

СХЕМОТЕХНИКА

№ 1

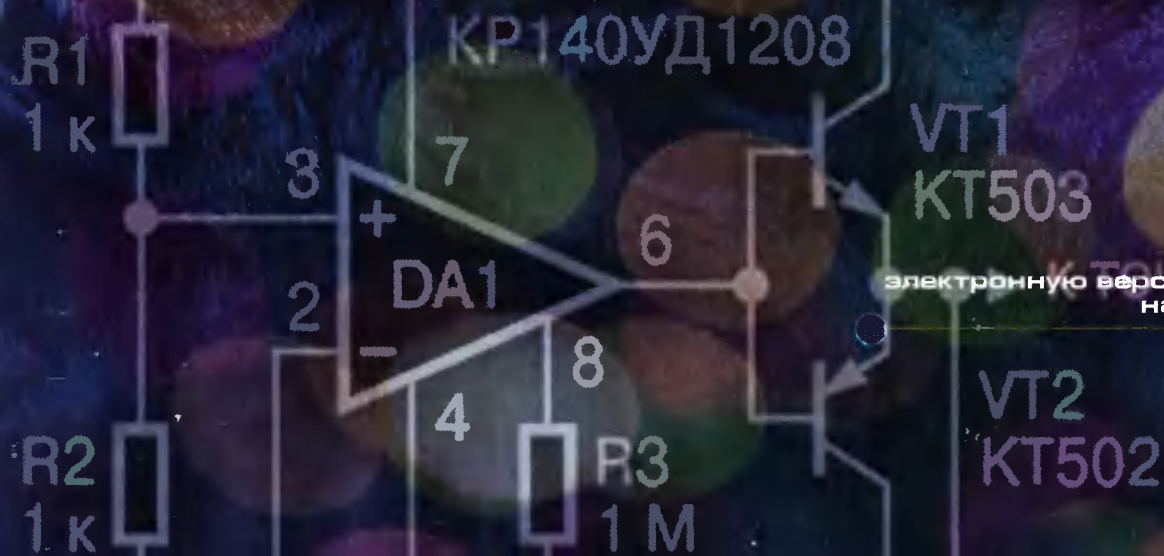
январь 2002

● АУДИОТЕХНИКА

► ОСНОВЫ СХЕМОТЕХНИКИ

● СВЯЗЬ И СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

▼ ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА



Заказывайте
электронную версию нашего журнала
на сайте www.dian.ru

Схемотехника

№ 1 январь 2002

И. О. Главного редактора
Павел Асташкевич

Редакционная коллегия

Александр Фрунзе
Виктор Йовчик
Юлия Асташкевич
Павел Правосудов

Верстка и дизайн

Алина Венкова
Дарья Дуброва

Отдел распространения

Марина Трофимова
Юрий Рубичев
Сергей Лукин
Тел.: (902) 112-9838
E-mail: compitech@mtu-net.ru

Адрес редакции

121351, Москва, ул. Ивана
Франко, д. 40, к. 1, стр. 2
Т./ф. (095) 737-9279,
768-9456
E-mail: editor@dian.ru
www.dian.ru

Издатель, учредитель
ООО «ИД Скимен»

Отпечатано с оригинал-макета
в типографии «СЗПД»
Тираж 4000 экз.
Заказ № 01.817

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»

Цена свободная

Содержание

Аудиотехника

Усилители воспроизведения для кассетных проигрывателей	2
Матричные коммутаторы	5

Измерительная техника

Милливольтметр постоянного тока на AD7714	7
---	---

Источники питания

Прибор для зарядки и тренировки автомобильного аккумулятора 10 КВ/УКВ	
---	--

Простой вариант синхронного гетеродинного приемника	12
Новые схемы сверхрегенеративных приемников для радиолюбителей, работающих в КВ и УКВ диапазонах	14

Основы схемотехники

Моделирование устойчивости электронных схем	18
Микроконтроллеры? Это же просто!	22
Astral Workbench — прорыв в новое измерение	30
Устойчивость импульсных стабилизаторов напряжения	32

Связь и сетевые технологии

Схемотехника универсальных технологических контроллеров: устройства ввода/вывода и расширения	35
Синхронизация передачи данных: способы кодирования	41

Софт

Создание аналоговых PSPICE-моделей радиоэлементов. Создание компонентов на основе макромоделей	44
--	----

Технологии

Как изготовить печатную плату	49
-------------------------------------	----

Цифровая техника

Эмулятор интерфейса ISA	54
Регулятор мощности микродрели	56
Эксперименты с микроконтроллером AT90S8535 и компилятором языка C CodeVisionAVR	58

Электроника в быту

Улучшение антенны «Диполь»	61
----------------------------------	----

Справочный листок

Тиристоры фирмы Motorola	62
--------------------------------	----

Усилители воспроизведения для кассетных проигрывателей

Несмотря на большое количество специализированных микросхем и различных схемотехнических решений, начинающие радиолюбители нередко испытывают сложность в подборе правильного решения. Основными критериями выбора, как правило, являются хорошее качество и низкая цена. Приведенные ниже принципиальные схемы вместе с топологиями печатных плат в полной мере отвечают этим требованиям. Более того, они не нуждаются в настройке и наладке и помогут существенно ускорить как модификацию имеющейся аппаратуры или ее ремонт, так и изготовлению новых конструкций.

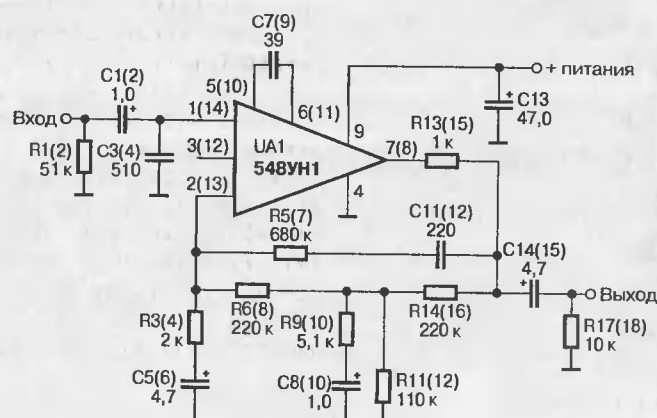
Усилитель на микросхеме 548УН1

Усилитель воспроизведения, выполненный на микросхеме 548УН1(а, б) обладает целым рядом преимуществ по сравнению со схемами на операционных усилителях. Основное преимущество — низкие шумы. Для упрощения на схеме (рис. 1) изображен только

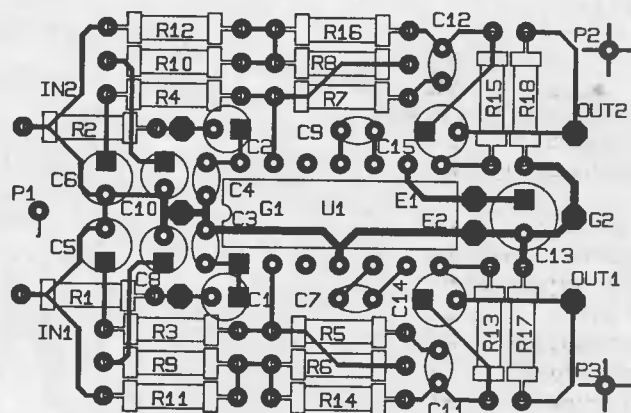
один канал. Обозначения ножек микросхемы и номера деталей для второго канала взяты в скобки.

Основные параметры усилителя:

- напряжение питания — 9–24 В;
- выходное напряжение — 100–250 мВ;
- отношение сигнал-шум (взвешенное) — не хуже –58 дБ;
- коэффициент гармоник — менее 0,1 %.



а



б

Рис. 1

Резистор R1, шунтирующий обмотку воспроизводящей головки, нужен для предотвращения возбуждения на инфранизких частотах. Для некоторых типов головок его величина может быть уменьшена до 10 кОм. Конденсаторы C7 и C13 также помогают устранить самовозбуждение. Необходимая частотная коррекция по высоким, средним и низким частотам осуществляется при помощи цепочек R5C11, R9C8, R3C5. Дополнительный подъем в области ВЧ образован контуром, состоящим из индуктивности головки воспроизведения и емкости C3. Конденсаторы C1 и C14 — разделительные. Резистор R17 служит для перезаряда конденсатора C14 и необходим лишь в том случае, когда после каскада воспроизведения следует другой каскад с емкостью на входе. Резистор R11 определяет режим работы канала, и его величина должна соответствовать половине напряжения питания на выводе 7 микросхемы. Конденсаторы в сигнальных цепях желательно ставить пленочные, а из электролитических лучше использовать танталовые конденсаторы серий K52, K53, хотя сам усилитель хорошо работает и с обычными керамическими (KM 4, 5, 6) и оксидно-фольговыми конденсаторами (K50-**).

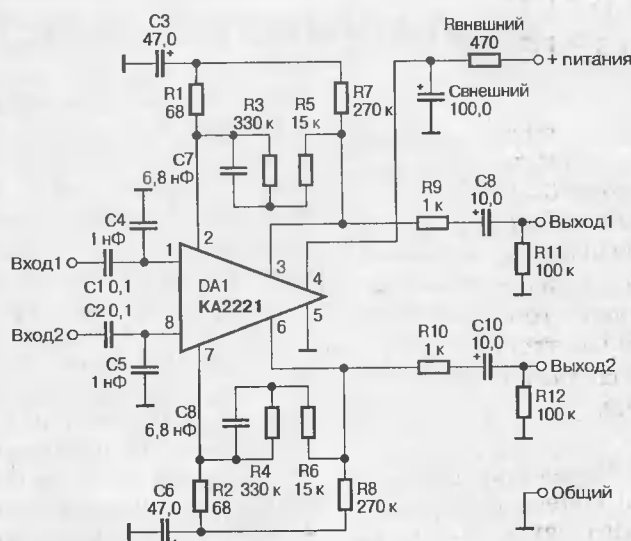
Усилитель на микросхеме КА2221

Усилитель воспроизведения, выполненный на импортной микросхеме КА2221 (рис. 2), обладает несколькими лучшими параметрами по сравнению с предыдущей схемой.

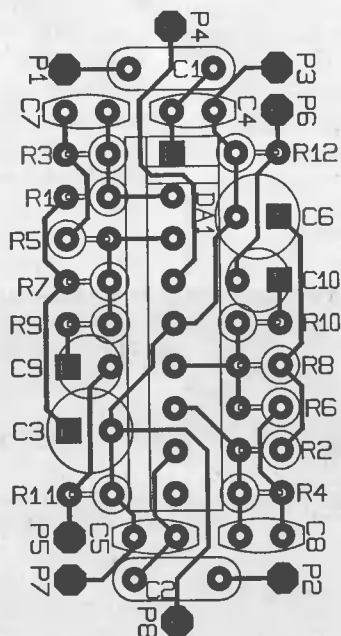
Основные параметры усилителя:

- напряжение питания — 6–16 В;
- выходное напряжение — 250–500 мВ;
- отношение сигнал-шум (взвешенное) — не хуже –68 дБ;
- коэффициент гармоник — менее 0,1%;
- ток потребления — 6 мА;
- частотный диапазон с отключенными цепями коррекции — от 20 Гц до 60 кГц.

Конденсаторы C1, C2 и C9, C10 — разделительные. C4, C5 совместно с индуктивностью воспроизводящей головки образуют колебательный контур, который осуществляет дополнительный подъем АЧХ в области высоких частот. R1, C3 и R2, C6 задают общий коэффициент усиления и необходимый подъем в



а



б

Рис. 2

области НЧ. Цепочки C7R3R5 и C8R4R6 необходимы для того, чтобы сформировать стандартную коррекцию. Назначение остальных деталей аналогично предыдущей схеме. Следует напомнить, что если возникнет самовозбуждение на сверхнизких частотах, необходимо будет зашунтировать обмотки головки резистором для уменьшения ее добротности. Если усилитель питается от общего источника, то необходимо поставить стабилизатор напряжения или, в крайнем случае, подключить простейший внешний фильтр, который образуют элементы $R_{\text{внешний}}$ и $C_{\text{внешний}}$.

Усилитель на микросхеме TDA1522

Еще лучшими параметрами обладает усилитель воспроизведения, выполненный на микросхеме TDA1522 (рис. 3). Высокий уровень выходного сигнала позволяет ввести пассивный регулятор тембра перед усилителем мощности. Это даст возможность не только оперативно корректировать АЧХ, но и избавиться от интермодуляционных и нелинейных искажений, свойственных активным регуляторам тембра (эквалайзерам). Малое время входа в рабочий режим (доли

секунды) и наличие цепи активизации (Mute) приближает этот вариант усилителя воспроизведения к профессиональному.

Непосредственное подключение воспроизводящей головки к входу усилителя позволяет также уменьшить шум и улучшить динамическую характеристику усилителя в целом.

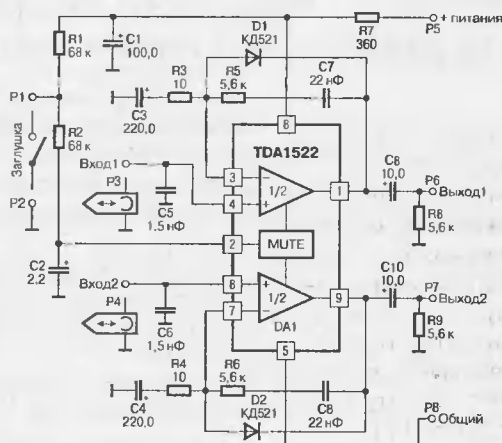
Основные параметры усилителя:

- напряжение питания — 9–24 В;
- выходное напряжение — 500–700 мВ;
- отношение сигнал-шум (взвешенное) — не хуже –78 дБ;
- коэффициент гармоник — менее 0,05%;
- ток потребления — 5 мА;
- разделение между каналами — не менее 45 дБ;
- рабочий температурный диапазон — от –30 до +85°C;
- напряжение, приведенное к входу с отключенными цепями коррекции в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц — не хуже 1,6 мкВ.

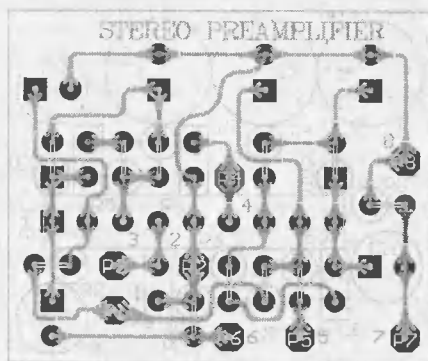
Цепочкой R7C1 образован фильтр питания. R1, R2, C2 необходимы для временной задержки подачи напряжения активации, а также для более плавного ее отключения. Подобная мера позволяет полностью устранить всякого рода «щелчки». Элементы R5, C7 и R6, C8 служат для стандартной коррекции. Элементы R3, C3 и R4, C4 задают общий коэффициент усиления и необходимый подъем низких частот. Другие резисторы, необходимые для задания нужного коэффициента усиления, встроены в саму микросхему. Диоды D1, D2 нужны для быстрого перезаряда емкостей C3, C4. После входа усилителя в рабочий режим они в работе не участвуют. Назначение остальных деталей аналогично предыдущим схемам и особенностей не имеет.

Конструкции усилителей и монтаж

После монтажа компонентов на печатную плату, желательно экранировать всю конструкцию. Для этого можно использовать кожух из жести или фольгу. Важно только обеспечить надежный контакт с фольгой и проследить, чтобы все «земляные» провода соединялись в одной точке. К тем платам, которые не имеют отверстий под механическое крепление, после подпайки всех проводников к плате усилителя и проверки его работоспособно-



а



б

Рис. 3

сти необходимо приклеить со стороны печатного монтажа (дорожки) клеем 88Н тонкий поролон. После неполного высыхания клея (10–20 минут), лишние края обрезаются ножницами. Если поролон не имеет липкого слоя, то на его противоположную сторону, также наносят слой клея. После этого нужно немного подсушить слой и прижать к корпусу в том месте, где его планировалось крепить. Этот метод позволяет не только ускорить процесс крепления, но и осуществить хорошую амортизацию самой платы, что особенно важно, например, для автомобильной аппаратуры. Клей «Момент» для этого не пригоден, так как через годик-другой, он становится хрупким и плата просто отвалится от корпуса. Если нужно произвести ремонт устройств, закрепленных подобным образом, то плата просто отрывается от корпуса. После ремонта, настройки и наладки весь процесс приклеивания повторяется. Чтобы сохранить аккуратный вид всей конструкции, плату следует приклеивать на то же самое место.

Александр Воробьев
alex@hit.mldnet.com



Мы предлагаем лучшее...



ELECTRO-MECHANICS



GOOD-ARK

Электrolитические конденсаторы
Танталовые конденсаторы
Керамические многослойные конденсаторы
Резисторы
Выпрямительные диоды и мосты
Кварцевые резонаторы
SMD компоненты

Now! Впервые на российском рынке!
Стоятиградусные электролитические конденсаторы высочайшего качества
по цене стандартных!

Компания «ПОЛИСЭТ»
Оптовые поставки пассивных и активных электронных компонентов
тел./факс: (095) 967 0591, 967 0592
http://www.poliset.ru
e-mail: sales@poliset.ru
Москва, Краснопресненская наб., 12

ПРИГЛАШАЕМ ДИСТРИБЬЮТОРОВ

Матричные коммутаторы

Для сложных коммутаций аналоговых аудио- и видеосигналов предназначены так называемые матричные коммутаторы (crosspoint switch). Их применяют в тех случаях, когда требуется соединить в заданной конфигурации несколько источников сигнала с несколькими приемниками, включая соединения, при которых к одному источнику сигнала подключаются несколько приемников. Это необходимо для видеосерверов, систем передачи видеосигналов, устройств видеонаблюдения, видеоконференций, аудиоприложений и др.

Рис. 1 иллюстрирует идею, лежащую в основе построения матричных коммутаторов, на примере коммутатора 6х6. Входные шины IN и выходные OUT могут соединяться в любом их пересечении, однако соединение одного приемника с несколькими источниками сигналов должно быть исключено. На рис. 1 приведен пример, когда к первому входу подключены одновременно первый и второй выходы. В данном случае матрица должна содержать 6х6=36 ключей. Эти ключи организуются в 6 мультиплексоров формата 6х1, входы каждого из которых соединяются со входами матричного коммутатора, а выход — с соответствующим выходом коммутатора. Управляется каждый мультиплексор

дешифратором двоичного кода в унитарный позиционный, то есть. только один ключ мультиплексора может быть замкнут, так что возможность подключения одного приемника сигнала к нескольким источникам отсутствует.

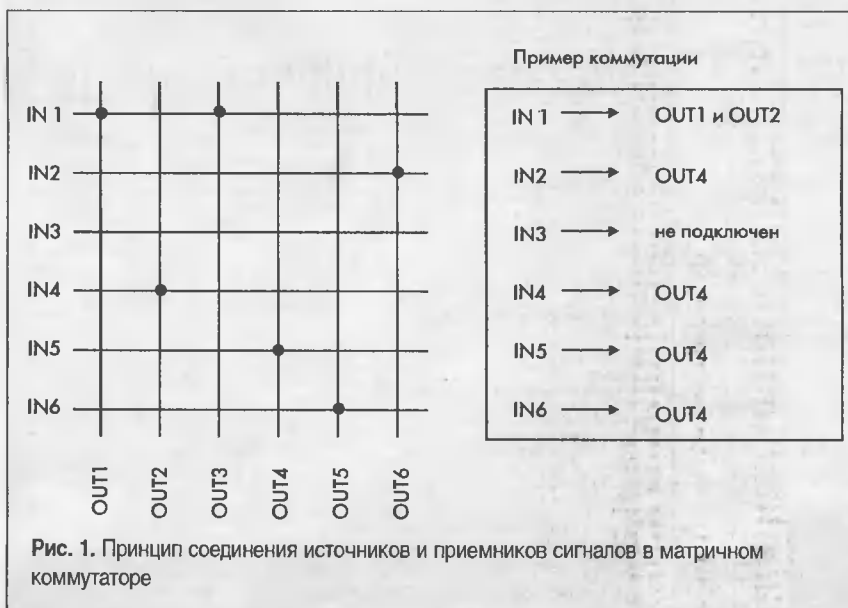
Примером конкретного воплощения этой идеи могут служить ИМС матричного коммутатора 590KH14 (4х4) и AD75019 (16х16). Основным их достоинством является простота. Однако они имеют существенные недостатки. Поскольку требуется много ключей, сопротивления ключей в открытом состоянии получаются большими (типично 150 Ом у AD75019), причем их изменение в номинальном диапазоне входных сигналов также велико (до 30 Ом у AD75019). Но особенно плохо то, что эти коммутаторы имеют довольно сильные перекрестные связи между каналами, особенно на высоких частотах. Так, изоляция между каналами AD75019 составляет 69 дБ на частоте 20 кГц и всего 38 дБ — на частоте 1 МГц. Поэтому матричные коммутаторы такого типа не годятся для управления видеосигналами.

Гораздо более подходят для этой цели устройства у которых роль ключей выполняют управляемые усилители. Примером таких коммутаторов могут служить ИМС семейства AD81xx.

На рис. 2 представлена блочно-функциональная схема микросхем матричных коммутаторов 8х8 AD8108/09. Поскольку здесь возможно подключение к источнику сигнала до восьми приемников, а при соединении нескольких коммутаторов еще больше, для уменьшения нагрузки на входы используются буферные усилители. Эти усилители в AD8108 имеют единичное усиление по напряжению, а в AD8109 коэффициент усиления буферных усилителей равен двум.

Микросхемы AD8108/09 используют не совсем обычную для аналоговых коммутаторов архитектуру, состоящую из матрицы с 64 входными каскадами, организованными как восемь мультиплексоров 8х1. Каждый мультиплексор представляет собой усилитель с высоким входным сопротивлением, обратной связью по напряжению и восемью входными каскадами. Это сделано для того, чтобы при подключении многих приемников к одному входу коммутатора не перегружать соответствующий источник сигнала. В ИМС AD8108 выход каждого мультиплексора соединен с инвертирующим входом каждого из восьми входных каскадов, а в AD8109 — через делитель напряжения 1:2. В результате получаются матричные коммутаторы с малым потреблением, которые способны непосредственно управлять стандартной 150-омной видеонагрузкой с низкими искажениями сигналов (дифференциальные амплитудная и фазовая погрешности не превышают 0,02% и 0,02° соответственно). Входы обладают высоким сопротивлением (10 МОм) и малой емкостью (2,5 пФ). Выходы имеют низкое сопротивление (0,2 Ом на постоянном токе), но могут быть переведены в высокоимпедансное состояние (до 10 МОм у AD8108). Благодаря такой организации изоляция между каналами этих ИМС составляет 85 дБ на частоте 5 МГц.

Коммутаторы AD8108/AD8109 управляют двумя способами: последовательным и параллельным. В первом случае через последовательный вход данных DATA IN вводится 32-разрядное управляющее слово, которое полностью изменяет конфигурацию коммутатора. Для изменения состояния одного-единственного



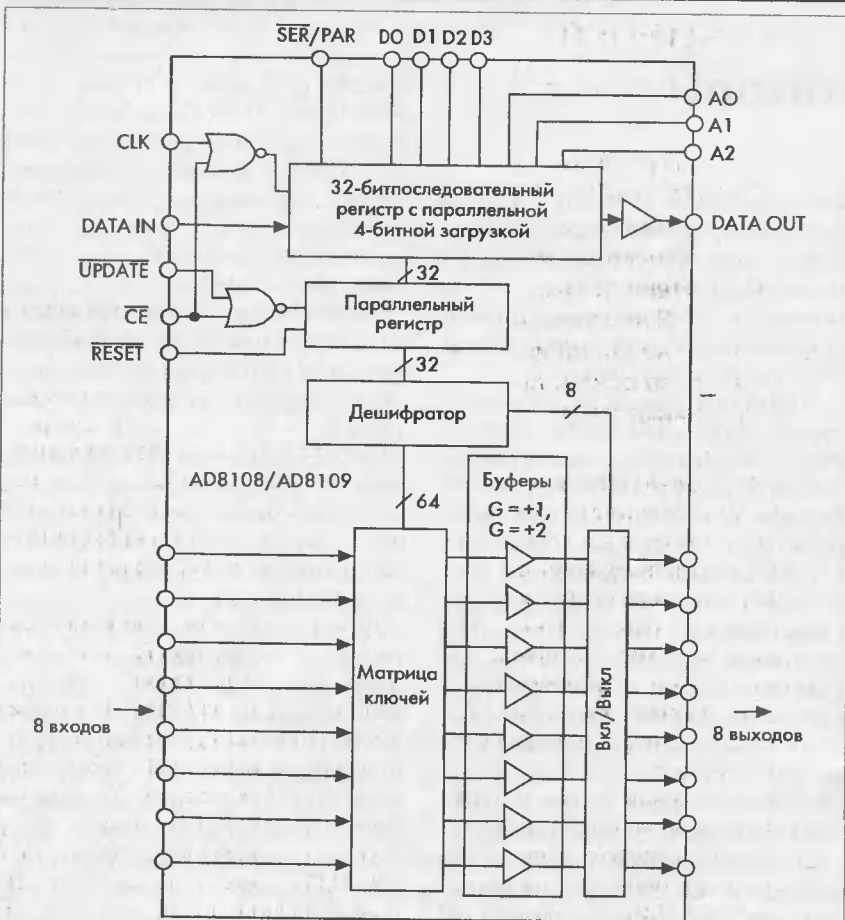


Рис. 2. Блок-схема ИМС матричных коммутаторов AD8108/09

ключа нужно снова полностью перепрограммировать матрицу 32-разрядным словом. При параллельном способе можно переключить один ключ, подав на входы данных (4 линии) и адреса (3 линии) микросхемы 7-битное слово в параллельном коде.

Фирма «Analog Devices» выпускает также матричные коммутаторы размерностью 16×8 (AD8110/11) и 16×16 (AD8116). Микросхема AD8116 допускает только последовательную загрузку конфигурации и изготавливается в 256-выводном корпусе TQFP размером 14×14 мм. При необходимости эти микросхемы можно объединять для расширения числа входов или выходов.

Рассмотренные коммутаторы семейства AD81xx относятся к так называемым видеокоммутаторам. Диапазон их выходных сигналов составляет только ±2,5 В. Для коммутации низкочастотных сигналов большей амплитуды (до ±10 В) помимо уже упомянутого AD75019 может быть использован также коммутатор 16×16 AD8113, имеющий изоляцию между каналами 105 дБ на частоте 20 кГц.

Георгий Волович
g_volovich@mail.ru

ARGUSSOFT

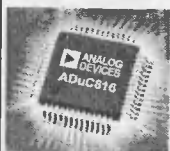
Департамент Микроэлектроники

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ
дистрибутор фирм:



ADuC816

Законченная система сбора данных
на одном кристалле



ANALOG DEVICES освоил серийный выпуск уникальной микросхемы, совмещающей на одном кристалле 2 16-разрядных сигма-дельта АЦП, 12-разрядный ЦАП, источник опорного напряжения, датчик температуры окружающей среды, микроконтроллер 8051, FLASH-память и схемы мониторинга питания.

Основные характеристики :

- питание - 3В или 5В
- возможность питания от токовой петли 4-20 мА
- микроконтроллер - стандартный 8x51
- память программ - 8кбайт (FLASH)
- память данных - 640 байт (FLASH), ОЗУ - 256 байт
- 2 последовательных порта (UART+SPI)
- температурный диапазон : от -40°C до +85°C

EVAL-ADuC816 - Стартер-Кит : плата, подключаемая к компьютеру; блок питания; программное обеспечение (ассемблер, симулятор, загрузчик, отладчик, C-компилятор); полная документация; микросхемы ADuC816.

Офис в Москве :

Адрес : 129085, Москва, Проспект Мира, 95
Тел. : (095) 217-2487, 217-2518, 217-2505;
Факс : (095) 216-86-42
E-mail : components@argusssoft.ru

Новый офис в Санкт-Петербурге :

Адрес : 191023, Санкт-Петербург,
наб. кан. Грибоедова, 36
Тел. : (812) 314-3608, тел./факс : (812) 310-6234
E-mail : spb@argusssoft.ru

Интернет : WWW.ARGUSSOFT.RU



www.platan.ru

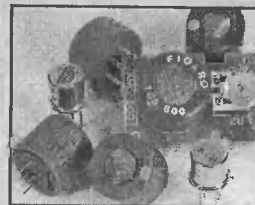
ПЛАТАН

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ВАШЕГО УСПЕХА

FIGARO

ДАТЧИКИ ГАЗА (Япония)

- Обнаружение утечки токсичных и взрывоопасных газов
- Определение концентрации газов
- Полупроводниковые датчики серий TGS 2, 8, 2000
- Чувствительный элемент (ЧЭ) изготовлен на основе оксида олова с использованием поверхностных эффектов
- Мелкозернистой структуры
- TGS4160 (углекислый газ)
- ЧЭ - ячейка с твердым электролитом
- Серия KE (кислород)
- ЧЭ - гальваническая ячейка с жидким электролитом
- Диапазон рабочих температур для разных моделей датчиков:
- Напряжение питания цепи - 5 В или 15 В (серия TGS 2000), 12 В или 24 В (серия TGS 2, 8)
- Потребляемая мощность нагревательного элемента - 210 - 830 мВт (серия TGS 2000), 650 - 1000 мВт (серия TGS 2, 8)



Газ	Содержание газа в окружающей среде, (ppm)	Тип датчика (серия 2, 8)	Тип датчика (серия 2000)
Горючие газы			
Пропан	500 - 10000 ppm	TGS183	TGS2610
Природный газ (метан)	500 - 10000 ppm	TGS842	TGS2611
Горючая смесь природных газов	500 - 10000 ppm	TGS183	TGS2610
Водород	50 - 1000 ppm	TGS821	TGS2620
Токсичные газы			
CO - угарный газ	50 - 1000 ppm	TGS203	TGS2442
NH ₃ - аммиак	30 - 300 ppm	TGS826	
H ₂ S - сероводород	5 - 100 ppm	TGS825	
Органические растворители			
Алкоголь	50 - 5000 ppm	TGS822	TGS2620
Другие летучие органические пары		TGS822	TGS2620
Фреоны			
R-22, R-113	100 - 3000 ppm	TGS830	
R-21, R-22	100 - 3000 ppm	TGS831	
R-134a, R-22	100 - 3000 ppm	TGS832	
Загрязнители воздуха внутри помещений			
CO ₂ - двуокись углерода		TGS4160	
Другие загрязнители воздуха		TGS800	TGS2100
Пищевые испарения			
Летучие пищевые испарения (алкоголь)		TGS880	TGS2181
Водяной пар		TGS883T	TGS2180
Летучие пары			TGS2281
Кислород			
0-100% - задержка 12 с, отклик 90%, срок службы 5 лет		KE-25	
0-100% - задержка 60 с, отклик 90%, срок службы 10 лет		KE-50	

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

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

Милливольтметр постоянного тока на AD7714

В течение нескольких лет фирма Analog Devices выпускает семейство 24-разрядных сигма-дельта АЦП (AD7710-AD7714, AD7730, AD7731). Применение этих микросхем резко упростило схемотехнику построения прецизионных измерительных систем в областях, не требующих высокого быстродействия, таких, например, как термометрия, тензометрия и т. д. В настоящей статье приведен пример конкретной разработки на одной из таких микросхем — AD7714, которая может быть взята за основу при создании системы на одной из перечисленных микросхем.

В рассматриваемом примере на AD7714 выполнена основная часть прецизионного низкочастотного вольтметра на 6–8 десятичных разрядов. Для полного вольтметра описываемое устройство необходимо снабдить входным каскадом с делителем напряжения и преобразованием сигнала отрицательной полярности. Но поскольку во многих вариантах применения рассматриваемой микросхемы входной каскад с делителем не нужен, а измеряемое напряжение никогда не меняет своей полярности, я решил ограничиться описанием системы без подобного входного каскада — сделать его по силам любому подготовленному разработчику.

Сама AD7714 довольно подробно описана в материалах, опубликованных в журнале «Компоненты и Технологии» №1/1999, с. 38–41 и

№1/2000, с. 38–41. В связи с этим я не стану рассказывать о структуре ее регистров, всех возможных вариантах использования ее входов, формах калибровок и т. д., предполагая, что читатели уже знакомы с этой микросхемой, или самостоятельно познакомятся с ней по ее фирменному техническому описанию и материалам упомянутых статей.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1. Помимо AD7714, оно содержит прецизионный источник опорного напряжения DA1(REF192), согласующий каскад на ОУ DA2 (AD8551), микроконтроллер DD1 (AT89C51) и индикатор DD2 (HT1610), о котором подробно рассказывалось в журнале «Схемотехника» № 2001.

Источник опорного напряжения вырабатывает напряжение, при-

мерно равное 2,48 В. Температурная стабильность источника — 8 ppm/°C. Столь низкое значение собственного теплового дрейфа позволяет во многих случаях обойтись без его термостабилизации, однако если вы хотите надежно измерять сигналы величиной менее 100 мкВ, источник необходимо термостабилизировать.

Поскольку напряжение стабилизации DA1 имеет двухпроцентный разброс, его необходимо как-то компенсировать. Это можно делать как программным путем, так и аппаратно. Второй путь — более оперативный, так как подкрутить движок переменного резистора гораздо быстрее, чем провести необходимые измерения и перепрограммировать микроконтроллер.

Для возможности этой компенсации, то есть фактически для калибровки вольтметра, служит согласующий каскад на ОУ DA2. Поскольку именно с его выхода сигнал поступает на опорный вход АЦП, дрейфовые характеристики этого ОУ должны быть по крайней мере не хуже, чем у DA1. Такому условию удовлетворяют ОУ AD8551, максимальный паспортный тепловой дрейф которых составляет 40 нВ/°C (а реальный, полученный мной при измерении имевшихся в наличии двух экземпляров и того ниже — 25 нВ/°C). Подстроечный резистор R3 (СП5-2) позволяет регулировать напряжение на выходе ОУ AD8551 в пределах $\pm 1\%$.

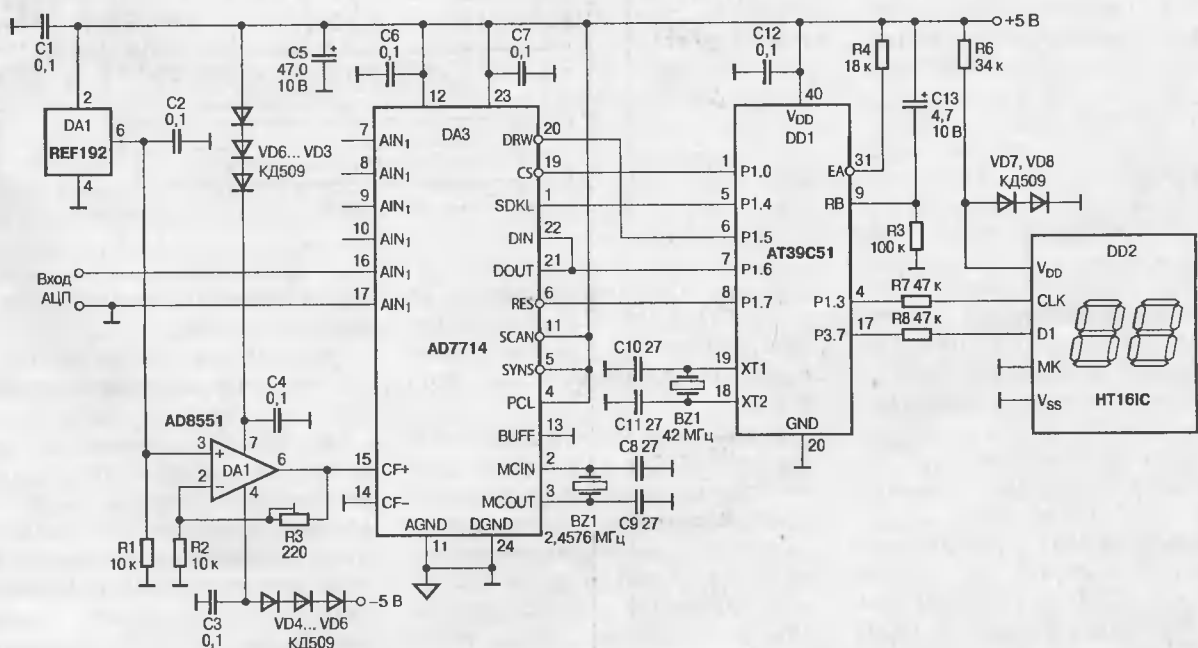


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

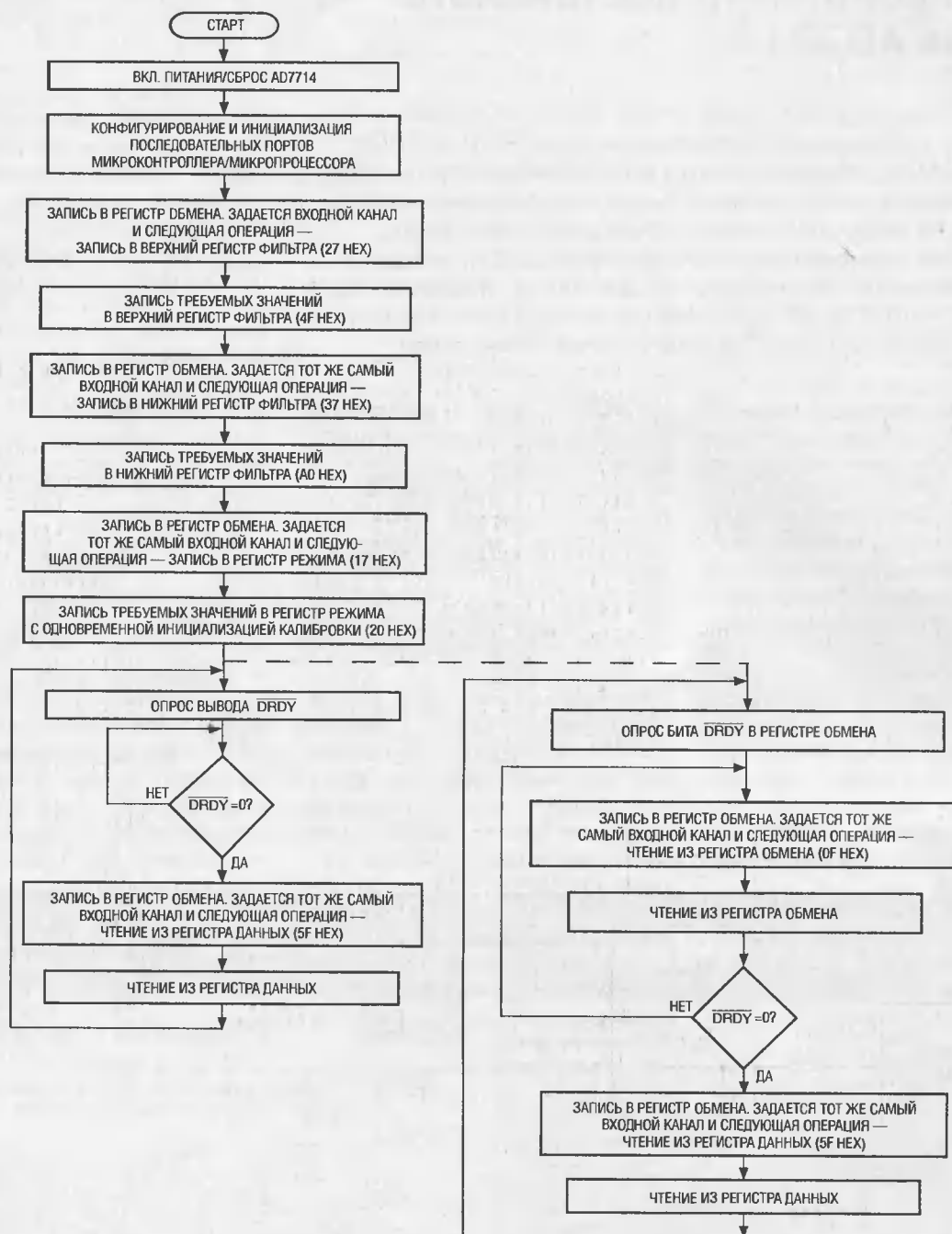


Рис. 2. Алгоритм настройки и считывания AD7714

Работа системы организуется микроконтроллером DD1, который вначале настраивает, а затем опрашивает АЦП DA3, обрабатывает полученные результаты и отображает их на индикаторе DD2. Схема сопряжения микроконтроллера с индикатором стандартная и каких-либо особенностей не имеет.

Управление АЦП осуществляется микроконтроллером по входам DRDY, CS, SCLK, DIN и RESET, данные считываются с выхода DOUT. Эти выходы соединены с линиями P1.5, P1.0, P1.4, P1.6 и P1.7 микроконтроллера соответственно. Сиг-

нал для оцифровки подается на входы AIN5 и AIN6 АЦП. Входной буфер АЦП отключен за счет подачи нулевого потенциала на вход BUFFER.

Микросхема AD7714 характеризуется большим количеством разнообразных режимов настройки и функционирования, поэтому процесс ее программирования довольно сложен. Одна из целей настоящей публикации — подробно описать этот процесс, чтобы те из читателей, кому придется работать с этой микросхемой, могли легко разобраться в нем и при необходи-

мости модифицировать программу под свои задачи.

Алгоритм настройки AD7714 и считывания с нее информации изображен на рис. 2.

Как следует из рисунка, вначале микросхему нужно настроить соответствующим образом, задав аналоговые входы, сигнал с которых будет оцифровываться, режим калибровки, коэффициент усиления внутреннего усилителя, частоту среза цифрового фильтра, входной диапазон (биполярный или униполярный), разрядность считываемого результата (16 или 24 бита), ре-

жимы потребления, включения/выключения цифрового фильтра и проверки работоспособности преобразователя. Это осуществляется тремя последовательными циклами записи соответствующей информации в верхний регистр и нижний регистры фильтра и регистр режима. Напомню, что каждый из упомянутых циклов записи предваряется записью в регистр обмена, так что настройка AD7714 представляет собой шесть последовательных циклов записи. После этого возможно считывание информации.

Обмен информацией между МК и АЦП возможен двумя способами. Первый — с использованием последовательного порта микроконтроллера. Пример его реализации приведен в фирменном описании схожей с AD7714 микросхемы AD7711. Однако этот способ довольно сложен в настройке и требует перекодировки данных, передаваемых или принимаемых микроконтроллером. Поэтому в рассматриваемом примере выбран второй способ, без использования последовательного порта, при котором все требуемые сигналы формируются на линиях порта программным способом. Отмечу, что AD7714 никогда не работает в полностью дуплексном режиме, и может либо только передавать данные, либо только принимать. Благодаря этому оказалось возможным объединить вход DIN и выход DOUT АЦП. Также отмечу, что в выбранном примере проверка готовности АЦП осуществляется аппаратно, по уровню сигнала на выходе DRDY.

Особо нужно отметить то, что микроконтроллер при включении формирует сигнал сброса АЦП по входу RESET. Хотя в фирменном описании на микросхему ничего не сказано о необходимости реализации такого сброса, практика показала, что обычная цепь сброса, содержащая резистор и конденсатор соответствующих номиналов, не в состоянии надежно сбросить АЦП, и он может не заработать при подаче питания. Способ формирования сигнала сброса, приведенный в фирменном описании, позволяет добиться надежного старта AD7714.

Как я уже упоминал, AD7714 настраивается на работу со входами AIN5 и AIN6. Тактовая частота работы микросхемы — 2,4576 МГц. Первую частоту режекции выбираем равной 50 Гц. С этой целью в регис-

тры фильтра (при выбранной тактовой частоте) нужно занести число 384 дес. = 001100000000В (0011В — в старший регистр фильтра, 00000000В — в младший). Работа производится в униполярном входном режиме, считывается 24-битовый результат. Коэффициент усиления внутреннего усилителя выберем равным 1, а перед измерением будем запускать режим автокалибровки, подстраивающий и ноль и коэффициент усиления полной шкалы.

Анализ таблицы из фирменного технического описания, представляющей зависимость выходного шума/разрешения AD7714 от первой частоты режекции, коэффициента усиления внутреннего усилителя и тактовой частоты показывает, что при выбранных параметрах типовое значение выходного шума должно составлять 4,3 мкВ, а эффективное разрешение — 20 разрядов. Другими словами, 4 младших разряда имеют право «болтаться» от измерения к измерению. Если мы хотим добиться более высокого разрешения, необходимо проводить серию как минимум из нескольких десятков измерений с последующим усреднением. Удовлетворительные результаты получаются при усреднении 64–128 измерений (эффективное разрешение — 22–23 разряда). В рассматриваемом примере я усредняю по 256 измерениям, при этом результат измерения постоянного сигнала от измерения к измерению либо не меняется, либо меняется на 1 единицу младшего значащего разряда. Увеличение числа измерений для усреднения сверх 256 уже практически ничего не дает. Отмечу, что быстродействие вольтметра, усредняющего по 256 измерениям, составляет примерно 0,3 Гц (1 измерение в 3 с). Естественно, измеряемый сигнал за время измерения (в данном случае — 3 с) должен оставаться неизменным. Если это по тем или иным причинам не так, и скорость его изменения более высока, нужно соответствующим образом уменьшить количество усредняемых измерений.

При измерении напряжения, равного опорному (2,5 В), и последующем считывании с усреднением контроллер получит, как нетрудно догадаться, результат, равный FFFFFFFFН. После преобразования его в двоично-десятичную форму получается 16777215. Ясно, что пе-

ред отображением результата на индикаторе его надо преобразовать — либо умножить в 1,4901162 раза, либо разделить на 6,710886. В первом случае мы получим число 24999999, которое затем можно отобразить в формате 2,4999999 В, что соответствует 8-декадному цифровому вольтметру, младшая значащая цифра которого является разрядом сотен нВ. Во втором случае мы получим 2500000, которое затем можно отобразить в формате 2,500000 В. В этом случае разрешение получается на порядок хуже, но все равно очень большим — 7 десятичных разрядов. В описываемом примере реализован первый случай — 8-декадный вольтметр. При этом, дабы обойтись без использования программ с плавающей или фиксированной десятичной точкой, умножение в 1,4901162 раза осуществляется за счет умножения результата измерения на 94302 с последующим делением на 63285 (94302/63285/1,49011614). Далее полученный результат преобразовывается в двоично-десятичный формат и отображается на экране индикатора.

Следует отметить, что используемый индикатор (HT1610) не отображает запятую. В связи с этим в качестве разделителя целой и дробной части числа используется пробел. Таким образом, упомянутое 2,4999999 отображается в виде 2_4999999, где символ нижнего подчеркивания означает пробел, то есть пустое знакоместо на индикаторе. При необходимости отображать результат не с пробелом, а с десятичной запятой нужно применить иной индикатор, например, MT10T7 («Схемотехника», № 2/2001), переписав соответствующую подпрограмму вывода информации на индикатор.

Исходный ассемблерный текст приведен в файле 7714_35.a51 (<http://www.dian.ru/programs/index.html>). Он снабжен большим количеством комментариев, которые позволяют при необходимости легко менять те или иные параметры настройки AD7714: аналоговые входы, сигнал с которых будет оцифровываться, режим калибровки, коэффициент усиления внутреннего усилителя, частоту среза цифрового фильтра, входной диапазон (биполярный или униполярный), разрядность считываемого результата (16 или 24 бита), режим потребления, и т. д. Можно также, как было

сказано выше, менять количество измерений при усреднении, а также уменьшить число отображаемых десятичных разрядов.

В завершение отмечу, что при использовании микросхемы нужно учитывать следующие моменты. Во-первых, несмотря на постоянное использование режима автокалибровки, при непрерывной работе микросхемы в течение 7–8 часов результат оцифровки неизменного сигнала может несколько «подплыть» (в использованном мной образце этот уход составлял

4–5 мкВ). Далее, от включения к включению результат оцифровки этого неизменного сигнала также не остается постоянным, и здесь разброс еще больше (у меня получилось в пределах 25–30 мкВ). Сказанное, например, означает, что использование AD7714 для прямой оцифровки сигнала с термопары, без предварительного усиления (а такие рекомендации имеются в datasheet'e) может внести в измерения заметную погрешность. Во всяком случае, прежде, чем использовать AD7714 с платиновыми

термопарами без дополнительного входного усилителя, нужно после монтажа и отладки вольтметра провести небольшое исследование, подобное тому, о котором я упомянул — в противном случае вы можете получить неконтролируемую погрешность на уровне 4–5°.

Программное обеспечение для предлагаемого устройства доступно по адресу: <http://www.dian.ru/programs/index.html>.

Александр Фрунзе
alex.fru@mtu-net.ru

Прибор для зарядки и тренировки автомобильного аккумулятора

Думаю, многим автолюбителям знакома ситуация, когда автомобиль не заводится из-за разряженного аккумулятора. Известно, что отказ аккумулятора может произойти вследствие его длительной неконтролируемой разрядки, либо систематической недозарядки от генератора автомобиля, а также вследствие сульфатации пластин аккумулятора в процессе длительной эксплуатации. Предлагаемое устройство поможет вам быстро зарядить «севший» аккумулятор, а также в какой-то мере избавиться от сульфатации пластин, что позволит значительно продлить срок службы аккумулятора.

Прежде чем перейти к описанию схемы устройства, определимся с основными требованиями к нему, а также рассмотрим некоторые особенности схем подобных устройств и учтем их недостатки.

Описываемый прибор предназначен для обслуживания аккумуляторных батарей всех типов, применяемых в электрооборудовании легковых автомобилей и мотоциклов (батареи с номинальным напряжением 12 В и емкостью от 40 до 75 А·ч). Основная проблема таких батарей — сульфатация пластин, то есть образование крупных труднорастворимых кристаллов сернокислого свинца (сульфата) на поверхности и в порах активной массы пластин. У сульфатированных пластин не вся масса участвует в работе, а по-

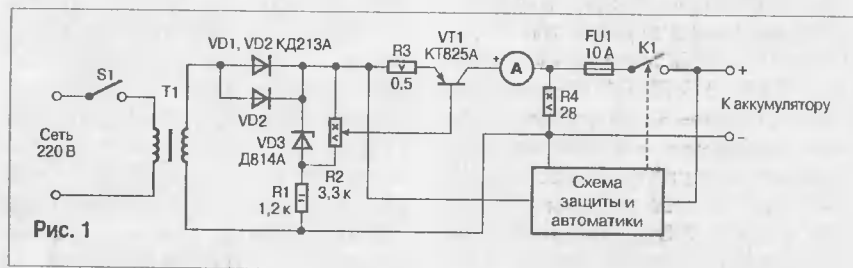
этому снижается емкость аккумуляторной батареи, и она быстро разряжается при резком падении напряжения. Один из наиболее известных методов борьбы с сульфатацией заключается в чередовании режимов заряда и разряда батареи. При этом наиболее оптимальным соотношением зарядного и разрядного тока является 10:1, что установлено экспериментально. Также экспериментально установлено, что наиболее оптимальным соотношением времени заряда и разряда является 10:1. Режим, удовлетворяющий этим требованиям, позволяет успешно восстанавливать сульфатированные аккумуляторы и тренировать исправные для профилактики.

Необходимо отметить, что наиболее оптимальным током зарядки является ток, соответствующий 10% от

номинальной емкости аккумуляторной батареи. Такой уровень зарядного тока применяется в режиме заряда и тренировки, хотя для ускоренной зарядки можно применять ток до 20% от номинальной емкости батареи. Для широко распространенной аккумуляторной батареи емкостью 55 А·ч чаще всего используют ток 5 А для заряда и тренировки, либо ток до 10 А для ускоренной зарядки.

В настоящее время широко распространены автоматические зарядные устройства, которые отключают аккумуляторную батарею при достижении на ее полюсных выводах напряжения 14,4 В, чего явно недостаточно, так как практика показывает, что уровень напряжения на клеммах 14,4 В соответствует 85 % заряда батареи. Автоматические зарядные устройства целесообразно применять для герметизированных батарей, не имеющих пробок, не допускающих доливку дистиллированной воды и контроль за плотностью электролита. Более широкое распространение получили аккумуляторные батареи, допускающие контроль за плотностью электролита. Для таких батарей лучше всего использовать неавтоматическое зарядное устройство, которое позволит достичь 100% зарядки определяющейся по достижению плотности электролита 1,27–1,28 г/см³ (+25°С).

Кроме традиционных зарядных устройств в последнее время стали популярны зарядно-тренировочные устройства, выполненные по схеме однопериодного выпрямителя. Структурная схема такого устройства приведена на рис. 1. Несомненно, такая схема имеет большое преимущество — она очень проста. Однако имеется ряд недостатков. В подобном устройстве заряд аккумулятора производится импульсами тока в течение одной половины периода се-



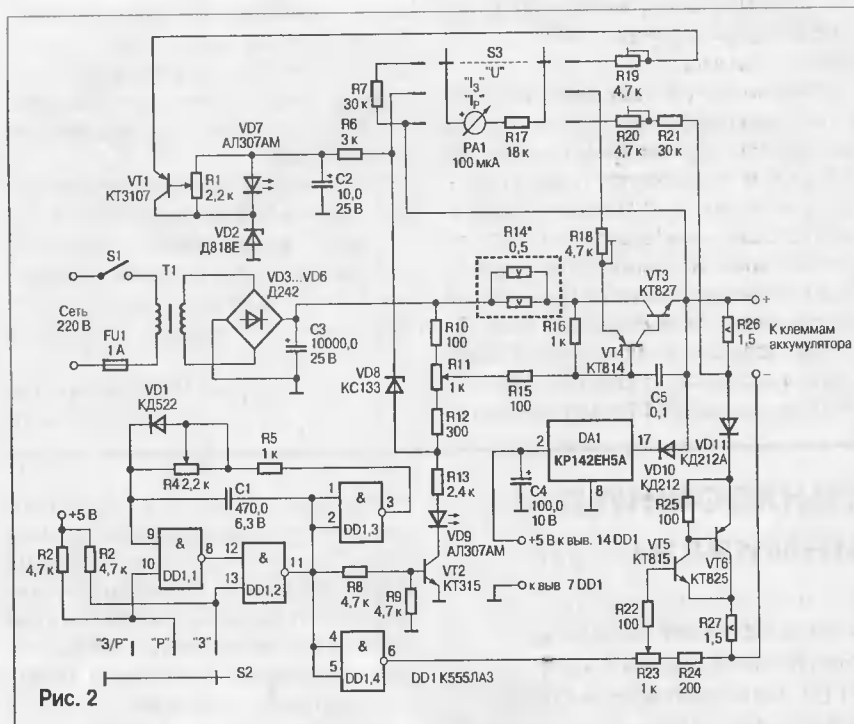


Рис. 2

тевого напряжения, когда напряжение на выходе схемы превысит напряжение на аккумуляторе. В течение второго полупериода диоды VD1, VD2 закрыты и аккумулятор разряжается через нагрузочное сопротивление R4. Таким образом, обеспечивается чередование режимов заряда и разряда. Недостатки такой схемы очевидны:

- предусмотрена регулировка только тока заряда; ток разряда постоянный, его величина определяется номиналом разрядного резистора, то есть нет возможности выдержать соотношение $I_{зар}/I_{раз}$ равным 10:1 для разных типов аккумуляторов;
- время заряда и разряда соотносятся как 1:1, а, кроме того, аккумулятор заряжается пульсирующим током — надежное устранение сульфатации таким методом представляется сомнительным;
- схема может работать только в режиме заряд/разряд, и нет возможности перейти в режим «чистой» зарядки для ускоренного заряда аккумулятора;
- для предотвращения разряда аккумулятора через разрядный резистор при пропадании сетевого напряжения необходимо применение схемы защиты с использованием мощного реле.

Теперь перейдем к описанию схемы и конструкции устройства, удовлетворяющего рассмотренным требованиям. Схема устройства представлена на рис. 2. Электрическая

схема состоит из следующих функциональных узлов: цепь заряда, цепь разряда, задающий генератор, контрольно-измерительная цепь. Устройство питается от сети переменного тока через трансформатор Т1. Напряжение вторичной обмотки трансформатора выпрямляется и сглаживается выпрямителем на диодах VD3-VD6 и конденсаторе C3. Важно отметить, что емкость конденсатора не случайно выбрана достаточно большой. Это необходимо для устранения пульсации зарядного тока, что очень важно для борьбы с сульфатацией. Выпрямитель должен обеспечивать напряжение на выходе 18–20 В (напряжение на вторичной обмотке трансформатора примерно равно 14 В). Зарядная цепь состоит из элементов R10-R16, VD8, VD9, VT2-VT4, C5. Цепь разряда образована элементами R22-R27, VD11, VT5, VT6. Управление переключением режимов заряд/разряд осуществляется от задающего генератора с регулируемой скважностью. Генератор состоит из элементов DD1, R2-R5, C1, VD1, S2. Переключатель S2 устанавливает режим работы устройства: «заряд/разряд», «разряд», «заряд». Контрольно-измерительная цепь включает в себя элементы VT1, VD2, VD7, C2, R1, R6, R7, R17-R21, PA1, S3. Переключатель S3 устанавливает режим измерения: «напряжение», «ток заряда», «ток разряда». Кроме того, на микросхеме DA1 собран источник напряжения +5 В для питания схемы генератора.

Устройство работает следующим образом: при включении питания запускается задающий генератор на микросхеме DD1, который поочередно выдает положительные импульсы в цепи заряда и разряда (при положении переключателя S2 «заряд/разряд»). Длительность импульсов равна примерно 5–7 с на цепь заряда и 0,5–0,7 с на цепь разряда. Изменение скважности импульсов, выдаваемых генератором (соотношения времени заряда и разряда), осуществляется резистором R4. Положительные импульсы с генератора включают в работу соответствующие цепи. Зарядная и разрядная цепи собраны по идентичным схемам стабилизаторов тока. Светодиод VD9 индицирует включение режима заряда. Регулировка уровня токов заряда и разряда осуществляется резисторами R11 и R23 соответственно. Для установления необходимых значений уровня токов заряда и разряда предусмотрен перевод устройства в соответствующий режим переключателем S2. Контрольно-измерительный прибор в зависимости от положения переключателя S3 используется для измерения напряжения на аккумуляторе, тока заряда или тока разряда. Подстроечные резисторы R19, R1, R18, R20 необходимы для градуировки измерительного прибора в соответствующих режимах измерения. В режиме измерения напряжения прибор PA1 подключается как вольтметр с растянутой шкалой, что позволяет с высокой точностью контролировать напряжение на аккумуляторе. Схема вольтметра с растянутой шкалой реализована на элементах VT1, VD2, VD7, C2, R1, R6. Светодиод VD7 используется как источник опорного напряжения.

Теперь рассмотрим конструкцию устройства и особенности сборки. Элементы схемы можно разместить в металлическом корпусе подходящих размеров. На передней панели устройства устанавливаются переключатели S1, S2, S3, измерительный прибор PA1, регуляторы R4, R11, R23, светодиод VD9. Через заднюю стенку корпуса выводится сетевой шнур с вилкой и провода с зажимами для клемм аккумулятора. Большая часть радиодеталей монтируется на печатной плате. Транзисторы VT3 и VT6 устанавливаются на радиаторы. Площадь радиатора, на котором установлен транзистор VT3 должна быть не менее 200 см². В качестве трансформатора Т1

можно использовать трансформатор мощностью не менее 150 Вт. В схеме можно использовать транзисторы указанных на схеме типов с любыми буквенными индексами. Резистор R14 — составной, он образован двумя-четырьмя проводочными резисторами. Возможно, что номинал этого резистора придется подобрать в процессе наладки для обеспечения требуемого уровня зарядного тока. Для устройства лучше использовать многооборотные подстроечные резисторы типа СП5-2. Переключатели S2.

S3 можно установить типа П2К с зависимой фиксацией, либо другие аналогичные.

Для настройки зарядного устройства потребуются контрольные вольтметр и амперметр. После сборки к устройству подключают аккумулятор последовательно с контрольным амперметром. Параллельно к аккумулятору подключают контрольный вольтметр. Затем проверяют правильность работы схемы во всех трех режимах. После прогрева схемы проверяют пределы регулировки токов заряда и раз-

ряда переменными резисторами. В завершение производят градуировку стрелочного прибора РА1 для трех режимов измерений по показаниям контрольного амперметра и вольтметра.

Собранное устройство рекомендуется испытать в работе в течение нескольких часов и провести контроль работы схемы на предмет стабильности работы генератора и отсутствия перегрева силовых элементов.

Петр Загорелов
editor@dian.ru

Простой вариант синхронного гетеродинного приемника

Вниманию читателей предлагается описание синхронного гетеродинного УКВ-приемника, который обладает такими же чувствительностью и избирательностью, как и приемник, описанный в журнале «Радио» № 2/2001, но в тоже время схема этого приемника значительно проще, так как из нее исключены усилитель ВЧ, смеситель, фильтр нижних частот и усилитель переменного напряжения.

Упрощение схемы достигнуто за счет изменения принципа работы приемника. В прототипе, описанном в «Радио» № 2/2001, используется двухканальная система ФАПЧ, причем

один канал отслеживает быстрые изменения частоты принимаемого сигнала, а другой канал — медленные.

Работа предлагаемого приемника, функциональная схема которого

приведена на рис. 1, основана на использовании динамических свойств «замкнутой» системы ФАПЧ, одно из которых заключается в том, что эта система стремится уменьшить мгновенную разность частот сигнала и гетеродина до достаточно малой величины.

Работает приемник следующим образом. На управляющий вход смесителя 4 подается напряжение гетеродина 9, а на сигнальный вход смесителя 4 из антенны через усилитель ВЧ 1, амплитудный модулятор 2 и буферный усилитель ВЧ 3 подается напряжение сигнала.

Если частоты сигнала и гетеродина не равны, то на выходе смесителя 4 образуется переменное напря-

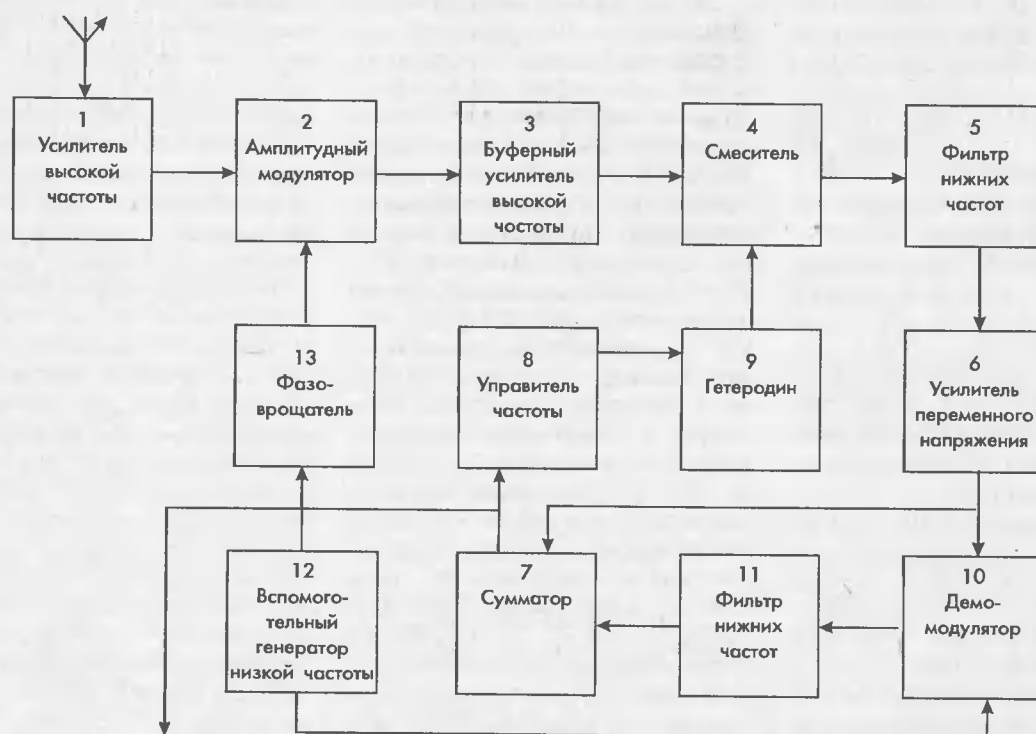


Рис. 1

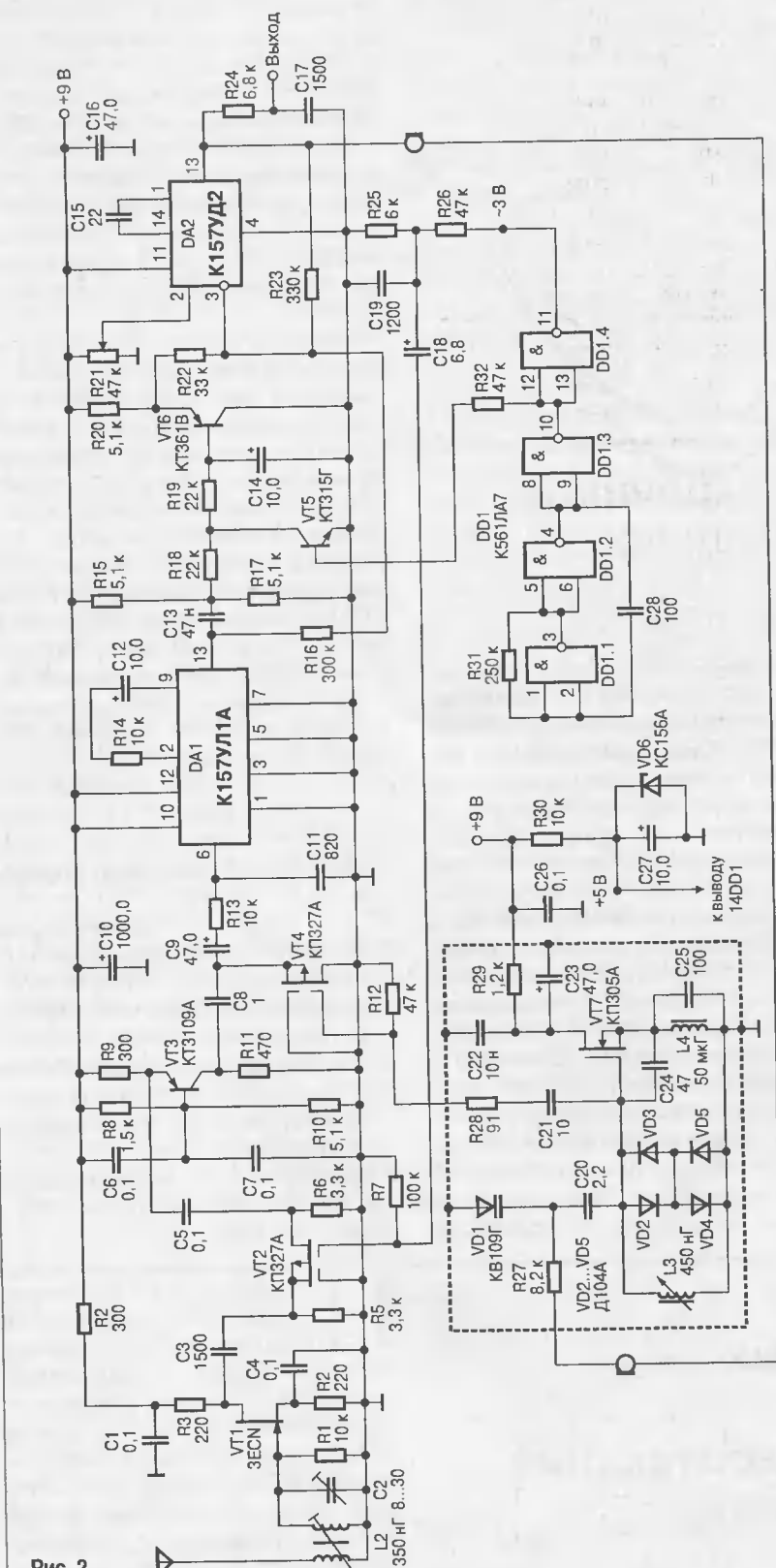


Рис. 2

жение биений, которое через фильтр нижних частот 5, усилитель переменного напряжения 6 и сумматор 7 подается на узел управления частотой 8 и изменяет частоту гетеродина 9 таким образом, что мгновенная разность частот сигнала и гетеродина уменьшается до

величины Δf , которая примерно равна нижней границе полосы пропускания усилителя переменного напряжения 6.

В то же время на управляющий вход амплитудного модулятора 2 через фазовращатель 13 подается переменное напряжение от вспо-

могательного генератора НЧ 12 с частотой около 20 кГц. В амплитудном модуляторе 2 принимаемый сигнал модулируется по амплитуде (глубина модуляции составляет около 25%), а затем через буферный усилитель ВЧ 3 подается на сигнальный вход смесителя 4.

Если бы система ФАПЧ приемника была «разомкнутой» на частоте вспомогательного генератора 12 (как в приемнике, описанном в «Радио» № 2/2001), то на выходе усилителя переменного напряжения 6 появилось бы напряжение с частотой вспомогательного генератора 12, а на входе узла управления частотой 8 этого напряжения не было бы, так как граничная частота фильтра нижних частот 11 во много раз меньше частоты вспомогательного генератора 12. Но в нашем случае система ФАПЧ данного приемника «замкнута» на частоте вспомогательного генератора 12, так как выход усилителя переменного напряжения 6 соединен с одним из входов сумматора 7. Фильтр нижних частот 5 незначительно подавляет колебания вспомогательного генератора 12. Поэтому «замкнутая» система ФАПЧ за счет изменения фазового сдвига между колебаниями сигнала и гетеродина стремится подавить переменное напряжение вспомогательного гетеродина 12 на выходе усилителя переменного напряжения 6 (это видно из рис. 3, на котором приведены характеристики смесителя 4 при различной амплитуде входного сигнала). При этом на выходе усилителя переменного напряжения 6 остается небольшое по амплитуде переменное напряжение с частотой вспомогательного гетеродина 12, которое через сумматор 7 подается на узел управления частотой 8 и изменяет фазу колебаний гетеродина 9 в пределах $\Delta\gamma = \gamma_1 - \gamma_2$ (рис. 3).

В то же время это напряжение подается на один из входов синхронного демодулятора 10, на другой вход которого подается переменное напряжение от вспомогательного гетеродина 12. На выходе демодулятора 10 образуется напряжение, которое однозначно зависит от мгновенной разности фаз колебаний сигнала и гетеродина. Это напряжение через фильтр нижних частот 11 и сумматор 7 подается на вход узла 8 и изменяет частоту гетеродина 9 таким образом, что

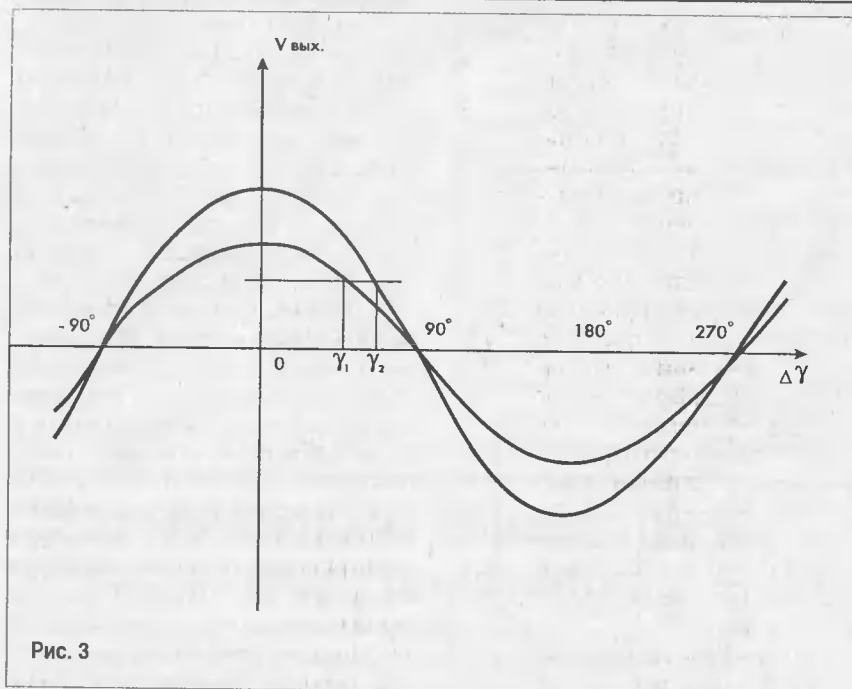


Рис. 3

система ФАПЧ приемника из режима биений переходит в режим синхронизации.

Может получиться так, что переменные напряжения на входах демодулятора 10 будут сдвинуты примерно на 90° , что приведет к уменьшению коэффициента передачи демодулятора 10. Поэтому в схему приемника включен фазовращатель 13. Совместно с фильтром нижних частот 5 они должны создавать фазовый сдвиг, составляющий на частоте вспомогательного гетеродина 12 примерно на 90° . Это связано с тем, что отклонения частоты и отклонения фазы колебаний гетеродина 9 сдвинуты между собой на 90° .

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 2. Усили-

тель высокой частоты 1 выполнен на транзисторе VT1, а амплитудный модулятор 2 — на транзисторе VT2. Буферный усилитель высокой частоты 3 (см. рис. 1) выполнен на транзисторе VT3, а смеситель — на транзисторе VT4. Фильтр нижних частот 5 образуют элементы R13C11, а фильтр нижних частот 11 — элементы R19C14. Усилитель переменного напряжения 6 выполнен на микросхеме DA1, а сумматор 7 — на микросхеме DA2. Демодулятор 10 построен на транзисторе VT5, а гетеродин 9 — на транзисторе VT7. На транзисторе VT6 выполнен эмиттерный повторитель. Вспомогательный гетеродин 12 выполнен на микросхеме DD1, а фазовращатель 13 — на элементах R25R26C19.

Элементы R24C17 образуют цепь коррекции высокочастотных предискажений. Элементы R30C27VD6 формируют требуемое напряжение питания для DD1.

По своему исполнению и методике настройки этот приемник аналогичен ранее описанным конструкциям («Радио», №2/2001, №4/2000), и потому эта информация в настоящей статье не приводится.

Можно отметить только, что в качестве L4 использован малогабаритный дроссель заводского изготовления, катушка L1 имеет 1,5 витка, а катушка L2 — 6 витков. Приемник потребляет ток 21 мА. Схему приемника можно значительно упростить, если транзисторы VT1 и VT2 (рис. 2) заменить одним двухзатворным транзистором КП350, включенным по типовой схеме. При этом напряжение сигнала нужно подать на первый затвор, а напряжение от вспомогательного гетеродина низкой частоты — на второй.

Александр Сергеев

Литература

1. Поляков В. Гетеродинный прием // Радиолюбитель. Сост. А. В. Гороховский. — М.: ДОСААФ, 1988. — С. 16–38.
2. Поляков В. Радиовещательные ЧМ приемники с фазовой автопристройкой. — М.: Радио и связь, 1983.
3. Кривицкий Б. Х. Автоматическое слежение за частотой. — М.: Энергия, 1974.

Новые схемы сверхрегенеративных приемников для радиолюбителей, работающих в КВ и УКВ-диапазонах

В статье рассматриваются конструкции сверхрегенеративных узлов для радиолубительской аппаратуры. Приводятся три схемы сверхрегенераторов, охватывающих частотные диапазоны 38–54, 118–136 и 88–108 МГц, а также новые схемы шумоподавителей и сверхрегенераторов для приема узкополосной частотной модуляции.

Несмотря на то что многие радиолубители занимаются построением собственных коротковолновых приемников, очень немногие из них конструируют приемники на частоты выше 30 МГц. Такая ситуация вызвана рядом причин. Немногие схемы, которые публикуются сегодня, обычно являются сложными супергетеродинными приемниками. Даже теперь, когда компьютерные платы с широкополосной приемной аппаратурой стали доступны, эти разработки зачастую слишком сложны для средних радиолубителей. Хотя супергетеродинный приемник отлично подходит для коммерческого проектирования, на УКВ-диапазоне сложность построения даже про-

стого супергетеродина резко увеличивается.

Этот недостаток опыта радиолюбителей в КВ-диапазоне появился в недавнее время. В 1930–40 гг. большинство радиолюбителей сами проектировали КВ-аппаратуру. Именно радиолюбители были пионерами, отреагировавшими на развитие первых практических КВ и УКВ-систем связи. Можно предположить, что главной причиной для угасания радиолюбительской КВ-схемотехники является то, что радиолюбители забыли о сверхрегенеративных приемниках и увлеклись значительно более сложными супергетеродинными приемниками, и на это были свои причины.

С момента появления сверхрегенеративного приемника в начале 20-х годов прошлого века возникло несколько серьезных проблем. В первых схемах были использованы лампы, и именно их относительно высокие уровни напряжений питания вызывали сильные помехи в близко расположенных приемниках. Вдобавок традиционные схемы сверхрегенераторов страдали от очень низкой избирательности. Также на выходе сверхрегенеративного приемника при отсутствии входного сигнала постоянно присутствует раздражающий шипящий шум. Характеристики даже коммерческих сверхрегенеративных приемников, используемых в дешевых носимых приеме-передатчиках, обычно очень плохие (низкая избирательность и высокий уровень паразитного излучения). Несмотря на это сверхрегенеративные схемы обладают неоспоримыми преимуществами.

Эти схемы легко повторимы и очень чувствительны, даже в КВ и УКВ-диапазонах. Они охватывают очень широкий диапазон частот, а очень малое потребление тока делает их идеальными для портативных приемников с батарейным питанием.

В статье приведены несколько новых схем, которые сильно улучшают характеристики традиционных схем сверхрегенераторов. Мы рассмотрим схемы для приема узкополосной ЧМ, которые работают в очень широком диапазоне частот и могут детектировать также и другие виды модуляции. Также будет представлена простая, но эффективная схема шумоподавителя, который отключает громкие и неприятные собственные шумы сверхрегенератора.

При правильном проектировании и достаточном мастерстве разработчика современные сверхрегенеративные приемники могут обеспечить очень высокие характеристики. На сегодняшний день доступность дешевых транзисторов с отличными параметрами позволяет пересмотреть потенциалы технологии построения сверхрегенераторов.

Схемы, рассматриваемые в этой статье, основаны на многолетнем опыте конструирования. И наконец, информация, содержащаяся в статье, показывает, что многие ранее опубликованные факты о сверхрегенеративных приемниках неверны: они перепечатываются снова и снова без какой-либо проверки их правдоподобности. Автор также надеется показать, что сверхрегенеративный приемник все еще остается привлекательной, хотя зачастую и неправильно понимаемой технологией, которая идеально подходит для радиолубительских экспериментов.

Регенерация и сверхрегенерация

В регенеративных приемниках используется детектор, являющийся автогенератором радиочастотного диапазона. Открытый Эдвином Говардом Армстронгом в 1914 г., эффект регенерации позволил радиолубителям конструировать очень чувствительные приемники в то время, когда стоимость электронных компонентов была очень высока, а их усилительные характеристики были невысокими по сегодняшним стандартам.

В современной регенеративной схеме, показанной на рис. 1, входной сигнал с антенны усиливается каскадом на транзисторе Q1 и затем поступает на детектор. Связь между этими каскадами индуктивная, с помощью катушки L1. Контур, образованный катушкой L2 и конденсаторами C3a, C3b, настроен на частоту входного сигнала. Часть усиленного детектором входного сигнала заводится на его вход синфазно (чтобы сигналы складывались) с помощью катушки обратной связи L3. Затем этот сигнал снова усиливается, при этом усиление достигает больших значений, и так до тех пор, пока не достигается критическая точка самовозбуждения, и в схеме начинаются незатухающие автоколебания. После достижения этой точки усиление входного сигнала перестает расти и начинает уменьшаться, поскольку основная часть энергии детектора теперь отдается для поддержания собственных колебаний.

В действительности механизм регенерации довольно сложен. Регенерация является следствием введения в схему отрицательного сопротивления для компенсации ее положительного сопротивления. Поскольку избирательность схемы (добротность Q) равна отношению ее реактивного сопротивления к активному сопротивлению цепи, в случае применения регенеративной схемы она возрастает с ростом его коэффициента усиления. Таким образом, будучи правильно настроенным, одиночный каскад может обладать высокой чувствительностью.

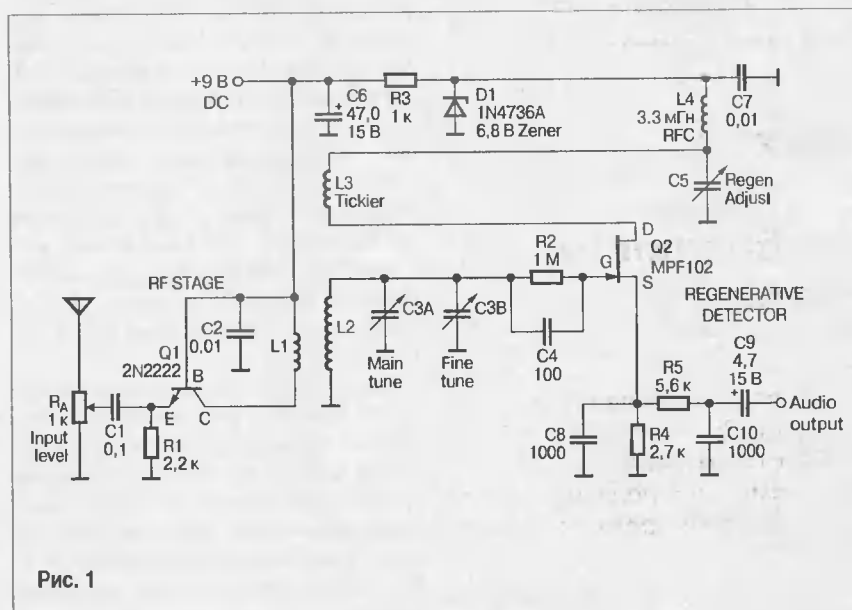


Рис. 1

тью и позволяет отказаться от использования нескольких настроенных каскадов усиления, которые обычно требуются в более сложных приемниках.

Величина коэффициента усиления, который может обеспечить одиночный регенеративный каскад, ограничена появлением собственных незатухающих колебаний в схеме. Возникшие свободные колебания приводят к ограничению усиления активного прибора. Поэтому, если необходимо получить максимальный коэффициент усиления и избирательность каскада регенеративного приемника, оператор должен регулировать величину положительной обратной связи таким образом, чтобы она находилась чуть ниже точки возникновения незатухающих колебаний (самовозбуждение схемы). Для приема сигналов CW и SSB детектор должен быть отрегулирован таким образом, чтобы его порог был чуть выше порога возникновения автоколебаний. Тогда колебания в схеме детектора будут смещиваться с входным радиосигналом, образуя биения звуковой частоты, необходимые для приема CW или образуя местный гетеродин для приема SSB-сигнала. Типовой коэффициент усиления регенеративного детекторного каскада примерно в 1000 раз выше, чем у такого же де-

тектора, работающего без регенерации. Используя современные радиоэлементы, реально получить схемы с коэффициентом усиления 20 000 (86 дБ) и выше.

В 1922 г. Армстронг предложил другую схему, основанную на явлении регенерации, но в действительности работающую на основе полностью новой идеи — явлении сверхрегенерации. Эта схема является модификацией обычной регенеративной схемы, но в ней детекторный каскад достигает условий самовозбуждения и затем периодически выключается или гасится с помощью второго генератора, работающего на относительно невысокой частоте. В простейшей форме такая схема является модулированным автогенератором, ко входу которого присоединена антенна. Сверхрегенеративный каскад позволяет входному сигналу усиливаться снова и снова до достижения точки возникновения собственных колебаний, при этом достигается коэффициент усиления одиночного каскада около 1 000 000 (120 дБ). Поскольку в схеме используется коэффициент усиления, необходимый для возникновения автоколебаний, можно построить чувствительный приемник на очень высоких частотах, на которых среднему радиолюбителю довольно сложно построить другие типы

приемников, например супергетеродинный.

Сверхрегенеративные приемники делятся на две категории в зависимости от того, каким образом прерываются их автоколебания — отдельным генератором или собственной частотой гашения (как показано на рис. 2). В схеме на рис. 2, а используется отдельный генератор гашения, построенный на транзисторе Q2, для генерации изменяющегося напряжения синусоидальной формы, которое имеет частоту выше звукового диапазона, но значительно меньше частоты входного радиосигнала. Он модулирует напряжение стока транзистора Q2 на частоте гашения. Транзистор Q1 периодически включается и выключается с частотой гашения. Колебания с частотой гашения, которые периодически прерывают основные колебания, позволяющие входному радиосигналу усиливаться в каскаде повторно снова и снова до достижения схемой точки возникновения автоколебаний, являются простейшей формой амплитудной модуляции.

Хотя разновидность схемы с отдельным генератором гашения обеспечивает высокую чувствительность и позволяет оператору регулировать и частоту гашения, и амплитуду сигнала гашения, она требует конструирования отдельного генератора, а также его питания и настройки. Это приводит к усложнению довольно простой исходной схемы, что является нежелательным. К счастью, современные микросхемы содержат отдельные узлы генераторов и блоки усиления, поэтому генераторы гашения могут быть сконструированы без труда и лишних расходов.

На рис. 2, б показана разновидность схемы с гашением напряжения, вырабатываемого самим детектором. В таких схемах вторичные релаксационные колебания образуются в схеме детектора, который одновременно генерирует сигналы двух частот: радиочастотный сигнал и сигнал с частотой гашения.

В схемах с самогашением постоянная времени цепочки R1C1 выбирается таким образом, чтобы конденсатор C1 не мог разрядиться достаточно быстро и предотвратить нарастание обратного смещающего напряжения на резисторе R1. Это отрицательное напряжение смещения периодически возраста-

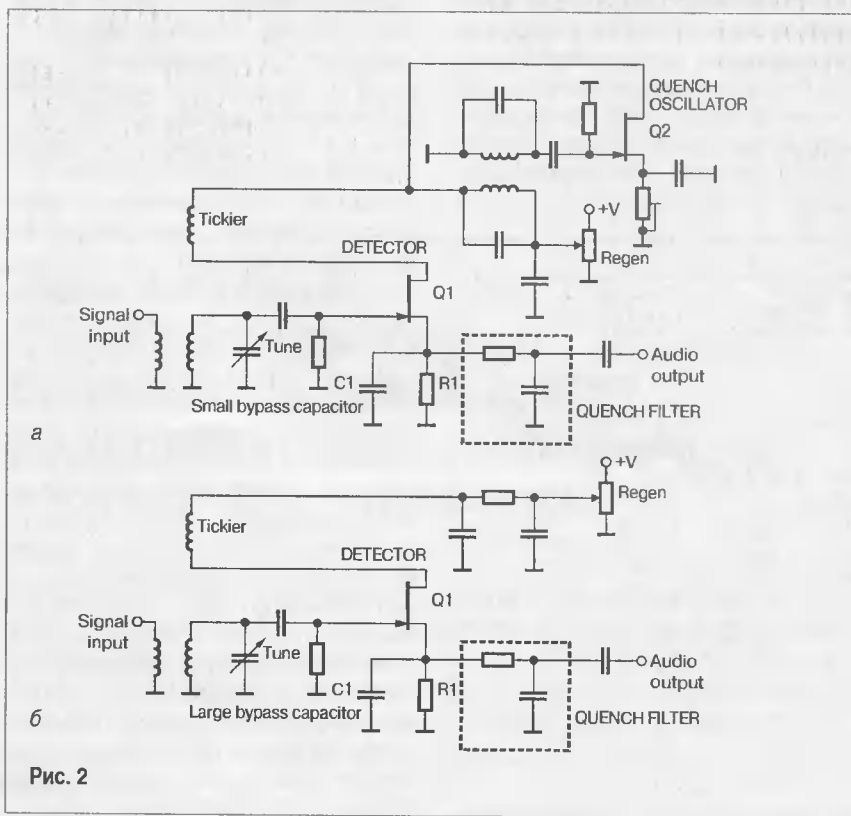


Рис. 2

ет до уровня, когда транзистор запирается, и возникшие в схеме автоколебания срываюся. Тогда конденсатор С1 разряжается через резистор R1 до такого уровня, при котором напряжение смещения становится достаточно низким, чтобы транзистор перешел в усиительный режим, и в схеме снова возникли автоколебания. Постоянная времени цепочки R1C1, в зависимости от соотношения величин емкости и сопротивления, определяет частоту и форму гасящих колебаний.

Механизм сверхрегенерации

На рис. 3 детально представлен график огибающей радиочастотных колебаний в схеме сверхрегенеративного детектора, управляемого внешним синусоидальным генератором гашения. График очень похож на формы сигналов, которые можно наблюдать на экране осциллографа. Затененная зона в графике области является зоной, в которой входной сигнал усиливается.

Если на входе схемы сигнал отсутствует, то собственные шумы детектора и шумы эфира вызывают нарастание свободных колебаний, которые начинаются возле точки С, и активный прибор перестает усиливать сигнал, поддерживая автоколебания. Детектор переходит в состояние свободных колебаний, которое продолжается до тех пор, пока генератор гашения не срывает режим автогенерации (точка Е).

Если радиосигнал приложен к входу схемы, динамика затененной области меняется. Нарастание колебаний теперь начинается раньше — в точке В. Это увеличивает время нарастания t , на которое автоколебания начинаются раньше в присутствии сигнала на входе, и это время будет называться временем опережения. Чем больше амплитуда входного сигнала, тем больше будет время опережения. В свою очередь, увеличение времени опережения приводит к увеличению периода усиления (от точки В до точки С). Слабые источники шума требуют больше времени для возникновения собственных автоколебаний, чем более сильные источники сигнала. Следовательно, задавая ограниченное время между интервалами гашения, входные радиосигналы можно усилить значительно сильнее, чем собственные шумы схемы. Время опережения определяет чувствительность сверхрегенеративного детектора и зависит от величины приложенного к входу сигнала, а также от частоты и формы напряжения гашения.

Обратите внимание, что незатененная область (автоколебания) осциллограммы от точки С до точки Е составляет значительно большую часть времени работы сверхрегенератора, при этом абсолютно не участвуя в усилении сигнала. Интервал времени без регенерации (от точки Е до точки F) является периодом, когда генератор

гашения полностью останавливает автоколебания схемы.

Необходимо выбрать такой режим работы детектора, чтобы возникшие в схеме автоколебания полностью затухали перед началом следующего периода. Именно по этой причине высокодобротные контуры в сверхрегенеративных каскадах теоретически могут приводить к неправильному режиму работы устройства. Колебания в этих контурах не затухают полностью и могут быть сильнее входного сигнала, при этом сверхрегенеративный процесс усиления нарушается, и автоколебания начинаются снова. В реальных схемах, использующих намотанные вручную катушки, такая проблема обычно не возникает, поскольку в контуре всегда достаточно высокие потери.

Выходной сигнал сверхрегенеративного детектора определяется заштрихованной зоной (от точки В до точки D). При отсутствии входного сигнала шумы инициируют нарастающие автоколебания случайным образом, поэтому время опережения (заштрихованная область) и выходное напряжение сверхрегенератора также будут носить шумовой характер. Именно это и объясняет характеристики шипящего звука на выходе сверхрегенератора — в иностранной литературе он называется быстрым шумом. Этот шум очень заметен при отсутствии сигнала и практически полностью пропадает при сильном входном сигнале.

И амплитуда, и частота гасящего напряжения (степень гашения) воздействуют на характеристики приемника. В идеальном случае сверхрегенератор должен прерываться в точке возникновения свободных колебаний (сразу за точкой D на рис. 3) — именно таким образом достигается максимальная чувствительность схемы. Однако, при использовании даже обычных схем, чувствительность получается достаточно высокой, так что это никогда не является проблемой. Настоящей проблемой является избирательность приемника, именно она на протяжении долгих лет была предметом неразберихи и ошибок в конструировании сверхрегенеративных приемников.

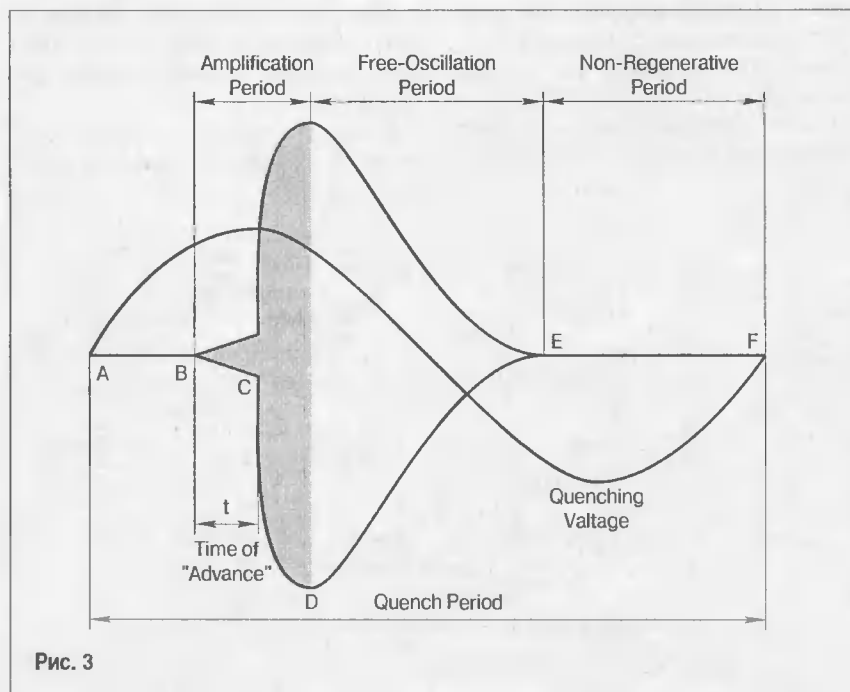


Рис. 3

Моделирование устойчивости электронных схем

Каждый специалист, занимающийся аналоговой схемотехникой, нередко сталкивается с проблемой самовозбуждения разработанной конструкции. Обычно самовозбуждение устраняется подбором подходящего места включения корректирующих элементов с использованием имеющегося опыта и литературных источников, либо «методом научного тыка», когда элементы коррекции подключаются куда попало до исчезновения возбуждения. В любом случае выбрать коррекцию оптимально, чтобы получить наилучшие характеристики устройства, достаточно сложно.

Решение этой задачи проработано в теории автоматического регулирования, где склонность системы к самовозбуждению оценивается степенью ее устойчивости. Практически любой физический объект, и электронную схему в том числе, можно представить в виде системы автоматического регулирования с обратной связью, на которую действуют различные управляющие и возмущающие воздействия. Теория автоматического регулирования позволяет формализованными методами оценивать свойства объекта независимо от его физической природы. Тем, кто не изучал теорию автоматического регулирования специально, для дальнейшей работы в этом направлении придется проштудировать какой-нибудь из учебников [1].

В самом упрощенном виде функциональная схема системы автоматического регулирования изображена на рис. 1. Схема включает в себя звено прямой передачи сигнала с передаточной функцией $W1$, звено обратной связи с передаточной функцией $W2$ и сумматор. Управляющее воздействие может

оказывать входной сигнал в случае усилителя низкой частоты или опорное напряжение для стабилизатора напряжения. В качестве возмущающих воздействий выступают изменения напряжения питания, сопротивления нагрузки, температуры окружающей среды и т. д. Напряжение самовозбуждения также можно рассматривать в качестве возмущающего воздействия, поступающего с выхода устройства на его вход через цепь обратной связи. В данном случае сигнал U оказывает управляющее воздействие, X — возмущающее, а сигнал Y — выходной.

Степень устойчивости замкнутой системы оценивается по частотным характеристикам ЛАЧХ (логарифмическая амплитудно-частотная характеристика) и ЛФЧХ (логарифмическая фазо-частотная характеристика) разомкнутой системы.

Принципы теории можно применить и в готовой конструкции, имея соответствующее оборудование, однако это потребует постановки очень большого числа опытов и больших затрат времени на анализ полученных результатов. Програм-

мы анализа электронных схем позволяют провести эти опыты гораздо быстрее и нагляднее.

Рассмотрим возможности анализа устойчивости схемы стабилизатора напряжения на примере использования программы OrCAD 9.2 [2]. Аналогично можно провести анализ, используя систему DesignLab 8.0 [3].

Передаточная функция разомкнутой системы при описании ее функциональной схемы совершенно не зависит от места разрыва цепи обратной связи и, следовательно, от места введения возмущающего воздействия. На практике для электронных схем чаще всего это правило недействительно. В них отсутствует в явном виде такое устройство, как сумматор, а выполняющие его роль входы усилителя зачастую имеют неодинаковые характеристики. Так что наиболее рационально при моделировании вводить имитацию возмущающего воздействия в точке его возникновения. Для усилителей и стабилизаторов это вывод цепи обратной связи, соединенный с выходом схемы. При анализе очень важно сохранить работоспособность схемы по постоянному току, и в то же время исключить проникновение испытательного сигнала в другие цепи. Если при практической реализации это может вызывать проблемы как на очень низких, так и на очень высоких частотах, то программы моделирования допускают использование разделительных и заградительных реактивных элементов сколь угодно больших номиналов.

В схеме стабилизатора, изображенной на рис. 2, возмущающее

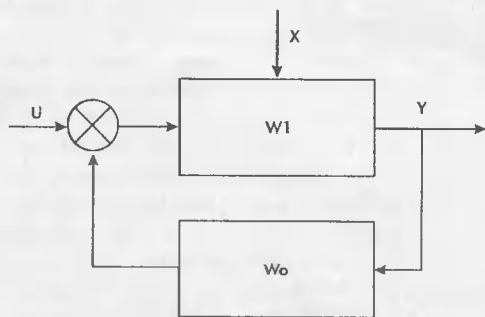


Рис. 1

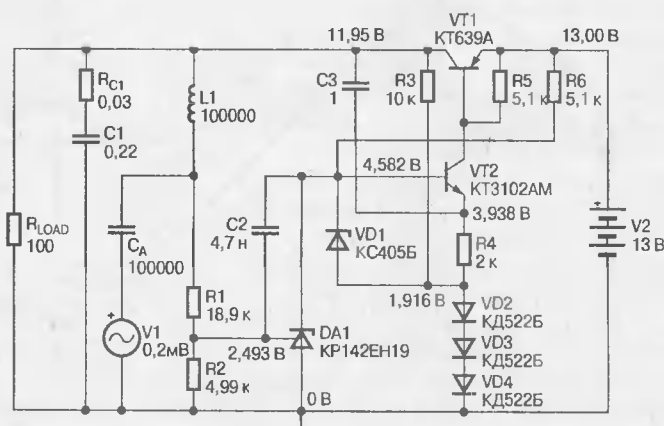


Рис. 2

Таблица 1

ЛАЧХ	ЛФЧХ	С2	С3	Частота единичного усиления	Запас по фазе
A	A''	1 пФ	1 пФ	113 кГц	-54 °
B	B''	4,7 нФ		4,9 кГц	66 °
C	C''	51 пФ	1 пФ	266 кГц	19 °
D	D''		4,7 нФ	130 кГц	66 °

воздействие оказывает источник синусоидального напряжения V1, сигнал которого подается в схему через разделительный конденсатор C_a. Обратная связь по переменному току разорвана включением индуктивности L_a. Значения ем-

кости и индуктивности выбраны очень большими в основном затем, чтобы получить неискаженные характеристики схемы в области низких частот для большей наглядности анализа. Следует сразу отметить, что напряжение источника

сигнала должно быть выбрано достаточно малым для того, чтобы при коэффициенте передачи разомкнутой системы, достигающем 100 дБ, напряжение на выходе схемы хотя бы не превышало напряжения источника питания. Поскольку

программа оперирует не реальными элементами схемы, а их упрощенными моделями, при анализе можно получить значения напряжений в миллионы вольт и токов в тысячи ампер. Анализ будет проведен, но его результаты могут быть некорректными.

Элементами коррекции служат конденсаторы С2 и С3, причем для демонстрации возможности оптимизации характеристик схемы анализ проведен при различных значениях этих емкостей. Анализ сводится к расчету частотных характеристик при одновременном изменении параметров элемента схемы. В графическом редакторе схем PSpice Schematics, входящем в состав OrCAD 9.2, это анализ по директиве AC Sweep с одновременным включением Parametric, последующим построением логарифмических амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик и определением степени устойчивости системы. При задании параметров режима AC Sweep следует установить характер изменения частоты декадами, а значения начальной и конечной частоты такими, чтобы полученные потом характеристики перекрывали как область постоянного усиления, так и область, в которой коэф-

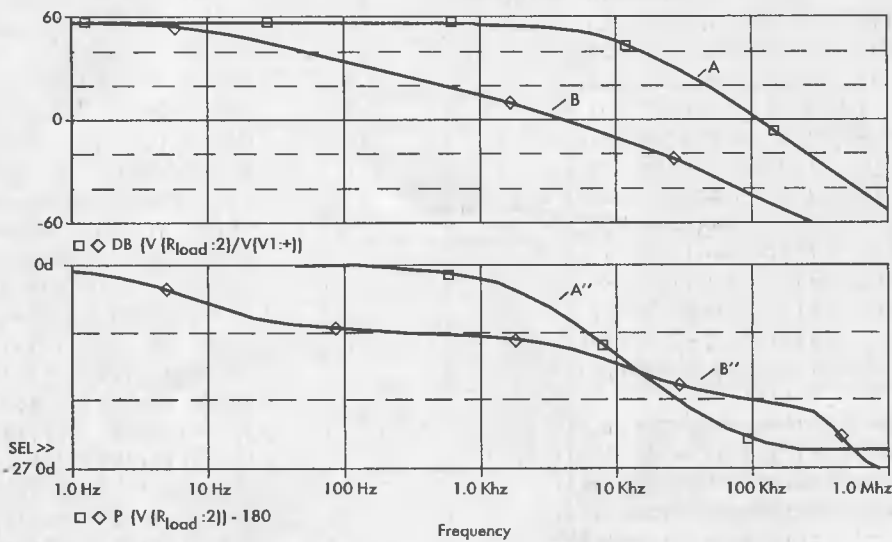


Рис. 3

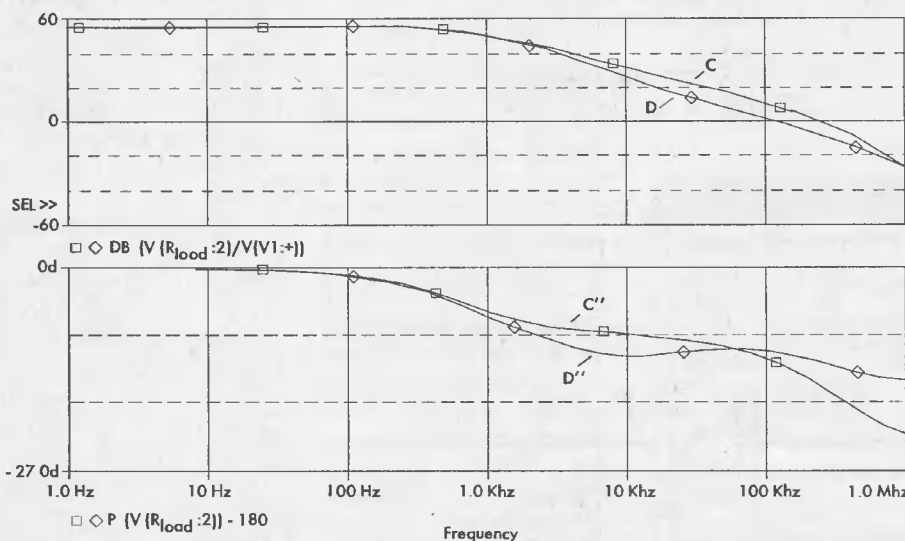


Рис. 4

коэффициент передачи разомкнутой системы меньше единицы. В практических применениях для низкочастотных схем полоса частот обычно выбирается в пределах от 1 Гц до 1 МГц, реже от 0,1 Гц до 10 МГц. Вариация значений параметра элемента коррекции задается как изменение глобального параметра с начальным значением, не оказывающим практического влияния на характеристики.

Графики частотных характеристик схемы стабилизатора, построенные программой Probe при различных сочетаниях значений корректирующих конденсаторов C2 и C3, приведены на рис. 3, 4, а результаты анализа — в табл. 1.

Из-за того, что испытательный сигнал инвертируется схемой, при построении ЛФЧХ к реальному фазовому сдвигу добавлена составляющая -180° , чтобы привести характеристику к виду, принятому в теории автоматического регулирования.

Графики В, В" демонстрируют характеристики, полученные в результате коррекции, рекомендованной изготовителем микросхемы управляемого стабилизатора TL431 (аналог микросхемы КР142ЕН19). Анализ вида ЛАЧХ показывает, что при этих значениях емкостей C2 и C3 реализуется метод демпфирования с подавлением высоких частот, который зна-

чительно снижает быстродействие системы.

Улучшить результаты можно изменив способ коррекции. Если использовать метод демпфирования с подавлением средних частот, приведя ЛАЧХ разомкнутой системы к типу 3 по Санковскому-Сигалову, можно получить устойчивую схему стабилизатора, способную работать с быстроизменяющейся нагрузкой. Характеристики схемы, скорректированной подобным образом, изображены на графиках С, С" (рис. 4).

Устойчивость замкнутой системы определяется наличием необходимого запаса по фазе на частоте единичного усиления, который не

должен быть менее 20° .

Анализ графиков на рис. 3, 4 позволяет сделать вывод, что схема без коррекции обязательно возбуждается, тогда как у скорректированной схемы имеется необходимый запас по фазе.

Наличие запаса по фазе на частоте единичного усиления разомкнутой системы является необходимым, но не всегда достаточным условием устойчивости замкнутой системы. Могут быть случаи, когда анализ устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам достаточно затруднителен. Уточнить результаты анализа можно, построив амплитудно-фазовую характеристику (годограф) разомкнутой системы на комплексной плоскости и применив для ее анализа критерий устойчивости Найквиста.

Для построения годографа необходимо провести частотный анализ, причем желательно только в области частот, непосредственно примыкающих к частоте единичного усиления. Следует учесть, что программа Probe не позволяет строить семейство характеристик, подобных годографу, и если в процессе анализа получено несколько результатов, то для дальней-

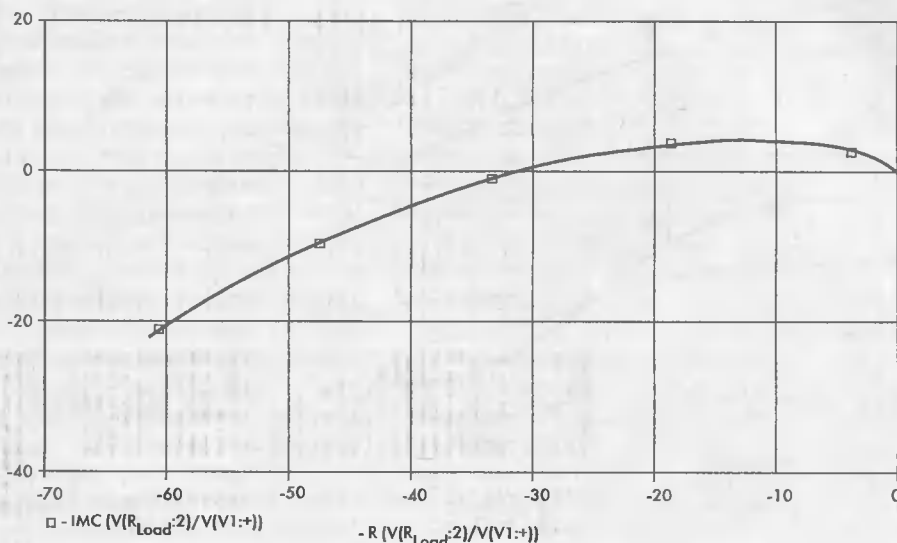


Рис. 5

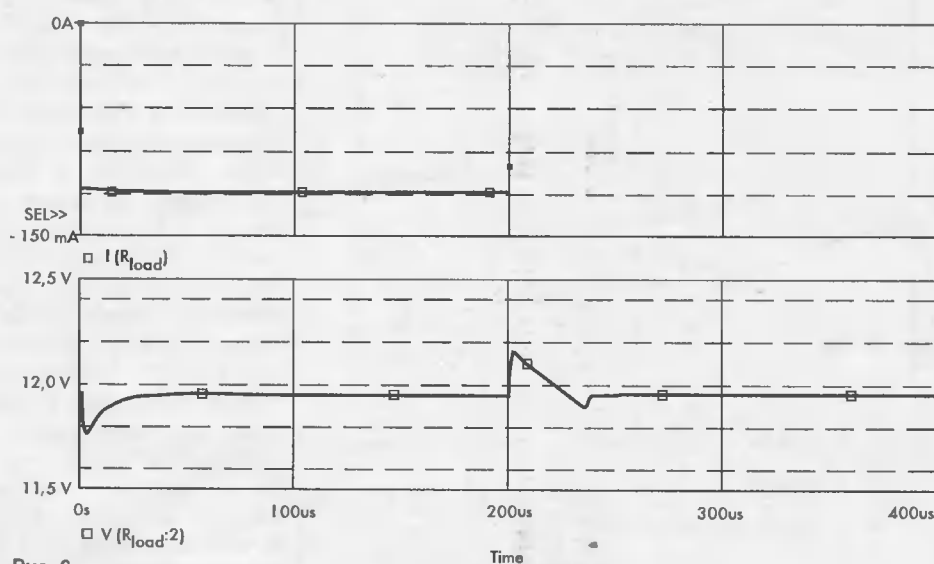


Рис. 6

Литература

1. Макаров И. М., Менский Б. М. Линейные автоматические системы (элементы теории, методы расчета и справочный материал) — М.: Машиностроение, 1977.
2. Разевиг В. Д. Система проектирования OrCAD 9.2. — М.: Солон-Р, 2001.
3. Разевиг В. Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0. — М.: Солон, 1999.

Михаил Пушкарев,
pmm@midaus.com

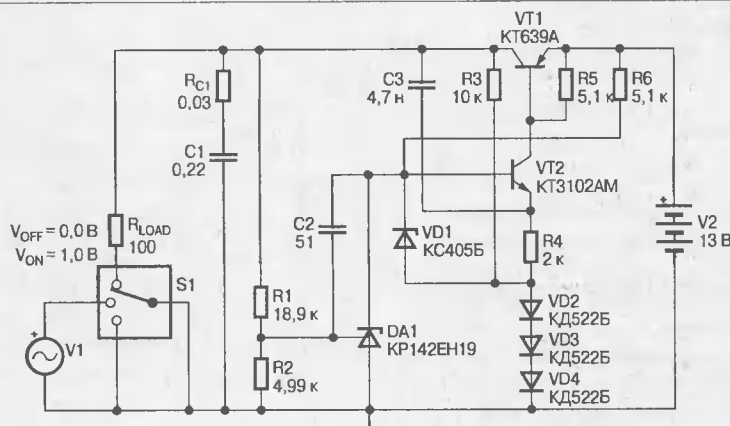


Рис. 7

шей работы следует выбрать один. Для построения годографа следует изменить шкалу по оси x на линейную и изменить имя переменной, откладываемой по оси x , на вещественную часть амплитудно-фазовой частотной характеристики. Дальше в полученной координатной плоскости строится график мнимой части амплитудно-фазовой частотной характеристики.

На рис. 5 изображен годограф некомпенсированной схемы стабилизатора для области частот от 20 кГц до 1 МГц, который охватывает точку с координатами $[-1, j0]$, что свидетельствует о неустойчивости замкнутой системы. На графике переменные по осям x и y отложены со знаком минус, чтобы, как и в случае построения ЛФЧХ, привести характеристику к виду, принятому в теории автоматического регулирования.

Степень устойчивости не является единственным критерием качества системы автоматического регулирования. Хотя схема стабилизатора получилась устойчивой при двух различных способах коррекции, ее динамические свойства совершенно не одинаковы. Продемонстрируем качество переходного процесса схемы со вторым способом коррекции, изображенной на рис. 7 со всеми элементами, необходимыми для моделирования. Графики тока через сопротивление нагрузки и выходного напряжения, построенные по результатам расчета переходного процесса по директиве Trasient (рис. 6), показывают неплохие динамические свойства схемы. Качество переходного процесса схемы с первым вариантом коррекции много хуже.

Системы проектирования со средствами моделирования являются мощным инструментом, однако не дают абсолютной гарантии достоверности полученных результатов. Приступая к моделированию следует учитывать, что поведение схемы моделируется на основе иногда достаточно упрощенных моделей электронных компонентов, в особенности это касается моделей интегральных схем. Желательно пользоваться моделями, предоставляемыми фирмами-изготовителями соответствующих компонентов, поскольку адекватную модель можно создать, только имея большой и достоверный статистический материал. Отечественные компоненты можно заменять импортными аналогами, правда, при этом лучше убедиться самому в соответствии характеристик приборов друг другу. Ну и, наконец, обязательно следует убедиться в правильности произведенных расчетов на макете устройства.

Редакция журнала «Схемотехника» приглашает авторов к сотрудничеству

По всем вопросам обращаться:
e-mail: editor@dian.ru
телефон: (095) 737-9279

Гонорары выплачиваются авторам,
проживающим на территории СНГ

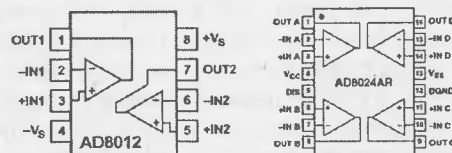
ARGUSSOFT

Департамент Микроэлектроники

ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ
дистрибьютор фирм:

ANALOG
DEVICES

Новые серии быстродействующих
операционных усилителей



Микросхема	Количество усилителей в корпусе	Напряжение питания, В Мин. Макс.	Скорость нарастания, В/мкс
AD8051/2/4	1/2/4	+3 +12	140
AD8061/2	1/2	+2.7 +8	800
AD8057/8	1/2	+3 +12	1150
AD8023	3	±2.5 ±7.5	1200
AD8055/6	1/2	±4 ±6	1400
AD8074	3	±4.5 ±5.5	1400
AD8075	3	±4.5 ±5.5	1800
AD8012	2	±1.5 ±6	2250
AD8024	4	+5 ±12	2400
AD8014	1	+4.5 +12	4000

Офис в Москве:
Адрес: 129085, Москва, Проспект Мира, 95
Тел.: (095) 217-2487, 217-2519, 217-2505;
Факс: (095) 216-68-42
E-mail: components@argusssoft.ru

Новый офис в Санкт-Петербурге:
Адрес: 191023, Санкт-Петербург,
наб. кан. Грибоедова, 36
Тел.: (812) 314-3808, тел./факс: (812) 310-6234
E-mail: spb@argusssoft.ru

Интернет: WWW.ARGUSSOFT.RU

ANALOG
DEVICES

AMEL

TRACO
POWER

POYNERS

CLARE

sumida

JE-AN

HANTRONIX

Honeywell

SII
Seko Instruments Inc.

muRata

Микроконтроллеры? Это же просто!

Глава 4. Сопряжение микроконтроллера с индикаторами различных типов

Сопряжение с жидкокристаллическими индикаторами на основе контроллеров типа HD44780 фирмы Hitachi

Эти индикаторы принадлежат к числу наиболее распространенных — я встречал более полудюжины их производителей, таких как Data Vision, Bolymin, SII, Optrex, Batron, Picvue, EDT, Varitronix или Povertip. Индикаторы бывают одно-, двух- и четырехстрочными. Каждая строка отображает 8, 12, 16, 20, 24 или 40 символов, формируемых матрицей формата 5×7 или 5×10 точек.

В состав индикатора входит микроконтроллер HD44780 или совместимый с ним, производимый фирмами Hitachi, Epson, Toshiba, Philips, Samsung или Sanyo. Он управляет точками ЖК-дисплея и интерфейсной частью индикатора. Как и HT1610, этот индикатор представляет собой печатную плату (ее размеры для однострочного 16-символьного индикатора составляют 80×36×10 мм), на которой смонтирован ЖК-дисплей, контроллер и необходимые дополнительные электронные компоненты. Внешний вид одного из таких индикаторов, DV-16100 от Data Vision, приведен на рис. 29.

На этом сходство DV-16100 с рассмотренным выше HT1610 заканчивается, и начинаются различия.

Интерфейс DV-16100 — параллельный. Для соединения индикатора с микроконтроллером нужно использовать 11 линий — восемь для передачи данных (DB0-DB7), одну для информирования инди-

татора о направлении обмена (R/W; R/W=1 — чтение, R/W=0 — запись), одну для информирования о типе передаваемых данных (RS; RS=1 — данные, RS=0 — команда), и одну в качестве строб-сигнала, по перепаду которого из 1 в 0 осуществляется запись данных в индикатор или чтение из него. Естественно, на индикатор нужно подать также питающее напряжение (+5 В), соединить его с общим проводом, а также подать на соответствующий вывод некий потенциал от 0 до 5 В, который регулирует контраст формируемого индикатором изображения. Схема соединения индикатора DV-16100 с микроконтроллером приведена на рис. 30.

Отмечу, что DV-16100 допускает возможность работы с использованием не только восьми, но и четырех линий данных (DB4-DB7).

Однако в настоящей статье мы этот режим рассматривать не будем. Желаящие, опираясь на приведенную ниже информацию, могут попробовать реализовать этот вариант самостоятельно, так сказать, в качестве домашнего задания.

Индикаторы на основе HD44780 — чрезвычайно гибкие изделия, позволяющие использовать различные режимы ввода в них информации и ее просмотра. Они формируют изображения не только цифр, но и букв латинского (а многие — еще и русского) алфавита, а также псевдографических символов. Однако подобная гибкость имеет и свою оборотную сторону — более

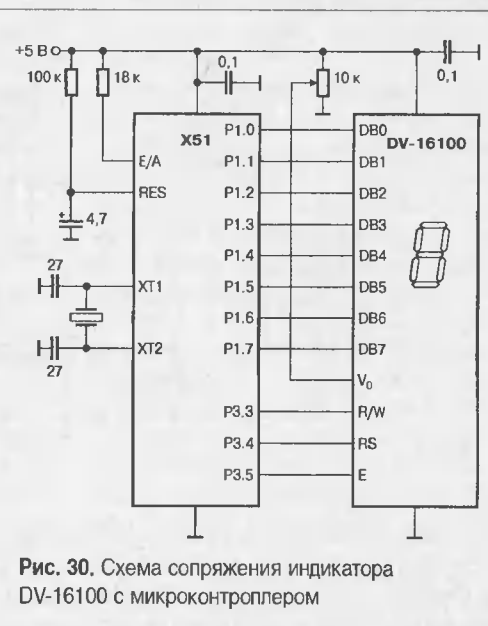


Рис. 30. Схема сопряжения индикатора DV-16100 с микроконтроллером

сложные по сравнению с HT1610 алгоритмы инициализации и ввода в них информации. В связи с этим вам придется затратить определенные усилия, чтобы понять, что нужно сделать для реализации тех или иных режимов ввода информации и ее отображения. Минимальные начальные сведения об этом, без которых нельзя написать простейшую программу работы с таким индикатором, вы получите из материала, содержащегося в настоящей главе. Всю информацию по тому или иному конкретному индикатору вы найдете в фирменном описании на него. А поскольку даже одинаково организованные индикаторы от различных производителей иногда в деталях отличаются друг от друга, я настоятельно рекомендую перед использованием того или иного индикатора найти описание на него и ознакомиться с ним — это поможет свести к минимуму проблемы с отладкой собранного изделия.

Теперь давайте вернемся к конкретному примеру и рассмотрим более подробно уже упоминавшийся DV-16100. Как уже говорилось, это однострочный индикатор, отображающий в строке 16 символов. Для того, чтобы понять, что же он отображает и как его программировать, полезно представить себе его внутреннюю структуру. В очень упрощенном виде она изображена на рис. 31.

Внутри индикатора есть 80 ячеек памяти, называемых обычно видеопамятью. При помощи соответствующих команд, о которых я скажу чуть ниже, мы можем в любую из этих

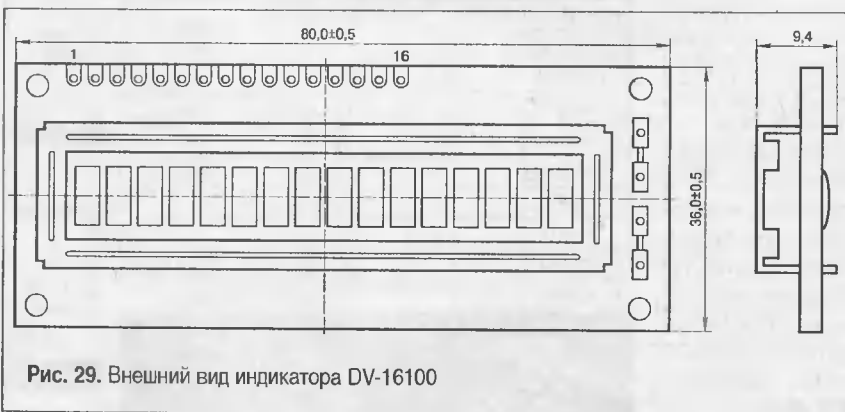


Рис. 29. Внешний вид индикатора DV-16100

ячеек занести любое 8-битное число (т. е. число от 0 до 0FFH). Каждому из этих чисел взаимно однозначно соответствует при отображении определенный символ: например, числу 32H соответствует цифра 2, числу 47H — заглавная латинская буква G, и т. д. Таблица соответствия, иногда называемая таблицей кодов символов, таблицей знакогенератора или таблицей фонтов (кто во что горазд!) приводится в описании на каждый конкретный индикатор. Для DV-16100 она приведена на рис. 32.

Не вдаваясь в подробности, отмечу, что наибольшие различия между одинаковыми индикаторами различных производителей лежат именно в таблицах кодов символов, точнее в правых их половинах, соответствующих числам от 0A0H до 0FFH. В так называемых русифицированных индикаторах среди символов, соответствующих этим числам, есть символы нашей родной кириллицы. Поэтому, если вы собираетесь на индикаторе отображать русские буквы, лучше приобретать индикаторы именно с такой таблицей кодов символов. Если же вы планируете обойтись только цифрами и латинскими буквами, то вам подойдет индикатор с любой таблицей кодов символов.

Итак, повторю, что внутри индикатора есть 80 ячеек видеопамати, в которые для отображения мы должны занести 8-битные коды, соответствующие тем символам, которые нам нужно отобразить. Но ведь индикатор-то 16-разрядный! Естественно, возникает вопрос: какие 16 из этих 80 символов будут отображены на нем?

Ответ прост. Любые 16 идущих последовательно символов. А вот какие конкретно, зависит от нас. Очень часто для определенности первой командой перед занесением в индикатор информации ставят команду сброса дисплея. В ходе ее выполнения контроллер индикатора заносит во все ячейки видеопамати код пробела (20H) и настраивает дисплей так, чтобы в крайнем левом разряде отобразился символ, код которой находится в ячейке видеопамати с адресом 0, во втором слева разряде — символ, код которого в ячейке с адресом 1, и т. д. Таким образом, сразу после выполнения команды сброса дисплея отображаются символы, коды которых хранятся в первых 16 ячейках видеопамати.

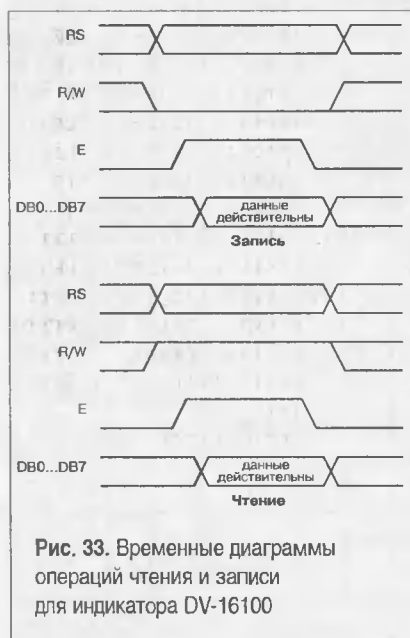


Рис. 31. Упрощенная внутренняя структура индикатора DV-16100

		Старшие 4 бита (D4...D7) кода символа в HEX - представлении															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Младшие 4 бита (D0...D3) кода символа в HEX - представлении	0	CG RAM (1)															
	1	CG RAM (2)															
	2	CG RAM (3)															
	3	CG RAM (4)															
	4	CG RAM (5)															
	5	CG RAM (6)															
	6	CG RAM (7)															
	7	CG RAM (8)															
	8	CG RAM (1)															
	9	CG RAM (2)															
	A	CG RAM (3)															
	B	CG RAM (4)															
	C	CG RAM (5)															
	D	CG RAM (6)															
	E	CG RAM (7)															
	F	CG RAM (8)															

Рис. 32. Таблица кодов символов для индикатора DV-16100

Правда, как я только что сказал, эта команда заносит во все ячейки видеопамати пробелы, поэтому для того, чтобы увидеть на дисплее что-то помимо пустой строки, нам после сброса дисплея нужно занести в эти 16 ячеек видеопамати коды символов, которые нам хотелось бы отобразить. Для этого надо установить в 0 сигнал на входе R/W индикатора. Далее надо установить в 1 сигнал на входе RS дисплея. Как уже говорилось, при RS=1 HD44780 воспринимает передаваемую информацию как данные, а при RS=0 — как команду. На DB7-DB0 нужно вывести передаваемые в индикатор 8 бит, и после того, как все сказанное будет сделано, подать на вход E индикатора строб-сигнал — положительный импульс длительностью не менее 500 нс. По перепаду строб-сигнала из 1 в 0 осуществится запись данных в индикатор. Временные диаграммы операций чтения и записи приведены на рис. 33.



У самых внимательных из читателей уже может возникнуть следующий вопрос: а в какую именно ячейку видеопамати мы таким образом занесем информацию? Ответ таков: в ту, на которую указывает так называемый счетчик адреса памяти индикатора AC. После команды сброса дисплея AC устанавливается в 0. Следовательно, первые после этого сброса записываемые данные попадут в нулевую ячейку видеопамати.

А как записать данные во вторую, третью и т. д. ячейки? В нашем распоряжении есть две возможности.

Первая — перед каждой записью данных заставить индикатор выполнить команду установки AC в требуемое положение (от 0 до 79), и после этого передавать данные. Это универсальный способ, с помощью которого можно записать данные в любую ячейку видеопамати в любой последовательности. Но при этом запись данных в 16 ячеек видеопамати требует 32 циклов записи, ведь перед каждой передачей данных в индикатор должна идти команда установки AC.

Вторая возможность — настроить соответствующей командой HD44780 таким образом, чтобы после каждой записи в видеопамать AC увеличивался бы на 1. Если мы сделаем это, то, как уже говорилось, первая после сброса дисплея запись данных осуществится в ячейку видеопамати с адресом 0. При этом в момент завершения записи AC увеличится на 1, то есть будет содержать уже не 0, а 1. Следовательно, у нас нет необходимости заставлять индикатор выполнять команду установки AC в 1, и мы сразу вслед за упомянутой пересылкой кода символа в нулевую ячейку можем записать в индикатор код символа, который должен оказаться в ячейке 1. Когда мы осуществим эту запись, AC снова увеличится на 1 и станет равным 2. Значит, следующие записываемые данные попадут во вторую ячейку. А как AC? Правильно, увеличится до 3. Еще раз запишем в индикатор данные (теперь уже в третью ячейку), и снова AC возрастет на 1, указывая на следующую, теперь уже 4-ю ячейку видеопамати. И так далее.

Надеюсь, то, что я рассказывал в предыдущем абзаце, понятно всем. Если нет — еще раз внимательно прочитайте его, так как именно таким образом мы будем в рассматриваемой программе сопряжения МК с DV-16100 передавать данные в индикатор.

Мы рассмотрели самый простой способ вывода данных на индикатор типа DV-16100: предварительно настраиваем его на работу в режиме увеличения AC на 1 после каждой записи данных в видеопамать, даем команду сброса дисплея и после этого записываем в индикатор один за другим коды всех 16 символов, которые мы хотим отобразить. Кстати замечу, что такую же последовательность действий для отображения данных на этом индикаторе должен выполнить любой контроллер — будь то

x51, AVR, или PIC-контроллер. Так что если вы разберетесь с описанным алгоритмом, реализуете его на x51, а спустя некоторое время захотите перейти на работу с другим контроллером, вам понадобится лишь переписать вашу программу на языке этого контроллера. А это не так уж сложно, гораздо проще, чем разбираться с работой неизвестного вам доселе устройства.

Еще одно замечание. Вернемся к рис. 31. На нем помимо ячеек видеопамати вы видите прямоугольное окошко длиной в 16 ячеек. Как вы, наверное, догадались, прямоугольник этот — не что иное как экран дисплея. На рисунке он расположен таким образом, что вбирает в себя (то есть отображает) первые 16 ячеек видеопамати. Это его положение после выполнения команд сброса дисплея или возврата (последняя отличается от первой тем, что не меняет содержимого ячеек видеопамати). Но в системе команд HD44780 есть и такие команды, которые сдвигают это окошко влево или вправо. В результате можно отобразить на дисплее не только с 0 по 15 ячейки видеопамати, но и, к примеру, с 8 по 23-ю, или с 19-й по 34 (положение окошка, соответствующее последнему случаю, отмечено пунктиром). Вы можете занести информацию, к примеру, во все 80 ячеек видеопамати, а затем отображать то одно, то другое, то третье, переводя это окошко туда, где оно выхватит те 16 ячеек, которые вам нужно отобразить в текущий момент. Я плохо представляю себе, зачем нужен подобный режим, но наверняка для кого-то это покажется весьма удобным, и он с удовольствием его реализует. Правда, ему придется реализовывать такой режим работы индикатора самостоятельно, без моих подсказок, так как я не планирую рассмотрение реализации этого режима.

Несколькими абзацами выше я сказал, что индикатор нужно настроить таким образом, чтобы счетчик AC увеличивался на 1 после каждой записи данных в видеопамать. А какие еще настройки нужно осуществить?

Как уже упоминалось, индикатор может вести обмен информацией с микроконтроллером как по 4-разрядной, так и по 8-разрядной шине данных. Следовательно, мы должны указать ему, по какой же шине мы планируем передавать ему ин-

R/W	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Название
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Сброс дисплея
0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Возврат дисплея
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Автоинкремент/сдвиг
0	0	0	0	0	0	1	DL	C	B	Управление включением/выключением
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Сдвиг курсора/экрана
0	0	0	0	1	D/L	N	F	*	*	Параметры развертки и шины данных
0	0	0	1	AG	AG	AG	AG	AG	AG	Установка AC в ОЗУ знакогенератора
0	0	1	AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	Установка AC в ОЗУ видеопамати

* - безразлично

Рис. 34. Команды индикатора DV-16100

формацию. Далее, индикатор может быть как однострочным, так и многострочным, и мы должны сообщить ему, с каким количеством строк он работает. Нам нужно также выбрать размер матрицы, формирующей символы на индикаторе — 5×7 или 5×9 точек. Также подлежит уточнению наличие и форма отображения курсора — в виде линии подчеркивания или в виде мигающего символа. Все эти и некоторые другие настройки осуществляются соответствующими командами, посылаемыми индикатору нашим МК.

Перечень этих команд приведен на рис. 34. Передача каждой из них осуществляется записью в индикатор (при RS=0) соответствующего ей байта, в котором в зависимости от требуемых нам настроек установлены в нули или в единицы биты I/D, S, D, C, B, S/C, R/L, DL, N, F. Что они означают?

I/D=1 как раз и означает, что после записи в видеопамять каждого байта данных AC должен увеличиваться на 1. S=1 разрешает упомянутый выше сдвиг окошка дисплея, а S=0 запрещает сдвиг. D=1 включает дисплей, C=1 включает курсор в виде символа подчеркивания, B=1 — в виде мигающего символа. Установка D, C и B в 0 отключает соответственно дисплей и отображение всех видов курсора.

DL=1 устанавливает режим работы с 8-разрядной шиной данных, N=0 предписывает дисплею работать с одной строкой, F=1 — с матрицей 5×9 точек, а F=0 — 5×7 точек. Биты S/C, R/L относятся к одновременным сдвигам курсора и дисплея, и мы здесь рассматривать их не будем.

AD — адрес ячейки видеопамати. В последней команде вместо 7 битов AD вы должны разместить адрес ячейки видеопамати, на которую будет указывать счетчик AC. Этот адрес должен быть в пределах от 0 до 79 (от 0000000B до 1001111B).

AG — адрес ячейки памяти в так называемом знакогенераторе (здесь мы его не рассматриваем, поэтому я воздержусь от объяснений, что это такое).

Обычно команды настройки посылают индикатору сразу после подачи на него напряжения питания. Мы пошлем ему следующие команды: команду установки функций, команду управления включением/выключением дисплея и команду автоинкремента. При этом мы зададим 8-разрядную шину данных (DL=1), работу индикатора с одной строкой (N=0) с матрицей 5×7 точек (F=0), с отключенным изображением курсора (C=0, B=0). Также установим I/D=1 (после записи в видеопамать каждого байта данных AC должен увеличиваться на 1) и S=0 (запретим сдвиг окошка дисплея). Все это выполнит подпрограмма INICDV16, которую при использовании DV-16100 нужно вызвать в самом начале вашей программы, до того, как микроконтроллер дол-

жен будет начать отображать результаты выполнения каких-то действий, вычислений или измерений.

INICDV16:

```
MOV P1,#11111111B ; УСТАНОВИЛИ ПОРТ P1
MOV P3,#11000111B ; УСТАНОВИЛИ ПОРТ P3
```

;КОМАНДА УСТАНОВКИ ФУНКЦИЙ С DL=1, N=0, F=0

```
MOV P3,#11000111B ;RS=0, E=0, R/W=0
MOV P1,#00110000B ;DL=1, N=0, F=0
LCALL IMPULS1 ;ИМПУЛЬС E
```

;КОМАНДА УПРАВЛЕНИЯ ВКЛЮЧЕНИЕМ/ВЫКЛЮЧЕНИЕМ ДИСПЛЕЯ
;C D=1, C=0, B=0

```
MOV P3,#11000111B ;RS=0, E=0, R/W=0
MOV P1,#00001100B ;D=1, C=0, B=0
LCALL IMPULS1 ;ИМПУЛЬС E
```

;КОМАНДА АВТОИНКРЕМЕНТА С I/D=1, S=0

```
MOV P3,#11000111B ;RS=0, E=0, R/W=0
MOV P1,#00000110B ;I/D=1, S=0
LCALL IMPULS1 ;ИМПУЛЬС E
```

LCALL DEL16MS ;ЗАДЕРЖКА 16 MC

RET

;ПОДПРОГРАММА ЗАДЕРЖКИ 64 MC

DEL64MS:LCALL DEL16MS ;ЗАДЕРЖКА 64 MC

LCALL DEL16MS

LCALL DEL16MS

LCALL DEL16MS

RET

;ПОДПРОГРАММА ЗАДЕРЖКИ 16 MC

DEL16MS:LCALL DEL4MS ;ЗАДЕРЖКА 16 MC

LCALL DEL4MS

LCALL DEL4MS

LCALL DEL4MS

RET

;ПОДПРОГРАММА ЗАДЕРЖКИ 4 MC

DEL4MS:LCALL DEL1MS ;ЗАДЕРЖКА 4 MC

LCALL DEL1MS

LCALL DEL1MS

LCALL DEL1MS

RET

;ПОДПРОГРАММА ЗАДЕРЖКИ 1 MC

DEL1MS: ;ЗАДЕРЖКА 1 MC

MOV R1,#25 ;ПОВТОРЯЕМ 25 РАЗ

;LREX: MOV R2,#18

LRIN: DJNZ R2,LRIN ;36+1 МКС НА 12 МГц

;DJNZ R1,LREX

```

RET
;
;ПОДПРОГРАММА, ФОРМИРУЮЩАЯ ИМ-
ПУЛЬС НА ВХОДЕ E
;
IMPULS: SETB P3.5 ;ИМПУЛЬС E
NOP
NOP
NOP
NOP
CLR P3.5
RET
;
;ПОДПРОГРАММА ИМПУЛЬСА НА E С
;ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЗАДЕРЖКОЙ 1 МС
;
IMPULS1: ACALL IMPULS ;ИМПУЛЬС E
ACALL DEL1MS ;ПОСЛЕД.ЗАДЕРЖКА
1 МС
RET
;

```

Обращаю ваше внимание на следующие моменты. Как следует из рис. 30, входы E, RS и R/W индикатора соединены соответственно с линиями P3.5, P3.4 и P3.3 нашего микроконтроллера, поэтому перед тем, как подать на индикатор строб-сигнал записи (положительный импульс на вход E), мы устанавливаем эти линии в нули. P3.5=0 для того, чтобы можно было сформировать положительный импульс, P3.4=0 — мы передаем в индикатор команду, P3.3=0 — будет операция записи. Остальные линии порта P3 в данном применении не используются, в связи с чем мы устанавливаем на них единицы.

Далее, для упрощения работы я не проверяю, завершил ли индикатор выполнение той или иной операции, а ставлю после этих операций задержки, длительность которых гарантированно больше, чем время выполнения предшествующих им операций. Это задержка на 16 мс после завершения подпрограммы INICDV16 (LCALL DEL16MS), и 1 мс после окончания строб-сигнала записи (ACALL DEL1MS в составе подпрограммы IMPULS1). Более подробно о том, как организованы эти подпрограммы задержек поговорим чуть ниже. Пока же вернёмся к подпрограмме инициализации индикатора.

Первыми командами (MOV R1,#11111111B и MOV R3,#11000111B) мы устанавливаем в 1 все линии портов P1 и P3, кроме упомянутых P3.5, P3.4 и P3.3. Далее этими же командами выводим на линии порта P3 нули на все те же P3.5, P3.4 и P3.3, а на P1 — коды,

соответствующие командам установки функций, управления включением/выключением дисплея и автоинкремента с выбранными значениями DL, N, F, D, C, B, I/D, S. После вывода на линии P1 кода каждой из упомянутых команд вызываем подпрограмму IMPULS1, формирующую на входе E индикатора положительный импульс длительностью несколько микросекунд с последующей миллисекундной задержкой. Собственно импульс формирует подпрограмма IMPULS, а далее стоящая команда ACALL DEL1MS вызывает формирующую миллисекундную задержку подпрограмму DEL1MS.

Теперь непосредственно о том, как устроена подпрограмма DEL1MS. До сих пор мы формировали задержки, вставляя в нужные места программы команды NOP, время выполнения каждой из которых при тактовой частоте нашего МК 12 МГц составляет ровно 1 мкс. Пока речь шла о задержках длительностью не более 10–20 мкс, это было вполне приемлемо. Но сейчас нам нужна задержка на 1 мс = 1000 мкс. Не писать же подпрограмму, состоящую из 1000 команд NOP. Как быть?

Чаше всего подобную задачу решают следующим образом. Рассмотрим приведенный ниже фрагмент подпрограммы.

```

LREX: MOV R2,#18
LRIN: DJNZ R2,LRIN ;36+1 МКС НА 12 МГЦ
;

```

Первая команда, идущая после метки LREX, очевидна — занесение в регистр R2 числа 18. Команда DJNZ нам не знакома. Познакомимся же с ней.

Аббревиатура этой команды состоит из первых букв словосочетания Decrement and Jump Not Zero, что в переводе означает декрементировать (то есть уменьшить на 1) и перейти, если то, что мы декрементировали, не равно 0. Как теперь нетрудно догадаться, команда DJNZ R2,LRIN означает буквально следующее: уменьшить R2 на 1, и если содержимое этого регистра после уменьшения не равно 0, то перейти на выполнение команды, идущей после метки, имя которой (LRIN) стоит через запятую после наименования нашего регистра (R2).

Но ведь после этой метки в нашей подпрограмме стоит именно сама

команда DJNZ R2,LRIN! Следовательно, уменьшив R2 на 1 и обнаружив, что регистр содержит все еще ненулевой результат, микроконтроллер снова вернется к выполнению этой же самой команды. Выполнив ее еще раз, и вновь получив ненулевой R2, МК вынужден будет повторять команду до тех пор, пока R2 не станет равным 0. Сколько же раз он ее повторит? Естественно, 18 — ведь именно это число мы поместили в R2 перед тем, как заставили контроллер выполнять команду DJNZ R2,LRIN.

Теперь я забегу немного вперед и скажу, что у МК×51 при тактовой частоте 12 МГц команда занесения числа в какой-либо из регистров осуществляется за 1 мкс, а команда DJNZ R2,LRIN — за 2 мкс. Однократное выполнение первой из них и последующее 18-кратное выполнение второй осуществится за 37 мкс, ни больше, ни меньше. Запомним это и двинемся дальше.

```

MOV R1,#25 ;ПОВТОРЯЕМ 25 РАЗ
LREX: MOV R2,#18
LRIN: DJNZ R2,LRIN ;36+1 МКС НА 12 МГЦ
DJNZ R1,LREX
RET

```

Перед вами приведены команды подпрограммы миллисекундной задержки. Со второй и третьей командами мы уже разобрались. Первая, как вы понимаете, заносит в регистр R1 число 25. А вот четвертая заставляет МК именно эти 25 раз выполнить фрагмент из второй и третьей команды.

Как это происходит? Наверное, многие уже догадались, но я все же прокомментирую. Вначале мы заносим в регистр R1 число 25. Далее выполняем вторую и третью команды. Как мы уже несколько раз говорили, их выполнение длится до тех пор, пока R2 не станет равным 0, и будет это продолжаться 37 мкс. После того, как R2 достигнет нуля, наступит черед выполнения последней команды. Она уменьшит R1 на 1 (то есть до 24), и поскольку 24 не равно 0, то отправит МК на выполнение команды, идущей после метки LREX. А там... да, да, мы опять заносим в R2 18 и в течение 37 мкс командой DJNZ R2,LRIN уменьшаем его до 0. Затем снова наступит черед выполнения последней команды. Она опять уменьшит R1 на 1 (теперь уже до 23), и опять отправит МК на выполнение команды, идущей после метки

LREX:.. И так будет продолжаться, пока R1 не достигнет 0, то есть 25 раз.

Обратите внимание, что каждое выполнение фрагмента, состоящего из второй и третьей команды, занимает 37 мкс. Далее, каждый раз после этого фрагмента МК выполняет четвертую команду, длительность которой, как вы догадываетесь, 2 мкс. Итого, 25-кратное выполнение блока из второй, третьей и четвертой команд отнимет у микроконтроллера $25 \cdot 37 + 25 \cdot 2 = 975$ мкс. Приплюсуем сюда 1 мкс на выполнение первой команды, 2 мкс на выполнение команды RET, и 2 мкс, которые микроконтроллер тратит на выполнение команды вызова подпрограммы миллисекундной задержки ACALL DEL1MS. В сумме получаем 980 мкс. Это чуть меньше обещанной миллисекунды, но в настоящем примере 980 мкс вполне достаточно, чтобы индикатор гарантированно завершил процесс записи. По этой причине я не стал добиваться того, чтобы выполнение подпрограммы DEL1MS занимало ровно миллисекунду, ни микросекундой больше или меньше. Но если такая задача возникла бы, то решить ее не составило бы труда — нужно было бы всего-навсего перед командой RET поставить 20 команд NOP.

Кажется, с подпрограммой миллисекундной задержки все. Если кому что осталось неясно, еще раз попытайтесь внимательно перечитать последние восемь абзацев. Там достаточно информации, чтобы понять и идею построения подпрограммы, и реализацию этой идеи. Перейдем теперь к подпрограммам 4-, 16- и 64-миллисекундной задержек.

Как следует из приведенного выше, подпрограмма 4-миллисекундной задержки (DEL4MS) устроена предельно просто — она всего-навсего четырежды вызывает только что рассмотренную подпрограмму DEL1MS, и все! Не сложнее ее подпрограммы 16-миллисекундной (DEL16MS) и 64-миллисекундной (DEL64MS) задержек — они, в свою очередь, четырежды вызывают подпрограммы соответственно 4-миллисекундной и 16-миллисекундной задержек. В общем, теперь в ваших руках есть средства для построения задержек любой длительности — от единиц микросекунд до десятка секунд. Напомню только, что в приводимом примере упомянутые задержки чуть-чуть меньше 1, 4, 16 и 64 миллисекунд. Если же вам понадобятся задержки, точно равные 4 или, к примеру, 10 мс, вам придется дополнять рассмотренные фрагменты необходимым числом команд NOP.

Итак, мы научились инициализировать индикатор DV-16100 и ему аналогичные, а заодно познакомились с методом формирования задержек средней и большой длительности. Теперь надо разобраться с главным: как же выводить требуемую нам информацию на экран индикатора.

Давайте представим себе, что сразу после включения питания нашего устройства, содержащего рассматриваемый индикатор, мы хотим вывести на его экран надпись, содержащую название прибора и номер версии работающей в микроконтроллере программы. Кстати, настоятельно рекомендую придерживаться по возможности такой практики. Дело в том, что написанные нами программы практически всегда содержат некоторое количество ошибок, выявляемых не сразу, а с течением времени. Также иногда по тем или иным причинам в изделии приходится делать некоторые аппаратные доработки, и как следствие этого, так или иначе корректировать программу. По этим причинам

с течением времени у вас будет накапливаться несколько слегка различающихся версий одной и той же программы. И когда вы столкнетесь с необходимостью доработки или ремонта устройства, вам необходимо будет точно знать, какая же из них зашита в памяти программ стоящего в нем микроконтроллера. Так что если при включении он сам об этом вам скажет, выведя на экран название прибора и номер версии работающей в нем программы, вам это не покажется ненужным излишеством.

Будем считать, что я убедил вас в необходимости вывода на экран индикатора такой информации. Предположим, что наше изделие является оптимизатором какого-либо процесса, и номер версии стоящей в нем программы 11. Поскольку рассматриваемый индикатор — однострочный 16-разрядный, выводимая информация не должна содержать более 16 символов. Этому условию удовлетворяет, например, такая надпись: OPTIMIZER VER.11. Надеюсь, не надо объяснять, что с тем же успехом это могла быть и другая надпись — AREOMETER VER.33 или VOLTMETER VER.07, и для их формирования нам нужно было бы просто занести в индикатор коды не тех букв и цифр, которые сформируют надпись OPTIMIZER VER.11, а несколько иных.

Для того, чтобы решить поставленную задачу, программист должен сделать следующее. После обычно идущей в самом начале любой программы настройки линий портов и занесения требуемой информации в регистры он должен поставить вызов рассмотренной выше подпрограммы инициализации индикатора, а вслед за ним — вызов приведенной ниже подпрограммы отображения на экране индикатора надписи OPTIMIZER VER.11.

;ИНДИКАТОР НАСТРОЕН. ТЕПЕРЬ ВЫВОД НА ЭКРАН
;НАДПИСИ OPTIMIZER VER.11

```
;
OTB: MOV P3,#11000111B ;Clear display
      MOV P1,#00000001B
      LCALL IMPULS1
;
      LCALL DEL16MS
;
      MOV P3,#11010111B
      MOV P1,#01001111B ;»О»
      LCALL IMPULS1
;
      LCALL DEL16MS
;
      MOV P3,#11010111B
      MOV P1,#01010000B ;»Р»
      LCALL IMPULS1
;
      LCALL DEL16MS
;
      MOV P3,#11010111B
      MOV P1,#01010100B ;»Т»
      LCALL IMPULS1
;
      LCALL DEL16MS
;
      MOV P3,#11010111B
      MOV P1,#01001001B ;»I»
      LCALL IMPULS1
;
      LCALL DEL16MS
```

```

;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#01001101B ;»M»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#01001001B ;»I»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#01011010B ;»Z»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#01000101B ;»E»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#01010010B ;»R»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#00100000B ;»«»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#01010110B ;»V»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#01000101B ;»E»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#01010010B ;»R»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#00101110B ;».»»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#00110001B ;»1»
LCALL IMPULS1
;
LCALL DEL16MS

```

```

MOV P3,#11010111B
MOV P1,#00110001B ;»1»
LCALL IMPULS1

```

```
LCALL DEL16MS
```

```
RET
```

Как нетрудно заметить, по структуре она очень похожа на подпрограмму инициализации индикатора. Мы настраиваем линии порта P3, управляющие сигналами на входах E, RS и R/W индикатора (соответственно P3.5, P3.4 и P3.3), затем выводим на линии порта P1 код команды или отображаемого символа, вызываем формирующую строб-импульс записи подпрограмму IMPULS1 и 16-миллисекундную задержку. И так пока не выведем всю необходимую информацию.

Но есть и отличия. Вначале подпрограммы идет команда сброса дисплея, устанавливающая счетчик адреса AC в 0 и проецирующая окошко дисплея на первые 16 ячеек видеопамати. При этом на линии порта P1 выводится код команды сброса дисплея (00000001B), а на линии порта P3 — код 11000111B, устанавливающий нулевые сигналы на входах E, RS и R/W индикатора. Далее мы последовательно начинаем пересылать в индикатор коды отображаемых символов. При этом — обратите внимание! — на линии порта P3 мы выводим не 11000111B, а 11010111B, то есть бит, управляющий входом RS, мы устанавливаем в 1. Зачем? Затем, что если сигнал на входе RS индикатора нулевой, то последний воспринимает передаваемую ему по входам DB7...DB0 (то есть по линиям P1) информацию как код команды, а если RS = 1 — код отображаемого символа. Поэтому при пересылке кодов отображаемых символов на линии порта P3 мы выводим 11010111B.

Остальное предельно просто. 01001111B — это, как следует из приведенной на рис. 32 таблицы кодов символов, код буквы «О», 01010000B — буквы «Р», 01010100B — буквы «Т», и т. д. Поняв это, вы теперь сможете сформировать на нашем индикаторе любую надпись. Как видите, все действительно элементарно. Нужно лишь придумать, какой текст вы хотите вывести на экран, выписать без ошибок коды составляющих его символов да подставить их в подпрограмму ОТВ. И любоваться творением рук своих.

В общем, вы узнали об индикаторах на основе HD44780 почти все, что нужно для того, чтобы успешно начать работать с ними. Осталась самая малость — научиться выводить на экран цифровую информацию, получаемую микроконтроллером в процессе измерений или вычислений. Я думаю, что многие из вас уже и самостоятельно смогли бы справиться с этой задачей. Но тем не менее я приведу еще один пример — подпрограмму отображения на экране индикатора цифр, хранящихся в ОЗУ микроконтроллера в ячейках с адресами от AD00+1 до AD00+11 (см. ниже). Этот пример интересен тем, что цифровая информация перед выводом в индикатор требует определенной перекодировки, так как коды цифр от 0 до 9 (см. рис. 32) отличаются от двоичного или двоично-десятичного представления, в котором они, как правило, хранятся в ОЗУ МК.

О том, в какой из разрядов индикатора выводится содержимое той или иной ячейки, ясно из комментариев. Также отмечу, что в 4-й, 7-й, 14-й, 15-й и 16-й разряды

индикатора эта подпрограмма выводит пробелы (SPACE). Как следует из таблицы на рис. 32, код пробела — 20H. Но в теле подпрограммы, как несложно заметить, я ставлю не этот код, а его символическое имя (то есть не MOV P1,#020H, а MOV P1,#SPACE). Поэтому в начале вашей основной программы, где идет описание адресов регистров и символических имен, не забудьте поставить строчку SPACE EQU 20H. Если этого не сделать, ассемблер не поймет, что вы от него хотите, и в тех строках, где он найдет это имя, он даст сообщения об ошибках (см. гл. 2).

```

;
;
;
IZOBR1:
    MOV P3,#11000111B      ;СБРОС ДИСПЛЕЯ
    MOV P1,#00000001B
    LCALL IMPULS1
    LCALL DEL16MS
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+1
    CJNE A,#0FH,IZR1
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR2
IZR1: ORL A,#00110000B
IZR2: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+1 В
;1-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+2
    CJNE A,#0FH,IZR3
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR4
IZR3: ORL A,#00110000B
IZR4: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+2 ВО
;2-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+3
    CJNE A,#0FH,IZR5
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR6
IZR5: ORL A,#00110000B
IZR6: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+3 В
;3-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV P1,#SPACE
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ SPACE В
;4-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+4
    CJNE A,#0FH,IZR7
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR8
IZR7: ORL A,#00110000B
IZR8: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+4 В
;5-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;

```

```

MOV P3,#11010111B
MOV A,AD00+5
CJNE A,#0FH,IZR9
MOV A,#SPACE
SJMP IZR10
IZR9: ORL A,#00110000B
IZR10: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+5 В
;6-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV P1,#SPACE
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ SPACE В
;7-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+6
    CJNE A,#0FH,IZR11
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR12
IZR11: ORL A,#00110000B
IZR12: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+6 В
;8-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+7
    CJNE A,#0FH,IZR13
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR14
IZR13: ORL A,#00110000B
IZR14: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+7 В
;9-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+8
    CJNE A,#0FH,IZR15
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR16
IZR15: ORL A,#00110000B
IZR16: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+8 В
;10-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+9
    CJNE A,#0FH,IZR17
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR18
IZR17: ORL A,#00110000B
IZR18: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+9 В
;11-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B
    MOV A,AD00+10
    CJNE A,#0FH,IZR19
    MOV A,#SPACE
    SJMP IZR20
IZR19: ORL A,#00110000B
IZR20: MOV P1,A
    LCALL IMPULS1          ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+10 В
;12-й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
    MOV P3,#11010111B

```

```

MOV A,AD00+11
CJNE A,#0FH,IZR21
MOV A,#SPACE
SJMP IZR22
IZR21: ORL A,#00110000B
IZR22: MOV P1,A
LCALL IMPULS1 ;ОТОБРАЗИЛИ AD00+11 В
;13-Й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#SPACE
LCALL IMPULS1 ;ОТОБРАЗИЛИ SPACE В
;14-Й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#SPACE
LCALL IMPULS1 ;ОТОБРАЗИЛИ SPACE В
;15-Й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
MOV P3,#11010111B
MOV P1,#SPACE
LCALL IMPULS1 ;ОТОБРАЗИЛИ SPACE В
;16-Й РАЗРЯД ИНДИКАТОРА
;
RET
;
;

```

Как и для ранее рассмотренных индикаторов, мы предполагаем, что цифры в ячейках AD00+1–AD00+11 хранятся в обычном двоичном представлении: 00000000B — это 0, 00000001B — это 1, ..., 00001001B — это 9. Также аналогично предыдущим случаям 00001111B в AD00+1–AD00+11 — это погашенный символ, то есть пробел. Как уже упоминалось, при выводе информации на индикатор и цифры, и пробел требуют перекодировки. Осуществляется это следующим образом. Вначале каждый символ помещается в аккумуля-

тор, и командой CJNE A,#0FH,IZRxx сравнивается с 0FH. В случае равенства МК понимает, что выводимый в индикатор символ — пробел, и в аккумулятор помещается для дальнейшего вывода в порт P1 код пробела. В противном случае перекодировка осуществляется с использованием команды ORL A,#00110000B.

Эта команда осуществляет побитовое логическое ИЛИ содержимого аккумулятора и числа, в данном случае 00110000B. В результате этой операции 7-й, 6-й, 3-й, 2-й, 1-й и 0-й биты аккумулятора останутся неизменными, так как соответствующие биты числа 00110000B содержат нули, а 5-й и 4-й биты аккумулятора установятся в 1, независимо от того, какими они были до выполнения рассматриваемой команды.

Зачем это нам нужно? Обратимся еще раз к таблице символов на рис. 32. Заметьте, что код нуля — 30H или 00110000B, код единицы — 31H или 00110001B, код двойки — 32H или 00110010B, и т. д., вплоть до девятки (39H или 00111001B). Иными словами, чтобы вывести на индикатор DV-16100 хранящийся в AD00+n нуль (00000000B), нужно переслать в него код нуля, или 00110000B, для отображения единицы (00000001B) — код единицы (00110001B), и т. д. А поскольку код любой и цифра от 0 до 9 отличается от хранящейся в AD00+n в двоичном представлении самой цифры именно содержимым 5-го и 4-го бита, то преобразование цифры в соответствующий ей код осуществляется простой установкой этих самых битов в 1. Что, собственно и делает нам команда ORL A,#00110000B.

На этом мы закончим знакомство с индикаторами на основе контроллеров типа HD44780. Теперь работа с ними вам вполне по плечу. Следующий объект нашего знакомства — четырехразрядный матричный (5×7) светодиодный индикатор HCMS-2xxx от Hewlett-Packard.

Александр Фрунзе
alex.fru@dian.ru

Astral Workbench — прорыв в новое измерение

Изошренность австралийских и новозеландских естествоиспытателей и программистов опять потрясла мир. Недавно стало известно о бета-релизе компьютерной программы фирмы ASDF, Inc (Astral Software Development Factory, Incorporated), перевернувшей представления о возможностях силиконовых чипов. В ее основу легли многолетние исследования поведения шаманов коренного населения «зеленого континента» и собственные наблюдения небезызвестного доктора Роберта Круколлы (Robert Crookall), автора ряда пособий по астральной практике, в частности Case-book for Astral Projection. В разработке программы принимали участие светила Hi-Tech: Forman&Olsson Ostensible Lab®, доктора Ниил Дранкель и Памела Оверчест собственной персоной. По приглашению наблюдательного совета проекта на Силиконовых Холмах работали известные исследователи Роберт Монро и Ричард Вебстер. Материалы их семинаров были использованы для построения экспертной системы Astral Works® — составной части Astral Workbench 2000™.

Профессия обозревателя требует быть в курсе всех новинок в сфере электроники. В последнее время наметилось определенное оживление в группах новостей Usenet и Fidonet (rec.audio.tubes, rec.audio.high-end, su.hardw.audio), а также в Internet-конференциях. Мы были немало удивлены явно оформившимся эзотерическим уклоном в обсуждениях усилителей, схем, инсталляций. Поначалу мы не придали этому значения. Годы заочного общения приучили нас спокойно относиться к сообщениям людей, не «нюхавших сцены», но упорно доказывающих кристальную чистоту и прозрачность звучания усилителей, которых они никогда не собирали. Метаморфозы мнений были поразительными. Как оказалось, слова наших собеседников «я слушал этот усилитель в астрале...» следовало воспринимать буквально. Astral Workbench 2000™ для PC действи-

тельно может астрально моделировать звучание любого усилителя, включая как ламповые, так и транзисторные и твердотельные (то есть на микросхемах) схемотехнические решения.

Программа состоит из нескольких модулей. Самый простой и традиционный — схемотехнический модуль, расчет электрических сигналов ведется при помощи стандартных математических моделей PSpice 3f5. Особенно невероятным на первый взгляд является моделирование механической звукозаписи с ее дальнейшим звуковоспроизведением.

Мощности современных компьютеров позволяют рассчитывать структуру и распространение звуковых волн непосредственно. Имеется модификация этой программы и для расчета распространения радиоволн, предназначенная для убежденных радиослушателей. В сопроводительной документации уточняется, что расчет поля в реальном масштабе времени производится с применением ТЧП Мерсенна (теоретико-численных преобразований, аналогичных быстрому преобразованию Фурье). В качестве начальных условий предлагается большое количество интерьеров комнат с различными акустическими свойствами, акустических систем и звуковых трактов, признанных экспертами референсными. Пользователь может мысленно (астрально) двигать колонки по всему помещению, менять на лету акустику помещения и параметры аппаратуры и слушать музыку с учетом этих изменений. Для астральных перемещений в программе используется известная технология OBE™ (out-of-body experience).

Самое удивительное, что для вывода звука используется стандартная карта, совместимая с Sound Blaster'ом. Это, пожалуй, наиболее любопытная деталь. Ни для кого не является секретом, что массовые модели звуковых карт способны полноценно воспроизвести только «стандартный звук Windows», то есть озвучку знаменитого «Программа выполнила недопустимую операцию и будет закрыта». И тем не менее, ощущения пользователя AWB 2000 полностью совпадают с ощущениями реальных слушателей, находящихся в условиях, аналогичным смоделированным. Для

реализации этой ключевой опции программы применяется биологическая обратная связь через шлем, надетый на голову пользователя. Экспертная система Astral Works® производит анализ ритмов головного мозга и коррекцию электрического сигнала, выводимого на головные телефоны шлема. Так достигается полная адекватность астральных проекций звуковых образов. Подробности алгоритма обработки, к сожалению, не документированы. Известен лишь факт, что помогла созданию этого алгоритма, как ни странно, обыкновенная комнатная муха, севшая на экран монитора во время испытания одного из астральных шлемов. Все внимание бета-тестеров было сосредоточено на нелегком процессе разделения астральных оболочек. Поначалу никто не обратил внимания, что муха старалась избежать столкновения сдвигающимся по экрану курсором мышки, быстро семеня лапками и убегая в сторону. Чуть позже, осмыслив происходящее, группа разработчиков пришла к выводу, что для успешного решения вопроса, необходим еще один фактор — визуальная обратная связь. В этом нет ничего удивительного, ведь неспроста ведущие производители аудио класса High-End уделяют основное внимание внешнему виду аппаратуры. Таким образом и был разработан этот уникальный алгоритм, в котором были применены методы прощупывания взглядом VTT® (virtual touch technology). К телекинезу это не имеет никакого отношения.

Не обошли вниманием и любителей прослушивания Hi-End аппаратуры, причем в достаточно неожиданном аспекте. Обычно на прослушивание новых усилителей и акустики приглашаются друзья-единомышленники и хорошие знакомые. В России, да и во многих других развитых странах, это действие просто немыслимо без тонизирующих напитков, коими являются кофе, чай, и просто хороший коньяк. Чтобы исключить возможную субъективность восприятия музыки, в программу был введен режим Alco-stop. Стоит только кликнуть курсором на иконку с символической перечеркнутой крест-накрест рюмкой, как альфа-сигналы мозга обрабатываются подпрограммой и соответствующим образом меняют трехмерную звуковую картину. Таким

образом расхожее мнение, что после двух стаканов коньяка Hi-Fi превращается в Hi-End, кануло в Лету. Самые совершенные шлемы позволяют отслеживать влияние не только межблочных и силовых кабелей, но даже направления монтажного провода. Учтено влияние серебряных и золотых покрытий, а также размеры ячеек защитной сетки для акустики. С самой акустикой недавно случился неприятный инцидент. Группе хакеров удалось проникнуть в святая святых — базу данных виртуальных громкоговорителей, где ими были похищены лучшие образцы моделей.

Для калибровки системы используется прилагаемый к комплекту поставки компакт-диск, содержащий эталонные записи многих жанров, от техно и гранжа до фолка. Индивидуальные настройки пользователя записываются в энерго-независимое ОЗУ, расположенное в шлеме.

Но самым интересным, на наш взгляд, является защита самого лазерного диска от возможного копирования. При работе с оригинальной программой он вращается в противоположном (обратном) направлении. Какое направление реальное, а какое мнимое, нам так и не удалось узнать, поскольку этого не знают даже сами разработчики.

С 25 декабря 2001 г. начал работу русскоязычный сайт поддержки этого замечательного продукта <http://asdf.newmail.ru>.

Стоимость установки системы сильно зависит от комплектации. Шлем серии PRO уже не требует обязательного бритья головы и начертания на лбу проекции точки «глабелла», в просторечии — третьего глаза. Этот комплект включает в себя, помимо всего прочего, книги Р. Монро «Путешествия вне тела», Р. Вебстера «Астральные путешествия для начинающих», четыре малахитовых шарика, авторучку с вечным пером, магический кристалл из фианита и автоматическую мухобойку (debugger). В бюджетных вариантах поставки пользователь вынужден сам заботиться о насекомых, ползающих по экрану дисплея и способных вызвать переполнение стека подпрограммы VTT® и зависание программы.

А. Панаев,
Е. Скобичевский,
А. Воробьев,
Е. Васильченко

(Продолжение. Начало — № 12/2001)

Устойчивость импульсных стабилизаторов напряжения

Регуляторы с управлением по среднему току

Регулирование среднего тока дросселя позволяет устранить основные недостатки регуляторов пикового тока за счет введения в контур регулирования тока интегрирующего усилителя. Схема понижающего ИСН с регулятором среднего тока приведена на рис. 10. Выходной сигнал усилителя напряжения (УН) U_{EA} задает требуемое значение тока. Напряжение на токочувствительном резисторе R_S представляет собой фактическое значение тока дросселя. Ошибка по току усиливается пропорционально-интегральным регулятором на усилителе тока (УТ) и сравнивается с пилообразным сигналом большой амплитуды на входах компаратора напряжения. Этот сигнал вырабатывается генератором пилообразного напряжения (ГПН). Частота среза токового контура может быть установлена выбором параметров цепи обратной связи УТ. Эта частота может быть не меньше, чем аналогичная частота среза регулятора пикового тока, но на низких частотах усиление в рассматриваемом случае может быть намного выше.

Зависимости от времени среднего тока воспроизводятся с более высокой точностью. Это важно в корректорах коэффициента мощности ККМ. Режим управления средним током особенно предпочтителен, если при низких значениях входного тока ККМ имеет место переход в режим прерывистого тока. Внешний контур регулирования напряжения практически не ощущает этого перехода.

Коррекция наклона нарастания тока пилообразным сигналом не требуется, однако при чрезмерном усилении контура регулирования тока возможна потеря устойчивости.

Этот метод регулирования обладает превосходной помехоустойчивостью. Одновременно с открыванием силового ключа пилообразный опорный сигнал снижается до самого низкого уровня, и первоначальный импульс тока через ключ не может нештатно переключить компаратор.

Метод управления по среднему току может использоваться для управления током в любой ветви силовой схемы импульсного преобразователя. Это может быть управление входным током в понижающем и инвертирующем преобразователях, а также управление выходным током повышающего и инвертирующего преобразователей.

Для организации управления по среднему току предназначены микросхемы контроллеров UCx827, UCx880, UCx886 и др.

Пример

Рассмотрим выбор цепей обратной связи токового усилителя в токовом контуре понижающего ИСН на рис. 10. Параметры ИСН:

Частота коммутации ключа $f_s = 100$ кГц;

$U_{IN} = 15 \dots 30$ В;

$U_{OUT} = 12$ В;

$I_{OUT} = 5$ А;

$\Delta I_L = 1,2$ А (при $U_{IN} = 30$ В);

$R_S = 0,1$ Ом.

Ноль $R_{PI}C_{PI}$ значительно ниже частоты переключения. Полоса про-

пускания УТ много больше f_s . Токоток контур имеет один полюс (от дросселя). Сигнал датчика тока дросселя с пульсациями треугольной формы усилен, инвертирован в УТ и подан на вход компаратора. Напряжение U_{EA} убывает при замкнутом силовом ключе и нарастает при разомкнутом (рис. 11). Как следует из изложенного выше, чтобы не было субгармонических колебаний, крутизна наклона U_{EA} при разомкнутом ключе не должна быть больше крутизны наклона пилообразного опорного напряжения U_{RAMP} . Скорость спада тока при разомкнутом ключе

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{U_{OUT}}{L} \quad (7)$$

Крутизна наклона пилообразного опорного напряжения

$$\frac{A}{O} = Af_s \quad (8)$$

где A — амплитуда пилообразного напряжения. Усиление УТ, максимально допустимое на частоте f_s , определяется из равенства

$$\frac{U_{OUT}}{L} R_S K_{CA} = Af_s \quad (9)$$

следовательно,

$$K_{CA} = \frac{Af_s L}{U_{OUT} R_S} \quad (10)$$

Для данных этого примера максимально допустимое значение $K_{CA} = 25$. Этот коэффициент устанавливается отношением R_{PI}/R_1 . Малосигнальное усиление разомкнутого контура регулирования тока ИСН от выхода УТ до напряжения на токочувствительном резисторе R_S при $U_{BX} = 30$ В равно

$$\frac{\Delta U_S}{\Delta U_{CA}} = \frac{R_S}{A} \cdot \frac{U_{IN}}{\omega L} = \frac{1590}{f} \quad (11)$$

Полное усиление разомкнутого контура регулирования тока можно найти, умножив (10) на (11). Приравняв результат к единице, определим частоту среза контура тока f_{CO} , соответствующую максимально допустимому значению K_{CA} :

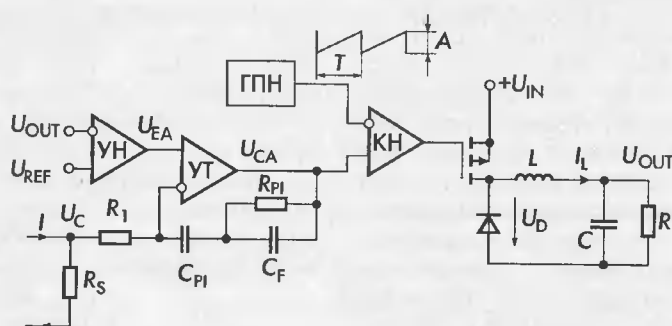


Рис. 10. Схема понижающего ИСН с регулятором среднего тока

$$\frac{R_s}{A} \cdot \frac{U_{IN}}{2\pi f_{CO} L} \cdot \frac{Af_s L}{U_{OUT} R_s} = 1$$

откуда

$$K_{CA} = \frac{Af_s L}{U_{OUT} R_s} \quad (12)$$

В данном примере частота среза $f_{CO} = 20$ кГц при $U_{IN} = 15$ В ($\gamma = 0,8$) и $f_{CO} = 40$ кГц при $U_{IN} = 30$ В ($\gamma = 0,4$).

Если вместо ПИ-регулятора на УТ использовать просто усилитель, то запас по фазе токового контура будет 90° — гораздо больше, чем необходимо, зато усиление на низких частотах будет не намного лучше, чем при работе с регулятором пикового тока. Включение конденсатора Си, создающего ноль $R_{и}C_{и}$ на частоте 10 кГц, ниже минимально-возможной частоты среза, уменьшает запас по фазе до 63° и значительно увеличивает низкочастотное усиление, повышая точность регулирования тока.

Полос передаточной функции усилителя целесообразно установить равным частоте переключения f_s , то есть 100 кГц. Его назначение — сглаживание узких импульсов, возникающих в момент коммутации силового ключа. На рис. 12 представлена асимптотическая ЛАЧХ контура регулирования тока, построенная без учета дискретных свойств широтно-импульсного модулятора.

Когда ток нагрузки становится малым в режиме прерывистого тока, ток через дроссель на периоде может достигать нуля. Значение тока нагрузки, соответствующее границе между режимами непрерывного и прерывистого тока определяется формулой:

Таблица 2. Соотношения между исходными и приведенными параметрами

Схема инвертора	$U'_{ВХ} / U_{ВХ}$	f'_s / f_s
Нулевая	1/k	2
Полумостовая	2/k	2
Мостовая	1/k	2
Прямоходовая	1/k	1

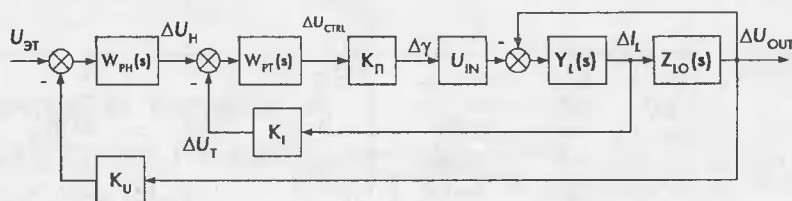


Рис. 13. Структурная схема понижающего ИСН с обратной связью по току

$$I_{OUT} = I_L = \frac{U_{OUT} (1 - \gamma)}{2 f_s L} \quad (13)$$

Наибольшее значение граничный ток имеет при максимальном входном напряжении и, соответственно минимальной относительной длительности γ . В рассмотренном выше примере граница режима соответствует 0,2 А, когда $U_{ВХ} = 15$ В и 0,6 А, если $U_{ВХ} = 30$ В. В режиме прерывистого тока для такого же изменения выходного тока требуется большее изменение относительной длительности γ , чем в режиме непрерывного тока. Поэтому усиление контура тока падает. Кроме того, исчезает полюс с 90° -градусным запаздыванием по фазе, так что усиление контура становится независимым от частоты. Токоток контур становится более устойчивым, но значительно менее чувствительным.

При режиме управления пиковым током ошибка, обусловленная непропорциональностью пикового и среднего значения тока, становится недопустимо большой, но при управлении средним током высокое усиление УТ легко обеспечивает большие значения $\Delta\gamma$, поддерживая таким образом хорошее регулирование тока.

Регулятор тока с замкнутой обратной связью на частотах ниже частоты среза ведет себя как преобразователь напряжение — ток с соответствующей передаточной проводимостью

$$g_c = \frac{1}{R_s} \quad (14)$$

В этом случае внешний контур, гораздо более инерционный, имеет обычно только один полюс в области частот ниже частоты среза и может быть легко стабилизирован. На рис. 13 приведена структурная схема понижающего ИСН с обратной связью по току, построенная для малых отклонений средних значений переменных. Обозначения: $Y_L(s) = R_L + sL$ — операторная проводимость цепи дросселя, $Z_{LO}(s)$ — операторное сопротивление нагрузки преобразователя, определяемое формулой:

$$Z_{LO}(s) = \frac{R(1 + sCR_C)}{1 + sC(R + R_C)} \quad (15)$$

где $W_{CV}(s)$ — передаточная функция регулятора напряжения,

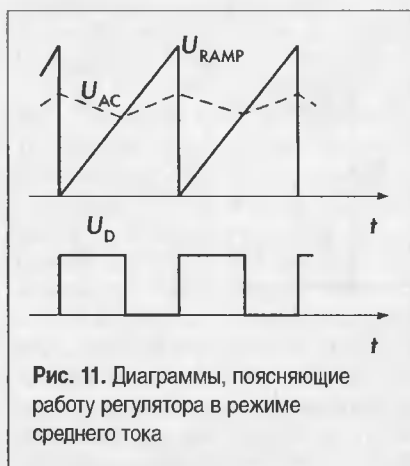


Рис. 11. Диаграммы, поясняющие работу регулятора в режиме среднего тока

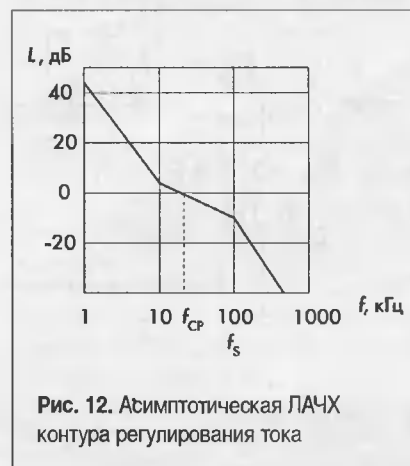


Рис. 12. Асимптотическая ЛАЧХ контура регулирования тока

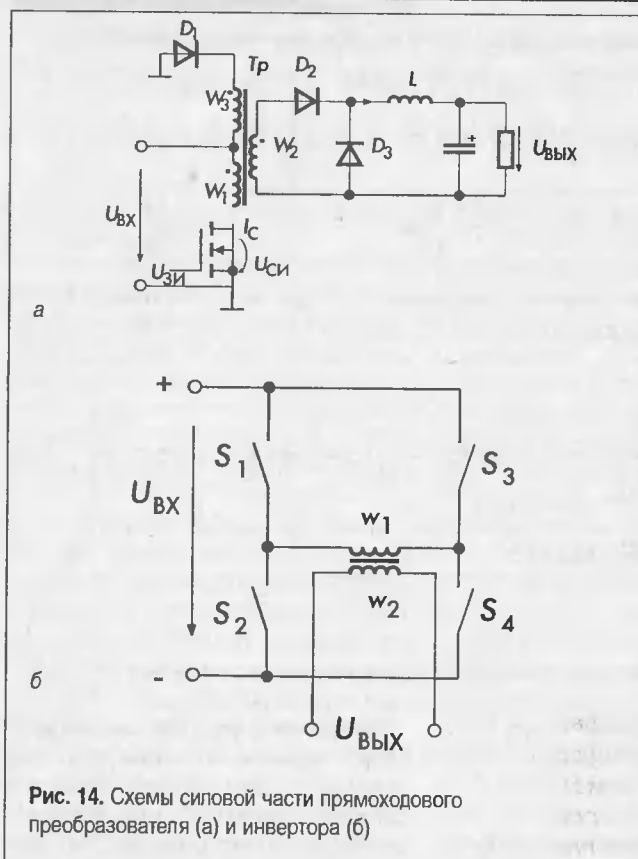


Рис. 14. Схемы силовой части прямоходового преобразователя (а) и инвертора (б)

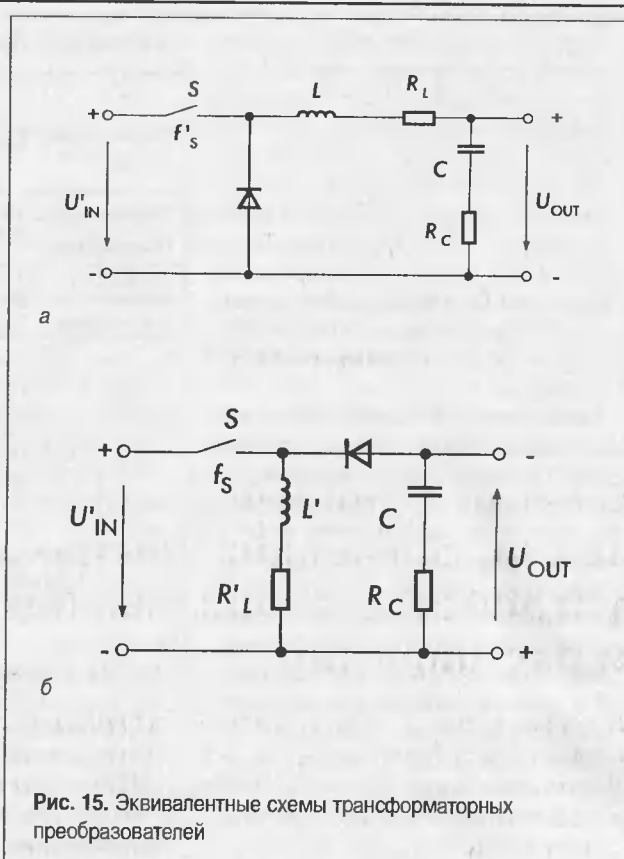


Рис. 15. Эквивалентные схемы трансформаторных преобразователей

$W_{CC}(s)$ — передаточная функция регулятора тока, K_V и K_C — коэффициенты передачи датчиков обратной связи, соответственно, напряжения и тока. K_T — коэффициент передачи преобразователя, величина которого зависит от способа регулирования тока.

Особенности анализа устойчивости ИСН с силовыми трансформаторами

Приведенный выше обзор методов анализа устойчивости касался импульсных стабилизаторов с гальваническими связями между первичным источником и нагрузкой. Анализ устойчивости преобразователей с силовыми трансформаторами

имеет некоторые особенности, связанные с электромагнитным преобразованием энергии в трансформаторах. Как обычно в таких случаях делается, заменим трансформатор его схемой замещения, причем будем полагать, что трансформатор идеален, то есть сопротивления и индуктивности рассеяния обмоток равны нулю (с точки зрения анализа устойчивости это не имеет существенного значения, так как частоты свободных колебаний, обусловленных этими параметрами, многократно превосходят частоту среза контура регулирования). С учетом такой замены эквивалентная схема прямоходового стабилизатора (рис. 14, а) и стабилизаторов на основе инверторов (рис. 14, б) будет иметь вид как

у понижающего преобразователя (рис. 15, а), а эквивалентная схема обратногоходового стабилизатора (рис. 16) — как у инвертирующего преобразователя (рис. 15, б). Параметры входных цепей в данном случае удобнее привести к выходным цепям. Значения приведенных параметров можно найти для инверторных схем из табл. 2.

Примем $k=w_1/w_2$ — коэффициент трансформации.

Для обратногоходового преобразователя

$$U'_{ВХ}/U_{ВХ}=1/k, \quad a$$



Рис. 16. Схема силовой части обратногоходового преобразователя

$$L' = L_2 = L_1 / k^2$$

и

$$R'_L = R_{L2}$$

Георгий Волович
g_volovich@mail.ru

Литература

1. Волович Г. И. Динамика вентиляционных источников вторичного элект-

тропитания постоянного тока. — М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Wester G. W., Middlebrook R. D. Low-Frequency Characterization of Switched DC-DC Converters // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-9, May 1973. — P. 376–385.
3. Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. Учебное пособие для вузов. — М.: Машиностроение, 1985.

4. Гудинаф Ф. Интегральные микросхемы управления импульсными источниками питания. — Электроника, 1989, № 3.
5. Modelling, Analysis and Compensation of the Current-Mode Converter // Application Note U-97. Texas Instruments Incorporated. 1999.
6. Dixon L. Average Current Mode Control of Switching Power Supplies // Application Note U-140. Texas Instruments Incorporated. 1999.

Схемотехника универсальных технологических контроллеров: устройства ввода/вывода и расширения

Настоящая статья продолжает цикл публикаций, посвященных схемотехнике универсальных технологических контроллеров. В статье детализированы критерии выбора схем устройств ввода/вывода: интерфейсов RS-232C и RS-485, регистров, оптронов, интерфейса LCD-индикаторов, диспетчеров памяти (устройств расширения адресной шины), а также приведен обзор микросхем, выпускаемых наиболее известными производителями мира, и описаны микросхемы, наиболее удовлетворяющие выработанным критериям.

Последовательные интерфейсы технологических контроллеров

Современные технологические контроллеры, как правило, оснащаются одним или несколькими последовательными интерфейсами. Эти интерфейсы могут использоваться для связи контроллеров с другим оборудованием: измерительными приборами, исполнительными механизмами, персональными компьютерами. Однако наиболее часто современные технологические контроллеры используются в составе командно-информационных сетей CI LAN (Command-Informational LAN) [1–3], локальных сетей, состоящих только из одного персонального компьютера (PC) и нескольких технологических контроллеров, называемых в этом случае периферийными станциями PS (Peripheral Stations) или просто станциями.

Напомним, что основным принципом CI LAN является то, что единственный в сети PC играет роль генератора команд для всех технологических контроллеров, а также получателя всей информации от

них. При этом на PC как на наиболее мощный и оснащенный периферией элемент сети возлагаются задачи по вторичной обработке и сохранению данных, их интерпретации и визуализации.

Основными последовательными интерфейсами, используемыми в технологических контроллерах, являются интерфейсы RS-232C и RS-485. Узлы связи технологических контроллеров в CI LAN называют сетевыми диспетчерами. Наиболее простые сетевые диспетчеры CI LAN описаны в литературе [3]. В более сложных универсальных технологических контроллерах обычно используют комбинированные сетевые диспетчеры, в состав которых включают и RS-232, и RS-485, а иногда и другие интерфейсы. Наличие в составе сетевого диспетчера нескольких интерфейсов значительно повышает гибкость систем за счет возможности подключения к CI LAN дополнительного оборудования или создания многоуровневых CI LAN.

На рис. 1 показана принципиальная схема одного из вариантов комбинированного сетевого диспетче-

ра универсального технологического контроллера.

Принципиальная схема комбинированного сетевого диспетчера содержит следующие узлы: интерфейс RS-232C (D1), интерфейс RS-485 (D4), настраиваемый узел оптической развязки (D5–D7), узел коммутации (D2, D3).

Интерфейсы RS-232C, интерфейс RS-485 и узел коммутации подробно описаны в литературе [3]. Диспетчер имеет независимые линии управления приема и передачи каждого интерфейса, что позволяет, например, принимать одновременно сигналы по одному или двум каналам (разумеется, с обнаружением конфликтов) и передавать данные в любой из интерфейсов или в оба сразу.

Настраиваемый узел оптической развязки (D5–D7) с помощью переключателя JP3 можно модифицировать либо на работу в качестве оптически развязанных входов внешних прерываний, либо в качестве оптически изолированного интерфейса сети SISNET [3].

Штыревые разъемы (типа PLD) JP1–JP3 используются для подключения с помощью гибкого кабеля к разъемам DB9, которые обычно устанавливаются на корпусе станции, а также для обеспечения необходимой коммутации сигналов и «земли». Перемычка JP4 используется в сети RS-485 только тогда, когда станция подключена к концу шины (шлейфа). Перемычки JP5–JP10 предназначены для настройки конфигурации диспетчера.

Следует также отметить, что кроме показанных на рис. 1 интерфейсов в последнее время практически во всех контроллерах станций устанавливаются дополнительные разъемы PLD для подключения к линиям интерфейса SPI (Serial Peripheral Interface), который в ранних контроллерах реализуется программно, а в более старших —

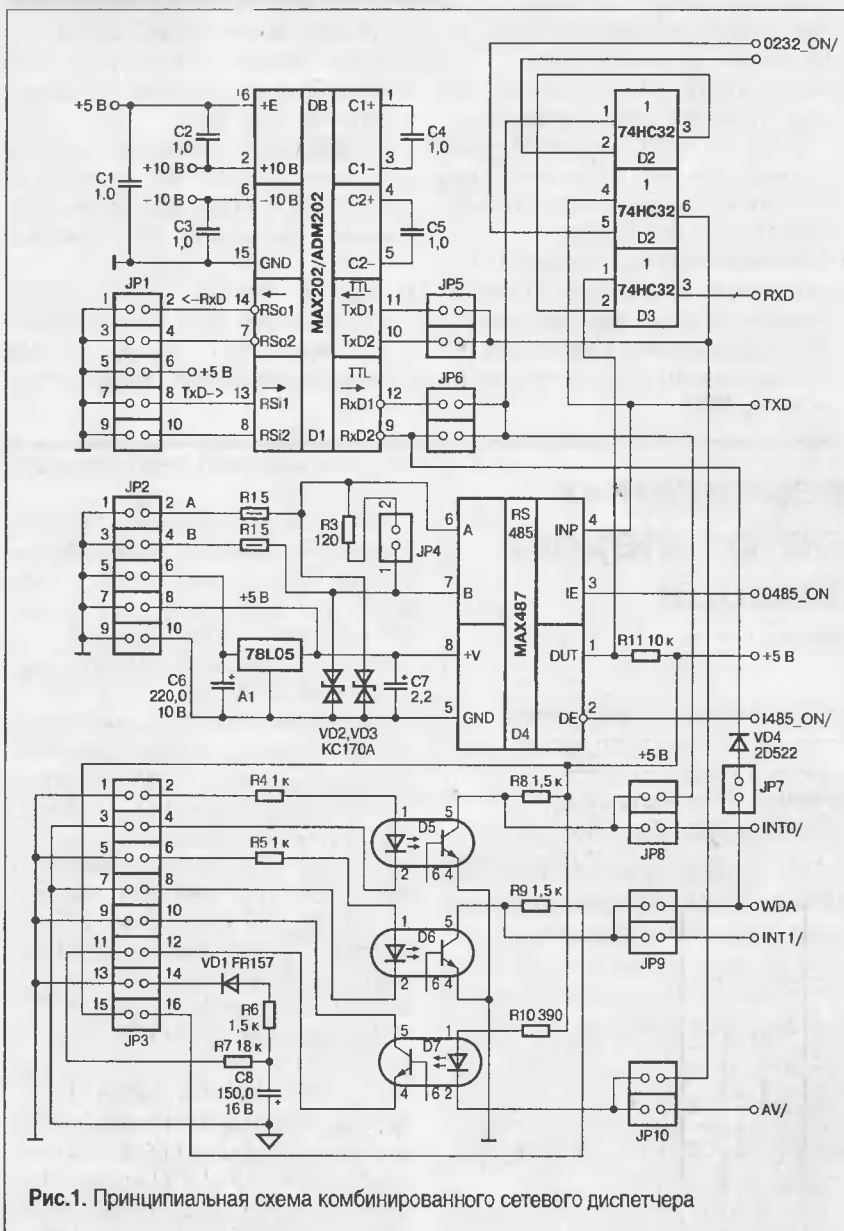


Рис.1. Принципиальная схема комбинированного сетевого диспетчера

аппаратно. Для совместимости с аппаратно реализованным интерфейсом рекомендуется выводить линии SS/ (линия P14), MOSI (P15), MISO (P16), SCK (P17).

Регистры ввода/вывода технологических контроллеров

Узлы ввода/вывода технологических контроллеров чаще всего выполняются на основе регистров и шинных формирователей. В настоящее время производится достаточно большой ассортимент таких микросхем с различным потреблением и быстродействием.

Отметим основные требования к регистрам и шинным формирователям:

- очевидными требованиями являются малое энергопотребление и

достаточно высокое быстродействие;

- поскольку технологические контроллеры оперируют в основном байтовыми величинами, регистры и шинные формирователи также должны иметь байтовую организацию (разрядность 8);
- желательно, чтобы разводка выводов входов и выходов имела последовательное расположение, так как это значительно упрощает разводку печатной платы, позволяет снизить количество переходных отверстий, уменьшить площадь и, соответственно, стоимость платы, а также увеличивает надежность;
- выбранные регистры и шинные формирователи должны иметь одинаковую разводку линий ввода/вывода и питания, так как это повышает гибкость технологиче-

ских контроллеров за счет возможности при необходимости простой замены регистров на шинные формирователи и наоборот;

- желательно, чтобы выпускались микросхемы регистров и шинных формирователей с прямыми и инверсными выходами, что также повышает гибкость.

Всем перечисленным требованиям, кроме малого энергопотребления и высокого быстродействия, отвечают широко известные регистры KP580IP82/83 и шинные формирователи KP580BA86/87. Однако потребление только одной такой микросхемы часто превышает потребление всех остальных микросхем технологического контроллера и может достигать у отдельных экземпляров 100 мА. Существуют аналогичные микросхемы с низким потреблением (i82C82/83, i82C86/87), однако они получили малое распространение и практически недоступны.

Среди современных развивающихся серий микросхем наиболее широкий ассортимент имеет серия 74. Микросхемы этой серии 74НС и 74НСТ имеют очень низкое среднее энергопотребление и достаточно высокое быстродействие.

Приведем таблицу с наиболее распространенными микросхемами 8-разрядных регистров и шинных формирователей этой серии (табл. 1).

Ознакомившись с техническими данными этих микросхем можно на сайтах фирм Texas Instruments [4], Philips [5], Toshiba [6], IDT [7], Pericom [8], Hitachi [9]. Полная номенклатура серии 74 с вариантами замены на отечественные микросхемы приведена в Интернете [10].

Анализ приведенных в табл. 1 микросхем позволил выявить наиболее удачный комплект микросхем регистров и шинных формирователей (рис. 2).

К сожалению, не удалось подобрать комплект микросхем с полным совпадением номеров выводов входов и выходов (как это сделано в серии KP580IP82/83 и KP580BA86/87). Однако эти микросхемы наиболее удовлетворяют всем остальным требованиям.

Модификаторы адреса

В универсальных технологических контроллерах, оснащенных се-

Таблица 1. Наиболее распространенные микросхемы регистров и шинных формирователей

Номер	Функциональное назначение	Отечественные аналоги
74HC240	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с инверсией и тремя состояниями	АП3
74HC241	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с тремя состояниями	АП4
74HC244	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с тремя состояниями	АП5
74HC245	Восьмиразрядный приемник шины	АП6
74HC273	Восьмиразрядный D регистр со сбросом и срабатыванием по положительному фронту	ИР35
74HC373	Восьмиразрядный D регистр-защелка с третьим состоянием	ИР22
74HC374	Восьмиразрядный D регистр со срабатыванием по положительному фронту	ИР23
74HC377	Восьмиразрядный D регистр с разрешением данных	ИР27
74HC465	Восьмиразрядный буфер с тремя состояниями	АП14
74HC534	Восьмиразрядный D регистр со срабатыванием по положительному фронту, с инверсией и тремя состояниями	ИР41
74HC540	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с инверсией и тремя состояниями	АП12
74HC541	Восьмиразрядный буфер-драйвер линии с тремя состояниями	АП13
74HC543	Восьмиразрядный регистровый передатчик	
74HC563	Восьмиразрядный D регистр-защелка с третьим состоянием и инверсией	
74HC573	Восьмиразрядный D регистр-защелка с третьим состоянием	ИР33
74HC574	Восьмиразрядный D регистр с третьим состоянием и срабатыванием по положительному фронту	ИР37
74HC580	Восьмиразрядный D регистр-защелка с инверсией	
74HC640	Восьмиразрядный шинный передатчик с инверсией и тремя состояниями	АП9
74HC641	Восьмиразрядный шинный передатчик	АП7
74HC645	Восьмиразрядный шинный передатчик	АП8
74HC646	Восьмиразрядный шинный передатчик/регистр с тремя состояниями	ВА1
74HC652	Восьмиразрядный шинный передатчик/регистр с тремя состояниями	АП24

тевыми диспетчерами, обязательно должен присутствовать модификатор адреса — узел, позволяющий

установить уникальный индивидуальный адрес контроллера (станции) в сети. Существует достаточно

много различных вариантов исполнения модификаторов.

В некоторых случаях с целью экономии места на печатной плате уникальный адрес прошивается во Flash-памяти микроконтроллера. Недостаток такой реализации модификатора очевиден — необходимо для каждой станции иметь уникальную прошивку.

Модификатор может быть выполнен в виде программно-доступного регистра, входы которого подтянуты резисторами к питанию, и к этим же входам подключены переключки (рис. 3). Вместо переключек может быть использован переключатель типа ВДМ или аналогичный.

В последнее время в особо ответственные изделия стали встраивать новый тип модификаторов, получивший название iButton. Это гибридный полупроводниковый прибор, выполненный в корпусе из нержавеющей стали, внешне очень похожем на литиевую батарейку. Приборы выпускаются в двух типах корпусов — F5 и F3. Диаметр обоих корпусов около 17 мм, а толщина соответственно 6 и 3 мм. Такой корпус обеспечивает высокую механическую прочность и время жизни изделия. Чашка корпуса является общим выводом, а электрически изолированная крышка — сигнальным электродом. Прибор содержит внутри литиевую батарейку и целый набор функциональных узлов. Батарейка обеспечивает непрерывное функ-

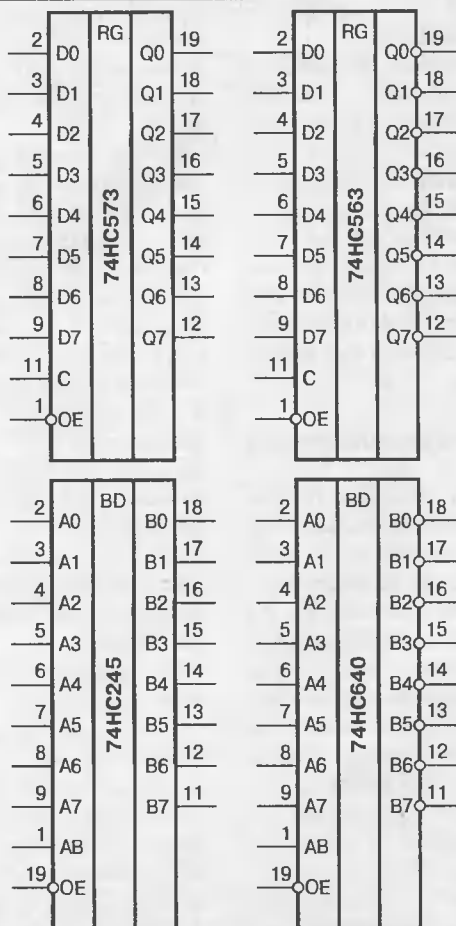


Рис. 2. Комплект микросхем регистров и шинных формирователей, оптимальный для применения в технологических контроллерах

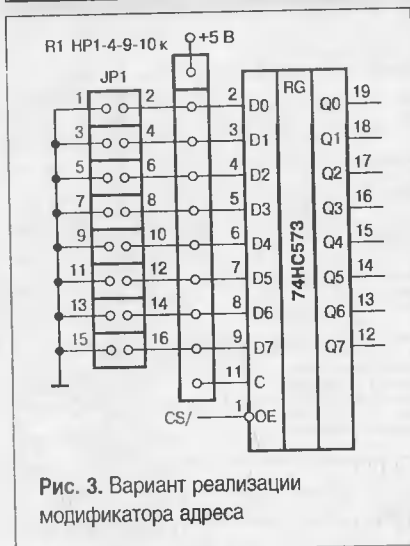


Рис. 3. Вариант реализации модификатора адреса

ционирование прибора в течение не менее 10 лет.

Главным функциональным узлом прибора, безусловно, является постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), содержащее 64-битный код. В состав этого кода входят байт кода типа прибора, шесть байт уникального серийного номера и байт контрольной суммы. Уникальный серийный номер записывается с помощью лазерной технологии при изготовлении прибора. Питание ПЗУ осуществляется по сигнальной линии, что экономит емкость батарейки и обеспечивает независимость считывания. В некоторых приборах имеется

оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), которое питается от встроенной батарейки и может хранить информацию не менее 10 лет. ОЗУ имеет страничную организацию по 32 байта и может содержать от 4 до 16 страниц у различных моделей. Прибор имеет буфер данных для верификации записанной в нем информации перед записью в основное ОЗУ. В еще более сложных приборах имеется паролирование данных записи в ОЗУ. Кроме того, некоторые из этих приборов имеют встроенные таймеры реального времени с отображением данных времени и календаря в дополнительную страницу памяти. Более подробно ознакомиться с характеристиками и номенклатурой этих приборов можно в Интернет [11].

Использование этого прибора влечет за собой необходимость использования специального контактного устройства и микросхемы считывания, что значительно увеличивает стоимость изделия, снижает быстродействие и увеличивает площадь печатной платы. Использование iButton в любой аппаратуре должно быть очень серьезно обосновано и аргументировано.

По мнению автора, реализация модификатора адреса станции с переключками, устанавливаемыми на двухрядный разъем PLD, является наиболее удачной, поскольку незадействованные входы регистра при необходимости могут быть использованы как входные линии. Кроме того, такая реализация дешевле варианта с переключателем и занимает меньше места на печатной плате.

Оптически развязанные узлы

Многие задачи, которые приходится решать универсальным технологическим контроллерам, требуют гальванической развязки входов или выходов контроллера от всевозможных исполнительных устройств, каналов ввода и датчиков. Наиболее часто для этих целей используются оптические элементы развязки — транзисторные оптопары (Optocouplers). Как правило, современные транзисторные оптопары изготавливаются в корпусах DIP6 и DIP8. Очевидно, что корпус DIP6 более удобен для применения в технологических контроллерах, поскольку позволяет создавать более компактные (по площади печатной платы) изделия.

Отметим также, что при выборе оптопар для создания технологических контроллеров в первую очередь обращается внимание на следующие параметры:

- максимальное быстродействие (время включения T_{on} , время выключения T_{off}) оптронов;
- максимальное допустимое напряжение коллектор-эмиттер закрытого транзистора U_{ce} ;
- максимальное допустимое напряжение база-эмиттер закрытого транзистора U_{be} ;
- минимальное напряжение насыщения открытого транзистора $U_{ce.sat}$;
- максимальное напряжение развязки U_{oi} ;
- максимальное отношение тока коллектора открытого транзистора I_c к току светодиода I_f ;
- доступность оптопар.

Справочные данные наиболее подходящих по приведенным выше критериям импортных оптронов в корпусе DIP6 приведены в табл. 2. С полным перечнем выпускаемых импортных оптронов в корпусах DIP6 и DIP8 и их характеристиками можно ознакомиться, например в Интернет [10]. Довольно полные справочные данные на некоторые отечественные оптроны приведены в [12].

В табл. 2 включены только те оптроны, время включения/выключения которых менее 10 мкс (за исключением широко распространенных оптронов серии 4N).

Разводка выводов оптопар в корпусе DIP6: 1 — положительный вывод светодиода (анод); 2 — отрицательный вывод светодиода (катод); 3 — не используется; 4 — эмиттер транзистора; 5 — коллектор транзистора; 6 — база транзистора (используется в некоторых типах оптронов).

Как видно из табл. 1, широко распространенные оптроны 4N35 не являются лучшими в плане быстродействия.

При включении оптронов в качестве входных обычно последовательно с плюсовым выводом светодиода включается резистор, величина которого выбирается из расчета величины тока 10 мА при рабочем напряжении (за исключением специальных случаев, например, когда ток источника сигнала лимитирован). Иногда встречно-параллельно светодиоду включается защитный диод (обычно КД522). При этом, по возможности, не следует объединять

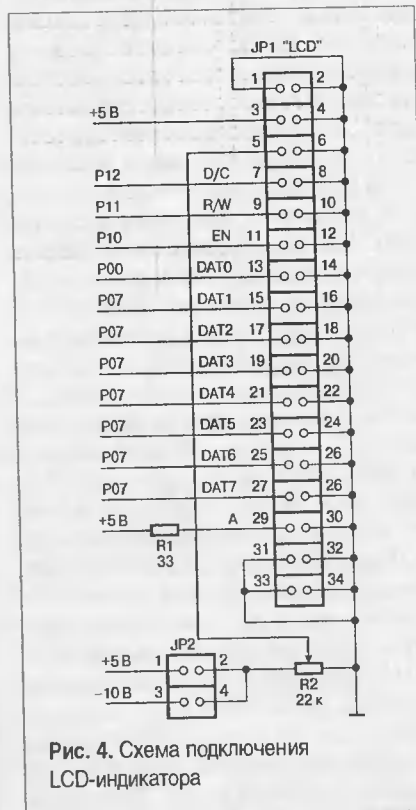


Рис. 4. Схема подключения LCD-индикатора

все входные минусовые линии вместе, так как это снижает возможность более гибкого использования оптронов. Выходные схемы включения оптронов могут выполняться с общим эмиттером и коллектором, в зависимости от требований к выходным сигналам.

При включении оптронов в качестве выходных, обычно выводят свободные коллекторы и эмиттеры, которые также можно защитить встречно-параллельным включением диодов и последовательным резистором, включенным в коллектор.

Обычно в технологических контроллерах с оптической изоляцией реализуют реакцию на сигналы от внешних источников прерываний, в некоторых случаях оптически развязывают последовательные интерфейсы, а также делают один-два оптически развязанных выхода

для подключения различной сигнализации или других исполнительных устройств. С целью экономии площади печатной платы и снижения стоимости изделия входные и выходные байтовые шины на самом контроллере выполняют достаточно редко, так как значительно удобнее изготовить маленькую дополнительную плату развязки и при необходимости соединять ее плоским кабелем с универсальным контроллером.

Интерфейс LCD-индикаторов

В последнее время в состав практически любого серьезного универсального технологического контроллера включается интерфейс с жидкокристаллическими интеллектуальными символьными индикаторами (LCD). Интерфейс в этом случае — понятие достаточно условное,

так как никаких дополнительных микросхем для подключения LCD не требуется. Достаточно на плате установить PLD разъем 2x17. Схема подключения LCD-индикатора показана на рис. 4.

Схема настолько простая, что требуется всего несколько дополнительных замечаний. Рекомендуется использовать указанные на схеме линии портов ввода/вывода для обеспечения совместимости с другими узлами универсальных технологических контроллеров. Кроме того, рекомендуется устанавливать ограничивающий резистор R1 для увеличения срока службы светодиодов подсветки. Резистор R2 необходим для настройки контрастности при различных исполнениях LCD. При этом в качестве отрицательного источника питания можно либо использовать соответствующий выход микросхемы MAX232 (или аналогов)

Таблица 2. Характеристики наиболее распространенных транзисторных оптопар в корпусе

Тип оптрона	Ic/If, при If > 10 мА, %		U _{ce} , max, В	U _{be} , В	U _{ce,sat} , В	Ton / Toff, Max, мкс	U _{OL} , кв	Вывод базы
	min	max						
4N25	20	—	30	70	0,5	1,2/1,3	5,3	+
4N26	20	—	30	70	0,5	1,2/1,3	5,3	+
4N27	10	—	30	70	0,5	1,2/1,3	5,3	+
4N28	10	—	30	70	0,5	1,2/1,3	5,3	+
4N35	100	—	30	70	0,3	10/10	5,3	+
4N36	100	—	30	70	0,3	10-10	5,3	+
4N37	100	—	30	70	0,3	10-10	5,3	+
CNX83A	40	—	50	70	0,4	3/3	5,3	+
IL74	12,5	—	20	70	0,3	3/3	5,3	
MCT2	20	—	30	70	0,4	1,2/1,3	5,3	
MCT271	45	90	30	70	0,4	7/7	5,3	
MCT276	15	60	30	70	0,4	3,5/3,5	5,3	
MCT2E	20	—	30	70	0,4	1,2/1,3	5,3	
PC111L	50	—	35	70	0,2	4/3	5	
PC112L	40	—	70	70	0,2	4/3	5	
PS2601	80	600	50	—	—	3,5	5	
PS2651	50	400	50	—	—	3,5	5	
SFH600-0	40	80	70	—	0,4	3/3	5,3	
SFH600-1	63	125	70	—	0,4	3/3	5,3	
SFH600-2	100	200	70	—	0,4	3/3	5,3	
SFH600-3	160	320	70	—	0,4	3/3	5,3	
SFH601-0	40	80	100	—	0,4	3/2,3	5,3	
SFH601-1	63	125	100	—	0,4	3/2,3	5,3	
SFH601-2	100	200	100	—	0,4	3/2,3	5,3	
SFH601-3	160	320	100	—	0,4	3/2,3	5,3	
SFH608-2	63	125	55	—	0,4	8/7,5	5,3	
SFH608-3	100	200	55	—	0,4	8/7,5	5,3	
SFH608-4	160	320	55	—	0,4	8/7,5	5,3	
SFH608-5	250	500	55	—	0,4	8/7,5	5,3	
SFH640-1	40	80	300	300	0,4	5/6	7,5	
SFH640-2	63	125	300	300	0,4	5/6	7,5	
SFH640-3	100	200	300	300	0,4	5/6	7,5	
TIL111	8	—	30	70	0,4	5/5	1,5	
TIL112	2	—	20	70	0,5	2/2	1,5	
TIL117	50	—	30	70	0,4	5/5	2,5	
TIL126	50	—	30	70	0,4	2/2	1,5	

или специальную микросхему для получения отрицательного напряжения, либо усложнять источник питания (что нецелесообразно).

Диспетчеры памяти технологических контроллеров

Лишь в некоторых очень сложных универсальных технологических контроллерах используются диспетчеры памяти — узлы управления внешней памятью с расширением адресного пространства. Современные микроконтроллеры имеют 64 К адресного пространства (обычно называют «кубом памяти»). Как правило, этого хватает для большинства применений, так как это адресное пространство используется только для организации дополнительной RAM и подсистемы ввода/вывода. Однако в некоторых случаях условия эксплуатации системы требуют наличия в технологических контроллерах встроенных узлов формирования телевизионных изображений. Другие типы индикаторов, в том числе и графические LCD, не подходят либо по быстродействию, либо по другим условиям эксплуатации. В этих случаях в состав технологического контроллера

включается дополнительная память изображений на один или несколько кадров (чаще два). Формат изображения при этом обычно составляет 256×256 точек. На кодирование цвета точки отводится 1 байт. Нетрудно подсчитать, что на один такой кадр необходимо как раз 64 К памяти, а на три (два кадра и подсистема ввода/вывода) необходимо соответственно 192 К. Вот в этих-то случаях без диспетчера памяти не обойтись. Идея диспетчера памяти достаточно проста: включить в состав контроллера дополнительный программно доступный регистр, выходной байт которого сделать старшим байтом адреса (ADDR16-ADDR23) [13]. В этот регистр можно заранее записать адрес необходимого куба (например, одного из кубов кадров изображения), а при обращении к внешней памяти (при выработке сигналов RD/ и WR/) открывать выход регистра на время обмена с памятью. Таким образом, с помощью одного регистра адресное пространство микроконтроллера можно увеличить с 64 К до 16 М.

Олег Николайчук
onic@ch.moldpac.md

Литература

1. Nicolaiciuc O., Gutuleac E., Cheibas V. The Main Principles of Small System Development for Manufacturing and Research Automation // Computer Sciences Journal of Moldova, 1999, vol. 7, № 2 (20), p. 237–246.
2. Nicolaiciuc O. A PC and Local Microcontroller Network Interface // Instruments And Experimental Technique, Consultants Bureau, New York, Vol. 43, № 3, 2000, p. 318–320.
3. Николайчук О. Командно-информационные сети — что это такое? // Схемотехника, 2001, № 6, с. 26–30; № 7, с. 37–41.
4. <http://www.ti.com>
5. <http://www.philips.com/InformationCenter/>
6. <http://www.toshiba.com/>
7. <http://www.idt.com>
8. <http://www.pericom.com>
9. <http://www.hitachi.com>
10. <http://www.itis.spb.ru>
11. [http://www.itis.spb.ru/Компоненты iButton фирмы Dallas Semiconductor.htm](http://www.itis.spb.ru/КомпонентыiButton%20фирмы%20Dallas%20Semiconductor.htm)
12. <http://ham.kiev.ua/sprav/leds/ledh10.htm>
13. Николайчук О. И. АС СССР № 1238072. Устройство адресации памяти, МКИ4 G06F 9/36. — БИ, 1986, № 22.

www.platan.ru
ПЛАТАН

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ВАШЕГО УСПЕХА



Семейство высокопроизводительных 16-ти разрядных микроконтроллеров M16C62

- высокоэффективное ядро, программная совместимость внутри семейства, 91 команда, тактовая частота 16 МГц
- 128к...256к ROM (наличие Flash версий), 3к...20к RAM
- прямая адресация до 4М внешней ROM и 128к SRAM без подключения дополнительных элементов
- наличие встроенного контроллера ГДП 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
- в версии с CAN контроллером (M306N0CTFP)
- наличие бесплатного ПО, включающего C++ компилятор

Наименование	Память пзу/кб	ОЗУ/кб	Порты ав./вх	Уплт.В	Тип памяти	Корпус
M30620ECFP	128	10	87	2.7-5.5	OTP	100PSS-A
M30620ECFS	128	10	87	2.7-5.5	EPROM	100D0
M30620SFP	0	10	47	2.7-5.5	ROMLESS	100PSS-A
M30621ECFP	128	10	87	2.7-5.5	OTP	80PSS-A
M30622ECFS	128	5	87	2.7-5.5	EPROM	100D0
M30622ECFP	128	5	87	2.7-5.5	OTP	100P6Q-A
M30622SFP	0	3	47	2.7-5.5	ROMLESS	100P6S-A
M30623ECFP	128	5	87	2.7-5.5	OTP	80P6S-A
M30624FGFP	256	20	87	5	FLASH	100P6Q-A
M30624FGLFP	256	20	87	3.3	FLASH	100P6S-A
M30624FGLGP	256	20	87	3.3	FLASH	100P6Q-A
M306N0CTFP	256	10	87	5	FLASH	100P6S-A

International
tor Rectifier

AMP

MOTOROLA

intersil

Infineon

EPICOS

BOURNS

muRata

Honeywell

CRYDOM

DATA VISION

Kingbright

ARGUSSOFT
Департамент Микроэлектроники

ЭЛЕКТРОННЫЕ
КОМПОНЕНТЫ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ
дистрибутор фирм:



CLARE

LITELINK (CPC5610/11, CPC5604) - однокристальные микросхемы DAA, которые были разработаны для использования в широком спектре приложений проводной связи, включая высокоскоростные 56 Кбит/с (V.90) модемы. Семейство LITELINK использует самую современную технологию опторазвязки сигналов для обеспечения гальванической развязки между телефонной линией и абонентским оборудованием. Особенностью семейства LITELINK является наличие опторазвязки непосредственно в корпусе микросхем, тем самым исключая необходимость применения внешних оптронов или высоковольтных конденсаторов. Для обеспечения совместности с требованиями различных международных телефонных стандартов, достаточно заменить (или предусмотреть) несколько внешних пассивных компонентов.

Особенности LITELINK :

- один 32-выводной корпус поверхностного монтажа SOIC
- бестрансформаторная оптическая развязка
- занимаемая площадь менее 5 см²
- поддержка стандартов V.90 и CTR21
- совместимость с большинством модемных чипсетов
- вх./вых. изоляция 1500 В rms
- совместимость с US & международными телефонными линиями
- низкая стоимость

Офис в Москве :
Адрес : 129085, Москва, Проспект Мира, 95
Тел. : (095) 217-2487, 217-2510, 217-2505;
Факс : (095) 216-46-42
E-mail : components@argussoft.ru

Новый офис в Санкт-Петербурге :
Адрес : 191023, Санкт-Петербург,
наб. кан. Гривбовская, 36
Тел. : (812) 314-3808; тел. факс : (812) 310-6234
E-mail : spb@argussoft.ru

Интернет : WWW.ARGUSSOFT.RU

ANALOG
DEVICES

AMEL

TRACO
POWER

BOURNS

CLARE

sumida

JE-AN

HANTRONIX

Honeywell

SII

muRata

(Продолжение. Начало — № 12/2001)

Синхронизация передачи данных: способы кодирования

Основные методы кодирования цифровой информации для ее передачи по последовательным каналам связи

Способ кодирования сигнала для уменьшения излучаемых помех при его передаче по линии

Передача сигнала по линии сопровождается излучением энергии в окружающее пространство. Наибольшему влиянию подвержены соседние линии многожильного кабеля. Это влияние проявляется в том, что в соседних линиях появляются помехи, обусловленные, в основном, индуктивными и емкостными паразитными связями между линиями.

Энергия передаваемого по линии сигнала сосредоточена в некоторой спектральной полосе. Для уменьшения влияния на соседние линии желательно как можно более равномерно распределить энергию в этой полосе, без выраженных спектральных пиков. Если это условие выполнено, то источник сигнала можно грубо представить в виде бесконечно большого числа генераторов разной частоты, причем каждый генератор имеет бесконечно малую мощность. Результирующий сигнал помехи имеет характер шума.

Но, если источник формирует сигнал, периодический или близкий к нему, то на соседние линии вместо «широкополосного шума» действуют несколько или даже один сигнал, близкий по форме к синусоидальному. Так как основная энергия сигнала уже не распределена, а сосредоточена в нескольких или одной «пиковой» спектральной составляющей, то амплитуда помех может превысить допустимую. Таким образом, для уменьшения амплитуды помех, наводимых на соседние линии, следует по возможности исключить из передаваемого сигнала выраженные «периодические» компоненты.

Эти компоненты могут появляться, например, в сигналах AMI, T1 или MLT-3 при передаче длинной последовательности лог. 1, как показано на рис. 7 (затененные области).

RND на рис. 7 — сигнал на выходе генератора псевдослучайной последовательности битов.

В этих областях «невооруженным глазом» просматриваются прообразы синусоидальных сигналов, несущих основную энергию. Периоды сигналов AMI и T1 при передаче длинной последовательности лог. 1 равны двум битовым интервалам. Период сигнала MLT-3 равен пяти битовым интервалам.

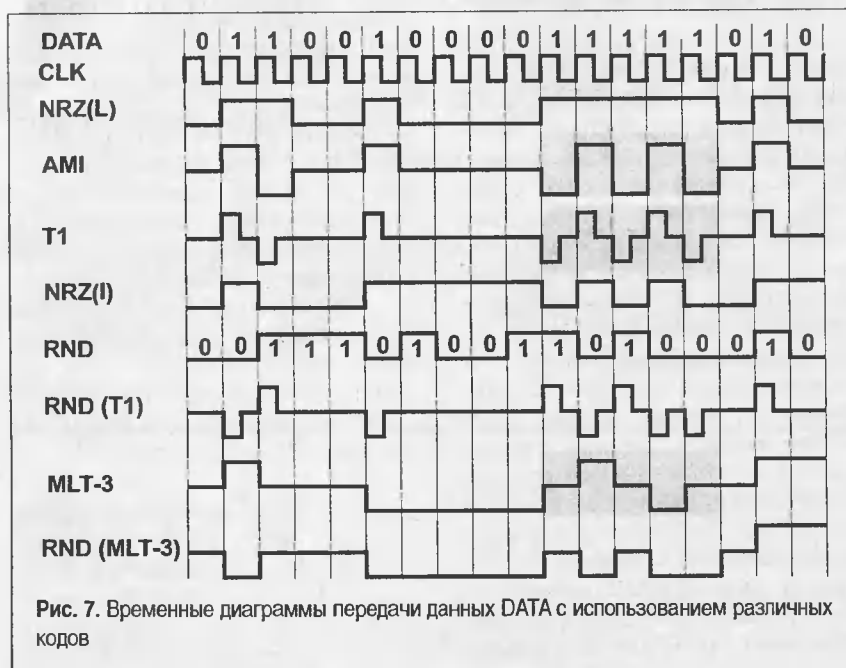


Рис. 7. Временные диаграммы передачи данных DATA с использованием различных кодов

Длинные последовательности лог. 1 можно «разрушить» применением скремблирования, то есть особой шифрации данных, после которой любые исходные последовательности выглядят как случайные. Для восстановления исходных данных приемник должен выполнить обратную операцию (дескремблирование). При этом необходима синхронная работа шифратора и дешифратора, что несколько усложняет задачу.

Предлагаемое в работе [26] решение также предусматривает «разрушение» периодического сигнала при передаче длинной последовательности лог. 1., но выполняется оно иначе. Скремблируются не данные, а полярности передаваемых по линии импульсов. В зависимости от значения некоторого псевдослучайного бита выбирается либо положительная, либо отрицательная полярность. Приемник безразличен к полярности импульса и реагирует только на его наличие. Поэтому для восстановления данных приемнику не нужно знать вид псевдослучайной последовательности, использованной при шифрации полярностей! Иными словами, осуществляется некое скремблирование без последующего дескремблирования, что на первый взгляд представляется лишним смыслом. В итоге аппаратура, предназначенная для уменьшения излучаемых помех, упрощается.

Чтобы перейти к существу вопроса, рассмотрим временные диаграммы, приведенные на рис. 7, более подробно.

Как уже отмечалось ранее, NRZ (в данном случае он обозначен как NRZ(L)) отображает лог. 0 и 1 соответственно низким и высоким уровнями напряжения. В коде AMI лог. 0 отображается отсутствием напряжения, а лог. 1 — положительным или отрицательным импульсом, причем полярности соседних импульсов чередуются.

Код T1 отличается от AMI только длительностью импульса.

В коде NRZ(I) любой фронт сигнала несет информацию о том, что примыкающий к нему справа битовый интервал соответствует лог. 1. Если фронта нет, то битовый интервал отображает лог. 0.

Код MLT-3 можно получить из кода NRZ(I) следующим образом. В интервалах, где код NRZ(I) принимает нулевое значение, код MLT-3 также должен быть нулевым. Положительные импульсы кода NRZ(I) должны

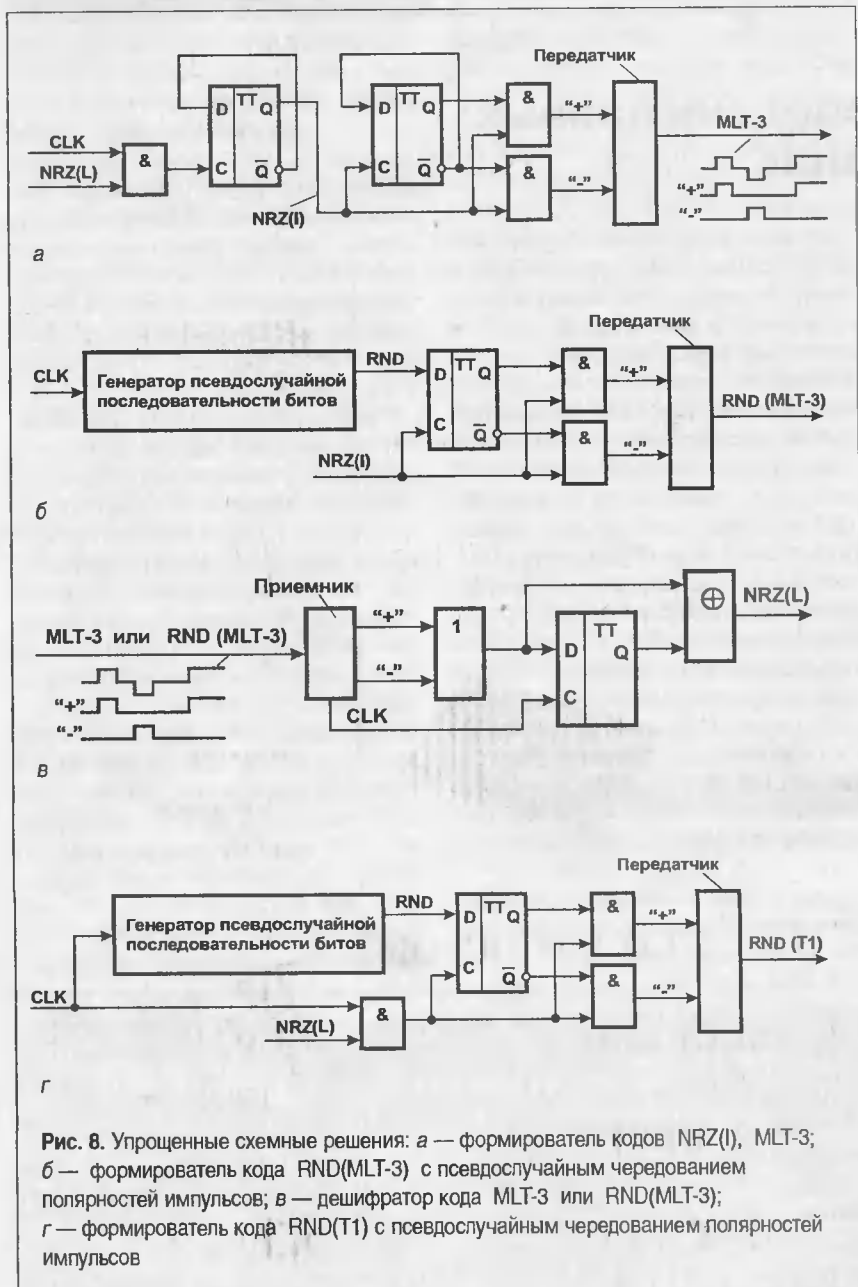


Рис. 8. Упрощенные схемные решения: а — формирователь кодов NRZ(I), MLT-3; б — формирователь кода RND(MLT-3) с псевдослучайным чередованием полярностей импульсов; в — дешифратор кода MLT-3 или RND(MLT-3); г — формирователь кода RND(T1) с псевдослучайным чередованием полярностей импульсов

соответствовать знакопереключающим импульсам кода MLT-3. При этом не имеет значения, какую полярность имеет первоначальный импульс. Схема преобразования кода NRZ(L) в коды NRZ(I) и MLT-3 приведена на рис. 8, а. Каждый из двух последовательно соединенных D-триггеров включен в режиме делителя частоты. На выходе Q первого триггера формируется код NRZ(I). На выходе передатчика подаются сигналы «+» и «-», которые преобразуются соответственно в положительные и отрицательные импульсы трехуровневого сигнала MLT-3.

Строго говоря, в эту и остальные схемы на рис. 8 схемы нужно ввести компенсирующие элементы для предотвращения некорректных ситуаций — так называемых «гонок» сиг-

налов: например, из-за того, что второй триггер изменяет состояние и опрашивается под действием одного и того же сигнала NRZ(I), на выходах «+» и «-» элементов «И» в процессе переключения триггера будут наблюдаться кратковременные ложные импульсы. Но на эти мелочи сейчас не будем обращать внимания, чтобы не усложнять рисунки и не потерять основную идею.

Схема, показанная на рис. 8, б, отличается от предыдущей тем, что на D-вход второго триггера (первый триггер не показан) подается псевдослучайная последовательность битов RND. При RND = 1 в момент формирования положительного фронта сигнала NRZ(I) выбирается положительная полярность импульса в линии, при RND = 0 — отрица-

тельная. Последовательность битов RND синхронизирована сигналом CLK и формируется, например, генератором на основе сдвигового регистра с логическими элементами «Исключающее ИЛИ» в цепях обратных связей [65]. Такое решение приводит к случайному чередованию полярностей импульсов кода RND(MLT-3) в отличие от их регулярного чередования в коде MLT-3. Схема формирования сигнала RND(T1), приведенная на рис. 8, г, построена аналогично и отличается наличием дополнительного логического элемента И, предназначенного для «укорочения» положительных импульсов кода NRZ(I).

Схема, представленная на рис. 8, в, позволяет дешифровать коды MLT-3 или RND(MLT-3), то есть преобразовывать их в «обычный» код NRZ(L). На выходе приемника формируются положительные импульсы «+» и «-», которые соответствуют разнополярным входным сигналам. Приемник также формирует синхросигнал CLK, например, с помощью генератора на основе петли фазовой автоподстройки частоты.

Логический элемент «ИЛИ» суммирует импульсы «+» и «-», так что их бывшая полярность не учитывается. В этом, пожалуй, и заключена основная предпосылка создания решения, которое иллюстрирует рис. 8, г: полярность импульсов в линии может быть произвольной, так как приемник не обращает на нее внимания. А раз это так, то можно случайным образом распределить полярности передаваемых импульсов, и тем самым подавить периодические составляющие сигнала. Единственное ограничение состоит в том, что для исключения постоянной составляющей сигнала в линии среднее число положительных и отрицательных импульсов в любом достаточно большом интервале времени должно быть одинаковым. Это условие в данном случае выполнено.

Таким образом, закон, по которому данные скремблировались передатчиком, остается неизвестным приемнику.

Предлагаемый метод применим и к другим трехуровневым кодам, таким как B3ZS, B6ZS и HDB3.

Борис Шевкопляс,
Сергей Сухман,
Аркадий Бернов
borissh@zelmail.ru
www.zelax.ru
АО Зепакс

(Продолжение. Начало — № 2-12/2001)

Создание аналоговых PSPICE-моделей радиоэлементов. Создание компонентов на основе макромоделей

Создание моделей, учитывающих технологический разброс и влияние физических воздействий на характеристики компонентов

Параметры всех электрорадиоэлементов имеют разброс и зависят от температуры. Программы моделирования позволяют оценить работоспособность проектируемого устройства при воздействии этих факторов. Для этого производятся статистический анализ по методу Монте-Карло, а также многовариантный анализ. Однако для того, чтобы такие анализы произвести, нужно иметь соответствующие модели компонентов.

Во встроенных PSPICE-моделях для учета разброса и влияния температуры существуют следующие параметры:

- спецификация случайного разброса значения параметра;
- линейный температурный коэффициент;
- квадратичный температурный коэффициент;
- экспоненциальный температурный коэффициент.

Кроме этого при необходимости управлять температурой отдельных компонентов можно с помощью параметров T_MEASURED, T_ABS, T_REL_GLOBAL, T_REL_LOCL.

При многовариантном анализе переменной величиной может стать не только температура, но и практически любой параметр модели, который может изменяться при каком-либо физическом воздействии внешней среды или деградации параметров компонентов от времени.

Очевидно, что если на базе таких моделей строить макромоделю, то и они будут иметь случайный разброс параметров, а также температурную и прочую зависимость.

На самом деле, в случае построения макромоделей такой прямолинейный подход совершенно не годится. Как уже было сказано выше, при построении макромоде-

лей принципиально используются упрощения и допущения. В результате схема макромоделей редко соответствует исходной схеме. Кроме того, радиолюбителю просто невозможно отследить истин-

ные тепловые связи между элементами, интегрированными в микросхему. По этому макромоделю строится на стабильных элементах, а затем целевым образом вводятся элементы, имеющие разброс и температурную зависимость. Но делается это так, чтобы отобразить наиболее существенные статистические и температурные свойства моделируемого компонента. Этот же подход годится для учета влияния прочих физических воздействий. Так в случае ионизирующего облучения, которое влияет практически на все параметры всех компонентов, удоб-

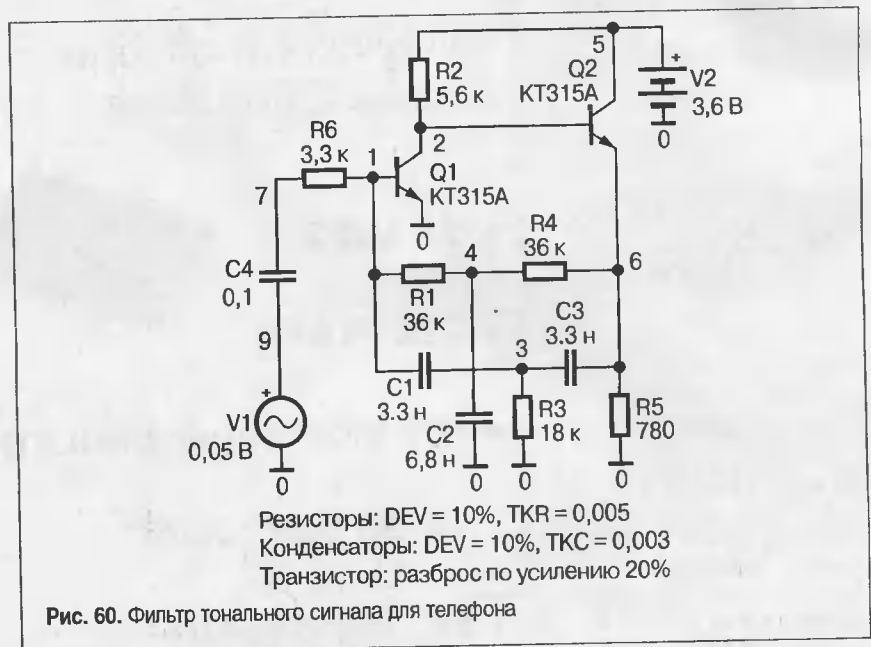
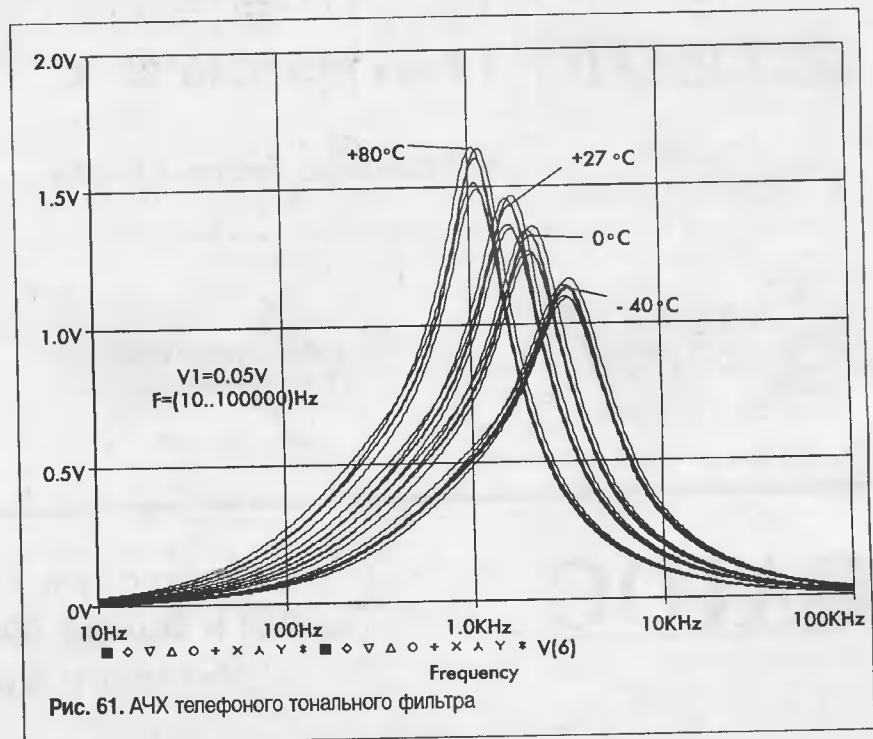


Рис. 60. Фильтр тонального сигнала для телефона



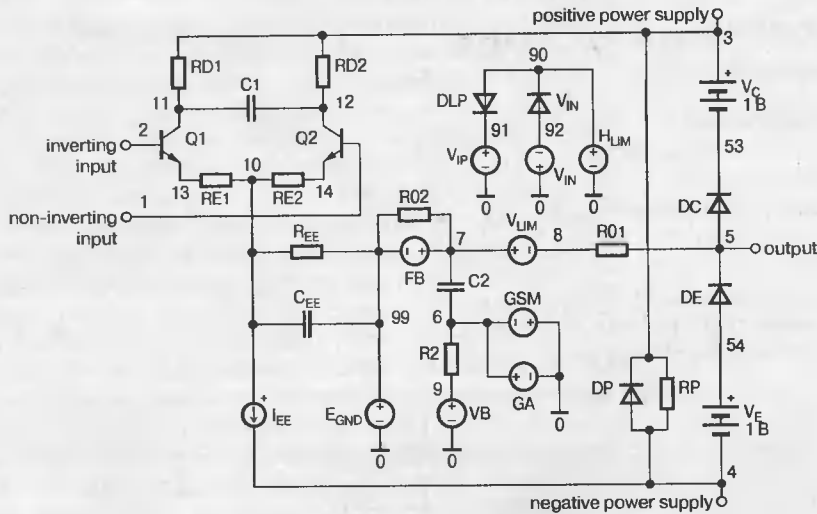


Рис. 62. Схема макромодели ОУ K140УД7

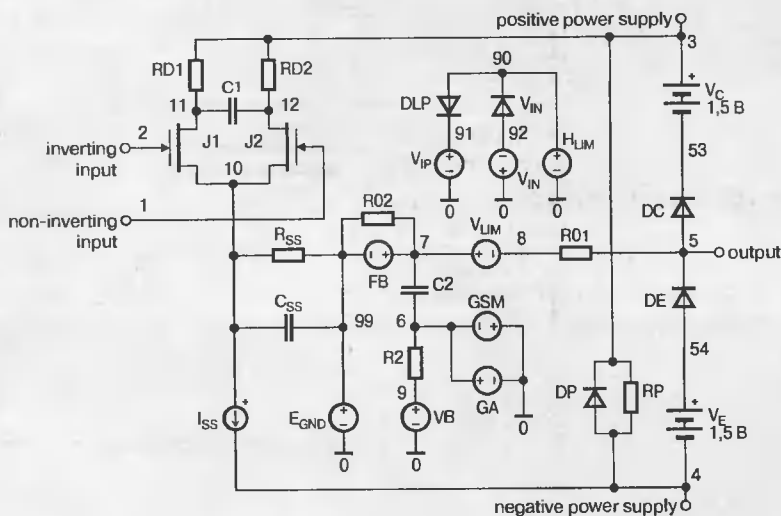


Рис. 63. Схема макромодели ОУ K140УД8

нее иметь несколько копий библиотек для разных доз. Затем, пользуясь директивой .LIB, можно целиком заменять библиотеки компонентов в соответствии с полученной дозой. Результаты потом можно объединить на одном графике.

В качестве примера создания и использования моделей с разбросом параметров и температурной зависимостью проведем моделирование фильтра (рис. 60, Программа 19), используемого в радиотелефонии который работает в сложных климатических условиях. Диапазон температур составляет от -40 до $+80$ °C. В моделях всех компонентов заданы параметры технологического разброса и температурной нестабильности.

С помощью директив .AC, .TEMP и .MC (испытаний по методу Монте-Карло) рассчитаем АЧХ фильтра и выясним, как она изменяется при изменении температуры и разброса номиналов элементов.

Из рис. 61 видно, что существует сильная зависимость от погоды, и, следовательно, этот телефон будет работать плохо. Вывод очевиден — необходимо выбрать более стабильные и точные элементы для фильтра, чтобы получить работоспособное устройство.

Пример профессионального построения модели

В качестве этого примера можно привести стандартные для PSPICE макромодели операционных усилителей с биполярными (K140УД7, рис. 62, Программа 20) и полевыми (K140УД8, рис. 63, Программа 21) транзисторами на входе.

Заметим, что в усилителях исключены все транзисторы, кроме входных. Это благоприятно сказывается на быстродействии макромоделей. При этом они достаточно точно учитывают множество эффектов, происходящих в реальном приборе.

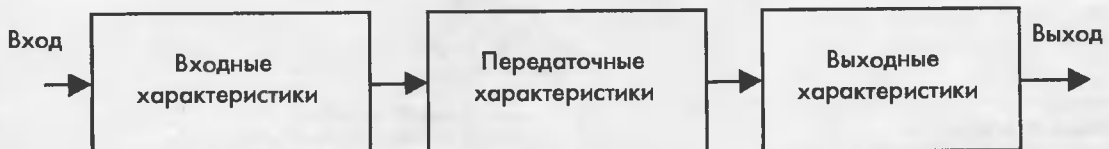


Рис. 64. Структура формальной макромодели

Программа 19

filtr.clr — АЧХ ФИЛЬТРА.

.PROBE V(6) ; вывести график напряжения в узле 6.

.temp -40 0 +27 +80 ; список температур, при которых рассчитывается АЧХ.

.AC DEC 100 10 100kHz ; рассчитать 100 точек в диапазоне от 10 Гц до 100кГц по декадам.

.MC 5 AC V(6) UMAX OUTPUT ALL ; провести 5 испытаний по методу Monte

* Carlo с измерением напряжения в узле 6 и вывести все результаты на печать.

V BT1 5 0 DC 3.6V

V1 9 0 AC=0.05 SIN(0 0.01 1000)

R1 1 4 MRES 36K

R2 5 2 MRES 5.6K

R3 3 0 MRES 18K

R4 4 6 MRES 36K

R5 6 0 MRES 780

R6 7 1 MRES 3.3K

C1 1 3 MCAP 3.3n

C2 4 0 MCAP 6.8n

C3 6 3 MCAP 3.3n

C4 7 9 MCAP 0.1u

* K B E

Q1 2 1 0 KT315A

Q2 5 2 6 KT315A

* Модели, учитывающие разброс и влияние температуры.

.model MRES RES(R=1 DEV=5% TC1=0.005 TC2=0.00002)

.model MCAP CAP(C=1 DEV=10% TC1=0.003 TC2=0.00001)

* Транзистор имеет 20% разброс по коэффициенту усиления Bf DEV=20% и

* температурную зависимость TRE1, TRB1, TRM1, TRC1).

.model KT315A NPN(Is=23.68f Xtb=3 Egt=1.11 Vaf=60 Bf=108 DEV=20% Ne=1.206

+ Ise=23.68f Ikf=1.224 Xtb=1.5 Br=4.387G Nc=1.8 Isc=900p Ikr=20m

+ Cjc=7p Mjc=.333 Vjc=.7 Fc=.5 Cje=10p Mje=.333 Vje=.7 Tr=130.5n Tf=1n

+ Itf=40m Vtf=80 Xtf=1.1 RE=0.1 TRE1=1.5 RB=3 TRB1=1.2 RC=5 TRC1=1.1 RBM=2 TRM1=1.3)

.END

Программа 20.

* connections:

	non-inverting Input
*	inverting Input
*	positive power supply
*	negative power supply
*	output
*	

.subckt K140UD7 1 2 3 4 5

c1 11 12 8.661E-12

c2 6 7 30.00E-12dlp 90 91 dx

dln 92 90 dx

dp 4 3 dx

egnd 99 0 poly(2),(3,0),(4,0) 0.5.5

fb 7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln 0 10.61E6 -1E3 1E3 10E6 -10E6

ga 6 0 11 12 188.5E-6

gcm 0 6 10 99 5.961E-9

lee 10 4 dc 15.16E-6

hlim 90 0 vlim 1K

q1 11 2 13 qx

q2 12 1 14 qx

r2 6 9 100.0E3

rc1 3 11 5.305E3

rc2 3 12 5.305E3

re1 13 10 1.836E3

re2 14 10 1.836E3

ree 10 99 13.19E6

ro1 8 5 50

ro2 7 99 100

rp 3 4 18.16E3

vb 9 0 dc 0

vc 3 53 dc 1

ve 54 4 dc 1

vlim 7 8 dc 0

vlp 91 0 dc 40

vln 0 92 dc 40

.model dx D(Is=800.0E-18 Rs=1)

.model dy D(Is=800.0E-18 Rs=1m Cjo=10p)

.model qx NPN(Is=800.0E-18 Bf=93.75)

.ends

Стоит обратить внимание на массовое использование независимых и зависимых источников. Это основной инструмент грамотного построения хороших макромоделей сложных микросхем.

Входной дифференциальный каскад моделирует наличие токов смещения и зависимость скорости нарастания выходного напряжения от входного дифференциального напряжения. Емкость C_{ee} (C_{ss}) позволяет отобразить несимметричность выходного импульса ОУ в неинвертирующем включении. Емкость $C1$ вместе с емкостями переходов транзисторов позволяют имитировать двухполюсный характер частотной характеристики ОУ. Управляемые источники тока GA, GSM и резисторы R2, RO2 моделируют дифференциальное и синфазное усиление напряжения. С помощью емкости C2, включаемой в схему по выбору пользователя, можно имитировать внутреннюю или внешнюю коррекцию ОУ. Нелинейность выходного каскада ОУ имитируют элементы DLN, DLP, RO1 (они ограничивают максимальный выходной ток) и DC, DE, VC, VE (ограничивают размах выходного напряжения). Резистор gr имитирует потребление по постоянному току. Диод DP — защитный.

Однако опыт показывает, что не всегда требуются точные модели, ведь цена за это — пониженное быстродействие. Имеет смысл разработать для себя библиотеку упрощенных макромоделей, чтобы не тратить зря время на ожидание результатов тогда, когда нужно просто обкатать идею.

Кроме этого, не следует забывать о том, что всегда можно создать модель более совершенную, чем стандартная или профессиональная. В данном слу-

Программа 21.

*	connections:	non-inverting Input
*		inverting input
*		positive power supply
*		negative power supply
*		output
*		

.subckt K140UD8 1 2 3 4 5

c1 11 12 4.196E-12

c2 6 7 10.00E-12

css 10 99 1.333E-12

dc 5 53 dy

de 54 5 dy

dlp 90 91 dx

dln 92 90 dx

dp 4 3 dx

egnd 99 0 poly(2),(3,0),(4,0) 0.5.5

fb 7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln 0 31.83E6 -1E3 1E3 30E6 -30E6

ga 6 0 11 12 251.4E-6

gcm 0 6 10 99 2.514E-9

iss 10 4 dc 170.0E-6

hlim 90 0 vlim 1K

j1 11 2 10 jx

j2 12 1 10 jx

r2 6 9 100.0E3

rd1 3 11 3.978E3

rd2 3 12 3.978E3

ro1 8 5 50

ro2 7 99 25

rp 3 4 15.00E3

rss 10 99 1.176E6

vb 9 0 dc 0

vc 3 53 dc 1.500

ve 54 4 dc 1.500

vlim 7 8 dc 0

vlp 91 0 dc 25

vln 0 92 dc 25

.model dx D(Is=800.0E-18 Rs=1m)

.model dy D(Is=800.0E-18 Rs=1m Cjo=10p)

.model jx NJF(Is=12.50E-12 Beta=743.3E-6 Vto=-1)

.ends

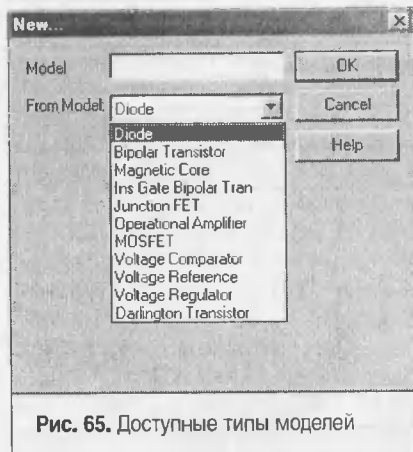


Рис. 65. Доступные типы моделей

чае приведенные макромодели ОУ моделируют далеко не все свойства реальных приборов, и их можно усовершенствовать. Это относится к температурным, статистическим, шумовым характеристикам и прежде всего к входному сопротивлению. Входная емкость усилителя получается равной нулю, поскольку в моделях транзисторов емкости не указываются. Еще один недостаток — отсутствие описания пробоя (отпирания охранных диодов или обратимого пробоя эмиттерных переходов) при больших запирающих входных

сигналах. И этот список можно продолжить. Но следует отметить, что PSPICE ограничивает ваши возможности гораздо меньше, чем тактовая частота вашего процессора.

На основе всего сказанного можно сформулировать общий формальный подход к построению макромоделей аналоговых компонентов.

Простейшую структуру макромодели (рис. 64) можно представить состоящей из трех каскадов: первый описывает входные характеристики, второй — передаточные (плюс линейные и нелинейные искажения), третий — выходные характеристики. Передача информации от каскада к каскаду осуществляется с помощью независимых источников тока или напряжения. Число каскадов, их тип, распределение функций, количество параллельных путей может быть и другим, если этого требует задача. Короче говоря, для творчества здесь всегда зеленый свет. Создав для себя типовой набор моделей этих квадратиков, можно поставить изготовление макромоделей буквально на поток.

Создание моделей программой PSPICE MODEL EDITOR

Программа PSPICE MODEL EDITOR, входящая в состав программного комплекса сквозного проектирования OrCad v9.2, по паспортным данным рассчитывает параметры моделей полупроводниковых приборов (диодов, биполярных, полевых и статически индуцированных биполярных транзисторов, мощных МОП-транзисторов, транзисторов Дарлингтона, макромоделей операционных усилителей, компараторов напряжения, регуляторов напряжения, стабилизаторов напряжения и моделей магнитных сердечников).

Математические модели компонентов записываются в библиотечные файлы с расширением имени .lib или .mod. Расширение .mod используется для вывода одиночных моделей. В файлы .lib помимо параметров математических моделей программа PSPICE MODEL EDITOR заносит также протокол ввода паспортных данных, так что при уточнении отдельных параметров нет необходимости

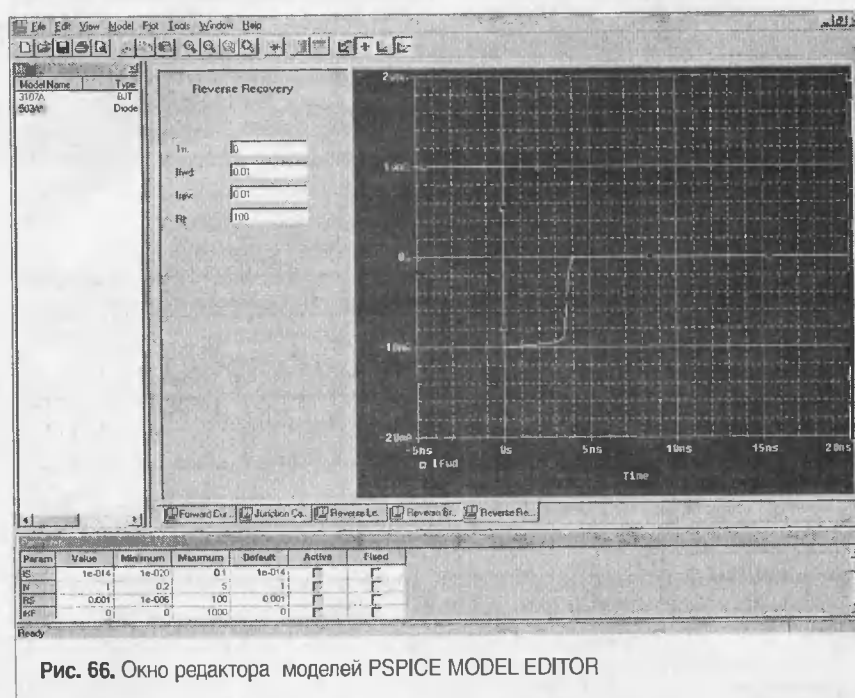


Рис. 66. Окно редактора моделей PSPICE MODEL EDITOR

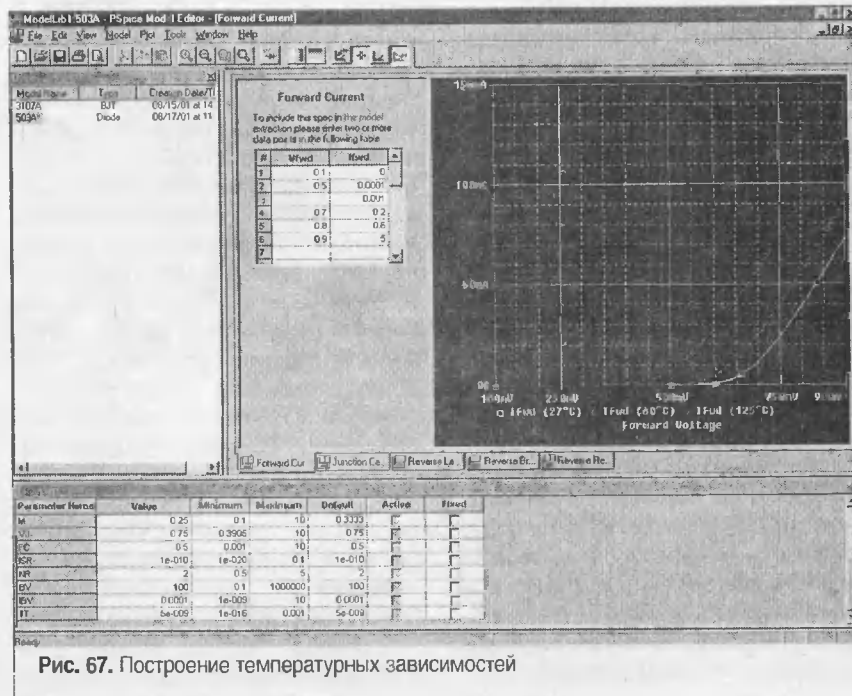


Рис. 67. Построение температурных зависимостей

Таблица 22. Диоды

Символы данных	Справочные данные	Параметры модели (Parameters)	
		Имя	Значение по умолчанию
Forward Current (Прямая ветвь ВАХ)			
V_{fwd} I_{fwd}	Координаты точек ВАХ диода	IS	10–14A
		RS	0,1 Ом
		N	1
		IKF	0
		XTP*	3
		EG*	1,11 В
Junction Capacitance (Барьерная емкость)			
V_{rev} C_j	Зависимость барьерной емкости перехода от модуля напряжения обратного смещения	CJO	1 пФ
		VJ	0,75 В
		M	0,3333
		FC*	0,5 В
Reverse Leakage (Сопротивление утечки)			
V_{rev} I_{rev}	Зависимость тока утечки от абсолютной величины напряжения обратного смещения	ISR	100 нА
		NR	2
Reverse Breakdown (Напряжение стабилизации)			
V_z	Абсолютная величина напряжения пробоя (стабилизации) при токе I_z	BV IBV	100 В 100 мкА
I_z	Ток пробоя (стабилизации)		
Z_z	Дифференциальное сопротивление на участке пробоя в точке (I_z , V_z)		
Reverse Recovery (Рассасывание носителей заряда)			
T_{rr}	Время рассасывания носителей заряда	rr	5 нс
I_{fwd}	Ток диода в прямом направлении до переключения		
I_{rev}	Обратный ток диода после переключения		
R_f	Эквивалентное сопротивление нагрузка (включая выходное сопротивление генератора)		

ти вводить заново все паспортные данные. В файлах отлаженных библиотек протокола паспортные данные, как правило, удаляются для того, чтобы уменьшить объем файлов и сделать их удобочитаемыми.

При применении программы PSPICE MODEL EDITOR для созда-

ния моделей есть некоторые сложности, которые заключаются в отсутствии в справочниках на полупроводниковые приборы всех необходимых данных. Некоторыми данными, приводимыми в форме «не более» или не «менее», вообще нельзя пользоваться. Например, для диодов указывается, что при $U_{обр} = 28$ В постоянный обратный ток не более 0,2 мкА. Это утверждение, конечно, верно, так как действительная величина тока гораздо меньше и составляет примерно 0,1 нА, но использовать такие данные для создания математической модели нельзя. Поэтому приходится самостоятельно измерять некоторые параметры полупроводниковых компонентов. Полезная рекомендация — стоит воспользоваться моделями, созданными фирма-

ми-производителями. В Интернете можно обнаружить множество бесплатно доступных библиотек моделей, предоставляемых этими фирмами. Из них можно подобрать подходящий аналог и для отечественных компонентов. Его можно протестировать на достоверность (см. раздел 3) и откорректировать вручную. В России такие модели можно приобрести в фирме «Родник Софт» (<http://www.rodnik.ru>).

Большой интерес представляет создание более совершенных программ для построения моделей по паспортным данным. Вполне реально можно и расширить перечень таких компонентов.

Диоды

В качестве примера работы с программой PSPICE MODEL EDITOR рассчитаем параметры моде-

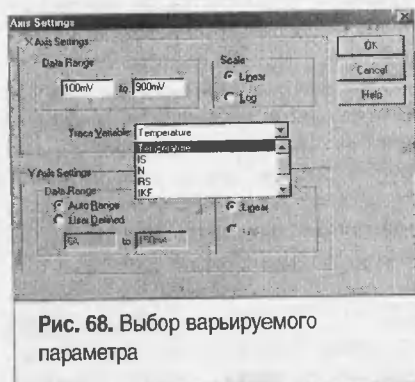


Рис. 68. Выбор варьируемого параметра

ли полупроводникового диода. Сначала с помощью команды File/Open указывается имя файла библиотеки моделей диодов (если такого файла не существует, то создается новый файл с расширением .lib командой File/New). Далее, используя команду Model/New, нужно ввести имя модели диода и в предлагаемом списке типов моделей указать его тип — DIODE. Доступные типы моделей приведены на рис. 65.

После ввода имени и типа модели на экран выводится список параметров модели (рис. 66). В левой части экрана приведен перечень моделей в данной библиотеке. В правой — перечень вводимых паспортных данных параметров математической модели и их графическое отображение. В нижней части окна выводится перечень параметров математической модели, рассчитанной на основе введенных паспортных данных. Первоначально всем параметрам модели присваиваются значения по умолчанию.

Паспортные данные вводятся порциями, соответствующими различным режимам работы компонента. Для каждого режима предусмотрено отдельное окно с соответствующим названием. Вводимые данные при нажатии соответствующей кнопки (команда Extract Parameters) немедленно отображаются графически.

На основании введенных данных по команде Extract Parameters рассчитывается ряд параметров математической модели, значения которой отображаются в окне Parameters. Редактирование значений отдельных рассчитанных параметров математической модели выполняется после щелчка в соответствующем окне.

Используя команду Plot/Add Trace, можно построить семейство характеристик при вариациях температуры или других параметров модели. По умолчанию предлагается построить графики характеристик при изменении температуры (рис. 67). Имя варьируемой переменной изменяется командой

Plot/Axis Settings (рис. 68). Например, для диодов возможна вариация параметров IS, N, RS, IKF, EG и XTI.

Построение модели завершается командой записи обновленных данных в библиотечный файл File/Save.

Далее приведем список вводимых паспортных данных для всех типов компонентов, включенных в программу PSPICE MODEL EDITOR, и перечень параметров их математических моделей. Знаком «*» в приводимом ниже перечне отмечены параметры, не оцениваемые в программе PSPICE MODEL EDITOR. Им по умолчанию присваиваются типичные параметры.

Паспортные данные диода, которые вводит пользователь, и список параметров его математической модели, которые рассчитываются по программе, также приведены в табл. 22.

Олег Петраков
petrakov@mtu-net.ru

Как изготовить печатную плату

В статье рассматривается технология, которая позволяет быстро изготовить высококачественные печатные платы в лабораторных и домашних условиях без значительных затрат

Проектирование платы

Прежде чем вы приступите к изготовлению печатной платы, вам понадобится ее схема. Имеется много способов планировки схемы. В данной статье не обсуждаются способы создания схемы, поскольку это достаточно сложный процесс. Для того чтобы спроектировать схему, требуется некоторый опыт. Лучше всего взять готовую схему, например из журнальной статьи или книги.

Далее обсудим методы и материалы, используемые в процессе переноса рисунка схемы на печатную плату.

Во-первых, возникает вопрос: где купить фольгированный диэлектрик? В Москве есть НПФ «Росламинат» поставщик фольгированного диэлектрика, производимого компанией «Молдовизолит» (Молдова).

Лучше всего использовать стеклотекстолит марки МИ-1222-1-35 (односторонняя плата толщиной 1,5 мм, толщина слоя меди 35 мкм) или МИ-1222-2-35 (двухсторонняя плата). По качеству не уступает зарубежным маркам класса FR-4, но существенно дешевле.

Если схема простая, то ее можно рисовать непосредственно на материале платы. Для этого используются стойкие к травлению чернила. Имеется множество компаний, которые производят подобные четежные ручки.

Прежде чем рисовать на плате, необходимо очистить поверхность меди. Для этого ее нужно протереть тканью, смоченной в изопропиловом или этиловом спирте. После этого вы можете нарисовать дорожки на медной поверхности. При рисовании надо стараться не касаться меди руками.

Жир на коже рук окисляет медь, и в результате места касания рукой будут стойкими к травлению. Удостоверьтесь, что чернила полностью высохли.

Можно использовать так называемые средства сухого переноса. Они представляют собой пластиковые листы, на которых нарисованы все виды символов. Вы можете перенести их на плату, как переводные картинки. Протрите карандашом символ, который вы хотите передать. Он прилипнет к меди. После этого вы можете травить медь. Такие комплекты предоставляет компания Churchin Associates Ltd.

Если схема более сложная, можно использовать термотрансферные пленки. На такую пленку можно перенести готовую схему с помощью лазерного принтера. После этого пленка помещается под отпечатком на чистую медь. Далее надо прижать пленку к плате и равномерно прогреть ее утюгом. Но лучше всего для переноса использовать специальные термические прессы. Температурный режим должен быть около 95 °С. Ваша печать будет перенесена на печатную плату. Дайте ей возмож-

ность остыть и затем термотрансфертную пленку можно удалять. Если вы все сделаете правильно, то получите печатную плату, готовую к травлению.

Термотрансфертные пленки поставляют фирмы DupaArt Designs, (пленка TTS) и Techniks, Inc (пленка Press-n-Peel). Пленки эти односторонние, так как процесс зависит от специального покрытия на пленке. Главный недостаток этих пленок — дороговизна. Кроме того, с помощью обычного утюга получить хороший результат трудно, и, как уже было сказано выше, необходим термопресс, стоимость которого порядка \$1000.

Если схема сложная, то в этом случае не обойтись без фоторезистов и фотолитографического процесса. Прежде чем перейти собственно к фотолитографическому процессу, вам необходимо иметь проект печатной платы на прозрачном материале — оригинал-макет. Под прозрачным материалом здесь подразумевается материал, который пропускает ультрафиолетовый свет. Дело в том, что все фоторезисты поглощают свет в ультрафиолетовом и не поглощают в видимом диапазоне спектра. Ультрафиолетовый диапазон спектра — это 200–400 нм. Оконное стекло прозрачно для ви-

димого света, но не пропускает ультрафиолетовый свет. Если вы не уделите достаточного внимания изготовлению качественного оригинал-макета, то дальше в фотолитографическом процессе у вас возникнет много проблем.

Создание оригинал-макета

Как изготовить качественный оригинал-макет? Для сложной схемы необходим компьютер или качественный копировальный аппарат. Если вы сами разрабатываете схему с помощью программ для создания печатной платы, то ее можно вывести на печать. Если вы имеете готовую схему и вам надо перенести ее на прозрачный материал, то воспользуйтесь копировальным устройством или сканером.

Печать схемы

Использование принтера или копировального аппарата

С появлением средств для усиления оптической плотности тонера наилучшие результаты достигаются с помощью лазерных принтеров.

Если распылить жидкость Densitone Spray на поверхности отпечатка схемы, полученного лазерной печатью или копировальным устройством, и дать подсохнуть несколько минут, то можно получить почти профессиональный оригинал-макет. Исходная оптическая плотность составляет 1,3–1,7 и может быть усилена до 3–3,6 (рис. 1).

На чем лучше всего печатать? Существуют прозрачные пластмассовые листы для лазерной печати и копировальных аппаратов. Такие листы прекрасно пропускают ультрафиолетовый свет. Их недостаток заключается в том, что при печати лазерным принтером и при установке максимальной плотности нанесения тонера, он «разбрызгивается». В результате рисунок смазывается. По этой причине лучше использовать кальку или матовую полимерную пленку для лазерных принтеров. Эти материалы хорошо держат форму линий, хотя и «зарезают» ультрафиолетовый свет. Так, например, стандартная калька уменьшает пропускание ультрафиолетового света в пять раз, а пленка Folarproof Laserfilm DM — в 3,5 раза. Калька значительно дешевле, но дает усадку при нагреве в лазерном принтере, что существен-

но при высоких разрешениях. Пленка Folarproof Laserfilm — безосадочная и используется при изготовлении прецизионных печатных плат.

Использование плоттера

Другой способ — использование плоттера. Так как эти приборы используют жидкую краску, результаты будут хорошими. Кроме того, качество вычерчивания линий намного лучше, чем у принтера. Вы можете использовать различные перья для каждой ширины линии. Главный недостаток состоит в том, что чертежи становятся дорогостоящими. Дорог не только сам плоттер, перья и бумага специального назначения тоже стоят денег.

Использование фотоплоттера

Это методика, используемая в промышленном производстве печатных плат. Плоттер оснащен источником УФ-света. Перо заменено волоконнооптическим кабелем. В качестве механизма передвижения пера вверх-вниз выступает электронно-оптический затвор, обычно жидкокристаллический.

Чертеж делается в темной комнате на фотографической пленке. Когда чертеж закончен, пленку проявляют точно так же, как в обычной фотографии. Это единственный метод изготовления очень тонких дорожек.

Перенос схемы на печатную плату. Фотолитографический процесс

Для начала нам необходим светочувствительный материал для печатной платы — фоторезист. Здесь имеются две возможности: купить готовый чувствительный фольгированный диэлектрик либо самим нанести фоторезист на плату. Проще купить готовый чувствительный материал, который представляет собой плату, медный слой, который покрыт светочувствительным лаком. Лак закрывает черной бумагой.

Самостоятельно сделать светочувствительную печатную плату — довольно трудоемкая работа, которая отнимает много времени. Вам придется купить аэрозольный баллончик с нужным типом лака. Далее вы должны будете очистить медную фольгу печатной платы и промыть ее изопропиловым спиртом. После сушки вы должны распылить фотолак на медный слой и удостовериться, что лак нанесен на всю поверхность. Теперь надо высушить лак в темном месте в течение 24 ча-

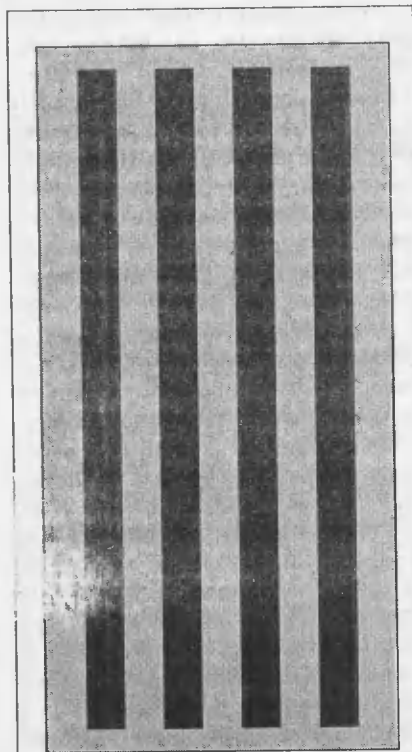


Рис. 1

сов. Если сделать все правильно, то это будет работать.

При покупке готового материала нужно иметь в виду, что существует два доступных типа диэлектрика: позитивный и негативный. Около 95% проданных материалов относятся к позитивным. Негативный материал используется в промышленном производстве печатных плат. Единственное его преимущество состоит в том, что с ним легче делать многослойные печатные платы. Но так как это практически невозможно сделать дома, то об этом можно забыть.

Кроме того, вам будет необходим проявитель для этого материала. На рынке имеется множество различных проявителей, но в основном все они содержат натрий гидроксид. При использовании этого продукта необходимо соблюдать меры предосторожности и надевать перчатки. Возможно, он не причинит ожогов, но все-таки не стоит погружать незащищенные руки в продукт или раствор. Если вы вошли в контакт с этим продуктом, ополосните руки водой.

Для экспонирования материала необходим источник ультрафиолетового света. В России выпускается такой источник — ОРК-21М. Удобство его заключается в том,

что он расположен на штативе и можно варьировать расстояние от лампы до платы. Можно также использовать люминесцентную лампу ДРЛ. Сама лампа практически не излучает ультрафиолетовый свет. Но если аккуратно срезать алмазным кругом верхнюю колбу по максимальному диаметру, то внутри можно обнаружить маленькую лампу ультрафиолетового света. Таким образом, мы получаем хороший источник ультрафиолетового света. Остаток люминесцентной колбы будет защищать глаза от попадания ультрафиолетового света.

Время экспозиции зависит от мощности лампы, расстояния от лампы до платы, толщины пленки фоторезиста. На установке ОРК-21М с расстояния 25–30 см время экспонирования составляет примерно 30 секунд.

Для экспонирования необходимо произвести следующие действия: поместить оригинал-макет тонерной стороной на печатную плату, прижать оргстеклом оригинал-макет к пленке фоторезиста и начать экспонирование.

Ультрафиолетовый свет опасен. Никогда не смотрите в источник света, когда он включен. Всегда закрывайте крышку установки при включенных лампах.

Экспонирование надо производить при слабом освещении и ни в коем случае не при ярком дневном свете. Хотя материал печатной платы чувствителен только к ультрафиолетовому свету, имеется риск разрушения чувствительного слоя прямыми солнечными лучами или сильным дневным светом. Солнечный свет также содержит ультрафиолетовое излучение, а яркий дневной свет будет постепенно ухудшать резкость изображения.

Печатную плату необходимо использовать сразу после снятия защитного слоя. Не оставляйте плату на столе в течение 2 минут. Светочувствительный слой ухудшит свое качество.

После экспонирования печатной платы ее необходимо поместить в проявитель (обычно — каустическая сода (NaOH)). Для проявления потребуются две пластмассовые коюветы и пара резиновых перчаток.

Процесс проявления занимает приблизительно 30 секунд, максимум — 2 минуты. Печатная плата

помещается в жидкость. После нескольких секунд вы увидите изображение на печатной плате. Примерно через полминуты вы должны увидеть области с чистой медью и области, которые закрыты фоторезистом. Теперь печатную плату можно вынуть и промыть ее водой. Печатная плата готова к травлению.

Травление платы

Травление с хлоридом железа (Fe₃Cl)

Хлорид железа (Fe₃Cl) — твердое вещество, которое растворяется в воде до тех пор, пока образуется насыщенный раствор желто-золотого цвета. Процесс травления в этом растворе продолжается от 30 до 60 минут. Его можно ускорить нагреванием и перемешиванием раствора. Затем следует промывка в проточной воде. Остатки кислоты на плате нейтрализуются в мыльном растворе. К недостаткам процесса относятся образование отходов, низкая скорость травления, существенное изменение скорости травления при изменении концентрации травителя.

Травление с аммонием персульфатом (NH₄)₂S₂O₈

Аммоний персульфат — светлое кристаллическое вещество, растворяющееся в воде. Соотношение в растворе: 35 г (NH₄)₂S₂O₈ в 65 мл воды. Время травления (NH₄)₂S₂O₈ составляет около 10 мин. и зависит от площади медного покрытия, которое подвергается травлению. Требуется умеренно теплый (40 °C), перемешиваемый раствор. Затем следует промывка в проточной воде.

Современная методика

В состав раствора для травления входит 200 мл соляной кислоты (HCl 35 %), 30 мл перекиси водорода (H₂O₂ 30 %) и 770 мл воды (H₂O).

Преимуществами этой методики являются высокая скорость травления и сравнительная химическая безопасность. Однако тщательное соблюдение мер безопасности при работе с химикатами, прежде всего с перекисью водорода, является очень важным.

Раствор соляной кислоты 35-процентной концентрации имеет острый запах, образует бесцветные пары, воздействующие на кожу и слизистые, разъе-

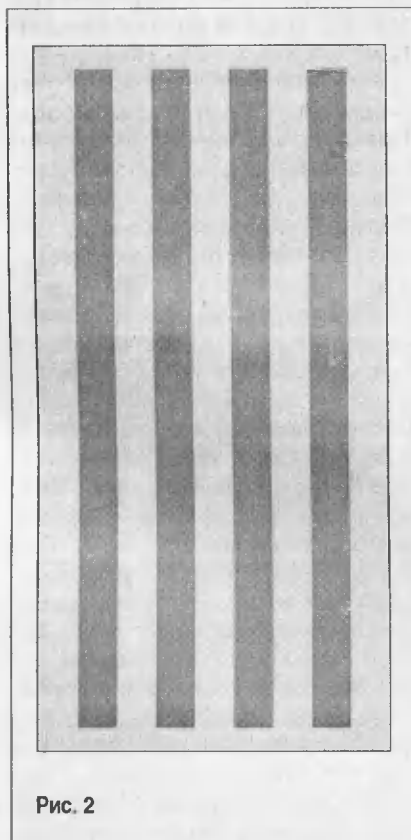


Рис. 2

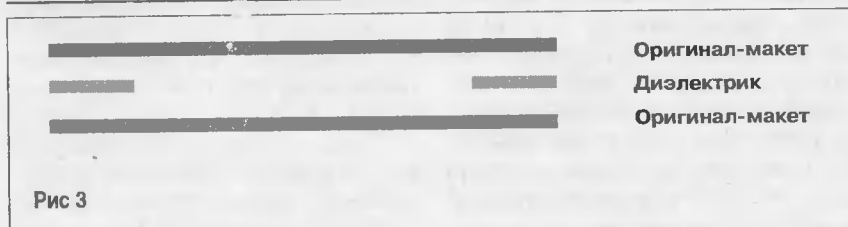


Рис 3

дает одежду. Хранится раствор при низкой температуре в герметичных стеклянных или пластмассовых бутылках. Раствор H_2O_2 30 % концентрации — бесцветная жидкость, не имеющая запаха, сильно воздействующая на кожу (вызывает появление светлых пятен и ощущение жжения). При попадании перекиси водорода на кожу, ее нужно немедленно промыть водой. Хранится раствор перекиси водорода в темных бутылках в прохладном месте. При разложении H_2O_2 внутри бутылки генерируется избыточное давление. Раствор нельзя взбалтывать. Использованный раствор выливается в канализацию после сильного разбавления.

Смесь имеет слегка острый запах, производит легкие пары и должна использоваться с особой осторожностью. Необходимо избегать любого контакта кожи с раствором, но если это произошло, зона воздействия раствора на кожу должна быть немедленно промыта. Смесь также воздействует на одежду и другие материалы, и избыточная осторожность в обращении не мешает. Необходимо также защищать глаза.

Плату фиксируют с помощью самоклеющейся ленты и погружают в ванну травления. Время травления очень зависит от перемешивания и температуры ванны и составляет приблизительно 10 минут в хорошо перемешанном и свежем растворе при комнатной температуре. Реакция ускоряется при нагреве ванны максимум до $50^\circ C$.

Затем платы необходимо промыть проточной водой. Раствор травителя может быть восстановлен добавлением H_2O_2 . Оценка количества перекиси водорода, требуемого для восстановления травителя, осуществляется визуально: погруженная медная плата должна перекрашиваться из красного цвета в темно-коричневый. Образование пузырей в травителе сигнализирует об избытке H_2O_2 , что ведет к остановке химической реакции травления. Это можно ис-

править добавлением HCl . Одного литра подготовленной смеси достаточно для травления приблизительно 10 м^2 медной поверхности при постоянном добавлении H_2O_2 .

Покрытие защитным лаком, золотом, серебром или оловом

Прежде всего нужно удалить остатки фотослоя. Лучше всего использовать для этого ацетон: печатная плата погружается в ацетон в течение приблизительно 15 секунд, при этом должен раствориться весь фотослой. Вы можете использовать ацетон многократно. После удаления остатков фотослоя плату надо вытереть сухой чистой тканью.

После этого вы можете покрыть вашу плату паяльным лаком для припоя. Это предотвратит окисление (зеленый налет). Лак PLASTIK в аэрозоле имеет преимущество — с ним легче паять. Для этого распылите тонкую пленку этого продукта на печатную плату и дайте высохнуть полностью. Это может занять некоторое время (от 1 до 2 часов).

Если вы хотите придать вашей печатной плате профессиональный вид, ее можно покрыть оловом. Если вы нуждаетесь в печатной плате для агрессивных сред, ее можно покрыть серебром или золотом. Такие химикаты для покрытия металлом имеются в продаже. В основном они представляют собой жидкости, в которых растворен металл. Все они содержат определенный вид кислоты, так что обращаться с ними нужно очень осторожно, используя резиновые перчатки и защищая глаза.

Сам процесс металлизации очень быстр, но требует некоторых мер предосторожности. Медь должна быть хорошо очищена. Кроме того, необходимо следить, чтобы другие продукты не попали в жидкость, которая очень чувствительна к другим химикалиям и даже к воде.

Наилучший способ следующий:

- удалить фотолак ацетоном;

- протереть плату сухой чистой тканью;
- погрузить плату в изопропиловый спирт для удаления жировых пятен;
- снова вытереть плату сухой чистой тканью;
- ополоснуть плату водой;
- снова вытереть плату сухой чистой тканью;
- поместить плату в электролит и оставить ее там в течение одной-двух минут;
- ополоснуть плату водой;
- немедленно вытереть насухо, так как плата очень быстро окислится, если этого не сделать;
- теперь можно нанести защитный лак.

В результате у вас получится печатная плата, готовая к сверлению.

Если посмотреть на коммерческую печатную плату, подобную той, которая стоит в телевизоре, то можно отметить, что расположение компонентов изображено на печатной плате. Процесс, используемый в промышленном производстве печатных плат, довольно трудно воспроизвести дома, так как там применяются сеткотрафаретная печать и фотоотверждаемые краски. Но вы можете использовать пленки соответствующего типа, которые имеются в продаже.

Изготовление двухсторонних печатных плат

При изготовлении двухсторонних печатных плат методом, описанным выше для односторонних плат, существует одна проблема. Поскольку плата непрозрачна, невозможно увидеть, как совмещаются рисунки с двух сторон.

Один из простых способов обойти эту проблему заключается в следующем. Изготовьте две полоски фольгированного диэлектрика шириной приблизительно 10–15 см и длиной чуть больше длины печатной платы. Истинные размеры полосок не имеют значения, необходимо зафиксировать только толщину. После этого приготовьте двухстороннюю плату с пленкой фоторезиста с обеих сторон. Для этого на одну сторону будущей печатной платы наносится фоторезист. Далее пленка фоторезиста сушится в течение 10 минут при $40^\circ C$. Потом плата переворачивается и на другую сторону платы также наносится фоторезист.

Сушить плату нужно при температуре 70–80 °С в течение 15 минут.

Теперь два оригинал-макета помещаются друг на друга печатной стороной внутрь и точно совмещаются. Подрежьте их ножницами или скальпелем до требуемого размера. Необходимо помнить, что вокруг чертежа нужно оставить границу по крайней мере в 25 мм. Теперь верхний оригинал-макет снимается, и две полоски подготовленного фольгированного диэлектрика помещаются между этими двумя оригинал-макетами (рис. 3).

Совместите оригинал макеты и приклейте их к полосу фольгированного диэлектрика куском липкой ленты. Продвиньте аккуратно между оригинал-макетами искомую печатную плату с нанесенным с двух сторон фоторезистом. Совмещение рисунков будет хорошее. Теперь вы можете экспонировать, проявлять и травить получившуюся двухстороннюю печатную плату как одностороннюю.

Межслойные соединения

Как соединить две стороны печатной платы друг с другом? Имеется множество способов.

Можно использовать куски провода и пропустить их через отверстия. Лучше взять специальные медные штырьки с ободком, которые можно приобрести. Этот метод имеет недостаток, поскольку невозможно поместить компонент в отверстие.

При проектировании двухсторонней печатной платы нужно попробовать сделать так, чтобы межслойные связи образовались непосредственно в составляющих штырьках компонентов. Тогда можно просто

припаять вывод компонента с обеих сторон и, таким образом, иметь связь двух сторон.

Если использовать гнезда для интегральных схем с обработанными на станке контактами, то эту методику можно применять даже для штырьков интегральной схемы. В промышленности это делается путем химического осаждения металла в отверстиях.

Получить консультацию по технологии и приобрести фоторезисты, заготовки светочувствительных печатных плат и расходные материалы вы можете, обратившись в ЗАО «Фраст-М» по тел. (095) 530-78-88, e-mail: info@frast.ru.

Виталий Морозов
info@frast.ru



Московский Технический Университет Связи и Информатики (МТУСИ)

поставляет со склада и на заказ

РАДИОКОМПОНЕНТЫ 700 ФИРМ США

Mini-Circuits, RFMD, Peregrine, Synergy, Stanford MD, Hittite, Z-Comm, Micronetics, RFM, Vari-L, Modco, CEL, Rogers, M/A-COM, Alpha, Watkins-Johnson, Intersil, Dow Key, Hirose, K&L, Magnum, Stellex, Sawtek, ATC, CTI, Cougar, Micro Lambda, Coilcraft, Qualcomm и др.

111024, Москва, Авиамоторная, 8 (м.Авиамоторная)
Sales@radiocomp.com.ru, тел.(095)361-0416, 361-0904

На нашем сайте в Интернет <http://www.radiocomp.com.ru> представлена база данных радиокомпонентов, сведения об их наличии на складе и ссылки на сайты фирм производителей.



www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ВАШЕГО УСПЕХА

www.platan.ru

• ВИРТУАЛЬНЫЙ МАГАЗИН РЕАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Наш сайт предоставляет широкие возможности оформления заявок на поставку электронных компонентов:

➔ Вы можете разместить заявку на требуемые компоненты и отслеживать ее прохождение на всех этапах. Очень удобный интерфейс и абсолютная безопасность!

➔ Воспользуйтесь нашей удобной системой приема заявок на компоненты, которые находятся на складе или на которые можно разместить заказ.

➔ С нашего сайта Вы можете скачать нашу базу в формате EXCEL, проставить нужное Вам количество компонентов и отправить этот файл по нашему адресу.

ВСЕ ЗАЯВКИ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ, ОБРАБАТЫВАЮТСЯ В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ.

• НОВОСТИ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ, СТАТЬИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Новые поступления на склад ПЛАТАН, новости от мировых производителей. Подробная техническая документация на поставляемые компоненты, статьи и книги по электронной тематике. Бесплатное программное обеспечение.

AMP



intersil



muRata

Honeywell

CRYDOM

DAEGA VISION

Kingbright

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

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

ARGUSSOFT
Департамент Микроэлектроники

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ дистрибьютор фирм:

ANALOG DEVICES

ADSP-218xN

Новые высокопроизводительные цифровые сигнальные процессоры



- интерфейс прямого доступа к памяти
- 2 быстрых последовательных порта
- небольшое энергопотребление
- удобные инструментальные средства
- приемлемая цена

- программная совместимость в рамках семейства
- возможность выполнения нескольких операций за один цикл

Название	Машинный цикл, нс	Напряжение питания, В	ОЗУ программ (24 разряда)	ОЗУ данных (16 разрядов)
ADSP-2184N	12.5	1.8	6 К	4 К
ADSP-2185M	13.3, 15	2.5	16 К	16 К
ADSP-2185N	12.5	1.8	16 К	16 К
ADSP-2166M	13.3, 15	2.5	6 К	8 К
ADSP-2186N	12.5	1.8	8 К	8 К
ADSP-2187N	12.5	1.8	32 К	32 К
ADSP-2166M	13.3, 15	2.5	48 К	56 К
ADSP-2188N	12.5	1.8	48 К	56 К
ADSP-2169M	13.3, 15	2.5	32 К	48 К
ADSP-2189N	12.5	1.8	32 К	48 К

Офис в Москве:
Адрес: 121351, Москва, Проспект Мира, 95
Тел.: (095) 217-2477, 217-2519, 217-2505;
Факс: (095) 216-88-42
E-mail: comp@argusssoft.ru

Новый офис в Санкт-Петербурге:
Адрес: 191143, Санкт-Петербург, наб. кан. Грибоедова, 38
Тел.: (812) 314-3834; факс: (812) 310-6234
E-mail: spb@argusssoft.ru

Интернет: WWW.ARGUSSOFT.RU

ANALOG DEVICES



Эмулятор интерфейса ISA

В настоящее время компьютеры IBM PC являются наиболее распространенными. Многие адаптеры для этих компьютеров подключаются через интерфейс (шину) ISA. Поэтому при ремонте таких адаптеров или отладке адаптеров собственной разработки часто полезно иметь устройство, позволяющее эмулировать этот интерфейс. Именно такое устройство и предлагает автор в данной статье.

Разработанный эмулятор интерфейса ISA прост в изготовлении и состоит из распространенных недорогих деталей. Он позволяет в ручном режиме формировать статические сигналы обращения к 16-разрядным устройствам памяти или к устройствам ввода/вывода по любому адресу от 0 до 1 Мб. Интерфейс ISA подробно описан в технической литературе [1], кроме того, информацию о нем можно найти в Интернете.

Схема эмулятора приведена на рисунке на странице 55. Принцип работы эмулятора основан на формировании сигналов адреса и данных для записи и сигналов сброса, записи или чтения памяти устройств ввода-вывода. Сигналы адреса A0-A15 устанавливаются с помощью переключателей SA1-SA3. Первоначально на этих линиях поддерживается уровень логической единицы, формируемый резисторными сборками RN2-RN4. При замыкании соответствующего контакта в группе переключателей на соответствующей адресной линии устанавливается уровень логического нуля. В разомкнутом положении на данной линии будет присутствовать уровень логической единицы. Аналогично формируется и сигнал AEN. Сигналы данных D0-D15 для записи выставляются с помощью переключателей SA4, SA5. Светодиоды HL1-HL16 отображают считываемые из адаптера данные для записи. Светящийся светодиод означает, что данный разряд равен логическому нулю, а не светящийся — логической единице. Сигнал сброса «RES» формируется при нажатии на кнопку SB5 и выставляется на шину активным уровнем логической единицы. Сигналы записи и чтения памяти -MEMW, -MEMR и устройств ввода/вывода -IOW, -IOR формируются при нажа-

тии на кнопки SB1-SB4. Факт формирования этих сигналов индицируется светодиодами HL17-HL21 соответственно.

В качестве D1, D2 в схеме использованы микросхемы типа K555АП6 или их аналоги, в качестве D3-D5 — микросхемы типа K555ЛА3 или аналогичные. Предпочтительнее всего применить DIP-переключатели импортного производства в силу их высокой надежности. Кнопки SB1-SB5 — типа KM1-1. Светодиоды любые типа АЛС307АМ, БМ или импортные с током свечения не более 5 мА. Резисторные сборки RN1-RN6 — типа HP1-4-9М или импортные аналоги с сопротивлением 1 кОм. Использованы конденсатор С1 типа К50-35 или любой электролитический на 47 мкФ и 6,3 В, С2-С7 — типа КМ-5 или любые керамические на 0,1 мкФ. Разъем Х1 — розетка SLOT-98 стандартного интерфейса ISA. Разъем питания Х2 типа ВН-10 или любой другой с необходимым количеством контактов. Можно также применить вместо Х2 одиночные гнезда или клеммы.

Вся схема эмулятора может быть выполнена на макетной плате монтажным соединением. При желании можно изготовить и печатную плату, разводка которой не составляет труда. После изготовления эмулятора рекомендуется нанести на органы управления и контроля соответствующие надписи для удобства работы. Надписи можно распечатать с помощью принтера на липкой бумаге и покрыть ее скотчем для защиты от влаги и грязи.

Эмулятор не нуждается в отладке и начинает работать сразу же после включения при правильно собранной схеме. Для проверки его работы достаточно убедиться в формировании всех сигналов на разъеме

Х1 при переключении соответствующих переключателей и кнопок.

При проверке адаптера с шиной ISA необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- отключить питание от эмулятора;
- вставить в разъем Х1 испытываемый адаптер;
- установить адрес известной вам области памяти или регистра ввода/вывода адаптера и включить питание.

Теперь при нажатии кнопки SB5 будет сформирован сигнал сброса для адаптера. При нажатии кнопки SB2 или SB4 будет сформирован сигнал чтения регистра ввода/вывода или памяти соответственно. На индикаторах HL1-HL16 будет отображено прочитанное слово в двоичном виде. Аналогично можно записать в адаптер произвольные данные, выставляемые переключателями SA4, SA5. Таким образом можно будет проследить прохождение сигналов от разъема к микросхемам адаптера, читать и записывать в нужные области данные и найти причину неисправности последнего.

Олег Вальпа
sandh@narod.ru

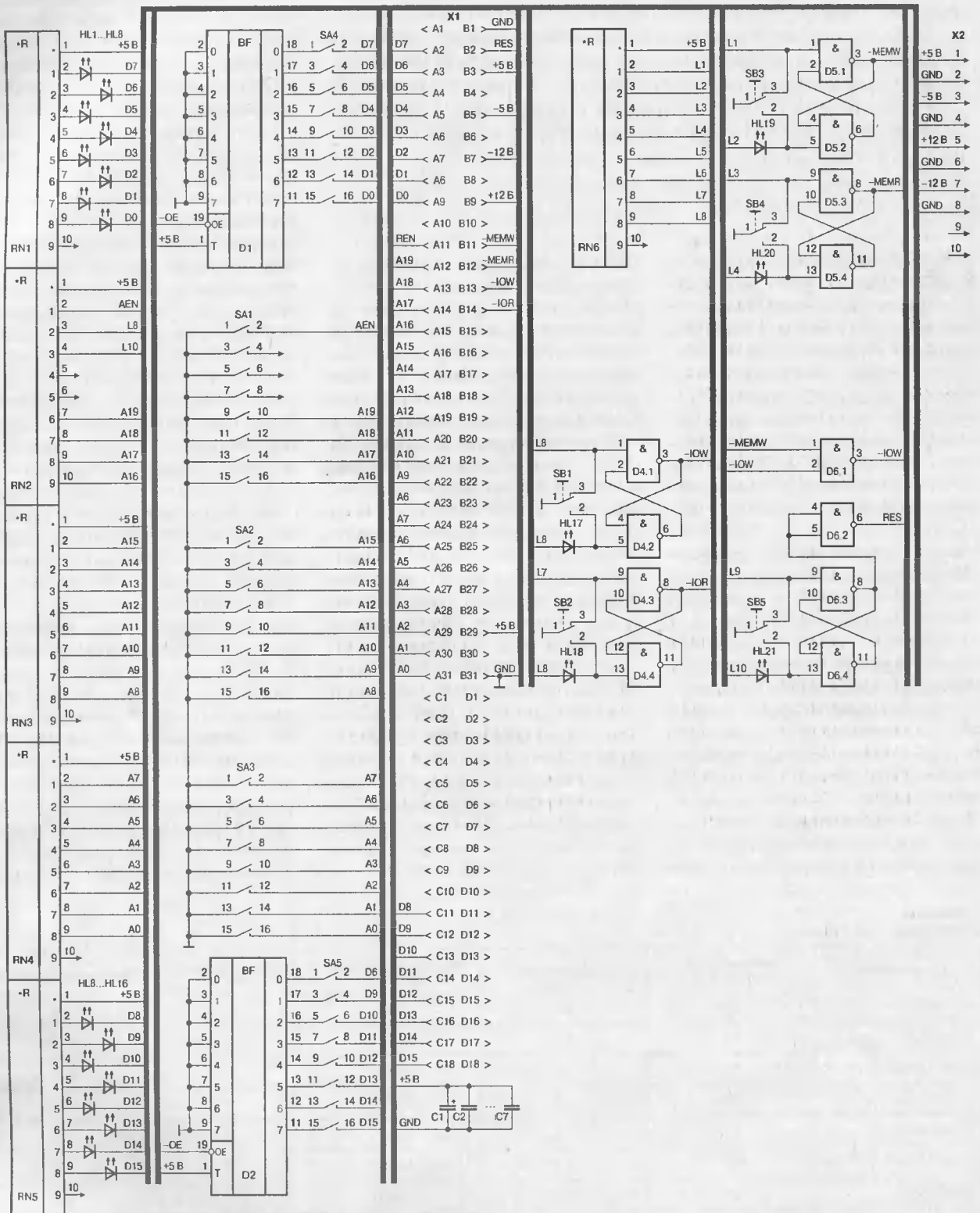
Литература

1. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. — СПб.: Питер Ком, 1998.

**Редакция журнала
«Схемотехника»
приглашает авторов
к сотрудничеству**

**По всем вопросам
обращаться:
e-mail: editor@dian.ru
телефон: (095) 737-9279**

**Гонорары
выплачиваются авторам,
проживающим на
территории СНГ**



Регулятор мощности микродрели

В любительской лаборатории в качестве небольших дрелей для сверления отверстий в печатных платах часто используют двигатели постоянного тока типа ДПМ (табл. 1). Некоторые из них обладают довольно большой мощностью (например, ДПМ-35-01) и при номинальном напряжении питания (27 В для указанного выше двигателя) их скорость вращения иногда бывает излишней и небезопасной. Автором преследовалась цель создать ШИМ-регулятор мощности для таких двигателей с использованием самого простого из микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel — AT90S1200.

Рассматриваемый контроллер обладает существенно меньшими возможностями по сравнению с такими гигантами, как например ATMEGA103, но его ресурсов хватает с избытком, чтобы реализовать простой ШИМ-регулятор мощности двигателя с элементарными сервисными возможностями. Отметим сразу, что при разработке не ставилось цели минимизировать стоимость устройства.

Итак, ШИМ-регулятор организован программным методом, так как в этом контроллере, в отличие от более продвинутых (например, AT90S8515) нет аппаратного ШИМа. Двигатель управляется с помощью малогабаритного полевого транзистора IRFD024 фирмы International Rectifier (его цоколевка показана на рисунке). Для управления этим транзистором не требуется драйвер, так как он надежно открывается напряжением лог. 1, равным 5 В (см. документацию на транзистор), и нагрузочная способ-

ность порта микроконтроллера достаточна для этой цели.

Резистор R5 обеспечивает закрытое состояние транзистора, когда после включения питания микроконтроллер находится в сброшенном состоянии. При отсутствии этого резистора в моменты включения питания двигатель может делать кратковременные рывки. Резистор R4 нужен для ограничения тока перезарядки затвора полевого транзистора в моменты смены логических уровней. Помимо ограничения допустимого тока, резистор R4 также влияет на скорость нарастания напряжения на двигателе. Если поставить на его место резистор меньшего номинала, то от резких импульсов тока управления начнет страдать микроконтроллер, давая сбой и зависая. Если ставить резистор с большим сопротивлением, скорость нарастания напряжения на двигателе может настолько снизиться, что транзистор перестанет успевать за частотой переключения ШИМа.

Диоды VD2, VD3 служат для подавления резких выбросов напряжения в моменты переключения транзистора. В отсутствие диодов эти импульсы очень хорошо видны на экране осциллографа и также приводят к сбоям в работе микроконтроллера. Быстрый диод VD4 необходим для гашения возможной ЭДС самоиндукции обмотки двигателя.

Цепь сброса микроконтроллера контролируется супервизором питания U2 фирмы Em-Marip, чтобы при плавном снижении напряжения питания после отключения контроллер не выполнял недопустимые операции (многие уже не раз упоминали о возможности неконтролируемой порчи содержимого EEPROM в такие моменты времени в контроллерах AVR). Небольшой конденсатор C8 служит для подавления возможных наводок от двигателя. Стабилитрон VD1 защищает шину питания от импульсов высокого напряжения, с которыми не успевает справляться стабилизатор.

Восьмисегментный индикатор подключен к порту В контроллера через токоограничительные резисторы, при этом ток через каждый сегмент составляет около 5 мА. Из принципиальной схемы видно, что сегменты индикатора подключены к порту микроконтроллера не по порядку. Это сделано для облегчения разводки печатной платы (в макете использованы резисторы R2-R11 в корпусах для поверхностного монтажа типоразмера 0805). Для управления программой используются две кнопки SB1 и SB2. Разъем XP1 предназначен для внутрисхемного программирования микроконтроллера.

Таблица

Тип двигателя	Напряжение питания, В	Мощность, Вт	Частота вращения, об/мин	Крутящий момент, мН*м	Ток потребления, А
ДПМ-25-01	29	3,5	9000	3,5	0,4
ДПМ-25-02	27	0,5	3800	3	0,15
ДПМ-25-03	12	3	6000	4,4	0,85
ДПМ-25-04	27	1,3	2500	5	0,2
ДПМ-25-05	15	1,3	2500	5	0,3
ДПМ-25-06	27	2,8	6000	5	0,3
ДПМ-25-07	27	2,3	4500	5	0,3
ДПМ-25-08	27	1,3	4500	2	0,2
ДПМ-25-09	12	3	9000	3,4	0,7
ДПМ-25-10	12	3	4500	5	0,5
ДПМ-25-11	12	2,5	2500	5	0,3
ДПМ-35-01	27	14	9000	15	1,5

Рекомендуется запрограммировать микроконтроллер до установки индикатора, который дает ощутимую нагрузку на программатор.

Программа реализует следующие функции. С использованием единственного счетчика-таймера реализован 8-битный ШИМ. Таймер в качестве тактовой частоты использует частоту контроллера 3,68 МГц без предварительного делителя. Например, если надо установить скважность 100/256, то в таймер сначала загружается число (256-100), и на выход управления полевым транзистором выдается лог. 1. После загрузки таймер продолжает считать вверх, и когда переполняется досчитав до 255, снова возникает прерывание. После этого в него загружается число 100, и на выход управления транзистором выдается лог. 0. Так протекает каждый период ШИМа, и после очередного переполнения таймера процесс повторяется заново. Так как таймер 8-битный, то частота на выходе ШИМа и на двигателе составляет 3,68/256

= около 14,4 кГц — ультразвуковой диапазон. Очевидно, что такой программный ШИМ обладает одним недостатком перед аппаратно реализованным ШИМом — невозможностью обрабатывать близкие к 0 и близкие к 1 скважности, так как между двумя запросами прерывания таймера по переполнению требуется выполнение процедуры прерывания. Для ее выполнения требуется около 20 тактов процессорного времени, а они же есть такты таймера счетчика.

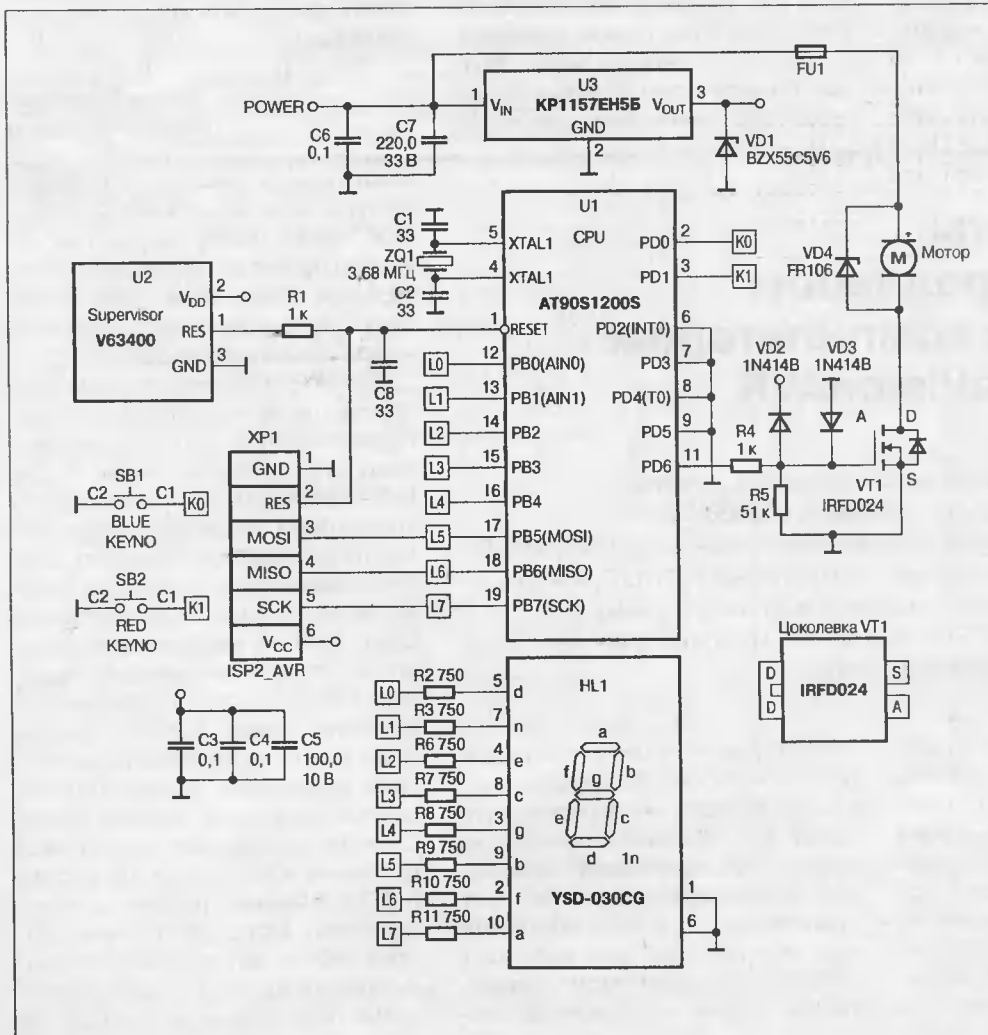
Рамки возможных скважностей, следовательно, составляют $20/256=0,078, \dots, 236/256=0,92$. Нижний предел несущественен, так как при скважностях меньше примерно 0,1-0,2 (то есть напряжение 10-20% от номинала) двигатель еще даже не вращается из-за наличия силы трения. Верхний предел скважности можно тоже компенсировать, питая двигатель несколько завышенным напряжением, чтобы при умножении на максимально возможную скважность получалось номинальное напряжение.

Программа посредством кнопок обеспечивает выбор одной из девяти скважностей работы ШИМа (табл. 1), индицируя номер выбранной «скорости» на индикаторе. При удержании какой-либо кнопки включается режим автоповтора. Но коэффициент ШИМа, а с ним и скорость двигателя меняется не мгновенно после смены показаний индикатора, а плавно (с минимально возможной дискретностью счетчика, равной 1/256) доводится до новой установленной величины, при этом на индикаторе мигает запятая. При включении питания восстанавливается скорость двигателя, с которой он работал до отключения питания, и разгон производится так же плавно, исключая резкие рывки мощных двигателей. Нажатием одновременно двух кнопок можно мгновенно отключить питание двигателя, что бывает полезно в моменты аварий. При этом на индикаторе будет гореть только запятая. Чтобы вновь включить двигатель, нужно снова нажать обе кнопки.

При написании программы массив значений ШИМа и таблица перекодировки для 8-сегментного индикатора были помещены в EEPROM. Обычно такого типа таблицы помещаются в Flash-память программ и извлекаются оттуда инструкцией LPM. Но эта инструкция отсутствует в самом младшем микроконтроллере AVR. После каждого изменения скорости нажатием кнопок новая скорость записывается в ячейку EEPROM для ее восстановления после нового включения питания.

Размер кода составил 348 байт из 1 Кб доступных в AT90S1200. При программировании часто приходилось вспоминать про очень небольшую глубину аппаратного стека (всего три слова), исключаящую большую вложенность функций.

Следует обратить внимание на напряжение питания прибора. Если используется двигатель ДГМ на напряжение пи-



тания 27 В, то питать прибор следует от источника постоянного нестабилизированного напряжения около 30 В. Больше 35 В не рекомендуется, так как будет превышено максимально допустимое входное напряжение стабилизатора КР1157ЕН5Б и конденсатора С7. Если напряжение питания будет ниже 30 В, ресурс двигателя будет использоваться не полностью. Для двигателей с меньшим напряжением питания (например, 12 В) напряжение источника выбирается аналогично, примерно на 10% выше напряжения питания двигателя. Притом выбирать адаптер для питания следует не по паспортному значению напряжения, а по его реально измеренному значению, которое оказывается обычно выше на несколько вольт. В рассмотренном случае с двигателем на напряжение питания 27 В не следует использовать в качестве стабилизатора микросхему КР142ЕН5А, так как у нее допустимое входное напряжение значительно меньше 27 В.

Критичен также ток, потребляемый электродвигателем. В таблице указаны номинальные токи двигателей при допустимой механической нагрузке на вал. На холостом ходу ток потребления электродвигателя значительно

меньше. И наоборот, в случае принудительного останова вала электродвигателя (например, сверло застряло в материале) ток, потребляемый им при номинальном напряжении больше в несколько раз. Величину этого пикового тока легко найти, измерив сопротивление обмотки двигателя мультиметром. Поделив напряжение питания на найденное сопротивление, получим пиковый ток. Если величина этого тока не превышает 1,8 А, принудительная блокировка вала может поаредить только двигатель, причем через довольно длительное время, в течение которого он будет постепенно разогреваться (при условии, что используемый источник питания способен выдерживать пиковый ток). Если величина тока выше 1,8 А, то блокировка вала грозит мощному полемому транзистору. Кратковременное превышение этого тока (в разумных пределах) для полевого транзистора не очень страшно. Для защиты полевого транзистора от перегрева и выхода из строя из-за более длительной блокировки вала или коротком замыкании обмотки двигателя служит предохранитель FU1, который может быть как обычной плавкой вставкой, так и самовосстанавливающимся пре-

дохранителем. Самовосстанавливающийся удобнее тем, что его не требуется заменять после каждой аварийной ситуации (застывание сверла — довольно частое явление, особенно с маломощными двигателями). Но величину его тока срабатывания нужно тщательно (возможно, даже экспериментально) подобрать, так как чтобы предохранитель сработал, он сначала должен быть разогрет повышенным током, а за время его разогревания может уже расплавиться сам полевой транзистор! Не следует также забывать, что максимально допустимое напряжение самовосстанавливающихся предохранителей часто составляет 30 В.

В общем, с использованием разведенной печатной платы с широкими силовыми проводниками конструкция получилась довольно надежной и после отладки ни разу не давала сбой. Конечно, аналоговый эквивалент этого прибора был бы более надежным, но наверняка потребовал бы настройки и не был бы таким простым вместе с индикацией. Предлагаю интересующимся читателям создать этот аналоговый эквивалент.

Артём Скворцов
mega103@online.ru

Эксперименты с микроконтроллером AT90S8535 и компилятором языка C CodeVisionAVR

В настоящей статье предлагается проделать простые эксперименты с микроконтроллером AT90S8535 и демонстрационной версией компилятора языка C CodeVisionAVR. Вы сможете изготовить простой совместимый с STK200 кабель внутрисхемного программирования и несложную схему с микроконтроллером AT90S8535, а также написать простую программу на языке C для этой схемы.

Возможность внутрисхемно программировать память программ микроконтроллеров серии AVR фирмы Atmel дает возможность с очень небольшими затратами заниматься разработкой и изготовлением конструкций на основе этих микроконтроллеров. Автор скачал из Интернета демонстрационную версию компилятора

языка C для этих микроконтроллеров — CodeVision. CodeVision представляет собой интегрированную среду для программирования на языке C, предназначенную для микроконтроллеров серии AVR. Эта среда включает в себя программное обеспечение для работы с STK200-программатором, совместимым с демонстрационной пла-

той. Этот программатор использует всего четыре сигнала: MOSI, MISO, SCK, RESET. После компиляции исходной программы на языке C Intel-Hex или ATmel-ROM файл может быть непосредственно запрограммирован в микроконтроллер.

Известно много простейших программаторов, которые можно подсоединить к последовательному или параллельному порту IBM-совместимого персонального компьютера. Чаще всего программисты-разработчики создают свои собственные программы для работы на платформах DOS, Windows и Linux. Один из наиболее распространенных программаторов подобного типа — PonyProg. Демонстрационную плату STK200 фирмы Atmel можно использовать со многими подобными программаторами. Как уже было сказано ранее, CodeVision содержит в себе программное обеспечение для работы с STK200-совместимыми программаторами. Автор адаптировал простой кабель внутрисхемного программирования на основе буфера с тремя состояниями на выходе для

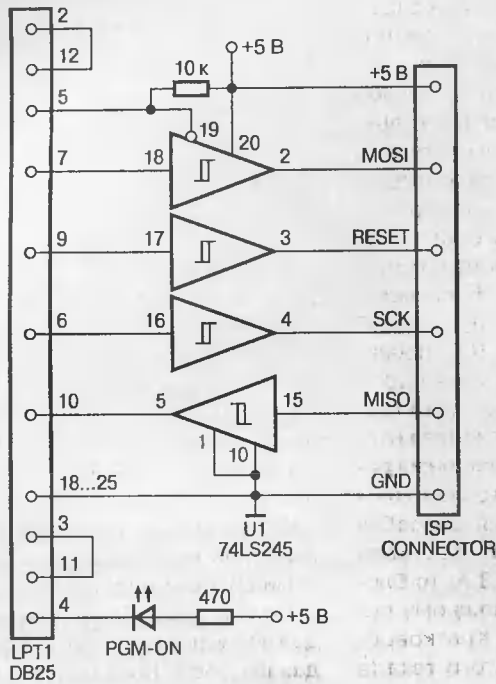


Рис. 1. Простой кабель внутрисхемного программирования

использования с CodeVision. Получилось очень эффективно. Простой внутрисхемный программатор очень хорошо работал с CodeVision.

На рис. 1 показана электрическая принципиальная схема кабеля. Микросхема 74LS245 представляет собой восьмиразрядный буфер с тремя состояниями на выходах, что позволяет избежать влияния кабеля на схему после программирования микроконтроллера, не отключая кабель. Светодиод HL1 служит для индика-

ции. Благодаря резистору 10 кОм, подключенному между выводом 19 микросхемы и шиной питания +5 В, выходы буфера при отключении от порта LPT1 переводятся в третье состояние.

Чтобы проделать несложные эксперименты, понадобится один микроконтроллер AT90S8535, стабилизатор напряжения +5 В и кварцевый резонатор на 8 МГц. Кроме этого, потребуется несколько пассивных элементов — конденсаторов и резисторов. Электрическая принципиальная схема устройства изображена на рис. 2. В схеме использованы всего два вывода микроконтроллера: PC7 — для управления мигающим светодиодом с помощью таймера Timer0 и OC2 — для генерации звукового сигнала при помощи Timer2.

Для проверки работы кабеля внутрисхемного программирования и демонстрационной схемы предлагается несложная программа, которая заставляет мигать светодиод, подсоединенный к выводу PC7 порта С один раз в секунду, и генерировать звуковой сигнал с частотой 558 Гц на выходе OC2 микроконтроллера. Этот выход можно подсоединить к любому усилителю звуковой частоты или высокоомным наушникам типа ТОН-2 или подобным.

```
// blink.c compiled with CodeVisionAVR 1.0006
// Wchit Sirichote 26-02-43
```

```
#include <90s8535.h>
#include <delay.h>
#define xtal 8000000
```

```
unsigned char counter1,flag1;
bit enable_tone,off_hook;
```

```
void tick_wait(){
```

```
while((TIFR&0x01) == 0);
cputick < 10);
```

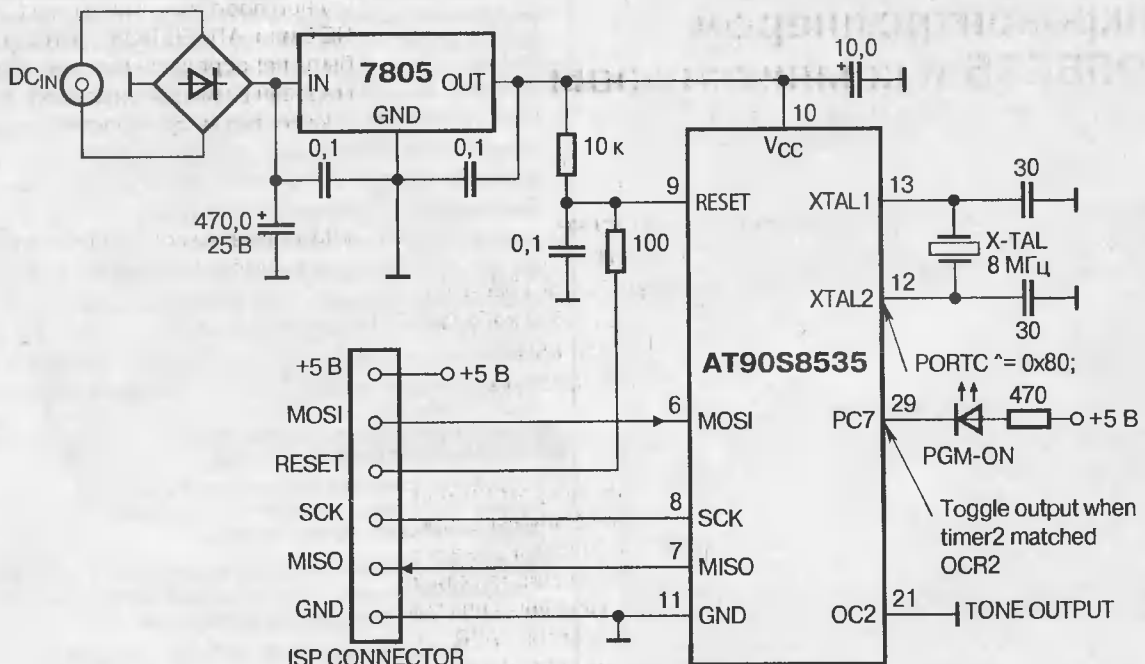


Рис. 2. Простая демонстрационная схема на микроконтроллере AT90S8535

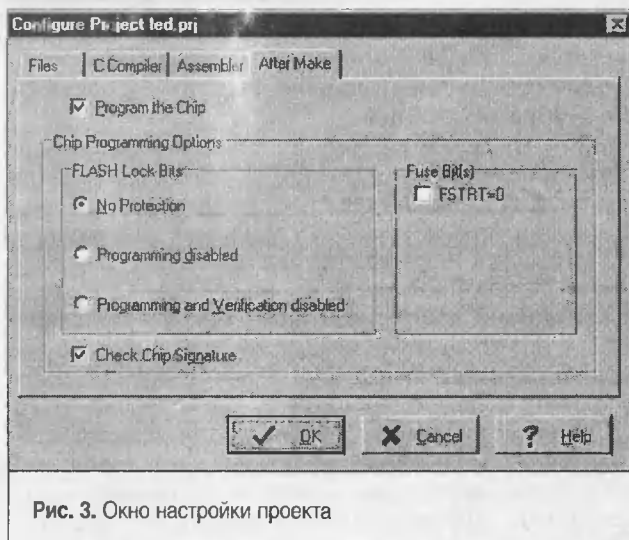


Рис. 3. Окно настройки проекта

```

TCNT0 = 256-75; //78;

// перезагрузить timer 0 для
// генерации частоты 100Hz

TIFR |= 0x01;

// очистить флаг переполнения
// Timer 0 записав в него '1'
)

void task1(){
    counter1++;
    if (counter1 > 100)
    (PORTC ^= 0x80;
    counter1 = 0;
    flag1 ^= 0x01;
    enable_tone ^= 1;
    )
}

void on_tone(){
    TCCR2 = 0x1e;
}

void off_tone(){
    TCCR2 = 0x2e;
}

void test_tone(){
    if (enable_tone == 1)
        on_tone();
    else off_tone();
}

void main()
{
    // Инициализация портов
    DDRA=0x00;
    /* все выводы порта A на вход */
    DDRB=0xff;
    /* все выводы порта B на выход */
    DDRC=0xff;
    /* все выводы порта C на выход */
    DDRD=0x80; /* выводы порта D работают на вход (кроме линии PD7) */
    PORTB=0x00;
    PORTC=0x00;

    flag1 = 0;

```

// timer0 использован для генерации интервалов 10 мс

```

TIMSK = 0x01;
TCCR0 = 0x05; // Запустить Timer0 с clk/1024
// timer2 использован для генерации тона 550 Гц
// реальное измеренное значение составило 558 Гц
OCR2 = 28;
TCCR2 = 0x1e;

```

```

while (1)
{
    tick_wait();

// 10 мс пауза
test_tone(); // on_tone();
task1();
}

```

Как уже было отмечено ранее, CodeVision имеет встроенный программатор, совместимый с STK200. Простейший способ работы с ним — использование команды меню Project из подменю CONFIGURE. Если осуществить указанные на рис. 3 установки, оттранслированный код программы будет загружен в микроконтроллер непосредственно после успешной компиляции.

Wichit Sirichote

Перевод Михаила Голубцова

Источник:

<http://chaokhun.kmitl.ac.th/~kswichit/avr/avr.htm>

БОНД Программаторы "Стерх"

☑ Универсальный программатор ST-011

- программирование более 500 типов EPROM, E²PROM, FLASH, SerialE²PROM, 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
- быстродействующая 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.

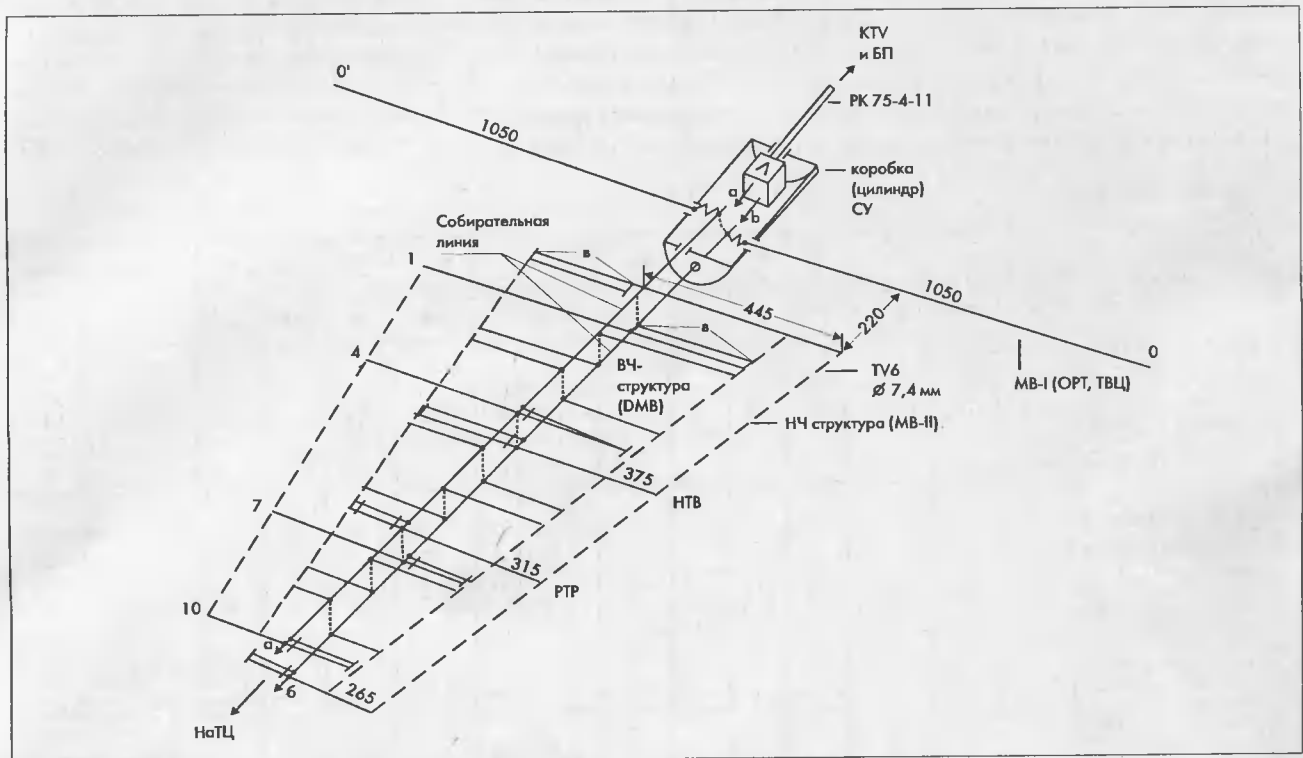
Более подробную информацию об изделиях и последние версии ПО можно найти на нашем WWW-сервере: <http://www.sterh.com>

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

Улучшение антенны «Диполь»



Сейчас широко распространены польские всеволновые антенны «Диполь» («решетки»), которые, однако обладают существенным недостатком: плохо принимают программы OPT и ТВЦ (диапазон с 1-го по 5-й каналы). Это объясняется тем, что в пластинчатых антенных усилителях (ПАУ) на входе включен согласующий трансформатор на длинных линиях (ТДЛ), который имеет ограничение по частоте в диапазоне MB [1]. Этого можно избежать, если включить два однотипных ПАУ WS-2 или PAE-14, 42-44 [3] по дифференциальной схеме, отсоединив в них ТДЛ [2]. Выходы антенны следует подключить прямо к переходным конденсаторам в базе первых транзисторных каскадов с помощью коротких перемычек на платах ПАУ.

Один ПАУ запитывают по штатной схеме через кабель РК75, а другой (противофазный) — через перемычку от первого ПАУ, подключенной к точке после фильтра питания этого первого ПАУ. Экран кабеля РК75 напрямую подсоединяют к обоим ПАУ. Оба ПАУ размещают в штатной антенной коробке для усилителей.

Николай Авдюнин
editor@dian.ru

Литература

1. Пахомов А. О согласовании антенных усилителей. — Радио, № 11, 2000.
2. Нечаев А. Активная антенна MB-DMB. — Радио, № 4, 1998.
3. Нестеренко И. И., Жуевич А. П. Выбери антенну сам. — М.: Солон-Р, 2000.



www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ВАШЕГО УСПЕХА



Эффективный выбор для систем
защиты и источников питания
www.bourns.ru

Самовосстанавливающиеся предохранители серий MF-R, MF-S, MF-SM, MF-MSM

- 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	Сост. в отст., Ом	Область применения
MF-R	0.10-9.00	60	0.005-250	Общего назначения, автомобильная электроника.
MF-S, MF-LS, MF-LR	0.70-4.20	30	0.006-0.085	Защита аккумуляторных батарей от короткого замыкания, перегрева. Никелевые выходы 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

AMP

mitsubishi
ELECTRIC

MOTOROLA

intertec

Infineon

EPCOS

muRata

Honeywell

CRAYDOR

DATA VISION

Kingbright

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

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

Тиристоры фирмы Motorola

В московских магазинах сегодня можно приобрести импортные радиодетали многих зарубежных фирм по ценам, нередко более низким, чем цены на близкие по параметрам отечественные компоненты. Однако их использованию мешает отсутствие информации о параметрах. Предлагаемая таблица позволяет выбрать тиристоры фирмы Motorola из тех, что можно купить в магазинах, для применения в разрабатываемых устройствах.

Корп. — корпус тиристора. Корпус 221C-02 закрыт со всех сторон пластмассой, подобно ТО-220. Тиристоры в таких корпусах можно устанавливать на теплоотвод без изолирующих прокладок. Испытательное напряжение «анод тиристора-теплоотвод» составляет 2000 В для серии MAC15AFP и 1500 В для серий MCR225FP, MAC320FP и MAC320AFP.

Таблица 1. Тиристоры

Тиристоры	U_{max}	I_{max}	$I_{удр}$	I^2t	$P_{y, ср}$	$P_{y, и}$	$I_{y, и}$	$U_{y, и}$	$U_{ос, и}$	$I_{y, от}$	$U_{y, от}$	$I_{уд}$	R_T	Корп.	Упр.
	В	А	А	А ² с	Вт	Вт	А	В	В	мА	В	мА	°С/Вт		
MCR100-3	100	0,8	10	0,415	0,1	0,1	1	5	1,7 (1 А)	0,2	0,8	5	200	ТО-92	1
MCR100-4	200														
MCR100-6	400														
MCR100-8	600														
MCR106-1	30	4	25	2,6	0,1	0,5	0,2	6	2 (4 А)	0,2	1	5	3	ТО-202	1
MCR106-2	60														
MCR106-3	100														
MCR106-4	200														
MCR106-6	400														
MCR106-8	600														
MCR25D	400	25	300	373	0,5	20	2	—	1,8 (50 А)	30	1	40	1,5	ТО-220	1
MCR25M	600														
MCR25N	800														
MCR225-2FP	50	25	300	375	0,5	20	2	—	1,8 (50 А)	40	40	40	3,8	221C-02	1
MCR225-4FP	200														
MCR225-6FP	400														
MCR225-8FP	600														
MCR225-10FP	800														

В таблице приняты следующие обозначения:

U_{max} — максимальное значение амплитуды рабочего напряжения тиристора в закрытом состоянии;

I_{max} — максимальное среднеквадратичное значение тока через тиристор при угле проводимости 180°;

$I_{удр}$ — максимальный ударный неповторяющийся ток в открытом состоянии (для тринисторов он нормируется для одного полупериода сетевого напряжения частотой 60 или 50 Гц, для симисторов — для полного периода);

I^2t — защитный показатель. Если в устройстве с применением тиристора установлен защитный прибор, например, плавкий предохранитель, значение его I^2t должно быть меньше, чем у тиристора;

$P_{y, ср}$ — максимальная средняя рассеиваемая мощность управляющего электрода;

$P_{y, и}$ — максимальная импульсная рассеиваемая мощность управляющего электрода;

$I_{y, и}$ — максимальный импульсный ток управляющего электрода;

$U_{y, и}$ — максимальное импульсное напряжение управляющего электрода (для тринисторов — максимальное обратное напряжение управляющего электрода);

$U_{ос, и}$ — максимальное падение напряжения на тиристоре при прохождении короткого импульса тока, величина которого указана в скобках;

$I_{y, от}$ — отпирающий постоянный ток управляющего электрода;

$U_{y, от}$ — отпирающее постоянное напряжение управляющего электрода;

$I_{уд}$ — ток удержания;

R_T — тепловое сопротивление переход-окружающая среда для приборов в корпусе ТО-92 и переход-теплоотвод для остальных.

Управ. — число квадрантов, в которых может производиться управление тиристором. Для большинства симисторов число квадрантов равно трем. Включение симистора производится или напряжением на управляющем электроде относительно катода (основного вывода 1), совпадающим по знаку с напряжением на аноде (основном выводе 2), или отрицательным напряжением независимо от полярности напряжения на аноде. Для четырехквадрантных симисторов полярность включающих импульсов может быть любой независимо от знака напряжения на аноде. По аналогии для тринисторов указан один квадрант — полярность напряжения на управляющем электроде положительна при таком же знаке напряжения на аноде.

Более подробные сведения о тиристорах можно найти на сайте фирмы www.motorola.com или по адресу <http://merchant.hibbertco.com/servlet/MtrlDeactServlet>.

Таблица 2. Симисторы

MAC97-4	200	0,6	8	0,26	0,1	5	1	5	1,9 (0,85 A)	10	2,5	10	200	TO-92	4
MAC97-6	400														
MAC97-8	600														
MAC97A4	200	0,6	8	0,26	0,1	5	1	5	1,9 (0,85 A)	7	2,5	10	200	TO-92	4
MAC97A6	400														
MAC97A8	600														
MAC97B4	200	0,6	8	0,26	0,1	5	1	5	1,9 (0,85 A)	5	2,5	10	200	TO-92	4
MAC97B6	400														
MAC97B8	600														
MAC8D	400	8	80	26	0,35	16	—	—	1,6 (11 A)	35	1,5	40	2,2	TO-220	3
MAC8M	600														
MAC8N	800														
MAC9D	400	8	80	26	0,35	16	—	—	1,6 (11 A)	50	1,5	50	2,2	TO-220	3
MAC9M	600														
MAC9N	800														
MAC12D	400	12	100	41	0,35	16	—	—	1,85 (17 A)	35	1,5	40	2,2	TO-220	3
MAC12M	600														
MAC12N	800														
MAC15D	400	15	150	93	0,5	20	—	—	1,6 (21 A)	35	1,5	40	2	TO-220	3
MAC15M	600														
MAC15N	800														
MAC15A4FP	200	15	150	—	0,5	20	2	10	—	75	2,5	40	4,2	221C-02	4
MAC15A6FP	400														
MAC15A8FP	600														
MAC15A10FP	800														
MAC16D	400	15	150	93	0,5	20	—	—	1,6 (21 A)	50	1,5	50	2	TO-220	3
MAC16M	600														
MAC16N	800														
MAC212-4	200	12	100	40	0,35	20	2	—	1,75 (17 A)	50	2	50	2,1	TO-221	3
MAC212-6	400														
MAC212-8	600														
MAC212-10	800														
MAC212A4	200	12	100	40	0,35	20	2	—	1,75 (17 A)	75	2,5	50	2,1	TO-221	4
MAC212A6	400														
MAC212A8	600														
MAC212A10	800														
MAC212-4FP	200	12	100	40	0,35	20	2	—	1,75 (17 A)	50	2		4,3	221C-02	3
MAC212-6FP	400														
MAC212-8FP	600														
MAC212-10FP	800														
MAC212A4FP	200	12	100	40	0,35	20	2	—	1,75 (17 A)	75	2,5	50	4,3	221C-02	4
MAC212A6FP	400														
MAC212A8FP	600														
MAC212A10FP	800														
MAC224-4	200	40	350	500	0,5	20	2	10	1,85 (56 A)	50	2	75	1	TO-220	3
MAC224-6	400														
MAC224-8	600														
MAC224-10	800														
MAC224A4	200	40	350	500	0,5	20	2	10	1,85 (56 A)	75	2,5	75	1	TO-220	4
MAC224A6	400														
MAC224A8	600														
MAC224A10	800														
MAC320-4FP	200	20	150	—	0,5	20	2	10	1,7 (28 A)	50	2	40	4	221C-02	3
MAC320-6FP	400														
MAC320-8FP	600														
MAC320-10FP	800														
MAC320A4FP	200	20	150	—	0,5	20	2	10	1,7 (28 A)	75	2,5	40	4	221C-02	4
MAC320A6FP	400														
MAC320A8FP	600														
MAC320A10FP	800														