как оба транзистора закрыты. Это является достоинством данной схемы при использовании ее с автономным питанием.



Хацусиро Казимота,
kazimota@mail.ru

QuickPic SchemCreator – графический растровый спрайт-ориентированный редактор принципиальных электрических схем

QuickPic SchemCreator – это работающая под управлением Windows 95/98/NT программа, написанная на Visual Basic 5.0 и ориентированная на быстрое рисование (мозаичное составление) принципиальных электрических схем (или любых других картинок) из готовых спрайтов (картинок в форматах bmp, gif, jpg, ico, cur).

Основные возможности программы

- интерфейс программы ориентирован на быстрое составление схем из готовых спрайтов;
- встроенная возможность создания новых спрайтов;
- количество шагов "Undo" (отмены последнего действия) ограничено только свободным местом на вашем диске;
- режим увеличения изображения под курсором в 2, 4, 8 раз;
- различные единицы измерения: пиксели, миллиметры, дюймы;
- вставка текста с возможностью автоинкремента и автодекремента (увеличения и уменьшения на 1) числового значения в текстовой строке;
- измерительные линейки;
- просмотр перед печатью;
- печать;
- сохранение в BMP и GIF-формате.

Минимальные системные требования программы

В системной директории Windows должна присутствовать библиотека msvbm50.dll. Эта библиотека присутствует в Windows 98 (и в NT хотя бы с третьим Service pack). Для пользователей старых версий Windows 95 эту библиотеку можно найти по ссылкам в Интернет <http://www.filesearch.ru/cgi-bin/s?query=msvbm50.dll>

Windows 95/98 накладывает ограничения на максимальный размер картинки в памяти: не более 4,5 миллионов пикселей – это около 2200x2200 пикселей, чуть больше формата A2 (для текущей программной реализации программы). Windows NT/2000 не имеет таких ограничений.

Кроме того, желательно не менее 32 МБ ОЗУ.

Назначение программы

Эта программа скорее всего будет более интересна любителям, нежели профессионалам, которые предпочитают работать с крупными, серьезными пакетами систем автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронной аппаратуры, такими как PCAD, OrCad, Protel и т. п. Эти пакеты позволя-

ют не только рисовать схемы в векторном формате (т. е. схемы представляют собой набор геометрических фигур с соответствующими им свойствами: размером, толщиной линий, цветом и т. п.), но и моделировать их работу, проектировать печатные платы для нарисованных схем и производить множество других операций.

Программа QuickPic SchemCreator представляет собой всего лишь простой графический редактор, позволяющий создавать схемы в форматах растровой графики: bmp, gif, jpg, ico, cur. Растровые рисунки при преобразованиях (пропорциональное уменьшение размера, пропорциональное увеличение размера в не кратное двум число раз, повороты на углы, не кратные 90°) могут терять качество изображения, т. е. мелкие детали картинки. Основной формат редактора – BMP. Имеется возможность сохранить схему и в растровом формате GIF, который является стандартным для использования в Интернет, так как, кроме всех прочих причин, позволяет значительно снизить размер схем (за счет применения алгоритма сжатия без потери качества), которые обычно содержат всего несколько процентов темных участков, занятых самим рисунком, а большая часть фоновой поверхности остается однотонной белой.

Целью автора было создание небольшой по размеру автономной программы, позволяющей быстро рисовать небольшие принципиальные электрические схемы для публикации их в сети Интернет.

Спрайты

В основе программы лежит мозаичное составление по определенным правилам схемы из готовых кусочков-спрайтов, на которых изображены радиоэлементы (или любые другие картинки: например, можно сделать спрайты функциональных блоков и рисовать функциональные схемы радиоустройств).

Чтобы готовыми спрайтами можно было пользоваться – поворачивать на углы, кратные 90°, зеркально отображать их, и чтобы при этом они не теряли возможности складываться в мозаику (т. е. чтобы выводы радиоэлементов мог-

ли соединяться ортогональными прямыми) – спрайты должны быть нарисованы по определенным правилам:

- размеры в пикселях должны быть четными;
- должна быть задана стандартная сетка, по которой спрайты будут двигаться и складываться в мозаику (по умолчанию сетка в программе QuickPic имеет размер 12x12 пикселей);
- рисунки на спрайтах должны соответствовать выбранной сетке, например, расстояния между выводами радиоэлементов должны быть равны шагу сетки – 12 пикселей;
- толщина выводов должна быть одинаковой и четной, по умолчанию – 2 пикселя.

Все эти условия обеспечиваются, если спрайты для QuickPic изготавливать при помощи самой программы. Достаточно выбрать в меню "Файл\Новый" или нажать соответствующую кнопку – параметры программы настроются на редактирование спрайта. Настройки программы для редактирования спрайта отличаются тем, что минимальный размер и шаг изменения размера спрайта равен только 12 пикселям. Для схем же таких ограничений нет: размер можно менять произвольно. Рисование спрайтов – это тот же самый процесс, что и рисование схемы (см. ниже).

Кроме того, новый спрайт можно создать при редактировании схемы из выделенного по сетке 12 пикселей участка схемы: достаточно выбрать пункт меню "Правка\Создать спрайт из выделения".

Автором изготавливались спрайты с размерами, близкими к регламентируемым ГОСТ на графические обозначения на принципиальных электрических схемах, по сетке 12x12 пикселей. Примеры обозначений по ГОСТ можно посмотреть на сайте журнала "Радио" <http://www.paguo.ru/author/scheme.zip>.

Кроме спрайтов радиодеталей, в дистрибутив программы автором включены спрайты стандартных штампов оформления технической документации по ГОСТ (каталог Sprites\Штамп ГИСТ*.gif). Правый нижний угол штампов привязан к сетке 12 пикселей, т. е. можно, нарисовав эти штампы в правом нижнем углу, добавить к ним рамки по контуру и получить формат чертежа по ГОСТ.

Рисование спрайтов и схем спрайтами

Как и во многих графических редакторах, работа с программой при рисовании разбита на последовательность действий в различных режимах редактора: режим выделения, режим рисования спрайтами, режим рисования примитивов, режим удаления и режим вставки текста. Режимы переключаются мышью на левой стороне окна программы или функциональными клавишами.

Режим выделения (быстрая клавиша – Esc)

Режим выделения прямоугольных областей схемы (рис. 1) предназначен для:

- очистки выделения;
- операций с буфером обмена (вырезание, вставка, копирование);
- перемещения выделенного участка схемы;

размера происходит с потерей качества картинки (особенно если размер изменяется в любую сторону в количестве раз, не кратное 2);

- цвет фона под спрайтом при движении его по картинке можно сделать прозрачным – это очень удобно при рисовании, но занимает ресурсы системы, особенно при больших

спрайтах;

- поворот спрайта по часовой стрелке на 90°;
- отражение спрайта сверху вниз;
- опции при рисовании спрайтов:

- звуковое подтверждение при окончании прорисовки спрайта на картинке;
- звуковое подтверждение при выборе спрайта в библиотеке (при выборе спрайта из библиотеки она прячется);

■ возможность сделать размер картинки равным размеру вставляемого из буфера спрайта, если размер картинки меньше

размера спрайта по вертикали или горизонтали.

Функции библиотеки спрайтов:

- выбор каталога библиотеки на диске, во вложенных каталогах которого ищутся спрайты;
- возможность быстрого переключения библиотеки, выбранной пользователем и поставляемой с программой автором (находится в каталоге "Sprites" рядом с запускаемым файлом программы);
- при нажатии правой кнопки мыши на спрайте в библиотеке из всплывающего меню доступны функции копирования, перемещения, удаления и редактирования спрайта.

После выбора спрайта из библиотеки возможно также копирование его в буфер обмена и сохранение в файле на диске.

При рисовании движение спрайтов происходит синхронно с мышкой. Если вы выбрали опцию движения по сетке (размер сетки задается в диалоге "Настройки программы", см. ниже), то движение происходит скачками по выбранной сетке, в нижней части окна программы показываются текущие координаты мыши, по которым и будет происходить рисование однократным нажатием левой кнопки мыши, а начальная точка рисования всегда привязывается к ближайшему левому верхнему углу сетки.

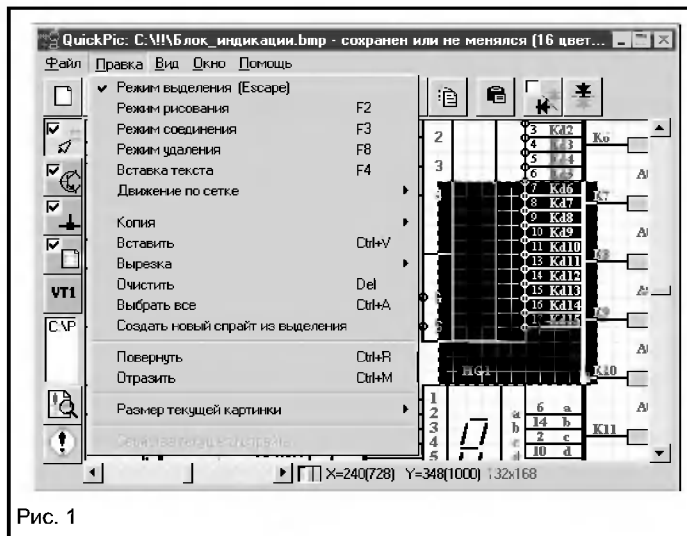


Рис. 1

- разворота по часовой стрелке на углы, кратные 90°;
- отражения сверху вниз;
- сохранения выделения в отдельный спрайт, пригодный для рисования картинок по стандартной сетке 12x12 пикселей, если он выделялся на картинке, нарисованной стандартными спрайтами по той же сетке.

Этот режим исходный, переход в него осуществить быстрее всего клавишей Esc.

Режим рисования спрайтами (быстрая клавиша – F2)

Это режим, в котором и происходит основное рисование схемы спрайтами, имеющимися в библиотеке. Библиотека (рис. 2) – это каталог на диске, который содержит вложенные каталоги со спрайтами (картинками форматов и расширений файлов bmp, gif, jpg, ico, cur).

Сначала необходимо сделать выбор из библиотеки спрайтов нужного для рисования спрайта: проводя мышью над уменьшенным изображением спрайта в окне библиотеки, в основном окне редактирования схемы вы увидите изображение спрайта в масштабе 1:1; для начала рисования выбранным спрайтом щелкните левой кнопкой мыши.

Можно также осуществить изменение свойств текущего выбранного спрайта – меню "Правка\Свойства текущего спрайта", (рис. 3) следующим образом:

- растяжение или сжатие текущего спрайта; эта функция осталась от первых версий программы, в которых она активно использовалась; сейчас же для рисования готовыми стандартизованными спрайтами по сетке она не нужна; учтите, что редактор спрайтовый, т. е. изменение

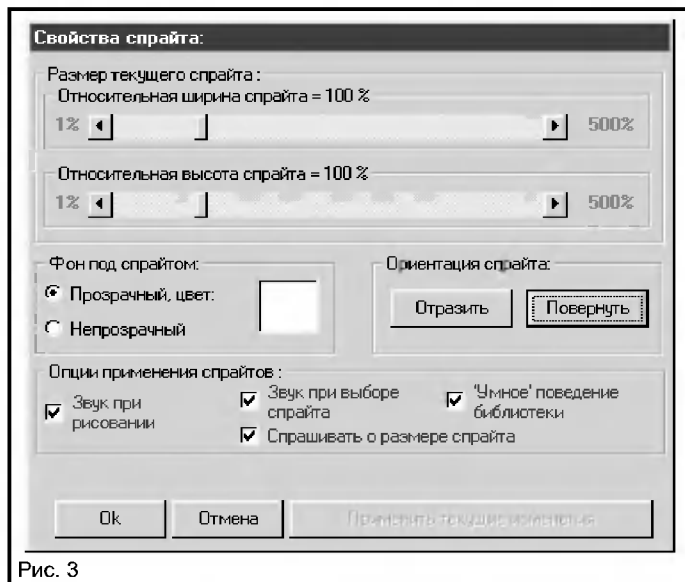
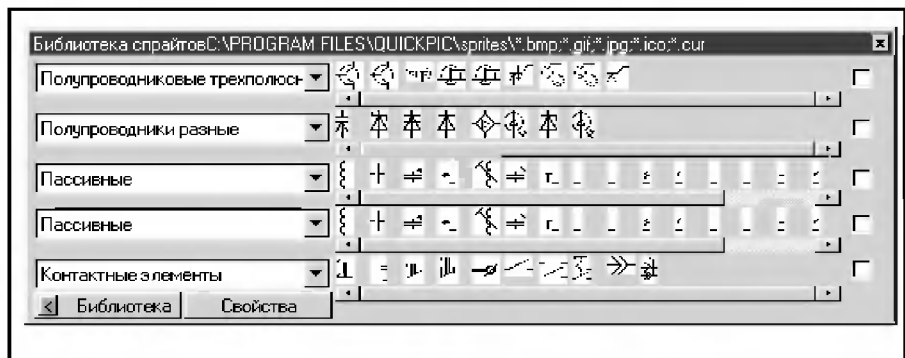


Рис. 3

Режим рисования примитивов (быстрая клавиша – F3)

Это режим рисования (рис. 4) таких фигур, как линия, точка, прямоугольник, квадрат, в том числе и заполненный цветом, эллипс и окружность, в том числе и заполненная цветом. Именно в этом режиме можно соединять выводы радиодеталей-спрайтов ли-

ниями, ставить в местах пересечения линий точки, обозначающие электрические соединения.

В этом режиме можно:

- задавать свойства линий (точек): по умолчанию толщина линий – 2 пикселя, цвет – черный; диаметр точек – 6 пикселей, цвет – синий. Все фигуры рисуются при помощи функций API самой Windows, поэтому их внешний вид определяет именно этот факт: точки могут выглядеть не совсем круглыми. Если толщина линий вами выбрана в 1 пиксель, то можно выбрать в выпадающем списке тип линии: сплошная или пунктирная;

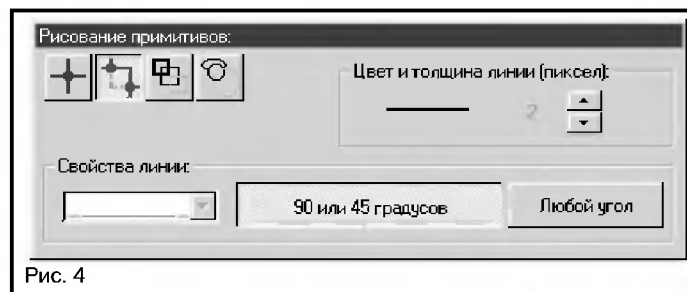


Рис. 4

- при рисовании линий при нажатом Shift на конце линии рисуется точка соединения (с текущими свойствами для точки). Таким образом, удобно соединять проводники в схеме. Но еще удобнее делать двойной клик мышкой не сдвигая ее с места: на том месте, где дважды щелкнули кнопкой мыши, также рисуется точка;
- в процессе рисования можно переключать тип рисуемых линий – только ортогональные (90°) и диагональные (45°) или линии под любым углом.

Режим удаления

(быстрая клавиша – F8)

Этот режим (рис. 5) похож на режим графического редактора MS Paint. Два варианта удаления нарисованного:

- выделением прямоугольных областей мышью при нажатой левой кнопке; при отпускании левой кнопки – сразу происходит стирание выделения;
- удаление по маске, т. е. “ластиком” трех различных размеров.

Можно также в режиме выделения выделить прямоугольную область схемы и нажать Delete.

Режим вставки текста

(быстрая клавиша – F4)

При рисовании схемы не следует забывать о свободном месте для тексто-

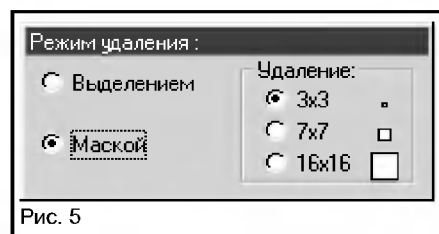


Рис. 5

вых обозначений на схеме, которые вставляются в картинку схемы в этом режиме (рис. 6). После ввода текста и нажатия кнопки “Вставить” текст преобразуется в спрайт и программа переключается в режим рисования спрайтов.

Кроме непосредственного набора текста, возможна вставка текста шаблонами путем выбора из выпадающих списков заранее заготовленные автором программы текстовые надписи, таких как цифры, единицы измерения, условные обозначения радиоэлементов. Возможно добавление новых шаблонов в списки: введите в окно нужного

списка текст и нажмите Enter, ваш текст запоминается вторым в списке, после первой пустой строки, при этом, введенные вами новые шаблоны после закрытия

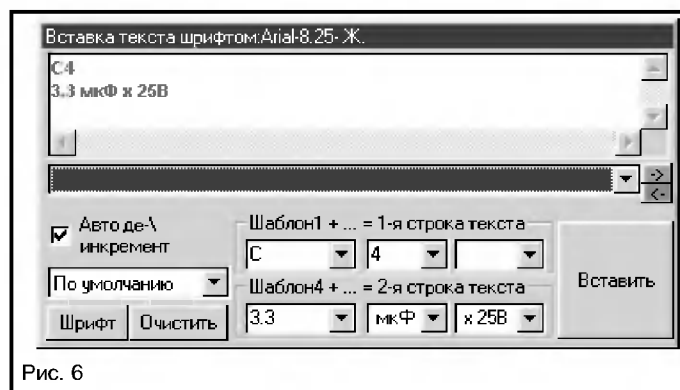


Рис. 6

программы не сохраняются (в текущей версии программы).

Имеется возможность автоинкремента или автодекремента числа, введенного в первую строку текста для вставки в спрайт – это удобно для быстрой автоматической нумерации радиодеталей на схеме.

При нажатии кнопки мыши происходит рисование текста на схеме и автоинкремент (если он включен на форме режима “Вставка текста”). Нажатием левой кнопки мыши с Shift можно автодекрементировать число после прорисовки, т. е. выбрать нужное число в текстовой строке перед рисованием и только потом, отпустив Ctrl, нарисовать выбранное. Нажатием левой кнопки мыши с Shift + Ctrl – декрементировать без прорисовки.

Введенный и нарисованный на схеме текст – наименования, номиналы компонентов и т. д. – можно сохранить в текстовый файл: это экспорт перечня элементов, который может пригодиться при дальнейшем редактировании схемы, чтобы не набирать тексты вручную заново.

Имеется возможность быстрого выбора шрифтов (“Чертежного” и др.), инкремента или декремента размера шрифта.

Также есть возможность импорта текстовых строк из файла для вставки их в картинку.

В заголовке окна отображается текущий выбранный шрифт, а всплывающая подсказка над текстом показывает размер текста (уже в виде растровой картинке) при вставке его в картинку.

Особенность режима “Вставка текста”: если в свойствах экрана компьютера в разделе “Эффекты” включено сглаживание неровностей экранных шрифтов – то и в картинку вставляются именно такие, сглаженные по контуру полутонами, шрифты; для вставки одноцветного текста выключите сглаживание перед вставкой текста.

Особенности, рекомендации и функции программы, доступные во всех режимах

Кроме всех вышеперечисленных функций, доступных при включении со-

ответствующих режимов, необходимо помнить, что при работе с каждой отдельной схемой (картинкой), программа имеет глобальные настройки (рис. 7), которые вызываются из меню “Файл”, или кнопкой слева, или при загрузке картинки для редак-

тирования:

- размер текущей редактируемой схемы, для наглядности, сразу пересчитывается в пикселях, миллиметрах и дюймах; можно выбрать стандартные форматы – A6...A1 (только в зарегистрированной версии программы и с учетом “Минимальных системных требований” программы);
- включение/отключение функции отмены последнего действия (“Undo”); иногда при работе с очень большими картинками на слабеньком компьютере бывает полезно отключить, чтобы быстрее получить результат, но ошибаться при этом уже не рекомендуется;
- размер сетки, по которой можно двигаться при рисовании схемы, не рекомендуется изменять произвольно; лучше использовать тот, что выставлен по умолчанию (12x12 пикселей) и ненадолго включать другие шаги из меню “Вид/Сетка”, для того чтобы только сделать изменения, которые со стандартным шагом выполнить невозможно (удалить небольшой кусочек схемы, точно вставить в нужное место текст);

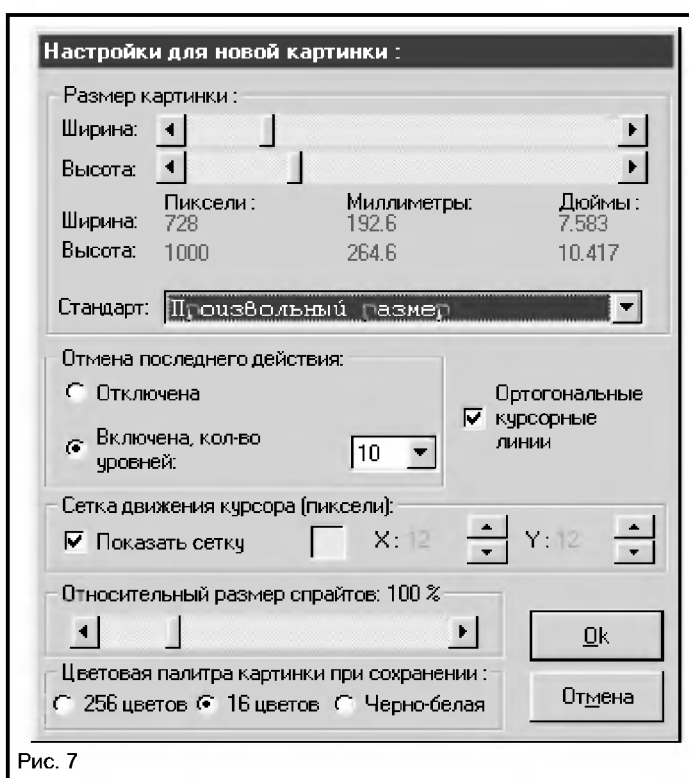


Рис. 7

- размер исходных спрайтов в % от натурального вида (1:1) при их загрузке; в библиотеку спрайты загружаются с этим установленным масштабом; эта функция осталась от первых версий программы и в новых версиях не используется;
- цветовая палитра, в которой картинка сохраняется на диске: по умолчанию выбрана палитра в 16 цветов, которых, по мнению автора, для схем более чем достаточно; но можно задать еще и 256-цветную или черно-белую палитру.
- имеется лупа, увеличивающая участок картинки под курсором в 2, 4, 8 раз и измерительные линейки;
- положение всех окон по умолчанию, если какие-то окна "потерялись" и вы не можете их увидеть при включении соответствующего режима;
- форма отчета об ошибках, замечаниях и пожеланиях – теперь можно быстро отправить автору ваше мнение о программе через Internet;
- список 10 последних использованных спрайтов;
- опция центрирования картинки после операции отмена;

Клавиши клавиатуры работают следующим образом. "Home", "End", "PgUp", "PgDown" и стрелки – двигают редактируемую картинку с шагом сетки. Курсорные клавиши двигают картинку по заданной сетке, а в сочетании с Ctrl – двигают картинку попиксельно (это удобно для точного позиционирования нестандартных, т. е. созданных не по сетке 12x12 пикселей спрайтов). Курсорные клавиши с Shift позволяют выделять прямоугольные участки картинки. Клавиша пробела дублирует на-

страцию.

Во-первых, максимальный размер создаваемой и редактируемой картинки составляет 640x640 пикселей и 20 кБ общего размера.

Во-вторых, сохранение возможно только в черно-белой палитре цветов из меню "Сохранить как...".

Регистрация программы

Начиная с текущей версии (2.9 от 2 апреля 2001 г.) программа предоставляет два варианта регистрации. Старый вариант с привязкой программы к жесткому диску происходит, когда регистрационным именем программы является номер жесткого диска, на который вы установили программу. Это значит, что при реформатировании или замене жесткого диска и желании продолжать эксплуатацию QuickPic зарегистрированным пользователям придется вновь обращаться к автору программы за новым серийным номером программы. Стоимость такой регистрации, начиная с 2 апреля 2001 г. составляет всего 100 рублей. Необходимо уточнить стоимость на сайте автора перед заявкой на регистрацию.

Новый вариант регистрации – без привязки к компьютеру, т. е. абсолютно независимый от компьютера и автора программы, но вчетверо более дорогой.

Для регистрации программы необходимо оплатить регистрацию одним из методов и по расценкам, указанным на [www-странице программы: http://radioam.nm.ru/quickpic_news_rus.html](http://radioam.nm.ru/quickpic_news_rus.html). После этого написать письмо автору (radioam@nm.ru) об оплате с указанием суммы, даты, способа оплаты и номера платежного документа. По возможности, следует приложить к письму

жатию левой кнопки мыши при рисовании спрайтом. Ctrl + F1, Ctrl + F2, Ctrl + F3, Ctrl + F8 – позволяют быстро переключать опцию движения по сетке в соответствующем режиме работы.

В заключение надо сказать, что программа распространяется со статусом "shareware", т. е. использует принцип "try before you buy" – "попробуй перед покупкой" – и без регистрации работоспособна 15 дней с двумя ограничениями пробной версии без реги-

скарованную копию платежного документа (gif, jpg, tif или zip-архивированный bmp) – это ускорит получение вами серийного номера программы непосредственно в ответном письме, если вы вместе со сканированной копией документа, укажете в заявке ваши регистрационные данные (см. пункт 5). Далее надо дожидаться подтверждения получения платежа от автора по электронной почте и прислать ваши регистрационные данные.

Для варианта с привязкой к компьютеру надо прислать регистрационное имя программы, скопировав его абсолютно точно из диалога в меню "Помощь/Зарегистрировать", а для варианта регистрации без привязки необходимы Ваши полное ФИО, e-mail, почтовый адрес, ИНН (если есть), адрес WWW-страницы (если есть).

Серийный номер Вашей копии программы можно получить только от автора. Получив номер, необходимо ввести его в том же диалоге – в меню "Помощь/Зарегистрировать" и сохранить его для регистраций следующих версий программы.

Если Вы уже зарегистрированный пользователь по первому варианту (с привязкой к компьютеру) и поменяли или реформатировали жесткий диск, или просто переставили Windows "с нуля", то программа начнет свою работу в незарегистрированном варианте. Для регистрации Вам необходимо вновь получить новый серийный номер программы (уже бесплатно). Заявки на перерегистрацию первым вариантом принимаются не ранее, чем через два месяца после предыдущей регистрации. Естественно, что Вы так же можете перерегистрироваться и вторым вариантом (без привязки к компьютеру), оплатив только разницу между стоимостями второго и первого варианта регистрации на день заявки.

Источники информации

1. Страница программы (на русском языке): http://radioam.nm.ru/quickpic_news_rus.html
2. Help-файл программы (на русском языке): http://radioam.nm.ru/zip/quickpic_help.zip
3. Screenshot программы в различных режимах: http://radioam.nm.ru/quickpic_screenshots.html
4. Прямые ссылки на инсталлятор программы (на русском языке):
 - <http://radioam.nm.ru/zip/quickpic.exe>
 - http://www16.brinkster.com/radioamatear/zip/qpic_ru.zip
 - <ftp://ftp.simtreas.ru/pub/users/vlad/quickpic.exe>

Владислав Помелов,
radioam@nm.ru

Создание аналоговых PSPICE-моделей радиоэлементов

Взаимная индуктивность

Форма описания включения в схему: $K<Имя> L<Имя1> L<Имя2> \dots <Коэффициент\ связи>$

Порядок перечисления имен индуктивностей $L<Имя1>$, $L<Имя2> \dots$ безразличен, знак взаимной индуктивности определяется порядком перечисления узлов в описании каждой индуктивности. Параметром взаимной индуктивности является $<Коэффициент\ связи>$. Если в трансформаторе имеется несколько обмоток, то можно либо определить взаимные индуктивности для каждой попарной комбинации обмоток в отдельных предложениях, либо в одном предложении указать список всех индуктивностей, имеющих одинаковый коэффициент связи.

Коэффициент связи двух обмоток определяется выражением

$$\text{Коэффициент связи} = \frac{M_{ij}}{\sqrt{L_i \cdot L_j}},$$

где L_i , L_j – индуктивности обмоток, M_{ij} – их взаимная индуктивность.

Напряжение на катушке L_i с учетом взаимной индукции, определяется выражением

$$V_i = L_i \cdot \frac{d}{dt} I_i + M_{ij} \cdot \frac{d}{dt} I_j + M_{ik} \cdot \frac{d}{dt} I_k.$$

В качестве примера ниже приведено описание строчного трансформатора ТВС-110-ПЦ15 от телевизора ЗУСЦТ (рис. 1), выполненное без учета потерь. Первый узел в описаниях индуктивностей L1–L7 обозначает начало обмотки.

```
L1 12 11 1.5m
L2 11 9 1.5m
L3 9 10 3m
L4 7 8 0.05m
L5 14 15 0.2
L6 3 4 0.3m
L7 4 5 0.2m
K L1 L2 L3 L4
L5 L6 L7 0.9
```

```
*
K L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 0.98 TPI
```

```
.Model TPI Core (MS=330E3 A=4.1E3 K=166 C=0.05 Area=2
Path=8)
.EndS
```

Независимые идеальные источники напряжения и тока

Форма описания источников:

```
V<Имя> <Узел(+)><Узел(-)> [[DC]<Значение>
[AC<Амплитуда>[Фаза]]
+ [<Сигнал>(<Параметры>)]
*
I<Имя> <Узел(+)><Узел(-)> [[DC]<Значение>
[AC<Амплитуда>[Фаза]]
+ [<Сигнал>(<Параметры>)]
```

Положительным направлением тока (рис. 3) считается направление от узла (+) через источник к узлу (–). Для источников могут указываться значения, необходимые для расчетов по постоянному току и переходным процессам DC (по умолчанию – 0), для частотного анализа AC (амплитуда по умолчанию – 0) фаза указывается в градусах. По умолчанию фаза равна нулю. Если задается значение сигнала

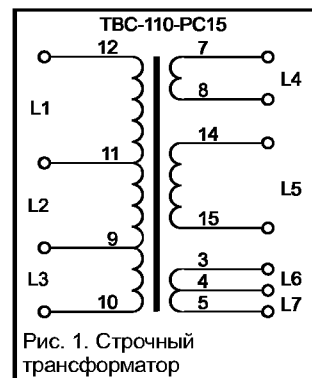
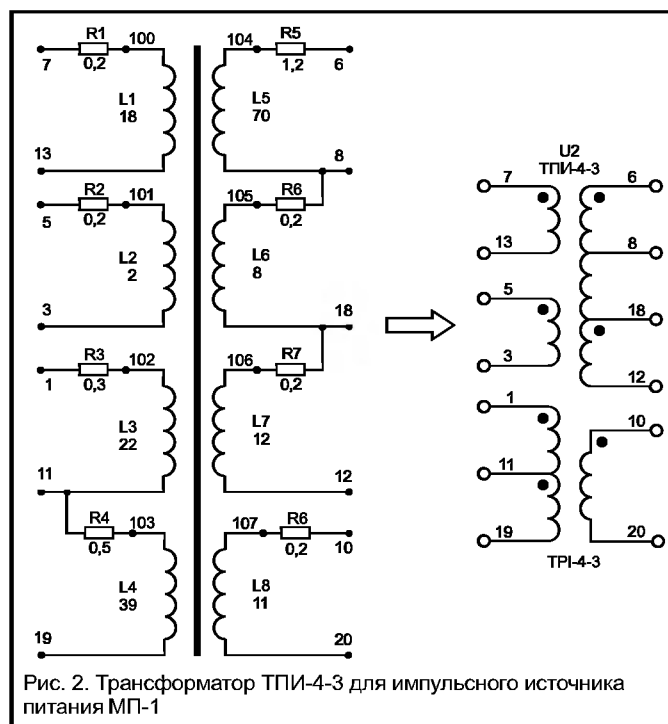


Рис. 1. Строчный трансформатор



для переходного процесса, то $<Сигнал>$ может принимать значения: Exp – экспоненциальный источник, Pulse – импульсный источник, Pwl – полиномиальный источник, SFFM – частотно модулированный источник, Sin – синусоидальный источник.

Пример:

V2 3 0 DC 12; источник напряжения величиной 12 В, включенный между узлами 3 и 0.

VSIN 2 0 SIN(0 0,2V 1MEG); источник синусоидального напряжения

* величиной 0,2 В с постоянной составляющей 0 В и частотой 1 МГц

I3 4 11 DC 2mA; источник

тока 2 мА, включенный между узлами 4 и 11

ISIN 2 0 SIN(0 0,2m 1000); источник синусоидального тока величиной

* 0,2 мА с постоянной составляющей 0 мА и частотой 1000 Гц

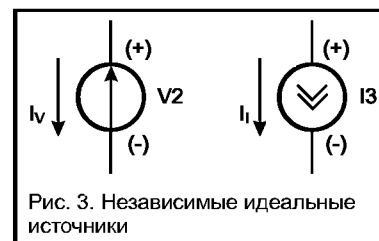


Рис. 3. Независимые идеальные источники

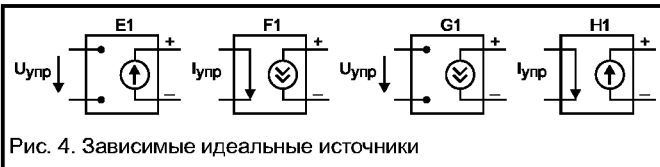


Рис. 4. Зависимые идеальные источники

Зависимые источники напряжения и тока

Зависимые источники (рис. 4) широко используются при построении макромоделей и функциональных блоков. Их применение позволяет простыми средствами имитировать любые зависимости между напряжениями и токами. Кроме этого, с их помощью очень просто организовать передачу информации от одного функционального блока к другому.

В PSPICE встроены следующие типы зависимых источников:

Е – источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН);

F – источник тока, управляемый током (ИТУТ);

G – источник тока, управляемый напряжением (ИТУН);

H – источник напряжения, управляемый током (ИНУТ).

Форма описания включения в схему:

Первый символ <Имя> <Узел(+)><Узел(-)> <Передающая функция>

Первый символ имени должен соответствовать типу источника. Положительным направлением тока считается направление от узла (+) через источник к узлу (-). Далее указывается передаточная функция, которая может описываться разными способами:

- степенным полиномом: *Poly* (<Выражение>);
- формулой: *Value* (<Выражение>);
- таблицей: *Table* (<Выражение>);
- преобразованием Лапласа: *Laplace* (<Выражение>);
- частотной таблицей: *Freq* (<Выражение>);
- полиномом Чебышева: *Chebyshev* (<Выражение>).

Источники сигналов сложной формы и разнообразные нелинейные приборы удобно моделировать с помощью источников напряжения (Е) или тока (G), так как они позволяют использовать параметры и любые функции от узловых потенциалов, токов (через независимые источники напряжения) и времени, в соответствии со следующей формой описания включения в схему:

E<Имя> <+Узел> <-Узел> Value={<Выражение>}

G<Имя> <+Узел> <-Узел> Value={<Выражение>}

После ключевого слова Value в фигурных скобках приводится алгебраическое выражение, зависящее от узловых потенциалов, разности узловых потенциалов, токов через независимые источники напряжения и времени.

Создадим зависимый источник сложной формы.

ESIGNAL 2 0 VALUE={50mV* SIN(6.28*100kHz*Time)*
*V(3,4)} GPW 6 0 +Value={V(5)*I(VP)}

Здесь для текущего времени выделено ключевое слово Time.

Область управляемых источников с нелинейным законом управления очень обширна. С их помощью легко имитировать нелинейные радиоэлементы со сложной ВАХ. В частности, не-

линейные проводимости или резисторы имитируются в программе PSPICE с помощью источников напряжения, управляемых собственным током, или источников тока, управляемых собственным напряжением. Пример имитации нелинейного резистора (рис. 5) и его описание имеет вид:

G1 1 2 Value={F(V(G))}

Нелинейная функция F(VG), описывающая нелинейную зависимость тока от падения напряжения на резисторе, должна быть определена в задании на моделирование до строки с описанием источника G, например:

Func F(X)=1e-6.(1-Exp(-40.X))

В режимах .Trap и .DC значения источников E<Имя>, G<Имя> вычисляются согласно приведенным в фигурных скобках выражениям. Если это выражение представляет собой линейную функцию нескольких переменных, то в режиме .AC данный источник представляет собой линейный управляемый источник. При этом, если в выражение входит переменная Time, она полагается равной нулю. Если же это выражение представляет собой нелинейную функцию одной переменной, то после расчета режима цепи по постоянному току выражение в фигурных скобках линеаризуется, и в частотной области такой источник представляет собой линеаризованный управляемый источник. Нелинейную функцию нескольких переменных при расчете частотных характеристик использовать нельзя: результаты будут непредсказуемы. Эти же замечания справедливы и для описываемого ниже табличного задания управляемых источников.

Очень просто создавать модели нелинейных приборов с помощью табличного задания передаточной функции. Входом таблицы является <Выражение>, которое содержит любую комбинацию напряжений и токов.

E<Имя> <+Узел> <-Узел> Table {<Выражение>} <<Аргумент> <Функция>>

G<Имя> <+Узел> <-Узел> Table {<Выражение>} <<Аргумент> <Функция>>

При обращении к управляемому источнику вычисляется значение выражения и берется значение функции из таблицы с помощью линейной интерполяции между опорными точками, заданными парами чисел (<Аргумент>, <Функция>). Например, ВАХ туннельного диода, рассматриваемого как нелинейная проводимость (рис. 5), может быть задана в виде

GR 1 2 TABLE (V(GR))=(0,0) (.01,1mA) (.02,1.1mA)
(0.05,2mA) (.06,3mA) (.065,3.2mA) +(.8,1.5mA) (1,3mA)
(1.5,5mA)

Координаты опорных точек задаются в порядке возрастания аргумента.

Заметим, что отсутствие аппроксимации табличных значений сплайнами более высоких порядков, чем линейная интерполяция, в ряде случаев приводит к слишком большим ошибкам и проблемам со сходимостью.

С помощью управляемых источников, передаточная функция которых задается с помощью преобразования Лапласа, можно описывать свойства приборов в частотной области.

E<имя> <-узел><-узел> Laplace {<выражение>}=<передаточная функция в S-области>

G<имя> <+узел><-узел> Laplace {<выражение>}=<передаточная функция в S-области>

По директиве .AC определяются значения комплексного коэффициента передачи блока на каждой частоте. При расчете рабочей точки по постоянному току и по директиве .DC, берется значение коэффициента передачи на нулевой частоте (поэтому изображения по Лапласу всех узловых потенциалов не должны иметь составляющих типа 1/s). По ди-

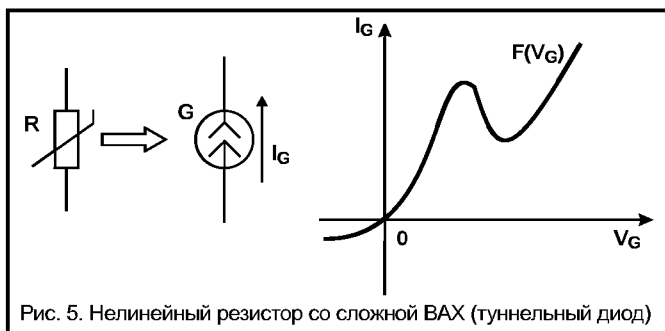


Рис. 5. Нелинейный резистор со сложной ВАХ (туннельный диод)

Таблица 10. Параметры модели магнитного сердечника

Имя	Параметр	Размерность	Значение по умолчанию
Level	Индекс модели	—	2
A	Параметр формы безгистерезисной кривой намагниченности	A/м	103
Area	Площадь поперечного сечения магнитопровода	см ²	0,1
C	Постоянная упругого смещения доменных границ	—	0,2
Gap	Ширина воздушного зазора	см	0
K	Постоянная подвижности доменов	A/м	500
MS	Намагниченность насыщения	A/м	106
Pack	Коэффициент заполнения сердечника	—	1
Path	Средняя длина магнитной силовой линии	см	1

рективе Трап выходная переменная блока вычисляется как интеграл Дюамеля (свертка входного воздействия с импульсной характеристикой блока), что значительно увеличивает длительность расчетов. Возможны следующие варианты задания линейных блоков. Передаточную функцию активного RC-фильтра можно задать следующим образом:

EARC 2 O Laplace {V(9)}={5/(1+0.01*s)}

Для описания фильтров можно использовать зависимые источники с чебышевской передаточной функцией.

E<Имя> <+Узел> <-Узел> Chebyshev {<Выражение>}=<Тип> <Граничная частота> <+Затухание>
 G<Имя> <+Узел> <-Узел> Chebyshev {<Выражение>}=<Тип> <Граничная частота> <+Затухание>

Здесь <Тип> – тип фильтра, принимающий значения: LP – фильтр нижних частот, HP – фильтр верхних частот, BP – полосовой фильтр, BR – режекторный фильтр.

Для получения желаемой характеристики фильтра задается список граничных частот (для ФНЧ и ФВЧ задаются две частоты, для ПФ и РФ – четыре), а затем список затуханий на этих частотах в децибелах. При этом порядок следования граничных частот безразличен.

Такие фильтры описываются следующим образом:

E1 3 4 Chebyshev {V(10)}=LP 800 1.2K 0.1dB 50dB
 E2 5 6 Chebyshev {V(10)}=BP 800 1.2K 2K 3K 0.1dB 50dB

Для описания свойств приборов в частотной области можно использовать зависимые источники с табличным описанием комплексной передаточной функции, задаваемой по формату:

E<Имя> <+Узел> <-Узел> Freq {<Выражение>} [Keyword]
 + <<Частота>, <Модуль>, <Фаза>> [Delay]=<Задержка>
 G<Имя> <+Узел> <-Узел> Freq {<Выражение>} [Keyword]
 + <<Частота>, <Модуль>, <Фаза>> [Delay]=<Задержка>

Здесь частота задается в герцах, модуль передаточной функции – в децибелах, фаза передаточной функции – в градусах. Значения опорных точек указываются в порядке возрастания частоты. Максимальное количество точек – 2048. Например, передаточная функция типа фильтра верхних частот задается следующим образом:

ENhighpass 2 O FREQ {V(9)} (0,-60,69.1) (2kHz,-3,45) (5kHz,0,0)

С помощью ключевого слова Keyword изменяется способ задания таблицы передаточной функции. Оно может принимать следующие значения:

MAG – задание абсолютных значений передаточной функции;

DB – задание значений передаточной функции в децибелах (принимается по умолчанию);

RAD – задание фазы в радианах;

DEG – задание фазы в градусах (принимается по умолчанию);

R_I – задание действительной и мнимой части передаточной функции вместо ее модуля и фазы.

Ключевое слово Delay задает дополнительную задержку, которая принимается во внимание при расчете фазовой характеристики фильтра.

Олег Петраков,
 petrakov@mtu-net.ru

Продолжение следует

Уважаемые читатели, в статье “Создание аналоговых PSPICE-моделей радиоэлементов” в таблице 2 (№2/2001) и таблице 6 (№3/2001) были допущены ошибки. Мы приносим свои извинения автору и читателям и приводим правильные варианты таблиц.

Таблица 2. Масштабные коэффициенты

Суффикс	Масштабный коэффициент	Наименование
А или a	10 ⁻¹⁸	Атто
Ф или f	10 ⁻¹⁵	Фемто
Р или p	10 ⁻¹²	Пико
Н или n	10 ⁻⁹	Нано
У или u	10 ⁻⁶	Микро
Mil	25,4·10 ⁻⁶	Мил (0,001 дюйма)
m	10 ⁻³	Милли
К или k	10 ³	Кило
MEG	10 ⁶	Мега
G	10 ⁹	Гига
T	10 ¹²	Тера

Таблица 6. Суффиксы, применяемые к комплексным переменным

Суффикс	Значение	Примеры	Пояснение примера
суффикс отсутствует	Модуль	V(2,3)	Модуль разности потенциалов узлов 2 и 3
M	Модуль	VM(2)	Модуль напряжения узла 2
DB	Модуль в децибелах	VDB(R1)	Модуль напряжения на резисторе R1 в децибелах
P	Фаза	VBER(Q1)	фаза напряжения база-эмиттер транзистора Q1
G	Групповая задержка d(фаза)/d(частота)	IAG(T1)	Ток выводов Алинии T1
R	Действительная часть	IBR(Q1)	Действительная часть базового тока транзистора Q1
I	Мнимая часть	II(R1))	Мнимая часть тока резистора R1

Полимеры (бытовые пластмассы)

Сумки, ведра, тазы, щетки, клеенки, посуда, корпуса и обрамление в радиоаппаратуре – этот список можно продолжать до бесконечности. Все перечисленные предметы объединяет одно – они изготовлены из пластмассы. Даже современные автомобили почти наполовину состоят из пластика и различных композитов...

Наш быт начинен пластмассовыми изделиями, которым нужен уход, а иногда и ремонт. Хорошо бы всякий раз твердо знать, с каким материалом имеешь дело. К сожалению, на изделиях нет надписей, дающих точный ответ. Считают, что покупателю безразлично, полистирол это или полиэтилен. Хотя подобная надпись, наверняка, не обременительная для промышленности, во многих случаях могла бы продлить жизнь вещей, облегчить сбор и сортировку пластмассового сырья (а ведь это скоро станет обязательной процедурой).

Определить по внешним признакам, из какой пластмассы сделана вещь, не всегда просто. Даже специалист с большим опытом может ошибиться. Однако, зная свойства полимеров, способы их переработки и назначение, можно научиться ориентироваться в пластмассовом море.

В таблице 1 собрана информация о пластмассах, наиболее широко используемых в быту. Их разделяют на две группы: термопласты и реактопласты. Первые размягчаются при повышенной температуре, плавятся, легко формуются, а при охлаждении – застывают и восстанавливают свои свойства. Материалы этой группы, как правило, плохо растворяются в органических растворителях. Реактопласты необратимо затвердевают при переработке, благодаря химическим сшивкам. Они не плавятся и не растворяются, достаточно термостойки, при сильном нагревании разлагаются и обугливаются.

Принадлежность материала к одной из этих групп легко определить: если материал размягчается при нагревании, значит это термопласт, если нет – то реактопласт.

У реактопластов есть и другие отличительные черты. Фенопласты и изделия из них всегда окрашены в черный или коричневый цвет из-за темного цвета фенолформальдегидной смолы. Они термостойки, дугостойки, хорошие электроизоляторы, поэтому из них делают электротехнические детали (розетки, щетки, выключатели), пепельницы, а раньше делали даже корпуса телефонов. Аминопласты столь же термостойки, но всегда окрашены в яркие сочные цвета, поскольку полимеры (меламино- и мочевиноформальдегидные

смолы), составляющие основу этого материала, хорошо совмещаются с окрашивающими добавками.

Термопластов больше, чем реактопластов, и различать их труднее. Кстати, полиэтилен и поливинилхлорид (ПВХ) – основа большинства термопластов – составляют львиную долю производимых в мире полимеров. Полиэтилен и полипропилен очень схожи между собой, поэтому из них делают одинаковые изделия (впрочем, крышки для банок и прозрачные бытовые пакеты бывают только полиэтиленовые). В отличие от остальных термопластов, они гибки и эластичны сами по себе, без пластификаторов. Это весьма инертные материалы, они не растворяются в большинстве органических растворителей, чего не скажешь о полистироле. Это обстоятельство также может служить тестом для определения полимера.

Поливинилхлорид жестче полиэтилена. Сравните занавески для душа из полиэтилена и ПВХ. Первая – полупрозрачная, легко драпируется и собирается в ладонь. Занавеска из ПВХ – жесткая, блестящая, не драпируется. Поливинилхлорид можно определить по характеру горения маленького кусочка материала. Выделяющиеся пары HCl окрашивают влажную индикаторную бумагу в соответствующий кислотам цвет. Кстати, именно благодаря ядовитым парам ПВХ так опасен при пожарах. Поэтому не рекомендуется сжигать этот полимер.

Типичный полистирол – прозрачная посуда под хрусталь, люстры, белые детские ванночки для купания; ударопрочный полистирол – корпус шариковой авторучки;

этролы – оправа для очков, рулевое колесо автомобиля. Прозрачные изделия обычно делают из полиметилметакрилата, полистирола, поликарбонатов.

Выбор той или иной пластмассы для изделий не случаен. Он определяется свойствами основного ее компонента – полимера. Поэтому не пренебрегайте инструкциями. Не вздумайте в детскую ванночку наливать кипяток – она деформируется (об этом предупреждает инструкция). Если на предмете есть надпись "Для сухих и сыпучих продуктов", то не следует в пластмассовые емкости заливать горячие продукты. Это может относиться, например, к полистиролу, содержащему остатки ядовитого мономера. При контакте с горячей едой они могут в нее перейти. Некоторые аминопласты не стойки к горячей воде.

Обратите внимание на отношение полимеров к растворителям. Это остановит вас, если появится желание протереть корпус телефона или грампластинку ацетоном, растворяющим полимер.

Наверняка, каждый сможет вспомнить ряд своих неудачных попыток склеить что-нибудь, используя клеи с броскими названиями "Супер". Чаше всего, свойства клея тут ни при чем, просто он предназначен для другого типа пластмасс. Автор статьи надеется, что данная подборка и предшествующая ей статья о растворителях помогут избежать подобных ошибок.

ARGUSSOFT

Департамент Микроэлектроники

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ДИСТРИБУТОР ФИРМ:

ANALOG DEVICES Новые серии дифференциальных операционных усилителей

ANALOG DEVICES

AD8131

AD8132

Микросхема	Количество усилителей в корпусе	Напряжение питания, В Мин. Макс.	Скорость нарастания, В/мкс	Неглубинный искажения, дБ	Цена за партию от 100 шт. с НДС, USD
AD8129/30	1	+4.5 ±12.5	1000	-75	звоните
AD8131	1	+2.7 ±5	2000	-77	2.81
AD8132	1	+2.7 ±5.5	1200	-99	2.69
AD8139	1	+3 ±5	1150	-94	5.62

ЗАО "АРГУССОФТ Компонент"

Наш адрес: 129085, Москва, Проект Мира, 95

Тел.: (095) 217-2487, 217-2519, 217-2505, Факс: (095) 218-66-42

Интернет: <http://www.argusssoft.ru>, e-mail: components@argusssoft.ru

TRACO POWER

ATMEL

BOURNS

CLARE

RENECO

AXICOM

JEAN

HANTRONIX

Honeywell

SII
Sello Instruments Inc.

muRata

TRACO POWER

ATMEL

BOURNS

CLARE

RENECO

AXICOM

JEAN

HANTRONIX

Honeywell

SII
Sello Instruments Inc.

muRata

Таблица 1

Полимеры	Свойства
Полиэтилен (ПЭ)	ПЭ высокого давления (низкой плотности): $T_{\text{разм}} = 105..110^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{хруп}} = -70^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{удл}} = 1,5..6$. ПЭ низкого давления (высокой плотности): $T_{\text{разм}} = 120..129^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{хруп}} = -60^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{удл}} = 2..9$. При комнатной температуре ПЭ нерастворим в органических растворителях, устойчив к действию кислот (включая плавиковую), щелочей, воды, спирта, ацетона. При 70°C начинает набухать и растворяться в ксилоле, бензоле, четыреххлористом углероде, минеральных маслах. Малопроницаем для воды и других полярных жидкостей. Диэлектрик.
Полипропилен (ПП)	$T_{\text{пл}} = 160..170^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{хруп}} = -10^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{удл}} = 2..7$. При продолжительном воздействии бензина и бензола набухает, а при 100°C – растворяется в ароматических углеводородах, бензоле, толуоле.
Полivinилхлорид (ПВХ)	Непластифицированный ПВХ: $T_{\text{разм}} = 65..70^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{разл}} = 140^{\circ}\text{C}$ (выделяется HCl). $T_{\text{хруп}}$ зависит от пластификатора: -15°C с дибутилфталатом, -60°C с диоктилсебацинатов и трикрезилфосфатом. Растворим в некоторых хлорсодержащих растворителях, набухает в ацетоне и бензоле. Стоек к действию спирта, бензина, воды, жира, нефтепродуктов. Горит коптящим пламенем, выделяя ядовитые хлористый водород, хлор, фосген.
Полистирол	При $T_{\text{разм}} = 80..85^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{пл}} = 150^{\circ}\text{C}$. Растворим в ароматических углеводородах, алифатических кетонах, эфирах, нерастворим в спиртах, насыщенных углеводородах, растительных маслах. Стоек к кислотам и щелочам, набухает в ледяной уксусной кислоте. Хрупок, прозрачен, горит коптящим пламенем.
Ударопрочные полистиролы: полистирол + 10..15% синтетического каучука (УП), полистирол + нитрильный каучук (СНП), сополимер стирола с акрилонитрилом (СН), с метилметакрилатом (МС), с бутадиеном (АБС)	Прочнее полистирола, менее хрупок, однако химическая стойкость ниже.
Политетрафторэтилен (тефлон, фторопласт-4)	$T_{\text{пл}} = 327^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{разл}} = 415^{\circ}\text{C}$. Детали из тефлона могут работать при 250°C и выше. По химической стойкости превосходят все известные материалы. Мягко, коэффициент трения мал.
Полиметилметакрилат (оргстекло, плексиглас)	$T_{\text{разм}} = 100^{\circ}\text{C}$. Выше 200°C деполимеризуется. Растворяется в собственном мономере и других сложных эфирах, ароматических углеводородах, кетонах. Нерастворим в воде, спиртах, алифатических углеводородах. Устойчив к разбавленным растворам кислот и щелочей. Прозрачен, пропускает 75% ультрафиолета. Легко царапается, со временем мутнеет.
Этролы (ацетилцеллюлозные и ацетобутиратцеллюлозные)	$T_{\text{разм}} = 100..110^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{разл}} = 230^{\circ}\text{C}$. Стойки к действию растительных и минеральных масел. Не горят, мало электризуются, светостойки.
Полиформальдегид (полиоксиметилен)	$T_{\text{разм}} = 150^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{пл}} = 175..180^{\circ}\text{C}$. Стабилизированный полиформальдегид выдерживает до 250°C . Стоек к алифатическим, ароматическим и галогенсодержащим углеводородам, спиртам, эфирам, превосходит в этом отношении ПЭ. Разрушается лишь в сильных кислотах и щелочах. Материал цвета слоновой кости, малый коэффициент трения, большая ударная прочность и износостойкость.
Поликарбонаты (дифлон, лексен, магралон)	$T_{\text{разм}} > 150^{\circ}\text{C}$, для некоторых видов $> 300^{\circ}\text{C}$. Стойки к воде, разбавленным кислотам и щелочам, окислителям, алифатическим углеводородам, жирам и минеральным маслам. В спиртах и ацетоне набухают, в хлорбензоле и дихлорэтаноле растворяются, в крепких щелочах разрушаются. Хорошие механические и диэлектрические свойства, высокая стойкость к старению даже в кипящей воде. Не начинают гореть при высоких температурах и сами гасятся. Прозрачны.
Фенопласты (на основе фенолформальдегидной смолы)	Трудногорючи, выдерживают без изменений длительное воздействие 125°C . При 250°C и выше обугливаются. Стойки к воде, растворам кислот и солей, органических растворителей, масел, бензина, коррозионно стойки. Не подвержены старению, устойчивы к действию плесени, обладают фунгицидными свойствами (как и фенол). Отличные диэлектрические и физико-механические свойства.
Аминопласты (на основе аминоформальдегидных, меламиноформальдегидных, мочевиноформальдегидных смол)	Бесцветный светостойкий материал. Большая твердость, высокая теплостойкость и механическая прочность. Устойчивы к действию воды, слабых кислот и щелочей, нефтепродуктов и растворителей. Относительно устойчивы к действию плесневых грибов, так как формальдегид является фунгицидом. Разрушаются сильными кислотами и щелочами. Не горят, но при 200°C и выше разрушаются, обугливаются, выделяя аммиак, амины, формальдегид и др. Хорошо окрашиваются. Хорошие диэлектрики.

Обозначения: $T_{\text{разм}}$ – температура размягчения, $T_{\text{хруп}}$ – температура хрупкости, $T_{\text{пл}}$ – температура плавления, $T_{\text{разл}}$ – температура разложения, $T_{\text{эл}}$ – температура перехода в высокоэластичное состояние, $K_{\text{удл}}$ – коэффициент удлинения при разрыве.

ООО “ИД Скимен” приглашает региональных представителей и распространителей журналов “Схемотехника” и “Компоненты и Технологии”.
Тел. (095)737-9279
e-mail: compitech@mtu-net.ru

Изделия	Способы обработки и переработки	Примечания
Тазы, вадра, хлебницы, мусоросборники, корзины для бумаг, канистры, крышки для бенок, вешалки, шланги поливочные, прищепки для белья, бутылки, фляги для туристов, мыльницы, щетки туалетные, футляры для чертежей, обручи гимнастические, парники, мешочки, сумочки, папки для бумаг.	Литье под давлением, экструзия; детали из ПЭ прочно свариваются при 250°С горячим воздухом либо контактной сваркой горячим металлическим предметом.	Технологические добавки к ПЭ: амины, фенолы, прадотвращающие окисление полимера при переработке (антиоксиданты), сажа и оксид цинка, оксид титана, замедляющие фотостарение (ингибиторы).
Тазы, вешалки, вадра, корзины, гребни, расчески, мыльницы, фляги, бутылки, флаконы, абажуры, детали машин.	Литье под давлением, экструзия, вакуум-формование.	Флаконы, бутылки из ПП стерилизуются в кипящей воде без деформации. Изделия из ПП нельзя эксплуатировать при температуре ниже –5°С, а также в них нельзя длительное время хранить органические растворители. Поверхность изделий из ПП блестящая в отличие от ПЭ.
Винипласт – листовый изоляционный материал, кабельный пластикат, линолеум, канализационные трубы, каландрированные ткани, искусственные кожи, подошва и верх летней обуви, пояса, сумки, кошельки, папки для бумаг, касса для букв.	Вальцевание, горячее прессование, сварка токами высокой частоты.	Технологические добавки: стеараты кальция и свинца, прадотвращающие разложение полимера при нагревании; до 40..80% пластификаторов – дибутилфталата, трикрезилфосфата и диоктилсебецината. ПВХ и изделия из него более жесткие и блестящие, чем из ПЭ и ПП.
Лабораторная посуда, бытовая под хрусталь, люстры, фотокассеты, оптические детали, вадра, лейки, вешалки, подставки для яиц, сиденья для унитазов, раковины, детские ванночки, умывальники, хозяйственные шкафчики, аптечки, облицовочные плитки, светильники, туалетные наборы, расчески, шкатулки, приборы для бритья.	Литье под давлением, экструзия, механическая обработка (резка, сверление).	Нельзя использовать посуду из полистирола для жидких и горячих продуктов – остатки стирола в полимере ядовиты. Нельзя мыть изделия из полистирола органическими растворителями – только водой с моющими средствами.
Тара, облицовочные материалы, фотопринадлежности, корпуса авторучек. Из сополимеров МС и АБС – спидометры, стрелки, шкалы, подфарники, козырьки, приборные щитки, линейки, лекала, детали сантехники, мебели. Из сополимеров СН и МСН – корпуса телефонов, фотокиноаппаратуры, радиоприемников и магнитофонов, авторучки.		
Узлы трения в радиотехнике и холодильной промышленности. В быту – антиадгезионные покрытия на сковородках, кастрюлях, утюгах, лыжах.	Спекание. Механическая обработка – резка, сверление.	
Остекление самолетов, часовые и оптические стекла, зубные протезы, пломбы, медицинские приборы, галантерея, ювелирные изделия.	Вакуумное пневматическое формование, горячее штампование. Механическая обработка – сверление, строгание, распиливание, полирование. Склейка.	Технологические добавки: пластификаторы (эфирь фосфорной и фталевой кислот).
Штурвалы, приборные щитки в автомобилях, кораблях, самолетах, ручки, оправы для очков, радиодетали, телефонная аппаратура, пуговицы.	Литье под давлением, прессование. Экструзия, горячее штампование. Полируются, склеиваются.	Технологические добавки: пластификаторы (эфирь фталевой и фосфорной кислот), стабилизаторы, красители, наполнители. Легко окрашивается, имитирует слоновую кость, перламутр, бронзу.
Перспективный конструкционный материал для многих бытовых приборов, небыоуейся посуды, авторучек, дверных ручек.	Литье под давлением, экструзия.	Изделия эксплуатировать до 120°С. Технологические добавки: антиоксиданты, прадотвращающие термоокислительное разложение, и мочевиная, поглощающая остатки мономера формальдегида.
Важнейший перспективный полимер для товаров народного потребления: корпусов радиоаппаратуры, футляров для инструментов, шестерен, болтов, гаек, деталей машин, труб, кранов, насосов, тары для перевозки пищевых продуктов, посуды для горячей пищи.	Все виды пластической деформации, литье под давлением.	
Электротехнические изделия (выключатели, розетки), корпуса электроустановочной аппаратуры.		Изделия из фанопластов окрашены в коричневый и черный цвет. Непопнители – древесная мука, тальк, каолин, очесы, асбест, графит до 50..70%. Избегать контакта с пищей – остатки фанола и формальдегида ядовиты.
Посуда, галантерейные изделия, колпачки и абажуры для ламп, кнопки, корпуса штепселей и выключателей, детали радиотелевизионной и телефонной аппаратуры. Слоистые пластмассы на основе бумаги, ткани, древесная шпонка, идут на отделку мебели, особенно кухонной.	Горячее прессование. Механическая обработка – сверление, резка, склеивание клеями для пластмасс.	Изделия из аминопластов ярко окрашены. Непопнители – сульфитная целлюлоза, хлопковые очесы, древесная мука, асбест. Малалит нельзя использовать для горячей пищи.

AVR-микроконтроллеры: большое в малом

Микроконтроллеры серии AT90S фирмы Atmel (AVR-микроконтроллеры) при своих скромных внешних габаритах имеют весьма насыщенное внутреннее содержание. Яркая иллюстрация – микросхема ATtiny15. Этот микроконтроллер, выпускаемый в корпусе с 8 выводами, помимо расширенного RISC-ядра с 32 регистрами-аккумуляторами, объединенными в регистровый файл, программируемой в системе памяти программ (1 кБ FLASH) и памяти данных (64 байта EEPROM), содержит также 4-канальный 10-битный АЦП с возможностью работы одного канала в дифференциальном режиме с дополнительным усилением 26 дБ. Остается только добавить, что в этой “крошке” (tiny в переводе с английского – крошечный) есть внутренний генератор 1,6 МГц со схемой ФАПЧ, обеспечивающей входную частоту для внутренних таймеров 25,6 МГц, аналоговый компаратор и настраиваемая схема слежения за питающим напряжением, обеспечивающая перезапуск микроконтроллера при снижении напряжения питания ниже заданного уровня. На этом фоне 20-выводной микроконтроллер AT90S2313 выглядит тривиальной микросхемой. Однако, на базе AT90S2313 возможно построение достаточно широкого спектра изделий. В предлагаемой статье описывается устройство ввода аналоговых и цифровых данных в компьютер с возможностью их отображения на ЖКИ.

Микроконтроллер AT90S2313 удобно использовать в приложениях, где требуется передавать информацию по порту RS-232. Аппаратный UART, входящий в состав микроконтроллера, полностью реализует эту функцию, освобождая ресурсы процессора. При правильном выборе частоты можно обеспечить достаточно высокую скорость передачи данных. Например, при использовании кварца с частотой 7,3728 МГц, скорость передачи данных может быть установлена в диапазоне от 2,4 до 460 кБод.

Описываемое ниже устройство выполняет функции сбора аналоговых и дискретных сигналов и отображает информацию на алфавитно-цифровом жидкокристаллическом индикаторе. Устройство может работать автономно, а также передавать информацию в компьютер через порт RS-232. Питание устройства осуществляется от внешнего источника напряжением +5 В. Потребляемый ток – не более 10 мА.

В состав устройства входит 4-канальный 10-разрядный АЦП (время преобразования 9 мкс на канал), двухстрочный ЖКИ, а также порт RS-232 со скоростью передачи до 230 кБод.

“Аналоговые” характеристики устройства определяются используемым АЦП – микросхемой AD7817. Эта микросхема представляет собой четырехканальный аналого-цифровой преобразователь со встроенным тактовым генератором и источником опорного напряжения 2,5 В (рис. 1). Для повышения термостабильности внутреннего источника опорного напряжения используется специальная схема термокомпенсации с встроенным термодатчиком. Выход термодатчика подключен к пятому каналу АЦП, таким

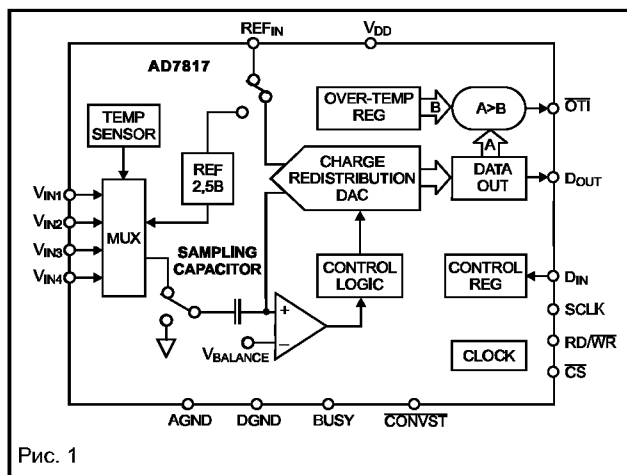


Рис. 1

образом, кроме четырех внешних аналоговых сигналов, микросхема AD7817 может также измерять температуру кристалла. Точность измерения температуры составляет $\pm 1^\circ\text{C}$ в диапазоне температур от -40 до $+85^\circ\text{C}$ и $\pm 2^\circ\text{C}$ в диапазоне температур от -55 до $+125^\circ\text{C}$. Учитывая незначительную среднюю собственную потребляемую мощность, составляющую 4 мВт при периоде измерений 100 мс и 40 мВт при

периоде измерений 1 мс, можно считать, что измерения с достаточной степенью точности отражают температуру окружающего воздуха вблизи микросхемы AD7817. Из сервисных возможностей можно отметить также наличие специального регистра для записи порогового значения температуры, при превышении которого формируется сигнал на выводе микросхемы.

Интерфейс микросхемы совместим с интерфейсом SPI, то есть существуют выводы: “вход данных” (Din), “выход данных” (Dout) и “синхронизмпульсы” (SCLK). Вход RD/WR предназначен для управления направлением передачи данных, а по входу CS осуществляется выбор микросхемы. В приложениях, где используется только одна микросхема AD7817, вывод CS можно заземлить. Для уменьшения общего количества связей между АЦП и микроконтроллером допускается соединение выводов Din и Dout.

АЦП имеет два режима работы. Режим определяется уровнем сигнала CONVST. АЦП работает в режиме 1, если в момент окончания преобразования на выводе 1 CONVST присутствует

высокий уровень (“короткий” CONVST). Это стандартный режим работы. В приложениях с критичным значением потребляемой мощности используется режим 2, который задается низким уровнем CONVST в момент окончания преобразования (“длинный” CONVST). В этом режиме АЦП после окончания преобразования переходит в энергосберегающий режим. Возврат в активное состояние

происходит после подачи высокого уровня на CONVST. В описываемом устройстве микросхема AD7817 работает в режиме 1.

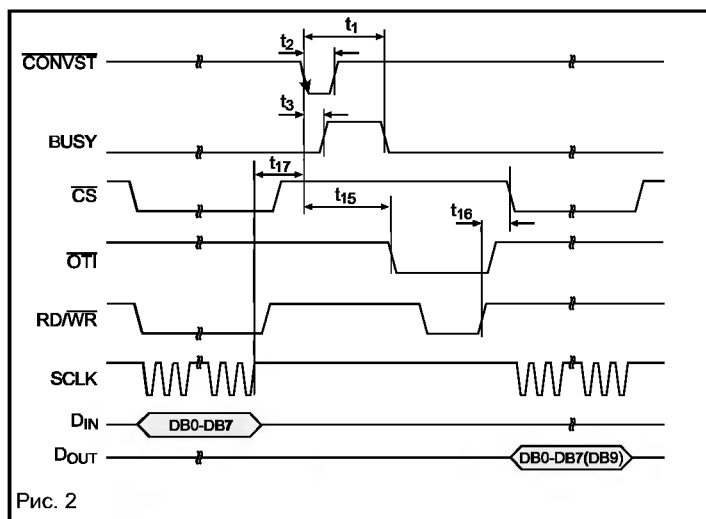


Рис. 2



В описываемом устройстве для упрощения программирования используется раздельное подключение выводов *Din* и *Dout* микросхемы AD7817 к микроконтроллеру. С ЖК индикатором микроконтроллер связан через 8-разрядную шину данных, что также упрощает программирование интерфейса. Интерфейс RS-232 реализован по стандартной схеме на микросхеме ADM202. Здесь можно отметить, что при использовании интерфейсной микросхемы ADM3202 с расширенным питанием (от 3 до 6 В) устройство будет работоспособно при пониженном питании, так как напряжение питания микроконтроллера AT90S2313 также может составлять от 2,7 до 6 В.

Во время отладки работы устройства была решена небольшая техническая

Описанная схема оказалась настолько удачной, что была использована еще в двух приложениях. Когда потребовалось повысить точность измерений и количество входных каналов, пришлось всего лишь заменить микросхему AD7817 на AD7888, которая также выполнена в корпусе SOIC-16, однако представляет собой 12-разрядный 8-канальный АЦП с временем преобразования 8 мкс на канал.

имеет всего 1кБ ПЗУ программ и не оснащен аппаратным последовательным портом. Проблема заключалась в том, что вместо упомянутого кабеля не было предложено никакого подобного устройства. Таким образом, возник дефицит, и под напором заказчиков, которым нужен недорогой внутрисхемный программатор, за короткое время было создано устройство, схема которого приведена на рис. 5. Можно легко заметить, что эта схема представляет собой урезанную предыдущую, но с добавлением резисторов, защищающих микроконтроллер от неправильного подключения к программируемой плате. Увеличенная в два раза память программ и наличие аппаратного последовательного порта позволили создать качественно новое изделие. Аппаратная реализация интерфейса обмена с компьютером и тщательно настроенная временная диаграмма обмена по SPI-порту (на что, по правде говоря, было положено немало сил и времени) позволила увеличить скорость обмена по сравнению с изделием AT90ISP в восемь раз. Это суще-



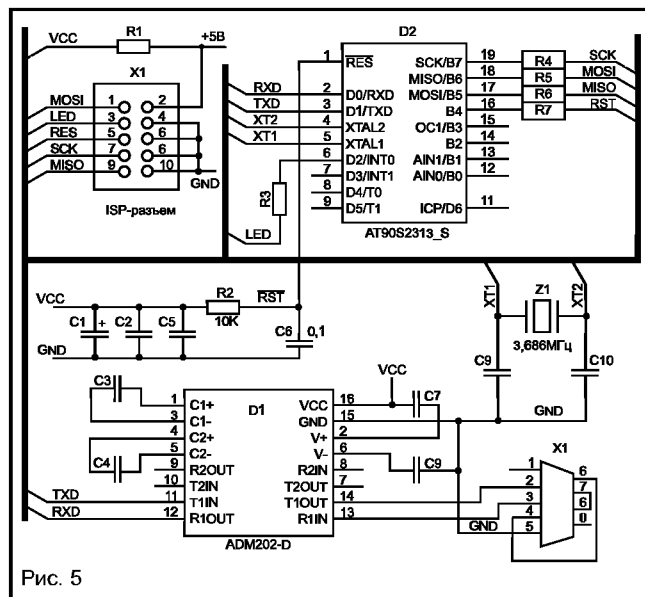


Рис. 5

ственно при работе с микросхемами, оснащенными большой памятью программ, например с АТмега103, имеющей ПЗУ объемом 128 кБ.

Для программирования AVR-микроконтроллеров можно использовать разнообразные средства. Наиболее известен пакет AVR-Studio, бесплатно распространяемый фирмой Atmel.

В состав пакета входит текстовый редактор, компилятор с ассемблера и симулятор. Симулятор выполнен с

подключенного эмулятора, переходит в режим аппаратной отладки.

Для AVR-микроконтроллеров существует много компиляторов языков высокого уровня. Внутренняя архитектура AVR аппаратно оптимизирована для выполнения программ, написанных на языке C. Одним из наиболее удобных пакетов является компилятор C фирмы ImageCraft. Фирма предоставляет для ознакомления бесплатную 30-дневную демо-версию

особенной любовью: можно работать с большим количеством разнообразных окон и настраивать интерфейс на свой вкус. Стоит отметить, что для работы с аппаратным внутрисхемным эмулятором ICE200

для AVR-микроконтроллеров, используется та же среда, что, безусловно, удобно. При запуске программы AVR-Studio проверяет все COM-порты компьютера и, в случае обнаружения на любом из них

компилятора. Приятно, что в демо-версии нет ограничения на размер кода, поэтому можно создавать проект любого размера и для любого AVR-микроконтроллера, включая новинку фирмы Atmel – микросхемы серии AT94, содержащие ядро AVR, работающее на частоте до 40 МГц. Демо-версию компилятора доступна по адресу: <http://atmel.argussoft.ru/download/software/mcu/iccavrdem.zip>.

В результате компиляции формируются два файла: один в формате COFF для последующей отладки в AVR Studio, а второй в формате HEX для загрузки в программатор, причем запрограммировать микросхему можно прямо из среды ImageCraft.

Программа для устройства сбора и отображения данных написана именно с использованием Си-компилятора фирмы ImageCraft. Длина выходного hex-файла составляет 1280 байт. Исходный текст программы можно скачать по адресу www.platan.ru/shem/.

Консультацию по применению AVR-микроконтроллеров можно получить у авторов статьи по телефону 216-5929 или написав письмо по адресу korolev@argussoft.ru.

Николай Королев,
Дмитрий Королев,
korolev@argussoft.ru

128-канальный аналоговый коммутатор

Данное устройство создавалось для облегчения проверки и выявления брака при экспериментальном производстве матриц светодиодных элементов на основе автокатодов, которые обладают рядом преимуществ перед привычными дисплеями (ЭЛТ, жидкие кристаллы, плазменные дисплеи). Наиболее важные из них – экономичность, высокая контрастность и высокий КПД преобразования электроэнергии в свет. Но многие проблемы еще не решены, поэтому автокатоды в данный момент находятся в стадии развития. Одной из проблем при изготовлении матриц автокатодных лампочек являются токи утечки между соседними проводниками. Так как рабочие напряжения автокатодов составляют сотни вольт, межконтактные сопротивления порядка десятков килоом существенно влияют на качество работы отдельных элементов. Коммутатор позволяет подключать и тестировать на межконтактные сопротивления матрицу с общим количеством контактов не более 128 (например, квадратную матрицу 64x64).

В действительности, область применения коммутатора не ограничивается только этим. Например, можно тестировать на обрывы кабели, плоские шлейфы, проверять печатные платы. Схема позволяет не только судить о наличии/отсутствии проводимости, но даже рассчитывать сопротивление участка. Еще одно из возможных применений прибора – использование его в качестве 128-канального вольтметра, осциллографа либо индикатора логических уровней, например, при изучении работы неизвестного устройства.

Прибор работает по следующему принципу. Образцовое напряжение коммутируется на один из контактов входного разъема, проходит через исследуемое устройство (кабель) и попадает на какой-либо контакт входного разъема. Мультиплексоры коммутируют прошедшее через схему (кабель) напряжение на образцовый резистор, по которому ток стекает на землю. Падение напряжения на этом резисторе и является измеряемой величиной. Зная образцовое напряжение, образцовое сопротивление и внутреннее сопротивление цепи мультиплексоров, через которые проходит сигнал, можно вычислить сопротивление устройства (кабеля), подключенного к входному разъему. Основу прибора составляет матрица микросхем ADG506 (фирма Analog Devices). Схема одной ячейки этой матрицы показана на рис. 1, а на рис. 2 приведена полная схема устройства. ADG506 представляет собой 16-канальный аналоговый мультиплексор. Он соединяет один из 16 входов (реально они могут быть и выходами) с общим «выходом», в зависимости от двоичной информации на адресных входах мультиплексора и сигнала на входе разрешения EN.

Все микросхемы ADG506 разделены на две древовидные структуры, каждая из которых представляет собой каскадированное соединение микросхем в 128-разрядный мультиплексор. Таким образом, микросхемы U17, U1–U8 со-

ставляют структуру Y (таблица 1), которая коммутирует образцовое напряжение 5 В с образцового источника U21 на произвольный контакт X0–X127 порта тестирования, состоящего из двух разъемов P1, P2.

Микросхемы U9–U16, U18 образуют структуру Z, которая обеспечивает коммутацию одного из этих же контактов X0–X127 порта тестирования на образцовый резистор R5 или R6 (зависит от

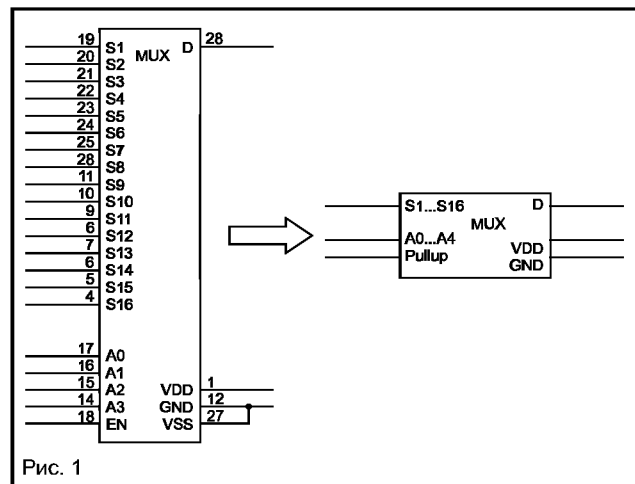


Рис. 1

положения джампера S1). Далее напряжение с опорного резистора буферизируется операционным усилителем U19. Резисторы R3, R7 служат для ограничения возможных бросков тока при «горячем» включении исследуемого устройства к порту тестирования. Резистор R4 служит для подвески потенциала к нулю, когда входной контакт исследуемого порта «висит в воздухе» или у него слишком высокое сопротивление.

Возникает вопрос, для чего контакты структур Y и Z были соединены вместе. Ведь если развести их на разные разъемы, мы могли бы получить мультиплексор, способный тестировать матрицу 128x128. Благодаря объединению входов структур Y и Z, появляется возможность для самодиагностики прибора (контроль

прохождения образцового напряжения по каждой линии до порта тестирования и обратно) и, что очень важно, измерения внутреннего сопротивления всех мультиплексоров, через которые проходит сигнал. В технической документации на мультиплексоры ADG506 сказано, что внутреннее сопротивление может лежать в пределах 280–600 Ом, поэтому очень важно иметь возможность измерения этого сопротивления именно для тех микросхем, которые установлены в устройство.

Вспомнив закон Ома, получим зависимость искомого сопротивления от напряжения на образцовом резисторе, приняв сопротивление мультиплексора равным 300 Ом и учитывая, что сигнал проходит на своем пути последовательно через четыре мультиплексора:

$$R_x(U, R_{ref}) = \frac{U_{ref} R_{ref}}{U - (4 \cdot R_{mux} + R_{ref})}, \\ R_{mux} = 300 \text{ Ом}, U_{ref} = 5 \text{ В}.$$

Из приведенного на рис. 3 семейства кривых (все в системе С) для разных значений образцового сопротивления R_{ref} равных 1, 5, 15 кОм очевидно, что образцовое сопротивление около 1 кОм снижает диапазон напряжений примерно в два раза. Если ставим большее сопротивление (15 кОм), наблюдается завал точности измерения низких сопротивлений порядка 500 Ом (высокая по модулю производная на правом участке графика).

Проанализируем, как влияет внутреннее сопротивление мультиплексоров на это семейство графиков. Предположим, внутреннее сопротивление (R_{mux}) мультиплексоров равно 50 Ом. Полученные для этого случая графики приведены на рис. 4. Очевидно небольшое увеличение диапазона напряжений и, что важно, улучшение точности измерения низких сопротивлений (правая сторона графика, ли-

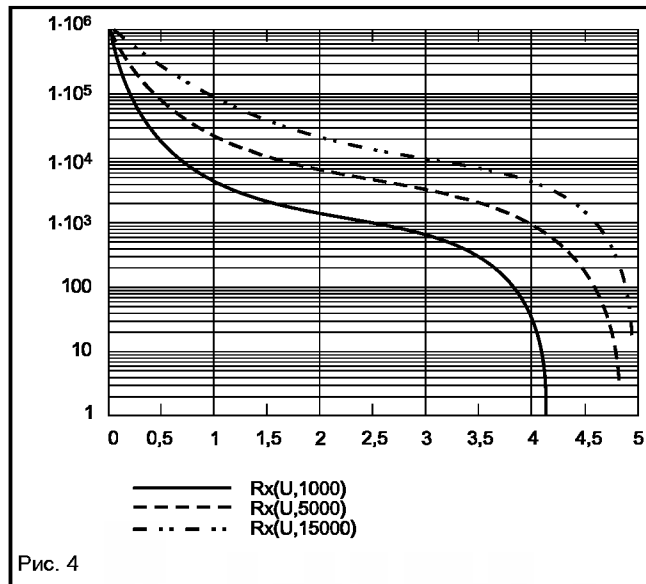
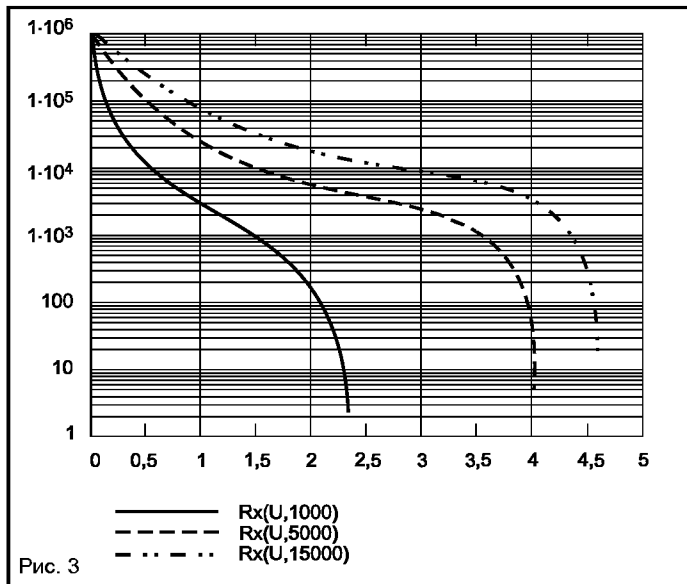
нии стали менее резко уходить вниз). Сопротивление 50 Ом было выбрано не случайно. Мультиплексоры ADG506 фирма Analog Devices не рекомендует использовать в новых разработках, а предлагает устанавливать вместо них полностью совместимые по выводам улучшенные ADG406 с пониженным внутренним сопротивлением в открытом состоянии (около 50 Ом). К сожалению, в момент создания прототипа автору не удалось купить данные микросхемы и пришлось использовать ADG506, которые были расположены на цанговых панелях (рис. 5).

Данное устройство не способно работать автономно и требует наличия внешних сигналов управления, которые выведены на разъем P3. В их чис-



Оценим из графика (рис. 3) точность измерения сопротивления. Очевидно,

48



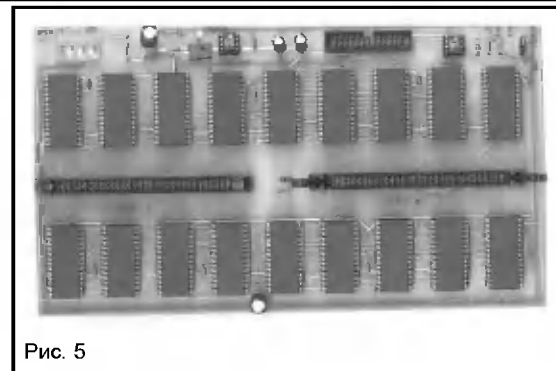
изводную, получаем, что в окрестности 300 Ом дискретность составляет 800 Ом/0,5 В = 800/100 = 8 Ом, а в окрестности 50 кОм – 30 кОм/0,5 В = 30 кОм/100 = 300 Ом. Подводя итоги, видим, что в интервале сопротивлений от 300 Ом до 50 кОм точность прибора составляет 1%, что является немногим хуже обычного мультиметра!

Данный прибор можно использовать для измерения не только сопротивлений, но и напряжений, т. е. как 128-канальный осциллограф, просто не включая опорный источник сигналом УЕ и

отключив опорный резистор.

Для управления данным прибором возможно использовать компьютер с какой-либо платой АЦП. Автором был создан модуль управления на базе микроконтроллера AVT AT90S8535, описание которого будет опубликовано в следующем номере журнала.

Артем Скворцов,
sof@comail.ru



Стационарные часы реального времени с синхронизацией по радиоканалу

Модуль RS-232

Схема этого модуля приведена на рис. 7. Он получает информацию по внутренней шине, так же как и модуль SPI. По желанию заказчика, модуль RS-232 передает информацию на модем один раз в минуту. Информация о текущем времени появляется на шине каждую секунду, поэтому микроконтроллер модуля RS-232 пропускает 59 посылок, транслируя на модем только шестидесятую. Информация на внутренней шине часов передается с использованием протокола SPI, описанного выше. Компоненты, входящие в модуль RS-232, установлены на печатной плате, имеющей такие же габариты, как и плата модуля SPI.

Особенность модуля – использование микросхемы DD2 (SCC2691). Эта микросхема аналогична старой 8251, но возможности SCC2691 на порядок превышают возможности 8251. Одно из преимуществ – наличие встроенного генератора с программируемой скоростью приема/передачи. Причем способ приема может отличаться от скорости передачи. В данной схеме использованы простейшие функции микросхемы, в частности – только режим передачи.

Микросхема DD3 (TC232CPE) – преобразователь уровней. Светодиод VD2 включается один раз в минуту, индицируя передачу временного пакета на модем.

Модуль “Часы-индикатор”

При создании описываемой конструкции прорабатывалось два варианта часов-индикаторов: цифровые (рис. 8) и аналоговые (рис. 9).

В цифровых часах-индикаторах в качестве индикатора текущего времени использован однострочный жидкокристаллический алфавитно-цифровой дисплей. Число символов в строке – 16, высота символа – 10 мм. Индикатор имеет подсветку, что облегчает работу с ним в затемненных помещениях. Микросхемы DD2 и DD3 – оптоэлектронная развязка, применение которой значительно повышает помехозащищенность системы. Микросхема DA1 – стабилизатор с фиксированным напряжением стабилизации +5 В. С основным модулем часы-индикаторы соединены кабелем из четырех проводов: питание +12 В, SCL, SIN, Gnd. Наибольшее удаление часов-индикаторов от основного модуля – 150 м. В случае отсутствия сигнала SPI на входе часов-индикаторов в течение 5 с, на дисплее высвечивается надпись “Error”. В нормальном режиме на дисплее часов-индикаторов высвечивается информация о текущем времени: 13:45:54 UTC (т. е. часы, минуты, секунды и надпись UTC).

На рис. 9 показана схема аналоговых часов-индикаторов. Основа этих часов – кварцевые настенные часы с батарейным питанием. У многих дома есть такие часы. Переделка часов заключается в следующем. Электроника часов не используется, катушка электромагнита отключается от внутренней схемы и подключается к модулю “Часы-индикатор”, как показано на схеме.

Модуль генерирует импульсы, форма и длительность которых также показана на схеме. Разнополярный сигнал получается коммутацией линий выхода PA0 и PA1 микроконтроллера. Естественно, при таком способе управления часами, стабильными будут импульсы секунд, а часы и минуты должен выставить оператор.

Исходные тексты программ для всех модулей можно скачать по адресу <http://www.platan.ru/shem/>.

Виктор Заикин
victor.zaikin@mail.ee

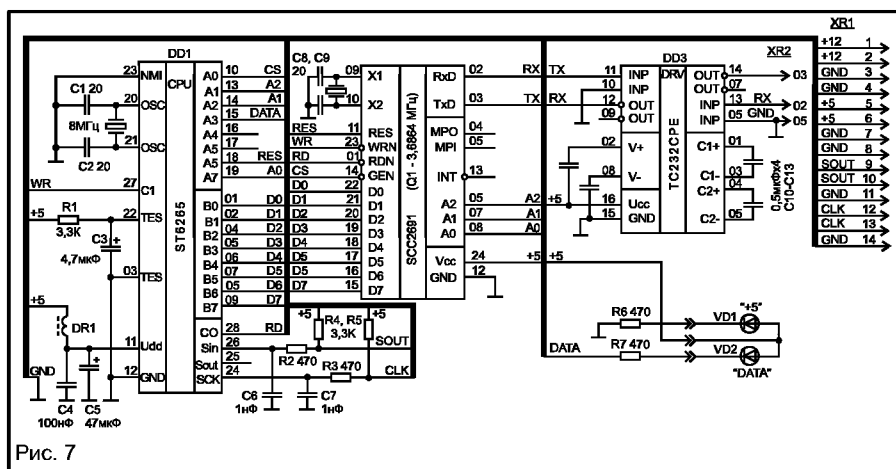


Рис. 7

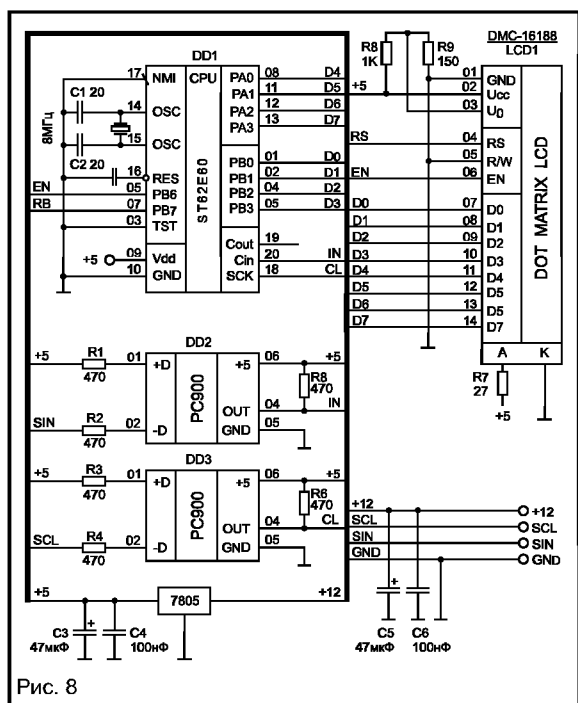


Рис. 8

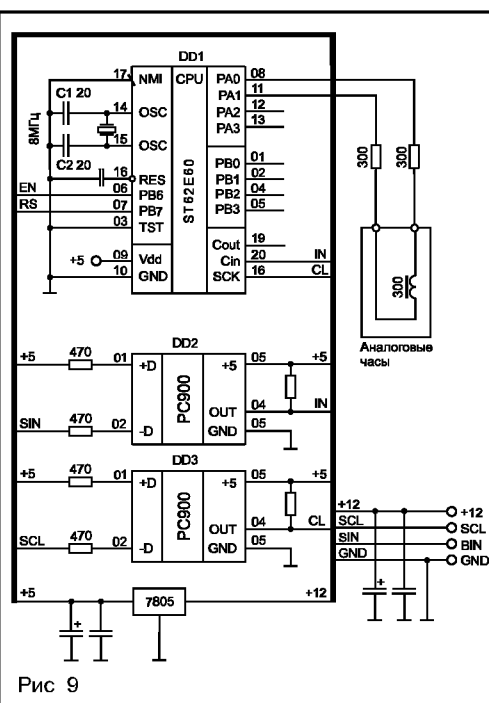


Рис. 9

Люминесцентный светильник с батарейным питанием

Маломощная лампа дневного света с питанием от 12 В постоянного тока экономична и может применяться как ручной фонарь, настольная лампа на даче или садовом участке, в походе или на рыбалке. Кроме того, она очень удобна при ремонте автомобиля в ночное время.

В описываемом устройстве (рис. 1) питание лампы осуществляется от преобразователя напряжения на транзисторе. Частота генерации составляет около 20 кГц, что избавляет от неприятного писка трансформатора, но в то же время позволяет применить в схеме дешевый низкочастотный транзистор. Форма генерируемых колебаний близка к синусоидальной, это обеспечивает почти полное отсутствие радиопомех, которыми грешат все релаксационные и блокинг-генераторы, обычно используемые в таких устройствах.

В светильнике напряжение холостого хода, вырабатываемое генератором на транзисторе VT1, полностью приложено к пусковому устройству. Ток, протекающий через цепочку стабилитронов во время положительной полуволны напряжения, отпирает тиристор, который, в свою очередь, обеспечивает протекание тока через нити накала лампы. Во время отрицательной полуволны питающего напряжения пусковое устройство генерирует высоковольтный поджигающий импульс. Происходит это следующим образом. Запирание диода VD4 из-за его низкого

быстродействия происходит, не при нулевом, а при некотором отрицательном токе через цепь "вторичная обмотка трансформатора — нити накала лампы — пусковое устройство". В момент запирания выделяется энергия, накопленная в индуктивности вторичной обмотки, вырабатываемая импульс высокого напряжения

(500...600 В). Этот импульс приложен к разрядному промежутку лампы, поскольку пусковое устройство в этот момент уже заперто. Такой способ возбуждения газового разряда позволяет зажечь лампу за 1–2 с при комнатной температуре и не более 10–20 с при отрицательной температуре воздуха. Малектный образец светильника позволил получить устойчивое свечение через полминуты при самых неблагоприятных условиях: разряженных батареях и температуре воздуха –22°C.

После возникновения газового разряда в лампе, выходное напряжение генератора падает до напряжения горения. Стабилитроны VD2, VD3 подобраны так, чтобы в это время тиристор не открывался. Таким образом, во время свечения лампы пусковое устройство отключено и на работу светильника не влияет. В случае же погасания разряда оно вновь включается в работу и обеспечивает повторное зажигание лампы. Работа устройства на холостом ходу (при перегорании нити накала лампы) полностью безопасна для схемы, поскольку в этом случае вырабатывается лишь напряжение холостого хода 100...120 В.

Конструкция светильника может быть самой разнообразной. Следует отме-

тить только, что отражатель (желобоподобная полоска полированного металла), расположенный вдоль лампы, нужно подключить к одному из ее электродов, как показано на схеме (рис. 1). Это облегчает зажигание.

На конструкции трансформатора следует остановиться особо, так как именно она обеспечивает нужные характеристики всего устройства. Сердечником трансформатора является ферритовый стержень от магнитной антенны радиоприемника из материала М400НН (рис. 2), диаметром 8 мм и длиной 100...120 мм. В середине его, на длине около 20 мм, размещается первичная обмотка генератора (W1), состоящая из 22 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,8 мм. Поверх нее наматывается обмотка обратной связи W2 (30 витков, ПЭВ-2 0,4 мм). Вторичная обмотка состоит из двух катушек (W3, W4) по 220 витков провода ПЭВ-2 0,17 мм, намотанных внавал на бумажных гильзах длиной 15 мм и перемещающихся по сердечнику. Одна из катушек придвигается вплотную к первичной обмотке, другая передвигается по стержню в процессе настройки. Все катушки после намотки следует пропитать каким-либо лаком. Начала обмоток должны быть отмечены.

Устройство собрано на широко распространенных комплектующих. Постоянные резисторы — любые непереволочные мощностью не менее 0,5 Вт. Конденсатор С1 — оксидный (электролитический), С2 — пленочный или металлобумажный, например типа К73-17 на рабочее напряжение не менее 100 В (импортные конденсаторы, рассчитанные на напряжение 30 В нередко пробиваются при выключении).

В качестве VT1 можно использовать транзисторы КТ817, КТ805, КТ819, устанавливаемые на теплоотвод — алюминиевую пластину размером 50х50 мм. Тиристор VD1 — КУ221А, Б или В. Стабилитроны VD2, VD3 — КС527. Возможно, их тип или количество придется изменить для надежного отключения пускового устройства после зажигания лампы. Это зависит от характеристик применяемой лампы. В качестве диода VD4 лучше всего зарекомендовал себя КД209В, однако можно использовать диоды другого типа с прямым током до 0,5 А и обратным напряжением 600...700 В. Следует отметить, что этот диод должен иметь верхнюю граничную частоту не более 1 кГц. Диод VD5 типа КД102 или аналогичный защищает управляющий электрод тиристора от импульсов обратного напряжения.

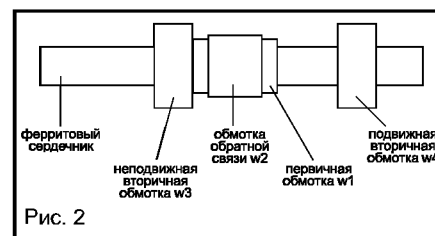


Рис. 2

Как известно, газовый разряд в люминесцентной лампе не обладает свойством самостабилизации. В светильниках с питанием от сети для ограничения тока через лампу применяют громоздкие индуктивные балластные дроссели. Здесь же падающая выходная характеристика источника питания обеспечивается особой конструкцией трансформатора. Зажигание лампы производится автоматически, с помощью пусковой схемы на тиристоре. Все это позволило создать компактный и удобный в эксплуатации светильник с неплохим КПД.

Источником высокого напряжения для питания лампы (около 110 В на холостом ходу) является генератор на транзисторе VT1, выполненный по схеме с общим коллектором с индуктивной обратной связью. Частота генерации определяется индуктивностью обмотки W1 и емкостью конденсатора С2. Цепь R2C1 облегчает режим транзистора при установившейся генерации. Начала обмоток показаны на схеме точками.

Пусковое устройство представляет собой ключевую схему, управляемую приложенным к ней напряжением, — аналог динистора на тиристоре VD1 и стабилитронах VD2, VD3. При включе-

Лампы, применяемые в светильнике, могут быть мощностью 4...8 Вт. Конструкция трансформатора позволяет регулировать параметры источника питания в широких пределах и приспособить его практически к любой нагрузке.

Если устройство собрано из исправных деталей и без ошибок, то для налаживания достаточно иметь тестер. Вначале следует добиться запуска генератора на холостом ходу (при вынутой лампе) и проверить напряжение на вторичной обмотке. Оно должно составлять 100...120 В. Если при работе генератора

слышен звук, избавиться от него можно, уменьшив емкость конденсатора С1.

Добившись устойчивой работы генератора, отодвиньте подвижную половину вторичной обмотки на максимально возможное расстояние от первичной и подключите лампу. Придвигая подвижную катушку ближе к первичной обмотке, добейтесь устойчивого горения лампы при номинальном напряжении на ней, соответствующем ее паспортным данным. Не забудьте зафиксировать положение катушки нитками или клеем. И в заключение остается убедиться, что в режиме ус-

тановившегося горения пусковое устройство отключено: падение напряжения на каждой из нитей накала лампы при этом должно быть равно нулю. Если пусковое устройство не отключается, подберите стабилитроны VD2, VD3 с большим напряжением стабилизации.

Ток, потребляемый устройством от источника питания, составляет около 750 мА при использовании лампы номинальной мощностью 6 Вт.

Хацусиро Хазимота,
kazimota@mail.ru

Регулятор температуры с системой аварийного предупреждения

В случае превышения температуры вам поможет электронный индикатор перегрева, предупреждающий звуковым сигналом о достижении температурой опасного предела [1]. Но этот пассивный прибор не сможет устранить причину перегрева. Для поддержания температурного режима требуется активный прибор, позволяющий выработать управляющее воздействие. Такое устройство – терморегулятор – может быть собрано на микросхеме типа КР1436АП1.

Состав функциональных узлов микросхемы КР1436АП1 [2] позволяет создать схему регулирования температуры какого-либо объекта. В качестве термочувствительного элемента подойдет транзистор в схеме опорного элемента [3]. Кроме того, такой регулятор температуры можно оснастить звуковой системой предупреждения об аварийной ситуации (например, о перегреве объекта).

Схема такого устройства приведена на рис. 1. Она состоит из микросхемы КР1436АП1 и нескольких навесных элементов. Основной функциональный узел – это транзисторный датчик температуры на два порога, выполненный на элементах VT1, VT2, VT3 и R1–R5. Он управляет первым триггером Шмитта микросхемы, к выходу R1 которого подключается нагреватель (через согласующий каскад). Второй триггер Шмитта и RC-цепочка (вход RC2) образуют звуковой генератор, нагруженный на пьезоизлучатель. Рассмотрим взаимодействие элементов терморегулятора.

Опорный элемент – датчик температуры – подключен к выводу BC микросхемы, который имеет стабильное напряжение величиной около 9,3 В. Резистором R1 опре-

деляется первый порог срабатывания (то есть температура регулирования). Напряжение на резисторе R1 устанавливается таким образом, что при нормальной температуре его величина недостаточна для открывания транзистора VT1. Когда температура датчика ниже порога срабатывания, то все транзисторы опорного элемента (VT1–VT3) закрыты и звуковой генератор заблокирован. При увеличении температуры напряжение на переходе база-эмиттер транзистора VT1 уменьшается, так как его ТКН отрицательный, и при определенной температуре VT1 начнет открываться. Затем начнет открываться транзистор VT2. При этом потенциал коллектора VT2 снизится, и произойдет переключение выхода R1 триггера Шмитта, управляющий сигнал с которого поступит на нагреватель и выключит его. Температура объекта начнет снижаться, и VT1, охладившись, переведет схему в первоначальное состояние. Нагреватель включается вновь. При повышении температуры выше первого порога (например, при отказе элементов регулятора)

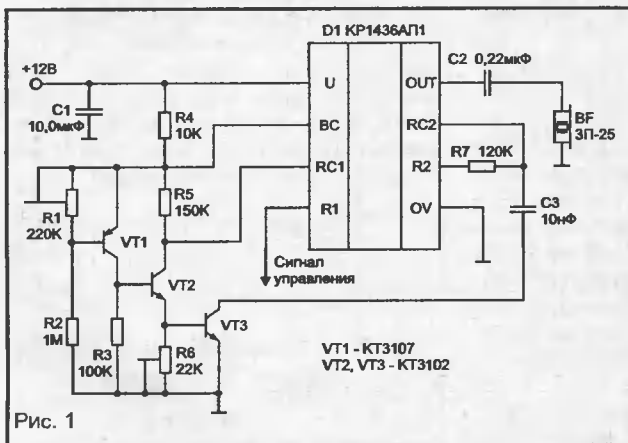


Рис. 1

собность и должен быть согласован с нагревателем. Один из вариантов такого схемного решения показан на рис. 2. Усиления по току транзисторов VT1 и VT2 (которое может достигать нескольких тысяч) достаточно для включения резистивного нагревателя ($R_{нагр}$) или катушки реле (K), которое может управлять еще более мощным устройством (например, циркуляционными насосами).

Другой вариант схемного решения нагревательного устройства показан на рис. 3. Его особенностью заключается в том, что в качестве нагревающего элемента ис-

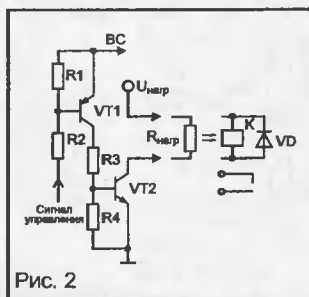


Рис. 2

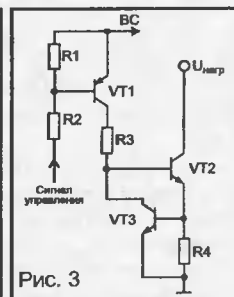


Рис. 3

пользуется транзистор VT2. Для обеспечения безопасной работы ток его коллектора ограничивается с помощью транзистора VT3. Мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора, равна произведению проходящего тока (I_k) на напряжение питания ($U_{нагр}$). С помощью резистора R4 может быть установлена соответствующая величина тока I_k . Его значение может быть определено по приближенной формуле $I_k = 0,65/R_9$. В зависимости от требуемой мощности на нагрев объекта, может быть применен транзистор соответствующего типа и конструкции. Например, транзистор в корпусе типа КТ-27 (ТО-128) может работать при мощности до 10–25 Вт, а в корпусе КТ-28 (ТО-220) – при мощности до 30–60 Вт. Транзисторный нагреватель проще по конструкции, чем резистивный (из проволоки), а также легче устанавливается на объект регулирования.

Игорь Кольцов,
shemotech@mtu-net.ru

Литература

1. И. Кольцов. Термосигнализатор. – Схемотехника, № 4, 2001.
2. И. Л. Кольцов. Логический пробник со звуковой индикацией. – Схемотехника, № 3, 2001.
3. И. Л. Кольцов. Стабилитроны и управление их недостатков. – Схемотехника, № 1, 2001.

Основные электрические характеристики оптоэлектронных коммутаторов серии К294КП

В современной электронной технике все более широкое распространение получает новый тип твердотельных реле – оптоэлектронные коммутаторы на МОП-транзисторах, успешное использование которых в системах связи и автоматики вытесняет электромагнитные реле из традиционных областей их применения.

В настоящее время номенклатура выпускаемых приборов выросла настолько, что разработчики реле имеют весьма широкие возможности по выбору компонентов как зарубежного, так и отечественного производства, наиболее полно отвечающих требованиям, предъявляемым при проектировании различных видов аппаратуры. При этом знание основных характеристик прибора и физических принципов, определяющих его параметры, может быть весьма полезно.

Рассмотрим более подробно основные электрические и эксплуатационные

VT2). Пара встречно включенных ДМОП-транзисторов обеспечивает низкие выходные токи утечки прибора в состоянии “выключено” при любой полярности приложенного напряжения.

Светодиод изготовлен на основе арсенидгаллиевой гетероструктуры типа GaAs/Ga_{0,8}Al_{0,2}As. При подаче на его вход управляющего сигнала, он излучает свет в инфракрасном диапазоне. Такой тип светодиода используется во всех приборах серии К294КП, что и определяет их унифицированные входные характеристики, представленные

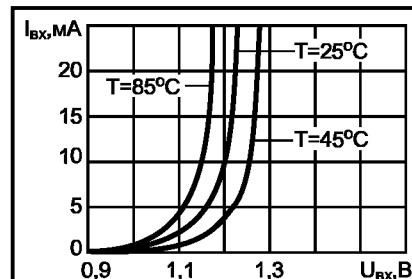


Рис. 2. Входные характеристики оптоэлектронных коммутаторов серии К294КП

имеющего высокое пробивное напряжение (свыше 20 кВ/мм). Канал длиной 0,5...3 мм позволяет обеспечить надежную гальваническую изоляцию входных и выходных цепей оптоэлектронного коммутатора. Пройдя через оптический канал, световой поток освещает фоточувствительный драйвер, состоящий из 14 последовательно соединенных фотодиодов и схемы разряда. Генерируемая драйвером фото-ЭДС подается на затворы ДМОП-транзисторов, что приводит к изменению состояния на выходе прибора с выключенного на включенное.

Зависимость выходного сопротивления рассматриваемых оптоэлектронных коммутаторов от входного тока представлена на рис. 3.

Эффективность преобразования входного тока светодиода в фототок цепочки фотодиодов довольно низкая. Входная емкость ДМОП-транзисторов, составля-

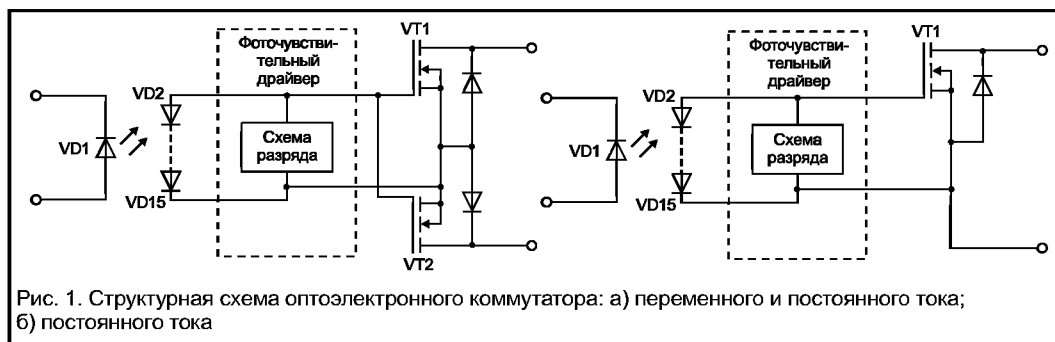


Рис. 1. Структурная схема оптоэлектронного коммутатора: а) переменного и постоянного тока; б) постоянного тока

характеристики оптоэлектронных коммутаторов на примере нескольких типов микросхем, входящих в состав серии К294КП, с которой читатели журнала уже имели возможность познакомиться (“Схемотехника” 1, 3/2001).

Как правило, техническая информация, доступная потребителям, содержит значения параметров, гарантированные изготовителем при приемке и поставке для температуры окружающей среды 25°C±10%. В таблице 1 приведены такие параметры для оптоэлектронных коммутаторов постоянного тока К294КП1АПЗ, К294КП1БПЗ, а также для микросхем К294КП2АПЗ, К294КП2БПЗ, способных коммутировать как постоянный, так и переменный ток.

Оптоэлектронные коммутаторы представляют собой гибридные интегральные микросхемы. Структурные схемы этих приборов представлены на рис. 1. Они состоят из кристаллов светодиода (VD1), фоточувствительного драйвера (VD2–VD15 – фотодиоды) и ДМОП транзисторов (VT1,

на рис. 2. Следует сразу же оговориться, что все типовые зависимости, рассматриваемые в настоящей статье, приведены для случаев малого или кратковременного импульсного входного и выходного сигналов, исключающих саморазогрев прибора мощностью, выделяемой при протекании тока.

Световой поток, излучаемый светодиодом, попадает в оптический канал, сформированный из прозрачного для инфракрасного излучения компаунда,

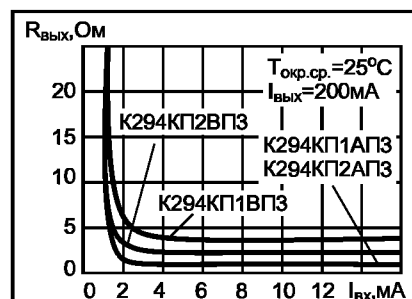


Рис. 3. Зависимость выходного сопротивления от входного тока

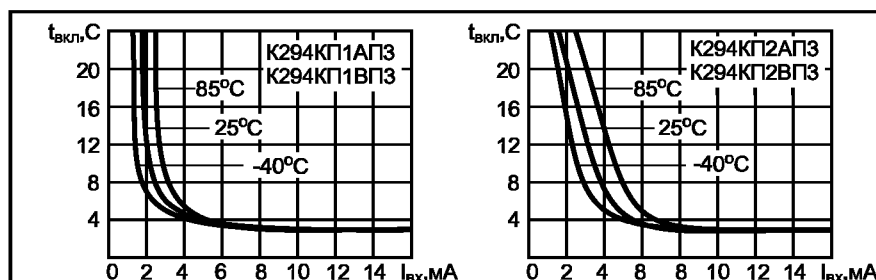


Рис. 4. Зависимость времени включения от входного тока

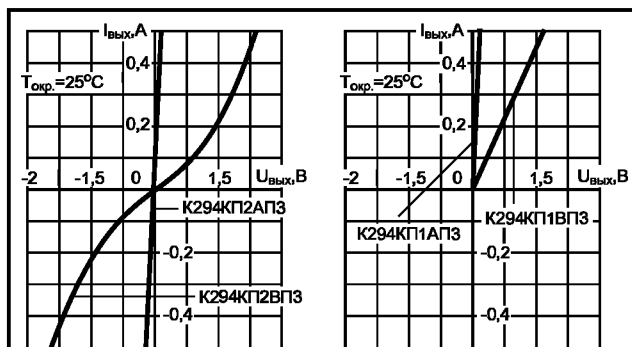


Рис. 5. Выходные характеристики

ющая сотни пикофард, заряжается током величиной всего лишь несколько микроампер, что и объясняет невысокое, по сравнению с традиционными транзисторами и тиристорными оптронами, быстродействие оптоэлектронных коммутаторов на ДМОП-транзисторах. Зависимость времени включения от входного тока для рассматриваемых приборов представлена на рис. 4.

Выключение оптоэлектронного коммутатора осуществляется специальной схемой разряда, входящей в состав фоточувствительного драйвера, которая обеспечивает быстрый разряд входной емкости ДМОП-транзисторов, после того как через входной светодиод перестает протекать прямой ток. Благодаря этой схеме, время выключения не превышает 1 мс во всем рабочем диапазоне температур и не зависит от входного тока.

Выходные зависимости оптоэлектронных коммутаторов полностью определяются типом используемых ДМОП-транзисторов, которые обладают высокой степенью линейности вольт-амперной характеристики (рис. 5). В оптоэлектронных коммутаторах переменного тока один из ДМОП-транзисторов работает в инверсном включении, при котором диод сток-исток, включенный в прямом направлении, шунтирует сопротивление канала. Этим объясняется уменьшение дифференциального сопротивления микросхемы К294КП2ВПЗ при больших выходных напряжениях.

Выходное сопротивление приборов обладает определенной температурной зависимостью, которая в нормированном виде представлена на рис. 6.

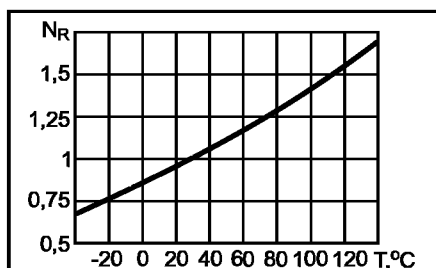


Рис. 6. Зависимость выходного сопротивления от температуры среды

$$N_R = R_{\text{выхТ}} / R_{\text{вых25}}$$

Одной из характеристик механического контакта, которую принципиально не могут повторить изделия полупроводниковой электроники, является полное отсутствие тока в разомкнутом состоянии. Рассматриваемые приборы в выключенном состоянии имеют определенный ток утечки (рис. 7). При проектировании электронной аппаратуры с использованием оптоэлектронных коммутаторов следует учитывать, что выключенным состоянием прибора считается состояние, при котором напряжение на входе меньше 0,8 В. Входной ток, величиной всего лишь в десятки доли миллиампера, вызывает многократное увеличение тока утечки на выходе прибора. Зависимость тока утечки от напряжения, показанная на рис. 7, справедлива в случае приложенного к выходным контактам постоянного напряжения. При коммутации переменного тока может возникать существенная утечка через выходную емкость закрытого ДМОП-транзистора.

Выбирая оптоэлектронные коммутаторы с наилучшим сочетанием электрических параметров, следует принять во внимание, что, с увеличением напряжения пробоя на выходе в выключенном состоянии, будет увеличиваться и выходное сопротивление во включенном состоянии. Для коммутации постоянного тока эффективней использовать микро-

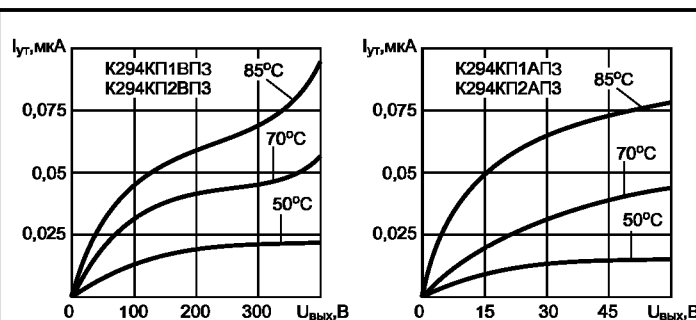


Рис. 7. Зависимость тока утечки от приложенного напряжения и температуры

схемы К294КП1АПЗ и К294КП1ВПЗ, которые, при прочих равных условиях, имеют меньшее выходное сопротивление по сравнению с более дорогими оптоэлектронными коммутаторами переменного и постоянного тока К294КП2АПЗ и К294КП2ВПЗ.

Правильному выбору режимов работы оптоэлектронных коммутаторов серии К294КП, более детально рассмотрению их нагрузочных, динамических, частотных и температурных характеристик будут посвящены публикации в следующих номерах журнала.

Дмитрий Барановский,
Роман Ветохин,
Евгений Корнеев,
syntec@orel.ru

ПЛАТАН www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ВАШЕГО УСПЕХА

BOURNS INC. Эффективный выбор для систем защиты и источников питания

Самовосстанавливающиеся предохранители серий MF-R, MF-S, MF-SM, MF-MSM www.bourns.com

- Предназначены для защиты электронных устройств от перегрузки по току или от перегрева.
- Принцип работы основан на свойстве резко увеличивать свое сопротивление под воздействием проходящего тока, превышающего номинальный рабочий ток, или под действием температуры окружающей среды, в несколько раз превосходящей номинальную, и автоматически восстанавливать свои первоначальные свойства после устранения этих причин.

Серия	Диапазон номинальных токов, А	Макс. рабочее напр., В	Сопр. в отк. сост., Ом	Область применения
MF-R	0.10-9.00	60	0.005-2.50	Общего назначения, автомобильная электроника.
MF-S, MF-LS, MF-LH	0.70-4.20	30	0.006-0.085	Защита аккумуляторных батарей от короткого замыкания, перегрева. Никельные выводы для точечной сварки непосредственно на элемент батареи.
MF-SM	0.30-2.60	60	0.025-0.90	Для поверхностного монтажа. Компьютеры и периферия, автомобильная электроника.
MF-MSM	0.14-1.50	60	0.03-1.50	Для поверхностного монтажа, типоразмер 1812. Применяются в устройствах с высокой плотностью монтажа: жесткие диски, PCMCIA-карты и др.

Фирма "ПЛАТАН" является официальным дистрибутором фирмы "BOURNS" и поставляет полный ассортимент ее продукции со склада и на заказ.

В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК:

- Подстроечные и переменные резисторы
- Миниатюрные кнопки и переключатели
- Цифровые датчики угла поворота (энкодеры)
- Индуктивные компоненты

International TORRECHER

Infineon Technologies

MITSUBISHI ELECTRIC

EPCOS

Honeywell

MOTOROLA

intersil

mulPatin

CRYDOM

DALSA VISION

Kingbright

121351, Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, к. 1, стр. 2
Тел./факс: (095) 73-75-999
Почта: 121351, Москва, а/я 100
E-mail: bourns@platan.ru

Силикобактер: как это было

В научном и околонаучном мире хорошо известны достижения американских и японских технологов, немного хуже – российских или советских. Но совершенно незаслуженно в тени остались работы новозеландских ученых. Только в последнее время немного приоткрывается завеса забвения над фундаментальными открытиями, сделанными в 70-х годах прошлого столетия.

Молодой нейрофизиолог и специалист по черепно-мозговой хирургии Джеймс Фрайтаг (James Freitag) и шофер небольшой фирмы по перевозке кормов для кроликов Koala Transportation Куки Робинсон (Cookie Robinson) просто не могли не встретиться. Они оба с юности были увлечены фантастическими идеями Уоррена Маккаллоха, создателя первой в мире теории деятельности головного мозга, зачитывались трудами Норберта Винера. Но познакомились они совершенно случайно на традиционном весеннем празднике маори – коренного населения Новой Зеландии, так называемом Дне Горячей Ноги, при комичных обстоятельствах – ввязавшись в “научный” спор подвыпивших фермеров об интеллектуальных способностях туземцев.

Как бы там ни было, Фрайтаг и Куки в своих изысканиях решили не повторять путь нейромоделирования, казавшийся тогда тупиковым. Они начали эксперименты по построению сложных систем на основе микроорганизмов *Silicobacter Campari*. Эта простейшая бактерия, живущая на субстрате кремния и других металлоидов, имеет множество разновидностей, легко мутирует и образует живописные колонии.

1975 г. был насыщен различными событиями, в большей или меньшей степени оказавшими влияние на работы по искусственному интеллекту во всем мире. Это и создание Дугласом Б. Лепатом (Стэнфордский университет) знаменитой компьютерной программы Эвриско, и применение ее для построения топологии многослойных СБИС, и замечательное творение Бенуа Мандельброта – фрактальная геометрия, и любимое развлечение студентов-кибернетиков – игра “Жизнь” (Life).

Фракталы до сих пор остаются важнейшим инструментом создания фактур и ландшафтов в программах компьютерной графики. Любой пейзаж начинается с ломаной линии. Затем каждый сегмент ломаной заменяется на уменьшенную копию своего прототипа. Если при этом происходит наложение линий, программа зеркально отражает сегменты. Небольшим изменением начальных условий и внесением случайностей в процесс “тиражирования” можно получить как фан-

тастические, так и реалистичные картины.

“Жизнь” играется в трехмерном поле, обычно с кубическими ячейками. В этом поле случайным образом располагаются “живые клетки”. Способ существования клеток задается произвольным способом с соблюдением нескольких правил. Если клетке достаточно “пищи” вокруг нее, она делится. Если соседей слишком много, клетка погибает от недостатка пропитания. В промежуточном варианте клетка засыпает. Чаще всего условия записывались так: Жизнь-543 – это означало, что при пяти соседях непосредственно около клетки она погибает, а при трех и меньше – порождает новую клетку около себя. Несмотря на случайное расположение клеток в момент старта, конфигурация колонии претерпевает совершенно определенные стадии, фигуры и их перемещения в цикле жизни хорошо известны экспериментаторам.

Фрайтаг и Робинсон, несомненно, знали об этих замечательных алгоритмах. Для моделирования “Жизни” они использовали бактерии, которые, как и их компьютерные собратья, целиком зависят от наличия питательной среды. Ученые проводили свои опыты на полированной кремниевой пластине. Для регулирования активности бактерий применялись препараты на основе мышьяка, и таким образом изменялись “правила” от 6–5–4 (ячейка жизни силикобактера в плоскости имеет неправильную шестиугольную форму) до 3–2–1 и даже до 2–1–0. Уже после первых серий экспериментов стало ясно, что искусственный интеллект колонии *Silicobacter Campari* проявил себя совершенно с неожиданной стороны. После окончания цикла жизни колонии на подложке оставалась гексагональная эпитакасиально-планарная структура с прекрасными предсказуемыми геометрическими свойствами! Подобрать концентрацию питательных растворов и ядов (другими словами – задать правила игры) и вывести бактерии, “выращивающие” ячейки памяти, инверторы, сумматоры оказалось делом хлопотным, но вполне решаемым.

Попутно было обнаружено, что некоторые штаммы, а именно AV316 (Advanced Vital) и EV363 (Enhanced Vital), обладали

уникальной способностью выстраивать свои колонии вдоль силовых линий полей и в областях с повышенной плотностью потока лучистой энергии. В многочисленных опытах было выяснено, что бактерии “любят” как жесткое ультрафиолетовое излучение, так и рентгеновское, и прекрасно себя чувствуют в вакууме под мощным потоком электронов. Видимо, излучение являлось для микроорганизмов своего рода стимулятором, так как формирование рисунка колонии происходило по времени за считанные минуты, и колония имела резко очерченные контуры граней. Это позволило избежать чрезвычайно трудоемких и дорогостоящих фотолитографических процессов. Точность воспроизведения топологии будущих микросхем была просто фантастична. При 100% выходе готовой продукции она оказалась соответствующей 0,001 микронной технологии. Недаром выдающийся ученый-фантаст Артур Кларк назвал *Campari* технологией XXII века.

Как рассказывал Джеймс Фрайтаг, отошедший от лоботомической практики и с головой погрузившийся в мир бактерий, “в этой работе нет ничего фантастического, надо просто дать нашим помощникам жить и размножаться по правилам – еда и соседи решают все”. Эти слова знаменитого боника оказались пророческими. При попытке “выжать” из бактерий еще один уровень интеграции с помощью мышьяка, силикобактер мутировал и уничтожил всю колонию. Вначале снизился процент выхода годных микросхем. Когда это обнаружили, было уже поздно. Вирус поразил все штаммы, изменив правила выживания. Колония просто лавинообразно разрасталась и гибла от недостатка питания. Ходили упорные слухи, что силикобактеры были специально заражены одной из разновидностей вируса, выращенного в конкурирующей фирме по производству Сверх Больших Интегральных Схем. Ну чем это не начало бактериологической войны в микро- и наномире? Как ни печально, но это факт: уникальные штаммы бактерий погибли, а вся информация по этой теме была засекречена на 20 лет.

Не выдержав такого поворота судьбы, Джеймс и Куки оставили дело и поселились на острове в океане вдали от цивилизации. Как знать, если бы не эта трагическая ошибка эксперимента, или злой умысел конкурентов, возможно, слово BIOS означало бы совсем другое.

По материалам новозеландской печати

**Перевод с новозеландского
Евгения Панаева,
panaev@chat.ru,
Александра Скобичевского,
scobichevsky@mail.ru**