

Главный редактор

Сергей Бирюков

Зам. главного редактора

Сергей Кузнецов

Редакционная коллегия

Павел Асташкевич
Александр Фрунзе
Виктор Иовчик

Дизайн и верстка

Ирина Чикина

Отдел распространения

(495) 775-16-76
e-mail: sales@dian.ru
Марина Трофимова
Юрий Царев
Сергей Лукин

Отдел рекламы

Юлия Суханова

Адрес редакции:

Москва, Ленинградское ш., д. 1В, оф. 342
Для писем: 127015 Москва,
ул. Бутырская, д. 41/47 «ИД Скимен»
тел./факс: (495) 775-16-76
www.dian.ru
e-mail: editor@dian.ru
editordian@mail.ru

Издатель и учредитель ООО «ИД Скимен»

Отпечатано в ОАО «Орден Трудового
Красного Знамени «Чеховский
полиграфический комбинат»
142300 г. Чехов Московской области
Т/ф (501)443-92-17, т/ф (272)6-25-36
E-mail: marketing@chpk.ru

Тираж 5 200 экз.
Заказ № 2175.

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

Журнал включен в Реферативный
журнал и Базы данных ВИНТИ.
Сведения о журнале ежегодно
публикуются в международной
справочной системе по
периодическим и продолжающимся
изданиям «Ulrich's Periodicals
Directory».

Редакция не несет ответственности
за информацию, приведенную
в рекламных материалах

За содержание статьи
и ее оригинальность несет
ответственность автор

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

Информацию о подписке
см. на последней странице журнала

Содержание

КОМПОНЕНТЫ

В. Дьяконов. Лавинные транзисторы и их применение 2

ИСКУССТВО СХЕМОТЕХНИКИ

А. Фрунзе, А. Фрунзе. Микроконтроллеры? Это же просто! 6

В. Шевкопляс. Вероятностная синхронизация
в телекоммуникационных системах 9

Г. Прищепов. Высоковольтные мощные широкополосные
усилители на составных транзисторах 12

О. Вальпа. Автоматизация расчетов 15

В. Баранов. Работа с микроконтроллерами Atmel 17

Н. Заец. Налаживание устройств на микроконтроллерах 20

СОФТ

В. Иванов. САПР: адепты, пользователи, поклонники 22

О. Петраков. Аналитические расчёты в электронике 24

О. Вальпа. Среда разработки VisualDSP++ 28

ПРАКТИКА

Ю. Пахоменков. Преобразователь сигналов
трансформаторных датчиков 31

М. Потапчук. Автомат световых эффектов на основе
PIC-контроллера 34

И. Безверхний. Прием каналов SECAM телевизорами
системы PAL без применения транскодеров 38

В. Давыдов, А. Дахнович, М. Уткин. Система
дистанционного управления бытовыми приборами 43

Д. Селиванов. Простой светосинхронизатор для фотовспышки 44

Д. Онышко. Разрядное устройство для аккумуляторной батареи 45

О. Николайчук. Инфракрасный приемопередатчик
с USB интерфейсом на микроконтроллере фирмы SiLabs 48

А. Рахматуллин. Электронный метроном 52

CD-ROM с журналами «Схемотехника» 2000–2003 г. (3-я стр. обложки)

Внимание читателей (с. 16). Новые книги. С.М. Смольский, Л.И. Филиппов. Три шага к профессии: наука, диссертация, педагогика (с. 23). Адреса некоторых магазинов, в которых можно приобрести продукцию Мастер КИТ и журналы «Схемотехника» (с. 55). Подписка-2007 (с. 56).

Внимание! У редакции новый адрес:

Москва, Ленинградское шоссе, д. 18, офис 342, «ИД Скимен», т/ф 775-16-76.
Адрес для писем: 127015 Москва, ул. Бутырская, д. 41/47, «ИД Скимен».

Лавинные транзисторы и их применение

Продолжим рассмотрение применения лавинных транзисторов для получения сильноточных и высоковольтных импульсов, опишем эффекты сильных токов, имеющие фундаментальное научное значение как для их практического применения, так и для разработки методов защиты транзисторных схем от перегрузок. Это особенно важно в связи с тем, что нередко повторные «открытия» этих эффектов, давно описанных и использованных на практике.

Лавинное умножение происходит в той области ООЗ, где напряженность электрического поля достигает максимальных значений — вблизи границы между областями р и п. Акт лавинного умножения проиллюстрирован на рис. 3, б. Для простоты показан один электрон, который выбил из кристаллической решетки полупроводника вторичный электрон, что тут же порождает и вторичную дырку. Общее число вторичных электронов и дырок определяется коэффициентом лавинного умножения M и числом первичных электронов. Физически ясно, что чем выше напряжение на коллекторе, тем выше напряженность электрического поля в ООЗ и тем больше будет значение M . Максимальная напряженность поля имеет место на границе р-п, она и является центром области лавинного умножения и лавинной инжекции.

Вторичные электроны быстро переносятся из ООЗ коллекторного перехода в область п-п⁺ и далее в контакт коллектора, увеличивая коллекторный ток. А вот вторичные дырки дрейфуют по всей ООЗ и переносятся в базовую область, вызывая понижение потенциального барьера эмиттерного перехода, встречную инжекцию первичных электронов и даже глубокое насыщение транзистора после лавинного разряда конденсатора C . Заряд вторичных носителей может существенно влиять на распределение напряженности поля в ООЗ, расположенной в р-области базы и в п-области коллектора.

Если M немного превышает единицу, то число вторичных дырок мало, и они мало влияют на распределение напряженности электрического поля

в ООЗ. Это реализовано в старых не слишком качественных сплавных транзисторах, у которых пробой часто наступает просто из-за смыкания областей объемного заряда коллекторного и эмиттерного перехода. В начале 70-х годов прошлого века в Японии были созданы диффузионные лавинные транзисторы со смыканием переходов (их называли также лавинными транзисторами со сквозным пробоем) ECL-1239. У них напряжение смыкания $U_C = 20$ В, тогда как $U_M = 34$ В (даны типовые значения). Такие приборы позволяли формировать импульсы с амплитудой в доли ампера и частотой до 200 МГц. Однако в качестве приборов для генерации мощных импульсов они не годились, так как смыкание ограничивало предельные значения M и амплитуда импульсов составляла всего несколько вольт на нагрузке 75 Ом, да и технология изготовления таких транзисторов с очень тонкой базой была сложна.

Совсем другая ситуация у большинства современных транзисторов, особенно у германиевых р-п-р и кремниевых п-р-п. Они имеют меньшие значения показателя степени n в формуле Миллера. При некоторой величине $M > M_{кр}$ заряд дырок в базовой части ООЗ коллекторного перехода может превосходить заряд электронов, а это означает, что с ростом тока коллектора ООЗ будет не сужаться, а расширяться, при этом ширина базовой области X_B уменьшается. Таким образом, будет наблюдаться эффект, прямо противоположный эффекту Кирка, и частотные свойства транзистора в области больших токов будут не ухудшаться, а, напротив, улучшаться.

Если $M \gg M_{кр}$, что характерно для начала процесса лавинного включения транзистора, то сдвиг базовой границы ООЗ будет столь значительным, что переходы транзистора сомкнутся ($X_B \rightarrow 0$) и механизм переноса неосновных носителей заряда — электронов — станет чисто дрейфовым. При этом время переноса зарядов неосновных носителей будет иметь минимально возможное теоретическое значение. Заметим, что оно определяется отношением раз-

меров ООЗ к предельной скорости неосновных носителей и составляет доли наносекунды.

Нетрудно понять, что момент смыкания должен приводить к резкому возрастанию крутизны роста коллекторного тока и скачку амплитуды тока при изменении начального напряжения на коллекторе (рис. 5), все эти эффекты описаны в [1—3].

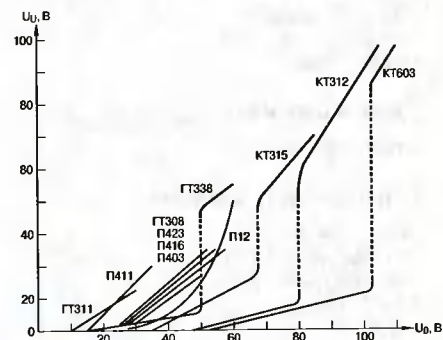


Рис. 5

У диффузионно-сплавных германиевых транзисторов серий ГТ313, П420, П416 и др. токи коллектора всегда меньше $I_{кр}$ и амплитуда импульсов пропорциональна $E_K - U_B$, т. е. линейно растет с ростом напряжения питания E_K . Ничего необычного в поведении приборов и релаксаторов на них не наблюдается. Иное дело — эпитаксиальные транзисторы ГТ338 и большинство кремниевых п-р-п (точнее п-р-п-п⁺) транзисторов. Пока напряжение питания E_K меньше $U_{кр}$, амплитуда импульсов определяется разностью $E_K - U_B$ и практически линейно растет с ростом этой величины. Однако при $E_K \rightarrow U_{кр}$ и $I_K \rightarrow I_{ккр}$ наступает смыкание переходов, динамическое сопротивление транзистора резко падает и происходит скачок амплитуды импульсов. В специально разработанных ЛТООЗ выбором толщины базовой области можно добиться малых токов $I_{ккр}$ и тогда нижний участок зависимостей на рис. 5 будет слабо выражен.

Есть еще один очень интересный эффект в области больших токов. Дело в том, что распределение тока по площади левой границы ООЗ и границе эмиттерного перехода не одинаково. Базовая граница ООЗ является не идеальной плоскостью, а поверхностью со многими впадинами и выступами. Ранее считалось, что в условиях наличия эффекта Кирка это ведет к усилению локального характера смыкания, что снижает надежность транзистора. Однако описанный выше эффект означает, что

при сильном перемещении базовой границы ООЗ она просто сольется с ООЗ эмиттерного перехода по всей его площади, в результате чего локализация тока в структуре транзистора прекращается и ток идет в «цилиндр» с сечением, определяемым площадью эмиттерного перехода [2, 3]. Именно это явление и объясняет уникально большие амплитуды тока, которые могут создавать обычные биполярные транзисторы без их разрушения (разумеется, при ограничении длительности импульсов).

Заряд вторичных носителей задается не только их числом и значением M , но и скоростью их дрейфа в ООЗ. Не вдаваясь в тонкости теории описанных эффектов [1—3], отметим, что расчетные значения $M_{кр}$ лежат в пределах 1,75...2,75, что соответствует критическому напряжению на коллекторе 0,65...0,89 U_M . При этом меньшие значения характерны для кремниевых $n-p-n$ и германиевых $p-n-p$ транзисторов. К лавинным транзисторам с ограниченной ООЗ (ЛТОООЗ) относятся специальные лавинные германиевые транзисторы ГТ338А, ГТ338Б и ГТ338В, а также кремниевые транзисторы серий КТ312, КТ315, КТ603, КТ928 и многие другие.

Теперь опишем конструирование вполне современной схемы генератора сильноточных импульсов для запуска лазерных светоизлучающих диодов. Максимальное значение тока коллектора можно грубо оценить из выражения $I_{KM} = (U_M - U_B) / (R_T + R_H)$, где R_T — сопротивление включенного лавинного транзистора, а R_H — сопротивление нагрузки. Из этих величин R_T не является достаточно известной для области больших токов. Исследования показали, что R_T у маломощных транзисторов (например, серии КТ312, КТ603 и др.) составляет несколько ом, а у мощных может доходить до долей ома. Например, если $U_M = 160$ В, $U_B = 60$ В и $R_T = 3$ Ом, то при $R_H = 1$ Ом получим $I_{KM} = 25$ А.

Для увеличения начального напряжения на конденсаторе релаксатора до U_M желательно надежно закрыть транзистор вплоть до наступления пробоя. Для этого в релаксатор введем резистор $R_B = 10$ кОм, подключенный к источнику напряжения E_B отрицательной полярности, при этом зафиксируем напряжение на базе диодом D_6 . Опыт показывает, что даже малая паразитная индуктивность разрядного контура (в единицы нГн) вызывает

ет сильный колебательный процесс. Было установлено, что эффективным способом борьбы с ним является применение нелинейного накопительного конденсатора, емкость которого увеличивается по мере его разрядки. Подходящим является диод КД212А, который имеет рабочее напряжение 200 В (больше U_M) и емкость около 45 пФ при напряжении 100 В.

Чтобы исключить отражение в кабеле осциллографа, введем согласующие резисторы R_C по 51 Ом в начале и конце кабеля, подключающего осциллограф к нагрузке R_H . Это означает введение делителя напряжения с коэффициентом передачи 0,5. В качестве эквивалента нагрузки используем практически безиндуктивный резистор МЛТ-0,25 с номиналом 1 Ом. Схема генератора приобретает вид, показанный на рис. 6.

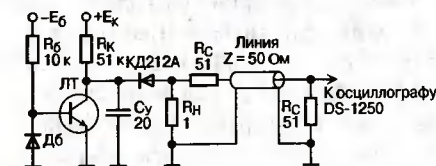


Рис. 6

Генератор можно выполнить как объемным монтажом, так и на печатной плате. Единственное условие — сведение к минимуму длины разрядной цепи, иначе генерация импульсов будет сопровождаться сильными колебаниями из-за образовавшегося паразитного LC-контура. Длина выводов транзисторов, конденсатора C и нагрузочного резистора 1 Ом должна быть не более 10 мм.

Теперь исследуем генератор с помощью современного цифрового скоростного осциллографа DS-1250 с полосой частот не менее 250 МГц, подключенного через USB-порт к компьютеру. Это позволяет передавать осциллограммы в компьютер, вести их обработку и распечатывать их [11]. На рис. 7 показаны осциллограммы импульсов на нагрузке $R_H = 1$ Ом и на коллекторе транзистора (масштаб по горизонтали 2 нс/дел).

Амплитуда импульса достигает (с учетом деления напряжения в два раза) 25 В, т. е. пиковый ток в нагрузке имеет значение 25 А, что соответствует сделанным прикидкам. Импульс разрядного тока имеет почти равные по длительности участки нарастания 1 и спада 2 тока и характерный выброс после них 3. Он способствует рассасыванию избыточных зарядов в реальной нагрузке — лазерном ди-

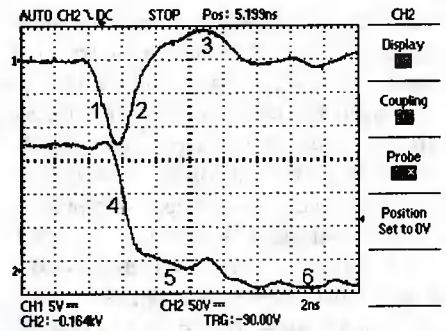


Рис. 7

оде. Минимизировать этот выброс можно, предельно сократив длину разрядной цепи.

Интерес представляет временная зависимость напряжения на коллекторе. Из рис. 7 хорошо видно, что напряжение на коллекторе вначале быстро падает (участок 4 работы в режиме с ограниченной ООЗ), но затем плавно уменьшается (участок 5) практически до нуля (участок 6). Это связано с эффектом сильного динамического насыщения транзистора, связанного с накоплением в базе довольно большого избыточного заряда, обусловленного лавинной инжекцией. На рис. 8 эти же осциллограммы при длительности развертки, чуть большей периода колебаний релаксатора.

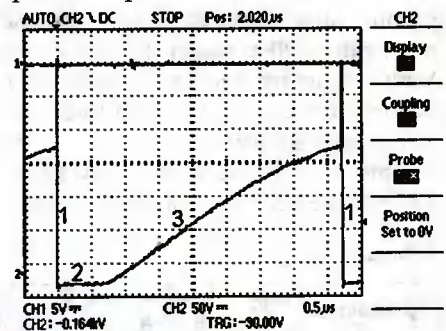


Рис. 8

Нетрудно заметить, что после стадии разрядки (участок 1 на рис. 8) нулевое напряжение на коллекторе удерживается примерно 0,75 мкс (участок 2), давая характерную полку внизу кривой. Ее длительность равна времени рассасывания избыточного заряда в базе. После этого идет обычный почти экспоненциальный процесс зарядки (участок 3) накопительной емкости (диода) вплоть до следующего лавинного включения транзистора.

Частота автоколебаний генератора около 200 кГц. Уменьшив E_K или увеличив E_B можно перевести генератор в ждущий режим и запускать импульсами положительной полярности, по-

даваемыми на базу транзистора через разделительный резистор в сотни ом. Если E_K немного превышает U_M , то форма импульсов получается аналогичной описанной. При меньших E_K амплитуда импульсов быстро падает.

Даже в наше время параметры генератора уникальны — пиковый ток 25 А, длительность фронта импульсов около 1 нс и длительность на уровне половины амплитуды — около 1,5 нс. И все это получено от транзистора размером со спичечную головку, в описанном узле он даже не греется! Любопытно, что близкие (но все же несколько худшие) результаты дает применение более современного транзистора КТ928А. Для увеличения амплитуды можно использовать последовательное и параллельное включение лавинных транзисторов (что, как правило, требует их подбора), включать релаксаторы параллельно или использовать известную схему Маркса (параллельная зарядка конденсаторов и последовательная разрядка). Таким образом можно получить импульсы тока более 100 А на низкоомной нагрузке и сотни вольт на нагрузке 50...100 Ом.

Параметры подобных генераторов можно существенно улучшить, применяя специально разработанные высоковольтные кремниевые лавинные транзисторы с ограниченной ООЗ. Серию таких приборов разработала в середине 90-х годов фирма Zetex Semiconductors, в табл. 1 приведены основные параметры некоторых изделий этой фирмы.

Приборы FMMT413, FMMT415, ZTX415 и FMMT417 имеют напряже-

ние $U_M = U_{CBO} = 150, 260, 260$ и 320 В и пиковые токи разрядки конденсатора 50 и 60 А.

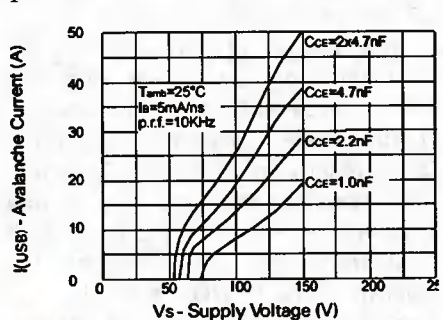


Рис. 9

Зависимости приведены для четырех значений емкости накопительного конденсатора 1...9,4 нФ. Участок кривых значений $I_K < I_{KKP}$ не приведен, что указывает на малое (по сравнению с рабочими токами в импульсе) значение I_{KKP} .

Обзор литературы по применению лавинных транзисторов демонстрирует, что они прочно удерживают и расширяют позиции в области генерации сильноточных и высоковольтных импульсов, успешно тесня искровые разрядники, скоростные тиратроны и тиристоры. Примеры применения лавинных транзисторов в скоростных осциллографах уже приводились. Любопытно описание любительского осциллографа в Интернете, в котором

повторения до 100 кГц. Георадары способны обнаруживать объекты в земле или в толще строений. Видеоимпульсные локаторы измеряют расстояние до объектов, например автомобилей и вычисляют их скорость, импульсы таких приборов не обнаруживаются автомобильными антирадарными. Интерес к подобным устройствам подстегивается новой технологией обработки импульсных сигналов, которая описана в книге [12], ставшей первой в России книгой отечественного автора по этой новейшей тематике. Нашли применение лавинные транзисторы и в радиолюбительских устройствах для обнаружения электропроводки в стенах.

Как отмечалось, позже в сферу интересов автора попали мощные ВЧ и СВЧ полевые МДП транзисторы. Это существенно более дорогие приборы, но они позволяли получать импульсы с субнаносекундными временами нарастания и большими токами, не выходя за пределы паспортных значений напряжений и токов. В ряде статей и книг [3—8] описано множество устройств, в которых лавинные транзисторы использовались для возбуждения мощных полевых ВЧ и СВЧ транзисторов, не уступающих лавинным транзисторам по скорости переключения благодаря полевому механизму переноса носителей тока.

Приятно отметить, что и это направление в мире получило серьезное развитие, увы, как всегда, не столько у нас, сколько за рубежом. Так, корпорация DEI (Direct Energy Incorporated) выпустила серию источников импульсного питания лазеров на основе мощных полевых транзисторов, запускаемых от релаксатора на лавинном транзисторе. Источники PCO-7110 выполнены в виде миниатюрных печатных плат (6 модулей), на которых смонтированы формирователь импульсов и лазерный диод. Источники обеспечивают токи в импульсе в диапазоне 4...120 А, длительность импульсов 4...65 нс и частоты повторения импульсов до 50 кГц, питающее напряжение 195...495 В.

Модули PCO-7810 фирмы DEI обеспечивают повышенные частоты импульсов для накачки лазерных излучателей. Выпускаются три типа модулей с частотами 200 кГц (ток 4...40 А, длительность импульсов 4 нс), 67 кГц (ток 5...50 А, длительность импульсов 12 нс) и 25 кГц (ток 13...100 А, длительность импульсов 9 нс).

В те далекие годы автор и его коллеги сгубили десятки (тогда дефицит-

Таблица 1

Транзистор	U _{сво.} В	U _{сво.} В	I _c А	P _в Вт	I _{св}		h _{21э}		f _T	
					А	при U _c , В	мин.	при I _c , мА	МГц	при I _c , мА
FMMT413	150	50	50	0,33	31	130	50	10	150	10
FMMT415	260	100	60	0,33	25	250	25	10	40	10
ZTX415	260	100	60	0,33	25	250	25	10	40	10
FMMT417	320	100	60	0,33	25	250	25	10	40	10

к кроме электронно-лучевой трубки, применяется всего один транзистор — это мощный транзистор КП701А в лавинном режиме, на котором построен генератор развертки. Был описан и осциллограф на трех транзисторах, один из которых также использовался как лавинный в генераторе развертки.

Куда более серьезным является применение лавинных транзисторов в импульсных георадарах и видеоимпульсных локаторах. Так, в отечественных георадарах «Око» имеются антенные блоки на лавинных транзисторах, обеспечивающих амплитуду импульсов 600...700 В при частоте

повторения до 100 кГц. Георадары способны обнаруживать объекты в земле или в толще строений. Видеоимпульсные локаторы измеряют расстояние до объектов, например автомобилей и вычисляют их скорость, импульсы таких приборов не обнаруживаются автомобильными антирадарными. Интерес к подобным устройствам подстегивается новой технологией обработки импульсных сигналов, которая описана в книге [12], ставшей первой в России книгой отечественного автора по этой новейшей тематике. Нашли применение лавинные транзисторы и в радиолюбительских устройствах для обнаружения электропроводки в стенах.

Как отмечалось, позже в сферу интересов автора попали мощные ВЧ и СВЧ полевые МДП транзисторы. Это существенно более дорогие приборы, но они позволяли получать импульсы с субнаносекундными временами нарастания и большими токами, не выходя за пределы паспортных значений напряжений и токов. В ряде статей и книг [3—8] описано множество устройств, в которых лавинные транзисторы использовались для возбуждения мощных полевых ВЧ и СВЧ транзисторов, не уступающих лавинным транзисторам по скорости переключения благодаря полевому механизму переноса носителей тока.

ных и дорогих) полевых транзисторов, пытаясь найти полезное применение этим приборам в лавинном режиме. Увы, это оказалось практически невозможным из-за быстрого накопления заряда на емкости затвора, ведущего к повышению потенциала затвора и необратимому пробое тонкого подзатворного диэлектрика. Тем не менее, мы обратили внимание на возможность применения лавинного режима работы полупроводниковых приборов для создания ячейки перепрограммируемого постоянного запоминающего устройства с плавающим затвором, заряд на котором создается за счет лавинной инжекции, возникающей при подаче на основной затвор импульсов [6]. Теперь известно, что именно этот прибор лежит в основе ячейки флэш-памяти.

Лавинная инжекция позволяет накапливать на втором затворе заряд или убирать его. При наличии заряда транзистор открывается, а при отсутствии — закрывается, т. е. ведет себя как элементарная ячейка

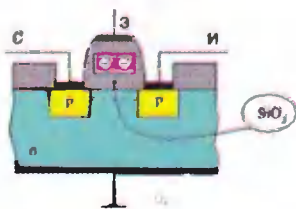


Рис. 10

памяти. Время хранения заряда на плавающем затворе составляет от нескольких лет до десятков лет, так что на основе такого прибора легко строятся перепрограммируемые ПЗУ, не требующие питания для хранения информации.

Хотя с момента разработки массовой флэш-памяти не прошло и десятилетия, ныне модулями на ее основе пользуется едва ли не каждый пользователь современного ПК — настольного, карманного или ноутбука [13]. Так лавинный режим еще раз показал свои уникальные возможности и свою уникальную стабильность.

Кто знает, может быть заинтересуется советское министерство электронной промышленности всерьез схемотехникой лавинных полупроводниковых приборов, может быть мы могли бы построить сверхскоростные микропроцессоры на лавинных

транзисторах. А пока надо отдать должное могучей корпорации Intel, которая сделала ставку на полевые транзисторы и ныне выпускает микропроцессоры и микросхемы памяти с числом транзисторов до 10^9 на кристалле одной микросхемы. О достижениях этой корпорации можно прочесть в книге [14], написанной по материалам многолетнего сотрудничества с ней.

ЛИТЕРАТУРА:

11. В. П. Дьяконов. *Современная осциллография и осциллографы*. — М.: Солон-Пресс, 2005.

12. В. П. Дьяконов. *Вейвлеты. От теории к практике. Изд. 2-е, переработанное и дополненное*. — М.: Солон-Пресс, 2004.

13. В. П. Дьяконов. *Работа с данными, музыкой и видео*. — М.: Солон-Пресс, 2005.

14. В. П. Дьяконов. *Intel. Новейшие информационные технологии. Достижения и люди*. М.: Солон-Пресс, 2004.

Владимир Дьяконов,
г. Смоленск




www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

- 8-разрядные RISC микроконтроллеры PICmicro
- Контроллеры с FLASH- и OTP-памятью
- Микроконтроллеры с ультрафиолетовым стиранием
- Тактовая частота 4–33 МГц
- 12-, 14-, 16-разрядные команды
- Малое энергопотребление
- Высокая эффективность
- Простота проектирования
- Программное обеспечение и инструментальные средства проектирования



Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2
Тел./факс: (495) 97-000-99

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




www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

СВЕРХ прецизионные ОУ MAX4238/MAX4239



- Почти нулевое напряжение смещения (0.1 мкВ)
- Самый низкий уровень шумов для ОУ в корпусах SOT-23
- Сверхнизкое напряжение дрейфа (5 мкВ за 10 лет)
- Уровень шумов составляет всего 1 мкВ в полосе до 10 Гц
- Температурный дрейф 10 нВ/°С
- Расширенная полоса усиления, 1 МГц для MAX4238, 6.5 МГц для MAX4239
- Миниатюрные корпуса SO-8 и SOT-23, 6 pin
- Однополярное напряжение питания 2.7 – 5.5 В
- Минимальный потребляемый ток 600 мкА

Применение:
термопары,
датчики деформации,
тензодатчики,
инструментальные
усилители

Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2
Тел./факс: (495) 97-000-99

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


```

RR      A          ; ACC.6 = получившийся знак частного
XRL    A, B       ; ACC.6 = 1, если знак не совпадает
                ; с нужным из B.6
MOV    C, ACC.6
JC     SDIV16_7 ; конец, если переполнение числа со знаком

```

```

SDIV16_5:
JNB    V.5, SDIV16_6; если делимое >= 0, остаток готов, т. к. знак
                ; остатка должен быть равен знаку делимого

```

```

MOV    A, R6
CPL    A
ADD    A, #1
MOV    R6, A
MOV    A, R7
CPL    A
ADDC   A, #0
MOV    R7, A ; сделали остаток отрицательным

```

```

SDIV16_6:
CLR    C ; CY = 0 - не было ошибки при делении

```

```

SDIV16_7:
RET    ; в CY признак ошибки

```

Рис. 97

```

SDIVN:
;::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::
;; Подпрограмма деления двух целых чисел со знаком          ;;
;; Вход:                                                     ;;
;; R0 - адрес МЛБ N-байтного делителя                       ;;
;; R1 - адрес МЛБ 2N-байтного делимого                     ;;
;; (более старшие байты чисел располагаются по более старшим ;;
;; адресам)                                                  ;;
;; R2 - размер делителя в байтах (т. е. число N (N<32))    ;;
;; Выход:                                                   ;;
;; R1 - адрес N-байтного частного (записывается на место младшей ;;
;; половины делимого, в старшую половину делимого        ;;
;; записывается остаток)                                    ;;
;; Флаги:                                                   ;;
;; CY - признак переполнения N-байтного частного или деление ;;
;; на нуль, т. е. CY = 1 - признак ошибки и результат     ;;
;; не определен                                           ;;
;; Используемые регистры:                                   ;;
;; R4, R3, A, B                                           ;;
;; Требуется свободных байт в стеке:                       ;;
;; 2+1+4 = 7                                              ;;
;; Использует подпрограммы:                                ;;
;; NEGN, DIVN, CMPZN                                       ;;
;::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::::

```

```

MOVA, R1
PUSH ACC ; сохранили R1 (адрес делимого)
MOV    A, R0
ADD    A, R2
DEC    A
MOV    R1, A
MOV    A, @R1
MOV    R3, A ; R3.7 = знак делителя
RLC    A ; CY = знак делителя

MOV    A, R0
MOV    R1, A ; R1 = адрес делителя

JNC    SDIVN_1 ; если делитель >= 0

LCALL NEGN ; получили модуль делителя

```

```
SDIVN_1:
```

```

POP    ACC ; A = адрес делимого
PUSH  ACC ; сохранили адрес делимого

ADD    A, R2
ADD    A, R2
DEC    A
MOV    R1, A
MOV    A, @R1
MOV    R4, A ; R4.7 = знак делимого
RLC    A ; CY = знак делимого

```

```

POP    ACC
MOV    R1, A ; восстановили R1 (адрес делимого)

```

```
JNC    SDIVN_2 ; если делимое >= 0
```

```

MOV    A, R2
RL     A
MOV    R2, A ; удвоили N

```

```
LCALL NEGN ; получили модуль делимого
```

```

MOV    A, R2
RR     A
MOV    R2, A ; восстановили N

```

```
SDIVN_2:
```

```

MOV    A, R3
RLC    A
MOV    A, R4
RRC    A ; A.7 = знак делителя, A.6 = знак делимого
PUSH  ACC ; сохранили знаки

```

```
LCALL DIVN ; получили частное и остаток от деления модулей
; ДМ и ДЛ

```

```
POP    B ; B.7 = знак делителя, B.6 = знак делимого
```

```
PUSH  PSW ; сохранили CY временно в стеке
```

```
JNB    V.7, SDIVN_3; делитель был >= 0, мы его не изменяли
```

```

MOV    A, R1
PUSH  ACC ; сохранили R1 (адрес делимого)

```

```

MOV    A, R0
MOV    R1, A
PUSH  B ; сохранили знаки
LCALL NEGN ; восстановили отрицательный делитель
POP    B ; восстановили знаки

```

```

POP    ACC
MOV    R1, A ; восстановили R1 (адрес делимого)

```

```
SDIVN_3:
```

```

POP    PSW
JC     SDIVN_7 ; конец, если была ошибка
                ; при беззнаковом делении

```

```
PUSH  B ; сохранили знаки
```

```

LCALL CMPZN
POP    B ; восстановили знаки

```

```
JZ     SDIVN_5 ; частное = 0, осталось обработать остаток
```

```

MOV    A, B
RL     A

```

```

XRL A, B ; A.7 = нужный знак частного
MOV R3, A ; R3.7 = нужный знак частного
JNS SDIVN_4 ; если нужный знак частного «+», частное готово

PUSH B ; сохранили знаки
LCALL NEGN ; сделали частное отрицательным
POP B ; восстановили знаки

SDIVN_4:
; дополнительная проверка на возможное переполнение
; 16-разрядного частного как числа со знаком:

MOV A, R1
PUSH ACC ; сохранили R1 (адрес частного)

ADD A, R2
DEC A
MOV R1, A
MOV A, @R1
MOV R4, A ; R4.7 = получившийся знак частного

POP ACC
MOV R1, A ; восстановили R1 (адрес частного)

MOV A, R3
XRL A, R4 ; A.7 = 1, если получившийся знак не совпадает
; с нужным знаком

RLC A
JC SDIVN_7 ; конец, если переполнение числа со знаком

SDIVN_5:
JNB V.6, SDIVN_6; если делимое >= 0, остаток готов,
; т. к. знак остатка должен быть
; равен знаку делимого

MOV A, R1
PUSH ACC ; сохранили R1 (адрес частного)

ADD A, R2
MOV R1, A

LCALL NEGN ; сделали остаток отрицательным

POP ACC
MOV R1, A ; восстановили R1 (адрес частного)

SDIVN_6:
CLR C ; CY = 0 - не было ошибки при делении

SDIVN_7:
RET ; в CY признак ошибки
    
```

Рис. 98

Хочу обратить ваше внимание на следующую особенность деления знаковых чисел. Она связана с тем, что диапазон представления n -разрядных знаковых чисел — от -2^{n-1} до $2^{n-1}-1$. В частности, для двухбайтовых чисел это -32768_{10} и $+32767_{10}$. Обратите внимание на то, что максимально допустимое положительное знаковое число вдвое меньше максимально допустимого беззнакового числа той же разрядности. Например, максимально допустимое двухбайтовое беззнаковое число -65535_{10} , а знаковое -32767_{10} . Это является возможным источником переполнения частного. Например, вы делите $1000000000000000_2 = 65536_{10}$ на 2. Осуществив стандартную процедуру целочисленного

деления, вы получите частное $1000000000000000_2 = 32768_{10}$ с нулем в остатке и без каких-либо переполнений. Беззнаковое 32768_{10} не выходит за допустимые границы ($0 < 32768_{10} < 65535_{10}$). Но знаковое 32768_{10} выходит за границы допустимых значений для двухбайтовых знаковых чисел ($32768_{10} > 32767_{10}$), и полученный результат должен трактоваться как отрицательное число (ведь его старший, знаковый разряд равен единице!). Следовательно, произошло переполнение, причем именно знакового частного (с беззнаковым $1000000000000000_2 = 32768_{10}$ все в порядке). Поэтому рассматриваемые подпрограммы с меток SDIV16_4 и SDIVN_4 осуществляют подобную проверку на переполнение и при его обнаружении устанавливают в I флаг переноса. Кстати, обратите внимание еще на то, что после этого они еще корректируют знак остатка, который, естественно, должен совпадать со знаком делимого.

И еще одно замечание. В начале этой публикации мы рассмотрели различные варианты частных случаев умножения и деления числа на степени двойки, позволяющие заметно сократить время умножения и деления в этих случаях. К сожалению, для знаковых чисел все гораздо сложнее.

При умножении на 2 надо сдвинуть влево на один разряд все биты знакового числа за исключением старшего (знакового), который должен остаться неизменным. Если при этом старшая среди цифровых разрядов единица попадет в результате сдвига в знаковый разряд, это значит, что произошло переполнение формата, и он должен быть увеличен с n разрядов до $n+1$.

С делением на 2 еще хуже. Во-первых, при сдвиге, как было отмечено в предыдущем абзаце, должен сохраняться знак числа. А во-вторых, просто сдвиг с сохранением знакового бита дает неверный результат для нечетных чисел (проверьте, из -3 вы после сдвига с сохранением знака вы получите не -1 , а -2 , а из -1 после сдвига вправо с сохранением знака вообще останется $\dots -1$).

Получается это потому, что при сдвиге отрицательного числа вправо мы фактически производим округление не в сторону нуля (как нам хотелось бы), а в сторону минус бесконечности. Это несложно увидеть, если представить себе отрицательное число как разность значения Γ и модуля числа. При сдвиге разность округляется к нулю, но это возможно лишь при округлении модуля в сторону плюс бесконечности. Таким образом, в результате получается, что просто при сдвиге с сохранением знака округление происходит в сторону минус бесконечности.

И в заключение тестовая таблица для операции деления целых знаковых чисел.

Таблица 20

Представление чисел	
Шестнадцатеричное	Десятичное
FFFFFFFF:0001 = (FFFF, 0000)	(-1):(+1) = (-1, 0)
00000001:0001 = (0001, 0000)	(+1):(+1) = (+1, 0)
FFFF1000:0011 = (F1E2, FFFE)	(-61440):(+17) = (-3614, -2)
05555555:AAAA = (F001, 4AAB)	(+89478485):(-21846) = = (-4095, +19115)
F0F0F0F0:8013 = (1E22, B46A)	(-252645136):(-32749) = = (+7714, -19350)
FFFF8002:7FFF = (0000, 8002)	(-32766):(+32767) = (0, -32766)

Окончание следует

**Александр Фрунзе,
Алексей Фрунзе,
г. Москва**

Окончание. Начало № 6/2006

Вероятностная синхронизация в телекоммуникационных системах

Все скремблеры имеют одинаковую структуру. Их генераторы скремблирующих сигналов формируют одинаковые псевдослучайные последовательности битов, но эти последовательности сдвинуты относительно друг друга на некоторые интервалы, длительности которых изменяются во времени по мере формирования импульсов J_0, J_1, \dots, J_k установки начальных состояний скремблеров передатчика.

Как показано на рис. 6, в моменты T_0, T_k и T_1 анализаторами A_0, A_k и A_1 регистрируются случайные события E_0, E_k и E_1 , условно показанные в виде всплеск света. Эти события состоят в обнаружении кода Z в соответствующих потоках данных. В данном примере все события обнаружения кода Z влекут за собой вставки команд, относящихся к процедуре выравнивания потоков данных, однако команды могут относиться и к иным процедурам.

Поясним сказанное. Группы команд, относящиеся к выравниванию потоков данных в линиях, вставляются в общий информационный поток относительно редко, например, в среднем один раз в 10 с (рис. 7) по инициативе соответствующей программы, выполняемой микропроцессором передатчика (микропроцессор на рисунках не показан).

В каждой группе присутствует $k+1$ команда — по одной на каждую линию. Последовательность вставки команд в потоки произвольна, но для повышения наглядности рисунка предполагаем, что первая команда в группе порождается событием E_0 обнаружения кода Z в нулевой линии канала связи.

Команды, относящиеся к выравниванию потоков данных в линиях (показаны на рисунке черными точками), содержат нуль в старшем разряде, а в четырех младших — текущее значение четырехразрядного кода в таймере 1.

Команды, содержащие единицу в старшем разряде, могут относиться к управлению потоками данных, к

передаче сообщений об аварийных ситуациях и т. п. Одна из команд назначается в качестве «пустой» («нет операции»). Команды, не имеющие отношения к процедуре выравнивания потоков данных, показаны на рис. 7 белыми кружками.

Процессор передатчика (на рисунках не показан) вправе выбирать любые события обнаружения кода Z для передачи команд, помеченных на рис. 7 черными точками.

Таймер 1 выполнен в виде четырехразрядного двоичного счетчика, который прибавляет единицу к текущему содержимому в каждом такте работы системы, в том числе, в каждом из «пропущенных» тактов сигнала T_xC . Начальной установки счетчика не требуется; после его заполнения (код 15_{10}) в последующих тактах он переходит в состояния 0, 1 и т. д. Таким образом, отсчет времени ведется по модулю 16 с точностью до одного такта. Таймер 2, размещенный в дешифраторе рис. 8, имеет такую же структуру, как и таймер 1.

Он также непрерывно подсчитывает по модулю 16 число тактов работы

системы и не требует начальной установки. Оба таймера работают синхронно со случайным (но постоянным) взаимным фазовым сдвигом.

Дешифратор содержит такие же анализаторы A_0, A_1, \dots, A_k последовательности битов, как и в передатчике. Анализаторы формируют импульсы $J_0^*, J_1^*, \dots, J_k^*$ одновременно (с точностью до задержки передачи) с импульсами J_0, J_1, \dots, J_k . В этом, собственно, и состоит ранее упоминавшаяся идея вероятностной синхронизации — некие случайные события, связанные с передачей полезных (а не служебных) данных вызывают спонтанное формирование пар импульсов, разнесенных в пространстве на большие расстояния. Эти импульсы, вообще говоря, порождают некоторые согласованные действия, выполняемые в передатчике и дешифраторе.

Дешифратор содержит ряд дескремблеров DS_0, DS_1, \dots, DS_k , с помощью которых скремблированные данные $B_0'', B_1'', \dots, B_k''$ преобразуются к первоначальному виду D_0, D_1, \dots, D_N . Все дескремблеры имеют одинаковую структуру. Их генераторы дескремблирующих сигналов формируют псевдослучайные последовательности битов, совпадающие с соответствующими скремблирующими последовательностями.

По «зеркальной» аналогии с работой передатчика, сигнал J_0^* (J_1^*, \dots, J_k^*) устанавливает дескремблер DS_0 (DS_1, \dots, DS_k) в некоторое заранее известное начальное состояние. По этому же сигналу дешифратор извле-

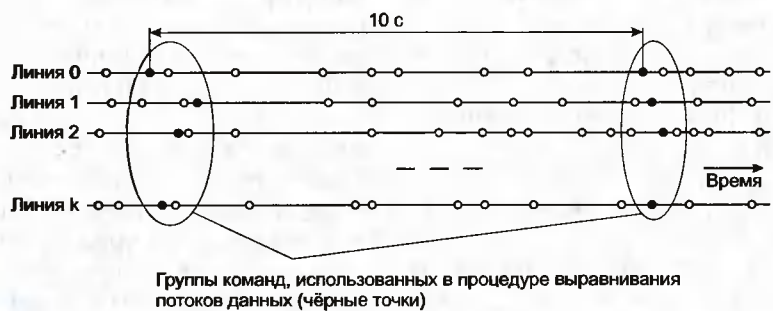


Рис. 7

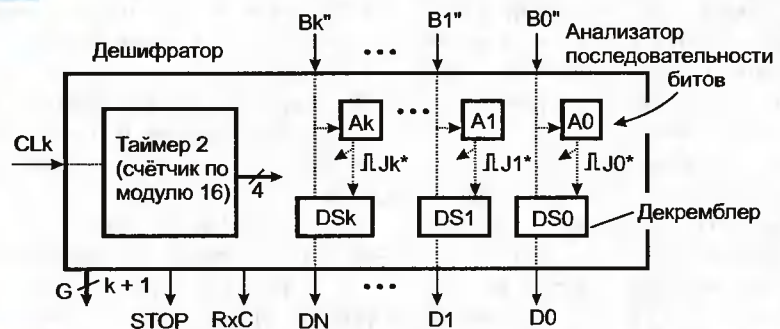


Рис. 8

кает из потока дескремблированных данных D0 (D1, ..., DN) команду. Если она имеет отношение к выравниванию потоков данных, то в ее четырех младших разрядах содержится показание таймера 1 на момент ее вставки в поток данных передатчиком. Это показание запоминается вместе с текущим показанием таймера 2.

Итак, в результате вставки в поток данных группы команд, обозначенных на рис. 7 черными точками, в дешифратор примерно через каждые 10 с поступают группы из k+1 четырехразрядных кодов — показаний таймера 1. Одновременно с этим запоминаются соответствующие группы из k+1 четырехразрядных кодов — показаний таймера 2. Если потоки уже выровнены, то в каждой паре групп взаимное расположение показаний таймера 1 на замкнутом в кольцо отрезке числовой оси (0—15) должно быть подобным взаимному расположению кодов, считанных с таймера 2 в соответствующие моменты. Подобие заключается в том, что коды либо точно совпадают, либо циклически сдвинуты относительно друг друга на некоторую постоянную величину. Поясним сказанное примерами.

Пример 1. Пусть k = 3; потоки выровнены; переданные по линиям 0—3 показания таймера 1 таковы — 6, 13, 7, 2. Показания таймера 2 в моменты распознавания команд на линиях 0—3 могут быть такими:

- 6, 13, 7, 2 — показания таймеров 1 и 2 совпадают;
- 7, 14, 8, 3 — таймер 2 «спешит» на один такт по отношению к таймеру 1;
- 8, 15, 9, 4 — то же, различия на два такта;
- 9, 0, 10, 5 — то же, различия на три такта;
-
- 4, 11, 5, 0 — то же, различия на 14 тактов;
- 5, 12, 6, 1 — таймер 2 спешит на 15 тактов или, что то же самое, отстает на один такт.

Таким образом, если показания таймера 2 в моменты получения команд совпадают с одной из перечисленных четверок кодов, то это означает, что потоки выровнены.

Пример 2. Пусть k = 3; поток данных по линии 3 отстает от остальных (передаваемых по линиям 0, 1 и 2) на два такта; посланные в линии 0—3 показания таймера 1 те же, что и в примере 1 — 6, 13, 7, 2. Показания таймера 2 в моменты распознавания

команд на линиях 0—3 отличаются от приведенных в примере 1 в четвертом столбце (выделены курсивом):

- 6, 13, 7, 4 — показания таймеров 1 и 2 совпадают при регистрации трех команд из четырех;
- 7, 14, 8, 5 — таймер 2 «спешит» на один такт по отношению к таймеру 1, если иметь ввиду первые три команды;
- 8, 15, 9, 6 — то же, различия на два такта;
- 9, 0, 10, 7 — то же, различия на три такта;
-
- 5, 12, 6, 3 — таймер 2 спешит на 15 тактов или, что то же самое, отстает на один такт, если иметь в виду первые три команды.

Как видим, расхождения между показаниями таймеров 1 и 2 прослеживаются на приемной стороне достаточно легко — различия в сторону увеличения ожидаемого времени усматриваются только в четвертом столбце приведенного списка возможных результатов регистрации. Из этого следует, что для выравнивания потока данных D3 с остальными потоками следует уменьшить степень заполнения буфера FIFO_3 на две единицы, тогда поток данных по линии 3 будет приходить на вход дешифратора на два такта быстрее, что и требуется. Как было показано ранее, коррекция уровня заполнения выбранного буфера выполняется с помощью ряда операций приостановки работы счетчика-указателя адреса чтения (сигналами G, STOP).

Пример 3. Рассмотрим немного более сложную кодовую ситуацию, при которой разбег данных, поступающих в дешифратор по разным линиям, настолько велик, что с первого взгляда довольно сложно оценить «степень бедствия» и принять меры по выравниванию потоков. Так же как и в предыдущих примерах, предположим, что k = 3, а переданные по линиям 0—3 показания таймера 1 таковы — 6, 13, 7, 2. Показания таймера 2 в моменты распознавания команд на линиях 0—3 примем равными 3, 11, 2, 11.

Для нормирования исходных данных преобразуем их и представим в виде двух матриц A и B, как показано на рис. 9, 10.

Каждая строка матрицы A содержит одну эквивалентную заданной (6, 13, 7, 2) четверку кодов в таймере 1. Существуют 16 четверок эквивалентных кодов, полученных последова-

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 7 & 1 & 12 \\ 9 & 0 & 10 & 5 \\ 15 & 6 & 0 & 11 \\ 4 & 11 & 5 & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 8 & 15 & 8 \\ 8 & 0 & 7 & 0 \\ 1 & 9 & 0 & 9 \\ 8 & 0 & 7 & 0 \end{bmatrix}$$

Рис. 9

$$C = B - A = \begin{bmatrix} 0 & +1 & -2 & -4 \\ -1 & 0 & -3 & -5 \\ +2 & +3 & 0 & -2 \\ +4 & +5 & +2 & 0 \end{bmatrix}$$

Рис. 10

тельным циклическим смещением исходной четверки кодов по замкнутому в кольцо отрезку числовой оси — ...0, 1, 2, ..., 14, 15, 0, 1, 2... Результаты такого смещения:

- 6, 13, 7, 2 — исходная четверка кодов (смещения нет);
- 7, 14, 8, 3 — смещение на одну позицию;
- 8, 15, 9, 4 — смещение на две позиции;
- 9, 0, 10, 5 — смещение на три позиции;
-
- 4, 11, 5, 0 — смещение на 14 позиций;
- 5, 12, 6, 1 — смещение на 15 позиций.

В данном случае в матрице A представлены четыре характерные четверки кодов, содержащие 0 в первой, второй, третьей и четвертой позициях. Первая строка матрицы получена прибавлением к каждому из исходных чисел константы 10 (применено сложение по модулю 16): 6+10 = 0; 13+10 = 7; 7+10 = 1; 2+10 = 12. Вторая строка получена прибавлением к каждому из исходных чисел константы 3 — 6+3 = 9; 13+3 = 0; 7+3 = 10; 2+3 = 5 и т. д.

Напомним, что по смыслу решаемой задачи важны не абсолютные значения показаний таймера 1, а их взаимное расположение.

Матрица B построена аналогично матрице A и содержит четыре четверки кодов в таймере 2, эквивалентные четверке (3, 11, 2, 11), приведенной в исходных данных. При сложении по модулю 16 в первой строке использована константа 13 (3+13 = 0; 11+13 = 8 и т. д.), во второй, третьей и четвертой строках — соответственно константы 5, 14, 5.

Чтобы оценить относительные расхождения показаний таймеров 1 и 2, рассмотрим матрицу C = B-A. Каждый ее элемент получен вычитанием по модулю 16 соответствующих эле-

ментов матриц В и А и смещением результата из диапазона 0...15 в диапазон -7...+7. Если бы потоки данных передавались без взаимных разбегов, то матрица С состояла бы только из нулевых элементов, но в данном примере имеются существенные разбеги потоков.

В левой позиции первой строки матрицы С содержится число 0. Это соответствует предположению о том, что первый поток данных (D0) передается правильно, а разбегам могут подвергаться только другие потоки. Так, второй поток (D1) задержан относительно первого на один такт (во второй позиции первой строки матрицы С записано число +1). Иными словами, в момент получения команды, вставленной передатчиком во второй поток, в таймере 2 зарегистрирован код, на единицу больший ожидаемого. Следовательно, для достижения совпадения между ожидаемым и фактическим значениями кодов в таймере 2 нужно уменьшить задержку на пути следования второго потока или, что то же самое, уменьшить степень заполнения буфера FIFO_1 на единицу.

Результат такого уменьшения показан на рис. 11, а (второй столбец левой диаграммы).

Напомним, что до выравнивания потоков данных все буферы были заполнены до уровня 50%. Степень заполнения буфера FIFO_0 оставлена без изменения в силу ранее сделанного предположения о правильном (без запаздывания или опережения) прохождении через него потока D0. Уровень заполнения буфера FIFO_1, как только что было обосновано, снижен на одну ячейку. Уровни заполнения буферов FIFO_2 и FIFO_3 повышены соответственно на две и четыре ячейки относительно исходного, так как соответствующие потоки данных (D2 и D3) приходят к финишу на два и четыре такта ранее

ожидаемых моментов (числа -2 и -4 в третьей и четвертой позициях первой строки матрицы С).

Вторая строка матрицы С соответствует диаграмме на рис. 9, б. Эта диаграмма привязана к начальному уровню заполнения (50%) уже не в первом, а во втором столбце, т. е. предполагается, что поток данных D1 через буфер FIFO_1 принят за эталон, а остальные потоки выровнены относительно него. Эти потоки в исходном состоянии в разной степени опережали эталонный поток (на 1, 3 и 5 тактов), поэтому задержки (уровни заполнения) соответствующих буферов в той же мере увеличены.

Третья и четвертая строки матрицы С соответствуют диаграммам на рис. 9, в, г. В качестве эталонных здесь выбраны потоки данных D2 и D3 через буферы FIFO_2 и FIFO_3. На последней диаграмме уровни заполнения буферов FIFO_0—FIFO_2 снижены на 4, 5 и 2 ячейки относительно первоначального, так как соответствующие потоки приходили с опозданием на 4, 5 и 2 такта относительно потока D3.

Приведенные на рис. 11 диаграммы имеют одинаковые поверхностные рельефы заполнения буферов, но эти рельефы по-разному смещены относительно первоначального уровня (50%). Для «принятия к исполнению» целесообразно выбрать диаграмму, показанную на рис. 11, в, так как в ней средний уровень заполнения буферов остается близким первоначальному. Значительные отклонения уровней, такие как на рис. 11, б, г, в той или иной мере приближают соответствующие буферы к переполнению или опустошению; то и другое приводит к потере работоспособности системы. Для выбора оптимального варианта выравнивания потоков данных достаточно просмотреть строки матрицы С и выбрать одну из них, в которой максимальное положительное число близко к абсолютному значению мак-

симального отрицательного. В данном случае этому условию удовлетворяет третья строка матрицы С — (+2, +3, 0, -2).

Выбранная диаграмма (в данном примере соответствующая рис. 11, в) запоминается в памяти микропроцессора дешифратора и в дальнейшем используется в качестве исходной при необходимости внесения коррекции положения потоков данных.

Для уменьшения задержки передачи данных через систему желательно приблизить поверхностный рельеф заполнения буферов к нижней границе, оставив минимальный запас во избежание опустошения памяти. Эта задача здесь не рассматривается.

Применение четырехразрядных таймеров 1 и 2 позволяет обнаруживать и корректировать взаимные сдвиги потоков данных на величину, не превышающую ± 7 бит. С увеличением разрядности таймеров корректирующие возможности системы выравнивания задержек повышаются. В общем случае максимально допустимый корректируемый сдвиг потоков данных равен $\pm(2^h-1)$, где h — разрядность таймеров.

Ранее предполагалось, что команды в потоках B0, B1, ..., Bk не перекрываются во времени, что фактически и наблюдается, так как вероятность перекрытия исчезающе мала. Реакция дешифратора на обнаружение перекрытий команд, когда задержка между любой парой импульсов $J0^*$, $J1^*$, ..., Jk^* (рис. 8) составляет четыре такта или менее, может состоять в том, что соответствующие наложенные друг на друга команды просто игнорируются. На время присутствия перекрывающихся во времени команд выдача сигналов TxС и RxС синхронизации входных и выходных данных блокируется, так что данные передаются правильно.

Ранее предполагалось также, что команды передаются группами с интервалом, примерно равным 10 с (рис. 7). Однако это условие было принято лишь для упрощения описания идеи построения системы. Команды не обязательно должны быть объединены в группы — они могут быть произвольно распределены во времени. Для формирования матриц А, В и С дешифратор может выбирать любые команды (относящиеся к выравниванию потоков данных) из разных линий.

Для ускорения адаптации системы к взаимному сдвигу потоков данных

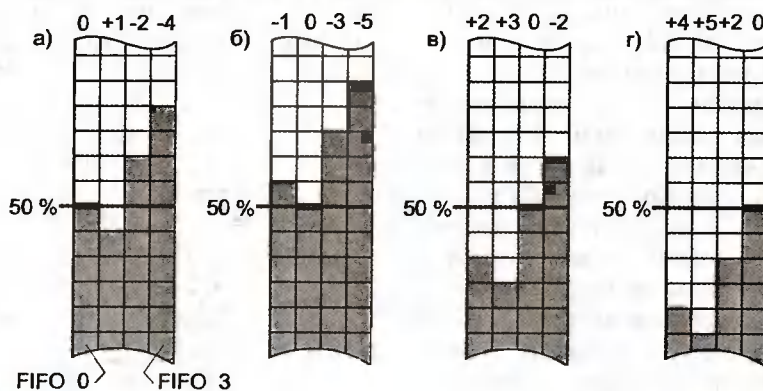


Рис. 11

передатчик на этапе установления связи с приемником может искусственно вставлять коды Z и соответствующие команды непосредственно в выходные потоки, не дожидаясь «естественного» формирования этих кодов в соответствии с законами теории вероятностей. В дальнейшем система слежения за правильностью совмещения потоков данных работает только в описанном ранее «вероятностном» режиме.

Ускоренная адаптация применима также в том случае, когда узел, в котором размещен передатчик, получает от узла, в котором находится дешифратор, информацию об устойчивой ошибке в принимаемых данных.

Выводы

При выравнивании потоков данных, передаваемых по параллельной группе линий связи, на удаленной стороне системы решается задача, включающая:

- совмещение границ битовых интервалов всех принятых потоков;
- выравнивание моментов прибытия битов, принадлежащих одному параллельно переданному слову.

Первая часть задачи достаточно проста. Ее решение может быть основано на выделении синхросигнала из каждого потока данных и использовании буферной памяти типа FIFO с отдельными входами синхронизации записи и общим входом синхронизации чтения.

Вторая часть задачи решается более сложными средствами.

В известном решении [3] использованы одна или две дополнительные линии канала связи. Для выявления и коррекции сдвигов между потоками данных дешифратор формирует таблицу текущих данных, анализирует ее и набирает статистическую информацию о положении битов синхронизации. Помимо этого дешифратор проводит динамическую коммутацию потоков данных. Все это усложняет аппаратуру и требует выполнения большого числа вычислительных операций.

Предлагаемое решение, основанное на вероятностной синхронизации, обладает следующими преимуществами.

Во-первых, нет необходимости использовать дополнительные линии

связи — число линий совпадает с разрядностью параллельно передаваемых кодов.

Во-вторых, нет необходимости формировать в реальном времени таблицу данных и проводить ее статистический анализ — вычисление степени расхождения потоков проводится однократным сопоставлением показаний таймеров, разрядность которых невелика (в приведенном примере она равна четырем). Кроме того, нет необходимости выполнения динамической коммутации потоков данных. Таким образом, уменьшена требуемая вычислительная мощность аппаратуры дешифратора.

Вводимая в потоки избыточность невелика — порядка нескольких бит в секунду или менее в зависимости от требуемого периода мониторинга расхождения задержек сигналов в линиях канала связи. Выравнивание задержек, как и в известном решении, достигается регулированием уровней заполнения блоков буферной памяти.

Борис Шевкопляс,
г. Москва

Высоковольтные мощные широкополосные усилители на составных транзисторах

В статье рассмотрены вопросы равномерного распределения токов и напряжений в последовательных цепях транзисторов (ПЦ), улучшения КПД, создания макроконструкций усилителей. Последовательные цепи из N транзисторов (части составного транзистора) гарантируют усилителю большую амплитуду выходного напряжения, уменьшенное в N раз влияние емкости коллектор-база на частотную характеристику усилителя, диапазон рабочих частот в 5... 10 раз больший по сравнению с каскадом на одном транзисторе.

Сочетание «высоковольтный мощный широкополосный» характерно для электровакуумных приборов. К примеру, тетрод ГУ-34-Б1 с мощностью накала катоды 12 Вт, напряжением анода 650 В при охлаждении потоком воздуха 100 м³/час обеспечивает мощность 0,5 кВт на частоте 50 МГц, имеет массу 1 кг, габариты 126×94 мм без вентилятора [1].

Можно ли подобные параметры получить от транзисторов? Когда разрабатывают высокочастотный транзистор, стремятся обеспечить малое время пролета неосновных носителей от эмиттера к коллектору — формируют тонкую базу, поэтому рабочее напряжение база-коллектор и мощность транзистора по-

лучают относительно небольшими. В настоящей статье рассматривается иная формула конструирования — что не может один транзистор, сделает группа рационально взаимодействующих элементов — составной транзистор, транзисторная структура.

Транзисторные структуры позволяют решить проблему, известную в электронике как порочный круг мощность-частота. Дело в том, что при увеличении тока и напряжения в погоне за мощностью и полосой пропускания увеличивается количество тепла, рассеиваемого транзистором. Поэтому возрастает площадь коллекторного перехода, в результате растут емкости транзистора, что не позволя-

ет сохранить верхнюю частоту полосы пропускания прибора.

Используя групповое взаимодействие транзисторов, можно сконструировать мощный широкополосный высоковольтный составной транзистор (СТ) в два этапа.

Вначале создается групповой генератор высокочастотного тока (ВЧ-тока) из высокочастотных маломощных, но малоемкостных низковольтных транзисторов (рис. 1).

Затем этот генератор тока (ГТ на рис. 2) соединяется с последовательной цепью транзисторов — с высоковольтным усилителем (У) и эмиттерным повторителем (ЭП).

В генераторе тока рис. 1 транзисторы VT1, VT2 соединены по схеме Дарлингтона, а элементы эмиттерных цепей выбираются так, что переменные токи транзисторов оказываются одинаковыми. Если в группах

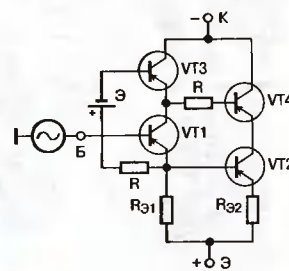


Рис. 1

VT1, VT2 и VT3, VT4 применить по m транзисторов, то m токов суммируются в общем коллекторе К генератора ВЧ-тока. Входная емкость схемы Дарлингтона невелика и уменьшается с помощью эмиттерных повторителей на транзисторах VT3, VT4. Транзисторы VT1 и VT3, VT2 и VT4 — это составные транзисторы Грибанова [2]. Здесь входной сигнал, взятый с эмиттера транзистора VT1, повторяется в эмиттере транзистора VT3 и на коллекторе транзистора VT1. Так компенсируется емкость перехода база-коллектор транзистора VT1. Аналогично компенсируется эта же емкость транзистора VT2. Для ограничения утечек ВЧ-тока из узла К через емкости коллектор-база на эмиттеры транзисторов VT1, VT2 установлены резисторы R.

На рис. 2 индексом «У» выделен высоковольтный усилитель — составной транзистор Николаевского [3]. Это — последовательная цепь из N (в данном случае — из трех) транзисторов с делителем R1R2R3, распределяющим напряжение на «горячем» выводе коллекторной нагрузки $R_{К3}$ между базами транзисторов VT1, VT2, VT3. Цепь R1R2R3... — это делитель-распределитель напряжения. Аналогично строится высоковольтный эмиттерный повторитель ЭП — транзисторы VT4, VT5, VT6 [4]. Базы транзисторов VT2, VT3 усилителя (У) специально изображены на одной горизонтали, на одной эквипотенциальной линии с базами транзисторов VT5, VT6 повторителя (ЭП), поскольку возможно объединение баз, обмен токами баз транзисторов п-р-п и р-п-р структуры. Тогда для усилителя У и эмиттерного повторителя ЭП достаточно общего делителя R1R2R4 [4], резисторы R3, R5, R6 исключаются. При таком объединении переменное напряжение нагрузки $R_{Э4}$ равномерно распределяется между транзисторами [6]. Транзисторы усилителя и повторителя с общим делителем R1R2R4 работают как единый прибор — если генератор тока задает нижнему транзистору VT1 приращение тока, то верхние N транзисторов (здесь $N = 3$) передают это приращение в нагрузку $R_{К3}$. Приращение напряжения нагрузки $R_{Э4}$ распределяется делителем из резисторов R1R2R4 между транзисторами обеих цепочек.

Цепи рис. 2 логично назвать удлиненными транзисторами (УТ). Физическая длина УТ, как будет показано, может превышать длину волны $\lambda = c/f$ рабочей частоты f .

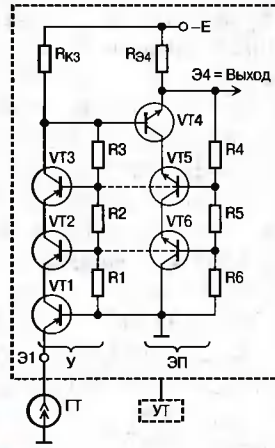


Рис. 2

Исследование утечек высокочастотных токов с нагрузки усилителя $R_{К3}$ рис. 2 через емкости база-коллектор и база-эмиттер транзисторов показывает [4], что делитель-распределитель напряжения R1R2R4 имеет малую утечку с коллектора VT4 на общий провод, если R1, R2, R4 больше $R_{К3}$. Переменное напряжение базы любого транзистора повторяется в его эмиттере, так компенсируются емкости база-эмиттер. Возможна утечка ВЧ-тока через последовательно включенные емкости коллектор-эмиттер. Но эти емкости малы — даже для мощных транзисторов они не превышают 1 пФ.

Удлиненные транзисторы открывают новые возможности для коррекции АЧХ — продвигаясь по узлам последовательных цепей рис. 2, обнаруживаем небольшие фазовые сдвиги напряжений, соединяя узлы емкостями 5...20 пФ, находим связи, расширяющие полосу усиливаемых частот в несколько раз [4].

Следуя логике построения симметричных транзисторных структур типа «дифференциальный усилитель», создадим симметрично-комplementарный дифференциальный усилитель (СКД-усилитель, мостовой усилитель). Он содержит две пары комплементарных п-р-п, р-п-р транзисторов и работает в режиме класса В (рис. 3).

При большой амплитуде сигнала положительный полупериод синусо-

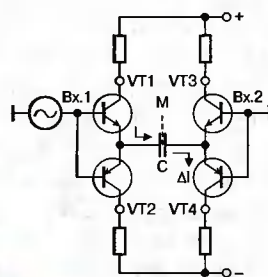


Рис. 3

идального напряжения, приложенного ко входу 1, увеличивает ток эмиттеров VT1, VT4. Транзисторы VT2, VT3 в это время закрыты. Отрицательный полупериод входного сигнала увеличивает токи транзисторов VT2, VT3, но закрывает транзисторы VT1, VT4. Приращения эмиттерных токов ΔI протекают слева направо, а затем справа налево через эмиттерную нагрузку, в данном случае, через емкость С. На нагрузке суммируются положительный и отрицательный полупериоды напряжения сигнала. Левая и правая пластины конденсатора С заряжаются симметрично, потенциал центральной точки М не изменяется. Заряженный эмиттерными токами VT1, VT4, конденсатор С быстро разряжается через эмиттеры VT2, VT3.

Если на вход СКД-усилителя подать положительный скачок напряжения и выбрать малую емкость конденсатора С, на коллекторах VT1, VT4 обнаружим всплески «продифференцированного» входного сигнала. Если объединить коллекторы VT1, VT3 и VT2, VT4, в точках их объединения получим колебания удвоенной частоты.

Если заменить транзисторы VT1—VT4 мостового усилителя рис. 3 удлиненными транзисторами УТ1, УТ2, УТ3, УТ4, обозначенными условно на рис. 4 и выполненными по аналогии с рис. 2, получим мощные широкополосные высоковольтные каскады (составные транзисторы).

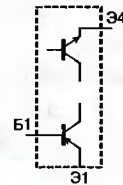


Рис. 4

На рис. 5 показан принцип построения такого СТ без вспомогательных цепей.

Для изображения структуры рис. 5 использована фигура удлиненного транзистора с рис. 4. Составной транзистор способен работать на резистивную или емкостную нагрузку в режиме класса В.

Удлиненные транзисторы с переменными токами i_1-i_4 противоположных направлений следует расположить рядом (УТ1+УТ4, УТ2+УТ3 — рис. 5) на расстояниях $d \ll \lambda/4$, $\lambda = c/f$, т. е. объединить их в «неизлучающую» линию с распределенными параметрами. В этом случае излучение энергии в окружающую среду окажется

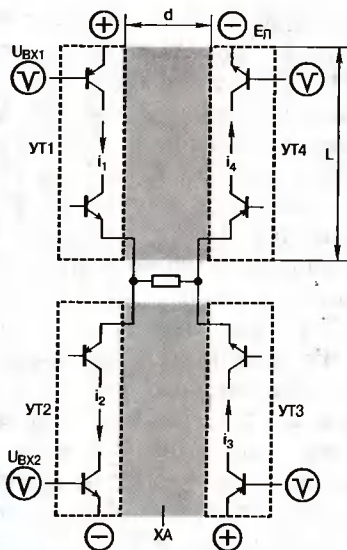


Рис. 5

минимальным, а длина конструкции l может превышать длину волны λ рабочей частоты усилителя. Так создаются макроконструкции составных транзисторов, ВЧ-усилителей. Транзисторы полезно снабдить теплоотводами, применить принудительное охлаждение (хладоагент ХА на рис. 5). Показаны U_{BX} — противофазные напряжения входных сигналов, $E_{П}$ — полярность источников питания; i_1-i_4 , i_2-i_3 — мгновенные токи УТ1—УТ4.

В таком варианте СКД-каскады на удлинённых транзисторах — конкуренты мощным высоковольтным высокочастотным электровакуумным приборам.

В работе [4] уделено внимание особенностям изучения составных транзисторов, барьеру, который возникает в восприятии инженеров, осваивающих технику их использования. Показано, что какие угодно последовательные цепи из транзисторов нельзя классифицировать фразой «все они каскоды». Надо говорить о составных транзисторах, о последовательных цепях из транзисторов, «удлинённых» транзисторах. Невыгодно выделять в структуре составного транзистора привычные подходы «общий эмиттер», «общая база», затем анализировать систему обратных связей между ними. Следует выявить функциональный минимум структуры, законы взаимодействия ее элементов, использовать эти законы для расчетов структур.

Функциональный минимум СТ — простая последовательная цепь (ПЦ). На рис. 2 она обозначена «У», составлена из биполярных транзисторов, имеет следующие свойства

- ток транзисторов определяет нижний, задающий каскад;
- транзисторы автоматически уравнивают свои напряжения $U_{БЭ}$ в соответствии с током, заданным эмиттеру и фиксированным напряжением база-общий провод [2].
- отрицательная обратная связь, типичная при соединении базы с коллектором, в ПЦ не работает, поскольку невозможно изменить ток эмиттера нижнего транзистора;
- емкость, шунтирующая нагрузку ПЦ, уменьшена;
- шумовое напряжение нагрузки ПЦ определяется шумом только первого каскада.

При больших токах выявляется недостаток ПЦ, состоящей из биполярных транзисторов. Так, перемещаясь от задающего каскада к нагрузке, мы обнаруживаем постепенное уменьшение токов коллекторов, возрастание токов баз и токов в делителе-распределителе, рост напряжений на резисторах делителя (если они одинаковы), неравные напряжения КЭ транзисторов [5].

Указанную особенность выясним, рассчитывая ПЦ из трех транзисторов (рис. 2, подсхема «У»). Пусть импульсный генератор ГТ выдает скачок тока 1 А, а усиление тока мощных транзисторов $h_{21Э} = 9$. Ток ГТ = 1 А, при этом ток базы первого транзистора $I_{Б1} = 1/(h_{21Э}+1) = 0,1$ А, ток его коллектора 0,9 А. Аналогично, токи баз транзисторов VT2 и VT3 — 0,09 и 0,081 А.

Минимальное напряжение U на резисторе R1 должно быть около 5 В. Такое напряжение обеспечит нормальное смещение переходов база-эмиттер и база-коллектор транзисторам VT2 и VT1. Рассчитаем сопротивление резистора R1.

$$R1 = U/I_{Б1} = 5 \text{ В}/0,1 \text{ А} = 50 \text{ Ом.}$$

Если $R1 = R2 = R3 = 50 \text{ Ом}$, то напряжения на резисторах делителя составят 5; 9,5; 13,55 В соответственно. Общее напряжение делителя $5+9,5+13,55 \approx 28 \text{ В}$. Чтобы получить на $R_{К3}$ импульс 100 В при токе 1 А, применим $R_{К3} = 100 \text{ Ом}$, выберем напряжение источника питания $E = 128 \text{ В}$.

Если генератор тока выключен, токи баз близки к нулю. Через резистор $R_{К3}$ и делитель R1R2R3 протекает ток $E/(R_{К3}+R1+R2+R3) = 0,512 \text{ А}$. Этот ток создает остаточное напряжение на $R_{К3}$ примерно 51 В. Таким образом, при пульсациях тока ГТ 0...1 А перепады напряжения на резисторе $R_{К3}$ составят всего 49 В.

В результате можно сделать вывод, что транзисторы должны иметь коэффициенты усиления тока $h_{21Э} = 1000$ и более. Чтобы уменьшить остаточное напряжение, надо снизить токи баз, увеличить сопротивления делителя, пропустить через них дополнительный ток $I_{Д}$. Иначе говоря, к транзисторам VT1, VT2, VT3 надо подключить усилители тока VT1', VT2', VT3' с усилением $h_{21Э}'$ — рис. 6.

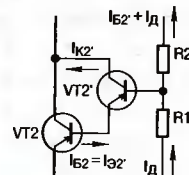


Рис. 6

Если $h_{21Э}' = 200$, то усилители VT1', VT2', VT3' уменьшают токи делителя R1R2R3 в 200 раз, возвращают токи баз транзисторов VT1, VT2, VT3 в их коллекторы ($I_{К2}' \approx I_{Б2}$ — рис. 6), улучшают распределение напряжений на резисторах делителя.

Теперь можно выбрать $R1 = R2 = R3 = 3 \text{ кОм}$, напряжение U на R1, R2, R3 при токе ГТ = 1 А по 6 В, ток $I_{Д} = 1,5 \text{ мА}$. Напряжение источника питания можно уменьшить до 118 В, остаточное напряжение на $R_{К3}$ — до 1,3 В.

Широкополосность ПЦ из биполярных транзисторов обсуждается в работе [4]. Показано, что «удлинённые» транзисторы (три p-n-p + три n-p-n) расширяют полосу рабочих частот каскадов в 5...10 раз по сравнению с каскадом на одном транзисторе.

Заключение. Вполне разумно применять в ПЦ пары транзисторов, включенных по схеме Дарлингтона — группами VT2 + VT2', как на рис. 6 или в одном корпусе, как транзистор серии КТ829. Изготовители транзисторов, применяя ПЦ, могли бы выполнить в одном корпусе высоковольтный мощный широкополосный транзистор-микросхему. Используя такие транзисторы, как КТ941, КТ948 с любыми буквенными индексами, можно конструировать составные транзисторы, работающие на частотах в сотни мегагерц.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Б. И. Кацнельсон и др. *Электровакуумные электронные и ионные приборы. Справочник.* — М.: Энергия, 1976.

2. Ю. И. Грибанов. Измерение напряжений в высокоомных цепях. — М.: Госэнергоиздат, 1961, с. 40.

3. И. Ф. Николаевский. Эксплуатационные параметры и особенности применения транзисторов. М.: Связьиздат, 1963, с. 92.

4. Г. Ф. Прищепов. Составные транзисторы для широкополосных кас-

кадов. — Схемотехника, 2006, № 7, с. 9—11.

5. Г. Ф. Прищепов, Т. М. Прищепова. Расчет последовательных цепей из транзисторов. Полупроводниковые приборы в технике электросвязи. — М.: Связь, 1971, вып. 7.

6. Г. Ф. Прищепов. а. с. СССР

№ 1350820, МКИ H03F 3/2. Усилитель. Опубл. 07.11.87, Бюлл. № 41.

Геннадий Прищепов,
г. Таганрог

Автоматизация расчетов

При разработке какого-либо электронного устройства приходится прибегать к различным расчетам и использовать множество формул. Часто эти формулы забываются, и на их поиск тратится драгоценное время. Здесь описывается способ быстрого и легкого выполнения разнообразных расчетов.

Используя персональный компьютер с установленной на нем операционной системой Windows и программным пакетом Microsoft Office, можно избавиться от проблем, связанных с регулярным поиском нужных формул и самих рутинных расчетов. Для этого необходимо при помощи программы Microsoft Office Excel создать один небольшой файл с расчетными формулами и справочными данными и пользоваться им по мере необходимости.

Преимущество данного способа заключается в оперативности поиска формул и справок, наглядности представления, а так же ускорении и автоматизации расчетов.

Еще одним преимуществом данного способа расчетов является то, что результат вычислений можно скопировать с помощью буфера обмена в другую программу.

Пример такого файла с названием helpdsgn.xls создан автором и предлагается читателям к использованию, а также в качестве заготовки с возможностью постепенного добавления в него новых расчетных формул и справочных данных. Этот файл можно найти на сайте редакции журнала по адресу www.dian.ru/programs.

Рассмотрим содержимое этого файла и способ его дополнения новыми записями. В нем заложены наиболее часто используемые формулы для расчета электрических параметров цепей и схем, а также справочные таблицы. К их числу относятся формулы для расчета сопротивления, тока и напряжения электрической цепи по закону Ома, формулы расчета реактивного сопротивления конденсатора и индуктивности, справочные

данные по рядам сопротивлений и другие полезные для расчетов формулы и справки.

На рис. 1 приведена копия экрана первого листа файла helpdsgn.xls.

Здесь представлены формулы для вычисления электрических величин. Например, закон Ома представлен тремя формулами для вычисления на-

Электрические величины	U[A]	U[B]	R[Ohm]	P[W]
Закон Ома				
$U[A] = U[B] / R[Ohm]$	0,005	5	1000	0,025
$R[Ohm] = U[B] / I[A]$	1	5	5	5
$U[B] = I[A] * R[Ohm]$	0,1	3	30	8,3
$P[W] = I[A] * U[B] = U[B] * I[A] = R[Ohm] * I[A]^2 = U[B]^2 / R[Ohm]$				
Реактивное сопротивление емкости	Xc[Ohm]	F[Hz]	C[mF]	
$Xc[Ohm] = 1 / (2 * PI * F[Hz] * C[mF])$	3183,095	0,05	1	
	0,159155	100	10	
Реактивное сопротивление индуктивности	Xl[Ohm]	F[Hz]	L[mH]	
$Xl[Ohm] = 2 * PI * F[Hz] * L[mH]$	62,83185	10	1	
Мощность	P[W]	I[A]	U[B]	R[Ohm]
$P[W] = I[A] * U[B]$	5	1	5	
$P[W] = U[B] * I[A] = R[Ohm] * I[A]^2$	5	5	5	
$P[W] = U[B]^2 / R[Ohm]$	5	1	5	
Постоянная времени RC цепи	T[ms]	R[Ohm]	C[mF]	
$T[ms] = R[Ohm] * C[mF]$	1	1	1000	
	20	200	100	
	1	10	100	
Резонансная частота контура	F[Hz]	L[mH]	C[mF]	
$F[Hz] = 1 / (2 * PI * Корень(L[mH] * C[mF]))$	503,2924	0,1	1000	
	465	0,229702	510	
	1000	0,1	253,3029591	

Рис. 1

Физические величины	mm	Inch
Миллиметр[mm]-Дюйм[inch]		
$mm = 25,4 * inch$	2,54	0,1
$inch = mm / 25,4$	10	0,393701
Градус[C]-Фаренгейт[F]	C	F
$C = (F - 32) * 5/9$	0	32
$F = 32 + 9 * C/5$	10	50

Рис. 2

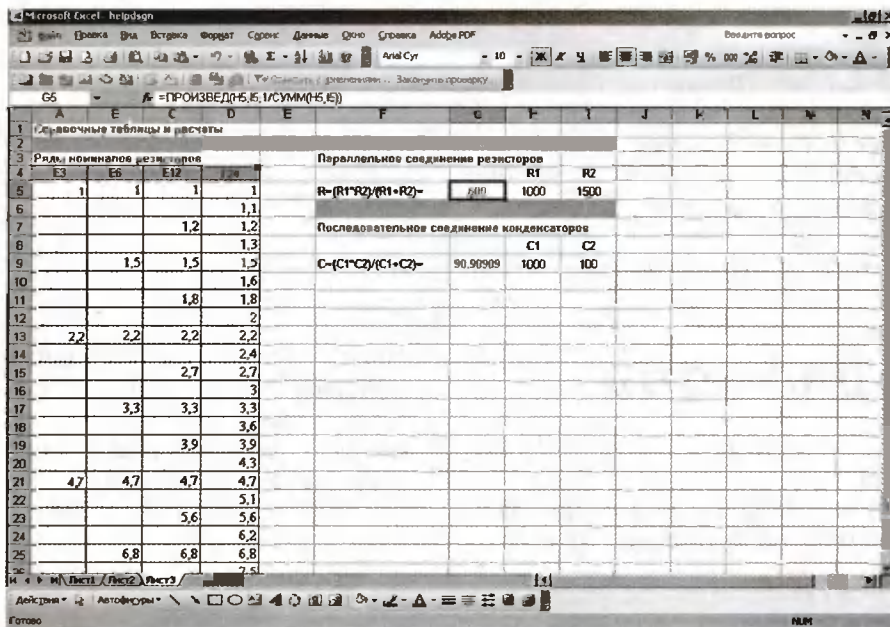


Рис. 3

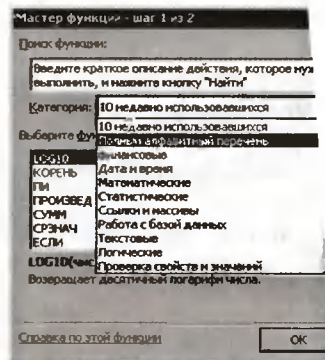


Рис. 4

Можно заполнять строки и без копирования. При этом данные вносятся в ячейки с туры, а для вставки функций зуются команды приложения Вставка->Функция. В появившемся окне программы (рис. 4) необходимо раскрыть список категории функций и выбрать в нем строку «Полюсавитный перечень».

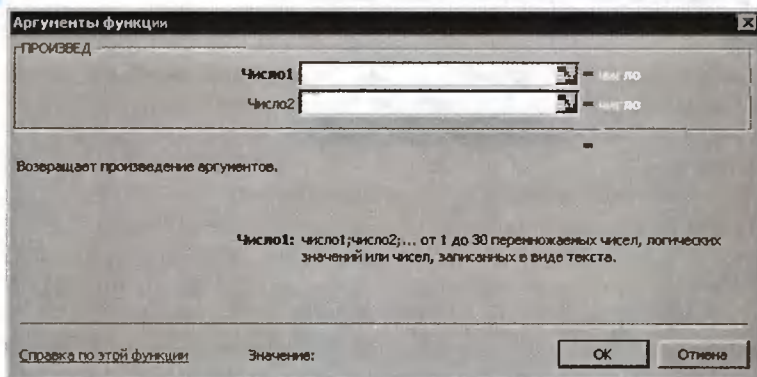


Рис. 5

пряжения U, тока I, и сопротивления R соответственно. Вводя новые числовые значения в соответствующие числовые ячейки таблицы, можно автоматически получить результат в ячейке выделенной жирным шрифтом (в файле — красным). Это происходит благодаря тому, что в эту ячейку записана формула для вычисления результата. Исходные формулы, на основе которых производятся вычисления, также записаны в крайних левых ячейках строк для справки.

На втором листе файла (рис. 2) присутствуют формулы и функции для перевода из одной системы измерения в другую таких физических величин, как длина и температура.

Третий лист (рис. 3) содержит справочную таблицу для выбора номинала резистора из стандартных рядов E3, E6, E12 и E24, а также формулы, используемые при параллельном соединении резисторов и последовательном соединении конденсаторов. При использовании этих формул размерности должны быть одинаковыми. Например, сопротивления в омах или килоомах, а конденсаторы — в пикофарадах или микрофарадах.

Для добавления в файл новых формул для автоматического расчета необходимо скопировать любые имеющиеся строки в конец файла и изменить содержимое ячеек этих строк.

После этого выбрать из функций необходимую для расчета функцию, задать для нее параметры (рис. 5) с помощью мышки, вводя эти параметры в дальнейшем вводимые пользователем.

Подобным образом можно делать файлы новыми формулами расчета разнообразных параметров электрических, физических и других величин, а также часто используемыми справочными таблицами.

Читатели могут при желании изменить форму представления этих данных предложенного файла по своему вкусу и, естественно, дополнять файл по мере необходимости. Для наглядности можно вставлять в файл различные диаграммы и рисунки иллюстрациями, а так же изменять размер ячеек, шрифта текста и цвет по своему вкусу.

Кроме того, можно добавлять в файл новые тематические разделы, используя функции Excel для вставки новых листов.

Олег Вальп
г. Миасс Челябинской об.

Редакция журнала «Схемотехника»

приглашает авторов к сотрудничеству по всем вопросам обращаться

e-mail: editor@dian.ru, тел./факс (095)777-12-15

Требования по оформлению статей см. в № 12, 2005, с. 42 и на сайте редакции www.dian.ru.

Гонорары выплачиваются авторам, проживающим на территории СНГ.

Внимание авторов и читателей!

Если вы обнаружите какие-либо ошибки в журнальных статьях, сообщите в редакцию, мы опубликуем поправки. Ваши поправки будут, по возможности, учтены при выпуске очередного диска с содержанием журнала.

Редакция

Работа с микроконтроллерами Atmel

Цикл статей нашего автора позволит освоить применение микроконтроллеров AVR фирмы Atmel многим начинающим работу с такими приборами, а также уже имеющим опыт работы с микроконтроллерами других типов.

Для работы с восьмиразрядными микроконтроллерами AVR корпорации Atmel (далее — микроконтроллеры) понадобится программное обеспечение разработки и отладки проектов, документация на микроконтроллеры, программатор и источник питания.

Программное обеспечение, документацию на различные программаторы можно приобрести в магазинах или у дилеров, кроме того, все необходимое, включая схему программатора, а также компьютерную программу, обеспечивающее его работу, можно найти в Интернете. Ниже приводятся ссылки на соответствующие материалы.

Все необходимые материалы для разработки и отладки программного обеспечения на ассемблере можно найти на сайте корпорации Atmel <http://www.atmel.com>.

Обычно достаточно перейти в раздел Products или Product selector http://www.atmel.com/products/product_selector.asp и выбрать интересующую группу компонентов — AVR 8-bit RISC. Выбор группы обеспечит доступ ко всем необходимым ресурсам. Software&Application — программное обеспечение и примеры программ, Datasheets — техническая документация на микроконтроллеры, Parametric Table — сводная таблица параметров.

Для работы понадобится загрузить с сайта последнюю версию интегрированной среды разработки программного обеспечения для микроконтроллеров AVR, AVR Studio 4.12 http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/aStudio4b460.exe, последнее обновление AVR Studio — AVR Studio 4.12 Service Pack 1 http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/aStudio4.12SP1b462.exe.

Файлы с документацией на заменяемые микроконтроллеры, например, ATtiny2313, можно найти в таблице параметров, при его выборе откроется страница со ссылками на техническую документацию, с которой надо загрузить полную версию — <http://www.atmel.com/dyn/resources/>

prod_documents/doc2543.pdf.

Информацию о программаторах можно найти самостоятельно, для этого удобно воспользоваться поисковыми системами, обеспечивающими поиск по ключевым словам, например, <http://www.google.ru>. В качестве ключевых слов можно использовать фразу «программатор avr».

Предлагаемые для микроконтроллеров AVR программаторы можно классифицировать по способу загрузки программ в память микроконтроллеров и по подключению к компьютеру.

Программаторы с параллельной (побайтной) загрузкой программ практически не предлагаются. Их преимущества — высокая скорость программирования и некоторые дополнительные возможности, в частности, они позволяют установить в микроконтроллере защиту от работы с последовательным программатором. К недостаткам можно отнести необходимость извлечения микроконтроллера из устройства для перепрограммирования. Основное назначение таких программаторов — массовое программирование микроконтроллеров перед их установкой в изделие. Однако, используя программатор с последовательной загрузкой, например, совместно с микроконтроллером ATmega8, можно перепрограммировать его линию RESET (системный сброс микроконтроллера) так, что в дальнейшем она будет функционировать как обычная линия ввода/вывода, после этого перепрограммировать микроконтроллер тем же программатором с последовательной загрузкой становится невозможно. Объясняется это тем, что для его работы требуется функционирование упомянутой линии именно в режиме RESET. Восстановить работу линии в режиме RESET можно только с помощью параллельного программатора.

Для разработчика более удобен программатор с последовательной (побитной) загрузкой программ в микроконтроллер. При соблюдении некоторых мер на этапе проектирования, о которых будет упомянуто

позже, с помощью последовательно-го программатора микроконтроллер можно запрограммировать, не извлекая его из системы.

Программаторы подключают к порту компьютера — LPT, COM, или USB.

Простейший программатор представляет собой несколько проводников, подключаемых, с одной стороны, к порту LPT, а с другой — к программируемому микроконтроллеру, но такой программатор работает неустойчиво, а проводники должны быть как можно короче.

Вполне приемлемы программаторы, подключаемые к порту LPT через разъем DB25. В корпусе такого разъема размещается печатная плата программатора. При длине кабеля до 1 м, напряжении питания +5 В и отсутствии посторонних цепей, подключаемых к линиям программатора, сбоев при программировании не происходит. Основой такого программатора обычно является микросхема 74HC244, при напряжении +5 В ее успешно заменяет микросхема КР1533АП5. Питая такой программатор вместе с программируемым микроконтроллером можно от одного источника.

Очень удобно, если после программирования микроконтроллера компьютерная программа переводит все выходные линии программатора, связанные с микроконтроллером, в высокоимпедансное состояние — в этом случае нет необходимости каждый раз после программирования микроконтроллера отключать программатор.

Многие микроконтроллеры имеют встроенный универсальный асинхронный приемопередатчик, поэтому обмен данными с компьютером удобно организовывать через COM-порт. Поскольку не каждый компьютер имеет два COM-порта, несомненным достоинством программатора, подключаемого к порту LPT компьютера, является возможность взаимодействия микроконтроллера с компьютером через COM-порт без отключения программатора и микроконтроллера от компьютера. При использовании программатора, подключаемого к COM-порту компьютера, придется постоянно подсоединять то программатор, то микроконтроллер к COM-порту, разъем которого к тому же находится на задней панели компьютера.

Если вы решите сделать программатор самостоятельно по материалам, найденным в Интернете, нужно учесть, что с выбранным вариантом

программатора будет работать приложение, написанное именно для этого варианта. Если приложение для программатора, подключаемого к порту LPT, было написано для операционной системы Windows98, для работы под WindowsXP понадобится установить дополнительное программное обеспечение, так как в таких приложениях обычно использовалось прямое обращение к портам ввода-вывода, а в операционной системе WindowsXP такое обращение блокируется. Приложение должно поддерживать программирование как памяти программ, так и электрически стираемой памяти EEPROM всех выпускающихся микроконтроллеров группы. Должно быть обеспечено считывание служебных битов микроконтроллера (Signature byte — информация о типе микроконтроллера, Calibration byte — индивидуальный параметр микроконтроллера, обеспечивающий программную подстройку тактовой частоты в режиме работы с внутренним тактовым генератором, Fuse bytes — параметры, определяющие режим работы микроконтроллера). Должна быть обеспечена запись Fuse bytes, битов защиты памяти программ от считывания Lock Bits.

Удобно, если программатор имеет следующие функции — диагностику подключения питания и программатора к компьютеру, счетчик программирования, возможность перевода линий программатора в высокоимпедансное состояние, выполнение при нажатии одной кнопки последовательности действий — загрузку последней редакции файла программы в буфер, стирание памяти, загрузку программы в память микроконтроллера.

Дополнительные функции программатора — это расчет контрольной суммы, считывание программы из памяти, просмотр и сохранение в файл, проверка очистки памяти.

Обычно микроконтроллер и программатор питаются от одного источника напряжением +5 В. Желательно использовать источник с регулируемым током срабатывания защиты, что позволит обезопасить как микроконтроллер, так и программатор при ошибках в монтаже контроллера, при неверном подключении питающих проводников, а также при коротких замыканиях. Следует предварительно рассчитать ток потребления системы и установить соответствующий ток срабатывания защиты перед включением.

Указанным условиям соответству-

ют источники питания постоянного тока серии Б5-хх (например, Б5-44). Впрочем, можно сделать источник питания самостоятельно или даже питать микроконтроллер и программатор от гальванических элементов. Если блок питания компьютера имеет внешний выход с напряжением +12 В, достаточно сделать внешний стабилизатор напряжения +5 В.

Статьи и обзоры микроконтроллеров AVR, в том числе, на русском языке, можно найти на сайте <http://www.atmel.ru/>. Если при разработке возникнет необходимость в профессиональной консультации, можно попытаться получить ее на этом же сайте. Получить консультацию также можно, обратившись в службу технической поддержки корпорации Atmel.

Полезно просматривать материалы телеконференций по микроконтроллерам, их адреса можно найти с помощью поисковых машин, введя в строку запроса фразу «конференция по микроконтроллерам».

ПЕРВЫЙ ПРОЕКТ — КОНТРОЛЛЕР СИГНАЛИЗАЦИИ

Основные цели этого раздела:

- ознакомить читателя с основными этапами разработки контроллера и максимально быстро обучить приемам работы в среде разработки программ для микроконтроллеров AVR Studio 4;
- разобраться с организацией и работой портов ввода/вывода;
- понять принцип работы аппаратных прерываний микроконтроллера;
- пройти этапы разработки контроллера от схемы до отладки программы.

Разработка простого устройства сигнализации, подходящего для защиты помещений от вторжения — удобный пример, не перенасыщенный техническими деталями.

Пусть требуется изготовить простой контроллер сигнализации, работающей в следующих режимах:

- ожидание;
- вторжение;
- штатное отпирание двери;
- отпирание изнутри.

Питание устройства производится от аккумуляторной батареи напряжением 12 В. Батарея подзаряжается от сети переменного тока через зарядное устройство, которое здесь не рассматривается. Исполнительные устройства сигнализации питаются непосредственно от аккумуляторной батареи.

На дверь устанавливается кнопка. При закрытой двери кнопка нажата, ее контакты разомкнуты, при открытии двери или взломе контакты замыкаются.

Контроллер должен управлять электрическим замком. Открытие производится подачей на соленоид замка напряжения +12 В. При отсутствии напряжения на соленоиде замок запирается автоматически под действием пружинного механизма.

Напряжение на соленоид должно подаваться на короткое время после того, как кнопки устройства нажаты в определенной последовательности. При нажатии кнопки открывания замка внутри помещения замок должен открываться без ввода кода.

Для сигнализации используется светодиод на удаленном пульте, а также сирена. Для включения сирены на нее должна быть подана импульсная последовательность, частота повторения импульсов — 1 кГц, амплитуда импульсов — 12 В.

При отказе или разрядке аккумулятора замок должен открываться изнутри вручную, сирена и светодиод не включаются, так как нет питания.

Логика работы контроллера

- **Режим ожидания.** В этом режиме контакты кнопки, установленной на двери, разомкнуты, исполнительные контакты устройства также разомкнуты, сирена и светодиод выключены, ток через соленоид замка протекать не должен.
- **Режим вторжения.** При взломе двери контакты кнопки, установленной на двери, замыкаются. Если предшествующего замыкания контактов кодового устройства в нужном порядке не было, это должно вызвать включение сирены и светодиода на удаленном пульте. Сирена должна работать в прерывистом режиме — продолжительность сигнала и паузы равны и должны составлять около 0,5 с. Выключение сирены и светодиода должно производиться внутри помещения отдельной кнопкой, расположенной на плате контроллера.
- **Режим штатного отпирания двери.** После ввода кода в правильной последовательности должны кратковременно замкнуться исполнительные контакты кодового устройства, к соленоиду замка прикладывается напряжение 12 В, замок будет открыт. Если дверь после этого будет открыта, замыкание

контактов кнопки, установленной на двери, не приведет к срабатыванию сирены и светодиода.

- **Режим отпирания двери изнутри.** При замыкании контактов кнопки отпирания изнутри к соленоиду замка будет приложено напряжение 12 В в течение 2 с, замок откроется. Если дверь после этого будет открыта, замыкание контактов кнопки, установленной на двери, не приведет к срабатыванию сирены и светодиода.

Схема устройства

На рис. 1 приведена схема устройства, удовлетворяющего перечисленным условиям.

Штриховой линией обведены компоненты, размещаемые на печатной плате.

В устройстве используется микроконтроллер ATtiny2313, для питания которого необходимо напряжение, не превышающее 6 В. Для получения стабилизированного напряжения питания +5 В применена микросхема DA1.

Разъем XP1 предназначен для подключения к микроконтроллеру программатора.

Резистор R4 с конденсатором C2 обеспечивают аппаратный сброс микроконтроллера при включении питания.

Для сброса программы (выключения сирены и светодиода после срабатывания сигнализации) в устройство введена кнопка SA4, при замыкании контактов которой на линии RESET микроконтроллера устанавливается лог. 0, что вызывает его аппаратный сброс.

Кнопка SA1 установлена на двери, SA2 представляет пару контактов в кодовом устройстве, кнопка SA3 установлена внутри помещения. Поло-

жение контактов всех трех кнопок на схеме соответствует режиму ожидания (дверь закрыта).

Для управления нагрузками, питающимися непосредственно от аккумулятора GB1 напряжением 12 В, установлены транзисторы VT1—VT3.

Параллельно соленоиду Y1 и сирене BA1 подключены диоды, они защищают транзисторы VT1, VT2 от выбросов, возникающих в индуктивных нагрузках после закрытия транзисторов.

Если на выходе микроконтроллера, соединенного через резистор с базой транзистора, сформируется лог. 1, транзистор откроется, подключенная к его коллектору цепь нагрузки соединится с общим проводом через малое сопротивление коллектор-эмиттер, почти все напряжение аккумулятора будет приложено к нагрузке.

Когда на выходе микроконтроллера лог. 0, транзистор закрыт, напряжение на нагрузке оказывается близким к нулю.

Таким образом, для срабатывания одной из нагрузок, подключенных к схеме, на соответствующем выходе микроконтроллера надо сформировать лог. 1, для прекращения работы нагрузки — лог. 0.

АЛГОРИТМ РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА

После включения питания происходит аппаратный сброс. Линии порта D микроконтроллера DD1, соединенные с контактами кнопок SA1—SA3, конфигурируются как входные, линии порта B, управляющие нагрузками — как выходные, на линиях порта В устанавливаются лог. 0 (нагрузки — соленоид замка, сирена и светодиод — выключены).

Режим ожидания. Контроллер находится в состоянии ожидания,

организуется циклическая проверка состояния линий порта D.

Режим штатного отпирания двери. При появлении лог. 0 в цепи CODE (введен правильный код, переход в режим штатного открывания двери) формируется лог. 1 на линии OPEN, управляющей соленоидом замка, и этот уровень удерживается в течение 2 с для отпирания замка.

Через 5 с после запираания замка надо проверить состояние цепи DOOR. Если в цепи лог. 1 (дверь не открывали или успели закрыть), контроллер должен вернуться в режим ожидания, если лог. 0 (дверь еще открыта) — ожидать появления лог. 1 (запираания двери), после чего перейти в режим ожидания.

Режим отпирания двери изнутри. При появлении лог. 0 в цепи INSIDE необходимо сформировать лог. 1 на линии OPEN, управляющей соленоидом замка и удерживать это состояние в течение 2 с для отпирания замка.

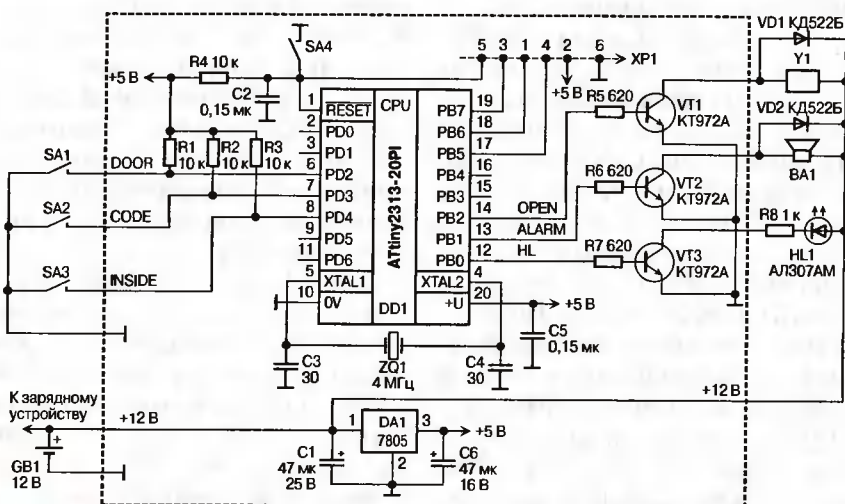
Через 5 с после запираания замка надо проверить напряжение в цепи DOOR. Если в цепи лог. 1 (дверь не открывали или успели закрыть), контроллер должен вернуться в режим ожидания, если лог. 0 (дверь еще открыта) — ожидать появления лог. 1 (запираания двери), после чего перейти в режим ожидания.

Режим вторжения. При появлении лог. 0 уровня в цепи DOOR (дверь открыта) надо сформировать лог. 1 на линии HL для включения светодиода HL1, на линии ALARM сформировать импульсную последовательность, вызывающую прерывистый звуковой сигнал сирены. Для этого чередовать пачки импульсов с частотой заполнения 1 кГц длительностью 0,5 с, паузы также 0,5 с.

Возвращение в режим ожидания должно происходить при появлении лог. 0 на контакте RESET микроконтроллера, что обеспечивается нажатием кнопки SA4 или выключением и включением питания.

Продолжение следует

Вадим Баранов,
г. Харьков, Украина



Налаживание устройств на микроконтроллерах

В статье рассмотрена последовательность наладки устройств на микроконтроллерах (МК) фирмы Microchip, но она может применяться и при использовании МК других фирм.

В редакции журналов и автору приходит много писем примерно такого содержания — «собрал вашу схему, но устройство не работает». Часто такие письма сопровождаются еще и нелестными выражениями. Когда начинаешь разбираться с каждым подобным письмом, оказывается, что авторы таких писем сами виноваты в своих проблемах.

Радиолюбителей подкупает простота схем и большие возможности устройств на МК. Повторяя конструкцию, начинающие программировать МК радиолюбители забывают, что кроме точно скопированной схемы, необходимо иметь правильно запрограммированный МК.

Тема программирования МК неоднократно подробно освещалась в различных циклах статей, поэтому здесь мы рассмотрим только некоторые особенности работы бесплатных программ.

РАБОТА С ПРОГРАММОЙ PONYPROG2000 (HTTP://WWW.LANCOS.COM)

Программа ориентирована на работу с МК семейства AVR и может запрограммировать ограниченное число PIC-микроконтроллеров. К сожалению, программа имеет ошибки, которые могут привести радиолюбителей к замешательству. Например, МК PIC16F628 можно программировать, если память программ не превышает 1 Кб, в данном случае правильнее было бы указать МК PIC16F627. Из-за этой ошибки автору однажды пришлось отказаться от готовой работы с большой памятью программ.

Еще одна особенность программы — установка битов регистра конфигурации. В основном, в своих разработках радиолюбители используют МК с FLASH-памятью программ, имеющими в названии индекс F. Это позволяет многократно использовать один МК, но это возможно только в том случае, если в регистре конфигурации не включена защита памяти программ. Обычно авторы не включают биты защиты памяти программ, но бывают досадные исключения, поэтому перед программированием МК необходимо

проверить регистр конфигурации загружаемой программы. Необходимо помнить, что отмеченное «галочкой» окошко бита соответствует нулевому значению, а нулевое значение бита защиты кода не позволяет его последующее считывание и перезапись памяти МК.

РАБОТА С ПРОГРАММОЙ IC-PROG (HTTP://WWW.IC-PROG.COM)

Эту программу можно было бы смело назвать PIC-Prog, но, вероятно, из-за того, что в нее включена возможность программирования большого числа микросхем памяти, первая буква в названии «потерялась». Действительно, программой можно запрограммировать 103 типа МК фирмы Microchip. Удобный интерфейс программы, наличие дисасемблера и пяти буферов привлекают радиолюбителей для использования IC-Prog при программировании PIC-микроконтроллеров.

Существенным недостатком программы можно считать произвольное переключение портов программирования при работе в среде XP. Возможно, в этом виноват драйвер для Windows XP, который необходимо скачать и установить вместе с программой. После установки драйвера его ярлык появляется на рабочем столе. Удалять ярлык драйвера с рабочего стола нельзя. Запускающий файл программы и драйвер должны находиться в одной директории.

При самопроизвольном переключении портов (пока вы об этом не знаете) программа выдаст сообщение — «Ошибка программирования кода по адресу 0000h!». Такое сообщение появится и тогда, когда МК не вставлен в панель, и когда защищена память программ. Последнее — самое неприятное. При считывании программы получаем все нули. Программа сообщает, что нет доступа к МК. В этом случае необходимо тщательно проверить настройки программы.

При самопроизвольном переключении портов с COM1 на COM2 окошко порта COM1 гаснет и нет возможности отметить его «га-

лочкой». Перезапуск программы и компьютера не принесет положительных результатов. В компьютерах последних выпусков установлен только один COM-порт, в лучшем случае на материнской плате имеется возможность расширения для второго COM-порта, поэтому часто перестановка разъема адаптера в другой COM-порт невозможна. В этом случае единственный выход — это восстановить предыдущее работоспособное состояние системы.

Перед программированием МК необходимо обязательно проверить биты конфигурации и, особенно, биты защиты памяти. При этом окошко CP должно быть свободным, а полный код конфигурации можно прочитать в правом нижнем углу.

Перед программированием необходимо убедиться в правильности выбранного типа МК. Поскольку все МК имеют различное назначение битов конфигурации, то при неправильной установке типа МК можно случайно установить защиту памяти МК.

После программирования МК желательно считать программу в дополнительный буфер и сравнить ее с исходной.

Наиболее распространенной ошибкой при программировании МК является ошибка записи файла программирования. HEX-файлы, публикуемые в статьях, можно набрать вручную в текстовом редакторе, например, блокноте, с последующим изменением расширения файла, но можно отсканировать сканером и распознать изображение. При сканировании часто возникают ошибки, связанные с неправильным распознаванием текста. Например, буква D может быть распознана как 0, буква B — как 8 и наоборот, поэтому после сканирования необходима тщательная проверка текста. Такую проверку легко выполнить при помощи программы CheckHEX, которую можно скачать по адресу <ftp://ftp.radio.ru/pub/2003/08/check/chkhex.exe>. Работа с программой описана в статье [1]. HEX-файлы, скопированные из Интернета, подобных ошибок обычно не имеют, поэтому они предпочтительнее.

Если МК правильно запрограммирован, не спешите его устанавливать в панельку, сначала необходимо включить устройство и проверить напряжение питания. Как правило, оно должно быть в пределах 3...5,5 В. Установите эквивалент нагрузки и проверьте пульсации напряжения. Особенно это касается устройств с АЦП.

Устройство не работает

Если после программирования и установки МК устройство не работает, это возможно из-за отсутствия генерации МК. Не зря в документации на МК большое внимание уделяется запуску МК при различных резонаторах. Если вы уверены в исправности резонатора и конденсаторов, прикоснитесь пальцем к печатной плате в месте установки резонатора. МК должен заработать с пониженной частотой, что можно наблюдать на индикаторах, если таковые имеются. В этом случае необходимо изменить номиналы запускающих конденсаторов в большую или меньшую стороны.

Генерация МК может не возникнуть, если в программе неправильно установлен тип генератора (LP, XT, HS, RS). Если используется кварцевый резонатор на частоту 4 МГц и установлен тип генератора XT, можно попробовать запустить МК, установив в программе генератор HS (высокочастотный). 4 МГц — это граничная частота между обычным осциллятором (XT) и высокочастотным (HS), поэтому ее можно отнести к любому типу. Это тем более справедливо для устройств с часами, работающими часто с резонаторами на 4,096 МГц.

Отсутствие генерации возможно также при несоответствии максимальной рабочей частоты МК, указанной на корпусе, и установленного резонатора. Автору поступали сведения о том, что МК с рабочей частотой 4 МГц отлично работал в частотомере с резонатором на 20 МГц, но такие эксперименты лучше оставить на крайний случай.

При первом включении необходимо убедиться в том, что потребляемый устройством ток не превышает указанный в статье. При налаживании устройств на МК желательно иметь блок питания: защитой по току. Если потребляемый ток больше, чем указано в статье, необходимо искать ошибки в печатной плате устройства и проверить соответствие номиналов установленных резисторов. Небольшое отклонение потребляемого тока возможно, например, из-за замены одного типа светодиодных индикаторов на другой.

Устройство работает неправильно

Прежде всего, необходимо наладить устройство согласно методике, указанной в статье. Дальнейшие действия зависят от конкретных неисправностей.

Неправильно работают семисегментные светодиодные индикаторы

Если индикация разрядов изменяется с малой частотой, значит, неисправен кварцевый резонатор (или он плохо пропаян).

Если при работе гаснут некоторые разряды, необходимо увеличить номиналы токозадающих резисторов. Распространенное значение их номиналов составляет 270...330 Ом.

Выводу МК не хватает тока для включения разряда при индикации максимального числа сегментов. Максимальный выходной ток вывода МК обычно равен 25 мА, но общий ток порта не должен превышать 100 мА. Для каждого порта и МК эти параметры могут изменяться в небольших пределах.

Неправильная последовательность включения разрядов в многорядных индикаторах возникает из-за неправильной распайки катодов (анодов) индикатора. Дело в том, что в описаниях индикаторов первый разряд — это крайний левый разряд. По логике работы устройства мы привыкли к тому, что первый разряд — это крайний правый разряд, поэтому часто возникает путаница.

Путаница возникает и при описании разрядов устройства. По логике работы МК крайний правый разряд — это нулевой, однако радиолюбители иногда спрашивают, где на схеме нулевой разряд? Все правильно, в описании есть нулевой разряд, а на схеме он не указан.

Не включается нагрузка

В последнее время нагрузку обычно включают через оптосимисторы МОС30хх, ТЛР30хх, ОРТО630 и т. п. Все они отличаются по коммутируемому напряжению и току включения светодиода, поэтому, например, при замене оптосимистора МОС3043, имеющего ток срабатывания 5 мА, на МОС3042 с током включения 10 мА, необходима коррекция ограничительного резистора. Даже оптопары одного типа имеют небольшой разброс параметров, в этом случае включения нагрузки добавляются небольшим уменьшением номинала этого резистора. Естественно, подразумевается, что при этом на выходе МК присутствует управляющий сигнал.

МК не реагирует на входной сигнал

Если нет реакции на нажатие кнопки, проверьте, имеет ли данный порт внутренние подтягивающие резисторы, если их нет, необходимо установить внешний резистор 4,7...51 кОм от вывода МК к плюсу питания.

По вине автора в статье «Универсальный таймер» [2] был пропущен подтягивающий резистор в цепи кнопки ZPT. Растиражированная по сайтам Интернета статья вызвала шквал писем, хотя, если внимательно посмотреть на схему, можно было бы догадаться, почему не останавливается запятая. Ошибки в публикациях различных журналов, к сожалению, не редкость, но они заставляют радиолюбителей не бездумно копировать конструкцию, а подходить к ней творчески.

Если МК не реагирует на импульсный входной сигнал, проверьте, какой буфер имеет данный вход. Входы МК имеют два типа буферов — ТТЛ и триггер Шмитта. При ТТЛ буфере МК воспринимает сигнал как лог. 1, если он находится в пределах $(0,25 U_{пит} + 0,8 В)$... $U_{пит}$ т. е. при напряжении питания 5 В МК принимает сигнал с напряжением 2...5 В как лог. 1.

Вход, имеющий буфер с триггером Шмитта, принимает сигнал как лог. 1, начиная с $0,8 U_{пит}$ т. е. при напряжении питания 5 В уровень сигнала должен быть в пределах 4...5 В.

Производители МК дают типовое число перепрограммирования МК с FLASH-памятью, равное 1000, но минимальное число составляет 100. Если МК внезапно перестал программироваться, то, возможно, именно вам достался МК с минимальным ресурсом.

В заключение хочется сообщить всем желающим получить даром схему или программу устройства — автор не высылает схем, описаний и программ устройств. Покупайте журналы, а прошивки МК имеются на сайте журнала.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. Долгий. Как проверить HEX-файл. — Радио, 2003, № 8, с. 27, 28.
2. Н. Заец. Универсальный таймер. — Схемотехника, 2003, № 1, с. 53.

Николай Заец,
п. Вейделевка Белгородской обл.

САПР: адепты, пользователи, поклонники...

(полемические заметки)

...однако, если представить сидящую за столом счетную машину, разве будет она прообразом всего человеческого совершенства, счастья и здоровья? ...ученое усердие по большей части затрачивается на сам инструмент, а не на то, чтобы пользоваться инструментом.

И. Г. Гердер. «Идеи к философии истории человечества». 1784.

Специалист подобен флюсу: полнота его одностороння. Козьма Прутков. «Плоды раздумья»

Недavno один уважаемый журнал едва не отказал в публикации моей статьи, посвященной некоему аспекту расчета электронных устройств. Рецензент в своем отзыве написал:

«...вручную сейчас никто не проектирует. Созданы компьютерные программы, в которых все учтено: и разброс параметров элементов, и их изменение с температурой и в процессе старения, и изменение питающих напряжений, и все остальное...»

И мне стало нехорошо... Но не только потому, что, получалось, лично я якобы опоздал со своими мыслями и соображениями, и они ныне уже никому не интересны и не нужны. Выходило, что умирает (или уже умерла!) сама профессия инженера-электронщика — все уже кем-то придумано и продумано, — и все мыслимые электронные схемы, и компьютерные программы для их расчета, учитывающие все и вся. А нам, бедным, осталось только вовремя покупать эти программы, внимательно следовать инструкциям пользователя, не делать ошибок при вводе данных и команд и тщательно стирать пыль со своего всезнающего компьютера...

К счастью, на деле все пока не так плохо. И статья была журналом напечатана, и для инженеров еще остается работа творческая, а не сплошь одно лишь нажатие кнопок на клавиатуре ПК. Досадный же этот эпизод с рецензией на статью не стоил бы даже и упоминания, если бы он отчетливо не вписывался в цепь других более важных и объективных обстоятельств.

САПР, базы данных, программы расчета электронных устройств, компьютерное моделирование — все это прекрасно, когда оно действительно

работает и на деле облегчает труд инженера, а не превращается иными деятелями в некий абстрактный фетиш. Но все это — только инструменты, хотя и современные, постоянно совершенствующиеся. Однако нередко упоение инструментами скрывает явное непонимание значения искусства людей, их использующих. Увлечение сверкающей игрушкой свойственно не только детям.

Вспоминается забавный эпизод из сравнительно уже далекого прошлого. К нам на фирму пожаловала представительная комиссия во главе с академиком, одним из создателей первых советских ЭВМ и столпов отечественной кибернетики. Седой мэтр, как малое дитя, забавлялся, видимо недавно им приобретенной многоцветной шариковой ручкой. Его речи постоянно сопровождались пояснениями на листах бумаги. Формулы, рисунки, чертежи... И все это с помощью любимой новой никелированной игрушки, чуть ли не каждая линия — другим цветом. И всякий раз — неловкие поиски нужного рычажка очередной расцветки на корпусе ручки. Внимание слушателя постоянно отвлекалось от сути говоримого на нелепые и несвоевременные манипуляции счастливого владельца многоцветного чуда... Все это было смешно, но хотя бы относительно невинно.

Читатель, автор этих строк — отнюдь не безнадежный ретроград и скрытый противник САПР. Напротив, он их сторонник и даже благодарный пользователь. Но не фанатичный адепт и не слепой поклонник. Адепты же склонны забывать о том, что это просто инструмент, а поклонники порой этого даже и не понимают.

И здесь возникает вопрос о совершенстве используемого инструмента. Хорошая САПР должна быть сквозной и совместимой с другими автоматизированными системами, применяемыми фирмой. На деле, однако, это вовсе не обязательно выполняется, а так называемая «автоматизация производства» слишком часто происходит путем внедрения отдельных «кусочков», плохо состыкованных между собой (либо просто несовместимых). Что уж говорить о полной автоматизации — это дело сложное и не всем доступное, но и самая САПР на фирме зачастую «склеена» из несовместимых кусков — эдакая «кусочная аппроксимация». Адепты САПР предпочитают не слишком на этом акцентировать внимание: пользователям приходится с этим мириться, а поклонники горды уже самим фактом существования у них хоть какой-то САПР.

Конечно, существует, например, САПР P-CAD, достаточно хорошо продуманная ее создателями и позволяющая делать практически все необходимое при разработке электронных устройств. И тем, кто проектирует аппаратуру исключительно на импортной элементной базе, остается лишь приобрести лицензионный программный продукт и положиться на его исходное качество, в частности, на адекватность используемых в нем математических моделей и параметров элементов реальным элементам и их реальным параметрам. Как показывают некоторые публикации, эта адекватность, например, в случае операционных усилителей, от идеала все же далека.

Все становится далеко не столь просто, если вам приходится применять отечественную элементную базу. Она в базе данных отсутствует, а параметры, соответствующие заложенным в системе математическим моделям микросхем, транзисторов и т. п., неизвестны. Из этого трудного положения на практике возможны два выхода. Либо вы находите для своего отечественного элемента импортный аналог, присутствующий в имеющейся базе данных, и пользуетесь им при компьютерном моделировании, либо берете отечественный элемент и тестируете его на импортном опять-таки оборудовании, которое определит параметры элемента для соответствующей случаю модели, а затем вводите нужный вам элемент и его параметры в базу данных. Здесь останется открытым вопрос о

статистическом разбросе измеренных таким способом параметров, поскольку набрать достаточные статистические данные слишком сложно и накладно, и никакой отечественный производитель формально не будет нести ответственность за полученные таким способом данные о параметрах элемента.

В обоих случаях априори неизвестно, насколько такое моделирование будет отражать реалии вашего устройства — это целиком и полностью на вашей профессиональной совести. Конечно, можно было бы сравнить результаты компьютерного моделирования с результатами макетирования вашего устройства и внести во внушающую некие сомнения виртуальную модель необходимые коррективы. Но это уже не ОКР, а НИР. Это сложно, долго и дорого, и к тому же ставит под сомнение саму целесообразность компьютерного моделирования. Кому нужны дополнительные сложности? Зачем вообще проводить компьютерное моделирование, если его результатам нельзя полностью доверять, а требуется их проверка на физическом макете?

Адепты САПР, ее энтузиасты и внедрители предпочитают не афишировать ее недостатки, но всячески и при каждом удобном случае выпячивают неоспоримые достоинства. В результате подобного подхода компьютерное моделирование кое-где начинает не просто дополнять процесс проектирования новых приборов, ускоряя, удешевляя его и облегчая труд разработчика, но вдруг отменяет (!) классический этап процесса проектирования — макетирование. Оказывается, макетирование (требующее вполне осязаемых затрат — времени, комплектующих, труда монтажников, регулировщиков, инженеров) после этапа компьютерного моделирования вовсе и не нужно! Оно лишнее. Соответственно, вроде бы становится не нужен и опытный инженер с паяльником

в руках и осциллографом на приборной стойке, вполне сойдет и зеленый выпускник института, ничего фактически не умеющий (а часто не владеющий даже и основами электроники и электротехники), но более или менее знакомый с компьютером. Дадим ему ПК, снабдим современным программным продуктом и — вперед! Что ж, вообразим, что новоиспеченный разработчик успешно одолеет все этапы такого виртуального проектирования (хотя что и как он будет моделировать без должного руководства со стороны опытного инженера — большой вопрос!), а программный продукт окажется качественным и достаточно адаптированным к отечественным условиям. И вот наступает долгожданный и неизбежный момент, когда на стенде появляется опытный образец, воплотивший в железе виртуальные мечты нашего разработчика. Его пора включать. Неужели сразу заработает?! Нет, если только не произойдет чудо! И кто же заставит такой образец работать, и работать как надо, а не абы как? Опять-таки старый опытный инженер, который, может быть, в компьютерных чудесах и не слишком сведущ, но закон Ома сидит у него в печенках, с осциллографом он «на ты», да и с паяльником знаком не понаслышке. Хорошо, если такие еще остались на фирме, еще лучше, если молодые захотят, сумеют и успеют у них чему-то научиться. Хотя, как показывает жизненная практика, чаще всего молодые обладатели компьютерной грамоты от паяльника, осциллографа, черной ручной работы, да и от самих стариков шарахаются, как черт от ладана...

Конечно, подобное описанному выше возможно лишь у того из руководителей, кто сам никогда не был настоящим разработчиком и к тому же паяльнику испытывает скорее отвращение, чем почтение и ностальгическую любовь. Тем не менее, такое наблюдается в реальности. А вот, например, в ракетной

технике почему-то никому и в голову пока не пришло сразу запускать, скажем, к Луне ракету, спроектированную и обкатанную лишь на виртуальных моделях (хотя как раз в этой области компьютерное моделирование и было пионером) и при этом всерьез надеяться на успех. И в авиации пока никто не додумался в целях экономии послать летчика сразу на боевое задание после его обучения (пусть и самого что ни на есть тщательного) лишь на тренажерах (пусть самых совершенных и ультрасовременных). Даже простых водителей, прежде чем выпустить одних на дорогу, сегодня все еще обучают инструкторы на реальных автомобилях, а не на одних лишь виртуальных моделях.

А вот у нас, электронщиков, самих же и создавших и компьютеры, и виртуальную реальность, и прочие чудеса, доверие к достижениям своих коллег, похоже, столь безгранично, что иные уже готовы добровольно признать могущество и преимущество созданной нами техники и программ над самими собой и себе подобными. Здесь странное, парадоксальное смешение чрезмерной веры в свои достижения и (так получается!) неверия в собственные силы на пути дальнейшего прогресса в своей области.

И пока страшили фантасов о грядущем всемогуществе машин и их победе над человеком не стали еще реальностью, не следует самим же инженерам творить вредные и опасные мифы и забывать, что все рукотворное новое на нашей Земле создано нами самими и нашими предшественниками. Так что отдадим «компьютеру компьютерово, инженеру — инженерово», и всегда будем руководствоваться прежде всего здравым смыслом. Как сказал, кажется, С. Дали: «Добровольного идиотизма я не понимаю».

Виктор Иванов,
г. С.-Петербург

Новые книги



С. М. Смольский, Л. И. Филиппов. Три шага к профессии: наука, диссертация, педагогика. — Одесса: «Нептун-Технология», 2005. — 128 с.: ил. 4, табл. 1.

Авторы — профессора московских вузов — на основе многолетней научно-преподавательской практики делятся опытом организации научного исследования, подготовки научных статей, отчетов, написания диссертаций. Предлагается оптимальная логическая последовательность действий, которую авторы называют алгоритмом научного исследования. Обсуждаются также и пути приобретения мастерства в педагогической деятельности. При этом рассматривается не только то, что следует сделать, но и как, какими средствами.

Книга позволяет читателю сопоставить свой опыт с опытом авторов. Может быть рекомендована молодым исследователям, соискателям ученой степени, начинающим педагогам вузов.

Справки по приобретению книги — e-mail: tkea@optima.com.ua, тел. +38 (048) 728-18-50.

Аналитические расчеты в электронике

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕМЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

Закон Ома в операторной форме

$IR = \frac{U}{R}$ — ток через идеальный резистор;

$IC = \frac{U}{\frac{1}{s \cdot C}} = U \cdot s \cdot C$ — ток через иде-

альный конденсатор;

$IL = \frac{U}{s \cdot L}$ — ток через идеальную индуктивность.

Законы Кирхгофа

В основе методов анализа и синтеза электрических цепей лежат законы, установленные немецким естествоиспытателем Кирхгофом (1824—1887), они верны, для любых электрических цепей — как линейных, так и нелинейных.

Первый закон Кирхгофа

- Алгебраическая сумма токов в ветвях, сходящихся к любому узлу электрической цепи, тождественно равна нулю.

Согласно этому закону, если к некоторому узлу цепи подсоединено m ветвей с токами i_1, i_2, \dots, i_m , то в любой

момент $\sum_{k=1}^m a_k i_k = 0$, где $a_k = 1$, если вы-

бранное или заданное положительное направление тока i_k ориентировано от узла, и $a_k = -1$ в противном случае. С равным основанием можно было бы условиться об ином (противоположном) выборе знаков слагаемых суммы, поскольку это не сказывается на ее значении. Следовательно, любому узлу цепи соответствует уравнение, связывающее токи в ветвях цепи, соединенных с данным узлом.

Второй закон Кирхгофа

- Алгебраическая сумма напряжений ветвей в любом контуре цепи тождественно равна нулю.

В соответствии с этим законом, если в контур входит m ветвей с напряжениями u_1, u_2, \dots, u_m , то в любой момент

$\sum_{k=1}^m \beta_k u_k = 0$, где $\beta = +1$ или -1 в за-

висимости от соотношения между направлением обхода контура и выбранным или заданным положительным направлением напряжения ветви u_k . Условимся считать $\beta = +1$, если при обходе контура первым встречается зажим u_k , помеченный знаком «+» (или начало стрелки выбора направления), и $\beta = -1$ в противном случае. Следовательно, любому контуру цепи соответствует уравнение, связывающее напряжения в ветвях цепи, входящих в этот контур.

Теорема замещения

В теории электрических цепей, как при доказательствах ряда ее положений, так и при расчетах используется теорема замещения.

- Значения всех напряжений и токов в электрической цепи сохраняются неизменными, если любую ветвь цепи заменить источником напряжения, у которого задающее напряжение равно напряжению этой ветви до указанной замены.

Аналогично формулируется дуальная теорема замещения.

- Значения всех напряжений и токов в электрической цепи сохраняются неизменными, если любую ветвь цепи заменить источником тока, у которого задающий ток равен току в этой ветви до указанной замены.

Теорема об эквивалентном генераторе

- В линейной электрической цепи внешнюю по отношению к нагрузке цепь можно заменить цепью из источника напряжения и линейного двухполюсника, соединенных последовательно. Задающее напряжение источника представляет собой напряжение на разомкнутых зажимах внешней цепи. Двухполюсник же образуется из этой внешней цепи, если в ней значения всех задающих напряжений и токов независимых источников положить равными нулю.

Второй вариант изложения этой теоремы:

- В линейной электрической цепи внешнюю по отношению к нагрузке цепь можно заменить цепью из источника тока и того же линейного двухполюсника, соединенных параллельно. Задающий ток источника представляет собой ток через замкнутые накоротко зажимы внешней, относительно нагрузки, цепи.

Таким образом, сложную цепь с одним или многими источниками можно свести к цепи с одним источником и одним линейным двухполюсником, а затем уже находить ток в выделенной ветви цепи.

Теорема об эквивалентном генераторе верна и для тех линейных цепей с зависимыми источниками, у которых сопротивлением нагрузки является пассивный двухполюсник, а задающее напряжение или задающий ток генератора ограничены по абсолютной величине. Это следует из формулировки теоремы, согласно которой при нахождении параметров эквивалентного генератора следует положить равными нулю задающие напряжения и токи лишь независимых источников. Следовательно, в общем случае двухполюсник, характеризующий внутреннее сопротивление генератора, может содержать зависимые источники.

В простейших случаях пассивный двухполюсник можно заменить эквивалентным ему сопротивлением R_0 , которое называется внутренним сопротивлением генератора. В результате получается две схемы замещения генератора с резистивным внутренним сопротивлением, показанные на рис. 4.

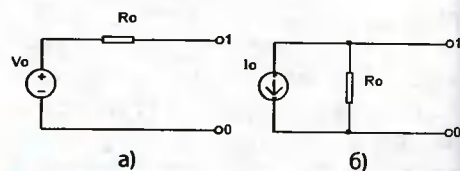


Рис. 4

Значения задающего напряжения u_0 источника напряжения в одной схеме замещения генератора и задающего тока i_0 в другой связаны между собой соотношением

$$u_0 = R_0 \cdot i_0 \quad (2.1)$$

При этом условии напряжение на разомкнутых зажимах генератора по схеме замещения на рис. 4, а будет

равно u_0 , а ток при коротком замыкании зажимов генератора по схеме рис. 4, б — i_0 . При выполнении условия (2.1) и равенстве сопротивлений R_0 в схемах замещения генераторов, показанных на рис. 4, эти схемы будут эквивалентными, т. е. любая из них с равным основанием может использоваться как схема замещения генератора с ненулевым внутренним сопротивлением.

Из соотношения (2.1) следует, что в рассматриваемых простейших (резистивных) цепях внутреннее сопротивление генератора

$$R_0 = u_0 / i_0, \quad (2.2)$$

т. е. равно отношению напряжения на разомкнутых зажимах генератора к току, проходящему через его замкнутые накоротко зажимы.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Для того, чтобы на основании законов Кирхгофа составить законченную математическую модель цепной структуры, необходимо указать закон связи между током i в каждом элементе и возникающим при этом напряжением. Классификацию цепей проводят на основании характерных особенностей таких связей.

Говорят, что электрическая цепь является линейной, если для каждой ее ветви функция $I = f(u)$ удовлетворяет условию

$$f(au_1 + bu_2) = af(u_1) + bf(u_2) \quad (2.3)$$

при любых числовых значениях a и b . Равенство (2.3) выражает общезначимый принцип суперпозиции — реакция цепи на сумму воздействий является суммой реакций на отдельные воздействия. Легко убедиться непосредственной подстановкой, что цепь, созданная из идеальных резистивных, индуктивных и емкостных элементов, является линейной.

Если хотя бы для одной ветви равенство (2.3) не выполняется, то такую цепь называют нелинейной. Примером нелинейного элемента может служить двухполюсник, для которого $I = Au^2$, где A — постоянный коэффициент. Когда $u = au_1 + bu_2$ ток

$$i = A(a^2u_1^2 + b^2u_2^2 + 2abu_1u_2)$$

и помимо квадратичных слагаемых содержит перекрестное слагаемое, пропорциональное произведению

u_1u_2 . Таким образом, в нелинейном элементе наблюдается взаимодействие двух напряжений. Это приводит к существенному усложнению анализа таких цепей.

Примерами нелинейных элементов, используемых в радиотехнике, служат полупроводниковые приборы (диоды и транзисторы), а также, в определенных условиях, катушки индуктивности с ферромагнитными сердечниками.

Если параметры всех пассивных элементов цепи не зависят от времени, то такую цепь называют цепью с постоянными параметрами или стационарной цепью. Если же один или несколько пассивных элементов имеют параметры, зависящие от времени, то говорят о цепи с переменными параметрами или о параметрической цепи. Параметрическим элементом служит, например, конденсатор, емкость которого зависит от времени $C(t)$.

В этой части публикации мы ограничимся расчетом линейных цепей с постоянными параметрами.

Самоспряженные единицы

Иногда, проводя расчеты и при задании численных значений параметров цепей, удобно придерживаться системы самоспряженных единиц измерения в зависимости от исследуемой области частот (табл. 1) [3].

Таблица 1

Величина	Стандартные единицы	Звуковые частоты	Высокие частоты	Сверхвысокие частоты
Напряжение	Вольт (В)	В	В	В
Ток	Ампер (А)	мА	мкА	нА
Сопротивление	Ом (Ом)	кОм	МОм	кОм
Емкость	Фарада (Ф)	мкФ	пФ	пФ
Индуктивность	Генри (Гн)	Гн	Гн	мкГн
Частота	Герц (Гц)	кГц	МГц	ГГц
Время	Секунда (С)	мс	мкс	нс

3. МОДЕЛИ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

При использовании математических программ появляется возможность производить аналитические расчеты очень сложных цепей, содержащих как пассивные, так и активные компоненты. Разумеется, активные компоненты должны быть как-то математически представлены, т. е. нужны модели компонентов, пригодные для символьных расчетов. Здесь надо найти разумный предел сложности моделей. Например, в программе PSpice используется схема замещения биполярного транзистора в виде адаптированной модели Гуммеля-Пуна, которая описывает нелинейные свойства транзисторов при больших сигналах и содержит более 50-ти

параметров. Использовать можно и ее, но результаты вы будете получать такие, что анализировать их сущность будет затруднительно. Возможно использование упрощенных экспоненциальных моделей, в этом случае реально аналитическое исследование нелинейных электрических цепей.

Аналитические расчеты имеют свою область применения и используются специалистами по электронике либо для создания и исследования конструктивно-технологических моделей электронных приборов, либо для изучения и демонстрации каких-то теоретических положений. В каждом случае модель должна учитывать только существенные для изучаемого явления свойства. В этой части мы будем исследовать усилительные каскады, где нелинейные, в общем случае, усилительные приборы используются в линейном режиме, поэтому будем использовать самые простые линейные модели (табл. 2).

Для компонентов R, C, L — идеальные модели. Для транзисторов и операционных усилителей — частотно зависимые и частотно независимые малосигнальные модели на базе управляемых источников.

Условные графические изображения компонентов будем использовать из общеизвестной САПР OrCAD, в состав которой входит подсистема моделиро-

вания PSpice. Это удобно, поскольку, при необходимости, можно проверить свои расчеты в PSpice. Наверняка не сложно придумать для Maple процедуру, которая подобно SchematicSolver и Analog Insydes будет читать NET-лист электрической схемы, которую генерирует Orcad Capture и формировать систему уравнений для символьных расчетов автоматически. Это позволит избавиться от ошибок при составлении уравнений.

Модель биполярного транзистора в режиме малого сигнала

В табл. 2 приведена часто используемая малосигнальная модель транзистора в схеме с общим эмиттером, предназначенная для анализа про-

Таблица 2

Обозначение	Компонент	Параметры
	Идеальный резистор $I = U/R$	R — сопротивление
	Идеальная емкость $I = U/(s \times C)$	C — емкость
	Идеальная индуктивность $I = U \times s \times L$	L — индуктивность
	Независимый источник напряжения	V — напряжение
	Независимый источник тока	I — ток
	Источник напряжения, управляемый напряжением (ИНУН)	$V_{OUT} = GAIN \times V_{INP}$ $GAIN$ — усиление по напряжению
	Источник тока, управляемый током (ИТУТ)	$I_{OUT} = GAIN \times I_{INP}$ $GAIN$ — усиление по току
	Источник тока, управляемый напряжением (ИТУН)	$I_{OUT} = GAIN \times V_{INP}$ $GAIN$ — крутизна
	Источник напряжения, управляемый током (ИНУТ).	$V_{OUT} = GAIN \times I_{INP}$ $GAIN$ — трансимпеданс
	Транзистор биполярный NPN 	$GAIN = h_{21Э}$ — коэффициент усиления по току в схеме ОЭ, R_B — объемное сопротивление базы, R_E — объемное сопротивление эмиттера, R_C — объемное сопротивление коллектора, R_{ce} — внутреннее сопротивление транзистора, R_{bc} — сопротивление обратной связи база-коллектор, R_{be} — сопротивление эмиттерного перехода, C_{be} — емкость эмиттерного перехода, C_{bc} — емкость коллекторного перехода
	Транзистор полевой с управляющим p-p переходом (Junction FET) 	$GAIN = S$ — крутизна, R_S — сопротивление истока, R_D — сопротивление стока, R_{DS} — внутреннее сопротивление транзистора, C_{GS} — емкость между затвором и истоком, C_{GD} — емкость между затвором и стоком
	Операционный усилитель 	$GAIN$ — усиление

R_e — объемное сопротивление эмиттера;

R_{ce} — выходное сопротивление транзистора (20...100 кОм), им обычно пренебрегают;

C_{bc} — емкость коллекторного перехода;

R_{bc} — сопротивление обратной связи база-коллектор, обычно более 1 МОм, определяется выражением

$$R_{bc} = \frac{R_{be}}{h_{12}}$$

R_{be} — сопротивление эмиттерного перехода, определяемого выражением

$$R_{be} = \varphi_T (1 + h_{21Э}) / i_{Э} \approx \varphi_T h_{21Э} / i_{Э}, \quad (1)$$

где φ_T — температурный потенциал; C_{be} — емкость эмиттерного перехода, определяемого выражением

$$C_{be} = \frac{h_{21Э}}{2\pi f_T R_{be}}, \quad (2)$$

где f_T — произведение коэффициента передачи на полосу пропускания. Постоянная времени $C_{be} R_{be}$ обуславливает спад усиления по току на высоких частотах.

В примере аналитических расчетов мы будем использовать транзистор KT315A, PSpice модель которого представлена ниже.

```
.model KT315A NPN (Bf=108
Br=4.387 Cjc=7p Cje=10p Eg=1.11
Fc=.5 Ikf=.1224 Ikr=20m
+ Is=23.68f Isc=900p Ise=23.68f
Itf=40m Mjc=.333 Mje=.333 Nc=1.8
Ne=1.206 Rb=30
+ Rc=2.4 Re=0.1 Tf=1n Tr=130.5n
TRB1=1 TRC1=1 TRE1=1 TRM1=1
Vaf=60 Vjc=.7 Vje=.7
+ Vtf=80 Xtb=1.5 Xtf=1.1 Xti=3 )
```

Построим для него малосигнальную схему замещения. Будем стремиться построить малосигнальный аналог PSpice модели этого транзистора, чтобы иметь возможность проверить свои аналитические расчеты численным методом, поэтому используем как справочные данные, так и PSpice измерения. Можно пользоваться только справочником или только результатами измерений по приборам, тогда модель получится несколько иная. Данные в разных справочниках могут несколько различаться. Автор статьи задался целью подобрать параметры схемы замещения, соответствующие PSpice модели, которой он располагает. PSpice моделирует транзисторы весьма точно, что позволяет некото-

цессов на переменном токе. Данная модель может использоваться в достаточно широком диапазоне частот (до 1000 МГц) [5].

В модели представлены следующие элементы:

$GAIN = h_{21Э}$ — коэффициент передачи тока базы;

R_B — объемное сопротивление базы (5...100 Ом);

R_C — объемное сопротивление коллектора (0,1...10 Ом);

рые лабораторные эксперименты заменить компьютерными.

На рис. 5 и рис 6 показаны схемы измерения АЧХ транзистора для

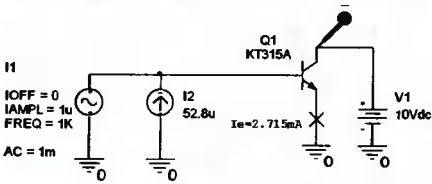


Рис. 5

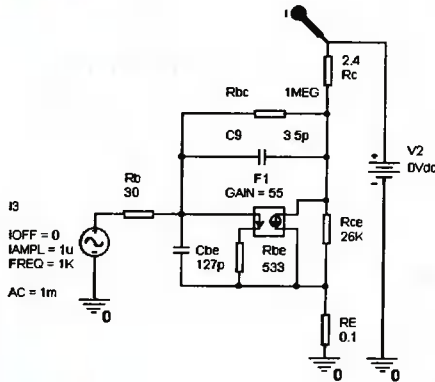


Рис. 6

PSpice модели и схемы, которая уже имеет параметры схемы замещения.

Видно, что обе АЧХ (рис. 7) полностью совпадают.

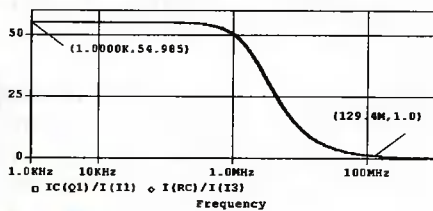


Рис. 7

Для PSpice модели $h_{21Э} = 55$ на частоте 1 кГц, $f_T = 129,4$ МГц.

Но это — конечный результат, а пока нас интересует коэффициент передачи тока базы PSpice модели транзистора KT315A и f_T . Средствами графического постпроцессора по графику определяем $h_{21Э} = 55$ (на частоте 1 кГц), $f_T = 129$ МГц.

Средствами PSpice определим выходное сопротивление транзистора KT315A. Схема его измерения показана на рис. 8.

В результате моделирования мы получим зависимость тока коллектора

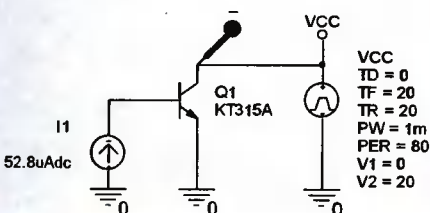


Рис. 8

транзистора от напряжения коллектора, которое изменяется в диапазоне 0...20 В. Ток базы фиксирован и равен 52,8 мкА, при этом ток эмиттера составит 2,715 мА. Именно в таком режиме транзистор будет использоваться в примере. Чтобы получить график выходного сопротивления, надо средствами графического постпроцессора PSpice построить зависи-

мость $1/dI/dU = R_{ce}$. Перед запуском

моделирования надо установить время анализа 20 с, величину RELTOL = 0,00001, тогда кривая будет гладкая. По графику (рис. 9) видим, что в рабочей области значение R_{ce} примерно постоянно и равно 26 кОм.

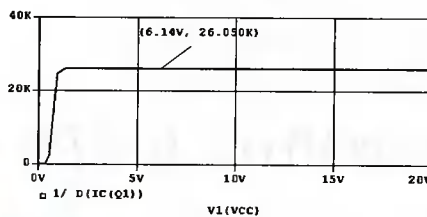


Рис. 9

Величины $R_c = 2,4$ Ом, $R_E = 0,1$ Ом, $R_b = 30$ Ом возьмем непосредственно из PSpice модели. Максимальную емкость коллекторного перехода определим по справочнику — $C_{cbmax} = 7$ пФ. Выберем $C_{cb} = 3,5$ пФ, так как нас интересует средний по своим параметрам транзистор этого типа. Выберем $R_{cb} = 1$ МОм.

Для расчета C_{be} и R_{be} воспользуемся программой Maple.

```
> restart: # сброс всех переменных
```

Используя выражения (1) и (2), запишем

```
> Cbe:=beta/(2*Pi*ft*Rbe);
> Rbe:=Vt*(1+beta)/Ie;
> Vt:=k*T/e; # температурный потенциал
```

Ввод исходных данных:

```
> with(ScientificConstants): # подключаем
# пакет для работы с константами
> Constant(e): e:=GetValue(%); # заряд
# электрона
e:= 0.1602176462 * 10^-16
> Constant(k): k:=GetValue(%); # константа
# Больцмана
k:= 0.1380650277 * 10^-22
> T:=273+27: # температура по Кельвину
> beta:=55: # коэффициент усиления по
# току
```

```
> Ie:=2.715e-3: # ток эмиттера
> ft:=129.4e6: # произведение усиления-
# частота.
Вывод результатов:
> Rbe:=Rbe; Cbe:=evalf(Cbe);
Rbe:=533.2278018
Cbe:= 0.126863226 * 10^-9
> # END
```

Таким образом, можно принять $R_{be} = 533$ Ом, $C_{be} = 127$ пФ.

Сразу заметим, что Maple освободил нас от поиска величин и ввода констант при расчете температурного потенциала, поскольку в программе содержатся практически все известные константы и справочник по ним, что очень удобно.

В результате мы получили следующий список параметров малосигнальной схемы замещения:

GAIN = 55, $R_c = 2,4$ Ом; $R_E = 0,1$ Ом; $R_b = 30$ Ом — взяты из описания PSpice модели KT315A.

$R_{ce} = 26$ кОм — вычислен по PSpice модели KT315A,

$R_{bc} = 1$ МОм — приблизительное значение,

$C_{bc} = 3,5$ пФ — среднее значение из справочника,

$R_{be} = 533$ Ом, $C_{be} = 127$ пФ — вычислено по (1) и (2).

Следует заметить, что многие элементы схемы замещения для разных вариантов включения транзистора можно исключить, т. к. они мало влияют на результаты. Например, R_c следует учитывать только при работе транзистора в режиме насыщения и вблизи него, R_b и R_E чаще всего пренебрежимо малы, R_{bc} — для современных транзисторов очень велико. Упрощенные схемы замещения биполярного транзистора показаны на рис. 10 (а — частотнезависимая, б — идеальная, частотнозависимая).

На рис. 10, в, г показаны схемы замещения, удобные для расчета усилителя по схеме с общей базой (ОБ). Здесь

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}, R_E = \frac{I_e}{\phi_t}, R_{be} = \frac{Vt(1+\beta)}{I_e},$$

где α — коэффициент передачи по току в схеме ОБ, $\beta = h_{21Э}$ — коэффициент передачи по току в схеме с ОЭ, I_e — ток эмиттера, ϕ_t — температурный потенциал. Остальные элементы получают аналогично, как и для исходной модели. Для расчетов каскадов с ОБ обычно достаточно упрощенной схемы замещения по рис. 10, г.

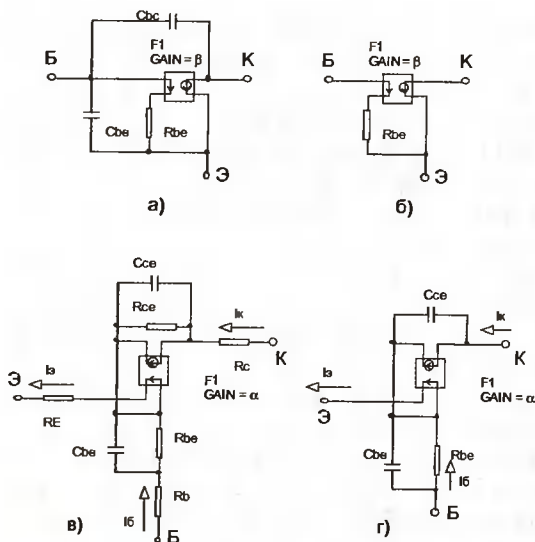


Рис. 10

Вообще, при символьных вычислениях, стремитесь использовать максимально простые модели — это позволит получать выражения умеренной сложности. Перед началом аналитических расчетов проанализируйте схему и без сожаления избавьтесь от несущественных для решаемой задачи элементов.

Мы этого делать не будем, так как наши примеры аналитических расчетов будут достаточно простыми, кроме этого, в статье ставится цель добиться точного совпадения результатов аналитических расчетов с PSpice моделированием. Читатели сами могут

проверить степень влияния сложности схем замещения на символьные результаты и сделать свои выводы. Заметим, что увеличение сложности получаемых аналитических результатов может носить взрывной характер при, казалось бы, незначительных усложнениях (например, при появлении новых обратных связей или если сделать модель активного компонента нелинейной).

Продолжение следует

Олег Петраков,
г. Москва

Продолжение. Начало — № 6/2006

Среда разработки VisualDSP++

В этой части публикации рассматриваются очередные примеры программ, способы настройки симулятора и получение загрузочного файла в среде разработки VisualDSP++.

РАБОТА С VISUALDSP++

Рассмотрим еще один пример программы, который демонстрирует работу с последовательным портом и предназначен для освоения работы с симулятором и потоками ввода-вывода.

Откройте в установленном пакете Visual DSP++ каталог с примером проекта программы Example2, выделите в нем файл проекта Example2 и нажмите кнопку «Открыть». После этого найдите в открывшемся проекте файл с названием Sport.asm и щелкните по нему дважды левой кнопкой мыши. В центре экрана откроется новое окно, позволяющее просматривать и редактировать выбранный файл. Разверните это окно, щелкнув кнопку разворачивания окна.

В этой программе выполняется инициализация последовательных портов SPORT0 и SPORT1 с последующей передачей данных с использованием процедуры прерываний.

В обработчике прерываний процессор вначале считывает данные из последовательного порта SPORT1, а затем передает их в этот же порт. Данный обработчик реализуется следующими строками:

```
sample: AX0=RX1; /*принять данные в AX0*/
TX1=AX0; /*передать данные из AX0*/
RTI;
```

В рассматриваемой программе организован бесконечный цикл за счет того, что процессор находится в состоянии ожидания до тех пор, пока не будет сгенерировано прерывание от приемника SPORT1. Входные и выходные потоки данных могут моделироваться с помощью файлов. Перед запуском этой программы необходимо настроить потоки ввода-вывода, для чего необходимо подключить к входу и выходу порта файлы,

которые будут содержать входные и выходные данные. Выполните команду главного меню Setting->Streams. После этого на дисплее откроется окно Streams, показанное на рис. 1.

Щелкните в открывшемся окне по кнопке Add (добавить). Во вновь открывшемся окне Add New Streams (рис. 2), в группе настроек Source выберите группу File и, щелкнув по кнопке Browse (обзор), найдите, выделите и откройте файл Serin.dat с помощью кнопки Open (открыть).

После этого выберите в списке Format строку Binary. Остальные настройки данной группы оставьте без изменений. Теперь в группе настроек Destination выберите в списке Device устройство Sport1 и нажмите кнопку ОК. После этого вновь откроется окно Streams, в котором будет присутствовать заданная нами настройка.

Далее необходимо подключить выходной файл. Вновь щелкните в окне Streams по кнопке Add. В открывшемся

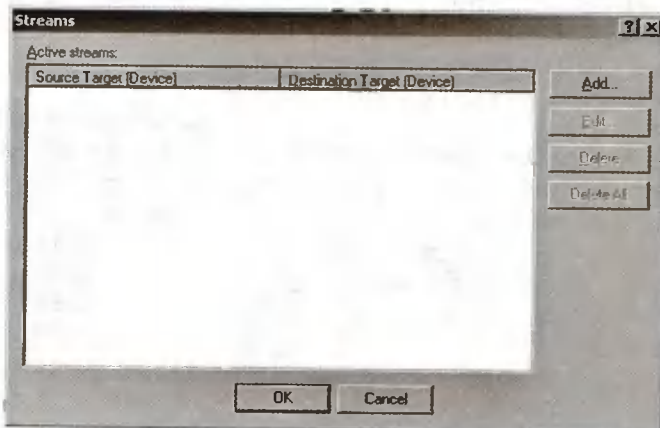


Рис. 1

окне Add New Streams, в группе настроек Source переключитесь на группу Debug target и выберите в списке Device устройство Sport1. Теперь в группе настроек Destination выберите группу File и, щелкнув по кнопке Browse, найдите, выделите и откройте файл Serout.dat с помощью кнопки Save (сохранить), или задайте это имя для выходного файла. В списке Format выберите строку Binary и нажмите кнопку ОК.

Теперь в открывшемся окне Streams будут присутствовать две записи настроек, показанные на рис. 3.

Нажмите в окне Streams кнопку ОК и оно закроется.

Перед запуском программы создайте с помощью команды меню Register->Custom окно, в котором будут отображаться регистры AX0, RX1, TX1. Кроме того, откройте еще одно окно с помощью команды меню Register->Program Control для отображения содержимого регистров управления процессора. Изменение содержимого этих регистров можно будет наблюдать в процессе пошагового выполнения программы. Допускается добавление окон для отображения и других регистров, но помните, что избыточная информация загромождает экран и затрудняет изучение программы.

Теперь можно скомпилировать и запустить программу в пошаговом режиме с помощью клавиш F7 и F11 соответственно. Кроме того, программу можно запустить в непрерывном режиме, используя команду Debug->Run, клавишу F5 или соответствующую кнопку на панели инструментов. В результате выполнения программы данные из входного файла Serin.dat должны без изменений переписаться в выходной файл Serout.dat. После окончания работы программы в окне выходной информации появится сообщение — Error in reading from stream for Sport 1, которое означает, что отладчик достиг конца входного файла при чтении данных.

При выполнении программы в непрерывном режиме допускается устанавливать точки останова в тех местах программы, где необходимо проконтролировать значение каких-либо данных в регистрах или памяти процессора. Для этих целей используются кнопки панели инструментов в виде кисти руки или синих флажков. Для установки точки останова необходимо выделить какую-либо строку программы и нажать кнопку с именем Toggle Bookmark. Снятие любой точки останова производится повторным нажатием этой же кнопки. Для снятия всех точек останова в программе используется кнопка с именем All Clear Bookmark. Переход между точками останова вверх или вниз производится с помощью кнопок Next Bookmark и Previous Bookmark, соответственно.

В исследуемом примере программы инициализация SPORT1 задает формирование внутреннего кадрового сигнала порта. Программный пакет Visual DSP++ позволяет симулировать внешний кадровый сигнал для порта с заданными временными параметрами. Для того, чтобы использовать данный механизм, произведите небольшую корректировку программы, изменив настройку кадровой синхронизации для порта SPORT1. Затем установите параметры внешнего прерывания кадровым сигналом с помощью команды главного меню Setting->Interrupts. В открывшемся окне (рис. 4) выберите в качестве источника внешнего прерывания (External Interrupts) кадровый сигнал приемника RFS1 и задайте число циклов Min cycles = 0, а Max cycles = 10, нажмите кнопку Add, а затем — ОК.

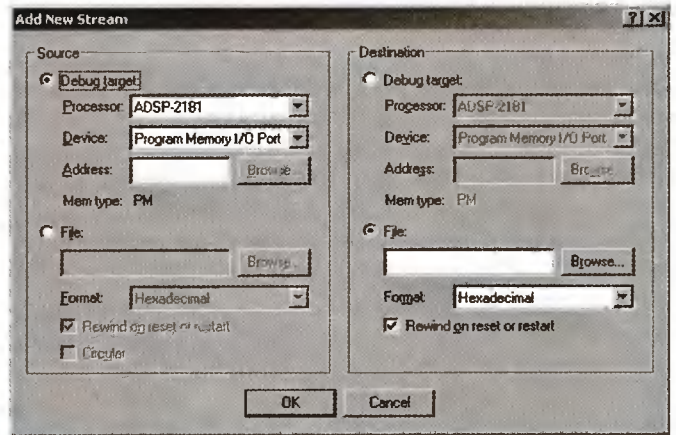


Рис. 2

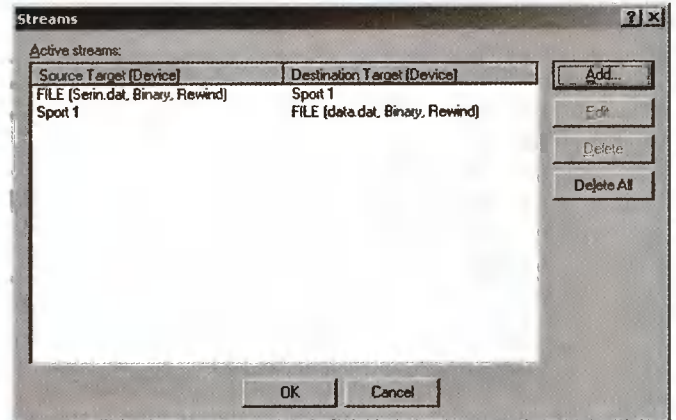


Рис. 3

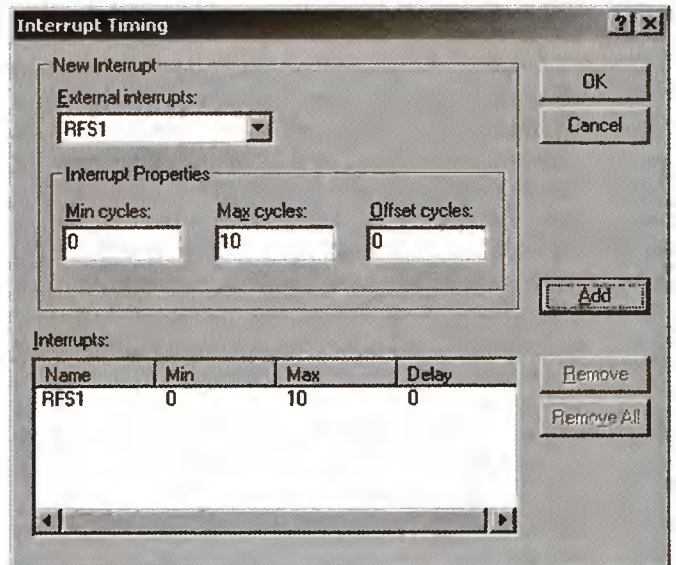


Рис. 4

Теперь на панели инструментов найдите и нажмите кнопку Restart и выполните программу по шагам, нажимая клавишу F11.

Выполняя программу в пошаговом режиме, можно наблюдать за изменением всех регистров, а также определять число циклов процессора при выполнении любой строки команд.

В программном пакете Visual DSP++ можно создавать новые проекты. Для этого необходимо закрыть открытый ранее проект с помощью команды Project->Close и выполнить команду Project->New. Откроется окно Save New Project As для создания нового проекта (рис. 5).

Нажмите в этом окне кнопку создания нового каталога и задайте ему новое имя. Теперь откройте вновь созданный каталог и задайте имя нового проекта. После этого нажмите кнопку Save. При этом откроется окно свойств проекта Project Options (рис. 6).

Выберите в этом окне в списке Processor тип ADSP-2181 и закройте окно с помощью кнопки ОК.

Далее создайте новый файл программы с помощью команды File->New и введите в него текст программы, подобный тому, что приведен ниже:

```
.section/pm interrupts;
__reset: JUMP start; NOP; NOP; NOP; /*reset vector*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*IRQ2*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*IRQL1*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*IRQL2*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*SPORT0 transmit*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*SPORT0 receive*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*IRQE*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*BDMA*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*SPORT1 transmit*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*SPORT1 receive*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*Timer*/
RTI; NOP; NOP; NOP; /*Power down*/
.section/pm program;
start: nop;
jump start;
```

Этот текст в дальнейшем можно использовать в качестве шаблона (заготовки) новой программы для сигнального процессора. Сохраните созданный файл с каким либо допустимым именем и расширением asm и выполните команду Project->Add to Project->File(s). Выберите сохраненный файл с программой и нажмите кнопку Add. Теперь необходимо добавить в каталог с проектом файл Adsp-2189.ldf, который можно взять из рассмотренных ранее каталогов с примерами проектов. Данный файл необходим для определения типа процессора и трансляции программы. После этого программу можно транслировать и запускать на выполнение. При успешной компиляции проекта в подкаталоге Debug проекта должен появиться исполняемый файл с расширением dxe, который автоматически загружается в отладчик-симулятор при запуске программы.

Для получения файла в рассмотренном нами ранее формате lda можно воспользоваться специальной утилитой elf2aexe.exe, входящей в состав Visual DSP++. С целью автоматизации этого процесса предлагаю использовать командный файл, имеющий следующее содержание:

```
cls
elf2aexe.exe %1.dxe %1
del %1.lda
del %1.sym
ren %1.exe %1.lda
```

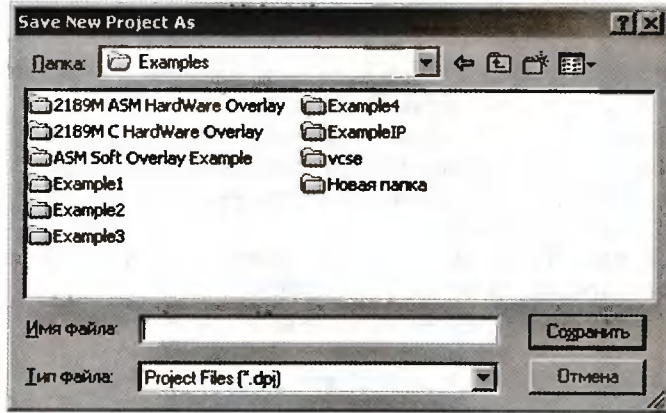


Рис. 5

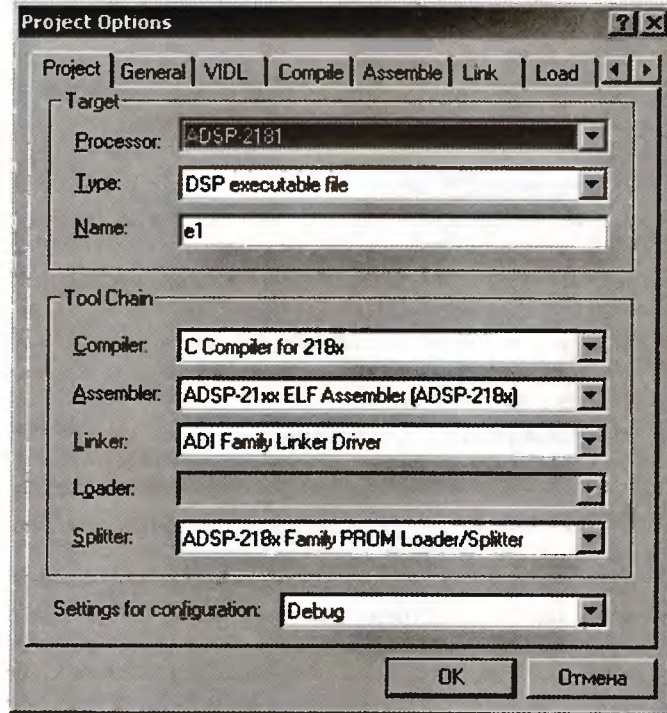


Рис. 6

Здесь вначале производится очистка дисплея, затем вызывается утилита elf2aexe.exe с именем преобразовываемого файла в качестве входного параметра. После этого выполняются операции удаления вспомогательных файлов и переименования полученного файла. Данный командный файл можно назвать именем dxe_lda.bat и использовать для его вызова команду dxe_lda.bat и использовать для его вызова команду dxe_lda.bat имя файла.

Полученный таким образом файл с расширением lda можно использовать для загрузки в аппаратный эмулятор или тестовую плату через интерфейс IDMA.

Продолжение следует

Олег Вальпа,
г. Миасс Челябинской обл.

Преобразователь сигналов трансформаторных датчиков

Описывается преобразователь сигналов трансформаторных датчиков с дискретной компенсацией технологического разброса их коэффициентов преобразования. Представлены рекомендации по его расчету, регулированию и применению.

Преобразование ряда физических величин при управлении технологическими процессами осуществляют с помощью трансформаторных датчиков, к особенностям которых, наряду с высокой точностью, температурной стабильностью и долговечностью, относят зависимость их выходных сигналов от напряжений питания, а также начальный разброс коэффициентов преобразования до $\pm 5\%$ [1]. Обработка сигналов таких датчиков не связана с принципиальными затруднениями, однако, часто необходимы вторичные преобразователи (ВП) сигналов дифференциальных и вращающихся трансформаторов, которые реализованы на распространенной элементной базе и обеспечивают погрешность преобразования 0,25...1%. Поскольку коррекция разброса коэффициентов преобразования датчиков за счет индивидуальной настройки ВП приводит к избыточности комплекта запасных частей, использование регулировочных потенциометров со шкалами и устройствами фиксации положения усложняет ВП, а применение цифровых потенциометров, перспективное для новых разработок, неприемлемо при модернизации существующих систем управления, актуальны вопросы создания относительно простых взаимозаменяемых ВП.

Рассмотрим канал преобразования (рис. 1) сигналов дифференциального трансформатора (ДТ), пропорциональных значению преобразуемого параметра x , с дискретной компенсацией технологического разброса коэффициента преобразования ДТ, свободный от указанных выше недостатков.

В состав ВП входят генератор G напряжения U_1 питания датчика и нормирующий преобразователь НП его выходного напряжения U_2 в сигналы постоянного тока. Выходное напряжение ВП $U(x)$ поступает на АЦП, а ток $I(x)$ — в приемники с эквивалентным входным сопротивлением R_N . С целью минимизации помех другим измерительным каналам для возбуждения ДТ используется синусоидальное напряже-

отрицательной обратной связи по проводникам Γ_3, Γ_4 стабилизируется напряжение на обмотке возбуждения ДТ.

Генератор G осуществляет цифроаналоговый синтез синусоидального сигнала [2]. В состав генератора (рис. 2) входят источник опорного напряжения, построенный на основе стабилитрона VD2 и операционного усилителя D3.3, генератор тактовых импульсов D1.1, D1.2, C1, R1—R4, формирователь кодовых последовательностей D4, D6.1, ЦАП, выполненный на микросхеме D2, ОУ D3.1 и резисторах R5—R12, R19, R22, усилитель мощности, реализованный на основе микросхемы D5, трансформаторы T1, T2, а также (особенность описываемого ВП) узел стабилизации напряжения питания ДТ, включающий линейный выпрямитель D3.2,

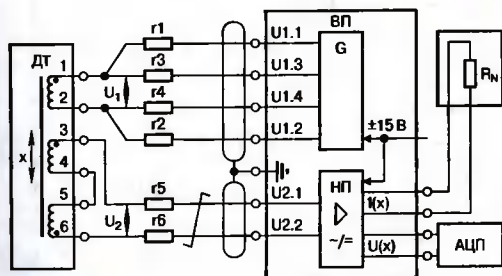


Рис. 1

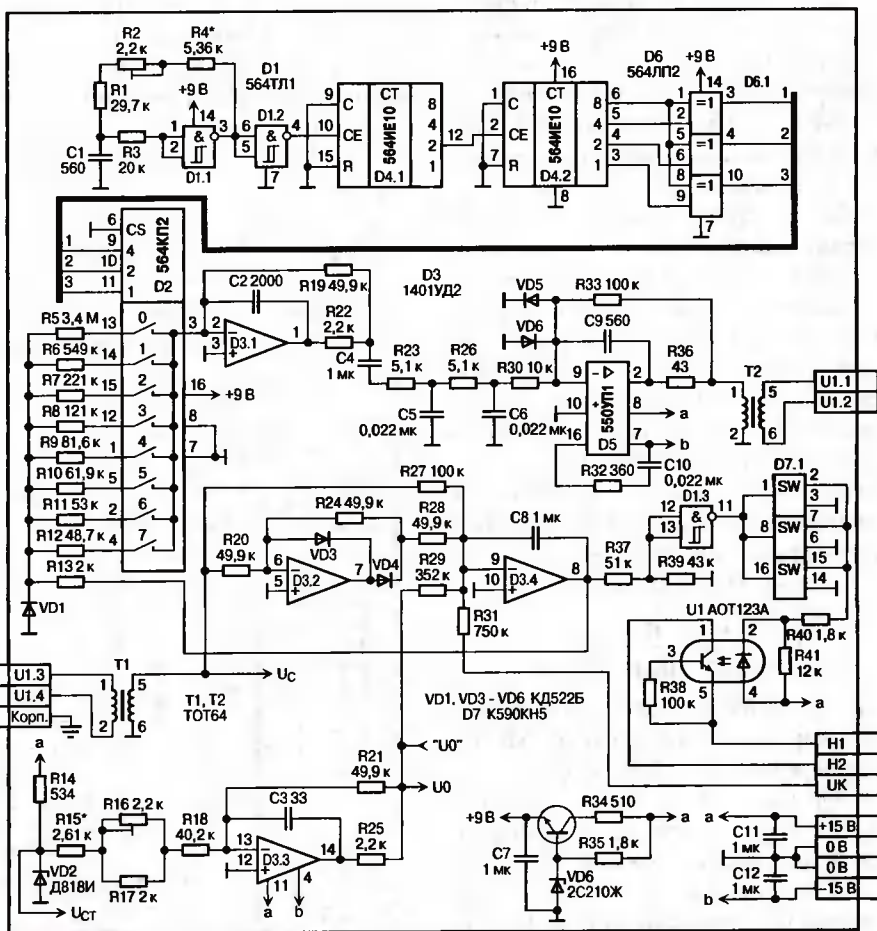


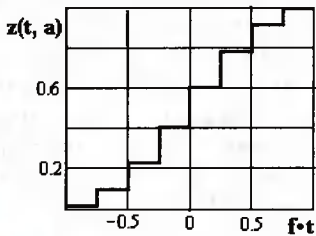
Рис. 2

ние с частотой 875 Гц. В связи с тем, что двухпроводное подключение к ВП обмотки возбуждения ДТ с параметрами $R_{ОБМ} \approx 60 \text{ Ом}$, $L_{ОБМ} \approx 19 \text{ мГн}$ характеризуется существенным влиянием линии связи на погрешность преобразования, ДТ подключен к ВП с помощью шестипроводной линии связи $\Gamma_1 - \Gamma_6$. В результате действия

VD3, VD4, R20, R24, суммирующий интегратор D3.4, C8, R27—R29, R31 и узел контроля D1.3, D7.1, U1.

Формирователь D4, D6.1 генерирует эквидистантную последовательность кодовых комбинаций, поступающих на цифровые входы ЦАП, на опорный вход которого поступает выходное напряжение интегратора. Входным сигналом усилителя D3.1 является

ступенчатая функция $z(t, a)$ (рис. 3, а), формируемая ЦАП D2, R5—R13.



фазочувствительный преобразователь (ФЧП), выполненный на основе к-

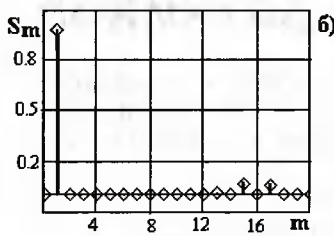


Рис. 3

На выходе ЦАП формируется квазисинусоидальное напряжение, сглаживаемое фильтром D3.1, C2, R19. Резисторы ЦАП выбраны из условия минимизации коэффициента гармоник сигнала $f(t, a) = 2z(t, a) - 1$. В результате спектр переменной составляющей, пропорциональной $z(t, a) - 0,5$ (рис. 3, б), содержит гармоники, начиная с 15-й, их уровень мал и фильтрация не вызывает затруднений.

Гармоники, возникающие из-за разброса сопротивлений резисторов R5—R13 на $\pm 0,5\%$, существенно слабее сигнала основной частоты, поэтому к точности ЦАП жестких требований не предъявляется. Частотные характеристики усилителя мощности D5 соответствуют характеристике полосового фильтра, что еще более улучшает спектральный состав формируемого сигнала. Напряжение обратной связи с выхода трансформатора T1 поступает на линейный выпрямитель D3.2, выходные сигналы которого на входе интегратора суммируются с опорным напряжением. В установившемся режиме выходное напряжение генератора U_1 составляет

$$U_1 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \times \frac{R_{27}}{R_{25}K_2} \times U_0, \quad (1)$$

где $U_0 = 10$ В и $K_2 \approx 0,9$ — соответственно опорное напряжение и коэффициент передачи трансформатора T1.

Обрывы в цепях обмотки возбуждения ДТ сопровождаются увеличением выходного напряжения усилителя D3.4 и выходом его из расчетного диапазона, что приводит к формированию сигнала неисправности в виде замкнутого состояния транзисторного ключа оптрона U1. При контроле канала на вход УК ВП подают напряжение +15 В, что приводит к уменьшению напряжения питания ДТ и к прогнозируемому уменьшению выходного сигнала ВП.

В состав НП (рис. 4) входят формирователь импульсов на компараторе D8, управляемый инвертор, логический узел D1.3, D6.2, S1.2, R57,

ча D7.2, и ОУ D10.1 [3, 4], выходной усилитель с регулируемым коэффициентом передачи, реализованный на основе микросхемы D9, ОУ D10.2, D10.4, ограничитель выходного напряжения R74, R77, VT14, защищающий вход АЦП от перенапряжения, а также формирователь токового сигнала D10.3, VT10.2, VT10.3.

На выходе НП формируются импульсы, синхронизированные с напряжением возбуждения ДТ. ФЧП преобразует выходное напряжение ДТ U_2 в напряжение постоянного тока $|U_\phi| \leq 1,667$ В в соответствии с выражением

$$U_\phi = \pm \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \times \frac{R_{48}}{R_{45}} U_2 \cos(\phi), \quad (2)$$

где ϕ — фазовый сдвиг между преобразуемым напряжением переменного

тока и импульсами на входе управления ФЧП.

Выбор знака в выражении (2) осуществляется с помощью выключателя S1.2.

Выходной усилитель обеспечивает преобразование напряжения U_ϕ в нормализованный сигнал, в диапазоне 0...5 В при нагрузке до 2,5 кОм. Разброс коэффициента преобразования ДТ компенсируют изменением коэффициента передачи выходного усилителя с помощью движковых переключателей S1.1, и умножающего ЦАП D9, D10.2. Формирователь токового сигнала D10.3, VT10.2, VT10.3 преобразует напряжение выходного усилителя в постоянный ток, изменяющийся в диапазоне 4...20 мА при сопротивлении нагрузки, подключенной к контактам +I(x) и -I(x), не более 400 Ом.

В ВП применены резисторы C2-29В-0,125 (R1, R6—R13, R18—R21, R24, R27—R29, R45, R48, R53, R54, R56, R58—R63, R67, R68 с допуском $\pm 0,1\%$, R14, R15, R17 с допуском $\pm 1\%$), резистор R5 C2-29В-0,5 с допуском $\pm 1\%$, а также резисторы C2-23Н-0,25 с допуском $\pm 5\%$ (остальные постоянные резисторы). Регулировочные резисторы — C5-2ВБ-0,5. Конденсаторы C1,

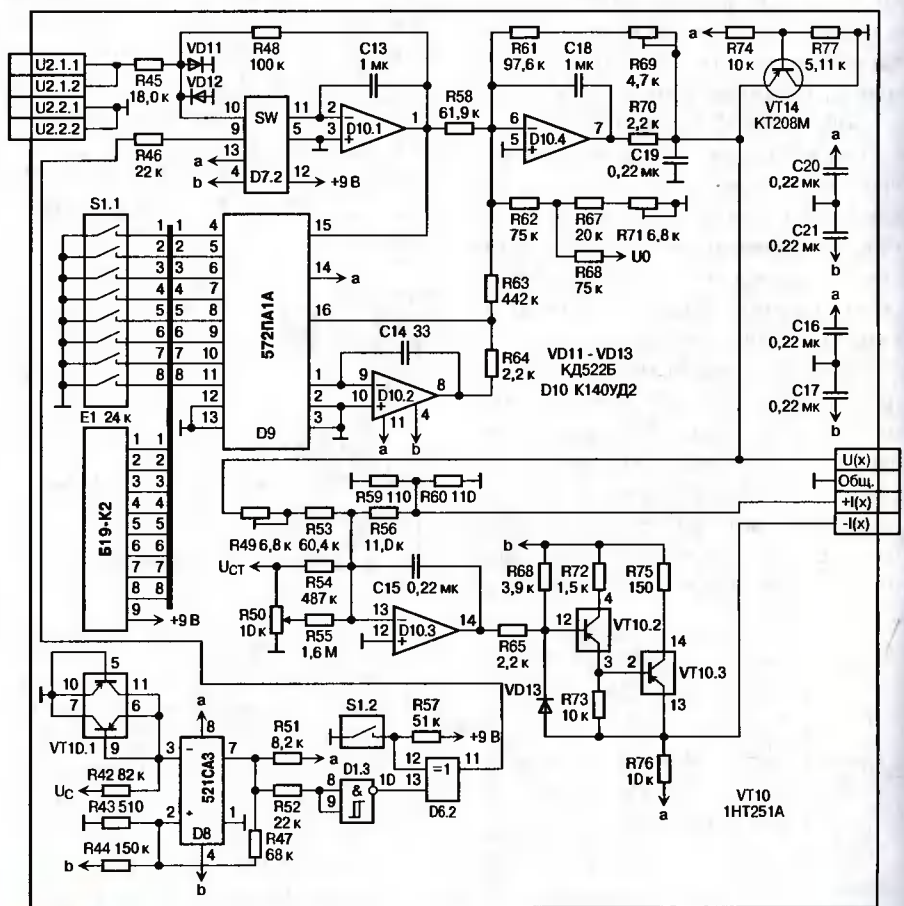


Рис. 4

C9 K10-17a (M75) с допуском $\pm 5\%$, C3, C14 — K10-17a (M750), C2, C5, C6, C10 — K10-17a (M1500), и C7, C11, C12, C16, C17, C19—C21 K10-17a (H90). Остальные — K73-16 на напряжение 63 В. Вместо указанных микросхем могут применяться аналогичные приборы серий 561, 564 (D1, D2, D4, D6), распространенные операционные усилители, практически любые аналоги трансформаторов T1, T2 (с учетом влияния активного сопротивления обмоток трансформатора T1 на погрешность преобразования). Применение разделительного трансформатора T2, не являющегося обязательным элементом (рис. 2), в данном случае

танавливают начальное значение выходного напряжения ВП 2,5 В, а резистором R50 по прибору P4 — начальное значение токового сигнала 4 мА.

4. Переводят тумблеры S2, S3 в положение «1», с помощью ВТ устанавливают по вольтметру P6 выходное напряжение ВП $4,5 \pm 0,1$ В. Измеряют вольтметром P6 его значение U_M , вольтметром P7 входное напряжение ВП, которое должно быть $0,133(U_M - 2,5)(1,0000 \pm 0,0005)$ В, а прибором P4 — выходной ток ВП, который должен быть $(3,2U_M + 4)(1,0000 \pm 0,0005)$ мА. Выполнение указанных условий обеспечивают соответственно резисторами R69 и R49.

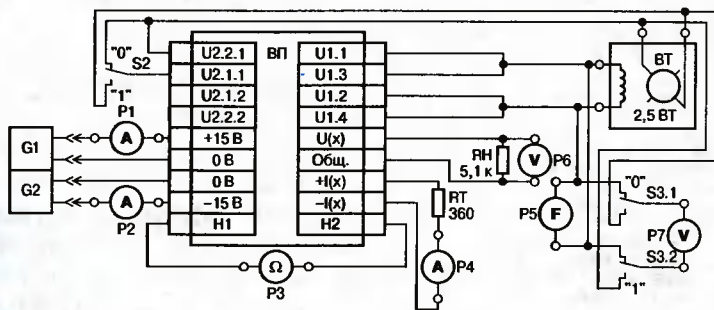


Рис. 5

обусловлено повышенной чувствительностью конкретного ДТ к токам подмагничивания.

Регулирование и проверку параметров ВП при изготовлении выполняют с помощью установки (рис. 5), в состав которой входят лабораторные источники питания G1, G2, тумблеры S2, S3, имитаторы нагрузок RT, RH, имитатор ДТ, выполненный на основе вращающегося трансформатора (ВТ), а также средства измерений P1—P7.

При регулировании выполняют следующие операции.

1. С помощью сменного резистора R15 из ряда 0; 825 Ом, 1,69 кОм, 2,61 кОм, 3,48 кОм, 4,42 кОм и регулировочного резистора R16 (рис. 2) по вольтметру, подключенному к контакту «U0» ВП, устанавливают опорное напряжение -10 В.

2. С помощью сменного резистора R4 из ряда 0; 1,33 кОм, 1,69 кОм, 2,74 кОм, 4,02 кОм, 5,49 кОм, 6,81 кОм, и регулировочного резистора R2 (рис. 2) по частотомеру P5 устанавливают частоту питания ДТ 875 Гц.

3. Включают движки переключателя S1.1 (рис. 4) в положения, соответствующие коду 128 на входе ЦАП D9, тумблеры S2 и S3 — в положение «0» и резистором R71 по вольтметру P6 ус-

танавливают начальное значение выходного напряжения ВП 2,5 В, а резистором R50 по прибору P4 — начальное значение токового сигнала 4 мА.

4. Проверка ВП заключается в измерении его токов потребления амперметрами P1, P2, частоты и действующего значения напряжения питания ДТ, соответственно приборами P5 и P7, экспериментальной оценке погрешности сигналов $U(x)$ и $I(x)$ при различных значениях коэффициента коррекции с помощью ВТ и приборов P4, P6, P7, а также в проверке омметром P3 формирования сигнала неисправности при обрывах в цепях обмотки возбуждения ДТ.

При налаживании каналов преобразования сигналов трансформаторных датчиков, построенных с применением описанного ВП, для каждого датчика экспериментально определяют отклонение его коэффициента преобразования от номинального значения γ , %, а также необходимое положение движка S1.2 (рис. 4), и рассчитывают коэффициент коррекции $N = \text{round}(128 - 16,928\gamma)$ в диапазоне 0—255. Полученную информацию в формате ZX, где Z — положение движка S1.2 («0» или «1»), X — восьмизначный двоичный код коэффициента коррекции, наносят на шильдик, расположенный в непосредственной близости от места установки ВП. В дальнейшем движки S1 ВП устанавливают в соответствии с шифрами на

шильдиках, что позволяет обеспечить взаимозаменяемость ВП. Применение движковых переключателей с целью компенсации технологического разброса датчиков не сопровождается усложнением конструкции ВП, а установка движков в соответствии с кодом коррекции выполняется заметно быстрее, чем регулирование потенциометрами с механической фиксацией установленного положения, что в ряде случаев позволяет проводить оперативную замену отказавших ВП без приостановки контролируемых технологических процессов.

Как следует из выражения (2), область применения НП с ФЧП ограничивается случаями, когда вариацией фазового сдвига ϕ при изменении преобразуемого параметра x можно пренебречь. Это условие справедливо для рассматриваемого ДТ, а также для широко распространенных вращающихся трансформаторов ВТ-4С, 2,5ВТ, и других. В тех случаях, когда указанное условие не выполняется, НП можно реализовать на основе линейных выпрямителей.

Синтез ВП удобно выполнять с помощью расчетной методики в виде файла RVPdt.mcd в формате MatchCad 2000 Pro, размещенного на сайте журнала по адресу <http://www.dian.ru/programs>.

Таким образом, применение описанных выше технических решений и разработанной расчетной методики позволяет реализовать на распространенной элементной базе измерительные каналы с компенсацией технологического разброса параметров трансформаторных датчиков, характеризующиеся уменьшенной избыточностью комплекта запасных частей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В. В. Хрущев. *Электрические микромашины для устройств автоматики*. — Л.: Энергия, 1969.
2. У. Титце, К. Шенк. *Полупроводниковая схемотехника*. — М.: Мир, 1982.
3. В. А. Кондрашов, А. Н. Шаров. *Системы автоматического управления на интегральных операционных усилителях*. — Л.: ИПК Судпром, 1977.
4. М. Х. Сахартов и др. *Авт. свид. SU 1125738 А, Б. И. № 4, 1984.*

Юрий Пахоменков,
г. Санкт-Петербург

Автомат световых эффектов на основе PIC-контроллера

Значительно эффективнее производится подготовка программ с использованием языков программирования высокого уровня. С их появлением программирование преобразилось. Значительно проще стало использование подпрограмм и стандартизированных функций. Что собой представляют подпрограммы (функции)? По своей сути — это части программ, которые часто повторяются. Именно, чтобы не занимать лишней объем памяти, эти часто повторяемые фрагменты записываются в отдельные подпрограммы, которые могут вызываться непосредственно из основной программы в процессе ее исполнения. Кроме экономии памяти, это дает хорошую организацию всей программы в целом, увеличивает ее читаемость. Кроме того, опытные программисты стремятся создавать так называемые универсальные подпрограммы (функции), которые годятся, как говорится, на все случаи жизни.

Теперь разберемся более детально в алгоритме работы подпрограммы.

Алгоритм работы устройства строится на одной универсальной подпрограмме. Она оперирует битовыми полями. Как уже было сказано выше, поле состоит из восьми бит. Данное битовое поле непосредственно выводится в полнофункциональный порт микроконтроллера (в данном случае в порт В). Для большей универсальности программа оперирует не одним битовым полем, а сразу двумя, причем поля смещаются в разные стороны. Результат сложения двух полей выводится в порт. Это позволяет довольно просто организовать большое число разных режимов работы автомата. Организация программы микроконтроллера с подобным алгоритмом позволяет значительно снизить общий размер кода, а это, в свою очередь, позволяет занести больше эффектов в небольшой объем памяти. Данная статья рассчитана на то, что пользователь разберется в принципе функционирования программы микроконтроллера и сможет добавить в автомат свои световые эффекты.

Основная подпрограмма носит название `revers`. Алгоритм ее работы представлен на рис. 2.

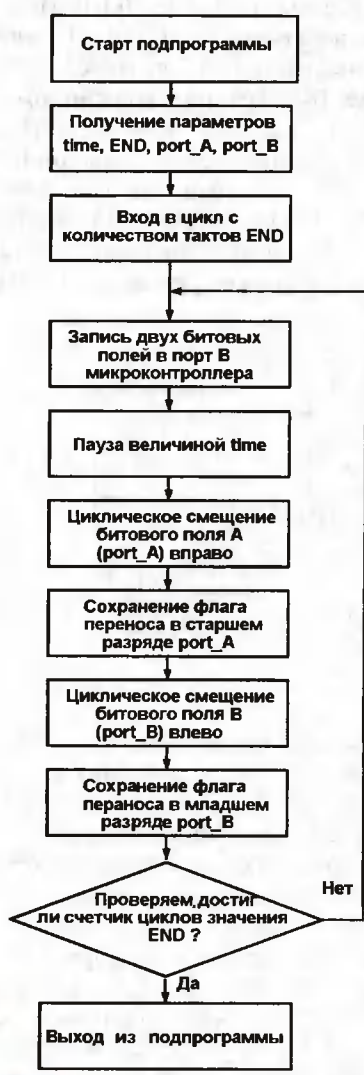


Рис. 2

При вызове данной подпрограммы в нее передаются четыре аргумента. Назначение каждого элемента:

- `time` — пауза между смещениями битовых полей;
- `END` — число циклов смещения;
- `port_A` — первое битовое поле (поле A);
- `port_B` — второе битовое поле (поле B).

Сразу после получения подпрограммой аргументов микроконтроллер попадает в программный цикл с числом тактов `END`, после этого выполняется битовое сложение двух битовых полей. Результат данной операции непосредственно выводится в порт В. Далее микроконтроллер запускает программную паузу длительностью `time`. По истечении паузы подпрограмма выполняет

циклическое смещение битового поля А вправо на один разряд. Бит, смещенный в флаг переноса (а в PIC микроконтроллерах аппаратное смещение делается именно таким способом), сохраняется в старшем разряде поля А. Это необходимо для сохранения целостности битового поля. После смещения первого поля подпрограмма переходит к смещению на один разряд второго битового поля влево, причем флаг переноса сохраняется уже в младшем разряде битового поля В. Затем подпрограмма проверяет, не достиг ли счетчик рабочих циклов подпрограммы значения `END`. Если счетчик достиг конечного значения, происходит выход из подпрограммы, если нет — рабочий цикл повторяется заново.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И РАБОТА С НИМ

Как работать с данной подпрограммой? Очень просто. Для начала скажем, какие эффекты можно создать с ее помощью. Это — смещение точки вправо (бегущий огонь вправо), смещение точки влево (бегущий огонь влево), встречное движение точек. В этом контексте под «смещением точки» подразумевается не только смещение точки, а вообще любое сочетание светящихся элементов, которое записано в переменную битового поля, будь то один, два, четыре и более бит. Также необходимо сказать, что каждый установленный бит в битовом поле А или В, будет прямо отображаться при работе нашего автомата. Это значит, например, что если бит № 1 поля А установлен в 1, то на выводе порта RB1 (вывод 7 DD1 на рис. 1) будет также присутствовать лог. 1. А это означает, что гирлянда № 2 будет гореть.

Далее приведем несколько примеров расчета входных параметров для подпрограммы.

Пример № 1. Чтобы получить смещение одной точки влево на восемь разрядов (эффект «бегущий огонь влево») необходимо послать в подпрограмму следующие параметры: `port_A=0b00000000`, `port_B=0b00000001`, `END=8`, `time=X`. Для облегчения восприятия значения битовых полей записаны в так называемом двоичном формате. Значение `time=X` отвечает времени горения точки между смещениями. Оно рассчитывается по следующей формуле:

$$time = t/11 \times T_{CPU}$$

где t — требуемое время горения точки между смещениями, в секундах; T_{CPU} — период одного рабочего такта микроконтроллера.

Для семейства PIC16 значение периода T_{CPU} рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{CPU} = 4/F_{OSC}$$

где F_{OSC} — частота генератора микроконтроллера, в Гц.

В случае с PIC16F6XX частота работы тактового генератора для устройства равна 37 кГц. Для варианта устройства на PIC16F84 этот параметр соответствует 32768 Гц.

Пример №2. Чтобы получить встречное смещение двух точек с периодом горения одной точки 0,1 с, необходимо послать в подпрограмму следующие аргументы: port_A=0b10000000, port_B=0b00000001, END=8, time=80 (в варианте для PIC16F6XX).

Следует отметить, что алгоритм на рис. 2 иллюстрирует работу только одной подпрограммы. В тоже время программа для микроконтроллера включает еще несколько важных подпрограмм. Первая — это подпрограмма `init`. Эта программа вызывается сразу же после сброса микроконтроллера и проводит его начальную инициализацию, т. е. подстраивает внутренние параметры микроконтроллера под устройство. Для формирования пауз используется подпрограмма временных задержек `pause`, в нее и передается значение переменной `time`. Кроме них присутствует еще подпрограмма-обработчик аппаратного прерывания от таймера/счетчика микроконтроллера. С ее помощью микроконтроллер подсчитывает время от начала работы устройства, и по истечении определенного времени выключает все гирлянды и переводит микроконтроллер в режим «сна» (`sleep`). Более детально о назначении этой подпрограммы будет рассказано ниже. Также в основной программе (`void main`) присутствует программный блок разогрева ламп накаливания гирлянд. В его задачи входит разогрев ламп при старте работы устройства. Для этого микроконтроллер зажигает все гирлянды сразу после подачи питания на устройство во время приблизительно 10 с.

Кроме всех выше описанных примеров подпрограмма при умелом использовании позволяет создавать такие эффекты, как плавный разгон бегущей точки, плавное снижение ее скорости и многие другие (включая

Листинг 1

```

/*Программа "Автомат световых эффектов на PIC микроконтроллере"*/
#include <pic.h>

/*Слово конфигурации микроконтроллера (PIC16F627/628)*/
_CONFIG (INTIO           // Включаем внутренний RC генератор
&DATUNPROT&UNPROTECT   // Выключаем защиту памяти микроконтроллера
&BOREN                  // Включаем детектор провала напряжения питания
&MCLRDIS                // Выключаем вывод сброса микроконтроллера
&PWRTE &WDTDIS         // Выключаем таймеры PWRTE и WDT
&LVPIIS);              // Запрещаем низковольтное программирование

void interrupt InterFunc(void); /*Обработчик прерываний по переполнению TMR0*/
void init(void); /*Подпрограмма инициализации микроконтроллера*/
void pause(unsigned int); /*Подпрограмма, обеспечивающая паузы*/
void revers(unsigned int, unsigned char, unsigned char, unsigned char); /*Подпрограмма,
обеспечивающая смещение двух полей точек*/
    unsigned int timer_power=0x0000;
// Таймер "самовыключения" автомата (единица значения соответствует 7 сек)
    const unsigned int finish=255; // Константа, которая содержит период времени,
// через которое устройство прекратит свою работу
// (единица значения соответствует 7 сек)

void main (void)          /*Основная программа*/
{
    unsigned int time, i, j; // Переменные для внутренних нужд
    init(); // Инициализируем контроллер
    /*Разогрев ламп накаливания гирлянд автомата*/
    PORTB=0xFF; // Включаем все гирлянды
    pause(9000); // Пауза 10 сек
    PORTB=0x00; // Гасим все лампы
    for(;;) // Главный цикл программы
    {
        /*Далее идет последовательный вызов подпрограммы*/
        /*В программу в качестве аргументов записывают разный (заранее подсчитанные) */
        /*значения периодов времени, битовых полей и числа тактов*/
        /*В результате получаем разнообразные эффекты*/
        revers(80, 32, 0b00000000, 0b00000001); // Бегущая точка влево
        revers(80, 32, 0b10000000, 0b00000000); // Бегущая точка вправо
        revers(80, 32, 0b10000000, 0b00000001); // Две встречно бегущие точки
        revers(80, 32, 0b11000000, 0b00000011); // Встречно бегущие пары точек
        revers(80, 42, 0b10101010, 0b00000000); // Перемигивание точек
        revers(80, 42, 0b10100000, 0b00000101); // Встречно бегущие раздельные пары
        revers(80, 42, 0b11111111, 0b00000000); // Зажигаем все
        revers(80, 22, 0b00000000, 0b00000000); // Гасим все
        /* Плавный разгон бегущей точки вправо*/
        time=410;
        for(i=0; i<10; i++)
        {
            revers(time, 8, 0b10000000, 0b00000000);
            time=time-40;
        }
        /* Плавный разгон бегущей точки вправо*/
        time=410;
        for(i=0; i<10; i++)
        {
            revers(time, 8, 0b00000000, 0b00000001);
            time=time-40;
        }
        /* Плавное снижение скорости бегущих точек вправо*/
        time=40;
        for(i=0; i<10; i++)
        {
            revers(time, 8, 0b10001000, 0b00000000);
            time=time+40;
        }
        /* Плавное снижение скорости бегущих точек влево*/
        time=40;
        for(i=0; i<10; i++)
        {
            revers(time, 8, 0b00000000, 0b00010001);
            time=time+40;
        }
    }
}

```

эффекты с большим числом смещаемых точек). Примеры организации этих эффектов продемонстрированы в листинге программы на языке C, которая представлена ниже. Программа откомпилирована при помощи компилятора № 1 для PIC микроконтроллеров Hi-Tech PICC. К сожалению, этот компилятор является профессиональным программным обеспечением и его полноценные версии не распространяются бесплатно. Пользователь может бесплатно скачать облегченную версию данного компилятора Hi-Tech PICC Lite. Облегченная версия компилятора поддерживает следующие типы микроконтроллеров от Microchip — PIC16F627, PIC16F628, PIC12F629, PIC12F675, PIC16C84, PIC16F84, PIC16F84A, PIC16F877 и PIC16F877A. Скачать ее можно с официального сайта фирмы разработчика [1].

После определения стартовых значений подпрограммы пользователь имеет возможность включить их в тело основной программы void main (в цикл for(;;){}). Само собой разумеется, что после такого изменения тела программы придется произвести ее повторную компиляцию в компиляторе Hi-Tech PICC. Это приведет к созданию нового HEX-файла с программными кодами, в котором будут отображены эффекты, созданные пользователем. Программа устроена так, что эффекты будут поочередно вызываться из основной программы и воспроизводиться на гирляндах автомата. После завершения работы последнего эффекта из списка программа снова перейдет к обработке первой строки списка, создавая, таким образом, бесконечный цикл работы автомата световых эффектов.

Программа универсального автомата световых эффектов для PIC16-совместимых микроконтроллеров представлена в листинге 1.

Кроме всего вышеперечисленного, в программу микроконтроллера встроен модуль автоматического выключения по истечении определенного периода времени. Суть его работы заключается в том, что через определенное время гирлянды гаснут и устройство переводится в режим пониженного энергопотребления. Модуль самовыключения не влияет на работу основной программы, поскольку подсчет времени счетчиками происходит в так называемом фоновом (параллельном) режиме работы микроконтроллера. Для организации данного режима

Листинг 1 (окончание)

```

}
/*Плавное увеличение, а потом снижение скорости */
/* двух вставочно двигающихся точек*/
time=410;
for(j=0;j<2;j++)
(
for(i=0;i<10;i++)
{
revers(time,8,0b10000000,0b00000001);
time=time-40;
}
for(i=0;i<10;i++)
{
revers(time,8,0b10000000,0b00000001);
time=time+40;
}
}
revers(80,60,0b10101010,0b10101010); // Плавное перемигивание
revers(80,60,0b11111111,0b00000000); // Зажигаем все
revers(80,22,0b00000000,0b00000000); // Гасим все
}
}

void interrupt InterFunc(void) /*Обработчик прерываний по переполнению TMR0*/
{
TOIF=0; // Сбрасываем флаг переполнения TMR0
timer_power++; // Увеличиваем значение таймера автоматического выключения
if(timer_power==finish) //Если время выключения гирлянды, то
{
INTCON=0x00; // запрещаем все прерывания
PORTB=0x00; // "гасим" порт В (гирлянды)
asm("sleep"); // и засыпаем.....
}
}

void init(void) /*Подпрограмма инициализации микроконтроллера*/
{
OSCF=0; // Переключаем скорость внутреннего RC генератора с 4 МГц до 37 кГц
TRISB=0x00; // Настраиваем весь порт В на выход
PORTB=0x00; // Записываем стартовое значение в порт В
OPTION=0b11010111; // Инициализируем работу TMR0 (1:256)
INTCON=0b10100000; // Разрешаем прерывания по переполнению таймера 0
}

void pause(unsigned int time) /*Подпрограмма, обеспечивающая паузы*/
(
//t=time x 11 x Tosc (Tosc=4/Fosc)
while(time-->0); //Пауза....
}

/*Подпрограмма, обеспечивающая смещение двух полей точек*/
void revers(unsigned int time, // Пауза одного цикла смещения
unsigned char END, // Число циклов смещения
unsigned char port_A, // Первое битовое поле
unsigned char port_B) // Второе битовое поле
{
unsigned char i,temp;
for(i=0;i<END;i++) // Число циклов смещения
{
temp=port_A; // Сохраняем переменную
temp=temp|port_B; // Логическое ИЛИ двух переменных
PORTB=temp; // Записываем конечное значение в порт В
pause(time); // Пауза одного цикла смещения
port_A=port_A>>1; // Смещаем первое битовое поле
if(CARRY) port_A=port_A|0x80; // Сохраняем CARRY (флаг переноса)
// в старшем разряде поля
port_B=port_B<<1; // Смещаем второе битовое поле
if(CARRY) port_B=port_B|0x01; // Сохраняем CARRY (флаг переноса) в младшем
// разряде поля
}
}
}

```

работы используются прерывания по переполнению таймера/счетчика 0 микроконтроллера. Несмотря на довольно простой алгоритм работы данного программного блока, он во многих случаях разрешает предотвратить небезопасные последствия, к которым может привести то, что пользователь забыл своевременно выключить автомат. Время работы таймера самовыключения в подпрограмме задается в виде константы *finish*. Единица этой константы соответствует 7 с работы автомата световых эффектов (для варианта на основе PIC16F6XX). При программировании устройства пользователь может сам изменить значения данной константы в программе, установив, таким образом, нужное ему время. Так, например, для получения времени перехода в режим «сна», равный 30 мин (30×60 с), константе *finish* необходимо присвоить значение 255. Для того, чтобы снова включить гирлянду после самовыключения необходимо кратковременно снять, а потом подать питание на ее устройство.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

На подборе микроконтроллера остановимся более детально. В основном варианте устройства использован микроконтроллер небольшого семейства PIC16F6XX. Данный тип микроконтроллеров хорошо известен профессиональным программистам, которые активно используют его в своих конструкциях. Что же это за микроконтроллер? Приборы семейства PIC16F6XX позиционируются самой фирмой Microchip как дешевые и современные заменители более ранних моделей, а именно PIC16F8X (PIC16F83 и PIC16F84). Они имеют такое же размещение выводов, как и предшественники, но более богатую периферию, которая не идет ни в какое сравнение с периферией PIC16F8X.

В основе серии PIC16F6XX лежат две основные модели — это PIC16F627 и PIC16F628. Значительно позже появились еще три модификации — PIC16F627A, PIC16F628A и PIC16F648A, которые стоят намного дешевле предшественников (PIC16F627/628). Основная разница между этими микроконтроллерами заключается в размере Flash памяти программ. Так, у PIC16F627/627A объем памяти программ составляет 1024 слова, PIC16F628/628A — 2048, PIC16F648A — 4096. Кроме того, PIC16F648A имеет больший объем ОЗУ и EEPROM памяти (каждая по 256 байт). Перечислим основные периферийные модули данной серии:

- модуль аналоговых компараторов (два компаратора, внутренний программируемый источник опорного напряжения и др.);
- таймер 0 (8 бит, предделитель);
- таймер 1 (16 бит, предделитель, возможность подключения внешнего резонатора);
- таймер 2 (8 бит, предделитель и выходной делитель);
- модуль сравнения/захвата/ШИМ;
- последовательный синхронно-асинхронный приемопередатчик USART.

Ко всему вышесказанному нужно добавить, что данный микроконтроллер имеет полную и качественную техдокументацию на русском языке, что облегчает освоение архитектуры микроконтроллера. Скачать эту документацию можно с сервера российского отделения фирмы Microchip [2].

Специально для любителей старых версий микроконтроллеров в устройстве и программе сохранена совместимость с микроконтроллером PIC16F84. В этом случае в устройство придется добавить кварцевый резонатор на частоту 32,768 кГц, его можно найти даже в старых электронных часах.

Микросхему удобно установить на плату при помощи панельки. В этом случае появляется возможность использовать данный экземпляр и в других устройствах.

Детально узнать о способах программирования и возможных конструкциях программаторов для PIC микроконтроллеров можно в [3, 4].

Печатная плата автомата представлена на рис. 3, ее размеры 90×50 мм.

На рис. 4 приведена расстановка элементов на плате.

В устройстве использованы транзисторы серии KT815, их можно заменить на KT817 с любым буквенным индексом. Плата устройства разрабатывалась с возможностью установки всех транзисторов на один теплоотвод, в качестве которого используют пластину подходящих размеров. Для установки транзисторов необходимо использовать изолирующие слюдяные прокладки.

Число ламп накаливания в гирлянде подбирают, исходя из необходимой длины и суммарной мощности потребления, желательно, чтобы рабочее напряжение гирлянды несколько превышало напряжение блока питания.

Для питания устройства используется трансформаторный блок с выпрямителем, его мощность должна соответствовать потреблению всех одновременно включенных ламп.

В авторском варианте конструкции использован блок питания напряжением 12 В, лампы накаливания с номинальным напряжением 12 В и током 30 мА. В каждой гирлянде установлено по восемь таких ламп, ток гирлянды составляет 0,24 А. Средний ток потребления всей системой во время работы не превышает 1 А. Ток выходов микроконтроллера (выводы 6—13) при сопротивлении резисторов R2—R9 1 кОм составляет около 4 мА. Это намного меньше допустимого для этих выводов, который составляет 20...25 мА.

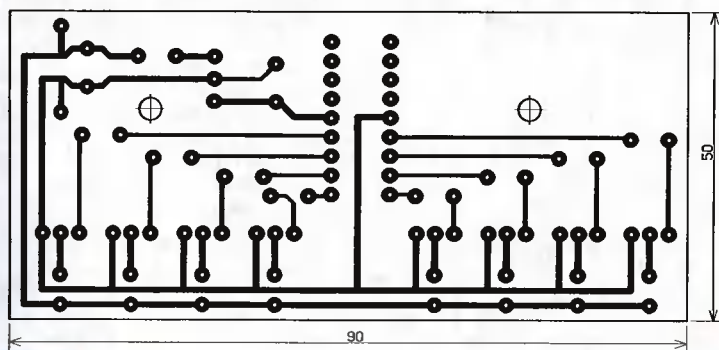


Рис. 3

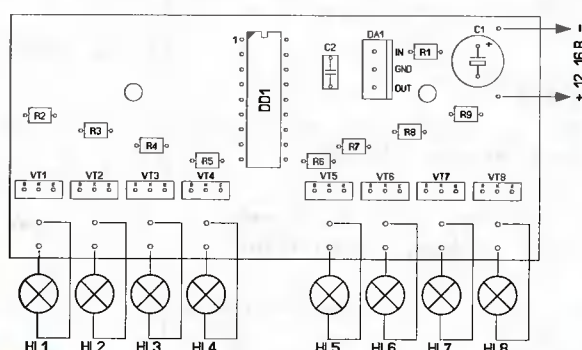


Рис. 4

Для того, чтобы транзисторы VT1—VT8 ключей надежно входили в насыщение при указанном токе и токе гирлянды 0,24 А, их коэффициент передачи тока базы $h_{21Э}$ должен быть не менее 80. Вместо ламп накаливания удобно использовать светодиоды, включая их по схеме рис. 5.

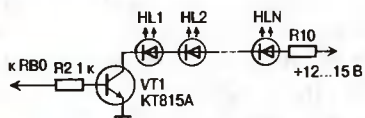


Рис. 5

Последовательно с цепочками светодиодов установлены резисторы R10—R17, которые ограничивают ток через светодиоды. Сопротивление резисторов должно быть таким, чтобы обеспечить ток через светодиоды в пределах 5...20 мА. Число светодиодов в каждой цепочке при напряжении питания 12...15 В может составлять 6—7. Если подать на устройство 20 В, можно включить в каждую гирлянду по 10—12 светодиодов.

Гирлянды можно разместить так, как это показано на рис. 6.

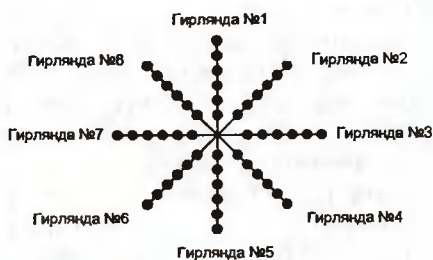


Рис. 6

Именно на такое пространственное расположение гирлянд и рассчитана работа подпрограммы формирования эффектов.

На сайте редакции по адресу www.dian.ru/programs доступны две программы, а также две прошивки для микроконтроллеров. Первая (с суффиксом _628) предназначена для микроконтроллеров серии PIC16F6XX, вторая (с суффиксом _84) — для PIC16F84.

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.htsoft.com/>
2. <http://www.microchip.ru/>
3. <http://www.microcontrollers.narod.ru>
4. <http://www.pic16f84.narod.ru/>

Марис Потапчук,
г. Ровно, Украина

Прием каналов SECAM телевизорами системы PAL без применения транскодеров

Качественный прием сигнала SECAM телевизорами стандартов PAL и PAL/NTSC — эта тема актуальна как для радиолюбителей, так и для специалистов. В настоящей статье описаны подходы к осуществлению переделки телевизоров PAL и PAL/NTSC для приема сигнала SECAM без установки транскодера SECAM/PAL и приведен ряд конкретных примеров такой переделки из практики автора. В некоторых из этих примеров он коснулся также нескольких сопутствующих вопросов, связанных с установкой звука стандарта DK, языка телетекста и т. п.

При переделке телевизоров систем PAL или PAL/NTSC для приема сигнала системы SECAM радиомеханики очень часто используют транскодеры SECAM/PAL [1, 2]. Установка транскодера SECAM/PAL не всегда позволяет получить оптимальное качество цветного изображения, т. к. видны повторы и сетка, могут уменьшиться контрастность и насыщенность изображения.

В некоторых аппаратах добиться качественного изображения можно заменой микросхемы видеопроцессора с установкой дополнительных элементов или без таковой. Такая переделка, как правило, требует меньших финансовых затрат и дает заметно лучшие качественные результаты, чем установка транскодера SECAM/PAL.

В табл. 1 приведены особенности БИС видеопроцессоров и необходимые действия при их замене для приема сигнала SECAM.

Отметим, что при замене микросхемы STV2102 на STV2110 можно использовать контуры от модулей

цветности отечественных телевизоров ЗУСЦТ, 4УСЦТ и им подобны в соответствии со схемой любого телевизора с микросхемой STV2111. На плате телевизора с видеопроцессором STV2102 обычно есть пустые установочные площадки для этих деталей.

Маркировка микросхем видеопроцессоров фирмы Philips отличается не только суффиксом (буква в конце), но и идентификатор, который располагается через стрелку под маркировкой типа микросхемы. При замене одной микросхемы другой надо учитывать суффикс идентификатора. Например, микросхему TDA8361B с идентификатором 3Y можно заменить на микросхему TDA8362B 3Y. Кстати, в телевизорах с видеопроцессорами TDA8361 и TDA8362 вместо этих БИС необходимо установить микросхему TDA8361 и дополнительно собрать декодер SECAM на микросхеме TDA8361. Как это делается, подробно описано в [3] на примере переделки телевизора Crown CTV-5951.

Таблица 1

Производитель БИС	Процессор без SECAM	Возможная замена	Шина РС	Что необходимо добавить	Изменения в прошивке
Philips	TDA8360, TDA8361	TDA8362	нет	Декодер на TDA8395	
	TDA8841	TDA8842	есть	не нужно	необ
	TDA8843	TDA8844	есть	не нужно	необ
Motorola	MC44007P	MC44002P	есть	не нужно	необ
SGS-Thomson	STV2102	STV2110	нет	Фильтр «Клеш» (вывод 17), контуры ЧД R (28), В (31) и опознавания (25), конденсаторы фильтров КНП (26, 29) по 180 пФ и опознавания 0,033 мкФ	
	STV2116	STV2112, STV2118	есть	не нужно	не
	STV2236, STV2237	STV2238, STV2239	есть	не нужно	не
	STV2246, STV2247	STV2248, STV2249	есть	не нужно	ни

При замене одних видеопроцессоров другими в соответствии с табл. 1 цвет в системе SECAM появляется не всегда. Почему? Для ответа на этот вопрос необходимо вспомнить, что некоторые из видеопроцессоров, приведенных в табл. 1, управляются через шину I²C, а сами аппараты имеют сервисный режим. В микросхемах памяти EEPROM этих телевизоров имеются ячейки, отвечающие за систему цветного телевидения, стандарт звука, язык меню и теле-текста и т. д. Необходимо поменять содержимое этих ячеек, произведя установку соответствующих опций. В некоторых телевизорах для этого необходимо перепрошить микросхему памяти с помощью программатора, в других это можно сделать и без программатора через сервисное меню, а в некоторых необходимо добавить или убрать один или два диода, через которые процессор управления при включении сканирует заданную конфигурацию (архитектуру) аппарата.

Следует помнить, что, в некоторых случаях после всех манипуляций цвет в системе SECAM сразу может и не появиться, но в пользовательском меню телевизора появится ранее отсутствовавшая строка, выбором которой можно включить систему SECAM.

Рассмотрим несколько конкретных примеров такой модернизации зарубежных телевизоров.

СИСТЕМА SECAM В ТЕЛЕВИЗОРЕ ROADSTAR CTV1433 (ШАССИ 11AK20) С ПРОЦЕССОРОМ УПРАВЛЕНИЯ ST6387 И ВИДЕОПРОЦЕССОРОМ STV2216A

Телевизионное шасси 11AK20 выпускается с одним из двух типов процессора управления — ST6387 или ST92195 разных версий. В телевизоре Roadstar CTV1433 используется первый из них.

Когда аппарат был открыт, выяснилось, что в нем ранее был установлен конвертор промежуточных частот звука 6,5/5,5 МГц, что несколько упростило переделку.

Для включения декодера SECAM необходимо заменить микросхему IC401 STV2116A на STV2118B или STV2112B и установить диод D505 1N4148 между выводами 11 (KO1) и 16 (OPT) процессора управления IC501 ST6387. Установочное место под этот диод на печатной плате аппарата имеется. Через диод D505 при включении телевизора процессор уп-

равления сканирует соответствующую опцию конфигурации аппарата.

СИСТЕМА SECAM В ТЕЛЕВИЗОРЕ SHARP 37AM12S (ШАССИ 5BSA) С ВИДЕОПРОЦЕССОРОМ MC44007P

Для того, чтобы этот телевизор обеспечивал прием сигнала системы SECAM, следует заменить микросхему видеопроцессора MC44007P на MC44002P и изменить в сервисном режиме содержимое ячеек памяти.

Для вхождения в сервисный режим необходимо:

- выключить телевизор выключателем сети;
- нажать все четыре кнопки на передней панели телевизора, включить телевизор сетевой кнопкой и удерживать ранее нажатые кнопки до появления изображения;
- вхождение в сервисный режим подтвердит OSD-сообщение «-SERV-» на экране телевизора.

Выбор параметра осуществляется кнопками CH> и CH<, выбор значения параметра — кнопками VOL+ и VOL- на пульте дистанционного управления или передней панели телевизора.

В сервисном режиме имеется 13 пунктов:

- AGC — регулировка задержки АРУ;
- AFT — регулировка АПЧГ;
- BL BHA — регулировка фазы строчной развертки (регулировка смещения по горизонтали);
- VER-PO — регулировка центровки по вертикали;
- VER-AM — регулировка размера по вертикали;
- VER-SM — регулировка линейности (симметрии) по вертикали;
- LUMA D — регулировка задержки сигнала яркости;
- GPI — индикация уровня напряжения на ускоряющем электроде;
- V-B-CO — коррекция по вертикали (недоступна);
- GAIN-R — регулировка усиления сигнала R;
- GAIN-G — регулировка усиления сигнала G;
- GAIN-B — регулировка усиления сигнала B;
- NVM — просмотр и коррекция содержимого ячеек памяти EEPROM.

Для изменения соответствующей опции и включения декодера нужно с помощью кнопок CH> и CH< вы-

брать пункт NVM. На экране появятся два двухразрядных шестнадцатеричных числа разного цвета, например, 00 и 2F. Первое из них — это номер ячейки, а второе — ее содержимое. Выбор ячейки осуществляется кнопками регулировки громкости VOL+ и VOL-, а установка значения — цифровыми кнопками, которые в рабочем режиме используются для набора номера программы. Цифре N на кнопке соответствует весовой коэффициент, равный 2^N в шестнадцатеричном коде (табл. 2).

Таблица 2

Цифра N	Весовой коэффициент		
	2^N	DEC	HEX
0	2^0	1	1H
1	2^1	2	2H
2	2^2	4	4H
3	2^3	8	8H
4	2^4	16	10H
5	2^5	32	20H
6	2^6	64	40H
7	2^7	128	80H

Знак «H» у чисел в правой колонке таблицы означает, что число является шестнадцатеричным, на экране телевизора этот индекс не отображается. При нажатии на одну из цифровых кнопок активируется соответствующая этой кнопке опция, при повторном нажатии она деактивируется. Шестнадцатеричное число в ячейке — это сумма весовых коэффициентов активированных кнопок. Например, если в ячейке записано число 50H, то активированы опции, соответствующие кнопкам 4 и 6:

$$50H = 10H + 40H.$$

Если при этом нажать кнопку 4, то соответствующая опция деактивируется и содержимое ячейки уменьшится на 10H.

Для включения декодера системы SECAM необходимо установить в ячейках 0B, 1B и 2B, или хотя бы в одной из них число 40H или 00H (обычно без SECAM в этих ячейках записано число 50H). Установленные значения запоминаются автоматически при выходе из сервисного режима.

Изменение кодов 40H на 00H в указанных ячейках приводит к небольшим изменениям в меню «Настройка» — меняется очередность ручной и автоматической настройки. Иные значения в этих ячейках могут привести к неприятным результатам. Так, например, если нажать на кнопку 3

(весовой коэффициент 8), код 40Н изменится на 48Н, а 00Н на 08Н, и это приведет к исчезновению диапазона MB.

Телевизоры SHARP, как правило, позволяют в сервисном режиме программировать микросхему памяти, поэтому даже при замене неисправной микросхемы памяти на новую ее легко перепрограммировать, имея информацию о ее содержимом. В табл. 3 приведен шестнадцатеричный дамп прошивки EEPROM для модели SHARP 37AM12S с учетом переделки для приема SECAM (содержимое трех измененных ячеек выделено жирным шрифтом).

Таблица 3

0000	2F	20	22	24	2D	16	07	32	03	05	7D	40	6B	57	FF	A5
0010	2F	20	22	24	2D	16	07	32	03	05	7D	40	6B	57	FF	A5
0020	2F	20	22	24	2D	16	07	32	03	05	7D	40	6B	57	FF	A5
0030	12	A5	72	60	16	21	21	21	00	06	00	E0	3F	1F	19	03
0040	01	01	34	F5	5B	16	BD	20	34	B8	1D	34	AF	55	14	AC
0050	61	16	A9	80	16	A6	CB	16	A3	78	34	A0	F5	16	9E	8C
0060	34	9C	42	34	99	EC	34	97	40	34	8F	45	34	83	42	34
0070	FE	13	34	FC	E7	34	FB	A0	34	FA	56	34	F7	BE	16	F6
0080	8B	34	F5	5E	16	F4	44	16	F3	2E	14	75	AC	14	70	C7
0090	14	6E	E6	14	6A	B5	14	61	14	14	5F	6E	18	BF	FF	18
00A0	BF	FF	18	BF	FF	18	BF	FF	18	BF	FF	18	BF	FF	18	BF
00B0	FF	18	BF	FF	18	BF	FF	18	BF	FF	10	1F	1F	FF	FF	00
00C0	F0	2D	0F	0F	16	00	05	05	05	05	AA	35	42	53	41	2A
00D0	33	37	41	4D	31	32	53	20	2A	33	37	4D	31	32	53	31
00E0	2A	43	48	2D	49	58	31	34	36	33	43	4A	53	4B	2A	20
00F0	52	4D	47	2D	31	34	2F	44	49	43	2F	31	39	39	35	2A

СИСТЕМА SECAM В ТЕЛЕВИЗОРЕ SHARP 37DM-23S (ШАССИ CA-1) С ВИДЕОПРОЦЕССОРОМ TDA8841H

Переделку телевизора SHARP 37DM-23S и любого другого на шасси CA-1 можно осуществить подобным образом. В этом аппарате установлен видеопроцессор TDA8841H, который надо заменить на TDA8842H. Для включения SECAM необходимо проделать те же операции, что и при переделке телевизора SHARP 37AM12S:

- войти в сервисный режим так же, как и в предыдущем случае;
- выбрать пункт NVM и изменить с помощью кнопки 4 ПДУ содержимое ячеек 0B, 1B и 2B, или хотя бы одной из них на значение 60H (обычно в телевизорах без системы SECAM в этих ячейках записано число 70H).

Хочу обратить внимание на то, что для стран СНГ и Восточной Европы фирма SHARP изготавливала телевизоры на базе шасси 5BSA и CA-1, в конце названия которых присутствует буква С. Например, SHARP 37AM12SC или SHARP 37DM-23SC. В этих аппаратах все описанное в этой статье проделано на заводе-изготовителе.

СИСТЕМА SECAM И ЗВУК В ТЕЛЕВИЗОРЕ SAMSUNG НА ШАССИ S15A С ВИДЕОПРОЦЕССОРОМ TDA8841

К сожалению, утеряно точное наименование модели этого аппарата. Скорее всего, это Samsung CB14FZ. Телевизор работал только в системе PAL BG (5,5 МГц). Он собран на видеопроцессоре IC201 TDA8841 и процессоре управления IC901 версии SMZ-173EE. Большинство деталей (фильтров, транзисторных ключей и т. п.), связанных с переключением стандартов, на плате этого телевизора не установлено. Для того, чтобы этот аппарат принимал звук в стандарте DK, обычно достаточно поменять

полосовой пьезофильтр 5,5 МГц на фильтр 6,5 МГц. Позиционный номер этого фильтра Z201 или Z202. Можно включить фильтр 6,5 МГц параллельно фильтру 5,5 МГц, тем более, что на плате имеется соответствующее установочное место. Может случиться, что после такой переделки звук будет сильно зашумлен, а на некоторых каналах вместо звука будет только шипение. В этом случае необходимо заменить фильтр ПАВ с позиционным номером SFN02. Годится любой фильтр ПАВ, рассчитанный на промежуточную частоту изображения 38,9 МГц, и с разносом промежуточных звука и изображения 6,5 МГц. При такой замене можно использовать фильтр ПАВ RSF-A966.

Для того, чтобы телевизор работал как системе PAL, так и в системе SECAM, необходимо заменить видеопроцессор IC201 TDA8841 на TDA8842 и изменить в сервисном режиме содержимое байтов опций (Option bytes) 0 и 1. Для вхождения в сервисный режим телевизионного шасси S15A с помощью штатного пульта, поставляемого в комплекте с телевизором, необходимо перевести телевизор в дежурный режим и быстро нажать

клавиши ПДУ в следующей последовательности — Display → P.Std → → Mute → Power ON. Телевизор включится и войдет в сервисный режим. На активизацию сервисного режима укажет появление на экране сервисного меню, которое изображено на рис. 1.

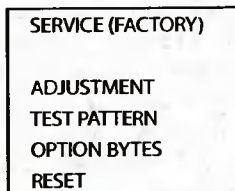


Рис. 1

Затем кнопкой переключения программ CHANNEL+ или CHANNEL- выбрать пункт OPTION BYTES. Доступ в меню OPTION BYTES осуществляется кнопкой VOLUME UP или VOLUME DOWN. Выбор байта производится кнопками CHANNEL+ или CHANNEL-, а изменение его содержимого — кнопками VOLUME UP или VOLUME DOWN.

Изначально значение байтов опций было таким — байт 0 — 49, байт 1 — 98. Необходимо установить значения байта 0 равным 45, а байта 1 — 58. Для выхода из сервисного режима с запоминанием изменений необходимо выключить телевизор кнопкой «Сеть».

СИСТЕМА SECAM, ЗВУК И РУССКОЯЗЫЧНЫЙ ТЕЛЕТЕКСТ В ТЕЛЕВИЗОРЕ SILVER CREST CT2105-A (ШАССИ 11AK30A14) С ВИДЕОПРОЦЕССОРОМ STV2247H

Телевизионное шасси 11AK30 — это очень распространенное шасси. Оно применяется в нескольких десятках разных моделей телевизоров ряда зарубежных и отечественных производителей. Даже известнейшая на территории СНГ торговая марка «Горизонт» в телевизорах HORIZONT 51/54CTV-664 использует это шасси. Существует ряд модификаций, которые отличаются видеопроцессором (все из серии STV224x), а также версиями процессора управления ST92195 и программного обеспечения. Это значит, что описанным ниже способом с небольшими изменениями можно модернизировать любой телевизор на шасси 11AK30.

Телевизор Silver Crest CT2105-A собран на шасси 11AK30A14, в состав которого входит процессор ST92195C7B1/OEY (Vestel/T3X 315) и видеопроцессор STV2247H. Этот

телевизор был привезен из Италии и в нашей стране работал без звука, цветное изображение было только на каналах, использующих систему PAL, а при приеме каналов, работающих в системе SECAM, отсутствовал как цвет, так и звук. Кроме того, телевизор Silver Crest CT2105-A не принимал несколько эфирных и кабельных каналов, которые успешно принимает отечественный телевизор ЗУСЦТ-51, что говорит о несоответствии так называемой «таблицы каналов» этого аппарата отечественным стандартам. Silver Crest CT2105-A имеет систему телетекста, которая не воспроизводит кириллицу.

Для устранения указанных недостатков (в первую очередь для включения цвета в системе SECAM) следует заменить микросхему видеопроцессора IC403 STV2247H на STV2248H или STV2249H (допустима установка STV2248C или STV2249C). В некоторых случаях приходится устанавливать третий кварцевый резонатор X403 (частота 3,582056 МГц), вместо которого обычно стоит конденсатор емкостью 0,1 мкФ. Наличие этого конденсатора при отсутствии кварцевого резонатора X403 обязательно, в противном случае на изображении при приеме сигналов SECAM возникнут цветные факелы. Это проявление дифференциально-фазовых искажений сигналов цветности, возникающих из-за неправильной настройки фильтра «клевш», в целях автоматической подстройки которого в качестве накопительного работает конденсатор, установленный вместо резонатора X403.

Как ожидалось, только одна замена этих деталей не привела к появлению цвета в системе SECAM, и тем более, звука, коррекции «таблицы каналов» и русскоязычного телетекста. Для получения всего этого надо включить соответствующие опции в сервисном меню аппарата. Звук, выбор «таблицы каналов» и русскоязычный телетекст можно включить через сервисный режим и без замены видеопроцессора. Его замена нужна только для включения цвета в системе SECAM.

Для активации сервисного режима необходимо нажать кнопку «Меню» (M) и набрать цифровыми кнопками код доступа 4725. При этом на экран выводится сервисное меню (рис. 2).

Выбор параметров осуществляется кнопками переключения программ [P+] или [P-] пульта ДУ (они обоз-

TITANIUM 315		
↑	OSD	70
	IF1	005
	IF2	059
	IF3	004
	IF4	063
	AGC	041
	VLIN	040
	RGBH	007
	VSOFF	-21
	VPOFF	-06
↓		
:	0 0	AVL

Рис. 2

начены в меню как «↑» и «↓»). Для изменения выбранных параметров используются кнопки регулировки громкости Vol+ или Vol-.

Все параметры и байты опций сервисного режима телевизора Silver Crest CT2105-A на шасси 11AK30A14 сведены в табл. 4, а все значения параметров и опций в этой таблице указаны по данным, снятым с конкретного аппарата.

В табл. 4 жирным шрифтом выделены байты опций, в которые надо внести изменения. Выбор байта осуществляется так же, как и параметра, кнопками переключения программ P- или P+, а изменения значения разрядов (бит) производятся цифровыми кнопками 0—7 ПДУ, которые соответствуют номерам разрядов (0 — младший разряд, 7 — старший разряд). Например, если в выбранном байте опций старший разряд имеет значение 0, то при нажатии кнопки 7 он изменит свое значение на 1. При повторном нажатии на эту кнопку значение этого разряда (бита) снова изменится на 0. Аналогично соответствующими кнопками ПДУ изменяются и разряды. Для подсказки — при выборе любого байта опций в сервисном меню в нижней строке под значениями бит (разрядов) байта опций появятся их номера (76543210). В табл. 5 сведена вся необходимая информация о байтах опций, в которые надо внести изменения, а сами эти изменения в крайней правой колонке выделены жирным шрифтом.

В одном из пунктов табл. 5 используется аббревиатура APR, которая расшифровывается как Automatic RGB Peak Regulation.

Изменение в байте OP2 позволяет правильно и надежно включить звук стандарта DK через пользовательское меню аппарата, при этом телевизор

Таблица 4

Обозначение	Значение	Примечание
OSD	070	Для изменения выбранных параметров используются кнопки регулировки громкости «+» или «-»
IF1	005	
IF2	059	
IF3	004	
IF4	063	
AGC	041	
VLIN	040	
RGBH	007	
VSOFF	-21	
VPOFF	-06	
HPOFF	-05	
HTOFF	-24	
WR	040	
WG	040	
WB	035	
BR	034	
BG	030	
APR	011	
FMP1	009	
NIP1	021	
SCP1	008	
FMP2	016	
NIP2	018	
SCP2	017	
SEC2	017	
F1H	00001011	Изменение значения разрядов выбранных двоичных кодов с 0 на 1 и наоборот производится цифровыми кнопками 0...7 в соответствии с номером разряда (см. нижнюю строку этой таблицы)
F1L	01010010	
F2H	00011101	
F2L	00000010	
BS1	00000001	
BS2	00000010	
BS3	00001000	
CB	10001110	
F1Hp	00001100	
F1Lp	01001010	
F2Hp	00011110	
F2Lp	00100010	
BS1p	10100001	
BS2p	10010010	
BS3p	00110100	
CBp	10001110	
OP1	11111111	
OP2	00001001	
OP3	01100101	
OP4	11111011	
OP5	11100001	
TX1	01010110	
GEOM	00000000	
OP8	00000000	
Номера разрядов байта	76543210	—

становится двустандартным DK/BG. Изменение в байте OP3 обеспечивает включение декодера системы SECAM в микросхеме IC403 (STV2248 или STV2249). Изменение в байте OP5 позволяет произвести выбор используемой в СНГ восточноевропейской таблицы каналов, а это даст возможность принимать все допустимые каналы в соответствии с отечественным стандартом. Наконец, изменения в байте опций TX1 позволяют получить русскоязычный телетекст.

Читатель вправе спросить, о каких «таблицах каналов» идет речь?

Этот термин появился вместе с появлением так называемых тюнеров с синтезатором частоты. Их еще называют тюнерами с ФАПЧ (PLL), а в профессиональном сленге радиомехаников за ними закрепилось не сов-

Таблица 5

Байт опций	Биты до переделки	Описание	Биты после переделки
OP2 (установка принимаемых стандартов)	0	1 — клавиатура на три кнопки (V-, P+, V+), 0 — клавиатура на пять кнопок (V-, V+, P-, P+, MENU)	0
	0	Установка стандарта I (1 — доступен)	0
	0	Установка стандарта L (1 — доступен)	0
	0	Установка стандарта DK (1 — доступен)	1
	1	Установка стандарта BG (1 — доступен)	1
	0	Резервная опция	0
	0	Резервная опция	0
	1	Резервная опция	1
OP3 (Установка параметров видео)	0	Конфигурация резонаторов: 00 — 1 рез. 4,43 МГц (PAL), 01 — 2 рез. 4,43 и 3,58 (PAL/NTSC), 10 — 1 рез. 4,43 (PAL/SECAM/NTSC), 11 — 2 рез. 4,43 и 3,58 (PAL/SECAM/NTSC)	1
	1	1 — синий фон в режиме AV без сигнала	1
	0	1 — белая вставка включена	0
	0	1 — синий фон в режиме TV без сигнала	0
	1	1 — полупрозрачный фон меню, 0 — непрозрачный фон меню	1
	0	1 — функция расширения черного включена, 0 — функция выключена	0
	1	1 — схема APR включена, 0 — выключена	1
	1	1 — дополнительное гашение 150 мс для VST	1
OP5 (Таблица каналов)	1	Просмотр раздела «Программирование» в меню AUTOSTORE 1 — доступен, 0 — недоступен	1
	1	Резервная опция	1
	0	Таблица каналов французского стандарта («French») 1 — доступна, 0 — недоступна	0
	0	Таблица каналов французского стандарта («French OS») 1 — доступна, 0 — недоступна	0
	0	Таблица каналов английского стандарта 1 — доступна, 0 — недоступна	0
	0	Таблица каналов восточно-европейского стандарта 1 — доступна, 0 — недоступна	1
	1	Таблица каналов восточно-европейского стандарта 1 — доступна, 0 — недоступна	0
TX1 (Установка параметров телетекста)	0	Резервная опция	0
	1	Резервная опция	1
	0	Языки телетекста:	0
	1	000 — группа 1 (английский, французский, шведский, чешский, немецкий, португальский, итальянский, румынский), 001 — группа 2 (польский, французский, шведский, чешский, немецкий, сербскохорватский, итальянский, румынский), 010 — группа 3 (английский, французский, шведский, турецкий, немецкий, португальский, итальянский, румынский), 011 — группа 4 (английский, кириллица, шведский, чешский, немецкий, сербскохорватский, литовский, румынский), 100 — группа 5 (английский, французский, шведский, турецкий, немецкий, иврит, итальянский, арабский).	1
	1		1
	1	Выбор типа устройств памяти	1
	0		0

сем корректное название «цифровые тюнеры», видимо, потому, что они управляются процессором управле-

ния по цифровой шине. Как правило, это шина I²C. Выбор канала в таких тюнерах осуществляется дискретным

Таблица 6

БИС	Система цветного ТВ		Канал звука			Конфигурация входов	
	PAL/NTSC	SECAM	Совмещенный с радиоканалом	QSS	AM	OSD RGB	RGB/YCrCb
STV2236	есть	нет	есть	нет	нет	есть	есть
STV2237	есть	нет	есть	есть	нет	есть	есть
STV2238	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть
STV2239	есть	есть	есть	есть	нет	есть	есть
STV2246	есть	нет	есть	нет	нет	есть	есть
STV2247	есть	нет	есть	есть	нет	есть	есть
STV2248	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть
STV2249	есть	есть	есть	есть	нет	есть	есть
STV2286	есть	нет	есть	нет	нет	есть	нет

цифровым кодом, который поступает на синтезатор частоты по управляющей шине, а сам набор всех этих кодов и есть таблица каналов.

Следует заметить, что в телевизорах различных производителей на шасси 11AK30 могут использоваться различные тюнеры, как с синтезаторами частоты, так и с синтезаторами напряжения. В телевизоре Silver Crest CT2105-A используется тюнер с синтезатором частоты ТАЕМ — Q084D, поэтому проблемы, связанные с совпадением ряда местных каналов с таблицей каналов тюнера, установленную при изготовлении телевизора, удалось исправить описанным выше способом.

У заказчика, где производилась модернизация телевизора Silver Crest CT2105-A, оказался еще один такой же аппарат, привезенный годом ранее. Он все это время работал на каналах SECAM со звуком, но без цвета. При вскрытии задней стенки оказалось, что телевизор уже побывал в ремонте. В этом аппарате был заменен видеопроцессор IC403, причем была установлена панелька, а на панельке стояла микросхема STV2246H без декодера SECAM (см. особенности видеопроцессоров семейства STV22xx в табл. 6).

Поскольку второго видеопроцессора с декодером SECAM в наличии не было, было решено произвести те же программные установки, что и в предыдущем телевизоре, т. е. войти в сервисное меню и изменить байты опций OP2, OP3, OP5 и TX1 в соответствии с табл. 2 (правая колонка), но без замены видеопроцессора. Цвет в системе SECAM появился. При пробной установке в панельку БИС STV2247H, которая была заменена в первом телевизоре, добиться цвета в SECAM не удалось. Объяснить это можно тем, что часть микросхем, изготовленных с декодером SECAM, были промаркированы как STV2246H, как того требовал заказчик. Возможно, они и не проверялись при изготовлении на работоспособность этой системы.

Окончание следует

Игорь Безверхний,
г. Киев, Украина

Система дистанционного управления бытовыми приборами

Системы дистанционного управления бытовыми приборами — не новость. За рубежом уже давно наладили их выпуск, в основном, это сложные многофункциональные системы «Умный дом». Подобные системы дороги и требуют немалых затрат на установку. В настоящей статье предлагается золотая середина между дорогими и сложными многофункциональными системами «Умный дом» и отсутствием какой-либо системы вообще.

В настоящее время в современной квартире все большее число бытовых электроприборов обеспечивают возможность дистанционного управления, например, телевизор, проигрыватель DVD, аудиосистемы и еще множество приборов, окружающих человека в его повседневной жизни. Чтобы включить или выключить освещение, приходится вставать с мягкого дивана и подходить к выключателю. Предлагаемое устройство позволит управлять нагрузками (электрическими лампами, вентиляторами и другими электроприборами) с любого пульта дистанционного управления. Такое устройство может также существенно облегчить жизнь не только обычным людям, но и людям с ограниченными физическими возможностями.

Модуль дистанционного управления (МДУ) может работать в одном из двух режимов — «Включено» и «Выключено». Переход от одного режима к другому осуществляется дистанционно при помощи пульта ДУ или вручную выключателем.

МДУ позволяет управлять включением и выключением нагрузки с помощью любого пульта дистанционного управления для бытовой аппаратуры, например телевизионного.

Управлять МДУ можно, нажимая на любые кнопки пульта ДУ. Однако, для исключения взаимных помех следует использовать те кнопки, которые не будут влиять на работу телевизора (видеомагнитофона и т. д.). Взаимных помех не будет благодаря тому, что МДУ имеет время вхождения в режим ДУ примерно 2 с. Если вы, управляя телевизором (видеомагнитофоном и т. д.), нажимаете кнопки пульта ДУ меньше этого времени, МДУ на это никак не реагирует. Для управления МДУ надо нажать и удерживать более 2 с кнопку, не влияющую на работу телевизора. Это, например, кнопка одной из сервисных функций.

На рис. 1 приведена схема предлагаемого устройства.

Приемный тракт представляет собой приемник инфракрасных импульсов (ПИИ) на специализированной микросхеме DA1 (ILMS5360). Эта микросхема содержит внутренний полосовой фильтр для поднесущей частоты 36 кГц. Инфракрасный приемник включен по типовой схеме с фильтром R1C2 для сглаживания помех по цепи питания. При поступлении инфракрасных импульсов на выходе формируются импульсы отрицательной относительно плюса питания полярности.

При отсутствии инфракрасных пакетов импульсов от пульта ДУ на входе инвертора DD1.3 поддерживается уровень лог. 1. Когда же появляется такой сигнал длительностью более 1,2 с, конденсатор C2 разряжается через R3 и VD1 ниже порога срабатывания триггера Шмитта DD1.3 и на его выходе появляется лог. 1. Триггер DD2 на микросхеме K561TM2, работающий в счетном режиме и срабатывающий по фронту, переключается. Для уверенного включения оптопары U1 собран усилитель на транзисторе VT1.

Ручное управление осуществляется кнопкой SB1, переключающей триггер DD1.3 с помощью цепи подавления «дребезга», собранной на элементах DD1.1 и DD1.2.

Коммутатор собран на симисторе VS1, который управляется оптопарой U1 через токоограничивающий резистор R9.

Симистор VS1 выбирают исходя из требуемой мощности нагрузки, причем при работе на нагрузку более 200 Вт следует устанавливать его на теплоотвод.

Светодиод HL1 через токоограничивающий резистор R11 включен параллельно симистору. Он предназначен для индикации работы устройства — в дежурном режиме светится, при включении нагрузки — погашен.

Преобразователь питания собран по бестрансформаторной схеме, что позволяет значительно уменьшить габариты всего устройства. Он состоит из гасящего конденсатора C6, диодного моста VD3 и стабилитрона VD2 со сглаживающим конденсатором C4. Резистор R12 служит для ограничения начального тока, при зарядке C6. Выпрямление тока осуществляется диодным мостом VD3 по схеме двухполупериодного выпрямителя. Для удержания пульсаций выходного напряжения +5 В используется емкостной фильтр на конденсаторе C4.

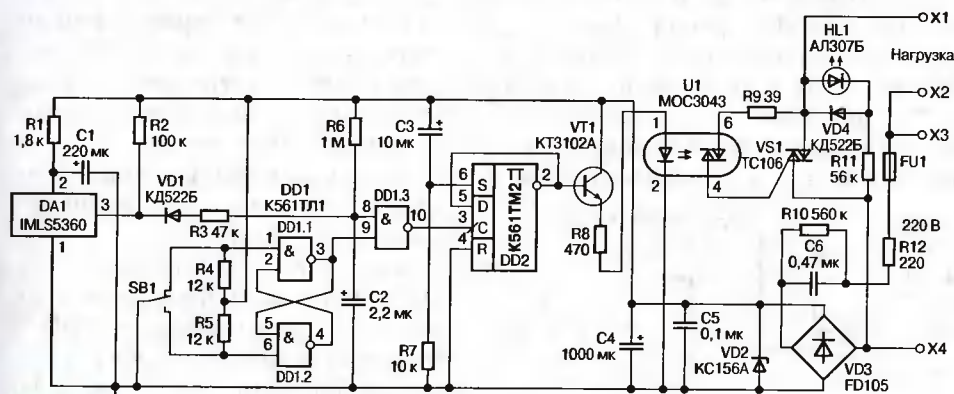


Рис. 1

Виктор Давыдов,
Андрей Дахнович,
Максим Уткин,
г. Тамбов

Простой светосинхронизатор для фотовспышки

Любому фотолобителю известно, что простейшая вспышка позволяет значительно расширить арсенал выразительных средств при съемке в помещении и на улице. Дешевые компактные цифровые камеры не имеют «горячего башмака» для подключения внешней вспышки, а прямой свет встроенной в фотоаппарат вспышки обычно создает плоские и безжизненные изображения. В статье описывается устройство, которое по световому импульсу фотоаппарата синхронизирует работу внешней вспышки.

Преимущества применения светосинхронизатора не ограничиваются подключением вспышки к фотоаппарату, не имеющему специального разъема. Цифровые камеры более высокого класса также удобно синхронизировать со вспышкой без дополнительных проводов и при этом не заботиться о совместимости устройств [1]. Из-за высокой стоимости «фирменных» импульсных осветительных приборов для фотолобителя будет привлекательна возможность продлить трудовую жизнь отечественных вспышек СЭФ-2, Луч, «Чайка» и других подобных.

В Интернете можно найти описания простых конструкций светосинхронизаторов [2—5], однако они не учитывают особенностей устройств встроенных фотовспышек современных компактных цифровых камер, а именно тот факт, что встроенный импульсный осветитель срабатывает дважды, причем запись изображения производится синхронно со вторым срабатыванием. Логика замыкания контактов по двойной вспышке предусмотрена, например, в устройстве [6], тем не менее, предлагаемая конструкция проще и, кроме того, способна взаимодействовать с любой отечественной вспышкой с высоковольтными синхроконтakтами. Структурная схема предлагаемого устройства приведена на рис. 1.

Первый формирователь предназначен для увеличения длительности импульса, поступающего с фотоприемника. Это позволяет повысить помехозащищенность устройства т. к. близко расположенные во времени

импульсы воспринимаются как один, что особенно актуально при использовании специализированных режимов встроенных вспышек против эффекта «красных глаз».

Второй формирователь создает импульс по окончании первого удлиненного запускающего сигнала. Длительность этого импульса немного превышает ожидаемую задержку между срабатываниями встроенной вспышки. Следует учитывать, что в некоторых режимах съемки эта задержка может составлять до нескольких секунд.

Для устройства, схема которого приведена на (рис. 2), выбрана простая и доступная элементная база.

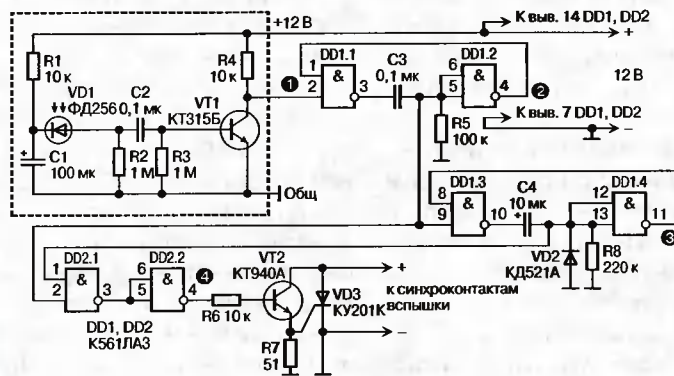


Рис. 2

Первый формирователь выполнен на элементах DD1.1, DD1.2, второй — на DD1.3, DD1.4. В качестве ключа использован тиристор VS1.

Фотоприемник с усилителем может быть взят готовый, например, от приемной части дистанционного управления отечественных телевизоров 3-го, 4-го поколений. Тем не

менее, при питании от 12 В отличные результаты показывает и устройство, собранное по схеме на рис. 2. Чувствительности фотоприемника, обведенного штриховой линией, достаточно, чтобы при дневном и искусственном освещении синхронизатор надежно работал по световым импульсам ведущей вспышки, отраженным от стен и потолка.

Работа устройства поясняется графиками на рис. 3.

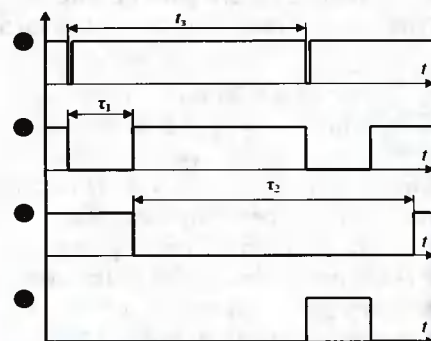


Рис. 3

Длительность импульса t_1 , формируемого первым формирователем, пропорциональна постоянной времени RC-цепочки C3R5, t_2 — C4R8. Время задержки t_3 между двумя световыми импульсами может изме-

няться в широких пределах. В любом случае должно выполняться условие $t_2 > t_{3\text{макс}}$. Следует отметить, что на время t_1 после прихода первого светового импульса устройство нечувствительно к любым другим световым импульсам. Отсюда вытекает естественное условие для выбора этого времени.

Ведомая вспышка срабатывает синхронно даже при самых коротких выдержках в 1/2000 с.

Если чувствительность фотоприемника приемлема, напряжение питания можно варьировать в пределах 5...12 В. В режиме ожидания, в котором устройство находится большую часть времени, потребление практически отсутствует.

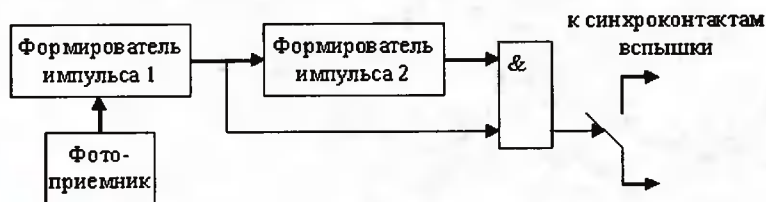


Рис. 1

Большинство элементов устройства общедоступны, однако можно предложить следующие замены — фотодиод можно установить типа ФД263, тиристор — КУ201, КУ202 с индексами К—Н. Так как стабильность интервалов τ_1 и τ_2 не имеет большого значения, можно использовать конденсаторы любых типов.

Остается напомнить, что эффект от ведомой вспышки в фотографируемой сцене можно изменять либо путем изменения диафрагмы, либо

перемещая вспышку относительно объекта съемки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. Шеклеин, А. Гусев. Вспышка на камере, или убийственные вольты. 2000. <http://fotavoka.org/docs/94>.
2. А. Шабельский. Светосинхронизатор. <http://38foto.irkutsk.fio.ru/fr/sinhr.htm>.
3. И. Ефремов. Светосинхронизатор. http://hobymaker.narod.ru/Articles/trigger_rus.htm.

4. П. Лачаев. <http://www.lachaew.narod.ru/SINXRO/Sinxronizator.htm>.
5. Чувствительный фотосинхронизатор. <http://phototech.by.ru/flash/sync3.shtml>.
6. М. А. Салмин, В. А. Кияшко. Фотосинхронизатор с компенсацией внешнего освещения. 2001. <http://www.cqham.ru/flash.htm>.

Денис Селиванов,
г. Екатеринбург

Разрядное устройство для аккумуляторной батареи

В данной статье описывается устройство, которое производит разрядку десяти Ni-Cd аккумуляторов, соединенных в батарею, причем процесс реализуется индивидуально для каждого аккумулятора. Это устройство является составной частью зарядно-разрядного устройства, которое производит зарядку аккумуляторов, соединенных в батарею с использованием точечной сварки. Данная батарея формируется из однотипных аккумуляторов с отводом от каждого из них с целью обеспечения возможности разрядки и мониторинга. После того, как все аккумуляторы в батарее достигнут состояния «нормальной разряженности», всю батарею можно заряжать постоянным током в соответствии с рекомендациями производителя аккумуляторов (в нормальном или ускоренном режиме).

При интенсивной эксплуатации профессиональных устройств, питающихся от аккумуляторной батареи, например, радиостанций, как правило, обязательна ежедневная зарядка аккумуляторов. Если в течение дня емкость батареи израсходована частично, последующая зарядка таких разряженных никель-кадмиевых аккумуляторов как в «медленных», так и в «быстрых» зарядных устройствах из-за эффекта памяти ведет к частичной потере емкости, т. е. к сокращению времени работы, и, в конечном счете, к преждевременному выходу батареи из строя. Из-за неидентичности характеристик элементов аккумуляторной батареи необходимо реализовать разрядку каждого элемента до оптимального уровня. Это позволит избежать опасности переразрядки и увеличивает тем самым срок службы батареи. Для устранения этого нежелательного эффекта необходимо использовать специальные зарядные устройства, обладающие функцией refresh (освежение).

Для реализации этой функции разработано устройство, функциональная схема которого показана на рис. 1.

Состав устройства:

- однокристальный микроконтроллер ОМК;

- модуль ЖКИ для вывода информации;
 - разрядное устройство (РУ) для разрядки каждого из аккумуляторов батареи в отдельности;
 - аналоговый коммутатор (АК) для подключения одного из аккумуляторов к входу АЦП;
 - преобразователь уровней интерфейса RS-232C (ПУ RS-232C) для подключения устройства к ЭВМ ВУ.
- Ядром устройства является ОМК (Atmega8535), в состав которого входят:

- микропроцессор (МП);
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- постоянное запоминающее устройство (ПЗУ);
- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
- таймеры-счетчики (Т);
- контроллер прерываний (КП);
- генератор тактовых импульсов;
- электрически стираемое перепрограммируемое запоминающее устройство (EEPROM);
- универсальный асинхронный приемопередатчик (УАПП);
- порты ввода-вывода (ПВВ).

ОМК реализует алгоритм разрядки и диагностики аккумуляторов в батарее. Все текущие версии микроконтроллеров ATmega с 2004 г. имеют возможность самопрограммирования (функция SPM), которая реализуется с помощью блока загрузчика (Boot Loader Section). Эта функция позволяет обновлять программный код под управлением самого микроконтроллера, используя расположенную непосредственно в Flash-памяти программу загрузчика, причем программа в блоке загрузчика может программировать

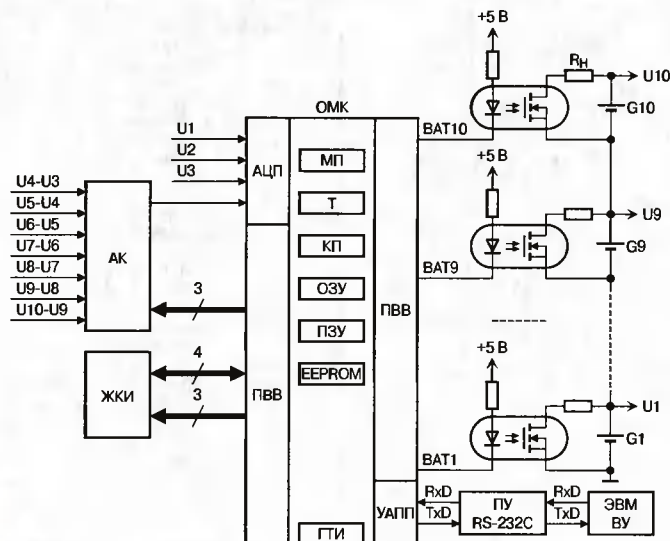


Рис. 1

весь массив Flash-памяти микроконтроллера, включая и саму область памяти загрузчика. При этом может использоваться интерфейс USART для чтения и записи кода в Flash-память.

Диагностика и контроль зарядки аккумуляторов обуславливают необходимость наличия в устройстве аналого-цифрового преобразователя. В данном случае АЦП встроен в ОМК.

Основной характеристикой АЦП является разрядность. Интегрированный в ОМК АЦП имеет разрядность 10 бит. В этом случае будет обеспечен шаг квантования ΔU около 4,87 мВ.

$$\Delta U = \frac{U_{REF}}{2^n - 1}$$

где U_{REF} — опорное напряжение АЦП (5 В).

Данный шаг более чем приемлем для поставленной задачи — практика показывает, что при мониторинге разрядки аккумуляторов устройство должно иметь чувствительность не хуже 10 мВ.

Измерение напряжения первых трех аккумуляторов в процессе разрядки производится непосредственно АЦП, т. к. суммарное напряжение на трех аккумуляторах не превышает 4,5 В. Напряжение на остальных аккумуляторах переносится на вход АЦП

с помощью коммутируемого конденсатора. Схемотехническая реализация данного метода показана на принципиальной схеме (рис. 2).

Разрядные цепи построены на основе твердотельных оптоэлектронных реле.

Для обеспечения программирования и связи ОМК с ЭВМ ВУ может быть использован блок преобразования уровней (ПУ), реализующий последовательный интерфейс приема/передачи данных по стандарту RS-232C (на принципиальной схеме отсутствует).

Для коммутации напряжения аккумуляторов на вход АЦП использован аналоговый коммутатор CD4051 (K561КП2), данная микросхема в зависимости от управляющих сигналов (А, В, С, Е) обеспечивает подключение вывода Х к одному из восьми выводов X0—X7, как показано в табл. 1 (х — третье состояние — все ключи разомкнуты).

Аналоговый коммутатор обеспечивает коммутацию сигналов, уровни которых не превышают напряжения питания (напряжения аккумуляторной батареи), поэтому для питания коммутаторов выбрано напряжение аккумуляторной батареи.

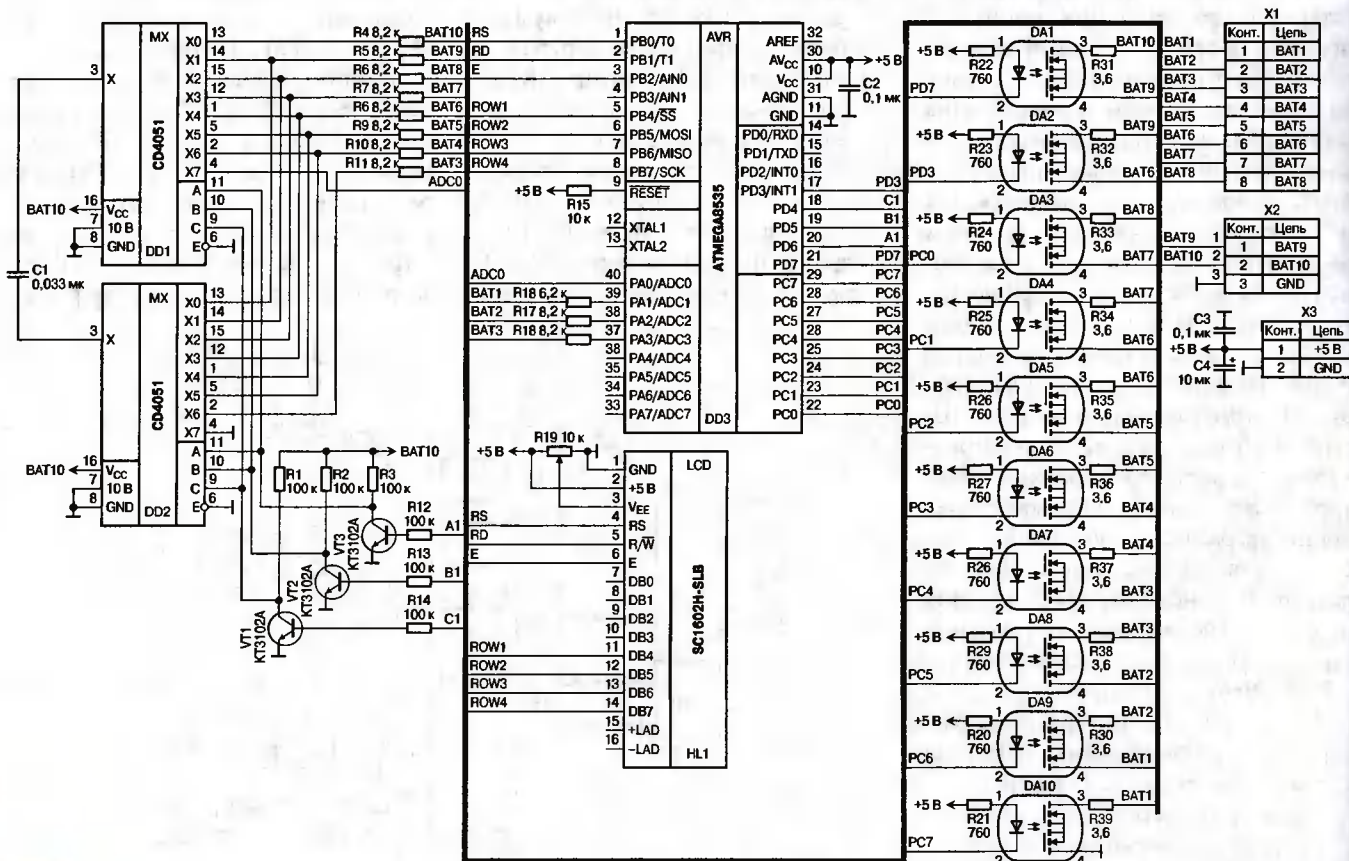
В разрядном устройстве используется оптореле фирмы COSMO. Эти микросхемы широко применяются для замены электромагнитных реле.

Таблица 1

Е	С	В	А	Канал
0	0	0	0	X0
0	0	0	1	X1
0	0	1	0	X2
0	0	1	1	X3
0	1	0	0	X4
0	1	0	1	X5
0	1	1	0	X6
0	1	1	1	X7
1	x	x	x	—

Благодаря достижениям в полупроводниковой технологии появилось целое поколение твердотельных реле, имеющих неоспоримые преимущества по сравнению с электромагнитными. Перечислим их:

- большая износостойкость, составляющая не менее 10^9 переключений, что в 10^3 раз больше, чем у лучших образцов электромеханических реле;
- высокая надежность;
- совместимость с цифровыми микросхемами;
- отсутствие «дребезга» контактов;
- отсутствие искр и дуговых разрядов;
- отсутствие акустического шума;
- отсутствие электромагнитных помех в момент переключения;
- высокая стойкость к ударам и вибрации;
- высокое быстродействие;



- малоомощный управляющий сигнал;
- малая масса.

Новые твердотельные реле на 40 % меньше по размерам и потребляют на 95 % меньше электроэнергии, чем электромагнитные реле.

Выходные каскады практически всех твердотельных реле построены по МОП технологии, в результате чего характеристики этих реле для коммутации аналоговых сигналов лучше, чем у твердотельных реле с тиристорными или биполярными ключами. По сравнению с тиристорным выходом МОП-ключ обладает линейной зависимостью тока от напряжения во включенном состоянии, причем падение напряжения на ключе составляет менее 0,6 В.

В разрядных цепях использовано оптореле KAQY212, электрические параметры которого приведены в табл. 2.

Эти реле управляются непосредственно от ОМК, т. к. необходимый для их включения ток составляет 5 мА. Ток коммутации может достигать 400 мА.

Для сопряжения ОМК с коммутаторами DD1, DD2 использованы транзисторные ключи VT1—VT3.

В режиме разрядки аккумуляторы нагружаются на резисторы R30—R39, их сопротивление определялось по формуле:

$$R = U_{\text{АКК}} / I_{\text{РАЗ}} - R_{\text{РЕЛЕ}}$$

где $I_{\text{РАЗ}}$ — разрядный ток аккумулятора (для аккумуляторов емкостью 2 А·ч равен 200 мА), $U_{\text{АКК}}$ — напряжение аккумулятора (номинальное значение 1,2 В); $R_{\text{РЕЛЕ}}$ — сопротивление открытого канала реле (2,5 Ом).

Сопряжение коммутатора с аккумуляторной батареей осуществляется через резисторы R4—R11. Это вызвано тем, что появление входного сигнала раньше включения питания КМОП микросхемы может привести к тиристорному эффекту в микросхеме. Резисторы R4—R11 устраняют этот нежелательный эффект.

На рис. 3 приведен обобщенный алгоритм работы программы микроконтроллера.

Здесь организован бесконечный цикл, в котором последовательно отслеживается напряжение на каждом из аккумуляторов в батарее с подключенным нагрузочным резистором. Если напряжение на аккумуляторе достигает 1 В, его нагрузка отключается.

Таблица 2

Параметр	Обозначение	Тип.	Макс.
Входное напряжение, В	$U_{\text{ВХ}}$	1,2	1,5
Выходное сопротивление в открытом состоянии, Ом	$R_{\text{ВКЛ}}$	2	2,5
Ток утечки на выходе в закрытом состоянии, мкА	$I_{\text{УТ}}$	—	1
Выходная емкость в выключенном состоянии, пФ	$C_{\text{ПР}}$	6	—
Время включения, мс	$T_{\text{ВКЛ}}$	10	20
Время выключения, мс	$T_{\text{ВЫКЛ}}$	1	1,5
Ток коммутации, мА	$I_{\text{Н}}$	—	400
Входной ток во включенном состоянии, мА	$I_{\text{У}}$	—	5

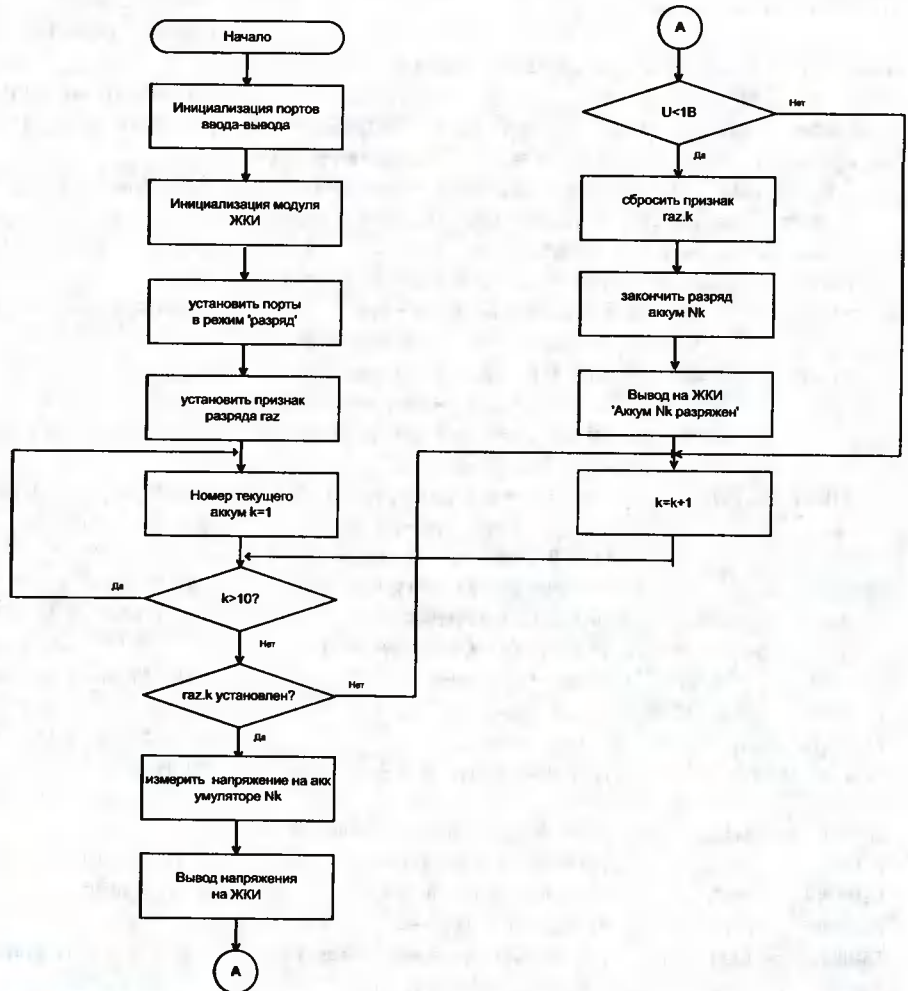


Рис. 3

ется. Время переключения с одного аккумулятора на другой составляет 2...3 с при условии, что используется частота тактирования микроконтроллера 1 МГц. Необходимо отметить, что данную частоту можно получить при использовании внутреннего тактового генератора. С помощью этого генератора также можно получить частоты 2,4 и 8 МГц. Частота 1 МГц используется по умолчанию. Для других частот нужно устанавливать биты CKSEL3...0 (см. описание на микроконтроллер). Файл прошивки микроконтроллера можно найти на сайте редакции по адресу www.dian.ru/programs.

Функция refresh, реализованная устройством, позволяет существенно повысить срок службы аккумуляторной

батареи, что окупает дополнительные затраты, на это устройство, особенно в энергоемких приложениях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В. Р. Варламов. *Современные источники питания. Справочник. 2-е издание, испр. и доп.* — М.: ДМК Пресс, 2001.
2. П. Хоровиц, У. Хилл. *Искусство схемотехники: В 2-х т. Т. 1. Пер. с англ.* — Изд. 3-е, стереотип. — 1986.
3. www.atmel.com
4. www.chipinfo.ru
5. www.cosmo-ic.com

Дмитрий Онышко,
г. Новочеркасск Ростовской обл.

Инфракрасный приемопередатчик с USB интерфейсом на микроконтроллере фирмы SiLabs

Далее рассмотрим функции инициализации и функции общего назначения:

```
void Port_Init (void) // Инициализация портов
{
    P1MDIN = 0x3F; // Порт 1 выводы 7 и 6 – аналоговые входы
    P2MDIN = 0x00; // Порт 2 выводы 0:7 – аналоговые входы
    POMDOUT= 0x0F; // Порт 0 выводы 0:3 – интерфейс SPI
    // Порт 0 выводы 4:5 – интерфейс UART открытый исток
    // Порт 0 выводы 6:7 – прерывания 0&1 открытый исток
    P1MDOUT = 0x00; // Порт 1 выводы 0:5 открытый исток
    POSKIP = 0xC0; // Порт 0 выводы 7:6 пропущены
    // в crossbar для прерываний
    P1SKIP = 0xC0; // Порт 1 выводы 7:6 пропущены
    // в crossbar для аналоговых входов
    P2SKIP = 0xFF; // Порт 2 пропущен в crossbar для
    // аналоговых входов
    IT01CF = 0x76; // Порт 0 вывод 6 – прерывание 0,
    // активный низкий уровень
    // Порт 0 вывод 7 – прерывание 1,
    // активный низкий уровень
    XBR0 = 0x03; // Разрешить интерфейсы
    // SPI(P00:P03) & UART(P04:P05)
    XBR1 = 0x40; // Разрешить Crossbar
}
// *****
void WDT_Init (void) // Инициализация охранного таймера
{
    PCA0MD &= ~0x40; // Запретить охранный таймер WDT
    PCA0MD = 0x00; // Источник SYSCLK/12
    PCA0CPL4 = 0xFF; // Период WDT = 31 мс
    PCA0CPM4 = 0x40; // Разрешить сравнение
    PCA0MD |= 0x40; // Разрешить охранный таймер WDT
}
// *****
void Time (unsigned mkS) // Задержка mkS в микросекундах
{
    // Примерно соответствует при mkS > 10
    mkS *=2;
    while(mkS --) WDT();
}
// *****
void WDT (void) // Перезапуск охранного таймера
{PCA0CPH4=0xFF;}
void Delay (unsigned mS) // Задержка в миллисекундах mS
{while(mS --) {Time(1000);}}
void Green (void) // Включить зеленый светодиод
{RED=1; GREEN=0;}
void Red (void) // Включить красный светодиод
```

```
{RED=0; GREEN=1;}
void Black (void) // Выключить светодиоды
{RED=1; GREEN=1;}
```

Следующая функция вызывается при получении прерывания DEV_SUSPEND.

```
void Suspend_Device (void)
{
    // Здесь можно запретить все необходимые
    // периферийные узлы
    USB_Suspend(); // Вызвать функцию библиотеки API
    // Реинициализировать периферийного узлы
}
```

Функция USB прерывания

```
void USB_API_ISR (void) interrupt 16 // Обработка
// прерываний USB_API
{
    BYTE INTVAL = Get_Interruption_Source ();
    if (INTVAL & RX_COMPLETE)
    {Block_Read(IFRAME, IFRAME_SIZE);}
    if (INTVAL & DEV_SUSPEND)
    {Suspend_Device();}
    if (INTVAL & DEV_CONFIGURED)
    { Port_Init();}
}
```

Далее приводятся функции обмена фреймами по USB интерфейсу

```
byte Input_CS (void) // Контрольная сумма входного фрейма
{
    register byte CS=0, i;
    for (i=0;i<IFRAME_SIZE-1;i++) CS+=IFRAME[i]; return CS;
}
// *****
byte Output_CS (void) // Контрольная сумма выходного фрейма
{
    register byte CS=0, i;
    for (i=0;i<OFRAME_SIZE-1;i++) CS+=OFRAME[i]; return CS;
}
// *****
// Подготовка и передача по USB выходного фрейма
void Frame_Prep (byte COM, char *fmt,...)
{
    register byte i, LEN;
    GetFMT (); // Макроопределение форматной строки
    WDT(); // Перезапустить охранный таймер
```



```

memset (OFRAME,0,sizeof(OFRAME)); // Очистить выходной буфер
OFRAME[0]=0xAA; // Записать преамбулу в 1й байт
OFRAME[1]=COM; // Записать код команды во 2й байт
LEN=strlen(fmtbuf); // Определить длину форматной строки
if (LEN>16) LEN=16; // Если больше 16, ограничить
for (i=0;i<LEN;i++) OFRAME[2+i]=fmtbuf[i]; // Скопировать
OFRAME[OFRAME_SIZE-1]=Output_CS(); // Вычислить контрольную
// сумму
WDT(); // Перезапустить охранный таймер
Block_Write (OFRAME, OFRAME_SIZE); // Передать по USB
Delay(600); // Задержка

}
// *****
// Получение и обработка USB фрейма
byte Monitor (void)
{
register byte i;
if (IFRAME[0]!=0xAA) return 1; // Если нет преамбулы
// Если неверна контрольная сумма
if (IFRAME[IFRAME_SIZE-1]!=Input_CS()) return 2;
// Если получен код сброса
if (IFRAME[1]==0xFE) return 0;
Red(); // Включить красный светодиод - передача
// Копирование фрейма в ИК буфер
for (i=0;i<IFRAME_SIZE;i++) IRO_Frame[i]=IFRAME[i];
// Очистить USB буфер
memset(IFRAME,0,sizeof(IFRAME));
// Передать данные по ИК каналу
RM_Frame_Send();
// Включить красный светодиод
Green();
return 0xFF;
}
// *****
// Функция передает по USB причину последнего сброса
void RST_Detect (void)
{
BYTE CH;

CH=RSTSRC;
switch (CH)
{
case 0x80: Frame_Prep (0,"USB Reset "); break;
case 0x40: Frame_Prep (0,"Flash Reset "); break;
case 0x20: Frame_Prep (0,"Comp.0 Reset "); break;
case 0x10: Frame_Prep (0,"Soft Reset "); break;
case 0x08: Frame_Prep (0,"WDT Reset "); break;
case 0x04: Frame_Prep (0,"Missing Reset "); break;
default: break;
}
}

```

Второй программный модуль — RM_INP.C содержит набор функций, предназначенных для приема информации по инфракрасному интерфейсу. Более подробно приводимый ниже алгоритм описан в [1].

```

// *****
// RM_INP.C Version 02.00
*
// *****
#include "M570P.h"
// Формат входного фрейма по ИК интерфейсу

```

```

xdata byte IRI_Frame[20];
//IRx_Frame[0]=0xAA - преамбула
//IRx_Frame[1] - код команды
//IRx_Frame[2]-IR_Frame[17] - данные (16 байт)
//IRx_Frame[18] - контрольная сумма
xdata byte IRI_Ready; // Если !=0, входной фрейм готов
xdata unsigned int IRI_Bits[160]; // Массив входных битов
// *****
// Функция инициализации приемника
void RM_Init (void)
{
memset (IRI_Bits,0,sizeof(IRI_Bits)); // Очистка буфера
EX0=1; // Разрешение входа
IRI_Ready=0; // Очистка флага
}
// *****
// Подпрограмма прерывания 0 - осуществляет
// прием входной последовательности битов
void Ext0_INT (void) interrupt 0
{
register byte i;
register int S;

if (!IRI_Ready) // Если флаг очищен
{
IRI_Bits[0]=0; // Текущий счетчик бита очищен
S=30000; // Установить счетчик таймаута
while (!INT0) // Если на входе 0
{
WDT(); // Запустит WDT
IRI_Bits[0]++; // Увеличить текущий счетчик бита
S--; // Уменьшить счетчик таймаута
if (S<=0) return; // Если таймаут - выход из функции
}

// Если буфер не переполнен - выход из функции
if ((IRI_Bits[0]<500){IRI_Bits[0]==0}) return;
else // В противном случае
{
IRI_Bits[0]=0; // Текущий счетчик бита очищен
for(i=0;i<8*19;i++) // До максимального числа битов
// из посылки в 19 байтов
{
S=30000; // Установить счетчик таймаута
while (INT0!=0) // Если на входе «1»
{
WDT(); // Запустить охранный таймер
S--; // Уменьшить счетчик таймаута
if (S<=0) return; // Если таймаут - выход из функции
}
S=30000;
while (!INT0) // Если на входе «0»
{
WDT(); // Запустить охранный таймер
IRI_Bits[i]++; // Увеличить текущий счетчик бита
S--; // Уменьшить счетчик таймаута
if (S<=0) return; // Если таймаут - выход из функции
}
}
}
IRI_Ready=1; // Установить флаг готовности
RM_Frame (); // Обработать входной массив битов
}
// *****

```

```
// Подпрограмма преобразования входного массива битов
// во входной фрейм из 19 байтов
void RM_BitsToBytes (void)
{
    register byte i, j;
    register int M=1000;

    for(i=0;i<160;i++) // Начальная фильтрация массива битов
    {
        if ((IRI_Bits[i]<M)&(IRI_Bits[i]>0)) M=IRI_Bits[i];
    }
    M*=2;
    for(j=0;j<19;j++) // Преобразование битов в байты
    {
        WDT();
        IRI_Frame[j]=0;
        for(i=0;i<8;i++)
            {if (IRI_Bits[i+j*8]>M) IRI_Frame[j]|=0x80>>i;}
    }
}
// *****
// Подпрограмма обработки фрейма
void RM_Frame (void)
{
    register byte CS, i;

    // Преобразование входного массива битов
    // во входной фрейм из 19 байтов
    RM_BitsToBytes ();
    if ((IRI_Frame[0]!=0xAA)) IRI_Ready=0;
    else IRI_Ready=1;
    // Если начинается с преамбулы - установить
    // флаг готовности и обнулить входной массив
    memset (IRI_Bits,0,sizeof(IRI_Bits));
}

```

Третий программный модуль — RM_OUT.C содержит набор функций, предназначенных для передачи информации по инфракрасному интерфейсу.

```
// *****
// RM_OUT.C Version 02.00 *
// *****
#include "M570P.h"
// Формат выходного фрейма по ИК интерфейсу
xdata BYTE IRO_Frame[20];
//IRx_Frame[0]=0xAA - преамбула
//IRx_Frame[1] - код команды
//IRx_Frame[2]-IRx_Frame[17] - данные (16 байт)
//IRx_Frame[18] - контрольная сумма

#define COEFF 4 // Коэффициент учета частоты
// *****
// Эта функция используется для передачи бита
// с длительностью LEN
void RM_Floor (unsigned LEN)
{
    register byte i;
    for(i=0;i<LEN;i++)
    {IRO=0; Time(1*COEFF);
    IRO=1; Time(2*COEFF);}
}
// *****
// Эта функция генерирует 1 бит

```

```
void RM_Send_Bit (bit BIT)
{
    if (BIT) RM_Floor (64); // Бит «1»
    else RM_Floor (16); // Бит «0»
    Time (100);
}
// *****
// Функция генерирует сикхроимпульс
void RM_Send_Syn (void)
{
    WDT(); // Запустить охранный таймер
    RM_Floor (128); // Длинный синхроимпульс
    WDT(); // Запустить охранный таймер
    Time (400);
}
// *****
// Функция передачи байта
void RM_Send_Byte (byte CH)
{
    register byte i;
    register byte MM;

    for(i=0;i<8;i++) // Передать 8 битов
    {
        MM=0x80>>i; // Сдвиг битов
        if (!(CH&MM)) RM_Send_Bit (0);
        else RM_Send_Bit (1);
        WDT();
    }
    Time (100);
}
// *****
// Функция передачи фрейма = 19 байтов
void RM_Frame_Send (void)
{
    register byte i;
    EA=0; // Запретить прерывания
    WDT(); // Запустить охранный таймер
    RM_Send_Syn(); // Функция передачи байта
    WDT(); // Запустить охранный таймер
    for (i=0;i<19;i++) // Передать байты
        RM_Send_Byte (IRO_Frame[i]);
    WDT(); // Запустить охранный таймер
    EA=1; // Разрешить прерывания
}

```

Естественно также, что в проект программного обеспечения устройства входит файл описаний, содержащий описания всех функций, используемых в проекте (содержащихся в трех приведенных модулях). Важно отметить, что кроме описаний функций, в файле описаний находится макроопределение форматной строки, которое мы приводим ниже. Оно позволяет конвертировать форматный ввод в строку символов:

```
#ifndef __STDARG_H__
#include "stdarg.h"

#define GetFMT()xdata char fmtbuf[64];\
va_list argptr;\
va_start(argptr, fmt);\
vsprintf(fmtbuf, fmt, argptr);\
va_end(argptr);

#endif

```

Кроме этого, в файле описаний находятся определения линий ввода-вывода микроконтроллера:

```
sbit RED      = P1^2; // Красный светодиод
sbit GREEN    = P1^3; // Зеленый светодиод
sbit IRO      = P1^5; // Инфракрасный светодиод
sbit INTO     = P0^6; // Выход инфракрасного фотоприемника
sbit INT1     = P0^7; // Не используется
```

В заключение отметим, что в описанном устройстве длина посылок (пакета, фрейма) по инфракрасному каналу составляет 19 байтов. Эта длина определяется наличием кода преамбулы (0-й байт), кода команды (1-й байт), 16 байт текстовых данных (байты 2—17) и кода контрольной суммы (19-й байт). Длина текстовой строки — 16 байт, определяется числом символов LCD, используемых в некоторых изделиях, связанных с описанным устройством. Естественно, что можно произвольно изменять формат передаваемых данных. Без проблем это можно делать до длины пакета в 64 байта, т. к. это — максимальная длина пакета в используемой USB библиотеке `usb_api.lib`. При этом следует помнить, что чем больше длина пакета, передаваемого по ИК каналу, тем больше вероятность ошибок, поэтому рекомендуется выбирать размер пакета минимально возможной длины. Очевидно также, что минимальная длина пакета будет составлять 3 байта — преамбула, команда, контрольная сумма. Исклю-

чить преамбулу и контрольную сумму из состава пакета нельзя, т. к. инфракрасный канал имеет очень низкую помехозащищенность из-за паразитных засветок. Еще больше ухудшается картина, если один из контроллеров находится в движении, т. е. нельзя гарантировать его правильную постоянную ориентацию относительно другого контроллера. В этом случае приходится для повышения надежности канала связи многократно повторять посылки и вводить в фрейм дополнительные поля диагностики и(или) восстановления кодов посылки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. О. Николайчук. Подсистема управления микроконтроллером с помощью пульта дистанционного управления. — Схемотехника, 2004, № 6, с. 37—40.
2. <http://www.ubs.org>.
3. <http://www.linux-usb.org/usb.ids>.
4. <http://www.silabs.com>.
5. http://www.silabs.com/public/documents/tpub_doc/anote/Microcontrollers/USB/en/an169.pdf.
6. http://www.silabs.com/public/documents/tpub_doc/anote/Microcontrollers/USB/en/an169sw.zip.
7. <http://www.keil.com>.

Олег Николайчук,
г. Кишинев, Молдавия



www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Новая эра потенциометров

История брендов:

- Honeywell
- IOR
- EPICOS
- MTS/ESH ELECTRIC
- PHILIPS
- ANALOG DEVICES
- muRata
- VISHAY
- CRYDOM
- Kingbright
- DATA VISION
- AMP



цифровое интерфейсное управление

- ✓ контроль яркости, контраста, громкости, усиления
- ✓ объединение до 6 цифровых потенциометров в одном корпусе
- ✓ модели с энергонезависимой памятью, позволяющей сохранять установки движка при отключении питания
- ✓ модели с индивидуально программируемой зависимостью сопротивления от положения движка
- ✓ линейная или логарифмическая зависимость сопротивления от положения движка



Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2
Тел./факс: (495) 97-000-99

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



www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ШИМ КОНТРОЛЛЕРЫ

История брендов:

- Honeywell
- EPICOS
- MTS/ESH ELECTRIC
- PHILIPS
- InLineon
- PHILIPS
- ANALOG DEVICES
- VISHAY
- muRata
- AMP
- CRYDOM
- DATA VISION
- SICK
- Kingbright

Применяются для стабилизации выходных параметров тока и напряжения в системах преобразования электроэнергии

- варианты для управления однофазными и многофазными DC-DC конверторами
- варианты со встроенными LDO-стабилизаторами напряжения
- встроенные драйверы МОП-затворов
- эффективные решения при совместном применении с МОП-транзисторами в корпусе DirectFET

РЕШЕНИЯ ОТ IOR - ЭТО:

- высокая эффективность
- упрощенные схемы
- компактность
- надежность



Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2
Тел./факс: (495) 97-000-99

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

Электронный метроном

«Мастер КИТ» предлагает набор NM5041, позволяющий собрать метроном для задания стандартных темпов и размеров в процессе обучения игре на музыкальных инструментах.

Микропроцессорный электронный метроном с универсальным питанием собран на базе микроконтроллера ATmega8L-8PI, имеет небольшие размеры, вес и легко размещается в кармане рубашки или брюк.

Градации темпа метронома составляют 40...280 ударов в минуту, размеры задаются от четырех миниатюрных кнопок и отображаются на четырехразрядном светодиодном индикаторе, который расположен на передней панели пластмассового корпуса. Внешний вид метронома без корпуса показан на рис. 1.

Регулятор громкости звучания расположен на боковой поверхности с правой стороны прибора, там же находится выключатель питания и разъем для подключения внешнего источника. В нижней части корпуса расположен отсек для батареи «Крона» или аккумуляторной батареи.

Технические характеристики

Напряжение питания, В	4,5...15
Ток потребления при $U_{пит} = 9$ В, mA	20...50
Мощность выходного сигнала, Вт	≤ 0,5
Время непрерывной работы от батареи «Крона» не менее, час	24

Диапазон формируемых музыкальных темпов
лярго...престиссимо
Формируемые музыкальные размеры
2/16, 3/16...2/8, 3/8,
2/4, 3/4, 4/4, 6/4, 8/4, 12/4, 16/4

Таблица 1

Темп	Частота, Гц
Largo — очень медленно	0,75
Lento — медленно	0,86
Adagio — спокойно	0,93
Andante — не спеша	1,1
Andantino — неторопливо	1,15
Moderate — умеренно	1,46
Allegretto — довольно быстро	1,8
Allegro — быстро	2,2
Vivo — живо	2,66
Presto — очень быстро	3,06
Prestissimo — предельно быстро	3,46

Метроном обеспечивает звуковую и световую или только световую индикацию с явным отличием сильных и слабых долей.

Для удобства пользования метрономом в табл. 1 приведено соответствие принятых музыкальных темпов их частоте в герцах.

Метроном имеет несколько режимов установки и отображения данных о темпе и размере. Для управления метрономом кнопки надо нажать и удерживать около 0,5 с.

Переключение режимов осуществляется по нажатию крайней правой



кнопки камертона SB4. Кроме того, при ее нажатии в энергонезависимой памяти устройства запоминаются текущие установки размера и долей.

Две центральные кнопки SB2 и SB3 служат для установки численных значений размера и долей. При нажатии на правую кнопку происходит увеличение численного значения, а при нажатии на левую кнопку — уменьшение. При нажатии на крайнюю левую кнопку (SB1) восстанавливаются сохраненные ранее значения размера или долей.

В первом режиме на индикаторе отображается номер текущей доли и число ударов в минуту. Кнопки SB2 и SB3 уменьшают или увеличивают темп.

Во втором режиме осуществляется выбор ударной доли теми же кнопками.

В третьем режиме на индикаторе отображается стилизованный маятник с помощью заглавной и строчной буквы «О», заглавная буква «О» отображается при сильной доле, а строчная буква «о» — при слабой. Такой режим работы метронома позволяет определять слабые и сильные доли даже при минимальной громкости щелчков, воспроизводимых метрономом. В данном режиме работы достигается максимальная экономичность.

В метрономе используется миниатюрная головка прямого излучения мощностью 0,5 Вт, поэтому метроном можно использовать не только для индивидуального, но и для группового обучения музыке.

Большие и яркие цифры на светодиодном индикаторе будут заметны из разных концов помещения для занятий музыкой.

В состав набора входят две печатные платы размерами 73×53,5 мм, набор радиодеталей, запрограммированный микроконтроллер, корпус BOX-Z32, кнопки, переключатели,

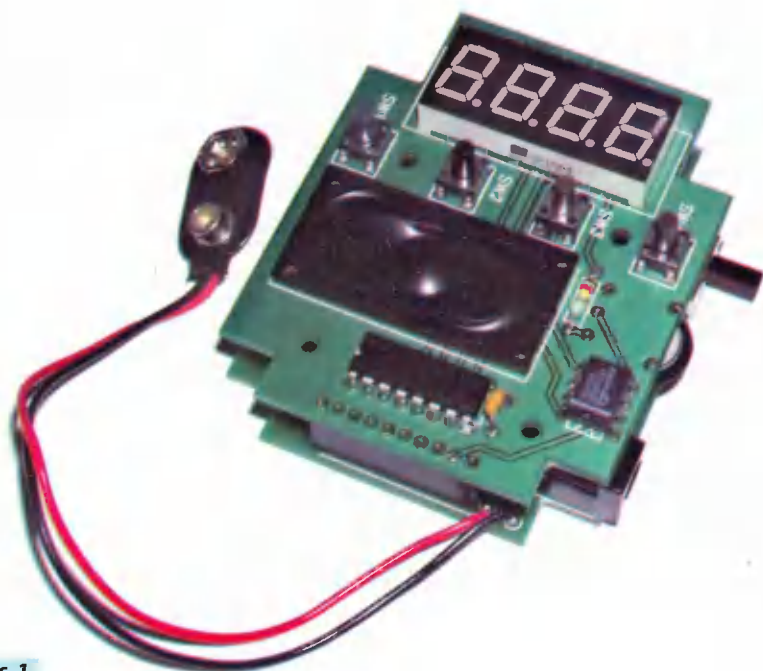


Рис. 1

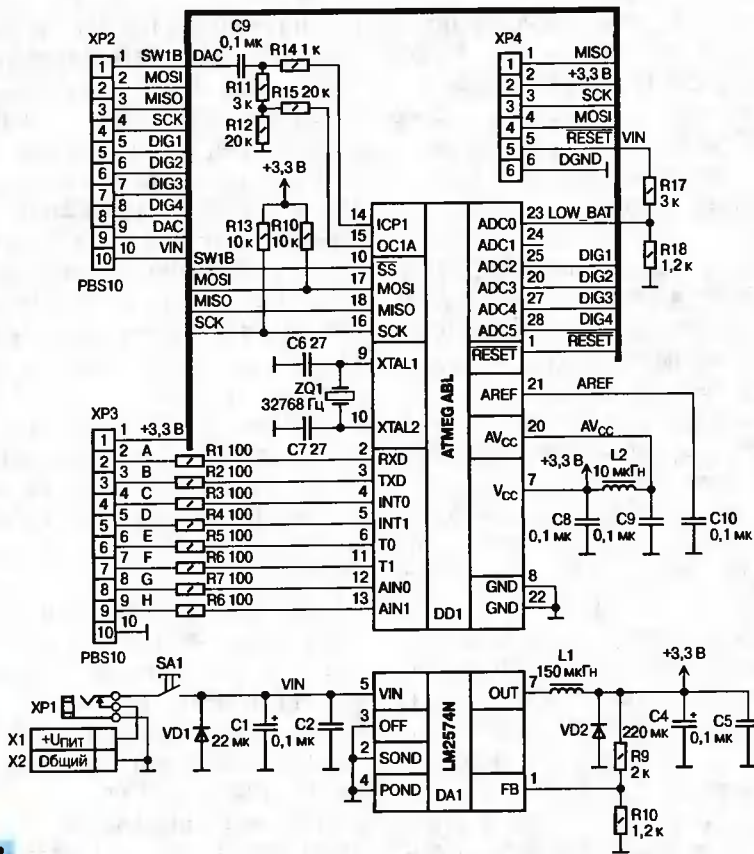


Рис. 2

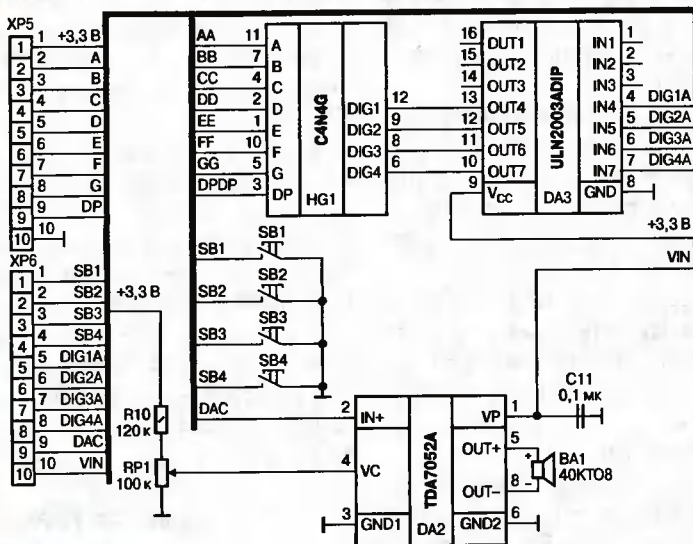


Рис. 3

разъемы. Батарея питания в комплект набора не входит.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 2 и 3.

Устройство через выключатель SA1 питается от батареи «Крона» или от внешнего источника напряжением 4,5...15 В, подключенного через разъем XP1. Напряжение питания сглаживается входным фильтром на конденсаторах C1, C2 и поступает на импульсный понижающий стабилизатор напряжения на микросхеме DA1. Такой преобразователь обладает большим КПД и не требует использования теплоотвода для охлаждения микросхемы. Выходное напряжение задает-

ся делителем R9R10 и при указанных на схеме номиналах составляет около 3,3 В. В точной подстройке выходного напряжения нет необходимости, т. к. микросхема DD1 сохраняет работоспособность при питании от источника 2,7...5,5 В. Выходной фильтр собран на конденсаторах C4, C5. Диод VD1 введен для защиты метронома от подачи напряжения неправильной полярности.

Временной интервал между щелчками метронома задается программно, на выводах микроконтроллера формируются короткие прямоугольные импульсы, на выводе 14 — импульс сильной доли, на выводе 15 — слабый.

Эти импульсы смешиваются на резистивном смесителе R11R12R14R15 и усиливаются выходным усилителем.

Усилитель собран на микросхеме DA2 TDA7052A фирмы Philips выходной мощностью 1 Вт с отдельным входом для управления громкостью и минимумом дополнительных внешних элементов. Звуковой сигнал с резистивного смесителя через разделительный конденсатор C3 поступает на вход УНЧ, громкость регулируется с помощью переменного резистора RP1. Максимальное усиление достигается при напряжении около 1,4 В на входе управления усилением VC. Диапазон напряжения питания этой микросхемы 4,5...18 В, поэтому для увеличения выходной мощности и экономного расходования энергии ее питание осуществляется непосредственно от источника входного напряжения, минуя импульсный стабилизатор напряжения. Выходы усилителя непосредственно подключаются к динамической головке мощностью 0,5 Вт и сопротивлением 8 Ом.

В качестве устройства отображения информации в метрономе использован четырехразрядный семисегментный светодиодный индикатор HG1 с общими катодами. Управление индикатором осуществляет микроконтроллер, на его выводах 2—6, 11—13 формируется код отображаемого символа (сегменты и десятичная точка), а на выводах 25—28 задается место этого символа (его разряд) в индикаторе. Для ограничения тока через сегменты индикатора использованы резисторы R1—R8, а для управления катодами — микросхема DA3, которая содержит семь мощных транзисторных ключей.

Устройство выполнено на двух печатных платах, которые соединяются между собой разъемами XP2, XP3, XP5, XP6, при этом XP2 стыкуется с XP6, XP3 — с XP5. Плата с микроконтроллером удерживается на первой плате разъемами и дополнительного крепления к корпусу не требует.

Перечень основных компонентов для самостоятельной сборки приведен в табл. 2.

Для записи новых версий программного обеспечения или своей собственной программы на плате микроконтроллера установлен разъем для

Таблица 2

Наименование	Номинал	Кол.
R1—R8	100 Ом±5 %	8
R10, R18	1,2 кОм±1 %	2
R9	2 кОм±1 %	1
R11	3 кОм±5 %	1
R12, R15	20 кОм±5 %	2
R13, R16	10 кОм±5 %	2
R14	1 кОм±5 %	1
R17	3,6 кОм±1 %	1
R19	120 кОм±5 %	1
RP1	100 кОм±5 %	1
C1	22мкФ/35 В	1
C4	220мкФ/6,3 В	1
C5, C6	18пФ	2
C2, C3, C7—C11	0,1 мкФ/50 В	7
VD1, VD2	1N5817	2
VD3	8Q-N422RD	1
DA1	LM2574N	1
DA2	TDA7052A	1
DA3	ULN2003A	1
DD1	Atmega8L-8PI	1
L1	150 мкГн	1
L2	10 мкГн	1
ZQ1	32,768 кГц	1
BA1	40КТ08	1

внутрисхемного программирования XP4.

Состояние заряженности батареи контролируется с помощью делителя R17R18 и одного канала аналого-цифрового преобразователя (АЦП), встроенного в микроконтроллер (вывод 23). Питание аналоговой части микроконтроллера осуществляется через дополнительный фильтр C8L2C9.

Частота работы микроконтроллера составляет 32768 Гц и стабилизирована на кварцевым резонатором ZQ1.

Рекомендуется следующий порядок сборки и наладки устройства.

Сначала собирают стабилизатор напряжения.

На плату микроконтроллера устанавливают разъем питания XP1, выключатель SA1, защитный диод VD1, диод VD2, конденсаторы C1—C4, резисторы R9 и R10, дроссель L1 и, в последнюю очередь, микросхема стабилизатора DA1. К разъему под-

ключают внешний источник питания 5...15 В с допустимым током нагрузки ≥ 100 мА. Мультиметром измеряют постоянное напряжение на конденсаторе C3. Если оно находится в интервале 3...3,5 В, можно отключить питание и продолжить сборку устройства.

На следующем этапе сборки на плате микроконтроллера монтируют элементы, подключенные к цепям питания микроконтроллера — конденсаторы C8—C10, дроссель L2, затем устанавливают резистивный делитель R17R18, кварцевый резонатор ZQ1 и конденсаторы C6, C7, резисторы R11R12R14R15 и разделительный конденсатор C3, резисторы R1—R8, R13, R16, разъемы XP2, XP3. Следует убедиться, что в процессе пайки не появилось замыканий между проводниками. Необходимо внимательно осмотреть места паяк, после этого опять включить источник питания, проверить наличие питания на конденсаторе C8, выводах 7 и 20 микроконтроллера. Отключить питание и припаять микросхему микроконтроллера или панельку под нее, что рекомендуется для облегчения настройки и поиска неисправностей.

На второй плате переменный резистор RP1, конденсатор C11, разъемы XP5, XP6 монтируют с той стороны платы, где нет сплошного экранного слоя, все остальные детали — на противоположной стороне.

Для более точного монтажа межплатных соединительных разъемов XP5 и XP6 на второй плате предлагается поступить следующим образом — в разъемы XP2 и XP3, уже смонтированные на плате микроконтроллера, вставить штыревые разъемы XP5, XP6 и поверх них правильной стороной установить вторую плату,

плотно сжать две платы и произвести пайку разъемов, разъединить платы и продолжить монтаж деталей.

Монтаж светодиодного индикатора следует производить, прикрепив вторую плату к корпусу четырьмя винтами. Вставить индикатор в плату через отверстие в корпусе, подложить под корпус в районе отверстия под индикатор небольшую картонную прокладку для выравнивания индикатора с его поверхностью и произвести пайку.

Затем отвинтить винты и отсоединить плату от верхней крышки корпуса и продолжить монтаж платы. Припаять резистор R19, установить микросхемы УНЧ DA2 и микросхему DA3.

Припаять к контактам динамической головки два небольших отрезка одножильного провода. Установить головку на печатную плату так, чтобы провода от контактов попали в отверстия, предназначенные для них, припаять провода. После этого следует приклеить динамическую головку к плате, например, клеем «Момент».

С обратной стороны платы установить регулятор громкости RP1 и конденсатор C11, штыревые разъемы XP5, XP6.

Чтобы не повредить кнопки, их монтаж производят на заключительном этапе.

Соединить платы между собой, подключить питание и проверить работоспособность метронома.

Чертежи печатных плат, расстановку элементов на них, прошивку микроконтроллера можно найти на сайте журнала по адресу www.dian.ru/programs/.

Александр Рахматуллин,
г. Москва

Чтобы сэкономить время и избавить вас от рутинной работы по поиску необходимых компонентов и изготовлению печатных плат, «Мастер КИТ» предлагает набор «Электронный метроном» NM5041. Набор состоит из печатной платы, всех необходимых компонентов и инструкции по сборке и эксплуатации.

Более подробно ознакомиться с ассортиментом нашей продукции можно с помощью «CD-каталога Мастер КИТ-2006» и на сайте www.masterkit.ru, где представлено много полезной информации по электронным наборам и модулям «Мастер КИТ», приведены адреса магазинов, где их можно купить.

На сайте работает конференция и электронная подписка на рассылку новостей. В разделе «КИТы в журналах» предложены радиотехнические статьи, а также много интересной информации для радиолюбителей и специалистов. Наш ассортимент постоянно расширяется и дополняется новинками, созданными с использованием новейших достижений современной электроники.

Наборы, блоки и модули «Мастер КИТ», а также журналы «Схемотехника» можно купить в магазинах радио-деталей вашего города.

АДРЕСА НЕКОТОРЫХ МАГАЗИНОВ, В КОТОРЫХ МОЖНО ПРИОБРЕСТИ ПРОДУКЦИЮ МАСТЕР КИТ И ЖУРНАЛЫ "СХЕМОТЕХНИКА"

РОССИЯ

Москва

«Посылторг», наборы по почте наложенным платежом, e-mail: post@solon.ru, http://www.solon.ru
111401, г. Москва, а/я 1. Тел. (095) 304-72-31.

«МитраКон», e-mail: mtk@mitracon.ru, http://www.mitracon.ru
3-й Паеловский пер, д. 14/18, стр. 1. Тел: (095) 237-10-95, 237-11-29.
Факс 959-96-32.
Проезд до ст. м. «Серпуховская», «Павелецкая», далее 10 мин. пешком.

«Чип и Дип», e-mail: sales@chipindustry.ru, http://www.chipindustry.ru
ул. Беговая, д. 2. ул. Гиляровского, д. 39; ул. Земляной вал, д. 34.
Тел. единой справочной: (095) 780-95-09, опт. 780-95-00. факс 671-31-45.

«КИМ», м. «Сокольники», e-mail: kimkit@mail.ru, http://www.telemaster.ru/kim
ул. Сокольническая Слободка, д. 10, оф. 9.
Тел. (095) 268-69-33, 603-03-28

«Митинский радиорынок». Торговый комплекс. Цокольный этаж. Место 56.
Т. моб. 8-903-791-45-78, Виталий

«Царицыно», радиорынок, место 126.
Проезд до ст. метро «Царицыно», далее пешком 5 мин.
Время работы: 9.00—16.00 без выходных.

Сеть магазинов «Кварц», E-Mail: quartz1@quartz1.ru, http://www.quartz1.ru
1. Тонар «Кварц» на Митинском радиорынке, место И-8.
Время работы: 10.00—18.00.
2. Шоссе Энтузиастов, д.31, стр. 2.
Время работы: 10.00—19.00, перерыв 14.00—15.00.
Выходной день: воскресенье.
Тел. 788-88-99 (многоканальный)
3. Ул. Буженинова, д.16.
Время работы: 10.00—18.00, перерыв 13.00—14.00.
Выходные дни: суббота, воскресенье.
Тел. 963-61-20, факс 963-49-94

Сеть магазинов «Профи»
1. «Савеловский» радиорынок, пав. К-3, новый синий корпус ВКЦ «Савеловский»
тел. 980-22-89, e-mail: savelovo@sirius.ru.
2. «Митинский» радиорынок, торговый комплекс «Митинский», пав. 174, 1 этаж,
тел. 8-501-487-70-04, e-mail: mitino4@icdmobile.ru.
3. «Митинский» радиорынок, торговый комплекс «Митинский», цокольный этаж,
тел. 8-501-487-70-06, e-mail: mitino7@icdmobile.ru.
4. «Царицынский» радиорынок, М 1/1, тел. 352-49-01, e-mail: sir@icdmobile.ru.

С-Петербург. «Мега-Электроника», e-mail: info@icshop.ru,
www.icshop.ru — магазин электронных компонентов on-line
ул. Большая Пушкарская, д. 41. Тел: (812) 327-32-71, факс: (812) 320-86-13

Барнаул. «Поток», e-mail: escor_radio@mail.ru
ул. Титова, д. 18, 2-ой этаж. Тел. (3852) 33-48-96, 36-09-61

Владивосток. «Электромаркет», e-mail: elektro@eastnet.febras.ru, www.elektro.febras.ru
Партизанский проспект, д. 20, к. 314. Тел: (4232) 40-69-03, факс: 26-17-27

Волгоград. «ChipSet», e-mail: chipset@interdacom.ru
ул. Петроградская, д. 3. Тел: (8442) 43-13-30

Екатеринбург. «Мегатрон», e-mail: 3271@mail.ur.ru
ул. Малышева, д. 90. Тел: (3432) 56-48-36

Ижевск. «Радио-Ижевск», e-mail: rdo@udmnet.ru, http://radio.udm.net
"Офис - отдел оптовых продаж". Ул. С. Ковалевской, д. 16. Тел./факс 43-06-04,
43-72-51.
Магазин "Радио-2". Широкий пер., д. 16. Тел. 22-80-91.
Магазин "Радио-3". 40 лет Победы, д. 52-А.
Магазин "Радио-4". г. Сарагул, ул. Советская, д.1.
Магазин "Радио-5". г. Глазов, ул. Сибирская, д. 20.

Киров. «Алми», e-mail: mail@almi.kirov.ru
ул. Степана Халтурина, д. 2а. Тел. (8332) 62-65-84

Красноярск. «Чип-маркет», e-mail: sergais@mail.ru, http://www.chip-market.ru
ул. Вавилова, д.2а, радиорынок, строение 24. Тел. (3912) 58-58-65

Мурманск. «Радиоклуб», e-mail: rclub137@aspol.ru
ул. Папанина, д. 5. Тел: (8152) 45-62-91

Нижний Новгород. Радиорынок «Герц», E-Mail: vbar3@yandex.ru
микрорайон Кузнечика, контейнер «ЧП Егоров N 254»
Тел. (8312) 97-29-44 (после 18.00), 8-903-848-84-00 (в любое время) Вячеслав.
Время работы: с 10.00 до 16.00.
Выходной: понедельник.

Новокузнецк. «Дельта», e-mail: vic@nvkz.kuzbass.net, http://www.delta-n.ru
ул. Воровского, д. 13. Тел: (3843) 74-59-49

Новосибирск

«Радиотехника», e-mail: wolna@online.sinor.ru
ул. Ленина, д. 48. Тел/факс: (3832) 54-10-23
«Радиодетали», e-mail: wolna@online.sinor.ru
ул. Геодезическая, д. 17. Тел/факс: (3832) 54-10-23

Норильск. «Радиомаркет», e-mail: alex.minus@norcom.ru
ул. Мира, д. 1. Тел/факс: (3919) 48-12-04

Ставрополь

«Радиотовары», e-mail: stavtv@mail.ru
ул. Доваторцев, д. 4а. Тел: (8652) 35-68-24
«Телезапчасти», e-mail: koketka@koketka.stavropol.net
пер. Чернышевского, д. 3. Тел: (8652) 24-13-12, факс (8652) 24-23-15

Тольятти

«Радиодетали», e-mail: alexasa1@infopac.ru
ул. Революционная, д. 52. Тел: (8482) 37-49-18
«Электронные компоненты», e-mail: impulse@infopac.ru
ул. Дзержинского, д. 70. Тел: (8482) 32-91-19

Томск. ООО «Элко», м-н «Радиодетали», e-mail: elco@tomsk.ru, http://elco.tomsk.ru
пер. 1905 года, д. 18, оф. 205. Тел. (3822) 51-45-25

Тюмень. «Саша», e-mail: vassa@sibtel.ru
ул. Тульская, д. 11. Тел/факс: (3452) 32-20-04

Уфа. «Электроника», e-mail: bes@diaspro.com
пр. Октября, д. 108. Тел: (3472) 33-10-29, 33-11-39

Хабаровск. «ТВ Сервис», e-mail: tvservice@pop.redcom.ru
ул. Шеронова, д. 75, оф. 13. Тел: (4212) 30-43-89

БЕЛАРУСЬ

Минск. Продажа под заказ, срок до 5 дней. E-mail: service@imelcom.by
Тел. (375-17) 288-13-13, 285-24-13, моб. 8-029-682-03-37, 8-029-771-50-32.
Почтовая доставка наложенным платежом.

Брест. ОДО «Лебедь»
ул. Гоголя, д. 82. Тел. 21-38-87, 21-37-06.

Могилев. «Электронные компоненты», e-mail: fek@fek.belpak.mogilev.by
ул. Королева, дом 20. Тел. +375 (22) 46-83-76.

Мозырь. УП «Гела»
ул. Я. Коласа, д. 21. Тел. 8-(023-51)-2-64-74.

КАЗАХСТАН

Алматы. «IC FOR US», e-mail: alexander@diy-ic.net,
пр. Сейфуллина, д.534. Время работы: с 9.00 до 19.00.
Тел. +7 (3272) 61-64-29, 61-03-04, факс 72-87-24.

УКРАИНА

Киев. «Кедр-плюс», e-mail: kedrplus@mail.ru.
Киев, 04073, Киев-73, А/Я 84, "МАСТЕР КИТ".
Наборы почтой наложенным платежом по всей территории Украины
Моб. тел. по Украине: 8-067-782-55-91.

«Имрад», e-mail: imrad@imrad.kiev.ua
03113, ул. Шутова, д. 9. Офис 211. Тел/факс: (044) 495-21-09, 495-21-10,
рынок «Радиолобитель» ("Карававы дачи", ул. Ушинского, 4), места 53-57,
"Радиорынок", ст. м. "Харьковская", место 170.

«Инициатива», e-mail: ic@mgk-yaroslav.com.ua.
Тел.: (044) 234-02-50, 235-21-58, факс: (044) 235-04-91, ул. Ярослав Вал, 28,
помещение сервисного центра «SAMSUNG»; рынок «Радиолобитель»
(ул. Ушинского, 4), торговые места №43,44.

«НикС», e-mail: chip@nics.kiev.ua, http://www.nics.kiev.ua
ул.Флоренци, 1/11, 1 этаж, 24. Тел: (044) 516-47-71, 290-46-51,
рынок «Радиолобитель» (ул. Ушинского, 4), торговые места № 126, 127.

«Электронные наборы почтой», e-mail: val@sea.com.ua
03110, Киев-110, А/Я 50. «Издательство «Радиоаматор» («МАСТЕР КИТ»).
Тел. (044) 219-30-20, 213-09-83. Заказ высылается наложенным платежом. Срок
получения заказа по почте 2—4 недели с момента получения заявки. Цены на наборы
могут незначительно меняться как в одну, так и в другую сторону. Узнать наличие
набора и его цену можно по телефону или электронному адресу.

«Радиоман», http://www.radioman.com.ua
ул. Урловская, д. 12. Тел. (044) 255-15-80

Одесса. «NAD ГИЛЮС», e-mail: nad@paco.net
ул. Успенская, д. 26 (во дворе) . Тел. (0482) 34-48-84, факс 47-69-94.
Радиорынок, место № 10, по воскресным дням с 8.00 до 14.00.

ПОДПИСКА — 2007

Журнал «СХЕМОТЕХНИКА»

Редакционная подписка на 2007 г. — 600 рублей.

Через каталог Агентства «РОСПЕЧАТЬ» (красный)

- индекс 80724 — подписка на 1-е полугодие 2007 г.;
- индекс 82117 — подписка на архив журнала за 2004 г. на CD.

Через каталог «ПОЧТА РОССИИ»

- индекс 60192 — подписка на 1-е полугодие 2007 г.
- индекс 60193 — годовая подписка на 2007 г.

Оформить подписку с последующей доставкой в ЛЮБОЙ СТРАНЕ можно через подписное агентство «МК-PERIODICALS»

Подробная информация по телефонам в Москве 7+495 681-9345, 681-5715, 681-3322, e-mail: info@periodicals.ru

Подписка на Украине осуществляется также через каталог Подписного агентства KSS (тел: в Киеве 044 - 270-6220, 27 6222), подписной индекс 10540.

Подписка через редакцию по тел. (495)775-16-76, podpiska@dian.ru.

Для подписки через редакцию

- перечислите деньги на наш расчетный счет через Сбербанк по квитанции, либо через почтовое отделение по товым переводом;
- отправьте квитанцию об оплате (или копию) и свой точный почтовый адрес (индекс обязательно) в редакцию по почтовому адресу: 127015, Москва, ул. Бутырская, д. 41/47, ООО «ИД Скимен», отдел подписки или по факс (495) 775-16-76, e-mail: podpiska@dian.ru.
- вы можете также подписаться на журнал непосредственно в редакции по адресу: г. Москва, Ленинградское шоссе д. 18, офис 342 (метро «Войковская», из первого вагона от центра направо, вперед по ходу поезда до последнего здания перед железной дорогой, вход со стороны д. 16) и на специализированных выставках.

Пример заполнения банковского извещения для подписки на издания ИД «СКИМЕН»:

Извещение	ООО «ИД СКИМЕН» ИНН/КПП 7731195492/773101001 в ОАО «НК банк» в г. Москва Р/с 40702810200000005646 К/с 30101810900000000278 БИК 044579278 Плательщик Адрес (с индексом)	
	Назначение платежа	Сумма
Кассир	Подпись	“ ” 2006 г.
Квитанция	ООО «ИД СКИМЕН» ИНН/КПП 7731195492/773101001 в ОАО «НК банк» в г. Москва Р/с 40702810200000005646 К/с 30101810900000000278 БИК 044579278 Плательщик Адрес (с индексом)	
	Назначение платежа	Сумма
Кассир	Подпись	“ ” 2006 г.

CD-ROM с журналом «Схемотехника»

Редакция подготовила CD-ROM с полным содержанием журнала «Схемотехника» за 2000—2003 г. Кроме него диск содержит программное обеспечение к описаниям, опубликованным за все время существования журнала, и годовое содержание в формате Excel за то же время. Вы можете

2000-2003

подписаться на CD-ROM, переведя на расчетный счет редакции стоимость диска с пересылкой — 150 руб. Реквизиты редакции указаны на последней странице журнала. Не забудьте прислать нам по факсу, обычной или электронной почте копию квитанции об оплате с указанием полного адреса с индексом.



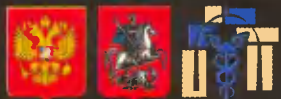
ЭЛЕКТРОНИКА
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

ChipEXPO

СЕНТЯБРЬ 19-21
-2006

4-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации
Министерство экономического развития и торговли Российской Федерации
Федеральное агентство по промышленности
Департамент науки и промышленной политики города Москвы
Московская торгово-промышленная палата

ИНФОРМАЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА



КОМПОНЕНТЫ
И ТЕХНОЛОГИИ



ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ

ЗАО «ЧипЭкспо», Россия,
111141, Москва, ул. Перовская 19/2, стр. 3,
тел./факс: (495) 368-1039, e-mail: info@chipexpo.ru

www.chipexpo.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ



SmartARM микроконтроллеры с USB интерфейсом

семейства **AT91SAM7S**

Линейка микроконтроллеров SmartARM с интерфейсом **USB** семейства **AT91SAM7Sxx** обладает высокопроизводительным ядром **ARM7TDMI™ ARM® Thumb®** с большим объемом флэш и оперативной памяти на кристалле. В отличие от традиционных решений, **AT91SAM7S** имеют более высокую производительность без принципиальных изменений в стоимости изделия. При полном наборе системных функций для обвязки устройства требуется всего 20 внешних компонентов. Для обмена данными с внешними устройствами в микроконтроллерах могут использоваться 6 различных интерфейсов.

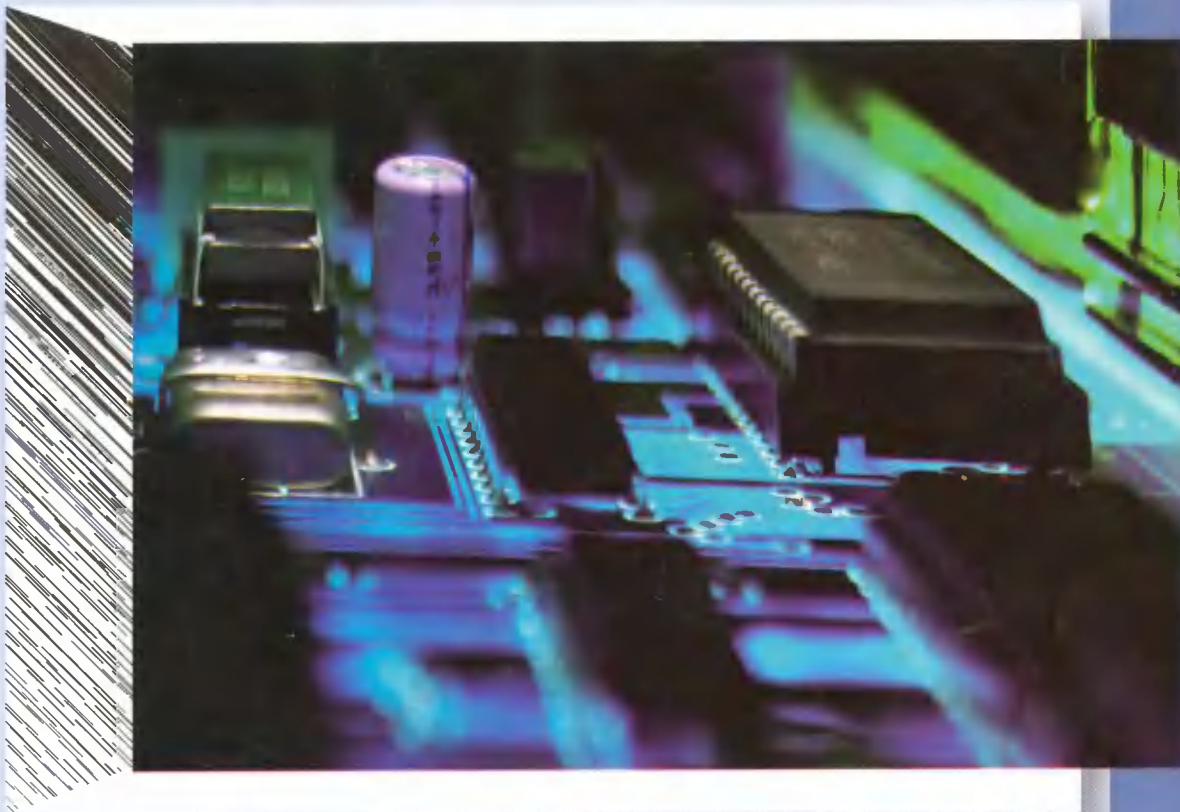


- ♦ Частота работы ядра 0 – 55 МГц
- ♦ Встроенная высокоскоростная флэш-память до 256 кБайт
- ♦ Встроенная SRAM память до 64 кБайт
- ♦ Встроенный малопотребляющий RC – генератор
- ♦ Встроенный контроллер управления питанием для оптимизации энергопотребления
- ♦ Усовершенствованный контроллер прерываний
- ♦ Восьмиканальный 10–битный АЦП

Наименование	Flash память	SRAM память	USB порт	USART	Внешний источник прерываний	Кол-во каналов контроллера питания	Кол-во I/O	Тип корпуса
AT91SAM7S256*	256K	64K	1	2	2	11	32	LQFP/QFN 64
AT91SAM7S128	128K	32K	1	2	2	11	32	LQFP/QFN 64
AT91SAM7S64	64K	16K	1	2	2	11	32	LQFP/QFN 64
AT91SAM7S321	32K	8K	1	2	2	11	32	LQFP/QFN 64
AT91SAM7S32	32K	8K	-	1	1	9	21	LQFP/QFN 48

Офисы Платана в Москве: м. Молодежная: ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495)97-000-99, почта: 121351, Москва, а/я 100, e-mail: platan@aha.ru м. Новослободская: 1-й Щемилловский пер., 17/19, стр.2 (495)744-70-70, platan@platan.ru

Офис в Санкт-Петербурге: ул.Зверинская, 44 (812)232-88-36, 232-23-73, platan.spb@inbox.ru
 Представительства: Воронеж: (0732)59-75-57 Казань: (8432)92-18-06 Киев: ул.Чистяковская, 2, (38044)494-37-92 Новосибирск: (3832)16-33-66 Омск: (3812)24-69-03 Ульяновск: (8422)37-65-67 Уфа: (3472)32-33-42
 Региональные дилеры: Белгород: (0722)32-87-22 Ижевск: (3412)43-72-51 Омск: (3812)24-10-90 Ростов-на-Дону: (8632)44-34-48 Саратов: (8452)27-88-55 Самара: (8462)35-26-09 С.-Петербург: (812)327-96-92 Саратов: (8452)27-88-55 Тольятти: (8482)70-91-03 Томск: (3822)55-65-30, 51-12-25 Чебоксары: (8352)56-63-03 Йошкар-Ола: (8362) 45-17-45 Минск: (375-17) 287-28-60



Высоковольтные мощные широкополосные усилители
Налаживание устройств на микроконтроллерах
САПР: адепты, пользователи, поклонники
Преобразователь сигналов трансформаторных датчиков
Простой светосинхронизатор для фотовспышки
Разрядное устройство для аккумуляторной батареи

