СХЕМОТЕХНИКА

№ 5 (55)
май 2005

Главный редактор

Сергей Бирюков

Зам. главного редактора

Сергей Кузнецов

Редакционная коллегия

Павел Асташкевич
Александр Фрунзе
Виктор Йовчик
Юлия Герасимова

Дизайн и верстка

Ирина Чикина

Отдел распространения

(095) 777-12-15
e-mail: sales@dian.ru
Марина Трофимова
Юрий Царев
Сергей Лукин

Отдел рекламы

Юлия Суханова

Адрес редакции:

127015 Москва, ул. Бутырская, д. 41/47
«ИД Скимен»
тел./факс: (095) 777-12-15
www.dian.ru
e-mail: editor@dian.ru

Издатель и учредитель
ООО "ИД Скимен"

Отпечатано в ГУП «Чеховский полиграфический комбинат»

Тираж 5 300 экз.
Заказ № 3416

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

Редакция не несет ответственности за информацию, приведенную в рекламных материалах

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

С. Бирюков. Операционные усилители общего применения фирмы ON Semiconductor 2

В. Коснырев. Компания WIMA: качество начинается здесь 6

О. Вальпа. Цифровые сигнальные процессоры 9

В. Зотов. Применение ПЛИС семейства CoolRunner-II для реализации цифрового матричного переключателя 11

О. Николайчук. Анализ SFR-совместимости микроконтроллеров фирмы Silabs 13

Искусство схемотехники

А. Фрунзе, А. Фрунзе. Микроконтроллеры? Это же просто! 16

С. Лозицкий. Методы анализа операционных схем в частотной области 19

Б. Шевкопляс. Вероятностная синхронизация в телекоммуникационных системах 23

О. Сильченко, Ю. Дмитриев. Расчет цепи динамической защиты выходных каскадов мощных усилителей 26

А. Титов. Широкополосные усилители с перекрестными обратными связями 27

Софт

А. Сошкин, А. Мамонтов. Подготовка программ для микроконтроллеров семейства x51 в среде µVISION-2 29

Г. Кардашев. Компьютерное схемотехническое моделирование электронных устройств 32

О. Вальпа. Borland C++ Builder 6 для начинающих 34

Практика

С. Белов. Компьютер — измерительный комплекс 36

Спидометр на базе микроконтроллера HT49R30A-1 39

М. Финкельштейн. О проектировании электронных балластов 42

И. Лытнёв. Пропорциональная многоканальная система управления на микроконтроллере PIC16C84 44

А. Кичигин. Программируемый терморегулятор 47

Ю. Садиков. Автомобильный преобразователь напряжения ±45 В для УМЗЧ 50

Н. Заец. Термометр-часы с датчиками фирмы Dallas Semiconductor 52

CD-ROM с журналами «Схемотехника» (с. 25).

Новые книги. А. Фрунзе. «Микроконтроллеры фирмы Philips семейства x51» (с. **8**). «Собери сам 65 электронных устройств из наборов «Мастер КИТ» (с. **46**). Новости от «Аргуссофт Компани» (с. 12). Новости компании «ЧипЭКСПО» (с. **22**). Новости от Autex Ltd (с. **25**). Адреса некоторых магазинов, в которых можно приобрести продукцию «Мастер КИТ» и журналы «Схемотехника» (с. **55**). Подписка-2005 (с. **56**).

Операционные усилители общего применения фирмы ON Semiconductor

Фирма ON Semiconductor выпускает большое число типов микросхем ОУ, способных удовлетворить самым различным требованиям разработчиков — ОУ общего применения, высокоскоростные, низковольтные «rail-to-rail», маломощные, с большим выходным током, малошумящие. В этой статье рассмотрим основные серии операционных усилителей общего применения.

Микросхемы серий MC3407x и MC3307x содержат по одному (MC34071, MC33071), два (MC34072, MC33072) и четыре (MC34074, MC33074) операционных усилителя. Они изготавливаются по современной биполярной технологии и имеют очень хорошие параметры для приборов своего класса. Частота единичного усиления ОУ этих микросхем составляет 4,5 МГц, скорость нарастания выходного сигнала — 13 В/мкс, для них характерно низкое время установления выходного сигнала. Источник питания ОУ может быть как двуполярным ±1,5...22 В, так и однополярным 3...44 В. Синфазный входной сигнал при однополярном питании может лежать в диапазоне от нуля до напряжения, на 1,5 В ниже напряжения источника. Входной дифференциальный каскад ОУ построен на транзисторах p-n-p по схеме Дарлингтона, что обеспечивает высокое входное сопротивление, малый сдвиг входного напряжения и высокое усиление. Выходной каскад ОУ собран на транзисторах n-p-n, он характеризуется низкими переходными искажениями, большим размахом выходного сигнала, обеспечивает работу на значительную емкостную нагрузку, хорошие запасы по усилению и по фазе, низкое выходное сопротивление и симметричные характеристики при разной полярности выходного тока. Приборы с суффиксом A имеют улучшенные электрические параметры.

Микросхемы MC33071/72/74, MC34071/72/74 выпускаются для разных температурных диапазонов работы (табл. 1).

Таблица 1

Микросхемы	$T_{МИН}$, °C	$T_{МАКС}$, °C
MC33071, 2, 4, /A	–40	+85
MC34071, 2, 4, /A	0	+70
MC34072V, 4V	–40	+125

Основные свойства ОУ:

Частота единичного усиления, МГц	4,5
Скорость нарастания, В/мкс	13
Время установления с точностью 0,1 %, мкс	1,1
Диапазон напряжения питания, В	3...44
Максимальное смещение нуля, мВ	3
Размах выходного напряжения при $U_{ПИТ}$ = ±15 В, В	–14,7...+14
Емкость нагрузки, пФ	0...10000
Нелинейные искажения, %	0,02
Запас по фазе, град.	60
Запас по усилению, дБ	12
Защита от короткого замыкания выхода.	

Упрощенная принципиальная схема одного ОУ рассматриваемых серий приведена на рис . 1. Для подстройки нулевого сдвига в пределах ±80 мВ одиночных ОУ между выводами Offset Null (1 и 5) следует включить подстроечный резистор сопротивлением 10 кОм, подвижный контакт которого соединяют с выводом 4 (V_{EE}/GND).

Входное дифференциальное напряжение может достигать полного напряжения питания ОУ, важно лишь, чтобы напряжение на каждом входе не выходило за уровни напряжения питания.

Одиночные и сдвоенные ОУ оформляются в корпусах PDIP-8 (суффикс P) и SOIC-8 (суффикс D), счетверен-

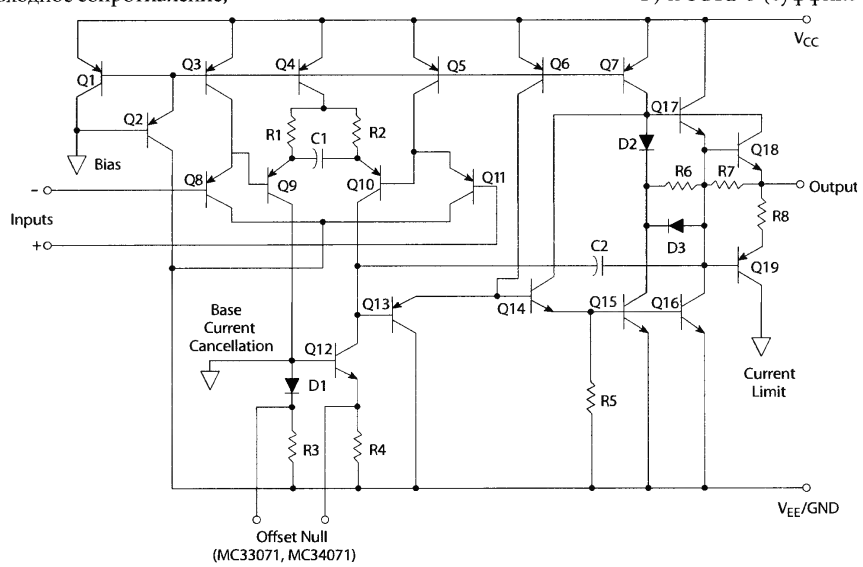


Рис. 1

ные — PDIP-14 (суффикс P), SOIC-14 (суффикс D) и TSSOP-14 (суффикс DTB).

Разводка выводов микросхем в восьмивыводных корпусах показана на рис. 2, в 14-выводных — на рис. 3.

Электрические параметры ОУ приведены в табл. 2.

В этой таблице, если специально не указано, параметры приведены для напряжения питания ±15 В и температуры окружающей среды T_A = 25 °C.

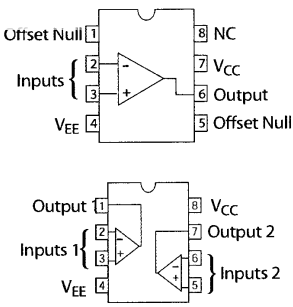


Рис. 2

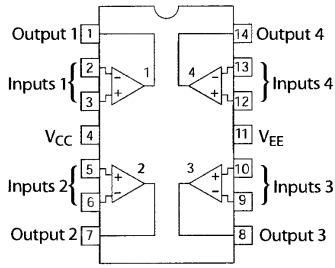


Рис. 3

Таблица 2

Параметр	Условия измерения	Суффикс А			Без суффикса А		
		Миним.	Тип.	Макс.	Миним.	Тип.	Макс.
Напряжение сдвига, мВ	V_{CC} = 15 В, V_{EE} = –15 В, T_A = 25 °C	—	0,5	3	—	1	5
	V_{CC} = 5 В, V_{EE} = 0, T_A = 25 °C	—	0,5	3	—	1,5	5
	V_{CC} = 15 В, V_{EE} = –15 В, T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	—	—	5	—	—	7
Температурный коэффициент напряжения сдвига, мкВ/град.	T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	—	10	—	—	10	—
Входной ток, нА	T_A = 25 °C	—	100	500	—	100	500
	T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	—	—	700	—	—	700
Разность входных токов, нА	T_A = 25 °C	—	6	50	—	6	75
	T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	—	—	300	—	—	300
Диапазон входных синфазных напряжений, В	T_A = 25 °C	V_{EE}…(V_{CC}–1,8)			V_{EE}…(V_{CC}–1,8)		
	T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	V_{EE}…(V_{CC}–2,2)			V_{EE}…(V_{CC}–2,2)		
Коэффициент усиления, В/мВ	T_A = 25 °C	50	100	—	50	100	—
	T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	25	—	—	25	—	—
Верхний уровень выходного напряжения, В	V_{CC} = 5 В, V_{EE} = 0, R_L = 2 кОм, T_A = 25 °C	3,7	4	—	3,7	4	—
	V_{CC} = 15 В, V_{EE} = –15 В, R_L = 10 кОм, T_A = 25 °C	13,6	14	—	13,6	14	—
	V_{CC} = 15 В, V_{EE} = –15 В, R_L = 2 кОм, T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	13,4	—	—	13,4	—	—
Нижний уровень выходного напряжения, В	V_{CC} = 5 В, V_{EE} = 0, R_L = 2 кОм, T_A = 25 °C	—	0,1	0,3	—	0,1	0,3
	V_{CC} = 15 В, V_{EE} = –15 В, R_L = 10 кОм, T_A = 25 °C	—	–14,7	–14,3	—	–14,7	–14,3
	V_{CC} = 15 В, V_{EE} = –15 В, R_L = 2 кОм, T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	—	—	–13,5	—	—	–13,5
Выходной вытекающий ток короткого замыкания, мА	T_A = 25 °C	10	30	—	10	30	—
Выходной втекающий ток короткого замыкания, мА	T_A = 25 °C	20	30	—	20	30	—
Коэффициент подавления синфазного сигнала, дБ	T_A = 25 °C	80	97	—	70	97	—
Коэффициент влияния источников питания, дБ	T_A = 25 °C	80	97	—	70	97	—
Ток потребления на один ОУ, мА	V_{CC} = 5 В, V_{EE} = 0, $U_{ВЫХ}$ = 2,5 В, T_A = 25 °C	—	1,6	2	—	1,6	2
	V_{CC} = 15 В, V_{EE} = –15 В, $U_{ВЫХ}$ = 0, T_A = 25 °C	—	1,9	2,5	—	1,9	2,5
	V_{CC} = 15 В, V_{EE} = –15 В, $U_{ВЫХ}$ = 0, T_A = $T_{МИН}$…$T_{МАКС}$	—	—	2,8	—	—	2,8
Скорость нарастания выходного сигнала, В/мкс	$U_{ВХ}$ от –10 до +10 В, R_L = 2 кОм, C_L = 500 пФ, A_V = +1	8	10	—	8	10	—
	$U_{ВХ}$ от –10 до +10 В, R_L = 2 кОм, C_L = 500 пФ, A_V = –1	—	13	—	—	13	—
Время установления выходного напряжения, мкс	$\Delta U_{ВХ}$ = 10 В, A_V = –1, точность 0,1 %	—	1,1	—	—	1,1	—
	$\Delta U_{ВХ}$ = 10 В, A_V = –1, точность 0,01 %	—	2,2	—	—	2,2	—
Частота единичного усиления, МГц	f = 100 кГц	3,5	4,5	—	3,5	4,5	—
Полоса пропускания большого сигнала, кГц	A_V = +1, R_L = 2 кОм, $U_{ВЫХ}$ = 20 В (от пика до пика), КНИ = 5 %	—	160	—	—	160	—
Запас по фазе, град.	R_L = 2 кОм	—	60	—	—	60	—
	R_L = 2 кОм, C_L = 300 пФ	—	40	—	—	40	—
Запас по усилению, дБ	R_L = 2 кОм	—	12	—	—	12	—
	R_L = 2 кОм, C_L = 300 пФ	—	4	—	—	4	—
Шумовое напряжение, приведенное к входу, нВ/Гц$^{1/2}$	f = 1 кГц	—	32	—	—	32	—
Шумовой входной ток, нВ/Гц$^{1/2}$	f = 1 кГц	—	0,22	—	—	0,22	—
Дифференциальное входное сопротивление, МОм	—	—	150	—	—	150	—
Дифференциальная входная емкость, пФ	—	—	2,5	—	—	2,5	—
Разделение каналов, дБ	f = 10 кГц	—	120	—	—	120	—
Выходное сопротивление, Ом	f = 1 МГц	—	30	—	—	30	—

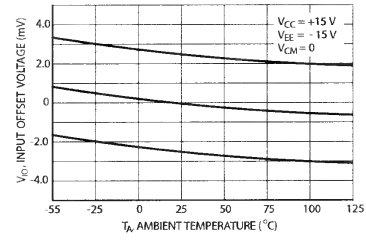


Рис. 4

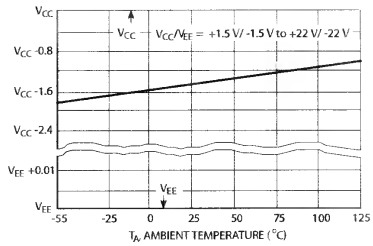


Рис. 5

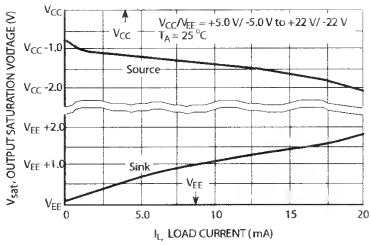


Рис. 6

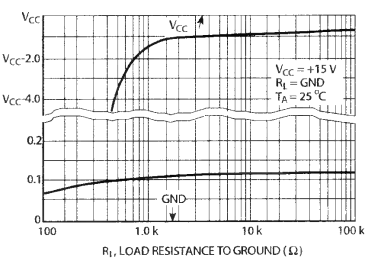


Рис. 7

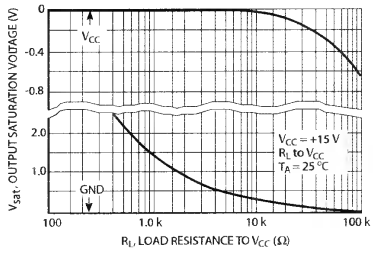


Рис. 8

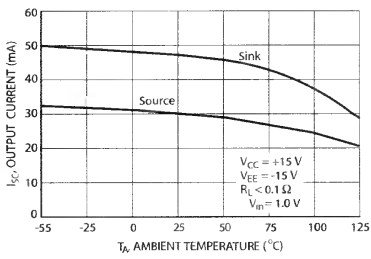


Рис. 9

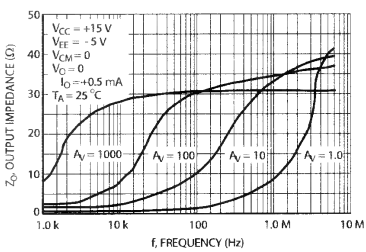


Рис. 10

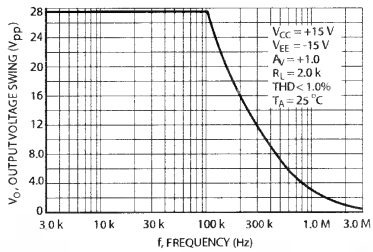


Рис. 11

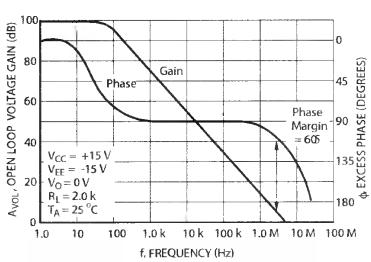


Рис. 12

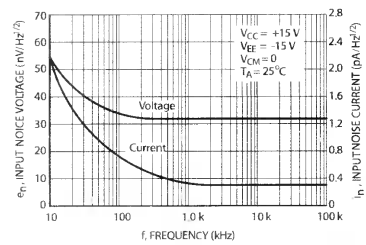


Рис. 13

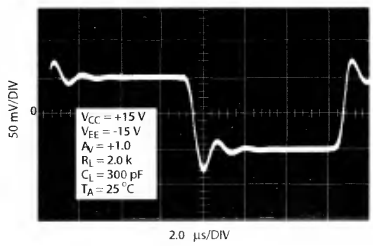


Рис. 14

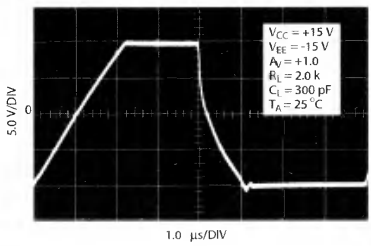


Рис. 15

На рис. 4 и 5 показаны типовые зависимости от температуры напряжения сдвига нуля (рис. 4) и допустимого входного синфазного напряжения (рис. 5). Кривые на рис. 6 соответствуют максимальному и минимальному выходному напряжению в функции от вытекающего (верхняя кривая) и втекающего (нижняя кривая) токов. Зависимости этих же напряжений при однополярном питании от сопротивления нагрузки, подключенной между выходом и общим проводом, приведены на рис. 7, а при ее включении между выходом и плюсом питания — на рис. 8. На рис. 9 показаны кривые, характеризующие токи короткого замыкания ОУ при различных температурах, верхняя кривая для втекающего тока, нижняя — для вытекающего.

Частотные зависимости некоторых параметров приведены на рис. 10—13, на рис. 10 — выходного сопротивления при различных значениях коэффициента усиления, на рис. 11 — максимального размаха выходного сигнала при коэффициенте усиления +1, напряжении питания ±15 В и КНИ<1 %, на рис. 12 — коэффициента усиления и фазового сдвига ОУ с разомкнутой петлей обратной связи, на рис. 13 — приведенного к входу напряжения шума и входного шумового тока. Осциллограммы выходного сигнала в режиме повторителя при входном сигнале амплитудой ±50 мВ и ±10 В приведены на рис. 14 и 15 соответственно.

Более подробные сведения по описанным ОУ можно найти на сайте изготовителя http://onsemi.com.

Официальным дистрибьютором фирмы ON Semiconductor является ООО «МакроТим».

Сергей Бирюков,
г. Москва

Компания Макро Тим -
официальный дилер компании
ON Semiconductor.
Мы рады предложить Вашему вниманию более 15000 различных электронных компонентов, которые условно можно разделить на 8 групп:

- Управление тактированием
- Дискретные компоненты
- Специальная логика
- Интегрированные решения
- Интерфейсные и специальные
- Силовое управление
- Формирование сигналов
- Стандартная логика

ООО"МакроТим"
111141 Москва , Зеленый проспект, 2/19
Тел.:(095)306-0026/4721/4789 факс: (095)306-0283.
e-mail: sales@macroteam.ru
www.macroteam.ru

SICK

www.platan.ru
ПЛАТАН

Honeywell
MAXIM DALLAS
EPCOS
MITSUBISHI ELECTRIC
PHILIPS
Infineon
SIEMENS
ANALOG DEVICES
VISHAY
AMP
DATA VISION
CRYDOM
Kingbright

Емкостные датчики положения

Емкостные датчики предназначены для бесконтактного определения присутствия объектов, выполненных из различных материалов, как металлических, так и неметаллических (например, сыпучие материалы, жидкие, зернистые вещества) на расстоянии до 25 мм. Датчики определяют приближение и присутствие объектов, поэтому идеальны для мониторинга уровня заполнения объемов с жидкостью или сыпучими материалами, а также для контроля содержания упаковки. Датчики имеют широкий диапазон рабочих температур и большое расстояние срабатывания. Датчики устойчивы к воздействию электромагнитных полей и соответствуют классу защиты IP 67 для работы в тяжелых условиях эксплуатации.

Датчики выполнены в цилиндрических и прямоугольных корпусах и могут монтироваться как заподлицо, так и над плоскостью установки.

Наименование	CM 18	CM 18	CM 30 DC	CM 30 AC	CQ 35
Габаритные размеры	M18, шаг резьбы 1 мм	M18, шаг резьбы 1 мм	M30, шаг резьбы 1,5 мм	M30, шаг резьбы 1,5 мм	15 x 35 x 57,5/ 69,5 мм
Материал корпуса	пластик с политетрафторэтиленовым покрытием	пластик	пластик	пластик	пластик
Схема подключения	4-проводная DC	4-проводная DC	4-проводная DC	2-проводная AC	4-проводная DC
Напряжение питания	10...40 В пост. тока	10...40 В пост. тока	10...40 В пост. тока	20...265 В перем. тока	10...40 В пост. тока
Диапазон измерений	8 мм	8 мм / 12 мм	16 мм / 25 мм	16 мм / 25 мм	16 мм / 25 мм

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

Компания WIMA: качество начинается здесь

В ответ на традиционный вопрос в конце интервью корреспондента журнала «Passive Component Industry» о планах на будущее Генеральный директор по продажам и маркетингу компании WIMA г-н Райнер Хеккер сказал, что за последние 5-6 лет WIMA инвестировала значительные средства в переоснащение производства и обновление оборудования не только для увеличения объемов производства, но и для дальнейшего совершенствования продукции и повышения ее качества в сочетании с конкурентными ценами, и это сущая правда. Имеющая постоянный годовой доход свыше 62 млн. долл. немецкая компания WIMA, известный в мире производитель пленочных конденсаторов высочайшего качества, постоянно расширяя ассортимент и улучшая качество продукции, проводит гибкую ценовую политику, позволяющую удерживать лидирующие позиции на мировом рынке электронных компонентов.

Немецкая компания WIMA была основана в 1948 г. Тогда в послевоенной Германии появилось множество предприятий, в той или иной степени связанных с радиоэлектроникой, чему способствовал вступивший в действие в апреле того же года План Маршалла — программа для подъема послевоенной европейской экономики. В то время, видимо, и появилась верная народная примета: если в стране развивается радиоэлектронная промышленность, то экономика этой страны на подъеме и будет успешно расти, и наоборот.

Компания WIMA многие годы специализируется на производстве пленочных конденсаторов. Вначале WIMA выпускала конденсаторы для радиоаппаратуры и электротехнической промышленности, производившиеся по старой «бумажной» технологии. К середине 50-х годов было освоено производство пленочных конденсаторов с диэлектриком из полиэтилентерефталата (полиэстера). Эти конденсаторы выпускались в традиционном корпусе с аксиальными выводами.

По мере распространения технологии печатного монтажа менялось и конструктивное исполнение компонентов для радиоэлектроники. К началу шестидесятых годов компания WIMA стала выпускать пленочные конденсаторы в эпоксидных «окукленных» корпусах с радиальными выводами для монтажа на печатную плату, а затем был освоен выпуск конденсаторов с использованием самой передовой в то время металлопленочной технологии, позволявшей увеличить удельную емкость и уменьшить габариты конденсаторов. В качестве диэлектрика кроме полиэстеровой стала применяться и полипропиленовая пленка.

В 1966 г. компания WIMA выпустила серии пленочных и металлопленочных конденсаторов с постоянным расстоянием между выводами 7,5 мм, а к середине семидесятых годов — с расстоянием всего 2,5 мм. Максимальная емкость конденсаторов этой серии была доведена до 10 мкФ. Они были предназначены для автоматического монтажа на печатную плату в отверстия и имели расширенный диапазон рабочих температур.

Приблизительно в то же время было начато производство металлопленочных конденсаторов с рабочим напряжением до 1000 В, специально предназначенных для работы в цепях переменного тока. В новых конденсаторах стали применять полипропиленовую пленку с двусторонней металлизацией — самая передовая технология того времени.

В этом месте нашего повествования пора заметить, что перечисляя этапы развития производства пленочных конденсаторов мы одновременно пишем краткую историю технологических и экономических побед компании WIMA, так как во многих технологических решениях, используемых в собственном производстве, WIMA имеет приоритет, который является основой делового успеха на любом рынке, связанном с современными технологиями.

Среди всех типов конденсаторов, выпускаемых компанией WIMA, отдельного внимания заслуживает линейка конденсаторов для поверхностного монтажа, состоящая из нескольких серий, две из которых мы рассмотрим ниже. Производство этих конденсаторов начато в 1985 г., а к середине девяностых годов компания WIMA значительно расширила их номенклатуру. Малые размеры, широкие диапазоны рабочих напряжений и емкостей конденсаторов этого типа предъявляют самые высокие требования ко всем составляющим производственного процесса — квалификации персонала, состоянию оборудования, качеству исходных материалов. Сам по себе выпуск миниатюрных пленочных конденсаторов свидетельствует о высоком уровне организации производства и очень эффективной системе управления качеством продукции, действующей на всех четырех заводах компании.

Сейчас WIMA производит ряд пленочных SMD конденсаторов, начиная с типоразмера 1812 и по 6560 включительно с диапазоном емкостей 1000 пФ…100 мкФ.

Пленочные SMD конденсаторы WIMA имеют значительно более высокие допустимые значения пульсирующего напряжения по сравнению с более распространенными керамическими. Для них характерны низкие значения эквивалентного последовательного сопротивления и тангенса угла диэлектрических потерь. Емкость этих конденсаторов мало меняется с температурой и не зависит от напряжения. Это позволяет применять их в генераторах и полосовых фильтрах.

Кроме того, эти конденсаторы имеют очень низкий уровень собственных шумов и высокую временную стабильность. Последние два важнейших свойства и имеют ввиду специалисты разных стран, рекомендуя применять конденсаторы WIMA во входных каскадах высококачест-

венных усилителей, измерительных блоках, времязадающих цепях и других приложениях, где требуется компоненты с высокими техническими характеристиками.

Конденсаторы WIMA для поверхностного монтажа могут использоваться в радиоэлектронных устройствах различного назначения при температуре -55...100 °С. Их можно применять в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов, в межкаскадных соединениях, в цепях обратной связи и частотозадающих цепях.

В качестве примера рассмотрим две серии конденсаторов WIMA SMD — 1812 и 2220. Диапазон емкостей для серии WIMA SMD 1812 — 1000 пФ...0,47 мкФ, а для серии WIMA SMD 2220 — 1000 пФ...1,0 мкФ. Надо заметить, что качество изготовления других серий SMD конденсаторов WIMA такое же высокое, как и рассматриваемых, отличие только в параметрах — размерах, диапазоне емкостей, напряжении и т. п.

Конденсаторы серий WIMA SMD 1812 и WIMA SMD 2220 выпускаются в герметичных пластмассовых SMD корпусах из огнестойкой пластмассы черного цвета с медными лужеными выводами и поставляются упакованными в ленту шириной 12 мм, в катушках. В качестве диэлектрика используется полиэстерная пленка, электроды — алюминиевая пленка, нанесенная на диэлектрик осаждением (напылением) в вакууме.

При монтаже конденсаторов допускается пайка волной или в конвекционной камере, а также пайка вручную. При установке конденсаторов на плату перед пайкой рекомендуется применять специальные прокладки между конденсаторами и платой. Специалисты компании WIMA рекомендуют располагать конденсаторы на печатной плате на расстоянии друг от друга, равном их двойной высоте. Это расстояние оптимально для пайки в конвекционной печи и особенно для пайки волной. Чертежи конденсаторов серий WIMA SMD 1812 (L = = 4,8 мм, W = 3,3 мм) и WIMA SMD 2220 (L = 5,7 мм, W = 5,1 мм) приведены на рис. 1 и 2 соответственно. Цветом на этих рисунках показаны рекомендуемые форма и размеры контактных площадок на плате (в миллиметрах).

Высота конденсаторов серии WIMA SMD 1812 указана в табл. 1 в миллиметрах, серии WIMA SMD 2220 — в табл. 2.

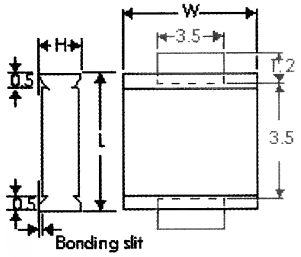


Рис. 1

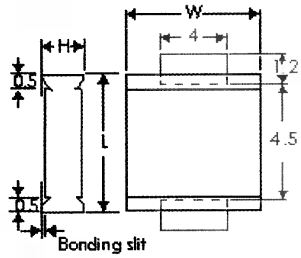


Рис. 2

Таблица 1

Емкость конденсаторов WIMA SMD 1812	Высота, H, мм для конденсаторов на рабочее напряжение, В		
	63/40	100/63	250/160
1000 пФ	2	2	3
1500 пФ	2	2	3
2200 пФ	2	2	3
3300 пФ	2	2	3
4700 пФ	2	2	3
6800 пФ	2	2	3
0,01 мкФ	2	3	4
0,015 мкФ	2	3	4
0,022 мкФ	2	3	4
0,033 мкФ	2	3	—
0,047 мкФ	2	3	—
0,068 мкФ	2	3	—
0,1 мкФ	2	3	—
0,15 мкФ	3	3	—
0,22 мкФ	3	4	—
0,33 мкФ	4	—	—
0,47 мкФ	4	—	—

Таблица 2

Емкость конденсаторов WIMA SMD 2220	Высота, H, мм для конденсаторов на рабочее напряжение, В		
	63/40	100/63	250/160
1000 пФ	2,5	2,5	2,5
1500 пФ	2,5	2,5	2,5
2200 пФ	2,5	2,5	2,5
3300 пФ	2,5	2,5	2,5
4700 пФ	2,5	2,5	2,5
6800 пФ	2,5	2,5	2,5
0,01 мкФ	2,5	2,5	2,5
0,015 мкФ	2,5	2,5	2,5
0,022 мкФ	2,5	2,5	2,5
0,033 мкФ	2,5	2,5	2,5
0,047 мкФ	2,5	2,5	2,5
0,068 мкФ	2,5	2,5	2,5
0,1 мкФ	2,5	3,5	3,5
0,15 мкФ	2,5	3,5	3,5
0,22 мкФ	2,5	3,5	4,5
0,33 мкФ	3,5	4,5	—
0,47 мкФ	3,5	4,5	—
0,68 мкФ	4,5	—	—
1,0 мкФ	4,5	—	—

В этих таблицах постоянное и переменное рабочие напряжения указаны через дробь.

Конденсаторы серий WIMA SMD 1812 и WIMA SMD 2220 поставляются с допустимым отклонением емкости 5, 10 и 20 %. Выходной контроль качества конденсаторов компания WIMA производит в соответствии с требованиями стандартов IEC 60384-19 и EN 132200.

Сопротивление изоляции для конденсаторов обеих серий емкостью ≤0,33 мкФ более $3{,}75\times10^3$ МОм (типовое значение — 1×10^4 МОм), постоянная времени для конденсаторов 0,47 мкФ и более — не менее 1250 с (типовое значение 3000 с). Измерение указанных параметров производится при напряжении 50 и 100 В для конденсаторов с рабочим напряжением 63 и ≥100 В соответственно при t = 20 °С в течение 1 мин.

В табл. 3 приведена зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частоты и емкости.

Таблица 3

F, кГц	tg δ для C ≤ 0,1 мкФ	tg δ для C > 0,1 мкФ
1	$\le 8\times10^{-3}$	$\le 8\times10^{-3}$
10	$\le 15\times10^{-3}$	$\le 15\times10^{-3}$
100	$\le 30\times10^{-3}$	—

На рис. 3 показана зависимость изменения емкости в диапазоне рабочих температур. Кривая с надписью PET (сокращение от слова PolyEthylenTereftalat — полиэстер) показывает относительное изменение емкости для конденсаторов серий WIMA SMD 1812 и WIMA SMD 2220.

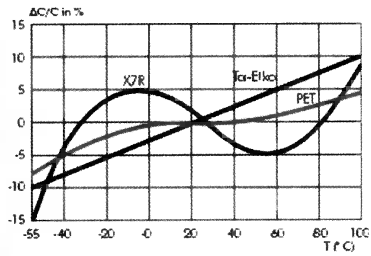


Рис. 3

Там же для сравнения показана зависимость изменения емкости от температуры для танталовых конденсаторов и керамических X7R. Как видим, для конденсаторов WIMA эта зависимость невелика, и во многих практических случаях ее можно не учитывать. То же можно утверждать и в отношении температурной зависимости тангенса угла диэлектричес-

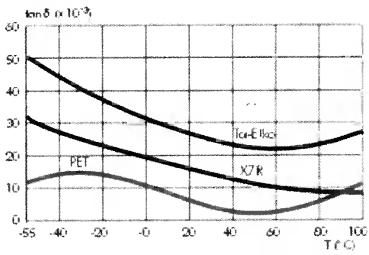


Рис. 4

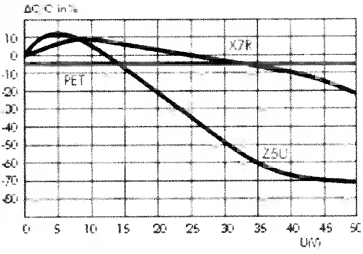


Рис. 5

ких потерь (tg δ) для конденсаторов WIMA, показанной на рис. 4.

На этом же рисунке показана зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от температуры для танталовых конденсаторов и керамических X7R. Для них зависимость от температуры носит более выраженный характер.

На рис. 5 приведена зависимость изменения емкости от напряжения для трех типов конденсаторов.

У конденсаторов с керамическим диэлектриком эта зависимость достаточно сильная, а для конденсаторов серий WIMA SMD 1812 и WIMA SMD 2220 изменение напряжения практически не оказывает никакого влияния на емкость, на рис. 3 линию PET можно продолжить вплоть до 250 В.

К преимуществам конденсаторов серий WIMA SMD 1812 и WIMA SMD 2220 можно также отнести их высокую устойчивость к вибрационным и ударным нагрузкам. В соответствии со стандартами IEC 60068-2-6, IEC 60068-2-29 они выдерживают шесть часов непрерывной вибрации с амплитудой 0,75 мм в диапазоне частот 10...2000 Гц и 4000 ударов с ускорением 390 м/с^2. Параметры конденсаторов сохраняются при снижении атмосферного давления до 1 кПа, и после выдержки в течение 2 с при напряжении в 1,6 раза выше рабочего.

Приведенные технические данные свидетельствуют о высоком качестве и надежности SMD конденсаторов, выпускаемых компанией WIMA.

Сегодня компания WIMA продолжает работу по совершенствованию старой продукции и выпускает новые серии конденсаторов. В следующий раз мы расскажем о новой продукции компании WIMA.

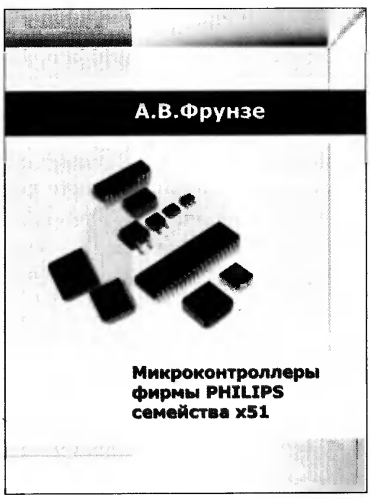
Владимир Коснырев,
технический консультант
«Золотой Шар»

VladimirK@zolshar.ru
Тел: (095) 234-01-10
www.zolshar.ru

Новые книги

А. В. Фрунзе

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ PHILIPS СЕМЕЙСТВА x51



Издательский дом «Скимен» выпустил первый том книги Александра Фрунзе «Микроконтроллеры фирмы Philips семейства x51». В этой книге приведен подробный обзор всех выпускаемых фирмой Philips микроконтроллеров, дана информация по доступным отечественному пользователю микроконтроллерам семейства x51, изготавливаемым другими ведущими мировыми производителями. В ней приведена самая свежая на момент выпуска сводная таблица по всем выпускаемым Philips микроконтроллерам, а также терминологический словарь. Далее подробно рассматриваются особенности классических микроконтроллеров семейства x51 — система команд (подробно описаны все команды микроконтроллеров с кодами операций, операндами, примерами действия команд, временем их исполнения) и аппаратные особенности (структура памяти и регистров, арифметическо-логическое устройство, таймеры-счетчики и режимы их работы, система прерываний, стандартный последовательный порт со всеми режимами работы и система управления питанием). Подробно описаны микроконтроллеры с разработанным фирмой Philips оригинальным ядром 80C51+, в том числе микроконтроллеры с флэш-памятью программ, с программируемой матрицей счетчиков, с расширенной памятью программ и данных. Рассмотрены также микроконтроллеры с дополнительными портами ввода/вывода, с аппаратно реализованной шиной I^{2}C и встроенным аналого-цифровым преобразователем. Вся приведенная информация основана на справочных материалах фирмы Philips.

Книга рассчитана на широкий круг инженерно-технических работников, интересующихся последними достижениями микроконтроллерной техники.

Книга формата A4 имеет мягкую обложку и содержит 336 с.

Вы можете подписаться на эту книгу через редакцию. Стоимость подписки — 260 руб., в эту сумму включена пересылка по России. Наши реквизиты см. на с. 56.

Продолжение. Начало — №2/2004

Цифровые сигнальные процессоры

В этой статье рассказывается о форматах представления данных в сигнальном процессоре при выполнении вычислительных операций

ФОРМАТЫ ДАННЫХ

Сигнальные процессоры применяются обычно для цифровой обработки сигналов. Поэтому в программах для них часто используются арифметические команды для математической обработки чисел. Поскольку все данные в процессоре представлены в двоичном формате, в нем используется двоичная арифметика. Для лучшего понимания операций, выполняемых над числами в двоичной арифметике, необходимо хорошо представлять форматы этих чисел и приемы, используемые в двоичной арифметике.

С форматом представления данных в процессоре тесно связаны такие понятия, как целочисленная и плавающая арифметика. Другими словами, арифметические операции, выполняемые процессором, могут производиться с целыми или с вещественными числами. Известно, что вещественные числа имеют целую и дробную часть, отделяемые друг от друга запятой. Если запятая не меняет своего положения в формате представления чисел при выполнении арифметических операций, говорят, что данные представлены в формате с фиксированной запятой, например, 7,4×0,5 = 3,7. Здесь положение запятой фиксировано как для операндов, так и для результата. Недостатком такого представления является небольшой диапазон обрабатываемых чисел, определяемый числом разрядов шины данных. Другим форматом представления данных может служить формат с плавающей запятой, где используется показатель степени, например, $1{,}8\times10^3$: $2{,}0\times10^2 = 9{,}0\times10^0$. Здесь существенно расширяется диапазон обрабатываемых чисел за счет введения показателя степени, но при той же длине слов снижается точность результата.

Аппаратное обеспечение процессоров семейства ADSP-21XX поддерживает 16-разрядные данные с фиксированной запятой. Тем не менее, вычислительные устройства этих процессоров обладают особыми характеристиками, которые позволяют работать с другими форматами за счет соответствующего использования программных средств. Ниже будет показано, как с помощью программных средств можно реализовать операции с блоками чисел в формате с плавающей точкой.

Вспомним форматы представления данных в двоичной арифметике. Формат представления двоичного числа обычно включает в себя знак, запятую и величину. Знак показывает, является число положительным или отрицательным. Запятая отделяет целую и дробную части числа.

Знак двоичного числа может быть представлен одним битом. Как правило, нуль указывает на положительное значение числа, а единица — на отрицательное. Знаковый бит — обычно крайний левый (старший бит).

Как известно, в двоичной арифметике операция вычитания заменяется сложением чисел, представленных в дополнительном коде. Положительные числа не требуется переводить в дополнительный код. Отрицательные числа в дополнительном коде изменяют свою запись.

Существует несколько форматов представления отрицательных чисел в дополнительном коде. Наиболее распространенным методом является дополнение до двух, который используется в семействе процессоров ADSP-21XX.

Преимущество формата дополнения до двух состоит в том, что он обеспечивает уникальное представление нулевого значения числа, в то время как другие форматы имеют разные представления отрицательного и положительного нуля. В формате дополнения до двух нуль считается положительным, поэтому абсолютная величина максимального отрицательного числа, которое может быть представлено определенным числом двоичных разрядов, больше на единицу, чем величина наибольшего положительного числа.

С помощью N бит в дополнительном коде можно представлять диапазон чисел от -2^{N-1} до $2^{N-1}-1$, где N–1 разрядов отводится под величину, а один разряд — под знак числа. Например, с помощью 16-разрядной шины данных в дополнительном коде можно представить числа в диапазоне от –32768 до 32767.

Существует два способа перевода отрицательного числа в формат дополнения до двух. Первый способ состоит в инвертировании всех разрядов числа и прибавлении к нему единицы. Второй способ заключается в инвертировании всех разрядов числа левее младшего единичного разряда. Ниже приведен пример перевода отрицательного 16-разрядного числа –5 по первому способу:

```
Двоичная запись числа 5:
                    0000 0000 0000 0101
Инверсия бит:       1111 1111 1111 1010
Добавление 1:       0000 0000 0000 0001
-------------------------------------------
Результат = -5:     1111 1111 1111 1011
```

Пример перевода отрицательного числа –5 по второму способу:

```
Двоичная запись числа 5:
                    0000 0000 0000 0101
Инверсия бит:       1111 1111 1111 1011
-------------------------------------------
Результат = -5:     1111 1111 1111 1011
```

Если сложить число –5 в дополнительном коде с числом 6 получим:

```
Число -5            1111 1111 1111 1011
Число 6:            0000 0000 0000 0110
-------------------------------------------
Число 1:            0000 0000 0000 0001
```

Как видим, результат получился верным.

При записи числа в дробном формате предполагается, что запятая размещается между какими то определенными двоичными разрядами. Биты слева от запятой представляют целую часть числа, а биты справа — дробную. Существует два способа указания местоположения запятой — в формате с фиксированной точкой и в формате с плавающей точкой.

Формат с фиксированной точкой располагает запятую в одном предопределенном месте. Часто это местоположение слева от всех разрядов числа, когда все разряды отводятся под дробную часть или справа от всех разрядов, когда все разряды отводятся под целую часть. Местоположение запятой устанавливается программным способом. Некоторые арифметические операции, например, умножение, могут изменять позицию запятой, поэтому может понадобиться сдвиг, чтобы сохранить число в том же формате с фиксированной точкой.

Таблица 1

Число в формате 1.15	Число в формате HEX	Десятичное значение
0000 0000 0000 0000	0x0000	+0
0000 0000 0000 0001	0x0001	+0,000030517578125
0000 0000 0000 0010	0x0002	+0,00006103515625
1000 0000 0000 0000	0x8000	–1.000000
0111 1111 1111 1111	0x7FFF	+0,999969482421875
1111 1111 1111 1111	0xFFFF	–0,000030517578125

Таблица 2

Формат	Целых разрядов	Дробных разрядов	Максимальное положительное значение	Минимальное отрицательное значение	Вес младшего разряда
1.15	1	15	0.999969482421875	-1.0	0.000030517578125
2.14	2	14	1.999938964843750	-2.0	0.000061035156250
3.13	3	13	3.999877929687500	-4.0	0.000122070312500
4.12	4	12	7.999755859375000	-8.0	0.000244140625000
5.11	5	11	15.999511718750000	-16.0	0.000488281250000
6.10	6	10	31.999023437500000	-32.0	0.000976562500000
7.9	7	9	63.998046875000000	-64.0	0.001953125000000
8.8	8	8	127.996093750000000	-128.0	0.003906250000000
9.7	9	7	255.992187500000000	-256.0	0.007812500000000
10.6	10	6	511.984375000000000	-512.0	0.015625000000000
11.5	11	5	1023.968750000000000	-1024.0	0.031250000000000
12.4	12	4	2047.937500000000000	-2048.0	0.062500000000000
13.3	13	3	4095.875000000000000	-4096.0	0.125000000000000
14.2	14	2	8191.750000000000000	-8192.0	0.250000000000000
15.1	15	1	16383.500000000000000	-16384.0	0.500000000000000
16.0	16	0	32767.000000000000000	-32768.0	1.000000000000000

Семейство процессоров ADSP-21XX поддерживает операции с числами в формате с фиксированной точкой. В настоящем изложении при указании формата числа используется запись L.R, где L — число двоичных разрядов слева от запятой, а R — число разрядов справа от запятой. Например, формат записи 1.15 указывает на то, что дробное число имеет один знаковый разряд и 15 разрядов для представления величины дробной части. Целое число имеет для такого представления формат записи 16.0. Для большинства приложений обработки сигналов предполагается использование дробных чисел в формате 1.15, поскольку умножитель и делитель процессора ADSP-2181 оптимизированы для операций с числами именно в таком формате.

Ассемблер ADSP-21XX поддерживает четыре формата представления данных при вычислениях. Формат представления данных имеет следующие условные названия: двоичная строка, двоичные числа без знака, знаковые числа в дополнительном коде и дробное представление.

Двоичная строка является самым простым форматом представления чисел в процессорах семейства ADSP-21XX. Этот формат используется при выполнении элементарных логических операций типа NOT, OR, AND и XOR. Ниже приведены весовые значения битов для этого формата записи.

$$2^{15}2^{14}2^{13}2^{12}2^{11}2^{10}2^{9}2^{8}2^{7}2^{6}2^{5}2^{4}2^{3}2^{2}2^{1}2^{0}$$

Под двоичными числами без знака понимаются положительные числа. Диапазон их представления в процессоре в два раза больше, чем у чисел со знаком, за счет самого знакового разряда. Фактически они выглядят так же, как и двоичная строка.

Знаковые числа можно отнести к числам в дополнительном коде. Большинство операций процессора поддерживает работу с числами в этом коде. Процессоры семейства ADSP-21XX не поддерживают работу с остатками и числами в двоично-десятичном формате BCD (Binary Coded Decimal), когда каждая десятичная цифра представляется четырехбитным двоичным позиционным кодом. Ниже приведены весовые значения битов для этого формата знаковых чисел.

$$-2^{0}2^{14}2^{13}2^{12}2^{11}2^{10}2^{9}2^{8}2^{7}2^{6}2^{5}2^{4}2^{3}2^{2}2^{1}2^{0}$$

Дробное представление чисел имеет формат записи 1.15. Это означает, что 16-разрядное число имеет один знаковый разряд и 15 дробных битов. Ниже представлены весовые значения битов в формате 1.15.

$$-2^{0}2^{-1}2^{-2}2^{-3}2^{-4}2^{-5}2^{-6}2^{-7}2^{-8}2^{-9}2^{-10}2^{-11}2^{-12}2^{-13}2^{-14}2^{-15}$$

Для определения значения числа, записанного в этом формате, необходимо подставить вместо цифры 2 значение соответствующего разряда (0 или 1) и сложить все полученные значения. В табл. 1 приведены примеры соответствия чисел, записанных в шестнадцатеричном виде формата 1.15, их десятичным значениям.

Как видно из таблицы, самый младший разряд эквивалентен десятичному значению 0,000030517578125. Это значение и определяет точность представления всех чисел в данном формате. Для достижения большей точности необходимо повышать разрядность числа, например, программным образом размещая число в два или три 16-разрядных регистра. Аналогично можно увеличить и диапазон обрабатываемых чисел.

В табл. 2 приведены все возможные варианты форматов для 16-разрядного числа.

Таблица дает наглядное представление о том, как изменяется в зависимости от формата диапазон представляемых чисел и их точность.

Продолжение следует

Олег Вальпа,
г. Миасс Челябинской обл.

Окончание. Начало — № 4/2005

Применение ПЛИС семейства CoolRunner-II для реализации цифрового матричного переключателя

ОПИСАНИЕ ВНЕШНИХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ

VHDL-описание цифрового матричного переключателя, предназначенного для реализации на основе ПЛИС семейства CoolRunner-II, выполнено в форме объекта dcs. Интерфейсные порты этого объекта представляют внешние цепи (сигналы) рассматриваемого коммутатора.

N-разрядный входной порт di, описываемый в форме вектора di[N-1:0], соответствует информационным входам цифрового матричного переключателя DIN-1 — DI0. N-разрядный выходной порт do, представленный в виде вектора do[N-1:0], описывает информационные выходы рассматриваемого коммутатора. M-разрядный входной порт ia, описываемый в форме вектора ia[M-1:0], соответствует шине адреса входа Input Address. M-разрядный входной порт oa, представленный в виде вектора oa[M-1:0], описывает шину адреса выхода Output Address. В рассматриваемом варианте реализации цифрового матричного переключателя использовано восемь информационных входов и выходов, т. е. значения N и M равны восьми и трем соответственно.

Порт cs представляет вход сигнала выбора микросхемы CS, который в данном устройстве выполняет функции разрешения/запрета операций инициализации, загрузки конфигурационных данных и конфигурирования. Активным уровнем этого сигнала является лог. 1, которая разрешает выполнение всех перечисленных выше операций. Порт cnfg соответствует входу сигнала конфигурирования цифрового матричного переключателя CNFG. Установка новой конфигурации коммутатора осуществляется при переключении этого сигнала из лог. 0 в лог. 1. Порт res описывает вход сигнала сброса RES, который используется для перевода цифрового коммутатора в исходное (начальное) состояние. В начальном состоянии на все выходы матричного переключателя передается сигнал, который поступает на вход с нулевым адресом, при этом выходы коммутатора могут находиться как в активном состоянии, так и в состоянии высокого импеданса («выключено»). Процесс инициализации рассматриваемого устройства осуществляется при переключении сигнала сброса в состояние лог. 1 и наличии лог. 1 на входе разрешения CS. Порт load соответствует входу сигнала загрузки новой конфигурации коммутатора LOAD. Запись новых конфигурационных данных в блок загрузочных регистров производится при переключении этого сигнала в лог. 1 и наличии лог. 1 на входе CS. Порт tri представляет вход сигнала управления состоянием тристабильных выходов матричного коммутатора TRI. Активным уровнем этого сигнала является лог. 0, при наличии которого в момент записи в загрузочный регистр после реконфигурирования соответствующий выход цифрового переключателя будет находиться в разрешенном состоянии. Если на вход сигнала управления TRI при тех же условиях подается напряжение лог. 1, после активизации новой конфигурации соответствующий выход коммутатора переводится в состояние высокого импеданса («выключено»).

Для того, чтобы зафиксировать расположение входов и выходов цифрового матричного переключателя в ПЛИС выбранного типа, необходимо перед выполнением проекта в системе проектирования серии Xilinx ISE создать и включить в его состав файл временных и топологических ограничений User Constraints File (UCF). В этом файле можно явно указать требуемую привязку всех перечисленных выше внешних цепей рассматриваемого матричного коммутатора к выводам микросхемы, после чего выполнить этапы трансляции, размещения и трассировки проекта в ПЛИС.

СТРУКТУРА АРХИВА, СОДЕРЖАЩЕГО ИСХОДНЫЕ ФАЙЛЫ ПРОЕКТА

Архив файлов проекта цифрового матричного переключателя xapp380.zip можно получить бесплатно, обратившись в центр поддержки и продаж InlineGROUP, который является официальным дистрибьютором фирмы Xilinx в России, Белоруссии и на Украине (http://www.plis.ru). В состав этого архива входит:

- модули исходных описаний цифрового матричного переключателя и его компонентов на языке VHDL;
- файл описания параметров проекта матричного коммутатора в САПР серии Xilinx ISE;
- файл, предназначенный для верификации рассматриваемого устройства с помощью системы моделирования ModelSim.

Исходное описание цифрового матричного переключателя dcs и компонента muxes на языке VHDL содержится в файлах dcs.vhd и muxes.vhd соответственно. Описание всех параметров проекта цифрового матричного переключателя для САПР серии Xilinx ISE содержится в файле switch.npl. Для осуществления функционального и полного (временного) моделирования матричного коммутатора в системе HDL-моделирования ModelSim XE Starter, которая выпускается корпорацией Model Technology (одного из подразделений компании Mentor Graphics), в архив включен файл dcs_testbench.tbw, содержащий описание испытательного стенда (testbench) и тестовых воздействий. Этот файл имеет формат, поддерживаемый программой HDL Bencher, которая входит в состав средств проектирования серии Xilinx ISE, и поэтому может быть просмотрен и отредактирован с помощью указанной утилиты.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАЙЛОВ ПРОЕКТА

Для реализации цифрового матричного коммутатора 8×8 в виде автономного устройства следует открыть проект switch.npl с помощью управляющей оболочки Project Navigator одной из систем проектирования серии Xilinx ISE, например, свободно распространяемой (бесплатной) версии WebPACK ISE. Так как формат файла switch.npl был создан в одной из ранних версий средств проектирования, пользователю будет предложено автоматически привести этот файл проекта в соответствие с

используемой версией САПР. В параметрах данного проекта в качестве целевой микросхемы выбрана ПЛИС XC2C256-5VQ100. При использовании другого типа ПЛИС необходимо установить соответствующее значение этого параметра. Далее необходимо последовательно выполнить процедуры синтеза, трансляции, размещения и трассировки проекта в ПЛИС, при успешном завершении которых формируется файл конфигурационной битовой последовательности, описывающий распределение ресурсов ПЛИС для реализации функций цифрового матричного переключателя. Данный файл необходим для программирования микросхемы семейства CoolRunner-II, которое осуществляется с помощью загрузочного кабеля [5], подключаемого к параллельному порту (LPT) персонального компьютера и порту JTAG-интерфейса ПЛИС. Порядок выполнения всех перечисленных процедур подробно рассмотрен в [6].

Для использования коммутатора в качестве одного из функциональных блоков разрабатываемой системы, реализуемой на основе ПЛИС семейства CoolRunner-II, следует включить в состав проекта этой системы модули

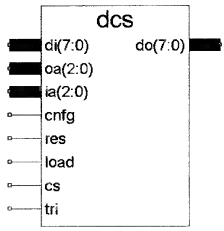


Рис. 2

исходных описаний собственно переключателя dcs и компонента muxes. Если проектируемая система описывается с помощью языка VHDL, в формируемое описание нужно включить выражения декларации компонента dcs. При схемотехническом описании разрабатываемой системы можно использовать условный графический образ (УГО) компонента dcs, сформированный средствами САПР серии Xilinx ISE. На рис. 2 приведен один из вариантов УГО компонента, представляющего цифровой матричный коммутатор.

Этот УГО предназначен для использования в схемотехническом редакторе Engineering Schematic Capture (ECS), который входит в состав САПР серии Xilinx ISE.

ЛИТЕРАТУРА:

1. В. Зотов. Применение ПЛИС семейства CoolRunner-II для реализации контроллера интерфейса I²C. — Схемотехника, 2005, № 2, с. 10—13, № 3, с. 10—13.

2. В. Зотов. CoolRunner-II — новое поколение высокопроизводительных ПЛИС CPLD фирмы Xilinx с микромощным потреблением. — Схемотехника, 2003, № 5—12, 2004, № 1—4.

3. В. Зотов. Организация питания ПЛИС семейства CoolRunner-II фирмы Xilinx. — Схемотехника, 2004, № 5—11.

4. В. Зотов. Инструментальный комплект CoolRunner-II Design Kit для практического освоения методов программирования ПЛИС семейств CPLD фирмы Xilinx. — Компоненты и технологии, 2003, № 2, с. 162—166.

5. В. Зотов. Средства программирования ПЛИС семейства CoolRunner-II фирмы Xilinx. — Схемотехника, 2004, № 12, с. 2—4.

6. В. Зотов. Проектирование цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx в САПР WebPack ISE. — М.: Горячая линия-Телеком, 2003.

Валерий Зотов,
г. Москва

НОВОСТИ ОТ «АРГУССОФТ КОМПАНИ»

Департамент Микроэлектроники ЗАО «Аргуссофт Компани» принял участие в VIII международной выставке электронных компонентов и технологического оборудования «ЭкспоЭлектроника-2005», прошедшей 5—8 апреля 2005 г. в СК «Олимпийский». Выставка является передовым форумом отрасли, демонстрирующим последние разработки электронной промышленности.

На стенде Департамент Микроэлектроники ЗАО «Аргуссофт Компани» были представлены новейшие образцы поставляемой продукции многих фирм, таких как **Analog Devices, TracoPower, Fabrimex, IXYS, Westcode, Bourns, Clare, Atmel, Honeywell,Littelfuse,** с которой посетители стенда могли наглядно познакомиться.

Основную часть экспозиции стенда заняли источники питания фирмы **TracoPower, Fabrimex**. Особо была выделена продукция фирмы **Atmel**, а также продукция компаний **Bourns** и **Clare**.

Совместно с представительством фирмы **Analog Devices** сотрудники ЗАО «Аргуссофт Компани» продемонстрировали участникам и посетителям выставки образцы поставляемой продукции Analog Devices, на протяжении всей выставки на стенде работал специалист этой фирмы. Технические специалисты Департамента Микроэлектроники ЗАО «Аргуссофт Компани» и **Analog Devices** отвечали на вопросы посетителей выставки по представленной продукции, в том числе по таким перспективным группам компонентов, как микроконверторы ADuC70xx; сигма-дельта АЦП AD779x; микросхемы интерфейса RS-485 с гальванической развязкой на основе цифровых изоляторов ADM2486, ADM2483; цифровые сигнальные процессоры BlackFin; цифровые изоляторы ADuM.

По прогнозам организаторов данную выставку посетило более 35 000 специалистов из Москвы и Центрального региона России, Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона, Новосибирска и Сибири, Екатеринбурга и Урала, Дальнего Востока, стран СНГ, ближнего и дальнего зарубежья.

Департамент Микроэлектроники ЗАО "Аргуссофт Компани" благодарит всех, кто посетил наш стенд. За более подробной информацией о получении информационных материалов или поставляемой продукции обращайтесь по телефонам: (095)217-2505, (095)216-5929 или по e-mail: components@argussoft.ru.

* * *

Департамент Микроэлектроники ЗАО «Аргуссофт Компани» подписал официальное дистрибьюторское соглашение с компанией Littelfuse, Inc., которая более 75 лет является ведущим мировым производителем компонентов для защиты электрических схем. Вся выпускаемая продукция сертифицирована в соответствие с требованиями международной системы стандартов ISO 9002.

Данное соглашение дает возможность ЗАО «Аргуссофт Компани» предложить своим заказчикам на выгодных условиях полный набор наиболее передовых на сегодняшний день решений для защиты электрических схем во всех отраслях современной электроники и предоставляет Департаменту Микроэлектроники ЗАО «Аргуссофт Компани» статус авторизованного дистрибьютора компании Littelfuse, Inc. с правом работы во всех сегментах рынка и на всей территории своей деятельности.

Продолжение. Начало — № 3/2004

Анализ SFR-совместимости микроконтроллеров фирмы SiLabs

В рамках настоящей статьи цикла произведен системный анализ совместимости подсистемы главного аналого-цифрового преобразователя, описаны управляющие регистры, отмечены некоторые особенности.

Главный аналого-цифровой преобразователь (ADC0) микроконтроллеров фирмы Silicon Laboratories (SiLabs) [1] является одним из важнейших узлов, в значительной степени определяющим их популярность. Аналого-цифровой преобразователь называют главным или основным, поскольку кроме него многие семейства микроконтроллеров имеют еще дополнительный аналого-цифровой преобразователь.

В настоящее время фирма выпускает более 70 типов микроконтроллеров, из которых примерно 98 % имеют главный аналого-цифровой преобразователь. Основные параметры главных ADC0 всех микроконтроллеров приведены в табл. 1.

В этой таблице в графе «Скорость преобразования» указано предельное число измерений в тысячах в секунду (ksps), в графе «Тип входа» символом «И» обозначены микроконтроллеры, имеющие индивидуальные входы ADC0, символом «М» — мультиплицированные входы.

Анализ табл. 1 позволяет сделать следующие выводы.

1. Все полноформатные семейства микроконтроллеров (F0xx, F01x, F02x, F04x, F12x, F13x), за исключением семейств (F06x и F2xx), имеют 12- или 10-разрядный главный ADC0 со входным мультиплексором AMUX на восемь или четыре канала с возможностью работы как в однополярном, так и дифференциальном режиме, с встроенным программируемым усилителем PGA, имеющим коэффициенты усиления 0,5; 1; 2; 4; 8 и 16, с предельной скоростью преобразования до 100 ksps. В них предусмотрены индивидуальные входы для всех каналов главного ADC0. Все эти микроконтроллеры также имеют встроенный источник опорного напряжения 2,43 В и оснащены так называемым «оконным детектором». Структуры подсистемы главного ADC0 микроконтроллеров практически идентичны, для примера структура ADC0 семейства F02x показана на рис. 1.

2. Семейство микроконтроллеров F06x оснащено двумя уникальными 16-разрядными быстродействующими аналого-цифровыми преобразователями, не имеющими входных мультиплексоров и программируемых усилителей, с предельной скоростью преобразования до 1000 ksps. Оба ADC0 имеют индивидуальные входы, имеется источник опорного напряжения 2,43 В. Для обеспечения сохранения результатов измерений, произведенных с такой большой скоростью, эти микроконтроллеры имеют дополнительные узлы, например, узел прямого доступа в память, рассмотрение которых выходит за пределы настоящей статьи. Структура главного ADC0 этого семейства

Таблица 1

Тип	Разрядность ADC0	Число каналов	Скорость преобразования, ksps	Тип входа	Программируемый усилитель	Оконный детектор	Температурный датчик	Источник опорного напряжения, В
F000, F001, F005, F006, F020, F021, F120, F121 F124, F125	12	8	100	И	0,5…16	+	+	2,43
F002, F007	12	4	100	И	0,5…16	+	+	2,43
F010, F011, F015, F016, F018, F019, F022, F023, F122, F123, F126, F127, F130, F131, F132, F133	10	8	100	И	0,5…16	+	+	2,43
F012, F017	10	4	100	И	0,5…16	+	+	2,43
F040, F041	12	13	100	И	0,05…14	–	+	2,43
F042, F044, F045, F046, F047	10	13	100	И	0,05…14	–	+	2,43
F060, F061 F062 F063	16	2	1000	И	—	+	+	2,43
F064, F065 F066 F067	16	2	1000	И	—	–	–	2,43
F206	12	32	100	М	0,5…16	–	–	+U
F220, F221, F226	8	32	100	М	0,5…16	–	–	+U
F300, F302	8	8	500	М	0,5…4	–	–	+U
F310, F312	10	21	200	М	—	–	+	+U
F311, F313	10	17	200	М	—	–	+	+U
F320	10	17	200	М	—	+	+	2,44
F321	10	13	200	М	—	+	+	2,44
F330	10	16	200	М	—	+	+	2,44
F350, F351	24	8	1	И	1…128	–	+	2,45

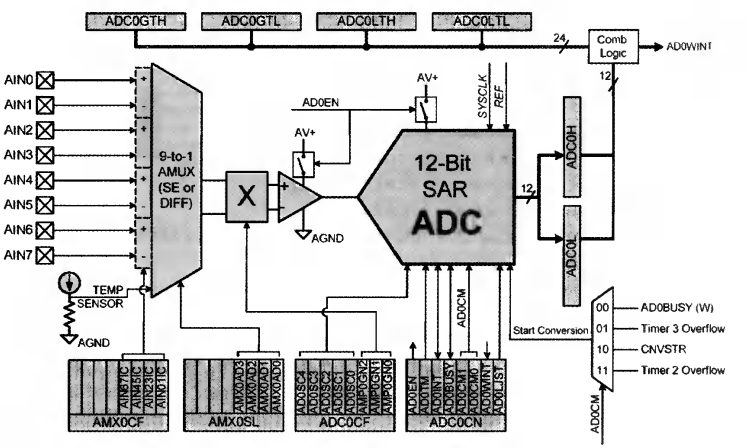


Рис. 1

отличается от структур главных ADC0 других микроконтроллеров (рис. 2).

3. Семейство микроконтроллеров F2xx оснащено 12-разрядным (F206) и 8-разрядными (F220, F221, F226) ADC0. Особенностью этого семейства микроконтроллеров является то, что оно имеет оригинальный входной мультиплексор AMUX на 32 мультиплексированных входа, позволяющий ассоциировать входы AMUX с любой из линий портов ввода/вывода. Это семейство оснащено встроенным программируемым усилителем PGA, имеющим коэффициенты усиления 0,5; 1; 2; 4; 8 и 16. Предельная скорость преобразования — до 100 ksps. Семейство не имеет встроенного источника опорного напряжения, в качестве такового используется напряжение питания, либо внешний источник. Семейство не оснащено также «оконным детектором» и температурным датчиком. Структурная схема главного ADC0 семейства F2xx представлена на рис. 3.

4. Самое маленькое малоформатное семейство F30x оснащено 8-разрядным быстродействующим аналого-цифровым преобразователем ADC0 с предельной скоростью преобразования до 500 ksps. Это семейство имеет входной мультиплексор AMUX на восемь входов, позволяющий ассоциировать входы AMUX с любой из линий портов ввода/вывода. Встроенный программируемый усилитель PGA имеет коэффициенты усиления 0,5; 1; 2 и 4. Структурная схема главного ADC0 семейства F30x представлена на рис. 4.

5. Семейства F31x, F32x и F33x оснащены 10-разрядным быстродействующим аналого-цифровым преобразователем ADC0 с предельной скоростью преобразования до 200 ksps. Имеется входной мультиплексор AMUX на различное число мультиплексированных входов (13...21), позволяющий ассоциировать входы AMUX с любой из линий портов ввода/вывода. Некоторые из этих микроконтроллеров имеют также индивидуальные выводы для части аналоговых входов. В этих семействах нет программируемых усилителей PGA. В семействах F32x и F33x есть «оконный детектор» и встроенный источник опорного напряжения 2,44 В, а F31x не оснащено «оконным детектором» и встроенным источником опорного напряжения. Структурная схема главного ADC0 на примере семейства F32x представлена на рис. 5.

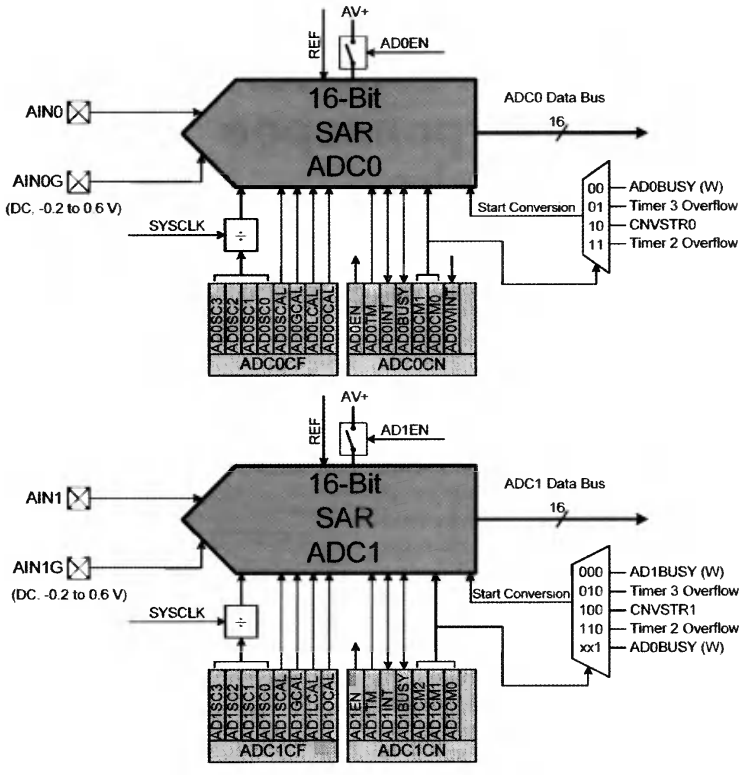


Рис. 2

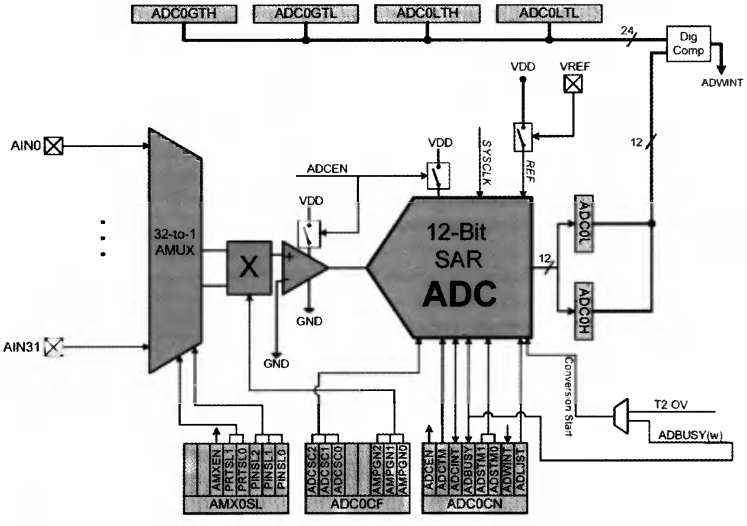


Рис. 3

6. Семейство F35x оснащено 24- или 16-разрядными аналого-цифровыми преобразователями с низкой предельной скоростью преобразования (до 1 ksps). Имеется аналоговый восьмивходовый аналоговый мультиплексор AMUX с индивидуальными входами, а также встроенный программируемый усилитель PGA с коэффициентом усиления в диапазоне 1...128. Функции «оконного детектора» семейство не имеет, есть встроенный источник опорного напряжения 2,45 В. Структура подсистемы главного ADC0 этого семейства кардинально отличается от остальных микроконтроллеров и представлена на рис. 6.

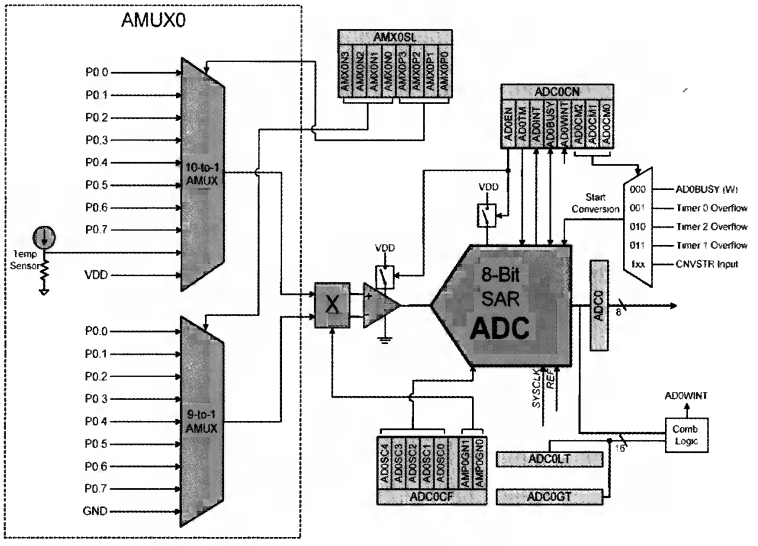


Рис. 4

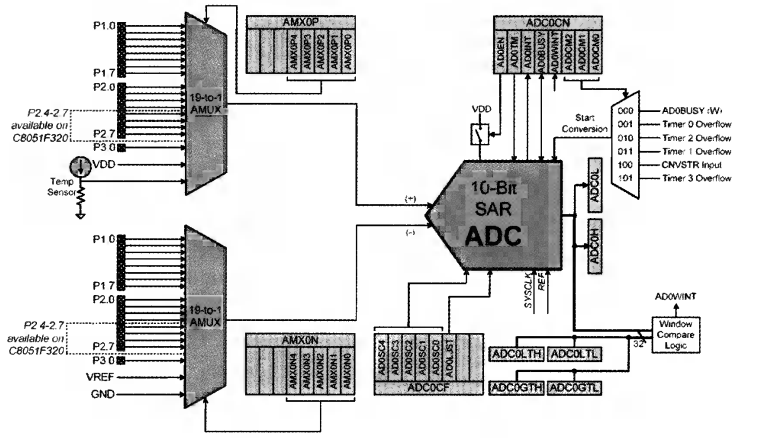


Рис. 5

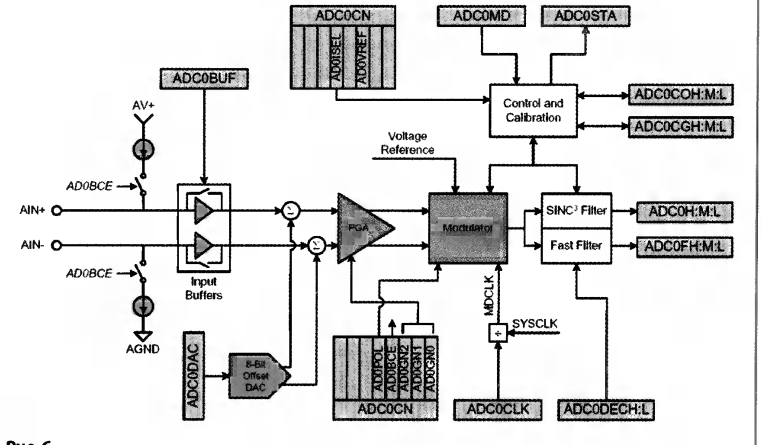


Рис. 6

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА:

1. http://www.silabs.com

Олег Николайчук,
г. Кишинев, Молдавия

Предлагаем организациям и физическим лицам оформить подписку на книгу «X51-СОВМЕСТИМЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ SILICON LABORATIRES (CYGNAL)»

Автор О. И. Николайчук, обложка мягкая, 640 стр.

Второе расширенное издание настоящей книги предназначено для ознакомления читателей с полным спектром x51-совместимых микроконтроллеров, выпускаемых в настоящее время фирмой SiLabs, которая объединилась с фирмой Cygnal.

В книге подробно рассмотрены архитектура, состав периферийных подсистем, структура регистров и особенности применения высокоинтегрированных систем обработки данных x51-совместимых микроконтроллеров со смешанной аналоговой и цифровой архитектурой, включающих высокопроизводительное микроконтроллерное ядро CIP-51, построенное по конвейерному принципу. Благодаря этому многие семейства микроконтроллеров фирмы SiLabs развивают пиковую производительность 25 MIPS, а одно из семейств — 50 и даже 100 MIPS, что является наивысшим результатом по производительности среди микроконтроллеров в мире. Это уникальное микроконтроллерное ядро оснащено не менее мощными аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми узлами, расширенной цифровой периферией, включающей интерфейсы UART, SMBus (I²C), SPI, CAN, USB, мощными подсистемами памяти и прерываний, а также усовершенствованными средствами внутрисистемного программирования и отладки. Таким образом, современные микроконтроллеры фирмы SiLabs (Cygnal) являются не только самыми высокопроизводительными, но и самыми мощными по составу аналоговой и цифровой периферии.

Во второе издание дополнительно введена информация о четырех новых семействах, которые появились с момента первого издания книги. Кроме того, исправлены некоторые неточности, допущенные в первом издании.

Книга рассчитана на широкий круг инженерно-технических работников, а также студентов и аспирантов, интересующихся последними достижениями современной микроконтроллерной техники.

Стоимость подписки через редакцию на книгу — 250 руб., в эту стоимость включена стоимость пересылки по России.

Наши реквизиты см. на стр. 56.

Продолжение. Начало — № 11/2004

Микроконтроллеры? Это же просто!

Последовательность выполнения в вычислительных схемах операций сдвига и сложения поясняется в табл. 9—12 на примере умножения двух беззнаковых целых четырехразрядных чисел: ММ (4) = $1111_2 = 15_{10}$ и МН (4) = $= 0101_2 = 5_{10}$. В таблицах процесс умножения раскрыт как последовательность пяти шагов: подготовительного (обнуления СЧП) и четырех шагов сдвига множителя с анализом признака переноса и выполнения сдвигов ММ, СЧП и операции сложения. Тип выполняемой операции условно изображен в последнем столбце каждой таблицы: «→» означает сдвиг вправо, «←» — сдвиг влево, «+» — сложение, «=» — присвоение значения. Справа от знака операций указаны аббревиатуры соответствующих данных, над которыми выполняется указанная операция (в операции сложения вторым слагаемым всегда является СЧП). Результат умножения — 8-разрядное число $01001011_2 = 75_{10}$.

Достоинства и недостатки приведенных вычислительных схем описаны ниже при рассмотрении конкретных программ умножения.

Как нетрудно заметить, подпрограмма MUL16A выполнена в соответствии с вычислительной схемой 1 — множимое остается неподвижным, а множитель и сумма частичных произведений сдвигаются вправо. Рассмотрим реализацию аналогичной подпрограммы, выполненной по схеме 2.

Таблица 9

Номер шага	Сдвиг МН		Операции с СЧП и ММ		
	МН (4)	CY	CY	СЧП(8)	тип
0	0101	—	—	00000000	=СЧП
1	-010	1		1111	+ММ
			0	11110000	=СЧП
			0	01111000	→СЧП
2	--01	0	0	00111100	→СЧП
3	---0	1		1111	+ММ
			1	00101100	=СЧП
			0	10010110	→СЧП
4	----	0	0	01001011	→СЧП

Таблица 10

Номер шага	Сдвиг МН		Операции с СЧП и ММ	
	МН (4)	CY	СЧП(8)	Тип
0	0101	—	00000000	=СЧП
1	-010	1	00001111	+ММ
			00001111	=СЧП
			00011110	←ММ
2	--01	0	00001111	=СЧП
			00111100	←ММ
3	---0	1	00111100	+ММ
			01001011	=СЧП
			01111000	←ММ
4	----	0	01001011	=СЧП

Таблица11

Номер шага	Сдвиг МН		Операции с СЧП и ММ	
	CY	МН(4)	СЧП(8)	Тип
0	—	0101	00000000	=СЧП
1	0	101-	00000000	←СЧП
2	1	01--	00000000	←СЧП
			1111	+ММ
			00001111	=СЧП
3	0	1---	00011110	←СЧП
4	1	----	00111100	←СЧП
			1111	+ММ
			01001011	=СЧП

Таблица12

Номер шага	Сдвиг МН		Операции с СЧП и ММ	
	CY	МН(4)	СЧП(8)	тип
0	—	0101	00000000	=СЧП
1	0	101-	01111000	→ММ
			00000000	=СЧП
2	1	01--	00111100	→ММ
			00111100	+ММ
			00111100	=СЧП
3	0	1---	00011110	→ММ
			00111100	=СЧП
4	1	----	00001111	→ММ
			00001111	+ММ
			01001011	=СЧП

```
MUL16B:
;;;
```

```
        MOV     R4, #0
        MOV     R5, #0
        MOV     R6, #0
        MOV     R7, #0  ; обнулили СТС произведения
        MOV     COUNT, #16 ; 16 циклов сложения и сдвига

MUL16B_1:
        POP     ACC
        RRC     A
        PUSH    ACC
        MOV     A,B
        RRC     A
        MOV     B,A
        JNC     MUL16B_2 ; пропустить сложение, если бит
множителя равен 0

        MOV     A, R4
        ADD     A, R0
        MOV     R4, A
        MOV     A, R5
        ADDC A, R1
        MOV     R5, A
        MOV     A, R6
        ADDC    A, R2
        MOV     R6, A
        MOV     A, R7
        ADDC    A, R3
        MOV     R7, A; добавили множимое к частичному произ-
ведению

MUL16B_2:
        MOV     A, R0
        RLC     A
        MOV     R0, A
        MOV     A, R1
        RLC     A
        MOV     R1, A
        MOV     A, R2
        RLC     A
        MOV     R2, A
        MOV     A, R3
        RLC     A
        MOV     R3, A; R3R2R1R0 сдвинуто влево

        DJNZ    COUNT, MUL16B_1 ; зацикливание

        POP     ACC
        MOV     A, R7
        ORL     A, R6
        CLR     C
        JZ      MUL16B_3  ; CY=0, если результат поместился
в 16 бит
        SETB C     ; CY=1, если результат не поместился в 16
бит

MUL16B_3:
        RET
```

Рис. 35

Подпрограмма MUL16B реализует схему умножения, при которой множимое сдвигается влево при неподвижной сумме частичных произведений. При этом для хранения множимого нам приходится использовать сразу четыре регистра — R3, R2, R1 и R0, также четыре регистра занимает и СЧП — R7, R6, R5 и R4. Младший байт множителя хранится в регистре B, а старший ввиду отсутствия свободных регистров сохраняем в стеке. Счетчик циклов приходится размещать в одной из ячеек оперативной памяти (COUNT), так как для него также не нашлось свободного регистра. Нетрудно заметить, что MUL16B требует большего числа регистров и ячеек памяти, чем MUL16A, при этом ее быстродействие примерно на 30 % ниже. Поэтому вычислительная схема 2 обычно используется редко, и только там, где есть определенные аппаратные ресурсы, позволяющие повысить быстродействие аппаратным образом.

По тем же причинам, что и вычислительная схема 2, редко используется и вычислительная схема 4. Поэтому здесь мы не будем приводить вариант подпрограммы, реализующей четвертую схему. Интерес может представлять лишь схема 3, характеризуемая неподвижным множимым и сдвигаемыми влево СЧП. В отличие от схемы 1 здесь умножение начинается со старших разрядов множителя. Алгоритм реализуется подпрограммой MUL16C.

```
MUL16C:
;;;
```

```
        MOV     R7, A; сложили множимое с текущей суммой ЧП

        JNC     MUL16C_2

        MOV     A, R4
        ADDC    A, #0
        MOV     R4, A
        MOV     A, R5
        ADDC    A, #0
        MOV     R5, A; учет переноса от сложения

MUL16C_2:

        DJNZ B, MUL16C_1 ; зацикливание

        MOV     A, R5
        ORL     A, R4
        CLR     C
        JZ      MUL16C_3  ; CY=0, если результат уместился в
16 бит
        SETB C      ; CY=1, если результат не уместился в 16
бит

MUL16C_3:
        RET
```

Рис. 36

Как видите, подпрограмма MUL16C немного длиннее, чем MUL16A, при этом скорость выполнения ее несколько ниже, чем у первой. Таким образом, для микроконтроллеров семейства x51 подпрограмма MUL16A, выполненная в соответствии с вычислительной схемой 1, является оптимальной, и именно ей мы будем пользоваться в дальнейшем. Однако замечу, что для другого микроконтроллера или микропроцессора оптимальной может оказаться подпрограмма, выполненная по иной вычислительной схеме. Так, например, у уже упоминавшихся 8-разрядных микропроцессоров 8080/8085 в системе команд есть две группы инструкций, работающих с парами регистров, т. е. с 16-разрядными операндами. Это команды DAD RD и INX RD, где RD — это пары регистров BC (B и C), DE (D и E) и HL (H и L). Для тех, кто не знает 8080, но не боится слегка загрузить голову мусором, который вряд ли понадобится им в дальнейшем, отметим, что в этих процессорах регистры общего назначения имеют названия не R0, R1 и т. д., а A, B, C, D и т. д. Так вот, вместо длинной последовательности команд x51

```
        MOV     A, R4
        ADD     A, #1
        MOV     R4, A
        MOV     A, R5
        ADDC    A, #0
        MOV     R5, A; учет переноса от сложения
```

в 8080/8085 можно воспользоваться короткой однобайтовой командой INX D, увеличивающей на единицу 16-битное число, размещенное в 8-разрядных регистрах C и D. Соответственно последовательность

```
        MOV     A, R6
        ADD     A, R2
        MOV     R6, A
        MOV     A, R7
        ADDC    A,R3
        MOV     R7, A; сложили множимое с текущей суммой ЧП
```

в 8080/8085 заменяется одной короткой однобайтовой командой DAD B (к содержимому двухбайтовой пары HL прибавляется содержимое пары BC, результат записывается в HL), а последовательность

```
        MOV     A, R4
        ADD     A, R4
        MOV     R4, A
        MOV     A, R5
        ADDC    A, R5
        MOV     R5, A; сдвинули множитель на 1 разряд влево
```

сдвигающая число в регистрах R5R4 на на 1 разряд влево, т. е. удваивающая его, у 8080/8085 выполняется последовательностью трех простых однобайтных команд:

```
        XCHG
        DAD     H
        XCHG
```

В результате программа умножения формата 16 × 16 = 32 бит по вычислительной схеме 3 выглядит на языке 8080/8085 следующим образом:

```
M16C_80:
        XRA     A
        MOV     H,A
        MOV     L,A
ЦИКЛ:
        XCHG
        DAD     H
        XCHG
        RAR
        DAD     H
        JNC     ПЕР1
        INX     D
ПЕР1:RAL
        JNC     ПЕР2
        DAD     B
        JNC     ПЕР2
        INX     D
ПЕР2:ADI 16
        JNC     ЦИКЛ
        RET
```

Рис. 37

Как видите, эта программа весьма элегантна, значительно проще своего аналога на языке микроконтроллеров семейства x51. И она, поверьте на слово те, кто не знаком с 8080, абсолютно работоспособна. Благодаря наличию вышеупомянутых инструкций для 8080/8085 оптимальной является именно эта подпрограмма умножения, выполненная по вычислительной схеме 3. Поэтому для тех, кто собирается адаптировать приведенную в настоящей книге информацию под какой-либо другой класс микроконтроллеров, отличных от x51, мы рекомендуем рассматривать все описанные выше вычислительные схемы.

И последнее, о чем обязательно нужно сказать в настоящем разделе — сравнительное быстродействие рассмотренных выше подпрограмм. Наверное, мало кого удивит, если мы скажем, что подпрограмма умножения MUL16M работает быстрее своих аналогов MUL16A и MUL16C. Ясно, что подпрограмма, использующая аппаратное байтовое умножение, должна функционировать быстрее тех, которые для вычислений используют только сложения и сдвиги. А насколько быстрее она работает?

На выполнение тестового примера, осуществляющего умножение 0FFFFH на 0FFFFH, подпрограмма MUL16M тратит 61 такт (или 61 мкс при тактовой частоте 12 МГц стандартного 8xC51). MUL16A затратила на этот пример 397 тактов (в 6,5 раз больше), а MUL16C — 487 тактов (в 8 раз больше). Комментарии, как говорится, излишни. Если для вас актуально быстродействие ваших программ, вы просто вынуждены работать с подпрограммой, использующей аппаратный умножитель.

Проверить работоспособность программ полезно на тестовых наборах данных (табл. 13) или на аналогичных, составленных с использованием стандартного Windows-калькулятора.

Таблица 13

Представление чисел	
Шестнадцатеричное	**Десятичное**
FFFF·FFFF = FFFE0001	65535·65535 = 4294836225
FFFF·0001 = 0000FFFF	65535·1 = 65535
F000·000F = 000E1000	61440·15 = 921600
FF00·00FF = 00FE0100	65280·255 = 16646400
5555·AAAA = 38E31C72	21845·43690 = 954408050
7FFF·7FFF = 3FFF0001	32767·32767 = 1073676289

Продолжение следует

Александр Фрунзе,
Алексей Фрунзе,
г. Москва

Окончание. Начало — № 7/2004

Методы анализа операционных схем в частотной области

Добротности и частоты полюсов фильтров, реализованных на ОУ A2 (ПФ2 с варьируемыми номиналами R и C) и A3 (ПФ2 с фиксированными номиналами R и C), Probe определяет путем нахождения значений целевых функций Q_BP2(p(-V(OUT))), Q_BP2(p(-V(IDEAL))), FP_BP2(p(-V(OUT))), FP_BP2(p(-V(Ideal))). Фактическими параметрами этих функций являются выражения p(-V(OUT)) и p(-V(Ideal)), определяющие ФЧХ узловых напряжений V(OUT) и V(Ideal). Знаки «минус» перед узловыми напряжениями учитывают тот факт, что анализируемый ПФ2 инвертирует входной сигнал. Следует заметить, что при прочих равных условиях фазовые методы определения F_P и Q фильтра второго порядка значительно превосходят по разрешающей способности амплитудные методы [8]. Определения целевых функций FP_BP2 и Q_BP2 приведены в табл. 13.

Аналогичным образом несложно определить целевые функции поиска F_P и Q для других типов фильтров второго порядка — ФНЧ2, ФВЧ2, РФ2.

Анализ полученных чувствительностей показывает, что выполняются следующие условия:

$$S_{R2}^{Fp} = S_{R4}^{Fp} = S_{R6}^{Fp} = 0;\ S_{C1}^{Fp} = S_{C2}^{Fp} = -0{,}5;$$

$$S_{R1}^{Fp} + S_{R3}^{Fp} = S_{R5}^{Fp} + S_{R7}^{Fp} = -0{,}5,$$

$$S_{C1}^{Q} = -S_{C2}^{Q} = 3{,}78;\ S_{R2}^{Q} + S_{R4}^{Q} = -S_{R6}^{Q} = 7{,}56;$$

$$S_{R5}^{Q} + S_{R7}^{Q} = -(S_{R1}^{Q} + S_{R3}^{Q}) = 8{,}07.$$

Из этих соотношений следует, что малые изменения сопротивлений резисторов R2, R4, R6 цепи ПОС не оказывают влияния на частоту полюса FP. Это обстоятельство позволяет осуществлять функциональную настройку ПФ2 за один проход (без дополнительных итераций) при выполнении ее в следующей последовательности — сначала с помощью подстроечного резистора R7 устанавливается расчетная величина частоты полюса FP, а затем с помощью R2 — расчетная величина добротности Q. Функциональная

Таблица 13

```
********* Phase Search **********
*       Частота полюса ПФ2
*
FP_BP2(1) = x1
*
* Вызов целевой функции:
*FP_BP2(p(V(Trace_Out_BP2))) - для НЕинвертирующего ПФ2
*FP_BP2(p(-V(Trace_Out_BP2))) - для Инвертирующего ПФ2
{
       1|Search forward level (0) !1;
}
*********************************************************
*       Добротность ПФ2
*
Q_BP2(1) = x2/(x3-x1)
*
* Вызов целевой функции:
*Q_BP2(p(V(Trace_Out_BP2))) - для НЕинвертирующего ПФ2
*Q_BP2(p(-V(Trace_Out_BP2))) - для Инвертирующего ПФ2
{
       1|Search forward level (45)  !1
       Search forward level (0)    !2
       Search forward level (-45) !3;
}
```

настройка позволяет скомпенсировать влияние на параметры ПФ2 начальных отклонений (от расчетных значений) сопротивлений и емкостей RC-компонентов схемы. Однако температурные дрейфы параметров RC-компонентов приводят к тому, что величины ошибок δFP, δQ имеют конечные и к тому же зависящие от температуры величины. Максимальные величины этих ошибок рассчитываются по следующим формулам:

$$FP_{MAX}[\%] = R_{MAX}[\%]\times\sum_{i=1}^{7}\left|S_{Ri}^{Fp}\right| + \\ +C_{MAX}[\%]\times\sum_{j=1}^{2}\left|S_{Cj}^{Fp}\right|, \quad (113)$$

$$Q_{MAX}[\%] = R_{MAX}[\%]\times\sum_{i=1}^{7}\left|S_{Ri}^{Q}\right| + \\ + C_{MAX}[\%]\times\sum_{j=1}^{2}\left|S_{Cj}^{Q}\right|, \quad (114)$$

$$R_{MAX}[\%] = \Delta T_{MAX}[°C]\times TKC[\%/°C], \quad (115)$$

$$C_{MAX}[\%] = \Delta T_{MAX}[°C]\times TKE[\%/°C], \quad (116)$$

$$\Delta T_{MAX}[°C] = \\ = \max\left\{\left|T_{AMB}[°C] - T_{TRIM}[°C]\right|\right\}, \quad (117)$$

где ΔT_{MAX} — модуль максимального отклонения температуры T_{AMB} окружающей среды от температуры T_{TRIM}, при которой производилась функциональная настройка фильтра.

Ошибки, рассчитанные по формулам (113), (114), соответствуют наиболее неблагоприятной комбинации знаков и случайных отклонений температурных коэффициентов RC-компонентов (наихудший случай), и, следовательно, имеется полная гарантия того, что фактические ошибки δFP, δQ не превысят величин δFP_{MAX}, δQ_{MAX}. Для определенности предположим, что:

- в ПФ2 используются резисторы с ТКС = ±0,005 %/°C (типичная величина для прецизионных резисторов С2-14 и подстроечных резисторов типа СП5-2ВБ) и конденсаторы с ТКЕ = ±0,005 %/°C (величина соответствующая слюдяным конденсаторам типа К31-11 группы Г);
- ПФ2 настраивается при температуре T_{TRIM} = +30 °C и эксплуатируется в диапазоне T_{AMB}, равном 0…+60 °C.

Для этих условий расчет по формулам (113—117) дает следующие результаты:

$$\Delta T_{MAX} = \pm 30\ °C,\ \delta R_{MAX} = \delta C_{MAX} = \\ = 0{,}15\ \%,\ \delta FP_{MAX} = 0{,}300\ \%,\ \delta Q_{MAX} = \\ = 5{,}826\ \%.$$

Результаты, прямо скажем, неутешительные. Однако вероятность совпадения всех неблагоприятных факторов исчезающе мала. В ПФ2 используется девять компонентов RC, знаки ТКС, ТКЕ которых с вероятностью 0,5 могут принимать положительные (или отрицательные) значения. Вероятность того, что знаки температурных коэффициентов всех девяти компонентов RC соответствуют наиболее неблагоприятной ситуации, равна $0{,}5^{(9-1)} = 0{,}5^8 \approx \approx 0{,}004$. Иначе говоря, в среднем из 1000 реализаций ПФ2 только в четырех складывается самая неблагоприятная ситуация в части знаков температурных коэффициентов. Но для того, чтобы δFP, δQ имели значения, близкие к δFP_{MAX}, δQ_{MAX}, необходимо вдобавок к выполнению условия неблагоприятных знаков ТКС, ТКЕ, чтобы еще и абсолютные величины температурных коэффициентов всех компонентов RC были близки к максимальным. Понятно, что вероятность совпадения всех указанных факторов чрезвычайно мала и, следовательно, оценка параметров ПФ2 по критерию наихудшего случая (по величинам δFP_{MAX}, δQ_{MAX}) является слишком пессимистичной и в общем случае сопряжена с неоправданными затратами на прецизионные RC-компоненты. Более реалистичной является вероятностная оценка [31], которая базируется на представлении отклонений номиналов и температурных коэффициентов законами распределения случайных величин. На параметры компонентов влияет большое число производственных факторов, и поэтому согласно центральной предельной теореме отклонения их параметров от номинальных значений подчиняются нормальному одномерному закону распределения случайных величин (закону Гаусса) или весьма близки к нему [32]. Обычно средние значения (математические ожидания) отклонений равны нулю (центрированы) и в этом случае нормальный закон распределения полностью характеризуется единственным параметром — дисперсией σ^2. Величина σ^2 определяется технологией производства компонентов [31] и, к сожалению, обычно неизвестна (не приводится в справочных данных). Следует особо отметить, что законы распределения отклонений параметров дискретных компонентов в отличие от интегральных обычно существенно отличаются от нормального. Объясняется это следующим — производители прецизионных дискретных резисторов и конденсаторов разбраковывают (сортируют) их по величинам отклонений от стандартных значений, а также по величинам температурных коэффициентов и продают компоненты с меньшими допусками и величинами ТКС, ТКЕ по более высоким ценам. Именно это обстоятельство является причиной того, что для моделирования параметров дискретных компонентов обычно используют равномерное, бимодальное и разделенное треугольное распределения [33], изображенные на рис. 52, *а*—*в*, соответственно.

В [31] указывается, что дискретным компонентам высшей группы точности, получаемым путем отбраковки (выборки) из партий с большим технологическим допуском, соответствует практически равномерное распределение. В чисто теоретическом плане это бесспорно, однако на практике трудно представить себе ситуацию, когда дорожащие своей репутацией производители осуществляют разбраковку дискретных компонентов без некоторого технологического запаса, обеспечивающего с учетом конечной величины погрешности разбраковочных автоматов нулевую вероятность выхода классификационного параметра за пределы допуска и исключающего конфликты с потребителями компонентов. Учитывая сказанное, можно предположить, что дискретным компонентам высшей группы точности в большей степени соответствует закон распределения, имеющий форму трапеции (рис. 52, *г*). К

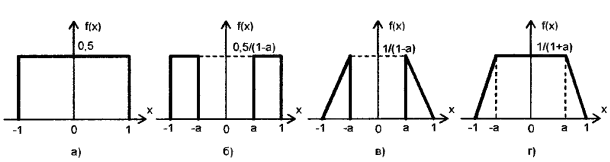


Рис. 52

сожалению, величина параметра «а» неизвестна, но можно предположить, что она находится в диапазоне значений (0,80...0,95). На рис. 53 изображены гистограммы, полученные в результате статистического анализа (анализ Monte Carlo) 1000 реализаций ПФ2. Гистограммы соответствуют предельным значениям отклонений $\delta R_{MAX} = = \delta C_{MAX} = \pm 0{,}15$ % и трапецеидальному закону их распределения (рис. 52, *г*) с величиной параметра a = 0,9. Этот закон распределения задается пользователем следующей директивой:

```
.DISTRIBUTION Trap_09        (-1.0, 0)(-
0.9, 0.52631579)(0.9, 0.52631579)(1.0, 0)
```

Следует особо подчеркнуть, что статистический анализ Monte Carlo обычно используется для оценки ошибок анализируемой схемы, обусловленных конечными величинами допусков на номиналы компонентов. В нашем примере ситуация другая — нас интересуют не влияние разбросов номиналов компонентов RC (их влияние компенсируется в процессе функциональной настройки ПФ2), а влияние температурных уходов номиналов δR, δC, предельные величины которых были рассчитаны выше по формулам (113—117), и, следовательно, в процессе статистического анализа ПФ2 атрибуты Tolerance моделей резисторов и конденсаторов необходимо задавать равными $\delta R_{MAX} = = \delta C_{MAX} = 0{,}15$ % вне зависимости от фактических допусков RC-компонентов, которые предполагается использовать в ПФ2.

Гистограммы наглядно показывают как 1000 реализаций ПФ2 «раскладываются» по 10 интервалам величин ошибок |TERR|MAX, δQ, δFP, обусловленных изменением температуры окружающей среды 0...+60 °C. Анализ гистограмм позволяет сделать следующие выводы:

- 90 % реализаций ПФ2 имеют ошибки $|T_{ERR}|_{MAX} = \max\{|T - T_{ID}|\}$, не превышающие 0,196 дБ;
- 80 % реализаций ПФ2 имеют ошибки δQ, находящиеся в диапазоне значений –1,393...+1,402 %;
- 80 % реализаций ПФ2 имеют ошибки δFP, находящиеся в диапазоне значений –0,104...+0,098 %.

Интервалы ошибок δQ (наиболее нестабильного параметра — добротности) и процент реализаций ПФ2, соответствующих этим интервалам, приведены в табл. 14.

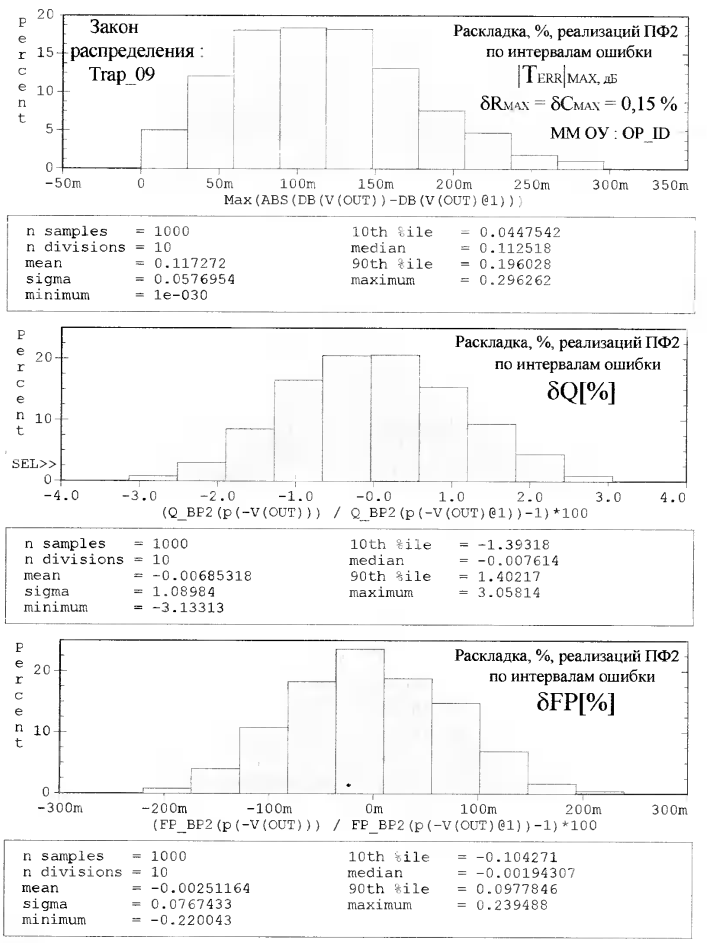


Рис. 53

Данные табл. 14 позволяют утверждать, что с вероятностью 0,999 величина нестабильности |δQ|, обусловленная пассивными компонентами фильтра, не превышает 3,13 %.

Подведем итоги. В табл. 15 приведены максимальные величины модулей приращений ошибок $\Delta|\delta Q|_{MAX}$, $\Delta|\delta FP|_{MAX}$, обусловленные изменением температуры окружающей среды от 0 до +60 °C (фильтр настроен при $T = T_{TRIM} = +30$ °C и при этой температуре ОУ имеет $F_T = 8$ МГц).

Из данных табл. 15 следует, что доминирующим фактором, определяющим температурную нестабильность параметров ПФ2, является составляющая нестабильности δQ, обусловленная температурными дрейфами пассивных компонентов фильтра. Вывод очевиден — фильтр не сбалансирован по величинам активной и пассивной чувствительности добротности. К счастью, имеется возможность «обменять» (путем

Таблица 14

№ интервала	Интервал ошибок δQ, %	Относит. число реализаций ПФ2, %
1	–(3,133...2,514)	0,8
2	–(2,514...1,895)	3,0
3	–(1,895...1,276)	8,5
4	–(1,276...0,657)	16,5
5	–(0,657...0,037)	20,5
6	–0,037...+0,582	20,6
7	+(0,582...1,201)	15,4
8	+(1,201...1,820)	9,4
9	+(1,820...2,439)	4,4
10	+(2,439...3,058)	0,9

Таблица 15

Приращение	Величины $\Delta\|\delta Q\|_{MAX}$, $\Delta\|\delta FP\|_{MAX}$, обусловленные зависимостью от температуры следующих параметров		
	частоты единичного усиления ОУ	сопротивлений и емкостей цепи ОС	
		наихудший случай	результаты статистического анализа 1000 реализаций ПФ2
$\Delta\|\delta Q\|_{MAX}$	0,024%	5,826 %	3,133 %
$\Delta\|\delta FP\|_{MAX}$	0,022%	0,300 %	0,239 %

уменьшения глубины ПОС) уменьшение пассивной чувствительности фильтра на увеличение активной [7]. Если вы хотите убедиться в этом, проанализируйте схему ПФ2 (рис. 39) со следующими номиналами: C1= = C2 = 3600 пФ; R1 = 4,64 кОм; R2 = = 47 Ом (A = 0,5377652); R3 = 723 Ом; R4 = 237 Ом; R5 = 29,4 кОм; R6 = 10 кОм; R7 = 4,7 кОм (A = = 0,3926489). При указанных номиналах ошибка $\delta Q_{MAX} \approx 1{,}6$ % (сравните — в исходной схеме эта величина приблизительно равна 5,8 %).

* * *

У автора нет никаких сомнений в том, что из трех рассмотренных методов частотного анализа ОПС наиболее точным, универсальным и продуктивным является метод, основанный на использовании САПР. Предвижу вопрос внимательного читателя: а стоит ли в таком случае тратить силы и время на освоение аналитического и графического методов анализа? Мое твердое убеждение заключается в том, что умение использовать эти методы в повседневной практической деятельности является обязательным элементом инженерной культуры современного разработчика РЭА. Дело в том, что САПР — это, образно говоря, ваш «интеллектуальный слуга», краткая характеристика которого такова: абсолютно исполнителен, абсолютно формален и абсолютно безынициативен. При использовании САПР за разработчиком остается решение следующих неформальных задач:

- определение объема и сценария анализа ОПС;
- выбор используемых моделей и ММ компонентов ОПС;
- критическая оценка полученных результатов анализа (сравнение ожидаемых и фактических результатов анализа);
- изменение сценария анализа в зависимости от его промежуточных результатов;
- принятие по промежуточным результатам анализа решения о модификации анализируемой схемы (например, о введении в схему цепей частотной компенсации);
- принятие решения о соответствии (или несоответствии) анализируемой ОПС предъявляемым к ней техническим требованиям.

Разработчик должен хотя бы в самых общих чертах предвидеть результаты анализа, выполняемого средствами САПР. Если вы будете слепо доверять САПР, то десятичная точка, ошибочно поставленная не в той позиции номинала, может стать причиной значительных экономических потерь (нельзя сбрасывать со счетов и ущерб, нанесенный вашей репутации разработчика). Аналитический и графический методы анализа частотного анализа схем являются одними из многих составляющих, образующих в совокупности то, что не имеет точного определения и обычно называется опытом разработчика, который является единственной гарантией исключения подобных ошибок.

Заключительный вывод — творческая инициатива, опыт и здравый смысл разработчика, дополненные мощными средствами формального анализа схем, которые предоставляют современные САПР схемотехнического моделирования, в совокупности позволяют существенно повысить качество и сократить сроки разработки РЭА.

ЛИТЕРАТУРА:

31. С. А. Букашкин, В. П. Власов, Б. Ф. Змий и др.; под ред. А. А. Ланнэ. Справочник по расчету и проектированию ARC-схем. — М.: Радио и связь, 1984, с. 154.

32. Г. Е. Пухов, В. Г. Беляков, Г. И. Бердяков и др. Справочник по аналоговой вычислительной технике. — Техніка, 1975, с. 358.

33. И. Влах, К. Сингхал. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1988, с. 452.

Сергей Лозицкий,
г. Брянск

НОВОСТИ КОМПАНИИ «ЧипЭКСПО»

Заказ пригласительных билетов на третью международную выставку «ChipEXPO-2005» открыт на сайте компании «ЧипЭКСПО» http://www.chipexpo.ru/chipexpo-2005/reqticket. Выставка пройдет в Москве в Выставочном комплексе ЗАО «Экспоцентр», в павильоне «Форум» 18—20 октября 2005 г. Заполнив заявку, вы сможете получить пригласительные билеты почтовым отправлением или в офисе компании.

Продолжается прием заявок на участие в выставке «ChipEXPO-2005»: http://www.chipexpo.ru/chipexpo-2005/req.

Тематические стенды «Инновационные и инвестиционные проекты российской электроники» и «Импортозамещающие изделия российских производителей» на третьей международной выставке «ChipEXPO-2005» соберут наиболее интересные разработки и проекты российских компаний, что позволит продемонстрировать уникальный потенциал российских компаний, создаст среду для профессионального общения и поможет участникам в поиске потенциальных заказчиков, партнеров, рынков сбыта. Каждому посетителю стенда будет вручен каталог — сборник подробных описаний экспонатов, перспектив их использования, условий сотрудничества по внедрению и инвестированию, а также сведений об авторах. Информация на сайте ЗАО «ЧипЭКСПО» http://www.chipexpo.ru/projects/tem-stends или по телефону (095)368-10-39.

Информация о независимой отраслевой премии «Золотой Чип» и условия участия в конкурсе — на сайте компании «ЧипЭКСПО» http://www.chipexpo.ru/goldenchip.

Награждение победителей будет производиться по следующим номинациям:

- За вклад в развитие профессионального образования
- За яркий имидж
- За лучшую инновационную идею
- За лучший инвестиционный проект
- За достижения в разработке импортозамещающей продукции.

Вероятностная синхронизация в телекоммуникационных системах

Вставка команд в поток данных без использования избыточных битов

Термин «вероятностная синхронизация» («стохастическая синхронизация») используется в технике при описании некоторых процессов, протекающих в сложных системах. В данной статье этот термин, как нам представляется, удачно отражает смысл предлагаемого решения, которое состоит в том, что удаленные друг от друга телекоммуникационные устройства, например модемы, координируют свои действия в результате одновременной реакции на некоторые случайные события, являющиеся «побочными продуктами» передачи потока пользовательских данных. По существу, здесь развивается идея, предложенная автором в предыдущей статье [1], где вероятностная синхронизация была применена для обеспечения согласованной работы удаленных друг от друга скремблера и дескремблера. Преимущество такого решения состоит в том, что при использовании вероятностной синхронизации нет необходимости вводить в поток передаваемых данных избыточные (служебные) биты. Надеемся, что читатели смогут применить предлагаемую идею и для решения своих задач.

Рассмотрим идею вероятностной синхронизации в самом общем виде. Предположим, что имеются источник и приемник данных, соединенные линией связи, по которой передается поток данных (рис. 1).

Этот поток может состоять из асинхронных старт-стоповых байтовых посылок, следующих друг за другом вплотную или с паузами произвольной длины. В равной мере сказанное далее может относиться и к битовому потоку данных с сигналом синхронизации, передаваемым по отдельной витой паре, или без этого сигнала. Асинхронные и синхронные системы передачи данных описаны, например, в [2].

Предположим, что в некоторый момент произошло одно из трех несовместных случайных событий S1—S3. Эти события прямо или косвенно порождаются кодовыми ситуациями в линии связи (стрелка А), но для общего описания идеи это несущественно. На рис. 1 событие S2 условно показано в виде вспышки света в точке, расположенной ближе к источнику, чем к приемнику данных. Вспышка регистрируется сначала источником, а затем и приемником данных. В результате регистрации этого события в устройствах формируются импульсы J и J*. Эти импульсы могут служить опорными метками, ориентирами во времени для введения источником данных в формируемый поток заранее оговоренных изменений и их учета приемником.

Так, по сигналам J и J* генераторы псевдослучайных последовательностей битов скремблера и дескремблера (тот и другой находятся по разные стороны линии и логически изолированы от нее) могут устанавливаться в одинаковые начальные состояния, как предложено в [1]. Тогда по сигналу J исходящий поток начинает скремблироваться по известному заранее оговоренному правилу, и приемник учитывает это, даже если он исходно вообще «не знал» вид примененной ранее скремблирующей последовательности, т. е. не был синхронизирован с источником данных. Начальное состояние обоих генераторов зависит от того, какое из событий S1—S3 реализовалось. В результате столь разумного поведения системы (слежения за внешними случайными событиями) появляется возможность согласования работы генераторов без передачи служебных информационных кадров синхронизации по линии связи.

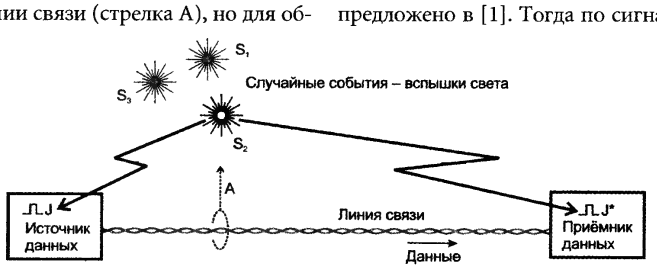


Рис. 1

В двух предлагаемых далее решениях (первое — для асинхронных, второе — для синхронных систем передачи) вероятностная синхронизация используется для указания положения командных вставок в потоке данных. В отличие от известных систем для такого указания не нужно вводить в поток данных служебную информацию. Прежде, чем перейти к этим решениям, напомним, зачем и как вводят командные вставки в поток данных [3].

Как показано на рис. 2, *а*, в асинхронной системе передачи данных компьютер и модем по мере необходимости вставляют в выходные потоки данных символы XON и XOFF, которые рассматриваются устройством-партнером как команды возобновления и приостановки потоков во встречных направлениях.

Схема симметрична, поэтому для определенности рассмотрим передачу данных по линии TxD от компьютера к модему.

Проблема заключается в том, что исходный массив байтов, предназначенный для передачи из компьютера в модем, может содержать произвольные коды, в частности соответствующие символам XON и XOFF. Эти коды, разумеется, не являются командами, и их приходится преднамеренно искажать суммированием по модулю два с кодом 21_{16}. При этом в исходном массиве отыскиваются и тем же способом искажаются коды символов DLE. Далее все искаженные коды (включая искаженные коды символов DLE) предваряются вновь введенными в массив символами DLE, которые, таким образом, выполняют функцию маркеров или меток — по ним модем сможет отыскать искаженные коды и восстановить их.

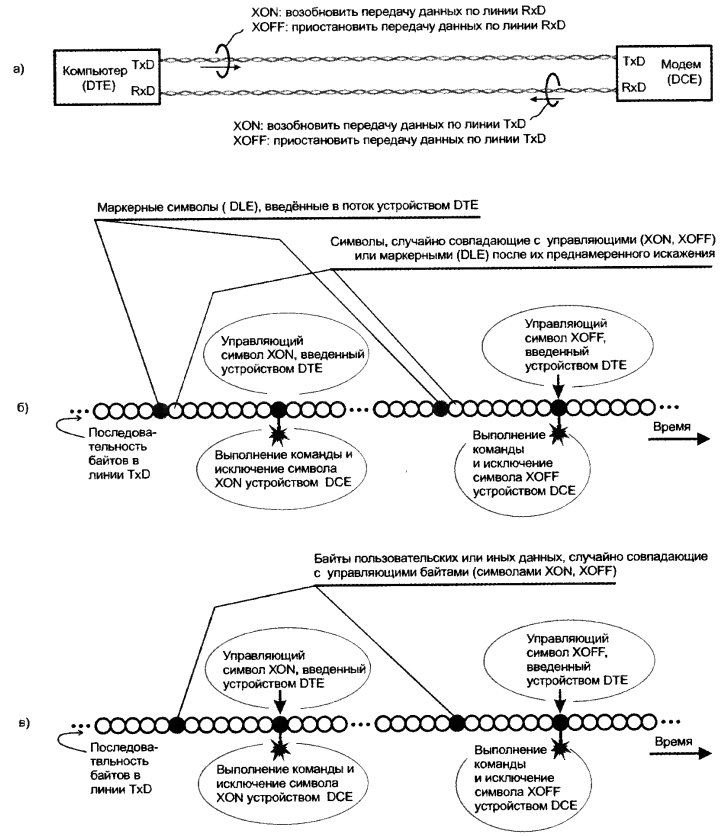


Рис. 2

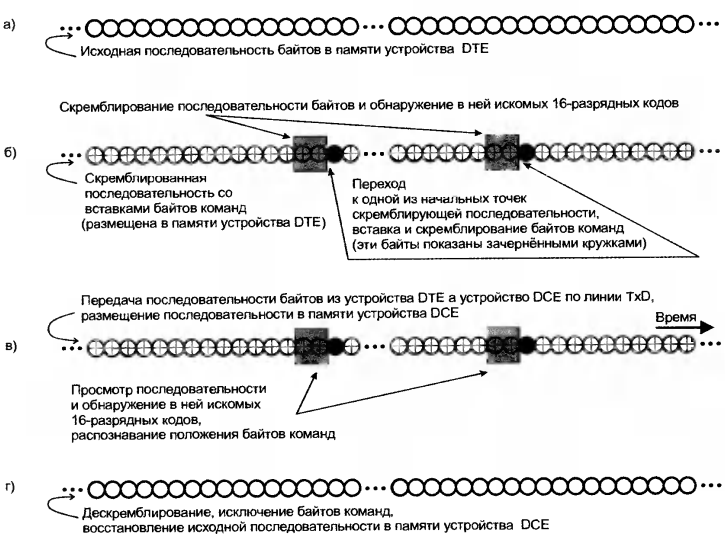


Рис. 3

Наконец, в полученный «прозрачный» массив по мере необходимости вставляются «настоящие» символы (команды) XON и XOFF, и полученная смесь неискаженных и искаженных данных, маркеров и команд (рис. 2, *б*) передается в модем. Модем извлекает и принимает к исполнению очередной управляющий код, отыскивает помеченные маркерными кодами искаженные байты, восстанавливает их, а маркерные коды отбрасывает. Так работают традиционные системы с байтстаффингом [3].

Все описанные действия могут выполняться «на лету», без предварительного накопления данных в памяти.

Маркерные коды вносят нежелательную избыточность в поток передаваемых данных. В худшем случае каждый «полезный» байт должен предваряться служебным, в котором передается маркерный код DLE, при этом эффективная скорость передачи данных уменьшается в два раза по сравнению с максимально возможной.

Можно ли улучшить такую систему передачи? В идеальном случае в структуре передаваемого потока данных не должно быть маркерных байтов, как показано на рис. 2, *в*. Но достижим ли такой результат? Сможет ли модем отличить истинные коды команд от случайно совпадающих с ними кодов данных?

Предлагаемое решение (рис. 3) дает положительные ответы на эти вопросы и основано на использовании вероятностной синхронизации.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ В АСИНХРОННОЙ СИСТЕМЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И КОМАНД

Исходная последовательность байтов (рис. 3, *а*), предназначенная для передачи в модем, хранится в памяти компьютера (устройства DTE). Эта последовательность скремблируется в направлении слева направо. Одновременно с этим полученная новая (скремблированная) последовательность просматривается через «скользящее окно». Такие окна показаны на рис. 3, *б* затененными квадратами. Окно последовательно перемещается слева направо с шагом, равным одному байту, по мере скремблирования цепочки байтов. При обнаружении в окне одного из N заранее заданных 16-разрядных кодов скремблирование временно приостанавливается, и в последовательность вставляется байт команды (XON или XOFF), если в этом есть необходимость. Если такой необходимости нет, то в качестве байта команды вставляется «пустой» байт, например нулевой.

После этого скремблирование продолжается начиная со вставленного байта, но циклическая скремблирующая последовательность стартует с некоторой точки, положение которой определяется тем, какой из N заданных 16-разрядных кодов был найден. Далее процесс продолжается до следующей приостановки и т. д.

Сформированный массив, содержащий скремблированные данные и скремблированные байты команд

(или скремблированные пустые байты), передается по линии связи в модем. Напомним, что в асинхронном режиме каждый байт обрамляется стартовым и стоповым битами и при необходимости снабжается битом контроля по четности или нечетности, что, впрочем, несущественно для описания предлагаемой идеи.

После размещения принятого массива байтов в памяти модема (рис. 3, *в*) выполняются операции, аналогичные рассмотренным. Просмотр скремблированной последовательности через скользящее (скачущее по байтам) окно позволяет выявить положение ближайшего командного байта и определить очередную стартовую точку дескремблирующей последовательности. Зная эту последовательность, модем восстанавливает скремблированную команду (или пустой байт) и следующую за ней цепочку байтов данных. Команды выполняются и исключаются из массива (рис. 3, *г*).

Таким образом, исходный массив произвольных данных (рис. 3, *а*) без каких-либо изменений пересылается из памяти компьютера в память модема.

Частота следования случайных событий — моментов обнаружения в скользящем окне какого-либо из N искомых кодов — зависит от значения N, размера окна и скорости передачи данных. Вероятность совпадения случайного байта с некоторым эталоном равна $2^{-8} = 1/256$. Вероятность одновременного совпадения двух случайных байтов с соответствующими эталонами равна $2^{-16} = 1/64К$ (К = 1024).

Таким образом, при N = 1 обнаружение искомого кода в окне размером два байта будет наблюдаться в среднем при передаче по линии связи группы из 64 Кбайт, или, что то же самое, при передаче цепочки битов длиной 512 Кбит (стартовые, стоповые и биты контроля для упрощения оценки не учитываем). При скорости передачи данных, равной 10 Мбит/с = 20×512 Кбит/с, средняя частота следования командных (или пустых) байтов по линии связи составляет 20 Гц.

Итак, можно утверждать, что в дополнение к основному каналу передачи данных создан вспомогательный независимый от основного канал передачи команд, работающий со скоростью 20 байт/с = 160 бит/с. При этом для объединения и разделения этих каналов не нужно вводить в поток данных маркерные байты, как это делается в известных системах (рис. 2, *б*), так как используются «естественные» случайные события, условно показанные на рис. 1 в виде вспышек света.

Размер скользящего по цепочке байтов окна и шаг его перемещения не обязательно должен быть кратен байту. Кроме того, так же, как и в традиционном решении, все описанные действия могут выполняться «на лету» с использованием только аппаратных, только программных или аппаратно-программных средств без предварительного накопления массива данных в памяти.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Б. В. Шевкопляс. Скремблирование передаваемых данных. — Схемотехника, 2005, № 1, с. 29—32, № 2, с. 32—35, № 3, с. 30—33..

2. С. М. Сухман, А. В. Бернов, Б. В. Шевкопляс. Синхронизация в телекоммуникационных системах. Анализ инженерных решений. — М.: Эко-Трендз, 2003.

3. Б. В. Шевкопляс. Особенности управления потоками данных в интерфейсах семейства RS. — Схемотехника, 2004, № 9, с. 34 — 36, № 10, с. 34 — 36.

Окончание следует

Борис Шевкопляс,
г. Москва

ANALOG DEVICES

НОВОСТИ ОТ AUTEX LTD

В рамках 7-й международной выставки и конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение» DSPA-2005 17 марта состоялся однодневный специализированный семинар Analog Devices Inc — Autex Ltd по DSP-продукции фирмы Analog Devices. Семинар имел насыщенную программу и привлек внимание около 450 участников.

Такие семинары проводятся на регулярной основе уже более 11 лет.

Вели семинар представитель Analog Devices Алексей Соловьев и руководитель Autex Ltd Алексей Кирпичников. С сообщением о новых процессорах семейства Blackfin и средствах разработки устройств с ядром операционной системы uClinux на базе этих процессоров выступил специалист Analog Devices по встраиваемому программному обеспечению Michael Hennerich (перевод — Алексей Соловьев и Юрий Бочаров).

Ведущие семинар представители компаний Analog Devices Inc и Autex Ltd помимо данных по DSP-компонентам представили обзор наиболее перспективных микросхем из других семейств изделий, производимых Analog Devices, а также ответили на многочисленные вопросы слушателей.

В качестве раздаточных материалов участники получили CD с материалами Analog Devices по тематике DSP & Embedded Processing, подготовленный специально для этого семинара и содержащий в том числе Visual DSP++ (Release 4.0) и документацию по uClinux, а также книги ADSP-BF533 Blackfin Processor Hardware Reference и Blackfin Processor Instruction Set Reference.

В офисе Autex Ltd еще некоторое время можно будет получить эти материалы. Также приглашаем на консультации всех, у кого появились дополнительные вопросы. Презентация прошедшего семинара размещена на сайте www.autex.ru.

CD-ROM С ЖУРНАЛОМ «СХЕМОТЕХНИКА»

Редакция подготовила CD-ROM с полным содержанием журнала «Схемотехника» за 2000—2002 г. Кроме него на диске записано программное обеспечение к статьям, опубликованным за все время существования журнала, годовое содержание в формате Excel за то же время, поправки ко всем замеченным опечаткам и ошибкам.

Вы можете 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.

Расчет цепи динамической защиты выходных каскадов мощных усилителей

В этой небольшой статье предлагается методика расчета параметров цепи динамической защиты выходных каскадов от перегрузки по току.

Мощные выходные каскады усилителей, стабилизаторов напряжения и других электронных устройств имеют малое выходное сопротивление. Из-за этого они легко перегружаются по току, что особенно опасно при коротком замыкании в нагрузке. Для защиты выходных каскадов от перегрузки по току применяют различные схемотехнические приемы ограничения выходного тока [1]. Наиболее эффективным приемом является так называемая динамическая защита. К сожалению, в литературе нет методики расчета параметров цепи динамической защиты. Для восполнения этого пробела и предназначена предлагаемая статья. Принципиальная схема комплементарного выходного каскада с динамической защитой показана на рис. 1.

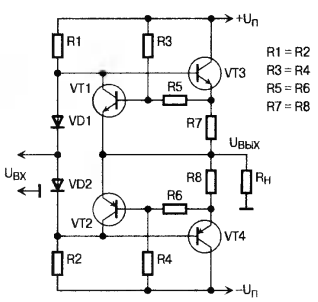


Рис. 1

Результат действия динамической защиты состоит в том, что выходной ток не может превышать проектный ток нагрузки $I = U_{ВЫХ}/R_{Н.НОМ}$ более, чем на величину $\Delta I = const$, где $U_{ВЫХ}$ — напряжение на выходе защищаемого каскада, $R_{Н.НОМ}$ — номинальное сопротивление нагрузки.

Графически это проиллюстрировано на рис. 2, где 1 — номинальная вольтамперная характеристика (ВАХ) нагрузки, 2 — ВАХ динамической защиты.

Преимущество динамической защиты состоит в том, что при коротком замыкании в нагрузке мощность, рассеиваемая на выходных транзисторах (VT3 и VT4 на рис. 1), не будет превышать допустимую мощность, рассеиваемую в номинальном режиме $P_{ТРЗ.\ НОМ}$. Ограничение выходного тока в схеме на рис. 1 осуществляется за счет шунтирования базовых цепей транзисторов VT3 и VT4 открывающимися транзисторами защиты VT1 и VT2 при появлении на их переходах база-эмиттер открывающего напряжения более 0,6 В.

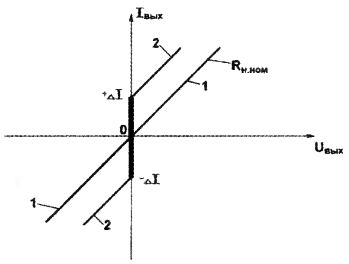


Рис. 2

Особенностью динамической защиты является то, что открывающее напряжение транзисторов защиты VT1, VT2 представляет собой сумму двух составляющих, одна из которых U_{R7} пропорциональна выходному току, а вторая U_{R5} убывает при росте выходного напряжения. Здесь U_{R5} и U_{R7} — падение напряжения на резисторах R5 и R7 соответственно.

Так как верхнее плечо комплементарного каскада подобно нижнему, то в дальнейшем достаточно рассмотреть рабочие процессы только в верхнем плече.

Для расчета цепи динамической защиты необходимо определить сопротивление резисторов R3, R5, R7. Расчет целесообразно выполнить в следующей последовательности.

1. Получение исходных данных для расчета, т. е. значений $R_{Н.НОМ}$, напряжения источника питания ЕП, номинальной амплитуды выходного напряжения $U_{ВЫХ.НОМ}$.

2. Определение мощности, рассеиваемой на каждом из выходных транзисторов VT3, VT4 в номинальном режиме:

$$P_{ТРЗ.НОМ} = [(U_{ВЫХ.НОМ} \times E_П/\pi) - (U^2_{ВЫХ.НОМ}/4)]/R_{Н.НОМ}.$$

3. Определение тока срабатывания динамической защиты ΔI из условия равенства мощности, рассеиваемой на транзисторах VT3 и VT4 в номинальном рабочем режиме и при коротком замыкании в нагрузке (с учетом поочередной работы транзисторов) по формуле:

$$\Delta I = 2P_{ТРЗ.НОМ}/E_П.$$

4. Определение сопротивления ограничительного резистора R7 из условия параллельности ВАХ нагрузки и наклонного участка ВАХ защиты (линии 1 и 2 на рис. 2) по формуле:

$$R_7 = 0{,}6\ В/[\Delta I + (E_П/R_{Н.НОМ})].$$

5. Определение сопротивления дополнительного резистора R5 для режима короткого замыкания в нагрузке по формуле:

$$R_5 = (E_П - 0{,}6\ В)R_7/0{,}6\ В.$$

6. Определение сопротивления вспомогательного резистора R3 из условия параллельности вольтамперных характеристик 1 и 2 на рис. 2 по формуле:

$$R_3 = R_5R_{Н.НОМ}/R_7.$$

В стабилизаторах постоянного напряжения используется только одно плечо выходного каскада и значение мощности РТРЗ.НОМ и тока ΔI следует определять по формулам:

$$P_{ТРЗ.НОМ.СТАБИЛ} = (E_П - U_{ВЫХ.НОМ})U_{ВЫХ.НОМ}/R_{Н.НОМ},$$

$$\Delta I_{СТАБИЛ} = P_{ТРЗ.НОМ.СТАБИЛ}/E_П.$$

Расчет сопротивлений резисторов R7, R5, R3 для стабилизатора постоянного напряжения можно выполнить так, как было показано выше для усилительного каскада.

Для иллюстрации предлагаемой методики рассмотрим пример выполнения расчета параметров цепи защиты для комплементарного повторителя по схеме на рис. 1.

Пусть заданы $R_{Н.НОМ} = 8$ Ом; $E_П = 10$ В; $U_{ВЫХ.НОМ} = 8$ В. Тогда $\Delta I = 0{,}24$ А; $R_7 = 0{,}4$ Ом; $R_5 = 6{,}26$ Ом; $R_3 = 125$ Ом.

В случае короткого замыкания в нагрузке $U_{ВЫХ.КЗ} = 0$.

Тогда $U_{R7} = R_7\Delta I + I_{R3R7}$; (здесь I_{R3} — ток в резисторе R3).

$$I_{R3} = (E_П - 0{,}6\ В)/R_3 = 0{,}075\ А$$
$$U_{R7} = 0{,}126\ В.$$

Напряжение база-эмиттер транзистора VT1:

$$U_{БЭ.1} = U_{R7} + I_{R3}R_5 = 0{,}59\ В.$$

Таким образом, транзистор защиты VT1 начинает открываться, и дальнейший рост базового тока VT3 прекращается. Следовательно, ток коллектора выходных транзисторов при коротком замыкании в нагрузке не будет превышать значения ΔI.

Динамическая защита выходных каскадов от перегрузки по току обычно применяется в тех случаях, когда сопротивление нагрузки не изменяется. В противном случае, т. е. при изменении сопротивления нагрузки, следует пересчитать сопротивление всех резисторов в цепи защиты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. У. Титце, К. Шенк. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. — М.: Мир, 1982.

Юрий Дмитриев,
Олег Сильченко,
г. Самара

Широкополосные усилители с перекрестными обратными связями

Проектирование и настройка широкополосных усилителей связаны с определенными проблемами. Немало времени и усилий обычно уходит на их доводку. В данной статье рассматриваются варианты построения усилителей, которые, по мнению автора, позволяют ускорить разработку и настройку усилителей данного класса.

Процесс построения широкополосных усилителей связан обычно с трудоемкими расчетами на этапе проектирования и продолжительной подгонкой параметров на стадии макетирования. Этого в значительной степени удается избежать при использовании обратных связей, стабилизирующих параметры усилителя [1]. Одним из наиболее удачных схемных решений построения таких усилителей является использование перекрестных обратных связей [2—4]. Упрощенная схема варианта усилителя на трех транзисторах с перекрестными обратными связями по переменному току приведена на рис. 1.

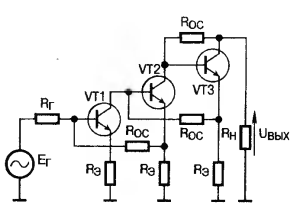


Рис. 1

При условиях

$$R_г = R_н;\ R_э \cdot R_{ос} = R_н^2$$

усилитель оказывается согласованным по входу и выходу, при этом его коэффициент стоячей волны (КСВ) не хуже 1,5, а коэффициент усиления может быть рассчитан по формуле [2]:

$$S21 = \left[(R_{ос} - R_э)/(R_н + R_э)\right]^n,$$

где n — число каскадов усилителя.

Верхняя граничная частота f_B усилителя при указанных выше условиях рассчитывается по эмпирической формуле:

$$f_в = f_т(R_н + R_э)/2(R_{ос} - R_э),$$

где f_T — граничная частота коэффициента передачи тока базы используемых транзисторов [5].

Достоинством рассматриваемого схемного решения построения широкополосных усилителей является практически неизменное значение их верхней граничной частоты при увеличении числа каскадов, что объясняется комплексным характером обратной связи на высоких частотах.

На рис. 2 приведена принципиальная схема маломощного широкополосного усилителя, разработанного на основе использования перекрестных обратных связей.

В усилителе использованы транзисторы КТ3115А, работающие в типовом режиме — ток I_K = 5 мА, напряжение $U_{КЭ}$ = 5 В.

Технические характеристики

Коэффициент усиления, дБ	21
Полоса рабочих частот, МГц	5...2000
Неравномерность АЧХ, дБ	±1,5
Максимальное выходное напряжение, В	0,1
Сопротивление генератора и нагрузки, Ом	50

Усилитель практически не требует настройки и обладает высокой повторяемостью. При его построении следует учитывать, что конструктивно цепи общей обратной связи C2R5, C5R10, C8R15 должны быть по возможности короче. Это объясняется необходимостью устранения излишней фазовой задержки в этих цепях. В противном случае на АЧХ усилителя в области верхних частот появляется подъем. При чрезмерном удлинении указанных цепей возможно самовозбуждение усилителя.

На рис. 3 приведена принципиальная схема широкополосного усилителя средней мощности на транзисторах

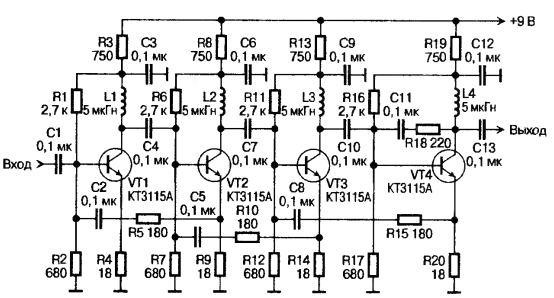


Рис. 2

КТ610А с перекрестными обратными связями.

Схема на рис. 3 имеет много общего со схемой на рис. 2. Отличие заключается в том, что при напряжении $U_{КЭ}$ всех транзисторов, равном 7 В, токи потребления транзисторов VT1, VT2, VT3, VT4 установлены равными 40, 60, 90 и 140 мА соответственно.

Технические характеристики

Коэффициент усиления, дБ	18
Полоса рабочих частот, МГц	0,2...250
Неравномерность АЧХ дБ	±1,5
Максимальное значение выходного напряжения, В	4,5
Сопротивление генератора и нагрузки, Ом	50

Недостатком усилителей с обратными связями является поглощение части выходной мощности, отдаваемой транзисторами усилителя, цепями обратной связи. Мощность, отдаваемая выходным каскадом усилителя в нагрузку, может быть рассчитана по формуле:

$$P_н = \left(\frac{R_{ос} - R_э}{R_{ос} + R_н}\right)^2 P_{тр} \quad ,$$

где $P_Н$ — мощность, отдаваемая усилителем в нагрузку; $P_{ТР}$ — мощность, отдаваемая транзистором.

Для повышения выходной мощности усилителей с перекрестными обратными связями в [6] предложено в качестве выходного каскада использовать схему Дарлингтона, т. е. последовательно-параллельное включение транзисторов [7].

На рис. 4 приведена принципиальная схема широкополосного усилителя средней мощности на транзисторах КТ996Б-2 со сложением токов двух выходных транзисторов, включенных последовательно по входу и параллельно по выходу. Токи и напряжения в рабочих точках всех транзисторов выбраны равными — $I_{КО}$ = 0,1 А; $U_{КЭО}$ = 10 В.

Технические характеристики

Коэффициент усиления, дБ	19
Полоса рабочих частот, МГц	0,2...1000
Неравномерность АЧХ, дБ	±1,5
Максимальное значение выходного напряжения, В	6,3
Сопротивление генератора и нагрузки, Ом	50

Для равномерного сложения токов выходных транзисторов VT2 и VT3 в диапазоне рабочих частот в цепь эмиттера транзистора VT3 включен разделительный конденсатор C8, поэтому с ростом частоты растет КСВ усилителя по выходу, достигая значения 4 на верхней граничной частоте.

Рассмотренные выше усилители практически не требуют подстройки, которая при необходимости изменения коэффициента усиления усилителя может заключаться в изменении номиналов резисторов общей обратной связи. Например, в усилителе по схеме на рис. 2 это резисторы R5, R10, R15.

Коэффициент усиления рассматриваемых усилителей может быть повышен на 4...6 дБ без сокращения полосы рабочих частот, если не требуется реализация малого значения КСВ усилителей по выходу. Это достигается включением резистора $R_{ОС}$ (рис. 1) в выходной каскад усилителя с перекрестными обратными связями, как показано на рис. 5.

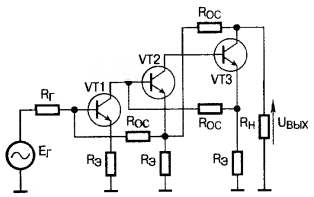


Рис. 5

Например, в усилителе, приведенном на рис. 2, цепочку C11R18 следует включить между эмиттером транзистора VT3 и коллектором транзистора VT4.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ю. А. Ежков. Справочник по схемотехнике усилителей. — М.: ИП РадиоСофт, 2002.

2. А. А. Титов. Упрощенный расчет широкополосного усилителя. — Радиотехника, 1979, № 6, с. 88—90.

3. Б. И. Авдоченко, А. Н. Дьячко, Л. П. Донских, В. Н. Ильюшенко, И. А. Колесов, С. Б. Копань, А. А. Титов, Г. Н. Якушевич. Сверхширокополосные усилители на биполярных транзисторах. — Техника средств связи. Сер. Радиоизмерительная техника, 1985, вып. 3, с. 57—60.

4. Ф. Г. Абрамов, Ю. А. Волков, Н. Н. Вонсовский, И. И. Ильющенко, О. В. Машинин, В. М. Пасхин. Согласованный широкополосный усилитель. — Приборы и техника эксперимента, 1984, № 2, с. 111, 112.

5. В. М. Петухов. Транзисторы и их зарубежные аналоги. Справочник. — М.: РадиоСофт, 2000.

6. А. А. Титов, В. Н. Ильюшенко. Широкополосный усилитель. Патент на полезную модель № 35491 Российского агентства по патентам и товарным знакам. Опубл. 10.01.2004 Бюлл. № 1.

7. Г. Н. Якушевич, И. А. Мозгалев. Широкополосный каскад со сложением выходных токов транзисторов. Сб. «Радиоэлектронные устройства СВЧ» под ред. А. А. Кузьмина. — Томск: Издво Том. ун-та, 1992, с. 118—127.

Александр Титов,
г. Томск

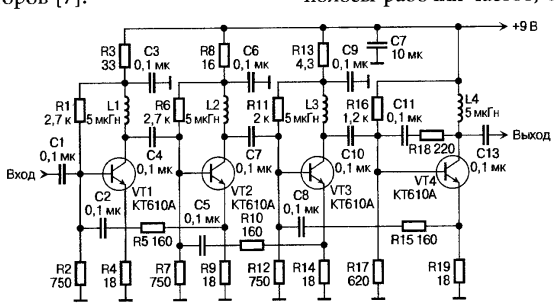


Рис. 3

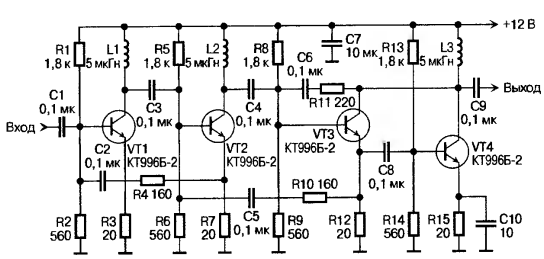


Рис. 4

Подготовка программ для микроконтроллеров семейства x51 в среде µVISION-2

На сегодняшний день приходится констатировать некоторый информационный вакуум вокруг Windows ориентированных средств проектирования для микроконтроллеров семейства x51. Данная статья описывает создание и отладку программ в интегрированной среде разработки µVISION-2. Большое внимание уделено особенностям ассемблера фирмы Keil. Статья призвана помочь разработчикам осуществить быстрый переход от DOS к Windows ориентированным средам разработки.

Эра микроконтроллеров семейства x51 началась очень давно. Их долгая жизнь не случайна и определена в основном двумя факторами — удачной архитектурой и возможностью операций с битами.

Отрадно, что все хорошее в мире имеет тенденцию к развитию. Появились восьмиразрядные приборы с другими системами команд — это микроконтроллеры PIC и AVR.

Однако, как показывает время, отказываться от старого доброго семейства x51 еще рано. Разработчики таких фирм, как SiLabs и Philips предложили конкурентоспособные изделия, вобравшие в себя много хорошего из микроконтроллеров семейств PIC и AVR. Есть множество задач, которые могут быть успешно решены с применением микроконтроллеров семейства x51. Бывает проще и дешевле воспользоваться готовыми библиотеками программ, чем стремиться к достижению максимально возможной производительности.

За последнее время вышел целый ряд книг, например [1, 2], посвященных программированию на языке ассемблера для микроконтроллеров семейства x51. Однако в этих книгах описывается старая среда программирования — DOS, с которой, например, операционная система Windows XP работает не всегда корректно. Кроме того, возможности старой среды проектирования не идут в сравнение с возможностями среды µVISION-2, а высокая популярность микроконтроллеров PIC и AVR частично определена доступными и высокоинтегрированными средами проектирования, например, AVR Studio. Наверное, не будет очень субъективным следующее высказывание — при работе в TASM написание программы неминуемо потребует нескольких рабочих циклов «отладка-прошивка», работа же в среде µVISION-2 позволяет выполнить отладку с первого раза или по крайней мере значительно сократить число рабочих циклов. Интегрированная среда разработки µVISION-2 — не волшебник, который укажет на все ошибки, допущенные вами, однако при последовательном выполнении всех шагов большая часть ошибок будет обнаружена и устранена до прошивки кода программы в микроконтроллер (редактор доступен во всех режимах работы). Демонстрационная версия µVISION-2 находится на сайте www.keil.com [3] и вполне годится для начала работы.

Итак, приступаем к рассмотрению среды разработки µVISION-2 и созданию программы. После установки среда µVISION-2 выглядит так, как показано на рис. 1, и первоначально включает три окна:

- Work space — рабочее окно (правое верхнее);
- Project Window — окно проекта (левое верхнее);
- Output Window — окно вывода (нижнее).

В верхней части экрана находится строка заголовка. В этой строке выводится имя проекта, под ней расположена строка главного меню. Главное меню содержит обширный

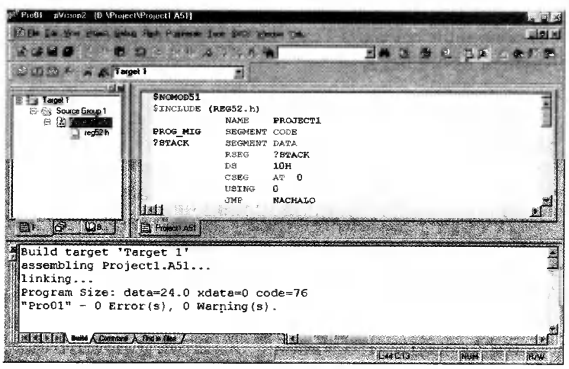


Рис. 1

набор команд для доступа к функциям µVISION-2, основные из которых рассматриваются при изучении связанных с этими командами операций.

Панели инструментов находятся под главным меню. Всего имеется три панели инструментов:

- File Toolbar — панель файлов;
- Build Toolbar — панель компоновки;
- Debug Toolbar — панель отладки.

Две из них — File Toolbar и Build Toolbar — показаны на рис. 1.

Сразу следует оговориться, что среда µVISION-2 работает с проектами. В проект может быть включено большое число автономных программ, связи между которыми задает программист особыми инструкциями ассемблера, а устанавливает компоновщик, входящий в среду µVISION-2. В нашем случае первый проект будет состоять из одной единственной программы.

Для создания нового проекта выбираем пункт главного меню Project→New Project… В открывшемся окне Create New Project создадим директорию Project, в строке File name вводим имя проекта Pro01 и сохраняем его в директории Project. В дальнейшем вызов созданного проекта возможен из среды µVISION-2 или двойным щелчком левой кнопки мыши по этому файлу. Если ваша будущая программа, например, является драйвером для какого-то устройства, то целесообразно именем этого устройства и назвать проект. В открывшемся окне Select Device for Target «Target1» (выбор устройства для проекта) выбираем фирму Atmel, а в открывшемся списке — микроконтроллер AT89S53. Подтверждаем выбор нажатием кнопки OK. В ответ на вопрос «Копировать стандартный установочный код в проект и добавить файл к проекту?» отвечаем No. Необходимо пояснить, что это за файл. Среда µVISION-2 позволяет программировать в совокупности с соответствующими аппаратными средствами микроконтроллеры, и в этом

файле содержится информация для настройки конкретного программируемого устройства. Например, для микроконтроллера P89LPC901 это информация по установке секретных битов, заданию режимов работы внутреннего генератора, сторожевого таймера и т. п.

Для начала работы над проектом необходимо создать исходный файл. Это можно сделать через пункт главного меню File→New или щелкнув по кнопке New file (крайняя слева на панели инструментов File) (рис. 2).

Рис. 2

В появившемся окне Text1 наберем одну строку нашей будущей программы

```
MOV SP,#?STACK-1
```

и нажмем клавишу Enter. Это команда загрузки указателя стека, она будет присутствовать в каждом вашем проекте.

Сохраним исходную программу через пункт главного меню File→Save as… В открывшемся окне Save As в строке File name введем имя файла Project1.A51 и сохраним его. Мы вернулись к исходному окну, но с заданным нами именем Project1.A51. Закроем файл Project1.A51, находящийся в рабочем окне, через пункт главного меню File→ Close или щелкнем по крайней справа кнопке в строке главного меню.

Созданный нами файл необходимо ввести в проект. Это можно сделать через пункт главного меню Project→Targets, Groups, Files… или щелкнув правой кнопкой мыши в окне Project Window и выбрав Targets, Groups, Files… В открывшемся окне Targets, Groups, Files… выбираем закладку Groups/Add Files, во внутреннем окне Available Groups щелкаем мышкой по Source Group1 (источник группы 1) и выбираем ставшую активной кнопку Add Files to Group… (добавить файлы в группу). В открывшемся окне Add Files to Group 'Source Group 1' в строке Files of type выбираем All files (*.*). В директории Project находятся три файла, в том числе и наш исходный Project1.A51. Щелчком левой кнопки мыши выбираем файл Project1. A51, его имя появляется в строке File name. Нажимаем на кнопку Add и закрываем окно кнопкой Close. Окно Targets, Groups, Files закрываем нажатием на кнопку OK.

Мы опять вернулись к исходному состоянию окна µVISION-2. В окне Project Window откроем директории Target1, Source Group1 и увидим наш рабочий файл Project1.A51, включенный в проект. Дважды щелкнув по имени файла Project1.A51 открываем его в рабочем окне.

Обобщим что нами сделано.

1. Создан рабочий файл Project1.A51 — в нем мы напишем нашу программу.

2. Создан проект, в котором присутствуют среди других файлов Pro01.plg, Pro01.uv2, Project1.A51.

Все вышеописанное можно проделать и другими путями, позже каждый выберет для себя оптимальный. Однако пока не осознается обязательность и смысл каждого шага, следует придерживаться этой канвы, дабы потом мучительно не соображать, почему не сохранился файл в проекте или что-то подобное.

Для дальнейшего движения вперед перейдем ненадолго от практических упражнений в область теории, а именно поговорим об ассемблере Keil. Этот ассемблер имеет классические черты и индивидуальные особенности.

Проверка корректности программы будет тем более полной, чем более четко и ясно формализованы все средства, обеспечивающие получение исполняемого кода (HEX-файла). Для получения HEX-файла в проекте необходимо выполнить следующие действия: Project Option for Target 'Target 1', в появившемся окне Option for Target 'Target 1' выбираем закладку Output и ставим галочку в строке Create HEX File (создать HEX файл). Ассемблер проверяет правильность доступа к данным и коду программ, однако для этого он должен знать, к какому типу памяти относятся операнды. При написании программы программист размещает код и данные в сегментах [4].

Сегмент — это область программной памяти или памяти данных, расположенная в некотором адресном пространстве. Каждый сегмент имеет назначаемое имя и может быть общим (перемещаемым) или абсолютным (неперемещаемым). Внутри программы код и данные бывают распределены между несколькими сегментами. При компоновке программы информация, размещенная в одноименных сегментах, будет сгруппирована в один непрерывный блок.

Функциональное назначение сегмента шире, чем простое разбиение программы на блоки кода, данных и стека. Сегментация является частью более общего механизма, связанного с концепцией модульного программирования. Это понятие предполагает унификацию оформления объектных моделей, создаваемых компилятором из различных языков программирования, т. е. можно объединить программы, написанные на языке С и на ассемблере.

Теперь можно вернуться в нашу программу и добавить несколько строк:

```
$NOMOD51
$INCLUDE (REG52.h)

                    NAME            PROJECT1
PROG_MIG            SEGMENT  CODE
?STACK        SEGMENT  DATA
                    RSEG            ?STACK
                    DS              10H
                    CSEG      AT    0
                    USING     0
                    JMP             NACHALO
                    RSEG            PROG_MIG
NACHALO:            MOV             SP,#?STACK-1
```

Вы видите, что строка, с которой мы начали писать нашу программу, оказалась последней, а перед ней появились еще 11. Забегая вперед надо сказать, что это только часть информации, которую программист должен сообщить ассемблеру.

Теперь подробно о каждой строке.

$NOMOD 51 — отмена всех предыдущих определений, т. е. наша программа начинается с чистого листа.

$INCLUDE (REG52.h) — указание ассемблеру аппаратных средств, на которых будет реализована в итоге наша программа. В данном случае это стандартный набор регистров 8052. Если, например, программа будет выполняться на микроконтроллере P89LPC915, подключаемый файл будет уже другим, хотя они и похожи, отличия все же есть. В некоторых случаях может потребоваться указание полного пути, тогда эта строка для микроконтроллера P89LPC915 будет выглядеть так: $INCLUDE (C:\Keil\C51\INC\Philips\REG932.h).

NAME PROJECT1 — имя нашей программы, которое теперь стало известно ассемблеру.

PROG_MIG SEGMENT CODE определяет сегмент программы с именем PROG_MIG и классом памяти CODE, сегмент расположен во внутреннем ПЗУ контроллера.

?STACK SEGMENT DATA определяет сегмент стека с именем ?STACK и классом памяти DATA, расположенный во внутреннем ОЗУ контроллера.

RSEG ?STACK выбирает сегмент с именем ?STACK, который является перемещаемым, т. е. его конкретное место в ОЗУ определяется ассемблером и компоновщиком.

DS 10H определяет размер сегмента стека, равный шестнадцати байтам.

CSEG AT 0 указывает, что команда JMP NACHALO, следующая за ней, будет расположена с адреса 00H памяти программы. В памяти программ контроллера существует ряд жестко определенных адресов — это адрес старта, адреса прерываний, а также дополнительные назначаемые программистом адреса, все они определяются данной инструкцией.

USING 0 обозначает, что в программных кодах будет использоваться нулевой банк регистров. Данная инструкция не обязательна, она установлена по умолчанию.

RSEG PROG_MIG выбирает сегмент с именем PROG_MIG. Сегмент PROG_MIG перемещаемый, его конкретное место в памяти программ определяется ассемблером и компоновщиком.

JMP NACHALO указывает, что следующей будет выполняться команда MOV SP,#?STACK-1, которая обозначена меткой NACHALO: .

Теперь можно продолжить написание программы. Пример взят самый простой — сформируем на выходах P0.4 и P0.5 микроконтроллера AT89S53 прямоугольные импульсы, сдвинутые по фазе на 180°.

При наборе программы не следует забывать о сохранении данных, кнопка сохранения расположена на панели инструментов File (рис. 2, третья слева). Она поможет вам избавиться от неприятностей. Там же на рис. 2 показаны кнопки «отменить ввод» и «отменить удаление», необходимые при редактировании текста программ.

Шрифты можно установить через пункт главного меню View>Options>Colors&Fonts. В этом окне в строке Font выбираем шрифт Courier New, становятся доступными русские буквы.

Продолжим ввод нашей программы:

```
NACHALO:        MOV     SP,#?STACK-1
DAT1            EQU     P0.5
DAT2            EQU     P0.4
NACHAL1:        SETB    DAT2
                CLR     DAT1
                CALL    DEL1S
                CLR     DAT2
                SETB    DAT1
                CALL    DEL1S
                JMP     NACHAL1
DEL1S:    CALL          DEL200mS
                CALL    DEL200mS
                CALL    DEL200mS
                CALL    DEL200mS
                CALL    DEL200mS
                RET
DEL200mS:       CALL    DEL50mS
                CALL    DEL50mS
                CALL    DEL50mS
                RET
DEL50mS:        CALL    DEL10mS
                CALL    DEL10mS
                CALL    DEL10mS
                CALL    DEL10mS
                CALL    DEL10mS
                RET
DEL10mS:        MOV     R1,#255
LREX:           MOV     R2,#18
LRIN:           DJNZ    R2,LRIN
                DJNZ    R1,LREX
                RET
                END
```

Несколько замечаний по программе — ассемблерные инструкции в среде µVision-2 (в отличие от TASM) пишутся без точки перед ними. Все инструкции при вводе выделяются цветом, т. е. если набрана инструкция и она не окрасилась, значит, была допущена ошибка при наборе — удобный и быстрый контроль.

Инструкция CALL заменяется ассемблером на инструкцию ACALL или LCALL автоматически.

В нижней строке среды µVISION-2 на рис. 1 расположена строка состояния. В ней отображаются все выполняемые нами действия.

Следующий этап работы — трансляция программы.

На рис. 3 показана панель инструментов компоновки программы.

Рис. 3

Щелчок по левой кнопке панели осуществит компиляцию текущего файла программы, также можно воспользоваться пунктом главного меню Project>Translate.

Для компиляции модифицированных файлов и создания проекта необходимо щелкнуть по второй слева кнопке панели инструментов компоновки (рис. 3). Также можно воспользоваться пунктом главного меню Project→Build target.

Для компиляции всех файлов и создания проекта необходимо щелкнуть по третьей слева кнопке панели инструментов компоновки (рис. 3). Также можно воспользоваться пунктом главного меню Project→Rebuild all target files.

Следующая кнопка останавливает трансляцию и компоновку программы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. В. Фрунзе. Микроконтроллеры? Это же просто! Т. 1.— М.: ООО «ИД Скимен», 2002.

2. Э. Кэспер. Программирование на языке Ассемблера для микроконтроллеров семейства i8051. — М.: Горячая линия-Телеком, 2004.

3. В. Юров. Ассемблер. — С.-Пб: «Питер», 2000.

4. www.keil.com

Продолжение следует

Андрей Сошкин,
Андрей Мамонтов,
г. Москва

Продолжение. Начало — № 1/2004

Компьютерное схемотехническое моделирование электронных устройств

В данной статье рассматривается моделирование биполярных транзисторов средствами программ Micro-Cap (MC) и Electronics Workbench (EWB).

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Биполярные транзисторы имеют трехслойную структуру с чередующимися типами проводимости — электронной (n) и дырочной (p), т. е. n-p-n или p-n-p. Наличие двух видов носителей зарядов обусловило их название.

Условное графическое обозначение биполярных транзисторов является мнемоническим и отражает эту структуру: толстая средняя черта — пластинка-основание, символизирует базу, а две косые тонкие черточки, контактирующие с ней — два других электрода, это коллектор и эмиттер. Для того, чтобы отличать транзисторы двух структур, эмиттер изображают в виде стрелки, направленной к базе, для структуры p-n-p и от нее — для n-p-n. Таким образом, и здесь, как и в диоде, за основу взято условное направление тока в цепи от плюса к минусу или в данном случае от p-области к n-области. Помня это нехитрое правило по графическому изображению транзистора на схеме легко определить его структуру, что позволяет, по крайней мере, сразу разобраться с полярностью источника питания.

Транзистор, представляющий собой электрический трехполюсник, включается в каскады в качестве четырехполюсника, поэтому один вывод неизбежно становится общим, что и дает название схеме включения.

Наиболее распространенным является включение по схеме с общим эмиттером. Схемотехника транзисторных цепей с общим эмиттером аналогична схемотехнике ламповых цепей с триодами: эмиттер — катод, база — сетка, а коллектор — анод. При этом надо иметь ввиду, что для транзисторов n-p-n напряжение коллектор-эмиттер и база-эмиттер положительное, а у транзисторов p-n-p — отрицательное.

Для грамотного использования транзисторов необходимо знать их статические вольтамперные характеристики. В обеих программах имеются готовые модели с большой номенклатурой транзисторов зарубежных производителей. Эти базовые модели могут быть отредактированы, и их характеристики при необходимости можно «подогнать» под отечественные приборы. Кроме того, в программе MC имеется специальная подпрограмма MODEL, позволяющая в интерактивном режиме провести расчет и оптимизацию параметров математических моделей аналоговых компонентов по их паспортным данным, введенным в табличной или графической форме. Здесь мы ограничимся иллюстрациями исследования этих моделей.

Получим ВАХ транзистора в программе MC.

Соберем схему по рис. 121.

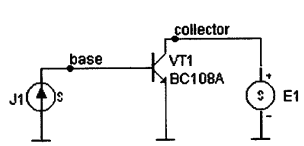


Рис. 121

Исследуем n-p-n транзистор BC108A (параметры модели этого транзистора содержатся в библиотеке программы и их можно увидеть в окне его свойств). В цепь базы транзистора включим источник тока J1, а в цепь коллектора — источник напряжения E1, эмиттер соединим с общим проводом. Получится транзистор, включенный по схеме с общим эмиттером.

Различают входные, переходные и выходные ВАХ. Входные ВАХ дают зависимость тока базы I_B от напряжения на базе относительно эмиттера U_{BE} при постоянном напряжении на коллекторе относительно эмиттера U_{CE}.

Зададим режим моделирования по постоянному току (рис. 122) и дав команду на моделирование (нажав кнопку ▶, Run или клавишу F2) получим входные ВАХ транзистора (рис. 123).

Далее переустановим в окне моделирования параметры согласно рис. 124 и получим соответственно проходную (переходную) ВАХ, в которой ток коллектора I_C зависит от тока базы I_B (рис. 125).

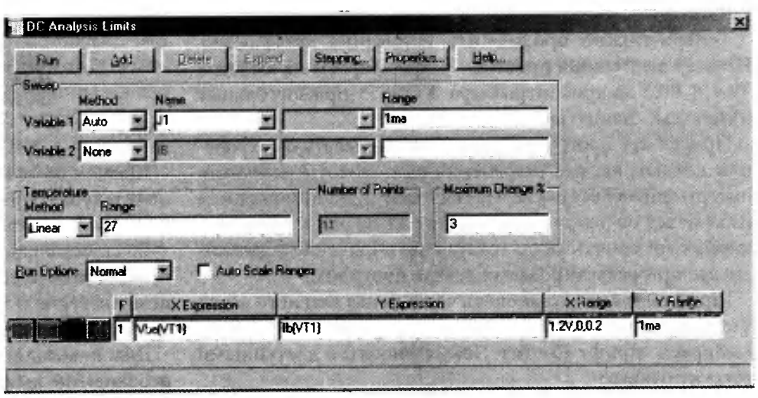


Рис. 122

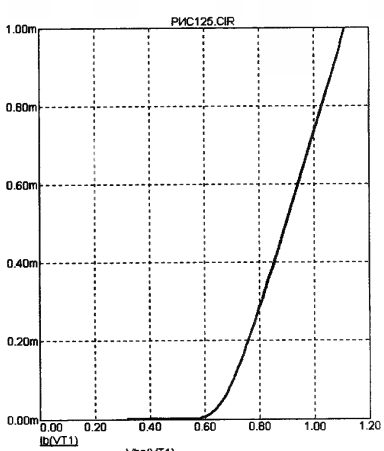


Рис. 123

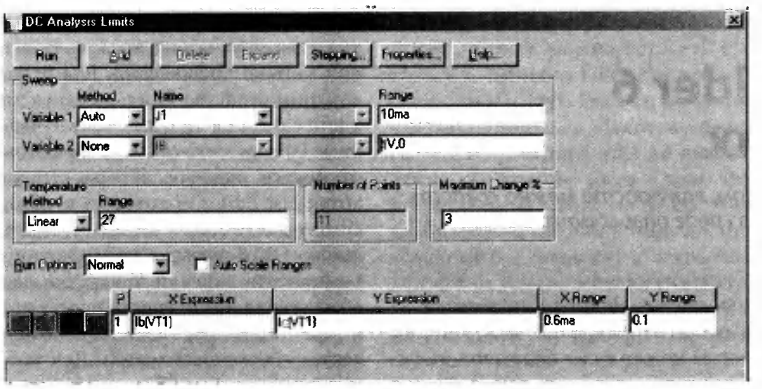


Рис. 124

Наконец, сделав установки по рис. 126, получим семейство выходных ВАХ (рис. 127), выражающих зависимость тока коллектора I_C от напряжения на коллекторе относительно эмиттера U_{CE} при различных токах базы.

На выходных ВАХ (рис. 127), наиболее важных для анализа работы усилительного каскада, показаны так называемые «линия нагрузки» ВС и «рабочая точка» А, о которых речь пойдет при моделировании усилительных каскадов.

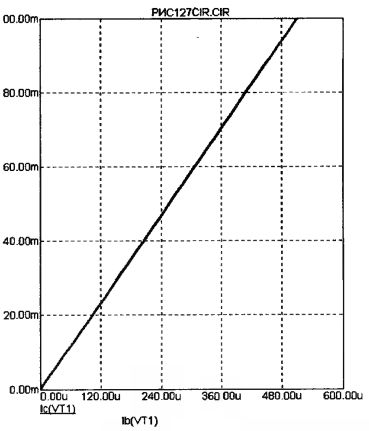


Рис. 125

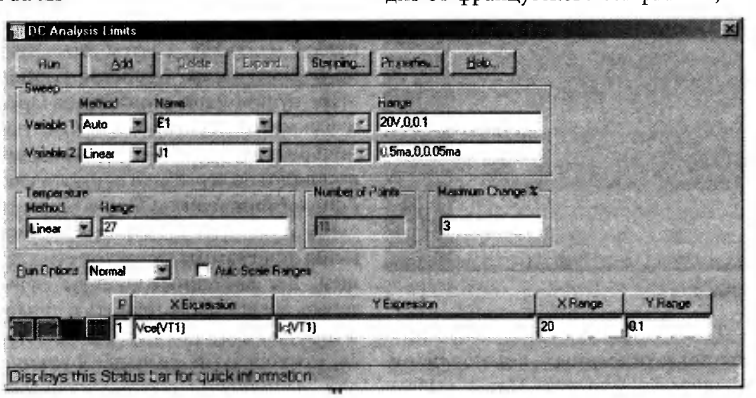


Рис. 126

В программе MC исследуем составные транзисторы.

Из двух транзисторов одинаковой структуры можно сделать составной прибор (рис. 128) по схеме Дарлингтона, названной по фамилии американского ученого Сиднея Дарлингтона — одного из основоположников теории электрических фильтров.

Выполнив моделирование для этой схемы, получим ВАХ (рис. 129), для которых по оси ординат в задании на моделирование Y Expression был выбран суммарный коллекторный ток $I_C(VT1)+I_C(VT2)$.

В полученных кривых заметно увеличение коллекторного тока на порядок.

Возможно также объединение по схеме на рис. 130 двух различных по структуре транзисторов — VT1 (n-p-n) и VT2 (p-n-p) — так называемая комплементарная схема.

Прилагательное «комплементарный» происходит от английского слова complement, которое, в свою очередь, имеет корни в латинском «complementum», означающем пополнение, дополнение. (Не следует путать это слово со словом-паронимом «комплимент», которое происходит от французского compliment).

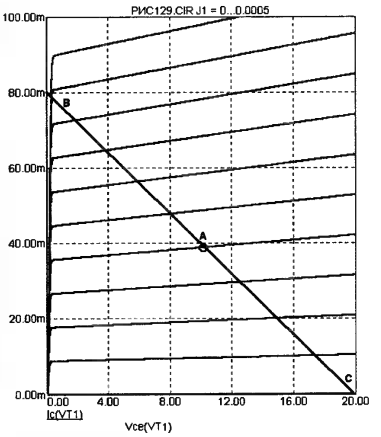


Рис. 127

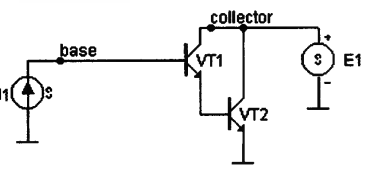


Рис. 128

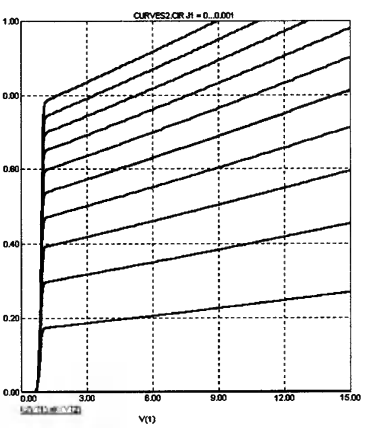


Рис. 129

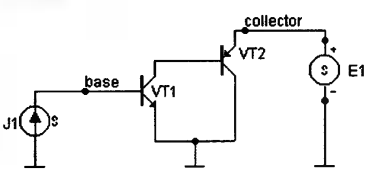


Рис. 130

ВАХ для комплементарной схемы весьма близки к показанным на рис. 129.

Схемы (пары) Дарлингтона и комплементарная широко используется в интегральной схемотехнике.

Продолжение следует

Генрих Кардашев,
г. Москва

Продолжение. Начало — № 3/2004

Borland C++ Builder 6 для начинающих

В этой статье рассказывается о том, как просто можно создать программу текстового редактора в среде разработки Borland C++ Builder 6.

ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР

В предыдущий раз мы рассмотрели свойства компонентов. Рассмотрим на примере создания программы текстового редактора применение этих свойств на практике.

Запустите Borland C++ Builder 6 и создайте новый проект с именем edit. Поскольку текстовый редактор предназначен для работы с текстовыми строками, нам понадобится компонент Memo из закладки Standard. Поместите его в центре формы проекта. Теперь поместите на форму компонент MainMenu из той же закладки. И наконец, добавьте на форму три стандартные кнопки BitButton из закладки Additional. Они понадобятся для формирования в программе органов управления для открытия и сохранения файлов и для других функций. Поскольку редактор при открытии и сохранении файлов должен обращаться к дисковым накопителям, необходимо добавить на форму диалоги Open Dialog и Save Dialog из закладки Dialogs. Кроме того, добавьте на форму диалог Font Dialog из этой же закладки. Он облегчит нам задачу настройки шрифтов из программы. Эти компоненты являются невидимыми при работе программы, поэтому место их размещения на форме не имеет значения. Но все же лучше располагать такие компоненты без наложения для того, чтобы они не скрывали друг друга. Последний компонент, который необходимо поместить на форму — PopMenu из закладки Standard. Этот компонент позволит создать в программе контекстное меню, появляющееся при нажатии правой кнопки мыши.

Теперь разместим выбранные компоненты на форме и настроим их свойства. Начнем с главного компонента — формы приложения. Выберите в инспекторе объектов в поле селектора объектов Form1. Измените свойство Caption этого объекта на название программы редактора Edit. Размеры формы установите с помощью мыши, захватив любой угол или сторону формы и перемещая их в любом направлении. Размер формы всегда можно будет поправить на любом этапе разработки программы. В свойстве Position установите значение poDesigned. Это обеспечит центровку нашего приложения при запуске по центру экрана. Щелкните по компоненту MainMenu левой кнопкой мыши, при этом откроется окно дизайнера меню. В свойстве Caption инспектора объектов введите название &File и нажмите клавишу Enter. На форме приложения при этом появится строка главного меню. Таким образом, на форме можно будет видеть поле главного меню и учитывать его размеры. Теперь можно временно закрыть окно дизайнера меню и приступить к размещению остальных компонентов на форме. Вначале разместите компонент Memo так, чтобы он занимал всю ее свободную область, за исключением правой полосы для кнопок. Кнопки расположите друг под другом, не изменяя их при этом их размеров. В оставшейся свободной части формы можно расположить оставшиеся невидимые компоненты приложения. Не забывайте, что перемещать компоненты можно группами, предварительно выделив эти компоненты с помощью мыши. В результате после размещения всех компонентов должна получиться форма, подобная приведенной на рис. 1.

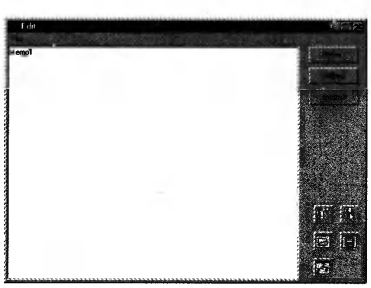


Рис. 1

Теперь приступим к изменению свойств остальных компонентов. Начнем с компонента Memo, выбрав его в инспекторе объектов. Вначале удалим надпись Memo1 с компонента для того, чтобы она не появлялась при запуске приложения. Для этого изменим свойство Lines, щелкнув по кнопке с тремя точками правее надписи Tstrings этого свойства, при этом откроется окно редактора строки String List Editor, в котором необходимо удалить строку Memo1 и нажать кнопку OK. Теперь добавим для этого компонента линейки прокрутки для обеспечения возможности просмотра и редактирования больших областей текста с помощью мыши. Для этого в свойстве ScrollBars необходимо выбрать значение ssBoth. Для того, чтобы работало контекстное меню, необходимо выбрать значение PopupMenu1 в свойстве PopupMenu. Это значение станет доступным после помещения на форму проекта диалога PopMenu. Настройку данного меню произведем позже.

Настроим свойства кнопок в соответствии с выполняемыми ими функциями. Для этого изменим поочередно свойство Caption для всех трех кнопок на Open, Save и Font. Для того, чтобы тип курсора изменялся при попадании на эти кнопки, изменим еще одно групповое свойство кнопок. Для этого выделите все три кнопки с помощью мыши и в появившемся объекте 3 items selected в инспекторе объектов измените свойство Cursor на значение crHandPoint.

Настройку главного меню произведем при помощи дизайнера меню, вызываемого двойным щелчком левой кнопки мыши по компоненту MainMenu. Ранее мы уже ввели один пункт меню под названием &File. Символ & перед File производит выделение первой буквы названия в меню для быстрого доступа путем ее подчеркивания. Следующий по горизонтали пункт меню назовем &Edit. Теперь заполним пункты меню по вертикали. Щелкните левой кнопкой мыши по пункту меню File, а затем ниже него по пустому полю. Свойство Caption этого пункта меню измените на Open и нажмите клавишу Enter. Следующий пункт назовите Save. Аналогично расширим по вертикали пункты меню Edit, добавив пункты Font и Clear.

На этом этап создания главного меню программы редактора завершен. Все введенные пункты меню теперь будут присутствовать в приложении, но пока не будут выполняться, поскольку не созданы функции для выполнения соответствующих команд. Создадим эти функции.

Для этого воспользуемся компонентами диалогов, помещенных ранее на форму приложения. С помощью диалогов работы с файлами можно задать направленность приложения путем определения типов открываемых файлов. Это делается с помощью свойства Filter.

Выберите в инспекторе объектов компонент OpenDialog1 и нажмите кнопку с тремя точками правее свойства Filter. При этом появится диалоговое окно Filter Editor, в котором производится настройка типов файлов. Окно разбито на два поля. В левом поле Filter Name вводятся строки пояснения. В правом поле Filter вводятся расширения файлов. Для указания нескольких типов файлов необходимо записать их через точку с запятой. Если задать несколько строк с пояснениями и типами файлов, то при работе приложения их можно будет выбирать с помощью выпадающего списка. Заполните оба поля диалогового окна Filter Editor в соответствии с рис. 2 и нажмите кнопку OK.

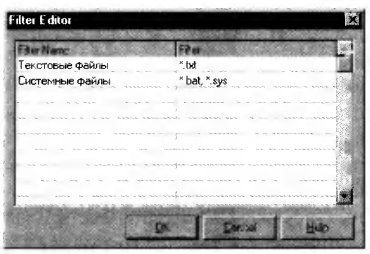


Рис. 2

Аналогично выполните настройку компонента SaveDialog1. Для корректной работы приложения оба эти диалога должны иметь одинаковую настройку свойства Filter. Чтобы облегчить эту работу и избежать ошибок можно использовать два способа. Первый способ уже был показан ранее, когда несколько компонентов кнопок выделялось в группу и задавалось свойство одновременно для всех выделенных компонентов. Второй способ заключается в том, что задав свойство для одного из компонентов, можно скопировать и вставить его для других компонентов с помощью комбинации клавиш Ctrl+C и Ctrl+V, соответственно. Так, после задания свойства Filter компонента OpenDialog1 с помощью Filter Editor в поле этого свойства появится запись: «Текстовые файлы|*.txt|Системные файлы|*.bat; *.sys». Выделив эту строку с помощью клавиш Home и Shift+End, скопируйте ее с помощью клавиш Ctrl+C. Теперь можно вставить эту строку в свойство Filter для компонента SaveDialog1. Замечательно то, что работу этих компонентов можно сразу же проверить, еще до выполнения программы. Дело в том, что после задания свойства Filter этих компонентов двойной щелчок по компонентам приводит к открытию диалога на основе заданных свойств. Например, после двойного щелчка по компоненту SaveDialog1 откроется окно, изображенное на рис. 3.

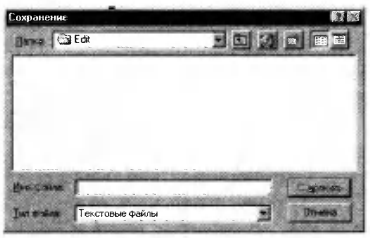


Рис. 3

Теперь настроим компонент FontDialog1. Основным свойством данного компонента является Font, с помощью которого можно выбрать тип шрифта, его цвет, размер, стиль и т. п. Эти установки будут использоваться в программе редактора по умолчанию. С помощью свойства Options можно настроить вид и поведение диалога. Например, можно добавить в него кнопку справки, установив для подсвойства fdShowHelp значение true.

Нам осталось произвести настройку контекстного меню PopMenu. Данная настройка производится аналогично настройке главного меню MainMenu. Добавим в это меню пункты с названиями Font и Clear через свойство Caption, как это показано на рис. 4.

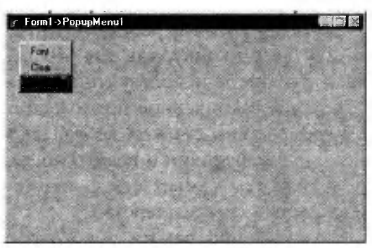


Рис. 4

Кроме того, добавим название PopupMenu1 в свойство PopupMenu главной формы приложения.

На этом настройка компонентов завершена и получена визуальная оболочка программы редактора. Однако без программных строк это приложение работать не будет. При запуске приложения будут открываться пункты меню, можно вводить и редактировать текст, но только потому, что эти функции заложены в сами компоненты. Нажатие на кнопки и вызов команд из главного меню не будут приводить к каким-либо действиям программы, поскольку не заданы функции обработки событий. Вдохнем в приложение жизнь. В программе редактора имеется четыре типа операций — открытие и сохранение файлов, настройка шрифтов и очистка окна редактора. Все эти операции можно вызвать разными способами, например, с помощью главного меню, кнопок или контекстного меню. Можно написать функции для каждого способа, но это усложнит программу и внесет трудности при ее создании и отладке. Правильнее будет создать такую функцию один раз, а затем задать ее выполнение другим компонентам с помощью инспектора объектов. Создадим функцию для команды главного меню Open. Для этого откройте на главной форме пункт меню File и щелкните левой кнопкой мыши по команде Open. При этом активизируется редактор кода с заготовкой функции обработки. Введите между фигурными скобками следующий текст программы:

```
if (OpenDialog1->Execute())
    Memo1->Lines->LoadFromFile(OpenDial
og1->FileName);
```

Обратите внимание на то, что среда разработки сама предоставляет выбор функции из множества разрешенных для компонента после введения символа стрелки. Эти программные строки позволят при запуске диалога открытия файла загрузить содержимое открываемого файла в свойство Lines компонента Memo1 для отображения на экране. Теперь задайте выполнение этой функции кнопке команды Open с помощью инспектора объектов. Для этого щелкните левой кнопкой мыши по кнопке Open и выберите в инспекторе объектов закладку Events (события). Раскройте список в событии OnClick и выберите в нем строку Open1Click. Таким образом, будет задано, что при нажатии кнопки в программе редактора запустится та же функция открытия файла, что и для команды Open из пункта главного меню File. Запустите программу с помощью команды Run и убедитесь, что команды открытия файла работают и выбирают заданные нами типы файлов.

Аналогично создадим функции для оставшихся трех типов команд. Начнем с команды сохранения файлов Save. Откройте на главной форме пункт меню File и щелкните левой кнопкой мыши по команде Save, при этом активизируется редактор кода с заготовкой функции обработки. Введите между фигурными скобками следующий текст программы:

```
if (SaveDialog1->Execute())
    Memo1->Lines-
>SaveToFile(SaveDialog1->FileName);
```

Эти программные строки позволят при запуске диалога сохранения файла загрузить содержимое свойство Lines компонента Memo1 в сохраняемый файл. Задайте выполнение этой функции кнопке с командой Save с помощью инспектора объектов. Для этого щелкните левой кнопкой мыши по кнопке Save и выберите в инспекторе объектов закладку Events. Раскройте список в событии OnClick и выберите в нем строку Save1Click. Таким образом, будет задано, что при нажатии кнопки Save в программе редактора запустится та же функция сохранения файла, что и для команды Save из пункта главного меню File.

Для команды Font из пункта Edit главного меню введите с помощью инспектора кодов строки:

```
if (FontDialog1->Execute())
  Memo1->Font=FontDialog1->Font;
```

Это позволит изменять шрифт текста компонента Memo1 при открытии диалога Font Dialog1. Задайте выполнение этой функции кнопке с командой Font с помощью инспектора объектов. Для этого раскройте список в событии OnClick и выберите в нем строку Font1Click.

Теперь добавим вызов этой функции в контекстное меню. Выделите на форме компонент PopupMenu1 и в инспекторе объектов щелкните по кнопке с тремя точками в строке свойства Items, при этом откроется окно Form1→PopupMenu. В этом окне щелкните на поле Font и в инспекторе объектов на закладке Events выберите для события OnClick строку Font1Click.

Наконец, создадим функцию обработки очистки редактора. Для команды Clear из пункта Edit главного меню введите с помощью инспектора кодов одну строку:

```
Memo1->Clear();
```

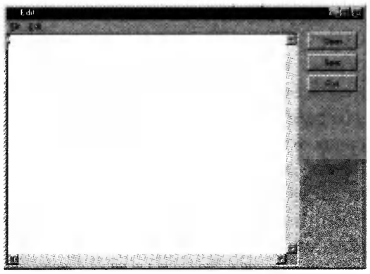


Рис. 5

Эта программная строка будет производить очистку содержимого компонента Memo1. Аналогично предыдущему описанию назначьте выполнение данной функции через контекстное меню, выбрав строку Clear1Click для события OnClick.

На этом создание программы редактора заканчивается и можно приступить к его проверке. Предварительно сохраните весь проект в отдельном каталоге, например, с именем Edit, а затем запустите его на выполнение. На экране должно появиться окно, аналогичное изображенному на рис. 5.

Нажмите кнопку Open и выберите какой-либо файл на диске, после чего загрузите его в редактор. Измените с помощью клавиатуры текст файла и сохраните его с новым именем, нажав кнопку Save. Нажмите кнопку Font и измените шрифт текста редактора. Убедитесь в том, что текст изменился в соответствии с вашими установками. Из главного меню выполните команду Clear и убедитесь, что поле редактирования очистилось. Проверьте работу остальных пунктов главного меню. Далее проверьте работу контекстного меню, нажав правую кнопку мыши на поле редактора и выбрав одну из двух команд. Обратите внимание на то, что при наведении курсора на кнопки он должен менять свою форму.

Редактор готов к работе. Создайте для него иконку, как мы это делали раньше и используйте его как отдельное законченное приложение. Со временем вы сможете добавлять в него новые функции и возможности, повышая тем самым его функциональность и свое мастерство.

Готовую программу текстового редактора вместе с проектом можно найти на сайта редакции журнала по адресу www.dian.ru/programs.

Продолжение следует

Олег Вальпа,
г. Миасс Челябинской обл.

RIGHTMARK AUDIO ANALYZER

Следующей программой, получившей большую популярность, является RightMark Audio Analyzer. Это совместный проект iXBT.com и Digit-Life. Благодаря постоянной работе над проектом, продуманному интерфейсу и возможности простого и наглядного сохранения результатов для публикаций в журналах и Интернете, программа широко применяется для испытания и оценки самой разнообразной аппаратуры. Автор программы — Алексей Лукин, тем не менее поддержки русского языка нет. Программа предназначена для испытания звуковых карт компьютеров и внешних устройств. Рассмотрим последнюю версию 5.4, которую можно бесплатно переписать с сайта http://audio.rightmark.org.

Основные режимы использования программы

Проверка тракта воспроизведения звуковой карты. Для этого надо иметь высококачественную звуковую карту. Выход испытуемой звуковой карты подключается ко входу образцовой. Программа RMAA воспроизводит свой тестовый сигнал через выход тестируемой звуковой карты и анализирует результат, записанный через вход образцовой карты. Предполагается, что образцовая карта практически не вносит дополнительных искажений, на ее месте можно попробовать Creative Labs Audigy 2.

Проверка тракта записи звуковой карты. Для этого также нужно иметь образцовую карту, которая будет воспроизводить тестовые сигналы. Выход образцовой карты подключается ко входу тестируемой. Программа RMAA воспроизводит свой тестовый сигнал и анализирует результат.

Проверка сквозного тракта записи и воспроизведения звуковой карты. Дополнительное оборудование не требуется, необходима только возможность работы звуковой карты в дуплексном режиме (возможность одновременного воспроизведения и записи сигнала). Для тестирования надо соединить линейный выход звуковой карты с ее линейным входом.

Проверка цифровых входов и выходов звуковой карты. Для проверки можно воспользоваться методами, описанными выше.

Проверка внешних звуковых устройств реального времени. Для проверки внешнего устройства нужна высококачественная звуковая карта.

Продолжение. Начало — № 3/2005

Компьютер — измерительный комплекс

Выход звуковой карты надо подключить ко входу внешнего устройства, а выход внешнего устройства — ко входу звуковой карты. Для устранения перегрузки звуковой карты по входу возможно придется использовать дополнительный делитель напряжения. При снятии АЧХ пассивных четырехполюсников из-за ослабления сигнала можно использовать микрофонный вход или дополнительный высококачественный нормирующий усилитель. Искажения звуковой карты должны быть гораздо меньше искажений испытуемого устройства. В качестве такой образцовой карты в большинстве случаев можно использовать упомянутую выше Creative Labs Audigy 2. Приведем основные характеристики этой карты, взятые с сайта http://www.tomshardware.com/.

Неравномерность АЧХ в диапазоне 40 Гц…15 кГц, дБ	+0,01…–0,05
Отношение сигнал/шум (МЭК-А), дБ	98
Динамический диапазон (МЭК-А), дБ	95
Коэффициент нелинейных искажений, %	0,0015
Коэффициент интермодуляционных искажений, %	0,0069

Проверка внешних устройств в асинхронном режиме. Для проверки таких устройств, как магнитофон или проигрыватель CD, в RMAA имеется асинхронный режим тестирования. Он позволяет записать испытательный сигнал в WAV-файл. Для проверки ЦАП CD-плеера этот WAV-файл записывается на CD, затем он воспроизводится CD-плеером и записывается звуковой картой в другой WAV-файл. С помощью RMAA происходит сравнение двух сигналов и выдается результат. Аналогично проверяется магнитофон.

Установка и запуск программы

Для установки надо запустить файл rmaa54.exe объемом всего 502 Кб. После установки в файле C:\Program Files\RMAA54\INSTALL.LOG будет вся информация о произведенных в реестре и файловой системе изменениях, поэтому программу можно будет корректно деинсталлировать.

Запустим программу при помощи ярлыка или файла C:\Program Files\RMAA54\rmaa.exe. Внешний вид основного окна программы показан на рис. 17.

Как правило, в компьютере установлена одна звуковая карта, поэтому закладку Wave mapper (активная звуковая карта) можно не трогать, владельцы же нескольких звуковых карт на компьютере могут в этом окне выбрать необходимую. После нажатия кнопки Modes будет выведен список поддерживаемых режимов. На рис. 18 показаны допустимые режимы для интегрированной звуковой карты C-Media.

С помощью этой опции можно проверить наличие режима full duplex и, таким образом, пригодность звуковых карт для работы с программами, описанными в данной статье в предыдущих номерах журнала.

Режим измерений для лучшей совместимости лучше выбрать 16 бит, 44,1 кГц. Далее надо соединить линейный вход и выход звуковой карты при помощи короткого экранированного шнура. Кнопка Ping позволяет проверить наличие такого шнура и правильность его распайки.

В данной версии программы появился Wizard (помощник), при освоении программы лучше воспользоваться им. Итак, нажимаем WIZARD—Next—OK—Next. На экране появятся два окна — Adjusting levels (настройка уровней) и Spectrum of recorded test signal (спектрограмма измерительного сигнала). Снимок экрана показан на рис. 19.

Для калибровки уровней необходимо добиться зеленого цвета в окне SUMMARY. Это достигается установкой уровней в микшере звуковой карты. Например, для звуковой карты SB Live! в операционной системе Windows XP надо в микшере звуковой карты включить на воспроизведение только выходы «Управл.» и «Звук», на запись поставить галочку в окошке «Выбрать» для линейного входа. Для получения достоверных результатов обязательно выключить все эквалайзеры, 3D-эффекты и т. д. В правом окне со спектрограммой уровень гар-

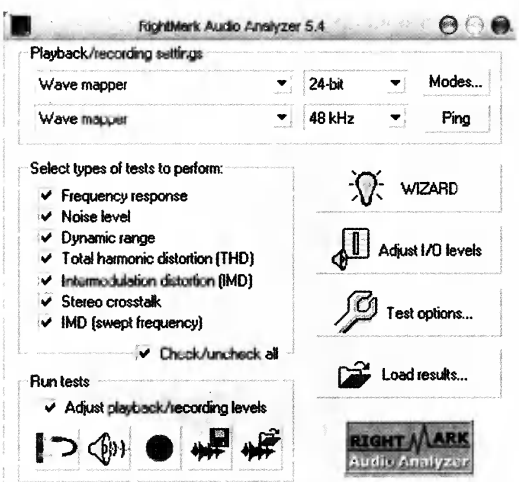


Рис. 17

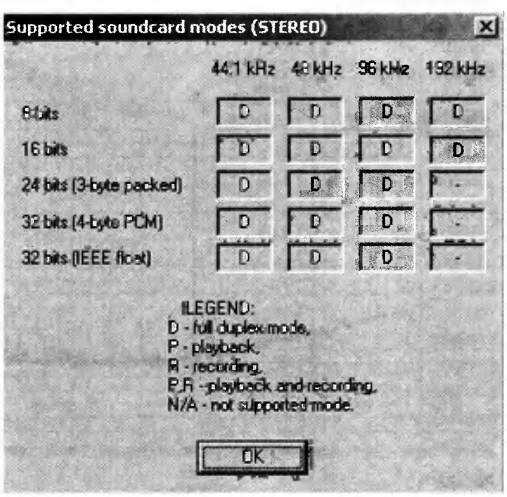


Рис. 18

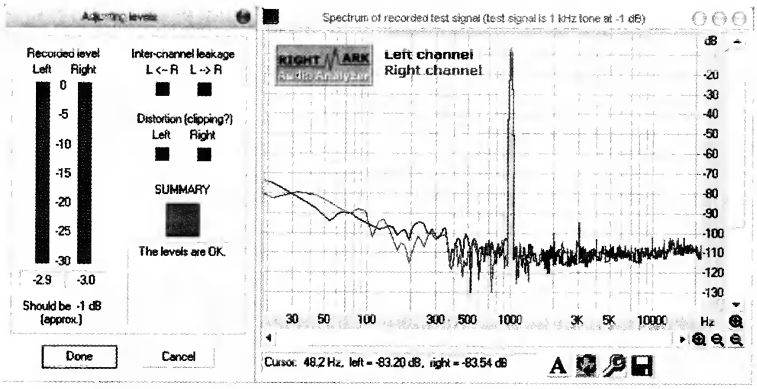


Рис. 19

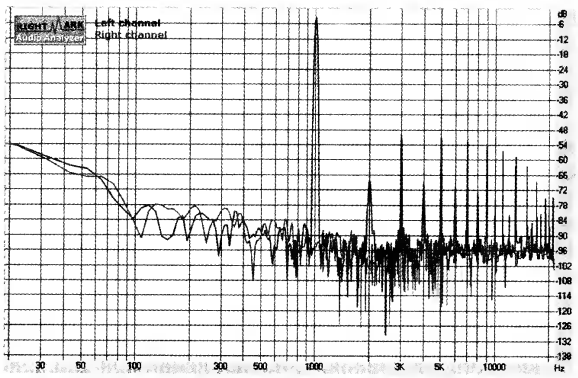


Рис. 20

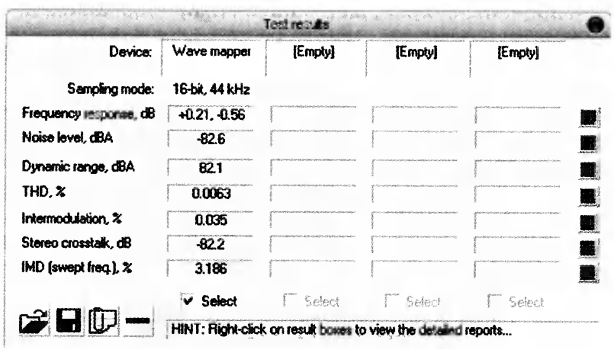


Рис. 21

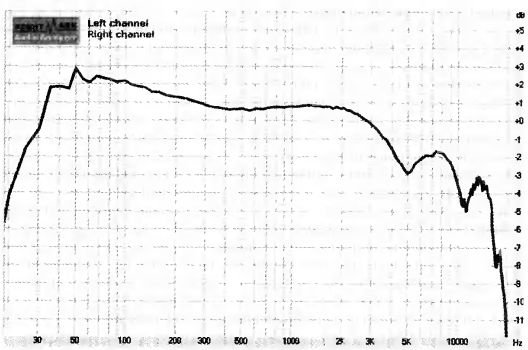


Рис. 23

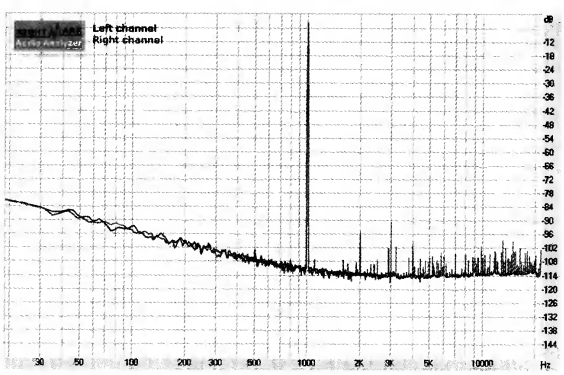


Рис. 22

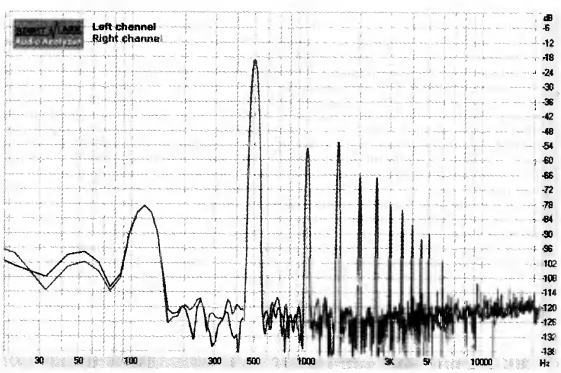


Рис. 24

моник должен быть не хуже –60 дБ (КНИ = 0,1 %). Частокол гармоник говорит о перегрузке по входу или неудовлетворительном качестве звуковой карты. У средней карты уровень помех и гармоник находится на уровне –90...–100 дБ (рис. 19). Для сравнения на рис. 20 показана спектрограмма для обычной встроенной звуковой карты C-Media. Вряд ли она годится для измерений.

После калибровки надо нажать кнопку Done и дождаться завершения процесса измерения. В новом окне нажать OK для записи результатов в любую из четырех ячеек. На рис. 21 показано окно Test resultat.

В свободные три столбца можно для сравнения загрузить результаты других измерений. В колонке приведены численные результаты, для получения спектрограммы надо щелкнуть по иконке справа. На рис. 22 показана спектрограмма для рассматриваемого сигнала.

Отчетливо видны вторая, третья, четвертая гармоника. Максимальная амплитуда — у третьей. Если поместить курсор мыши в окно спектрограммы, внизу будут показаны частота и уровень сигнала, при этом не надо попадать в линию графика. Если в окне с

результатами тестов будет несколько заполненных колонок, можно поставить под ними галочки Select и наблюдать на одной спектрограмме результаты сразу нескольких измерений.

На рис. 21 кнопки открытия и сохранения файлов позволяют загрузить или сохранить результаты измерений в SAV-файл для последующего просмотра. В SAV-файле сохраняются все детали отчетов и графики. Кнопка генерации отчета в виде HTML позволяет сгенерировать наглядный файл HTML на русском или английском языке с результатами измерений.

Для проверки сквозного канала магнитофона сначала с помощью программы были сохранены на жестком диске файлы Calibration signal.wav и Test signal (44 kHz 16-bit).wav. Затем с помощью первого файла установлен уровень записи магнитофона, после этого записан второй файл. Программа переведена в режим записи (красная кнопка на рис. 17) и записан сигнал с магнитофона через вход звуковой карты. На рис. 23 показана АЧХ магнитофона.

Конечно, можно пользоваться программой и как анализатором спектра внешнего сигнала. Для этого достаточно нажать кнопку Wizard, установить с помощью микшера компьютера нужную чувствительность и наблюдать входной сигнал, его можно сохранить. В качестве примера на рис. 24 показан спектр сигнала типичного транзисторного усилителя.

Видно большое число гармоник частоты 500 Гц. Сигнал со специальной имитацией транзисторных искажений взят с тестового компакт диска.

Продолжение следует

Сергей Белов,
г. Москва

Спидометр на базе микроконтроллера HT49R30A-1

Быстрое развитие электроники привело к тому, что значительная часть информации в автомобиле представляется в цифровом виде, например, скорость, отображаемая в виде цифр. В статье проиллюстрировано использование микроконтроллера HT49R30A-1 фирмы Holtek в цифровом автомобильном спидометре. Этот микроконтроллер входит в семейство ИС со встроенными драйверами ЖКИ. При разработке использовался встроенный эмулятор TICE49C-CCAA.

Микросхема HT49R30A-1 представляет собой недорогой семиразрядный однократно программируемый (OTP) микроконтроллер с RISC-архитектурой, разработанный специально для применения в изделиях с большим числом входов/выходов. Структура микроконтроллера приведена на рис. 1, разводка выводов для двух типов корпусов — на рис. 2. Кроме драйвера ЖКИ в состав микроконтроллера входят таймер/счетчик событий с прерыванием по переполнению, узел запуска из «спящего» режима, часы реального времени, драйвер зуммера (или «пищалки») и порты ввода/вывода с программным управлением. Выполнение команды за один цикл и двухкаскадная конвейерная архитектура обеспечивают высокое быстродействие микроконтроллера и применение в изделиях с низким

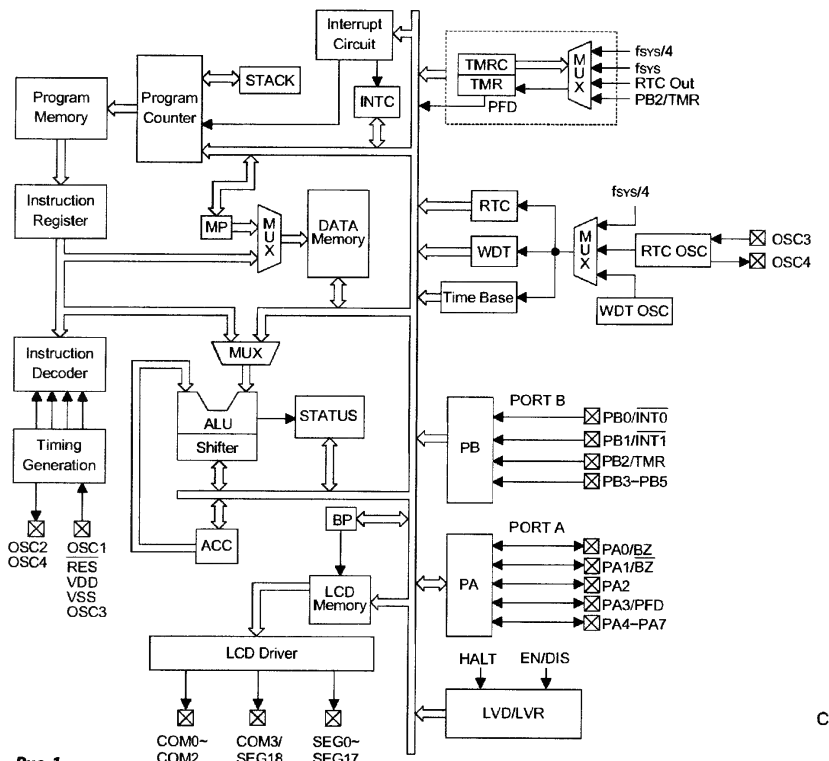


Рис. 1

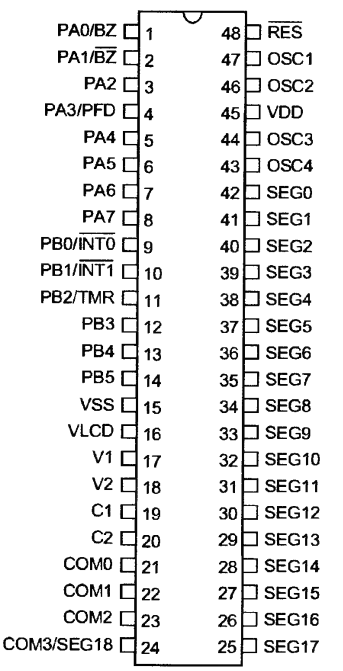


Рис. 2

уровнем потребления и ЖК-дисплеем 18×4 сегмента. Этот микроконтроллер имеет 63 мощные команды и сторожевой таймер (WDT), который прекращает выполнение программы при случайном переходе в неопределенную область памяти, что может быть вызвано каким-либо неуправляемым внешним событием (например, электрическими помехами). Если это происходит, то сторожевой таймер перезапустит микроконтроллер для предотвращения любых сбоев в работе. Схема контроля напряжения питания автоматически выполнит перезапуск HT49R30A-1, если напряжение питания упадет ниже заданного уровня. Объем памяти программ составляет 2К×14 бит, что вполне достаточно для большинства применений, память данных — 96×8 бит. Прерывания делятся на два внешних и три внутренних от таймера/счетчика.

Четырнадцать двунаправленных входов/выходов включают восемь выводов портов PA и шесть выводов портов PB. Выводы PA0 и PA1 используются для подключения зуммера. Для выводов INT и TMR предназначены порты PC0 и PC1, а порты PA3, PB0, PB1 и PB2 — для PFD, INT0, INT1 и TMR соответственно.

На рис. 3 приведена принципиальная схема цифрового спидометра, состоящего из микроконтроллера HT49R30A-1 и нескольких внешних элементов. При разработке использовались средства проектирования TICE49C-CCAA, HT-IDE3000 и моделирования ЖКИ.

Как указывалось, на ЖК-дисплее отображается скорость автомобиля в км/ч или мили/ч и направление движения — вперед или назад. Вид ЖКИ показан на рис. 4.

Для измерения скорости автомобиля используется оптический датчик, формирующий соответствующие импульсы. Имеются также два таймера — один для генерации интервалов 125 мс, второй формирует период обновления информации на ЖКИ. Внутри интервала 125 мс для подсчета числа импульсов, поступающих от оптического датчика, используется внешнее прерывание HT49R30A-1. Таким образом, по известной частоте импульсов можно рассчитать скорость автомобиля и отобразить ее на ЖКИ.

Оптический датчик, применявшийся в этой устройстве, крепился непосредственно к колесу автомобиля (размер 195/60 R14). Датчик имеет два канала (A и B) и формирует 100 импульсов на каждый оборот колеса. В этом эксперименте автор использовал равенство X = 0,5334Y для расчета скорости автомобиля, где X — скорость автомобиля в км/ч, а Y — число импульсов, сформированных в интервале 125 мс. Скорость автомобиля в милях/ч рассчитывается как Z = 0,3314Y. Для выбора единиц измерения скорости используется вывод PA7.

Импульсы каналов A и B сдвинуты относительно друг друга на 90°, что позволяет определить направление движения автомобиля (вперед или назад). При использовании одного канала определяется только скорость автомобиля.

Язык программирования Holtek C позволяет работать только с целыми числами без знака (не поддерживает данные с плавающей запятой), поэтому вычисление по формулам X = 0,5334Y и Z = 0,3314Y было не слишком легким. Чтобы решить эту задачу, автор определил четыре набора целых чисел KM_FACTOR(53), KM_ROUND_OFF(100), MILE_FACTOR(33), MILE_ROUND_OFF(100) для этих расчетов. Подробности приведены в программе.

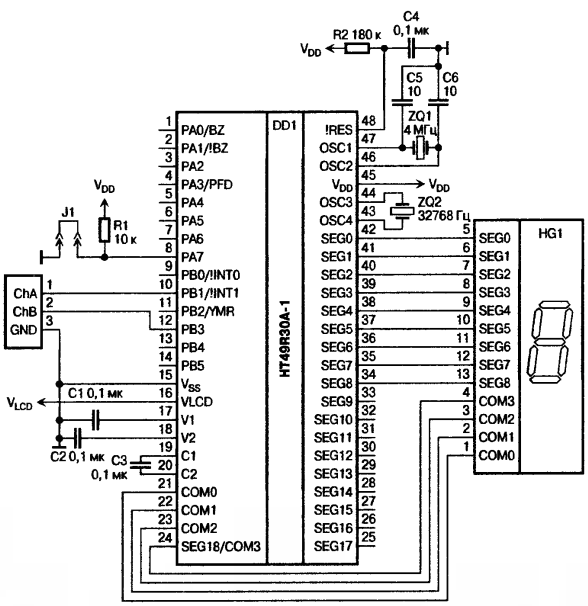


Рис. 3

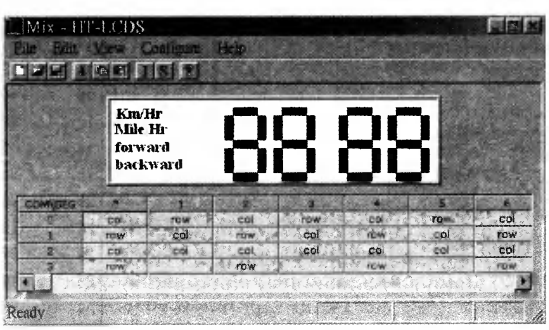


Рис. 4

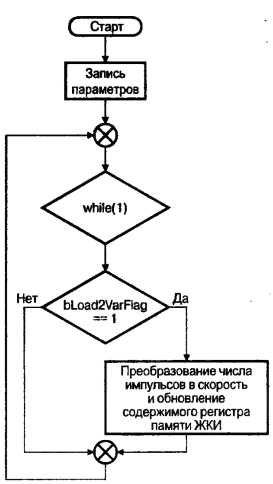


Рис. 5

На рис. 5 приведена блок-схема программы преобразования числа импульсов в скорость и обновления содержимого регистра памяти ЖКИ. Алгоритм подпрограммы обработки внешнего прерывания показан на рис. 6, обработки прерывания временной базы — на рис. 7, обработки прерывания часов реального времени — на рис. 8.

Действия, производимые подпрограммами:

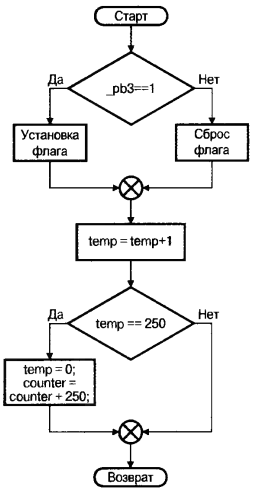


Рис. 6

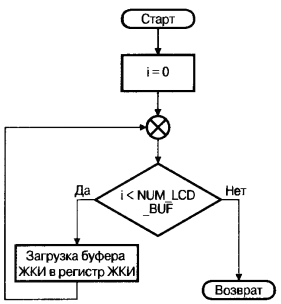


Рис. 7

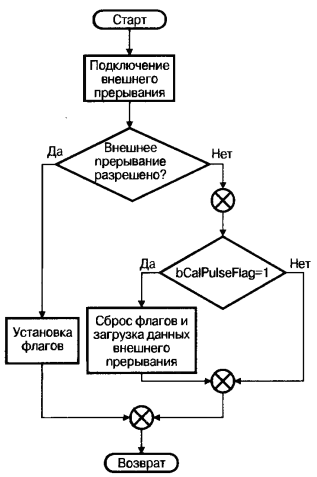


Рис. 8

IniGlobalFile — установка начальных значений параметров в Global.c;

IniHardware — установка начальных значений в регистры микроконтроллера;

Cnt2Speed — преобразование числа импульсов в соответствующую скорость;

CheckUnit — определение единицы измерения скорости (км/ч или миля/ч);

IniIntFile — установка начальных значений параметров в Interrupt.c;

ExternalInt1 — внешнее прерывание 1 для определения направления движения, число импульсов увеличивается на единицу;

TimeBaseInt — изменяется значение в памяти ЖКИ, период прерывания составляет 250 мс;

RTCInt — разрешение или запрет внешнего прерывания 1, если прерывание запрещено, то генерируется интервал 125 мс и загружается содержимое счетчика;

IniDisplayFile — установка начальных значений параметров в display.c;

Hex2Dec — преобразование шестнадцатеричных постоянных в десятичные;

Load2LcdBuf — загрузка информации в буфер ЖКИ.

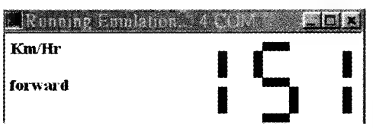


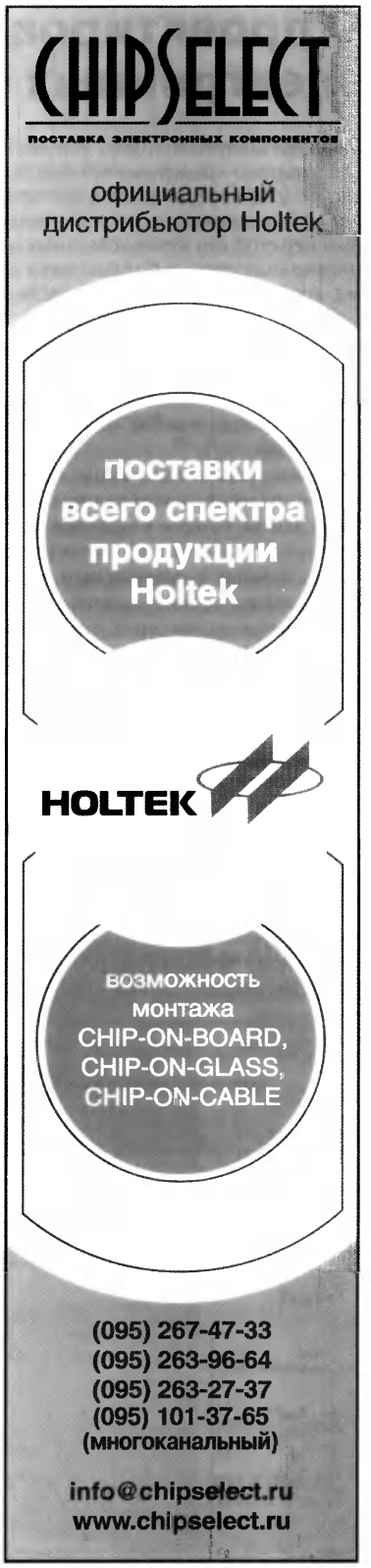
Рис. 9

Пример индикации, полученной в результате моделирования устройства, представлен на рис. 9.

Исходный текст программы можно найти на сайте журнала по адресу http://www.dian.ru/programs.

Liang-Pay Ou,
An MCU-based Speed Meter

Перевод **Николая Раковича,**
г. Москва



О проектировании электронных балластов

Люминесцентные лампы занимают большое место в нашей жизни. Они широко применяются для освещения улиц, промышленных объектов и офисов, а сегодня все чаще и наших жилищ. Одновременно с этим повышаются и требования к балластам. Происходит массовый переход от неэкономичных и массивных индуктивных и индуктивно-емкостных балластов к электронным. Не за горами то время, когда электронные балласты полностью вытеснят обычные.

Сначала мы кратко рассмотрим процессы, которые происходят в системах балласт— люминесцентная лампа, а затем способы их реализации.

Процесс зажигания лампы. Необходимо получить напряжение зажигания лампы, которое в несколько раз превосходит падение на светящейся лампе. В цепях с резонансным контуром это достаточно сложно и подчас небезопасно для самих элементов электронного балласта.

Стационарный процесс. Изменение добротности резонансного контура при изменении температуры ламп или в результате их старения может существенно увеличить потребляемую мощность и потери в балласте и привести к его выходу из строя.

Все эти проблемы хорошо известны разработчикам, поэтому не будем вдаваться в подробности. Приведем только одно из возможных решений, которое можно использовать при решении этих проблем, назовем его «работа в резонансе». Для начала, положим, что $V_{LAMP} > V_{PP}$, где V_{LAMP} — напряжение на лампе в стационарном режиме, а V_{PP} — напряжение питания инвертора, хотя это условие совсем не обязательно.

Решения сводится к двум положениям:

- проводить зажигание лампы на резонансной частоте ненагруженного контура;
- обеспечить стационарное свечение лампы на резонансной частоте нагруженного контура или близкой к ней.

Процесс зажигания. Положим, что в каждом такте намагничивания ток через дроссель будет значительно больше тока насыщения. Это дает уменьшение индуктивности при токе выше тока насыщения и, как следствие, увеличение заряда емкости. Увеличение заряда емкости за счет большего тока после размыкания ключа инвертора обеспечит быструю разрядку дросселя, что и гарантирует безопасную работу балласта в этом процессе.

Это дает возможность проектирования дросселя (выбора типоразмера и зазора) только для стационарного режима работы и получения высокого напряжения зажигания с использованием минимального дросселя и минимальной энергии, накапливаемой в нем в процессе намагничивания.

Стационарный процесс. Выбрав в качестве рабочей точки максимум тока нагруженного контура, произведем определение его параметров — определим частоту работы балласта при номинальных условиях эксплуатации и рассчитаем параметры резонансного контура так, чтобы при номинальном токе лампы ток контура был минимальным. Обязательным условием здесь является обеспечение требуемого напряжения для лампы.

Поддержка максимального тока контура при изменении сопротивления лампы, которая происходит за счет изменения рабочей частоты, позволяет ограничить увеличение мощности, рассеиваемой балластом, так как при увеличении тока лампы происходит снижение ее активного сопротивления.

Следует отметить, что реализовать это просто при условии, что напряжение на светящейся лампе больше напряжения питания инвертора.

На рис. 2 и 3 показаны возможные положения рабочих точек, соответствующих варианту, описанному выше.

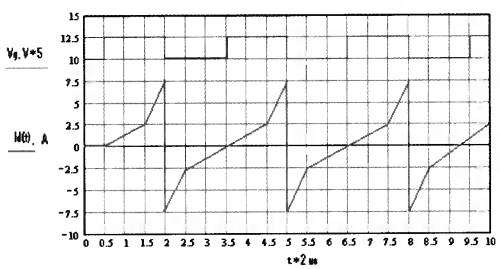


Рис. 1

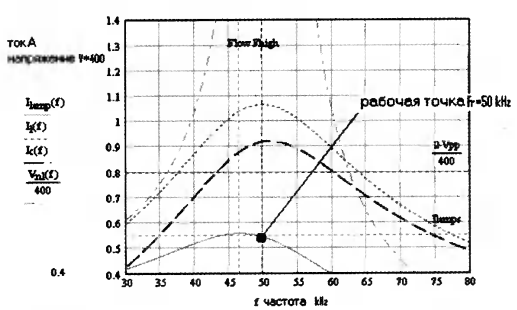


Рис. 2

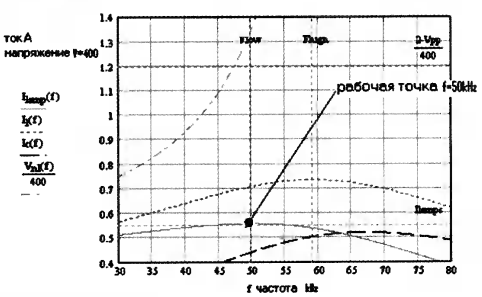


Рис. 3

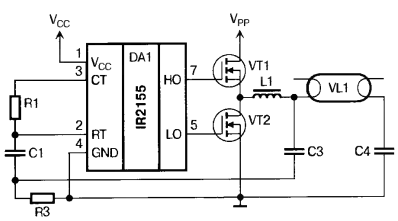


Рис. 4

На этих рисунках представлены зависимости от частоты следующих параметров: $I_{lamp}(f)$ — амплитуды тока лампы, $I_l(f)$ — амплитуда тока дросселя; $I_C(f)$ — амплитуда тока емкости, $V_{nl}(f)$ — амплитуды напряжения ненагруженного контура. При этом на рис. 2 $V_{pp} = 0{,}56\ V_{lamp}$, на рис. 3 $V_{pp} = 0{,}8$ Vlamp.

Примеры реализации. Спроектировать устройство, обеспечивающее работу балласта в режимах, описанных выше, можно путем введения различных отрицательных, положительных и смешанных обратных связей. Некоторые примеры функциональных схем устройств на основе микросхемы IR2155 или ей подобных приведены на рис. 4—6.

На рис. 4 изображена схема балласта с положительной обратной связью по току контура. Этот вариант, как правило, не требует дополнительных элементов для защиты от возникновения полной или частичной односторонней проводимости лампы или короткого замыкания на выходе, однако обеспечить гарантированного положения рабочей точки во всем диапазоне температур и при всех отклонениях в параметрах элементов достаточно сложно. Односторонняя проводимость может возникнуть при плохой активации лампы или из-за дефектов в подогревателях.

На рис. 5 приведена схема устройства с положительной обратной связью по току контура и току лампы. Это наиболее простая схема, в которой обеспечивается устойчивое положение рабочей точки при значительных отклонениях параметров элементов от номинальных значений, однако необходимо принять дополнительные меры для защиты от полной или частичной односторонней проводимости лампы, а также от короткого замыкания на выходе.

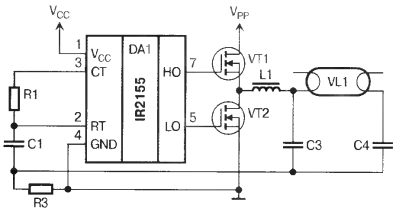


Рис. 5

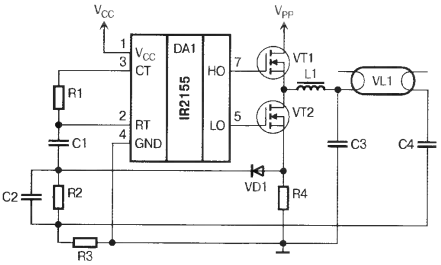


Рис. 6

На рис. 6 изображена схема балласта с отрицательной ОС по току контура в режиме зажигания и положительной ОС по току горения лампы. В этом варианте, как и в предыдущем, обеспечивается устойчивое положение рабочей точки при значительных отклонениях параметров элементов от номинальных значений, однако необходимо принять дополнительные меры для защиты от полной или частичной односторонней проводимости лампы. При проектировании нужно обеспечить отсутствие тока через диод в стационарном режиме работы.

Михаил Финкельштейн,
г. Нетания, Израиль

ARGUSSOFT
http://components.argussoft.ru
ЗАО «АРГУССОФТ Компани»
ДЕПАРТАМЕНТ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР
ANALOG DEVICES
ADuM130x/ADuM140x
Многоканальные изоляторы
Двунаправленная передача информации
Замена оптронов и дискретных компонентов
Снижение энергопотребления в 70 раз
Скорость передачи данных до 100 Мбит/сек
Температурный диапазон -40...+100°C
Привлекательные цены
Хотите попробовать?
Закажите бесплатные образцы у нас:
ATMEL
BOURNS
CLARE
FABRIMEX
FARNELL inone
HANTRONIX
Honeywell
IXYS
TRACO POWER
tyco Electronics
Москва
Проспект Мира, 95
Тел.: (095) 217 2487, 217 2519
Факс: (095) 216 6642
E-mail: components@argussoft.ru
Санкт-Петербург
ул. Бабушкина, д.3
Тел.: (812) 567 1867
Факс: (812) 5671849
E-mail: spb@argussoft.ru
Екатеринбург
ул. Первомайская, д.104
Тел.: (3432) 78 3242
Факс: (3432) 78 3241
E-mail: ural@argussoft.ru
Новосибирск
ул. Советская, д.65
Тел.: (3832) 27 1155
Факс: (3832) 22 4031
E-mail: nsk@argussoft.ru

Четырехканальная пропорциональная система управления на микроконтроллере PIC16C84

В статье рассмотрено применение недорогого микроконтроллера PIC16C84 для блоков устройства многоканального управления. Такое решение позволило существенно упростить приемную и передающую части, уменьшить габариты и вес конструкции.

ШИФРАТОР

С появлением недорогих однокристальных программируемых микроконтроллеров появилась возможность существенно упростить ряд узлов радиоаппаратуры. В частности оказалось возможным построить на микроконтроллере многоканальное устройство дистанционного управления. К достоинствам такого схемотехнического решения можно отнести небольшое число элементов, хорошую стабильность, повторяемость конструкции, простоту настройки.

На рис. 1 приведена принципиальная схема передающего узла.

Рассмотрим кратко работу данного узла. В микроконтроллере PIC16C84 (PIC16F84) нет встроенного АЦП, поэтому для определения положения ручек управления используется следующий алгоритм. После включения питания на портах A0—A3 устанавливается лог. 1, заряжаются конденсаторы C1—C4, затем порт A0 переключается в режим входа. Конденсатор C1 постепенно разряжается до порога переключения через резисторы R1R5, в результате формируется импульс первого канала. Процесс повторяется для каналов 2—4, далее следует синхроимпульс, в результате получается что-то похожее на широко распространенную PPM кодировку. В полных текстах программ синхроимпульс имеет фиксированную длину, в то время как в стандартном PPM сигнале фиксирована длина пакета, однако для большинства PPM приемников это несущественно. Резисторы R5—R8 нужны для предотвращения возможности замыкания выводов микроконтроллеров на общий провод, если подвижный контакт переменных резисторов R1—R4 окажется в крайнем нижнем по схеме положении. Последовательно с R5—R8 можно установить подстроечные резисторы номиналом 1...3 кОм, которые будут выполнять роль триммеров.

Приведем фрагмент программы для первого канала передающего узла.

```
call    ki          ;формирование канально-
го импульса
bsf     Status, RP0
movlw   b'00000001'
movwf   TrisA       ; RA0 input
bcf     Status,RP0;
clrf    PortA       ; RA0..RA4 = 0

detect  btfsc   PortA, 0 ;если C1 раз-
рядился до порога
        ;пропустить команду
        goto    detect   ;

bsf     Status, RP0;
movlw   b'00000000';
movwf   TrisA    ; RA output
bcf     Status, RP0; RA0..RA3 = 1
movlw   b'00001111'
movwf   PortA
```

ДЕШИФРАТОР

Теперь рассмотрим приемный узел, схема которого приведена на рис. 2.

Как видно из этого рисунка, схемотехника приемного узла декодера имеет много общего с передающей частью. В декодере сравнивается длительность импульса, пришедшего из приемника, с импульсом, полученным в результате разрядки соответствующей RC-цепочки. Резисторы R1—R4 механически связаны с редукторами рулевых машинок M1—M4. Если импульс, полученный с выхода приемника, короче импульса, сформированного в соответствующем канале дешифратора, двигатель вращается в одну сторону, если длиннее — в другую. Для правильной работы устройства может потребоваться изменить распайку выводов переменных резисторов.

Приведем фрагмент программы для первого канала приемного узла.

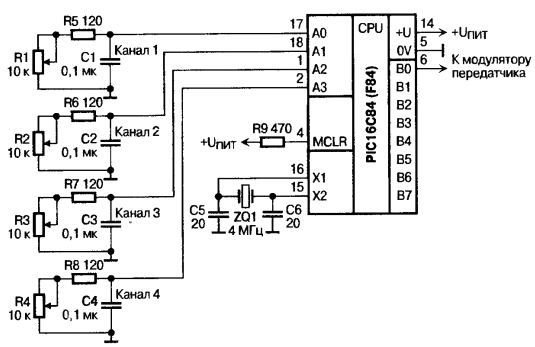


Рис. 1

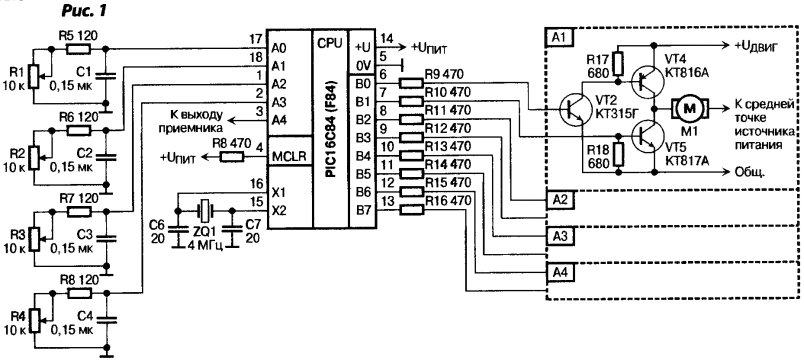


Рис. 2

```
call    DetectSI ;ловим синхроимпульс
;********** 1-й канал **************
call    ki       ;ждем канальный им-
пульс
movlw   08h      ;!!!! зависит от инер-
ционности сервопривода
movwf   TiMZ     ;
btfsc   PortB,1  ;
goto    s1       ;
btfsc   PortB,0  ;
goto    s1
movlw   1h       ;если двигатель стоит,
мертвая зона минимальна
movwf   TiMZ     ;

s1      bcf     PortB,1  ;
bcf     PortB,0  ;
bsf     Status,RP0
movlw   b'00010001'
movwf   TrisA    ; RA0,RA4 input
bcf     Status,RP0       ;

;определение направления вращения

detect1
btfss   PortA,0  ;пропустить, если RC
первого канала 1
goto    GRB0     ;вращать в сторону
увеличения R
btfss   PortA,4  ;пропустить если KI
первого канала 1
goto    GRB1     ;вращать в сторону
уменьшения R
goto    detect1

GRB0
call    p1       ;задержка для устране-
ния колебаний
btfss   PortA,4  ;если KI = 1 перейти
на включение сервопривода
goto    K1_OK    ;если KI = 0 сервопри-
вод в нужной точке
bsf     PortB,0  ;включить сервопривод
в сторону увеличения R
btfsc   PortA,4  ;дождаться обнуления
goto    $-1      ;RA4.
goto    EndK1    ;завершение обработки
1-го канала
GRB1
call    p1       ;задержка для устране-
ния колебаний
btfss   PortA,0  ;если SI = 1
goto    K1_OK    ;если SI = 0 сервопри-
вод в нужной точке
bsf     PortB,1  ;включить сервопривод
в сторону уменьшения R
goto    EndK1
K1_OK
bcf     PortB,0  ;выключить сервопривод
bcf     PortB,1
EndK1
bsf     Status,RP0;
movlw   b'00010000' ;
movwf   TrisA    ;RA output
bcf     Status,RP0; RA0...RA3 = 1
movlw   b'00001111'
movwf   PortA

;********** 2-й канал **************
```

Для увеличения мощности используемых двигателей и исключения источника питания со средней точкой можно использовать сервоусилители по схеме на рис. 3.

При наличии микросхемы BA6995N или BA6208 силовую часть сервоусилителя можно выполнить как показано на рис. 4 и 5, резисторы R9—R16 на рис. 2 надо исключить.

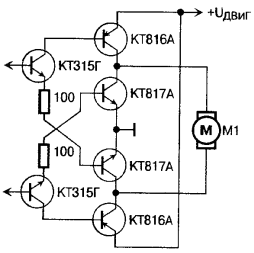


Рис. 3

Теперь рассмотрим возможный вариант радиоканала, работающего на частоте 27,12 МГц.

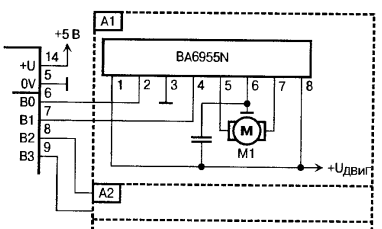


Рис. 4

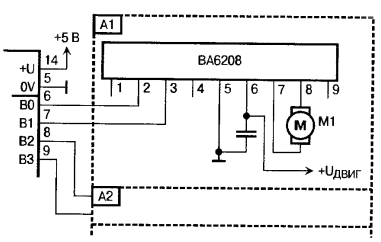


Рис. 5

ПЕРЕДАТЧИК

Принципиальная схема передатчика с частотной модуляцией приведена на рис. 6.

Технические характеристики:

Напряжение питания, В	6...9
Выходная мощность, Вт	0,6
Девиация частоты, кГц	3

В задающем генераторе использован транзистор S9018, при работе на частоте 27 МГц возможно использование транзисторов КТ315, ГТ311 с любыми буквенными индексами. В выходном каскаде работает транзистор С1971 или КТ907 с любым буквенным индексом.

Катушки передатчика намотаны на каркасах диаметром 5 мм с сердечниками из высокочастотного феррита, L1 содержит 5+5 витков, L4 — 10, L5 — 15 витков провода диаметром 0,27 мм.

При настройке передатчика резистором R4 устанавливают девиацию в пределах 3 кГц, резистор R2 служит для точной подстройки несущей частоты. Комплект из этого передатчика и описываемого далее приемника обеспечивает дальность действия системы управления 1,5...2 км. Если такая дальность не требуется, в эмиттерную цепь выходного транзистора можно установить резистор 200 Ом, дальность связи при этом уменьшится до 250...300 м, а выходная мощность передатчика снизится до 100 мВт. В остальном настройка передатчика не имеет особенностей.

ПРИЕМНИК

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 7.

Технические характеристики:

Напряжение питания, В	4,5...9
Чувствительность, мкВ	2...3
Потребляемый ток, мА	5...7
Девиация частоты, кГц	3

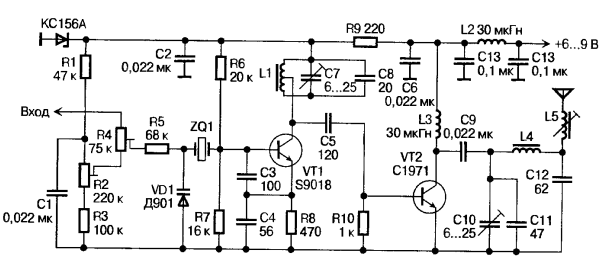


Рис. 6

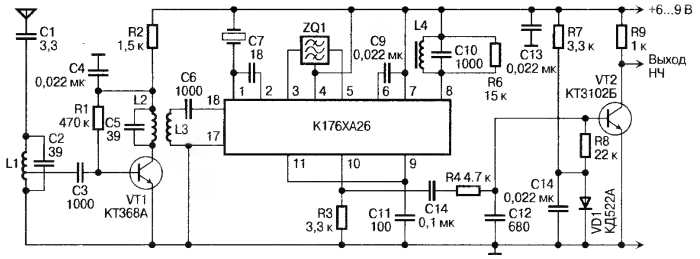


Рис. 7

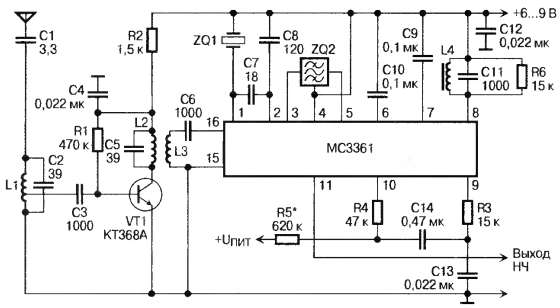


Рис. 8

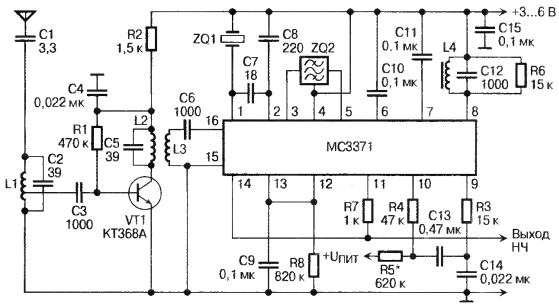


Рис. 9

В данном узле применено нестандартное включение микросхемы К174ХА26 (или ее импортного аналога MC3359) из-за того, что нет необходимости в шумоподавлении. При использовании микросхемы MC3361 приемник можно упростить, моточные данные катушек при использовании разных микросхем не меняются. Применение MC3361 значительно улучшит параметры и стабильность приемника, а если применить MC3371, повысится чувствительность и появится возможность ввести шумоподавление. Выходное напряжение таких приемников достаточно для работы с микросхемами ТТЛ. Принципиальные схемы приемной части микросхемах MC3361 и MC3871 приведены на рис. 8 и 9.

Резистором R5 (рис. 8) устанавливают уровень срабатывания встроенного компаратора (в типовой схеме включения он управляет ключом шумоподавителя). Настройку производят с помощью осциллографа до получения прямоугольных импульсов на выходе приемника, можно просто по устойчивой работе декодера. Входной каскад можно выполнить на полевом транзисторе, в этом случае не надо делать катушку с отводом, да и чувствительность несколько повышается. Можно упростить приемник, удалив УРЧ на транзисторе VT1, чувствительность приемника при этом будет порядка 10 мкВ, а дальность связи составит 40...60 м при работе с передатчиком выходной мощностью 0,1 Вт и 200...300 м при 0,6 Вт.

Для работы на частоте 27,12 МГц катушки L1, L2 содержат по 10 витков провода ПЭВ диаметром 0,2 мм на каркасах диаметром 4 мм с сердечниками из высокочастотного феррита, катушка связи L3 — шесть витков того же провода, отвод катушки L1 выполнен от третьего витка, считая от нижнего по схеме вывода. Контур ПЧ L4C10 настроен на частоту 455 или 465 кГц в зависимости от частоты выбранного кварцевого резонатора ZQ1 приемника. Контур ПЧ можно заменить фильтром на частоту 455 кГц, например, от пульта ДУ, настройка приемника существенно упрощается, резистор R6 в этом случае должен иметь сопротивление 2,7 кОм.

Файл с прошивками микроконтроллера picprog.zip можно найти на сайте редакции журнала по адресу www.dian.ru/programs.

Игорь Лытнев,
г. Пинск, Беларусь

Новые книги

СОБЕРИ САМ 65 ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ИЗ НАБОРОВ «МАСТЕР КИТ»

Издательский дом «Додэка-XXI» выпустил книгу, знакомящую читателей с 65-ю простыми и сложными электронными устройствами, которые можно легко собрать из наборов «Мастер КИТ».

Наборы содержат все необходимые радиодетали и платы для сборки электронных устройств, они продаются практически во всех городах России в радиомагазинах и на радиорынках.

Описание электронных устройств представлено в четырех главах, сгруппированных по назначению устройств — от игрушек до сложной измерительной техники. В книге приведен каталог, содержащий 350 наименований готовых для сборки наборов «Мастер КИТ», и перечень 90 типов корпусов с указанием их размеров, которые можно приобрести и для других радиоэлектронных и механических устройств.

В 2003 г. вышла первая книга, содержащая описания 55 наборов «Мастер КИТ», а в 2004 г. — вторая с описанием 60 наборов. Обе книги быстро разошлись по всей России. Учитывая большой интерес читателей к электронным наборам и устройствам, представленным в двух первых книгах, в третью книгу включены описания уже 65 наборов «Мастер КИТ», в том числе самые последние новинки.

Все три книги представляют интерес для школьников и студентов, начинающих и опытных радиолюбителей, для работников сервисных и ремонтных служб, а также для учителей физики и родителей, обучающих детей основам электроники, аналоговой и цифровой техники.

Программируемый терморегулятор

Отличительной особенностью данного терморегулятора является то, что в нем используется графический индикатор, на который в виде гистограммы выводится задаваемая программа и график регулирования температуры в процессе выполнения программы. Это существенно упрощает работу с терморегулятором и во многих случаях позволяет отказаться от громоздкого и дорогостоящего самописца.

Терморегулятор разрабатывался для управления работой печей, обладающих значительной тепловой инерцией, что позволило существенно упростить программу, ограничившись двенадцатью точками задания температуры. Плавное изменение температуры можно получить, экспериментально подобрав временное расположение и температуру нескольких задаваемых точек. Используемый индикатор представляет собой матрицу 128×64. Максимальная длительность задаваемой программы и время записи температуры составляет 12,7 ч с дискретностью 0,1 ч (128 точек по оси X). Диапазон задаваемых и измеряемых температур составляет 0...1023 °С. Максимальная температура при построении графика (64 точки по оси Y) устанавливается клавишей «$T_{C\ MAX}$» и составляет 255, 511 или 1023 °С. В энергонезависимой памяти микроконтроллера может сохраняться до четырех ранее набранных программ. Дискретность задания и измерения температуры составляет 1 °С. В качестве датчика используется изолированный хромель-алюмелевый термоэлектрический преобразователь (термопара ХА(К)). Нелинейность характеристики преобразователя корректируется программно. В терморегуляторе используется релейный принцип стабилизации температуры с применением ШИМ периодом 5 с и дискретностью установки длительности импульса нагрева 0,5 с, что составляет 10 % периода ШИМ (10 % максимальной мощности нагревателя). Принцип регулирования мощности поясняется на рис. 1, где показан график стабилизации заданной температуры (Tz).

Для уменьшения выбросов перерегулирования и повышения точности стабилизации температуры введены две температурные зоны dT_N и dT_O. В начальный момент времени, когда температура в печи меньше T_Z–dT_N, на нагреватель подается максимальная мощность (P = 100 %). В интервале температур между T_Z–dT_N и T_Z регулятор переходит в режим «Нагрев» и на нагреватель подается мощность $(0,1...1)P_n$. В интервале температур между T_Z и $T_Z + dT_O$ регулятор переходит в режим «Остывание» и на нагреватель подается мощность $(0...0,9)P_O$. Если температура превышает T_Z+dT_O, то нагреватель отключается (P = 0 %). Весь диапазон температур 0...1023 °С разбит на четыре зоны по 256 °С и для каждой из них экспериментально подбирается свой набор параметров dT_N, P_N, dT_O, P_O, который сохраняется в энергонезависимой памяти. Эта процедура проводится один раз для конкретной печи.

Принципиальная схема программируемого терморегулятора приведена на рис. 2.

Термопара B1 подключается к контактной колодке непосредственно или с использованием компенсационных проводов. К этой же колодке подключается медный термометр RK1 сопротивлением 5 Ом при температуре 20 °С, который выполняет функцию датчика температуры для узла компенсации температуры холодного спая термопары, собранного на элементах R2—R5. Таким образом, на вход усилителя DA1 поступает сумма сигналов термопары и температуры холодного спая. Резистор R1 служит для отключения нагревателя печи при обрыве термопары B1 (в этом случае индикатор показывает температуру 1023 °С). Вывод RA0 микроконтроллера DD1 используется как аналоговый вход 10-разрядного АЦП, опорное напряжение которого выбрано равным напряжению питания +5 В. Тактовая частота микроконтроллера стабилизируется кварцевым резонатором ZQ1. Порт D используется как двунаправленная шина данных графического индикатора HG1. Переключатель SA2 включает подсветку индикатора. Выводы RB0...RB2 и RA1...RA3 используются для управления индикатором. Разъем XS1 применяется при программировании микроконтроллера. Выводы RC5—RC7 включены как выходы и используются для сканирования клавиатуры SB1—SB12, а RB4—RB7 — как входы с «подтягивающими» резисторами. Назначение клавиш приведено в таблице на рис. 2. В скобках указаны названия для режима настройки (удерживается нажатой клавиша SB4 «Режим»). Светодиод HL2 сигнализирует о включении программы. По окончании программы светодиод продолжает светиться, а на индикаторе HG1 продолжается построение графика (остывание печи) до тех пор, пока не кончится время регистрации (12,7 ч). С вывода RC4 снимается сигнал управления нагревателем печи. Через транзистор VT4 и оптрон U1 он поступает на силовые тиристоры (рис. 3), конструктивно расположенные в корпусе печи.

На элементах VT1, DD2 и VT3 собран сторожевой таймер, который шунтирует сигнал включения нагревателя печи при сбое микроконтроллера. При нормальной работе программы на базу VT1 поступают короткие открывающие импульсы с периодом 0,5 с.

Блок питания имеет два нестабилизированных выхода +8 В и –8 В и стабилизированный +5 В. В устройс-

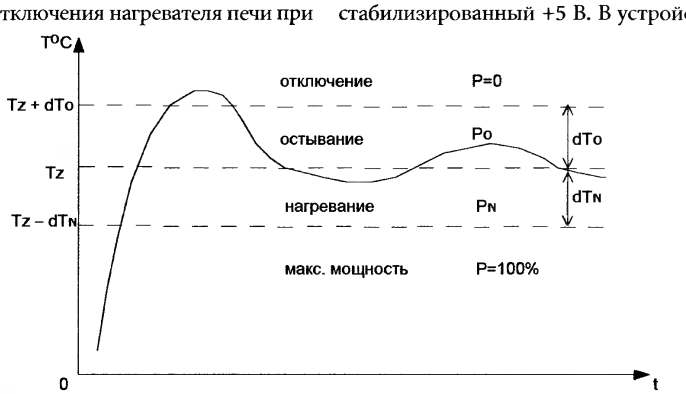


Рис. 1

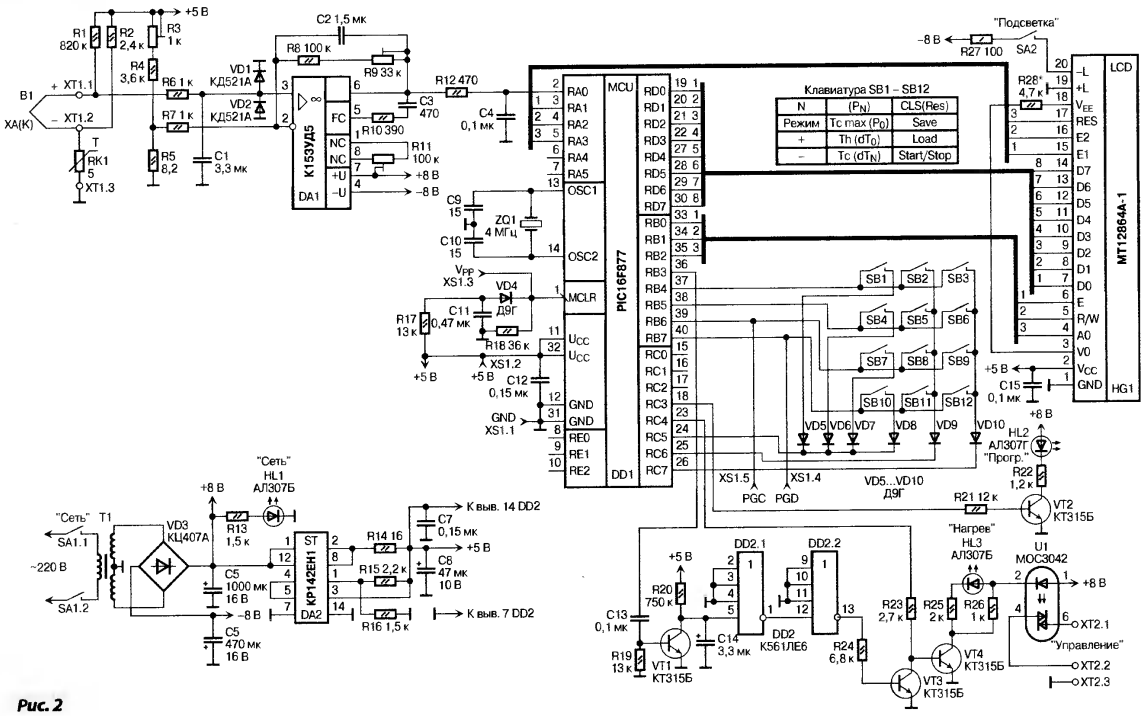


Рис. 2

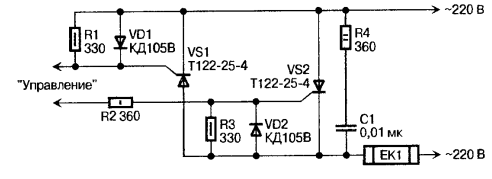


Рис. 3

тве могут быть применены любые светодиоды, цвет их свечения — на усмотрение пользователя.

Регулировку терморегулятора начинают с установки напряжения +5 В подбором резистора R16. Затем временно отключают термопару, устанавливают резистор сопротивлением 2...10 Ом (примерно равен сопротивлению термопары) между клеммой XT1.1 и точкой соединения резисторов R4, R5, R7 и балансируют операционный усилитель DA1 резистором R11. Для калибровки усилителя к этому резистору подключают гальванический элемент (1,5 В) через переменный резистор и выставляют на вышеуказанном резисторе напряжение 33,277 мВ, кратковременным нажатием на клавишу «Start/Stop» запускают программу и резистором R9 выставляют на индикаторе HG1 температуру 800 °С. Затем подключают вышеуказанный резистор к клеммам XT1.1, XT1.2 (без гальванического элемента) и резистором R3 выставляют на индикаторе температуру окружающей среды (температура клеммного зажима). Затем питание терморегулятора отключают, вместо резистора подключают термопару, подключают выход управления к силовым тиристорам и приступают к оптимизации режимов стабилизации температуры.

При первом включении устанавливают исходные значения режимов, кратковременно нажав SB3 «CLS» при нажатой клавише SB4 «Режим». P_N = 100 %, P_O = 0 % (обычный релейный режим), dT_N = 50 °С, dT_O = 30 °С. Сначала набирают программу для стабилизации температуры в нулевой температурной зоне, например 250 °С. Для этого клавишей SB1 «N» (номер точки программы) устанавливают нулевую точку (здесь и далее используют клавиши SB7 «+» и SB10 «–», удерживая нажатой нужную клавишу). Клавишей SB11 «T_C» определяют температуру задания для нулевой точки программы. Клавишей SB8 «T_H» устанавливают время включения выбранной точки в часах от момента пуска программы (для нулевой точки это время не изменяется и всегда равно нулю). Установленная температура будет действовать до включения следующей точки программы. В нашем случае переходим на первую точку (клавишей SB1 «N»), устанавливаем температуру задания 0 °С, и время включения, например 5,0 час. Следующие точки можно не выставлять. Программа считается законченной, если время включения следующей точки меньше или равно предыдущей. Запускаем программу и по индикатору HG1 наблюдаем за графиком нагрева и стабилизации температуры. Температура измеряется и выводится на индикатор каждые 5 с. При запуске программы на экране появляется график задания в виде гистограммы. Для того, чтобы графики легче было различать, каждая точка программы показывается в виде тонкой вертикальной линии, а общая длительность программы отображается в виде горизонтальной линии в нижней части экрана (рис. 4).

Мощность нагревания P_N выбирается минимально возможной, но такой, чтобы печь надежно набирала высшую температуру выбранной температурной зоны. Температуру dT_N устанавливают так, чтобы при выходе на режим выброс температуры имел приемлемую величину. Мощность остывания P_O выбирается максимально возможной, но так, чтобы печь надежно остывала до минимальной температуры выбранной температурной зоны. Подбором dT_O можно до-

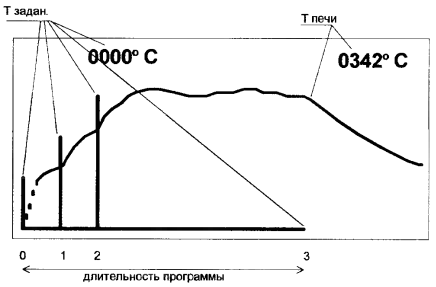


Рис. 4

полнительно уменьшить «выбросы» температуры и подстраховать печь от перегрева при неправильном выборе мощности P_O. Для сохранения настроек клавишей SB1 «N» устанавливают номер температурной зоны и нажимают клавишу SB6 «Save». Все установки производятся при нажатой клавише SB4 «Режим». Аналогично настраивают оставшиеся три температурные зоны. Также можно просмотреть настройки, воспользовавшись клавишей SB9 «Load». Так как клавиша SB4 «Режим» используется редко, ее лучше убрать с передней панели или механически заблокировать. Клавиша SB2 «P_N» также при работе не используется. Для сохранения набранной программы в энергонезависимой памяти надо клавишей SB1 «N» выбрать номер программы (0...3) и кратковременно нажать клавишу SB6 «Save». Загрузка ранее сохраненной программы осуществляется аналогично, только используется клавиша SB9 «Load».

Термопару B1 и соединительные провода следует заэкранировать. Информация о термопарах приведена в [1]. Термометр сопротивления RK1 изготавливают самостоятельно путем намотки нескольких метров медного обмоточного провода диаметром около 0,07 мм. В качестве каркаса используют высокоомный резистор МЛТ (намотка бифилярная). Операционный усилитель DA1 можно заменить аналогичным [2], например К140УД17 (элементы R10 и C3 при этом исключаются). Описание микроконтроллера можно найти в [3]. Слово конфигурации — 3F71H, годится и PIC16F877A, слово конфигурации — 3F31. Описание графического индикатора HG1 приведено в [4]. Индикатор можно заменить на аналогичный, использующий контроллер KS0108 (возможно с небольшими схемными изменениями). В качестве трансформатора T1 можно использовать любой малогабаритный с двумя вторичными обмотками по 6 В. Ток, потребляемый устройством, не превышает 150 мА. Варианты схем управления нагрузкой приведены в [5].

1. О. Федоров. Простой термометр-индикатор. — Схемотехника, 2003, № 8, с. 4, 5.

2. В. С. Гутников. Интегральная электроника в измерительных устройствах. — Л.: Энергоатомиздат, 1998, с. 27—35, 277—289.

3. www.microchip.ru

4. www.melt.aha.ru

5. О. Николайчук. Управление нагрузкой на переменном токе. — Схемотехника, 2003, № 4, с. 25, 26.

Александр Кичигин,
г. Подольск Московской обл.

Автомобильный преобразователь напряжения ±45 В для УМЗЧ

НАБОР УЖЕ В ПРОДАЖЕ!
ЭЛЕКТРОННЫЕ НАБОРЫ И МОДУЛИ
МАСТЕР КИТ
WWW.MASTERKIT.RU

Предлагаемый набор NM1025 от «Мастер КИТ» позволит автовладельцу самостоятельно собрать автомобильный импульсный преобразователь напряжения 12 В/±45 В. Он применяется для питания мощных усилителей звуковой частоты с двуполярным питанием от однополярной бортовой сети автомобиля (14,4 В) и подключается в прикуриватель или к мощной плюсовой шине бортовой сети.

Технические характеристики:

Входное напряжение	12…15 В (типовое 14,4 В)
Выходное напряжение	±45 В
Пиковая мощность нагрузки	200 Вт
Ток потребления на холостом ходу, не более	0,6 А
Частота преобразования	25 кГц
Размеры печатной платы	182x60 мм

Общий вид устройства представлен на рис. 1, принципиальная схема — на рис. 2.

В узле управления используется микросхема DA1 типа TL494CN, выпускаемая фирмой Texas Instrument (США). Ее описание неоднократно публиковалось в различных источниках, например, в [1].

В состав преобразователя напряжения входит также микросхема управления мощными ключевыми транзисторами DA2 (IR4426), ключевые транзисторы VT1…VT4 (IRF540N), импульсный трансформатор T1, выпрямительные диоды VD1, VD2, сглаживающие конденсаторы C12…C17. Частота преобразования составляет 25 кГц. В устройстве предусмотрена защита от переполюсовки входного напряжения (R1, C1, HL1, K1).

Светодиод HL1 индицирует включение, HL3 и HL4 — наличие выходных напряжений, HL2 — переполюсовку.

Конструктивно преобразователь выполнен на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита размерами 182×60 мм. Предусмотрена установка платы в корпус, для этого по углам платы выполнены монтажные отверстия диаметром 3 мм.

Таблица 1

Позиция	Наименование	Кол.
R1	30 Ом	1
R2	2 кОм	1
R3, R7	10 кОм	2
R4	10 Ом	1
R5	33 кОм	1
R6	4,7 кОм	1
R8, R9	1 кОм	2
R10…R12, R15	20 Ом	4
R13, R14	47 Ом, 5 Вт	2
R16	30 кОм, 1%	1
R17, R18	3,3 кОм, 5 Вт	2
R19	3,3 кОм, 1%	1
C1, C8	10 мкФ, 16…50 В	2
C2	1000 пФ	1
C3, C4, C9, C12, C13	0,1 мкФ	5
C5, C6	2200 мкФ, 25 В	2
C7	0,01	1
C10	100 мкФ, 50 В	1
C11	0,1 мкФ, 100 В	1
C14…C17	470 мкФ, 63В	4
DA1	TL494	1
DA2	IR4426	1
VT1…VT4	IRF540N	4
VD1, VD2	MBR2080, 2090, 2100	2
HL1, HL3, HL4	Светодиод ∅3 мм, зеленый	3
HL2	Светодиод ∅3 мм, красный	1
K1	Реле BS115-12V	1
L1	Дроссель DR1025	1
F1	Предохранитель 25А	1
T1	Трансформатор TR1025N1	1

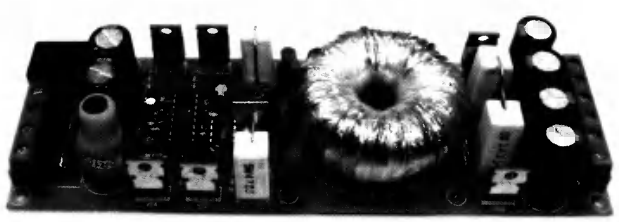


Рис. 1

Перечень электронных компонентов приведен в табл. 1, чертеж печат-

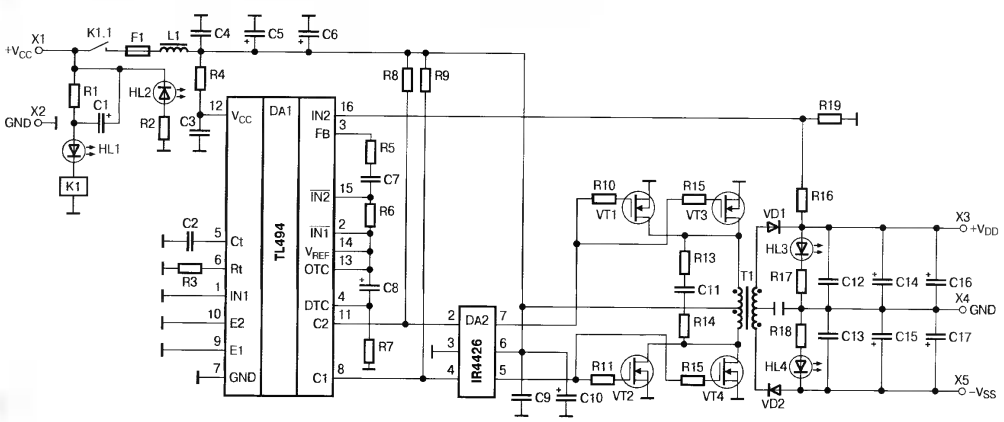


Рис. 2

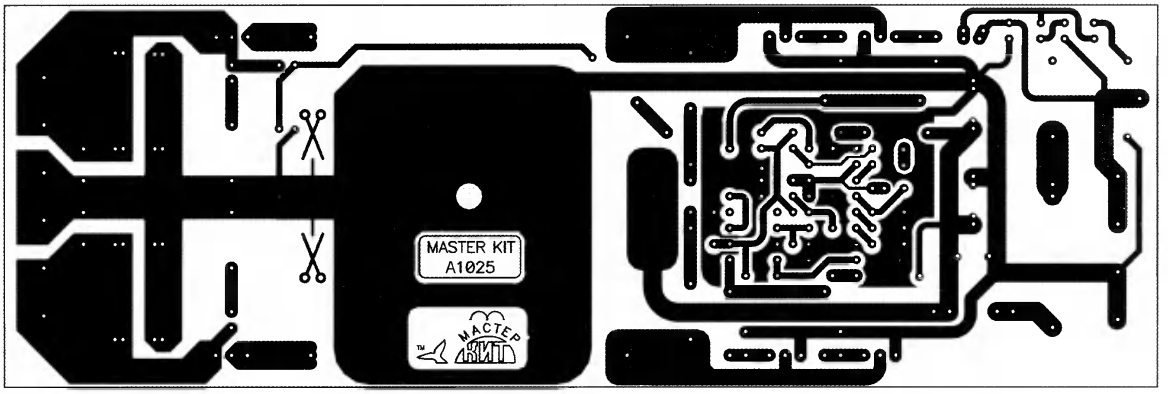


Рис. 5

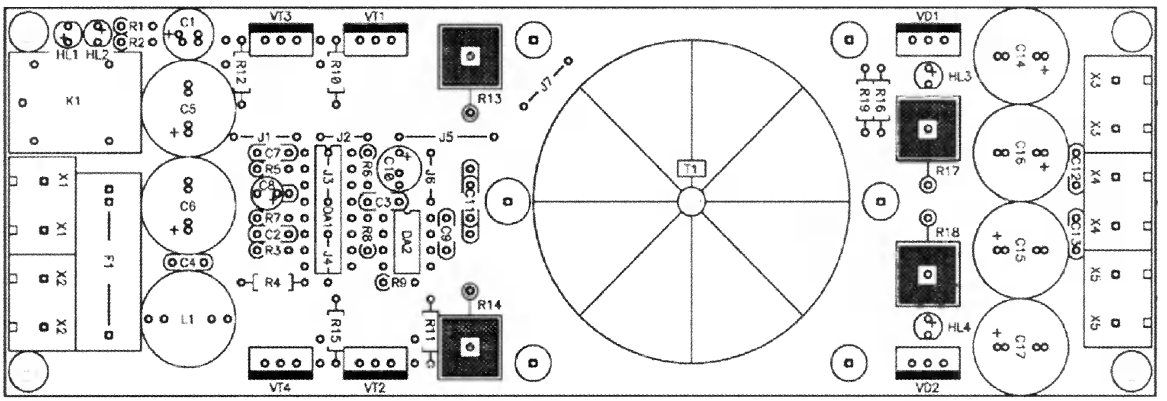


Рис. 6

ной платы — на рис. 3, расстановка элементов — на рис. 4.

Для подключения проводов на плате устанавливают двухконтактные клеммные зажимы.

Силовые элементы VT1, VT3, VD1 и VT2, VT4, VD2 необходимо установить на два радиатора площадью 1000 см^2 каждый, при этом надо использовать изолирующие втулки и теплопроводящие прокладки.

В комплект входит готовый трансформатор T1. При его самостоятельном изготовлении намотку ведут на кольце размерами 45×28×12 мм из феррита НМ2000. Первичную обмотку наматывают в шесть проводов диаметром 1 мм, число витков — 10. После намотки обмотку делят на две по три провода в каждой. Начало одной получившейся обмотки соединяют с концом другой и свивают в одну жилу, два оставшихся конца обмоток также свиваются вместе. Длина получившихся трех выводов должна составлять примерно 30 мм, выводы облуживают на длину 20 мм от концов.

Вторичную обмотку наматывают четырьмя проводами диаметром 1 мм, число витков — 32. Начало обмотки разделяют на два жгута по два провода в каждом, каждый из жгутов — это верхний и нижний выводы обмотки по схеме на рис. 2. Концы обмотки свивают в одну жилу, это средний по схеме вывод. Выводы оформляют аналогично первичной обмотке.

Перед намоткой кольцо обматывают фторопластовой пленкой, ее же используют в качестве межслойной изоляции и ею обматывают готовый трансформатор.

Правильно собранный преобразователь не требует настройки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. — М.: Додека, 1997.

Юрий Садиков
sadikov@masterkit.ru

От редакции. Не обязательно делить вторичную обмотку — ведь на ее верхнем и нижнем (по схеме) выводах одно и то же напряжение, и эти выводы могут быть соединены.

Чтобы сэкономить время и избавить вас от рутинной работы по поиску необходимых компонентов и изготовлению печатных плат, «Мастер КИТ» предлагает набор NM1025. Набор состоит из печатной платы, импульсного трансформатора, всех необходимых компонентов и инструкции по сборке и эксплуатации.

Более подробно ознакомиться с ассортиментом нашей продукции можно с помощью каталога "Мастер КИТ-2005" и на нашем сайте www.masterkit.ru, где представлено много полезной информации по электронным наборам и модулям «Мастер КИТ», приведены адреса магазинов.

На сайте работает конференция и электронная подписка на рассылку новостей. В разделе "КИТы в журналах" предложены радиотехнические статьи для специалистов и радиолюбителей.

Наш ассортимент постоянно расширяется и дополняется новинками, созданными с использованием новейших достижений современной электроники.

Наборы "Мастер КИТ" и журналы "Схемотехника" можно купить в магазинах радиодеталей вашего города, адреса некоторых магазинов см. на с. 55.

Термометр-часы с датчиками фирмы Dallas Semiconductor

Предлагаемое устройство способно измерять температуру в двух точках и индицировать ее на 16-разрядном ЖК-дисплее вместе с показаниями часов. Датчиком температуры в устройстве служит микросхема DS1820, которая измеряет температуру в диапазоне –55…+125 °С. В интервале –10…+85 °С изготовитель гарантирует погрешность ±0,5 °С. Данное устройство обеспечивает указанную точность в диапазоне –10…+85 °С.

Устройство предназначено для измерения температуры как в домашних условиях, так и на улице. В домашних условиях устройство может быть использовано, например, для измерения температуры в общей камере холодильника и его морозильном отделении или температуры процессора компьютера и в корпусе. Термометр-часы можно использовать для измерения температуры в салоне автомобиля и на улице для предупреждения о возможности возникновения гололеда или измерения температуры двигателя и охлаждающей жидкости. Короче, устройство можно использовать везде, где необходимо измерение температур в двух точках и индикация результата. Далее для краткости вместо выражения «термометр для измерения температуры в доме и на улице», будем писать просто режим «дом—улица» и т. п.

Всю работу от приема сигналов датчиков температуры до их обработки и выдачи на индикацию выполняет микроконтроллер PIC16F84A. Алгоритм работы программы микроконтроллера приведен на рис. 1.

После подачи напряжения питания инициализируются регистры микроконтроллера и ЖК-дисплей. Далее проверяется флаг режима установки. Если установки нет, то на дисплей выводятся значения регистров индикации данного режима. Если выполняется установка, то проверяется флаг курсора. Вывод на индикацию значений регистров индикации и курсора выполняется поочередно с установкой и сбросом флага курсора. Если флаг курсора установлен, на индикацию выводится изображение курсора. Разряд, под которым появляется курсор, определяет значение регистра курсора. Если курсор уже высвечен, то на дисплей выводятся значения установки.

После индикации инициализируется датчик температуры. Сначала определяется необходимый датчик «дом» или «улица». Если в текущем режиме необходима температура в доме, то инициализируется и выполняется измерение температуры датчиком для дома, в противном случае измеряется температура на улице.

Принятый от датчиков DS1820 девятиразрядный двоичный код перекодируется в двоично-десятичный. Выделяется девятый разряд, определяется знак температуры. Перекодированные значения переписываются в десятичные регистры. Позже значения этих регистров в зависимости от выбранного режима будут переписаны в регистры индикации.

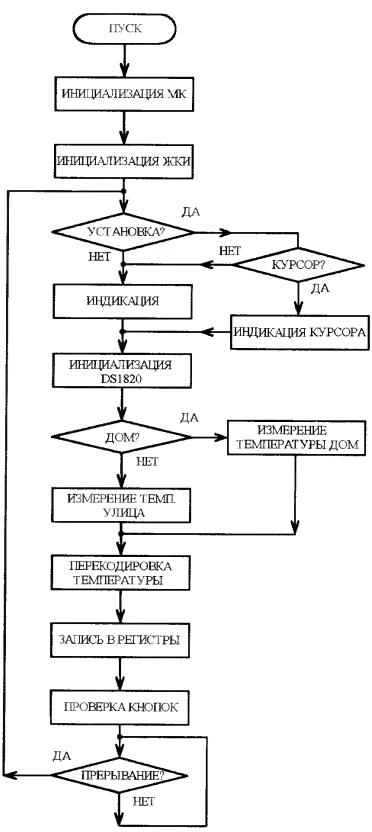


Рис. 1

Далее программа проверяет состояние кнопок и выполняет соответствующие установки. Проверка кнопок завершается перезаписью всех значений в регистры индикации. После выполнения всех операций программа ожидает прерывание.

Во время прерывания выполняется установка и перекодирование регистров секунд, минут и часов (на рис. 1 не показано). При выбранной частоте кварцевого резонатора 4,096 МГц, коэффициенте деления предделителя 256, делителе на 16 и с учетом машинного цикла, равного четырем тактам, коэффициент деления регистра таймера должен быть равен 250, поскольку 4096000/(256×16×4) = = 250 Гц. Поэтому перед выходом из прерывания выполняется предустановка таймера на 6 (256–250 = 6). Прерывания происходят через 1/16 с (62,5 мс×16 = 1 с).

После отработки прерывания программа возвращается к индикации, и цикл измерения температуры повторяется.

Для детального рассмотрения алгоритма работы программы по измерению температуры, приведенному на рис. 2, кратко рассмотрим принцип работы микроконтроллерного датчика температуры DS1820.

Датчики температуры с однопроводным интерфейсом разработаны фирмой Dallas Semiconductor для использования совместно с микроконтроллерами, впоследствии эти датчики стали выпускаться фирмой Maxim. Каждый датчик имеет 56-разрядный индивидуальный идентификационный код, поэтому по одному проводу может быть опрошено практически неограниченное число датчиков. Перед установкой таких датчиков в одну линию необходимо считать 64-разрядный код ROM (в него входит 56 бит номера датчика и 8 бит регистра контроля четности) для каждого датчика и в дальнейшем учитывать его при программировании микроконтроллера. Передача 64-х разрядов занимает много времени, поэтому в устройствах, использующих небольшое число датчиков, можно обойтись выделением отдельного выхода микроконтроллера для каждого датчика.

Принцип измерения температуры основан на сравнении частот двух генераторов. Частота одного генератора не зависит от температуры, а частота второго изменяется с ее изменением. Разность частот двух генераторов определяет значение температуры. Восьми-

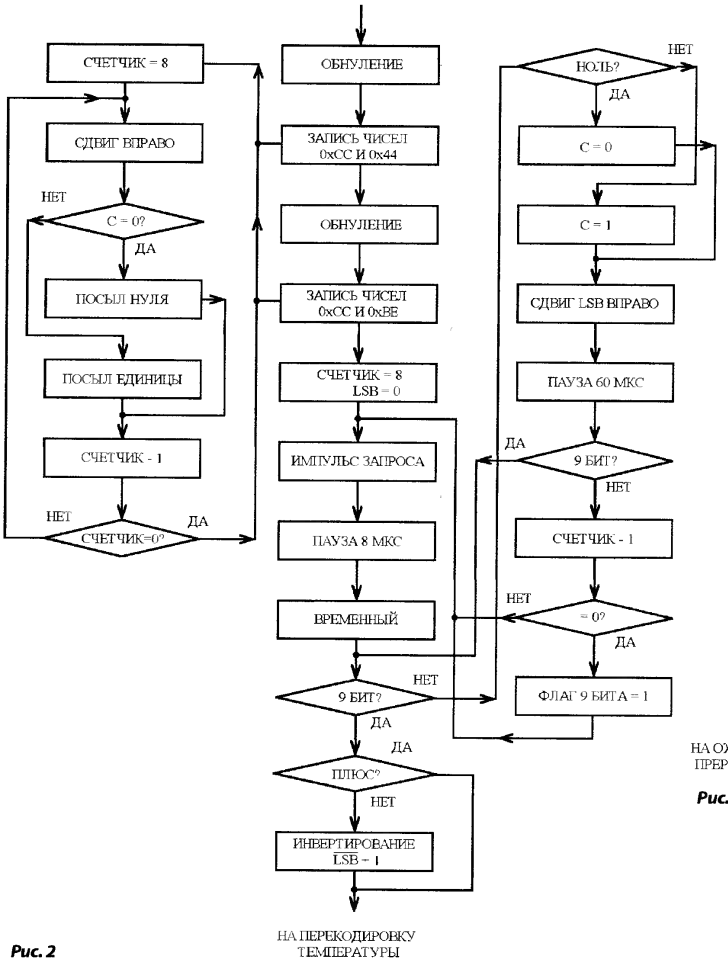


Рис. 2

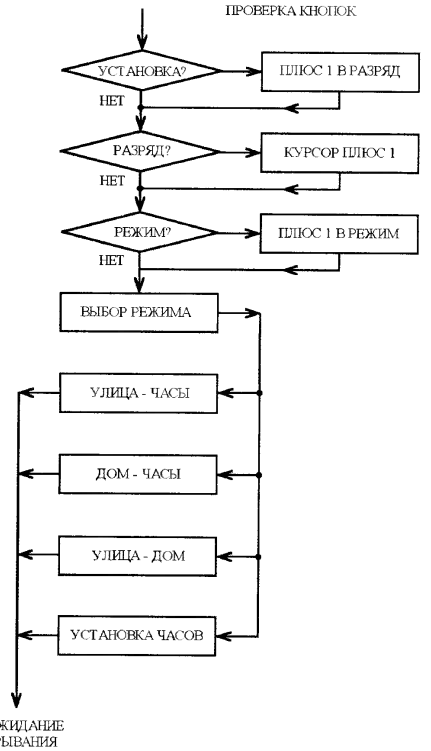


Рис. 3

разрядный код температуры побитно, начиная с младшего бита, выводится в линию связи. Девятый бит определяет знак измеренной температуры. Если девятый бит единичный, температура имеет знак минус, и наоборот. Передача каждого бита данных длится 60 мкс. Если длительность низкого уровня в линии находится в диапазоне 1...15 мкс, импульс идентифицируется как лог. 1. Лог. 0 идентифицируется при длительности низкого уровня в линии в диапазоне 15...60 мкс.

Все сеансы приема данных с датчика начинаются подачей в линию сигнала обнуления Reset установкой низкого уровня длительностью 480...960 мкс. В ответ датчик выдает в линию сигнал наличия Presence длительностью 60...240 мкс. Если в линии один датчик, для упрощения программы прием этого сигнала игнорируется. Если в программе допускается отключение датчика, проверка сигнала наличия обязательна. В литературе и в документации (Data Sheet) на датчики нигде не указано, что перед приемом каждого бита необходимо кратковременно (на 1...3 мкс) установить низкий уровень в линии — послать своего рода запрос на прием следующего бита.

Алгоритм работы программы измерения температуры в режимах «дом» и «улица» одинаков, поэтому достаточно рассмотреть его один раз (рис. 2). После обнуления линии передаются управляющие команды 0xCCh и 0x44h для начала измерения температуры. Передача команды начинается с записи числа 8 в счетчик принимаемых бит. Сдвигом вправо выталкивается младший бит команды, который переписывается в бит C регистра Status. По значению бита C в линию посылается 0, либо 1. Декрементируется счетчик, его значение проверяется на нуль. Если счетчик пуст, программа возвращается в точку начала ее выполнения, в противном случае в линию выдается значение следующего бита.

После команд 0xCCh и 0x44h посылаются команды 0xCCh и 0xBEh на считывание температуры. Перед приемом числа обнуляется регистр приема LSB и устанавливается счетчик числа принимаемых бит. В линию выдается короткий импульс запроса и выдерживается пауза длительностью 8 мкс. Переписывается состояние порта во временный регистр и опрашивается флаг девятого бита. Если принимается не девятый бит, то проверяется на нуль бит временного регистра, который переписан из порта приема данных. По его значению устанавливается бит переноса C регистра Status. Сдвигом вправо регистра приема LSB бит переноса переписывается в его старший бит. Выдерживается пауза длительностью 60 мкс и проверяется флаг девятого бита. Если принимается не девятый бит, счетчик декрементируется, проверяется на нуль, и прием данных повторяется. Если приняты все восемь бит и счетчик пуст, устанавливается флаг девятого бита. После приема девятого бита его значение не записывается в регистр приема, а по нему устанавливается флаг знака.

Значение положительной температуры передается датчиком в прямом двоичном коде, а отрицательной — в коде дополнения до нуля (256), поэтому необходима перекодировка полученного сигнала. Если знак температу-

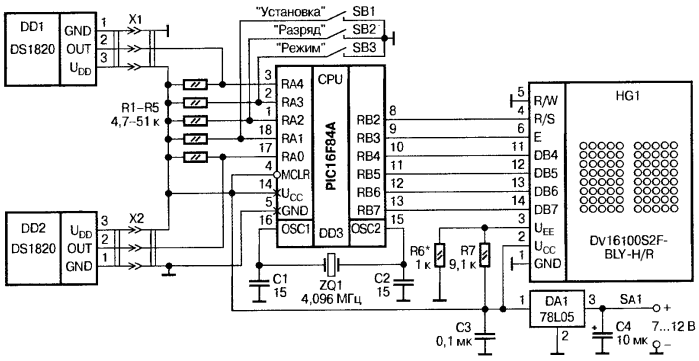


Рис. 4

ры отрицательный, то регистр приема LSB переводится в дополнительный код (инвертируется и прибавляется единица). Если знак положительный, программа переходит к перекодировке температуры в двоично-десятичный код. Необходимо заметить, что младший бит регистра приема несет информацию о десятых долях градуса. Если бит равен единице, десятая доля равны 0,5 °С, а если бит нулевой, то 0. После записи десятых долей в регистр индикации регистр приема сдвигается на один разряд вправо. В таком виде значение температуры передается на перекодировку.

Для полноты понимания работы устройства рассмотрим алгоритм работы программы проверки кнопок, показанный на рис. 3.

Последовательно проверяются кнопки «Установка», «Разряд» и «Режим». Если кнопка нажата, то устанавливается соответствующий флаг. Пока кнопка нажата, операции по установке не выполняются. Если любая из кнопок нажата, то инкрементируются соответствующие регистры разряда, курсора или режима. После этого программа переходит на выбор режима индикации. По значению регистра режима выбирается подпрограмма заполнения регистров индикации: «улица — часы», «дом — часы», «дом — улица» и установка часов. Все готово для индикации нового значения измеренной температуры.

Схема термометра приведена на рис. 4.

Датчик температуры DD1 предназначен для измерения температуры на улице, а DD2 — в доме. Датчики подключают к плате через стандартные разъемы от звуковой аппаратуры X1 и X2. Резистором R6 устанавливают необходимую контрастность ЖК-дисплея. Если термометр будет устанавливаться в автомобиле, вывод К светодиодной подсветки индикатора (на рис. 4 не показан) подключают к минусу питания. Вывод А индикатора через резистор сопротивлением 300 Ом мощностью 1 Вт подсоединяют к выключателю подсветки приборов. Максимальный рекомендуемый ток через светодиоды подсветки равен 70 мА. Для использования термометра дома стабилизатор напряжения DA1 можно не устанавливать, а питать устройство от трех элементов питания (или от одной батареи 3R12) общим напряжением 4,5 В. В этом случае необходимо установить выключатель напряжения питания. Потребляемый термометром ток при 5 В составляет 3 мА. Устройство работоспособно при снижении напряжения питания до 3 В, но при 3,7 В цифры на индикаторе становятся трудноразличимыми.

При испытании датчик температуры прекрасно работал на удалении до 20 м от базового блока при положительной температуре датчика. При отрицательной температуре (–15 °С) термометр работал без сбоев с линией до 6 м.

Печатная плата термометра показана на рис. 5, а расположение элементов на ней — на рис. 6.

Плата устанавливается через изолирующую прокладку печатными проводниками к индикатору.

Назначение кнопок управления:

- кнопкой «Режим» выбирают один из режимов индикации: «улица — часы», «дом — часы», «дом — улица», «часы — установка»;
- кнопкой «Разряд» выбирают необходимый разряд установки часов. Под выбранным разрядом мигает курсор (черточка);
- кнопкой «Установка» добавляют единицу в выбранный разряд.

Пока кнопка нажата, установки не выполняются. Кнопки «Разряд» и «Установка» работают только при установке часов.

После подачи напряжения на индикаторе слева высвечивается температура на улице, а справа — показания часов, как показано на рис. 7.

Индикация буквы «у» рядом со значением температуры говорит о том, что работает термометр «улица». Нажатием кнопки «Режим» последовательно изменяют режим на «дом — часы» и «дом — улица» (рис. 8 и 9).

В режиме установки часов (рис. 10) курсор будет находиться под разрядом десятков часов.

Кнопкой «Установка» набирают необходимое число часов. Кнопкой «Разряд» перемещают курсор в необходимый разряд и устанавливают единицы часов, десятки минут и единицы минут аналогично установке десятков часов. Перемещая курсор на единицы секунд и нажимая кнопку «Установка», сбрасывают показания минут и секунд в нуль. Этим режимом можно пользоваться при установке часов по сигналам

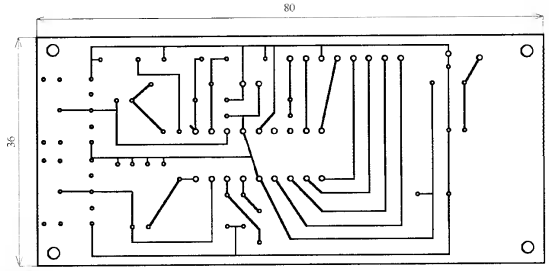


Рис. 5

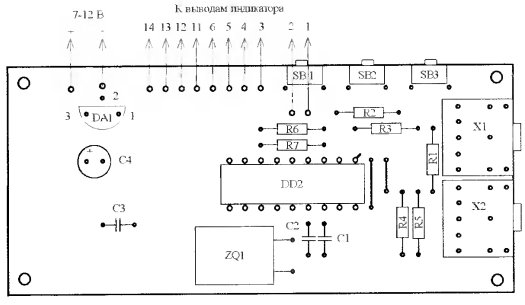


Рис. 6

Рис. 7

Рис. 8

Рис. 9

Рис. 10

точного времени. Начало отсчета секунд совпадает с моментом отпускания кнопки. При установке часов и минут отсчет секунд не останавливается.

После установки часов выбирают необходимый режим индикации.

Файл для программирования микроконтроллера teho.hex можно переписать с сайта журнала по адресу http://www.dian.ru/programs/.

Николай Заец,
п. Вейделевка, Белгородская обл.

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

РОССИЯ

Москва
«МиТраКон», e-mail: mtk@mitracon.ru, www.mitracon.ru
3-й Павловский 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.

«Радиохобби», e-mail: radiohobby@dessy.ru
ул. 2-я Владимирская, дом 3. В помещении 123-го отделения связи. Вход со двора.
Тел. 8-916-927-67-65. Время работы: понедельник—пятница 10.00—18.00;
суббота 10.00—17.00 без перерыва на обед. Выходной — воскресенье.

«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,
ул. Космонавта Волкова, д. 10 (гарантийная мастерская), тел. 159-50-66.
Тел. единой справочной: розн. 780-95-09, опт. 780-95-00, факс 671-31-45.

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

«На Можайке», радиорынок, пав. 14/22.
Проезд до ст. м. «Киевская» или «Молодежная», далее бесплатным экспрессом до магазина «Три кита». Время работы: 9.00—18.00. Выходной день: понедельник.

«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.

С.-Петербург. «Мега-Электроника», e-mail: info@megachip.ru,
www.icshop.ru — магазин электронных компонентов on-line
ул. Большая Пушкарская, д. 41. Тел: (812) 327-32-71,
факс: (812) 325-44-09

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) 40-60-03,
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», e-mail: rdo@udmnet.ru
ул. Коммунаров, 230, пер. Широкий, 16,
ул. 40-лет Победы, д. 52а. Справки по тел/факс (3412)43-72-51, 43-06-04

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

Красноярск. «Чип-маркет», e-mail: sergals@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

Новокузнецк. «Дельта», e-mail: vic@nvkz.kuzbass.net, http://www.delta-n.ru
ул. Боровского, 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. «Радиомагазин», e-mail: alex.minus@norcom.ru
ул. Мира, д. 1. Тел/факс: (3919) 48-12-04

Ставрополь. «Радиотовары», e-mail: stavtvt@mail.ru
ул. Доваторцев, д. 4а. Тел: (8652) 35-68-24

«Телезапчасти», e-mail: koketka@koketka.stavropol.net
пер. Черняховского, 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

Тольятти. «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: vissa@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. Пересылка наборов наложенным платежом. Тел. (375-17) 288-13-13, 285-24-13, моб. 8-029-682-03-37, 8-029-771-50-32,
e-mail: service@imelcom.by.

Брест. ОДО «Лебедь»
ул. Гоголя, д. 82. Тел. 21-38-87, 21-37-06.

Мозырь. УП «Гала».
ул. Я. Коласа, д. 21. Тел. 8-(023-51)-2-64-74.

Могилев. «Электронные компоненты», e-mail: fek@fek.belpak.mogilev.by
ул. Королева, дом 20. Тел. +375 (22) 46-83-76.

УКРАИНА

Киев. «Инициатива», e-mail: ic@mgk-yaroslav.com.ua. Тел.: (044) 234-02-50,
235-21-58, факс: (044) 235-04-91, ул. Ярославов Вал, 28, помещение сервисного центра «SAMSUNG»; рынок «Радиолюбитель» (ул. Ушинского, 4), торговые места № 43, 44.

«Имрад», e-mail: masterkit@tex.kiev.ua
ул. Дегтяревская, д. 62, 5-й этаж, офис 67. Тел/факс: (044) 495-21-09, 495-21-10,
рынок «Радиолюбитель» (ул. Ушинского, 4), торговые места № 45, 46, 47.

«НикС», e-mail: chip@nics.kiev.ua , http://www.nics.kiev.ua
ул.Флоренции, 1/11, 1 этаж, 24. Тел: (044) 516-47-71, 290-46-51,
рынок «Радиолюбитель» (ул. Ушинского, 4), торговые места № 108, 109.

«Электронные наборы наложенным платежом», e-mail: val@sea.com.ua.
Киев-110, а/я 50, издательство «Радиоаматор» («Мастер КИТ»). Тел. (044)219-30-20, 213-09-83.

«Радиоман», http://www.radioman.com.ua
ул. Урловская, д. 12. Тел. (044)255-15-80

Одесса. «Радиодетали и наборы "Мастер КИТ"», ул. Успенская, д. 26 (во дворе).
Тел. (0482)34-48-84, факс 47-69-94.
Радиорынок, место № 10, по воскресеньям 8.00—14.00.

КАЗАХСТАН

Алматы. «IC FOR US», e-mail: alexander@diy-ic.net,
пр. Сейфуллина, д.534. Время работы 9.00—19.00. Тел. +7(3272) 61-64-29,
61-03-04, факс 72-87-24.

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ВСЕГДА НА СКЛАДЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОЛИЧЕСТВАХ

IOR EPCOS

Infineon technologies

MITSUBISHI ELECTRIC

VISHAY

BOURNS

muRata

Honeywell

AMP

Kingbright

ANALOG DEVICES

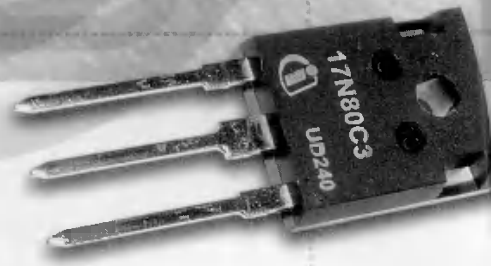
PHILIPS

DATA VISION

MAXIM DALLAS SEMICONDUCTOR

CRYDOM

- ✓ Компоненты для проводных и беспроводных телекоммуникаций
- ✓ 8-, 16-, 32-разрядные и CAN контроллеры
- ✓ Высоковольтные силовые транзисторы
- ✓ Сверхбыстрые диоды Шоттки
- ✓ Линейные регуляторы с малым падением напряжения
- ✓ Интеллектуальные нижние и верхние ключи
- ✓ Драйверы управления моторами



www.platan.ru

CD ПЛАТАН

(095) 73-75-999 (многоканальный)

Бесплатный каталог и CD Платана высылаются по заявкам предприятий

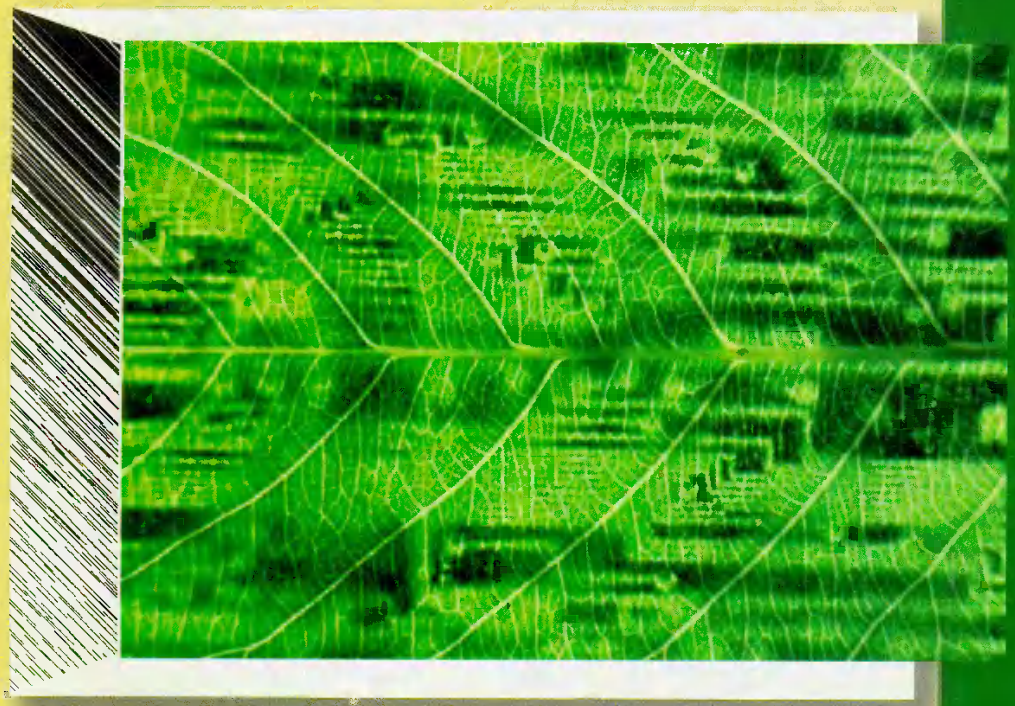
Головной офис: Москва, ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (095)73-75-999, почта: 121351, Москва, а/я 100, e-mail: platan@aha.ru Офис на м. Проспект Мира: Москва, ул.Гиляровского, 39, (095)684-46-26, prospectmira@platan.ru Офис на м. Курская: Москва, ул.Земляной вал, 34, (095)916-23-21, kurskaya@platan.ru Офис в Санкт-Петербурге: ул.Зверинская, 44 (812)232-88-36, 232-23-73, platan@mail.wplus.net Офис в Киеве: ул.Чистяковская, 2, (38044)494-37-92, 494-37-93, 494-37-94, chip-dip@ukr.net
Представительства: Воронеж: (0732)59-75-57 Казань: (8432)92-18-06 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: (6482)70-91-03 Томск: (3822)55-65-30, 51-12-25 Чебоксары: (8352)56-63-03 Ярославль: (0852)30-15-69 Йошкар-Ола: (8362) 45-17-46 Минск: (376-17) 287-28-60
Розничная продажа в магазинах Чип и Дип: Москва, ул.Беговая, 2 • ул.Гиляровского, 39 • ул.Ивана Франко, 40, стр.2 • ул.Земляной вал, 34 • С.-Петербург, Кронверкский просп., 73 • Ярославль, пр.Ленина, 8а

ЭкспоЭлектроника 2005

Москва, СК «Олимпийский», 5-8 апреля 2005 г.

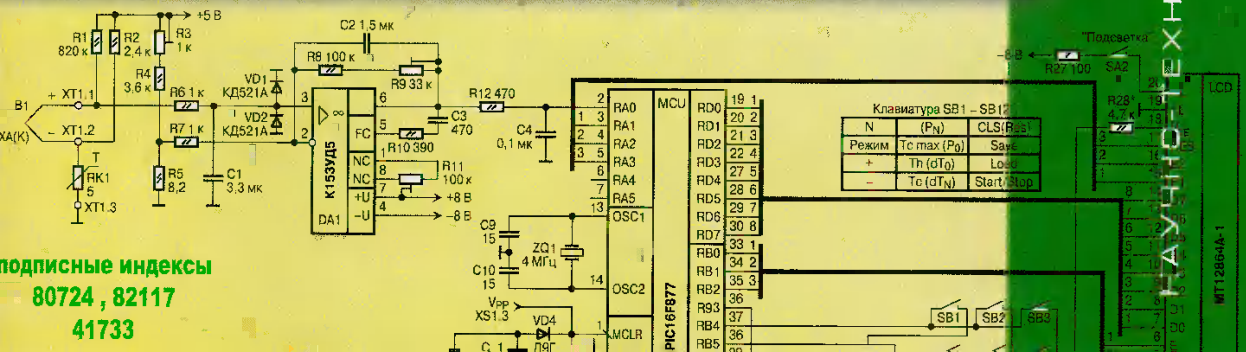
СХЕМОТЕХНИКА

№5
май
2005



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Широкополосные усилители с перекрестными обратными связями
Спидометр на базе микроконтроллера HT49R30A-1
Пропорциональная многоканальная система управления
Программируемый терморегулятор
Автомобильный преобразователь напряжения ±45 В
Термометр-часы с датчиками фирмы Dallas Semiconductor



Подписные индексы
80724 , 82117
41733