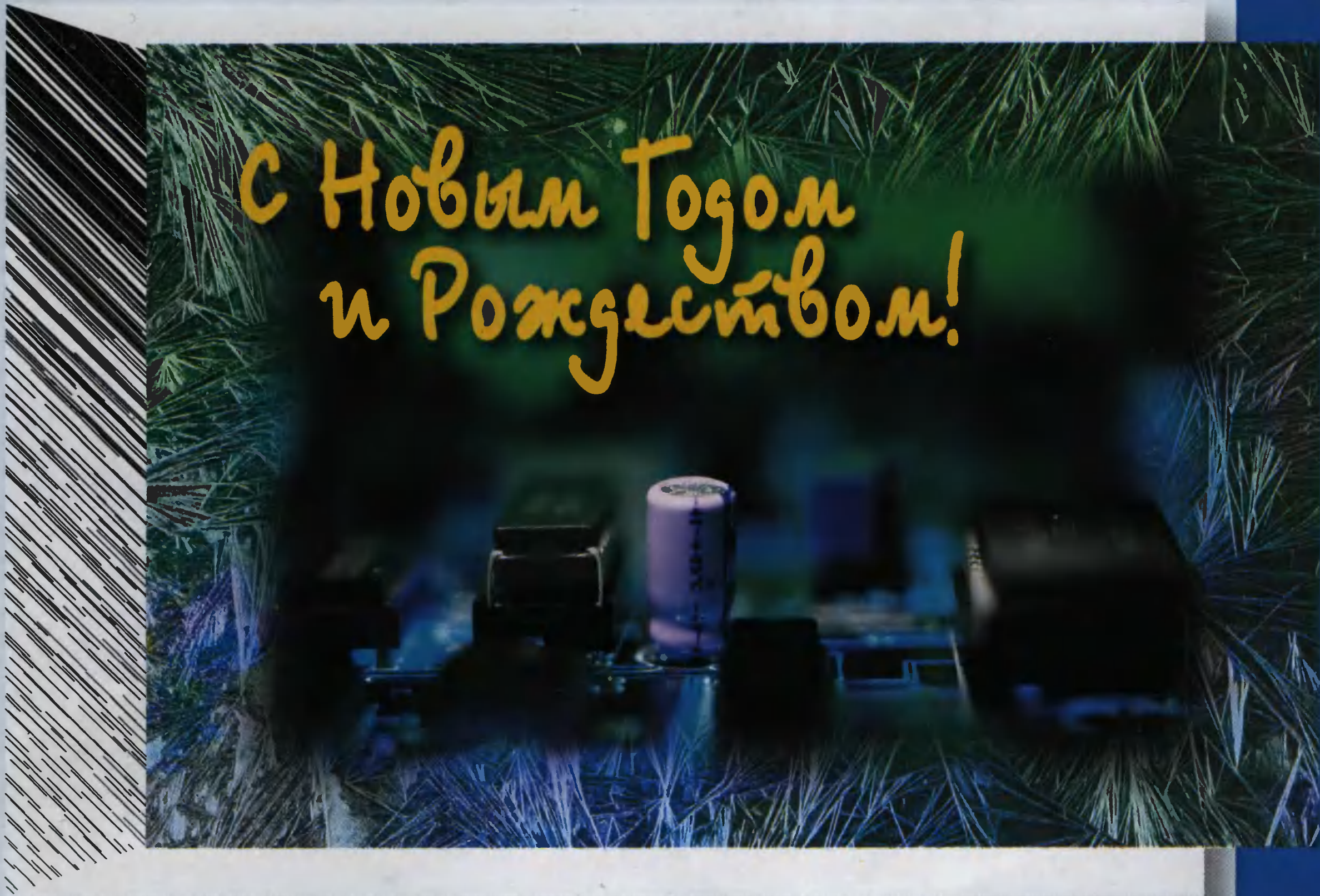
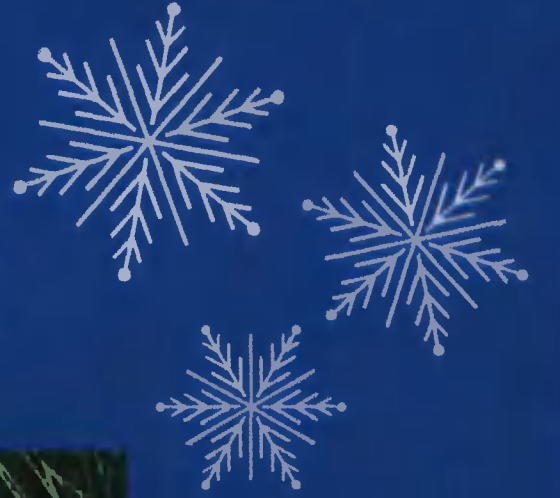


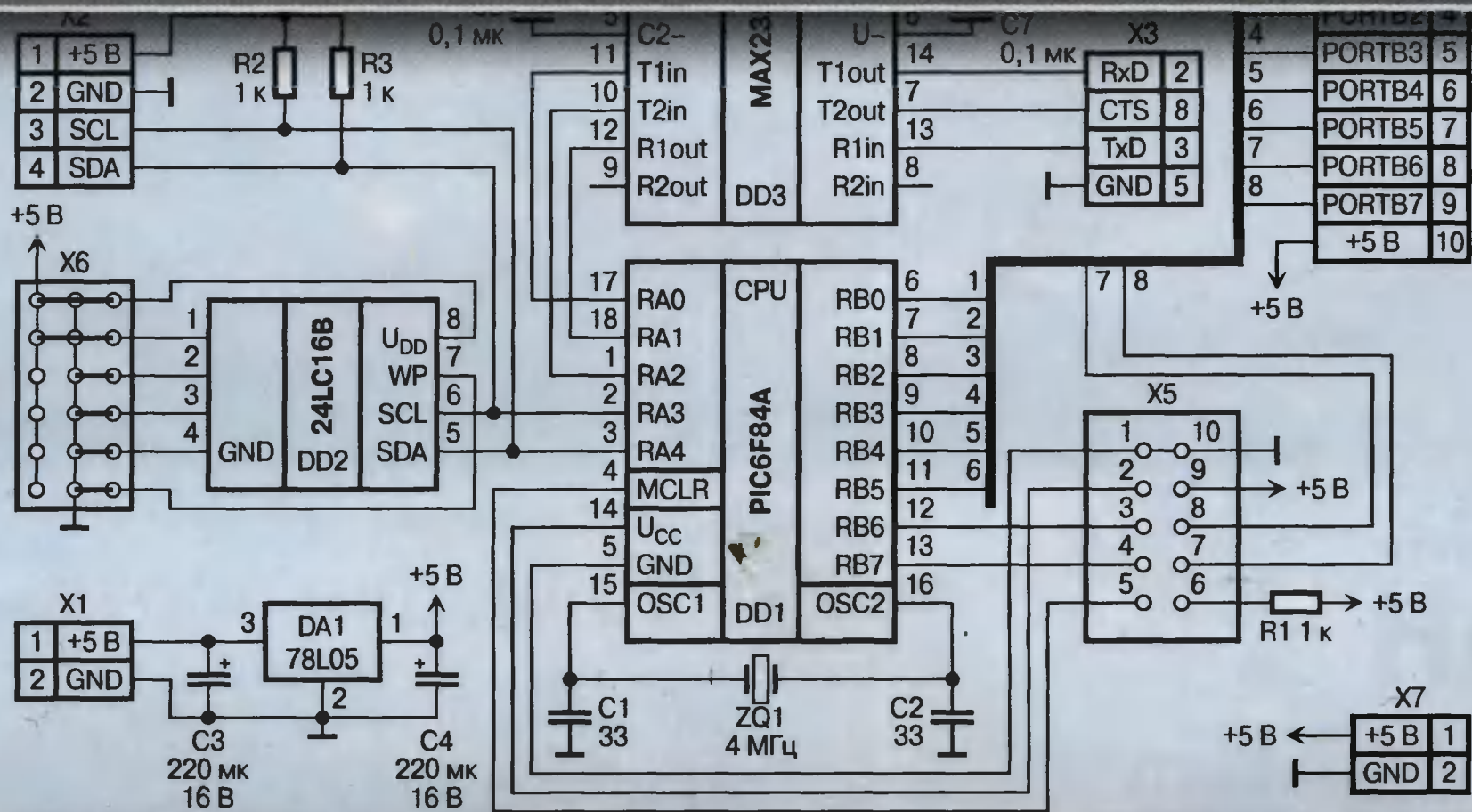
СХЕМОТЕХНИКА

№1
январь
2006



С Новым Годом
и Рождеством!

Отечественные быстродействующие ОУ с ОС по току и напряжению
 Модели двигателя постоянного тока
 Конфиденциальная беспроводная цифровая магнитная связь
 Как использовать «умные» индикаторы
 Базовый микроконтроллерный блок для PIC16F84A
 Усилитель мощности диапазона 10...1050 МГц



подписные индексы
80724, 82117
41733

Вы даже можете не знать
название прибора, который вам необходим.

www.izmer.ru



Измерь!

 www.platan.ru
ПЛАТАН
(095) 970 00 99

Измеряй, фиксируй, определяй

Главный редактор

Сергей Бирюков

Зам. главного редактора

Сергей Кузнецов

Редакционная коллегия

Павел Асташкевич
Александр Фрунзе
Виктор Иовчик

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
editordian@mail.ru

Издатель и учредитель ООО «ИД Скимен»

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

Тираж 5 250 экз.
Заказ № 5524.

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

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

Редакция не несет ответственности
за информацию, приведенную
в рекламных материалах

За содержание статьи
и ее оригинальность несет
ответственность автор

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

Информацию о подписке
см. на последней странице журнала

Содержание

КОМПОНЕНТЫ

- О. Петраков.** Отечественные быстродействующие ОУ с ОС по току и напряжению 2
- С. Бирюков.** Микросхемы для импульсных источников питания NCP1010, NCP1011, NCP1012, NCP1013, NCP1014 фирмы ON Semiconductor 4
- О. Вальпа.** Цифровые сигнальные процессоры 7
- М. Потапчук.** Супервизоры серии MCP10X фирмы Microchip 10

ИСКУССТВО СХЕМОТЕХНИКИ

- А. Фрунзе, А. Фрунзе.** Микроконтроллеры? Это же просто! 12
- В. Баранов.** Подключение внешнего ОЗУ к микроконтроллерам AVR 14
- А. Фрунзе.** Последовательная передача данных 16
- Б. Шевкопляс.** Вероятностная синхронизация в телекоммуникационных системах 19

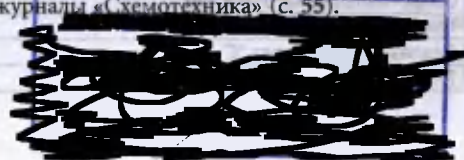
СОФТ

- В. Константиныди.** Модели двигателя постоянного тока 22
- Г. Кардашев.** Компьютерное схемотехническое моделирование электронных устройств 24

ПРАКТИКА

- С. Добрусенко.** Конфиденциальная беспроводная цифровая магнитная связь 27
- М. Голубцов.** Как использовать «умные» индикаторы 30
- И. Сошин.** Базовый микроконтроллерный блок для PIC16F84A 32
- А. Брякин.** «Игральная кость» на микроконтроллере 34
- С. Калюжный.** Преобразователь с выходным напряжением синусоидальной формы 36
- В. Жук.** Схемотехника построения гетеродинов селекторов телевизионных каналов на базе синтезаторов частоты 38
- А. Титов.** Усилитель мощности диапазона 10...1050 МГц 42
- А. Бегиев.** Прибор для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электродвигателей 44
- Г. Петин.** Еще раз об изготовлении печатных плат с помощью лазерного принтера 46
- О. Николайчук.** Введение в MEMS-технологии 47
- А. Квашин.** Многофункциональное микропроцессорное устройство — таймер, термостат, часы 52

Вниманию читателей (с. 9, 41, 43). Адреса некоторых магазинов, в которых можно приобрести продукцию Мастер КИТ и журналы «Схемотехника» (с. 55).
Подписка-2006 (с. 56).



Отечественные быстродействующие ОУ с ОС по току и напряжению

В октябрьском и ноябрьском номерах журнала за прошлый год были рассмотрены особенности микросхем ОУ с токовой обратной связью (ТОС) и с обратной связью по напряжению (НОС). В данной статье приведены справочные данные на отечественные ОУ с ТОС и НОС. Это — микросхемы КМ1432УД1 и КМ1432УД2, выпускаемые ГУП НПП «Пульсар».

Микросхемы КМ1432УД1А, Б и КМ1432УД2А, Б — монолитные операционные усилители соответственно с токовой обратной связью и обратной связью по напряжению. Эти микросхемы обеспечивают большую скорость нарастания и широкую полосу пропускания, необходимые для видеоэлектроники, радиолокации и измерительной техники. Высокие параметры достигаются за счет применения комплементарной биполярной технологии, позволяющей реализовывать высококачественные п-р-п и

р-п-р транзисторы. Малое выходное сопротивление и большой выходной ток обеспечивают работу на линии с волновым сопротивлением 50 и 75 Ом. Микросхемы КМ1432УД1А, Б устойчивы при емкостной нагрузке вплоть до коэффициента усиления $A_V = +1$, КМ1432УД2А, Б — до $A_V = \pm 2$, при $A_V = \pm 1$ необходима цепь коррекции между выводами 5 и 6 ($C_K = 36$ пФ), а резистор обратной связи R_f должен иметь нулевое сопротивление. Напряжение питания микросхем КМ1432УД1А, КМ1432УД2А может находиться в диапазоне $\pm 5 \dots 15$ В,

для КМ1432УД1Б, КМ1432УД2Б номинальное напряжение питания составляет ± 5 В. Малое время установления и низкие искажения позволяют использовать микросхемы в качестве драйверов быстродействующих АЦП. Симметричный высокоомный вход позволяет создавать на базе КМ1432УД2 качественные активные фильтры и интеграторы.

Технические характеристики микросхем КМ1432УД1 (КМ1432УД2):

Полоса пропускания, МГц	150 (120)
Скорость нарастания выходного сигнала, В/мкс	1000 (700)
Выходной ток, мА	50 (40)
Время установления, нс (на уровне 0,1 %)	50 (50)
Гармонические искажения, дБ	-74 (-60)

Высокое быстродействие и большая нагрузочная способность позволяют применять данные микросхемы в видеоусилителях, кабельных драйверах,

Таблица 1

Параметры, единицы измерения	Режимы измерений	КМ1432УД1А			КМ1432УД1Б		
		Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.
Динамические характеристики							
Полоса пропускания (-3 дБ), МГц, малый сигнал	$A_V = +1$	120	150	—	100	140	—
	$A_V = +2$	—	130	—	—	120	—
	$A_V = +10$	—	120	—	—	110	—
Полоса пропускания (-3 дБ), МГц, большой сигнал	$A_V = +2 U_{\text{ВЫХ}}(\text{п-п}) = 2 \text{ В}$	—	115	—	—	90	—
	$A_V = +10 U_{\text{ВЫХ}}(\text{п-п}) = 4 \text{ В}$	—	95	—	—	80	—
Скорость нарастания выходного напряжения В/мкс	$U_{\text{ВЫХ}} = 20 \text{ В}, R_H = 1 \text{ кОм}$	800	1000	—	—	—	—
	$U_{\text{ВЫХ}} = 4 \text{ В}, R_H = 1 \text{ кОм}$	—	—	—	500	600	—
Время установления (0,1 %), нс	$U_{\text{ВЫХ}} = 2 \text{ В}$	—	50	—	—	50	—
Гармонические искажения ($f = 5$ МГц), дБ	$U_{\text{ВЫХ}} = 2 \text{ В}, R_H = 1 \text{ кОм}$	—	-74	—	—	-72	—
Дифференциальная фаза ($f = 4,4$ МГц), град	—	—	0,1	—	—	0,1	—
Дифференциальная нелинейность на ($f = 4,4$ МГц), %	—	—	0,1	—	—	0,1	—
Входные характеристики							
Напряжение смещения, мВ	—	—	± 15	± 30	—	± 15	± 30
Температурный дрейф $U_{\text{СМ}}$, мкВ/°С	—	—	80	—	—	50	—
Входное сопротивление, кОм	—	100	—	—	100	—	—
Входной ток по неинвертирующему входу, мкА	—	—	15	—	—	15	—
Входной ток по инвертирующему входу, мкА	—	—	40	—	—	40	—
Спектральная плотность шума на входе нВ/Гц ^{1/2}	$F_{\text{ВХ}} = 1 \text{ кГц}$	—	10	—	—	10	—
	$F_{\text{ВХ}} = 100 \text{ кГц}$	—	5	—	—	5	—
Входная емкость, пФ	—	—	2	—	—	2	—
Коэффициент ослабления синфазных сигналов, дБ	—	—	50	—	—	50	—
Передачные характеристики							
Коэффициент преобразования, кОм	$U_{\text{ВЫХ}} = 2 \text{ В}, R_H = 1 \text{ кОм}$	500	—	—	500	—	—
Выходные характеристики							
Максимальное выходное напряжение, В	$R_H = 1 \text{ кОм}$	± 12	—	—	± 3	—	—
Выходной ток, мА	—	—	± 50	—	—	± 50	—
Выходное сопротивление, Ом	без ООС	—	10	—	—	10	—
Режим эксплуатации							
Напряжение питания, В	—	—	± 15	—	—	± 5	—
Ток потребления, мА	—	—	13	17	—	12	20
Предельные режимы эксплуатации							
Напряжение питания, В	—	$\pm 4,5$	—	± 16	$\pm 4,5$	—	± 7
Входное напряжение (синфазное), В	—	—	—	$\pm U_{\text{П}}$	—	—	$\pm U_{\text{П}}$
Сопротивление нагрузки, Ом	—	50	—	—	50	—	—
Температура перехода, °С	—	—	—	150	—	—	150
Диапазон температур, °С	—	-60	—	+85	-60	—	+125
Тепловое сопротивление °С/Вт	корпус 2101.8	—	100	—	—	100	—

Таблица 2

Параметры	Режимы измерений	KM1432УД2А			KM1432УД2Б		
		Мин.	Тип.	Макс.	Мин.	Тип.	Макс.
Динамические характеристики							
Полоса пропускания (-3 дБ), МГц, малый сигнал	$A_V = +2, R_H = 100 \text{ Ом}$	100	120	—	80	100	—
	$A_V = +10, R_H = 100 \text{ Ом}$	—	—	—	—	—	—
Полоса пропускания (-3 дБ), МГц, большой сигнал	$U_{\text{ВЫХ}} = \pm 2 \text{ В}, R_H = 100 \text{ Ом}$	—	50	—	—	25	—
	$U_{\text{ВЫХ}} = 10 \text{ В}, R_H = 1 \text{ кОм}$	—	700	—	—	—	—
Скорость нарастания выходного напряжения В/мкс	$U_{\text{ВЫХ}} = 2,5 \text{ В}, R_H = 1 \text{ кОм}$	—	600	—	—	300	—
	$U_{\text{ВЫХ}} = 2 \text{ В}$	—	60	—	—	60	—
Гармонические искажения ($f = 5 \text{ МГц}$), дБ	—	—	-60	—	—	-60	—
Дифференциальная фаза ($f = 4,4 \text{ МГц}$), град	—	—	0,1	—	—	0,1	—
Дифференциальная нелинейность на ($f = 4,4 \text{ МГц}$), %	—	—	0,1	—	—	0,1	—
Входные характеристики							
Напряжение смещения, мВ	—	—	± 10	± 20	—	± 10	± 15
Температурный дрейф $U_{\text{см}}$, мкВ/°С	—	—	60	—	—	50	—
Входное сопротивление, кОм	—	—	100	—	—	100	—
Входной ток, мкА	—	—	5	—	—	10	—
Спектральная плотность шума на входе нВ/Гц ^{1/2}	$F_{\text{вх}} = 1 \text{ кГц}$	—	10	—	—	10	—
	$F_{\text{вх}} = 100 \text{ кГц}$	—	5	—	—	5	—
Входная емкость, пФ	—	—	1,5	—	—	1,5	—
Коэффициент ослабления синфазных сигналов, дБ	—	—	60	—	60	65	—
Передачные характеристики							
Коэффициент усиления по напряжению без ОС	$U_{\text{ВЫХ}} = 2 \text{ В}, R_H = 1 \text{ кОм}$	1000	2000	—	1000	2000	—
Выходные характеристики							
Максимальное выходное напряжение, В	—	—	± 12	—	—	± 3	—
Выходной ток, мА	—	—	± 40	—	—	± 30	—
Выходное сопротивление, Ом	—	—	10	—	—	10	—
Режим эксплуатации							
Напряжение питания, В	—	—	± 15	—	—	± 5	—
Ток потребления, мА	—	—	8,5	10	—	5,5	6,5
Предельные режимы эксплуатации							
Напряжение питания, В	—	$\pm 4,5$	—	$\pm 16,5$	$\pm 4,5$	—	± 7
Входное напряжение (синфазное), В	—	—	—	$\pm U_{\text{П}}$	—	—	$\pm U_{\text{П}}$
Сопротивление нагрузки, Ом	—	50	—	—	50	—	—
Температура перехода, °С	—	—	—	150	—	—	150
Диапазон температур, °С	—	-60	—	+85	-60	—	+85
Тепловое сопротивление °С/Вт	—	корпус 2101.В	—	100	—	—	100

импульсных усилителях, усилителях промежуточной частоты.

ОУ KM1432УД1 и KM1432УД2 изготавливают в металлокерамических корпусах 2101.8-7.

Назначение выводов микросхем:

- 1 — не подключен;
- 2 — инвертирующий вход;
- 3 — неинвертирующий вход;
- 4 — минус питания;
- 5 — частотная коррекция (только для KM1432УД2);
- 6 — выход ОУ;
- 7 — плюс питания;
- 8 — не подключен.

Внутренняя структура микросхем и подключение резисторов обратной связи R_f и R_G проиллюстрированы на рис. 1 и 2 для KM1432УД1 и KM1432УД2 соответственно.

Электрические характеристики ОУ KM1432УД1А, Б (при $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $R_H = 100 \text{ Ом}$, $R_f = 750 \text{ Ом}$ ($A_V = +1$), $R_f = 510 \text{ Ом}$ ($A_V \geq +2$)) приведены в табл. 1.

Электрические характеристики ОУ KM1432УД2А, Б (при $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $R_H = 1 \text{ кОм}$) приведены в табл. 2.

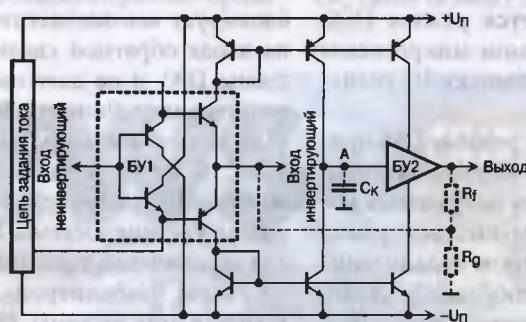


Рис. 1

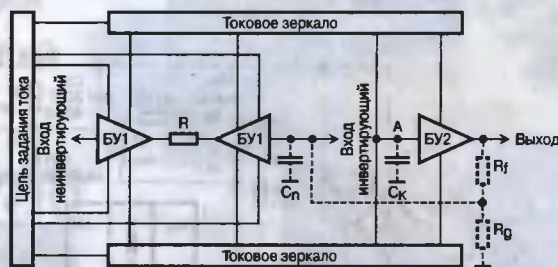


Рис. 2

Микросхемы KM1432УД1 являются аналогами AD811, LM6181, LT1227, а KM1432УД2 — AD817/18, LM6161, THS4051, LT1220/1363.

ЛИТЕРАТУРА:

1. http://k1432.nm.ru/k_1432ud1.htm
2. http://k1432.nm.ru/k_1432ud2.htm

Олег Петраков,
г. Москва

образователя от выходной мощности при входном напряжении постоянного тока 330 В для двух рассматриваемых режимов, а на рис. 25 — для входного напряжения 120 В. КПД ниже для режима DSS, особенно для малых значений выходной мощности, тем не менее он остается в этом режиме больше 50 % при $P_{OUT} = 730$ мВт.

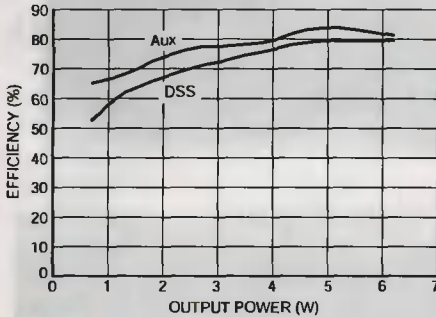


Рис. 24

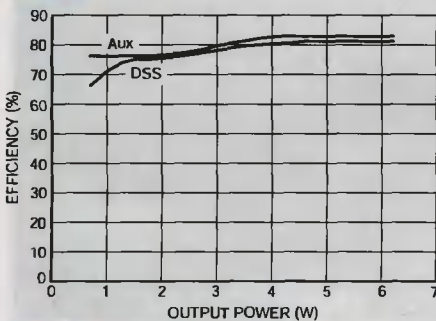


Рис. 25

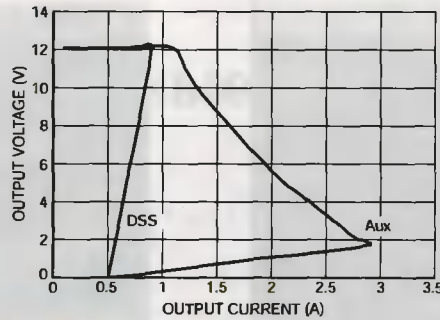


Рис. 26

Выходные характеристики. При работе в любом из режимов — DSS и Aux — преобразователь защищен от перегрузки и замыкания выхода, но выходные характеристики резко различаются. На рис. 26 приведены зависимости выходного напряжения от нагрузки преобразователя при входном выпрямленном напряжении 330 В. Видно, что при повышении тока нагрузки преобразователь в режиме Aux плавно снижает свое выходное напряжение, а в режиме DSS — очень резко, причем эта зависимость характеризуется отрицательным выходным сопротивлением. Выходной ток короткого замыкания независимо от режима составляет около 0,5 А.

Переходные процессы в преобразователе. На осциллограмме, приве-

денной на рис. 27, проиллюстрирована форма напряжения V_{ds} на выходе HV микросхемы в момент закрывания высоковольтного ключа при входном выпрямленном напряжении 370 В и максимальной перед выходом в режим ограничения нагрузке. Амплитуда выброса не превышает 585 В, что обеспечивает хороший запас по отношению к максимально допустимому значению для микросхемы — 700 В.

На рис. 28 приведены осциллограммы напряжения на входе обратной связи FB (Vfb) и выводе V_{CC} при включении преобразователя. Сразу после включения ток через высоковольтный ключ микросхемы в каждом такте доходит до максимально возможной величины, но это не вызывает отключение преобразователя. При достижении напряжения на входе V_{CC} уровня 8,5 В происходит выключение генератора тока A2 (рис. 3), заряжающего конденсатор C3 (рис. 23), и начинается работа преобразователя и разрядка этого конденсатора. Если все нормально, то до его разрядки до уровня 7,5 В замыкается петля обратной связи (соответствующий момент времени помечен на кривой Vfb). При достижении указанного уровня производится контроль замыкания петли ОС (этот момент помечен на кривой

CHIP NEWS

/ИНЖЕНЕРНАЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА/

ИЗДАЕТСЯ В РОССИИ И НА УКРАИНЕ

ХОРОШО ИЗВЕСТНЫЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ-ЭЛЕКТРОНИКОВ, РАЗРАБОТЧИКОВ, ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ

ПРИГЛАШАЕМ ЧИТАТЕЛЕЙ И ПИСАТЕЛЕЙ ПО ТЕМАМ:

- Цифровая обработка сигналов
- Системы проектирования
- Навигационные системы
- Соединители и разъемы
- Системы на кристалле
- Силовая электроника
- Микропроцессоры
- АЦП и ЦАП
- ЖКИ

и многое другое...



111141, Москва,
Зеленый проспект, 2/19-3
тел. +7-095-306-9119
факс +7-095-306-0283
chipnews@macroteam.ru
<http://www.chip-news.ru>

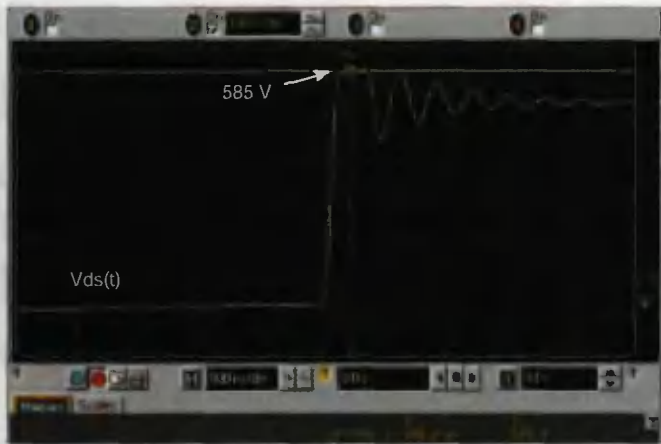


Рис. 27

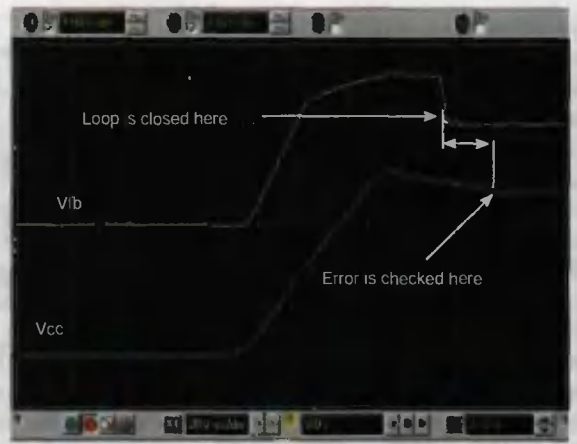


Рис. 28

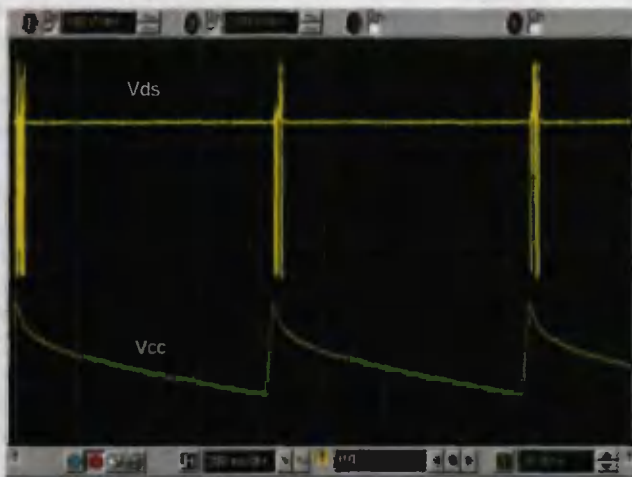


Рис. 29

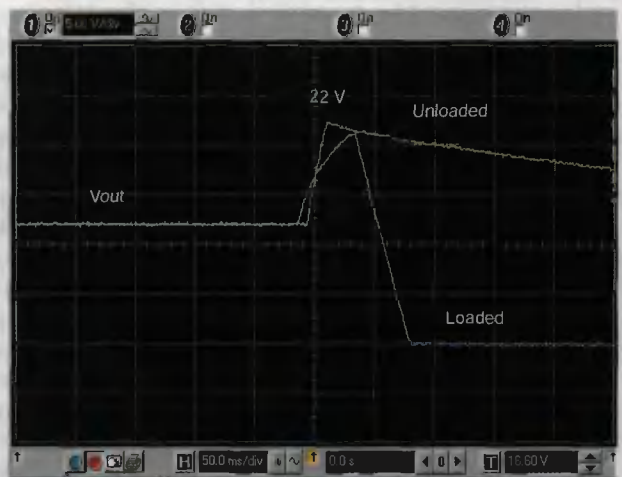


Рис. 30

V_{CC}). Если она замкнулась, продолжается нормальная работа преобразователя. Если же преобразователь не вышел на нормальный режим, он выключается и напряжение на конденсаторе $C3$ и выводе V_{CC} снижается до уровня 4,7 В, после чего включается генератор тока $A2$ (рис. 3) и процесс повторяется (рис. 29).

Этот процесс более подробно описан в первой части статьи в разделе «Защита от короткого замыкания выхода».

В режиме A_{ux} при обрыве цепи обратной связи, например, при выходе из строя оптопары, напряжение на вторичных обмотках, выходе преобразователя и выводе V_{CC} микросхемы начинает расти. Это увеличивает ток через стабилитрон $VD1$ (рис. 3) микросхемы и, когда он превысит определенный уровень, триггер $DD1$ (рис. 3) переключается. Преобразователь прекращает работу, однако напряжение на конденсаторе $C3$ продолжает колебаться между уровнями 8,5 и 7,5 В. Сбросить триггер и вновь запустить преобразователь можно, только сняв напряжение его питания, при этом напряжение на выводе V_{CC} должно

упасть до уровня менее 3 В. На рис. 30 приведены осциллограммы, иллюстрирующие процесс выключения преобразователя при обрыве оптопары, верхняя — при отсутствии нагрузки, нижняя — при ее наличии.

Увеличение выходной мощности преобразователя

В преобразователе использован трансформатор A9619-C фирмы Coilcraft [9]. Индуктивность его первичной обмотки составляет 3,2 мГн, соотношение числа витков обмоток I, II и III — 1:0,14:0,10. Активное сопротивление первичной обмотки — 1,74 Ом, ее индуктивность рассеяния — 60 мкГн. С таким трансформатором максимальная выходная мощность составляет 6 Вт при температуре окружающей среды 70 °С. Однако, при напряжении сети $230 \text{ В} \pm 15 \%$, не изменяя схемы преобразователя, его выходную мощность можно увеличить в два раза, до 12 Вт. Для этого необходимо установить трансформатор B0570-B той же фирмы. Он отличается большей индуктивностью первичной обмотки — 3,4 мГн и другим соотношением

числа витков обмоток — 1:0,06:0,08, сопротивление первичной обмотки — 2,57 Ом, индуктивность рассеяния — 95 мкГн. При этом микросхеме NCP1013P06 следует заменить на NCP1013P10, работающую на частоте 100 кГц, а резистор $R7$ установить сопротивлением 100 кОм мощностью 2 Вт.

При улучшении отвода тепла от микросхемы DA1 за счет увеличения медной площадки, на которую она устанавливается, можно увеличить выходную мощность еще более — до 19 Вт при температуре окружающей среды 60 °С.

ЛИТЕРАТУРА:

8. AND8142/D. A 6.0 W/12 W Universal Mains Adapter with the NCP101X. <http://onsemi.com>.
9. www.coilcraft.com/pdfs/ncp101x.pdf.

Продолжение следует

Сергей Бирюков,
г. Москва

Продолжение. Начало № 2/2004

Цифровые сигнальные процессоры

В этой статье говорится об генераторах адресов сигнального процессора и выполняемых с его помощью командах

ГЕНЕРАТОРЫ АДРЕСОВ

Ранее мы уже рассматривали назначение генераторов адресов (DAG). На этот раз рассмотрим их структуру и команды, которые они позволяют выполнять.

Сигнальный процессор имеет в своем составе два независимых генератора адреса данных, обеспечивающих одновременный доступ к памяти данных и памяти программ. Генераторы адреса осуществляют косвенную адресацию данных. Оба генератора могут выполнять автоматическую модификацию адреса данных. С помощью циклических буферов они могут выполнять модификацию адреса по модулю. Отличие генераторов адреса

друг от друга состоит в следующем. Первый генератор адреса (DAG1) генерирует только адреса памяти данных, но обеспечивает при этом изменение порядка разрядов в адресе на обратный (реверс разрядов). Второй генератор адреса (DAG2) генерирует как адреса памяти данных, так и адреса памяти программы, но не способен поддерживать реверсную адресацию.

Структурная схема генератора адреса приведена на рис. 1.

Отличия структуры DAG1 от DAG2 показаны на этом рисунке.

Каждый генератор имеет в своем составе три регистровых блока — блок регистров модификации (M),

блок индексных регистров (I) и блок регистров длины (L). Каждый из регистровых блоков состоит из четырех регистров разрядностью 14 бит. Чтение и запись данных в эти регистры осуществляется через шину данных DMD. Индексные регистры I содержат действительные адреса, используемые для доступа к памяти. При косвенной адресации данных адрес, находящийся в выбранном индексном регистре, становится адресом памяти. Разряды адреса на выходе DAG1 могут быть переставлены в обратном порядке за счет установки соответствующего бита режима в регистре состояний режима MSTAT, или при помощи команды ENA BIT_REV. Реверс адреса (адресация с перестановкой разрядов в обратном порядке) необходим для выполнения операций БПФ (быстро-го преобразования Фурье) для цифровых значений сигнала [1]. Данную операцию часто называют скремблированием (от английского слова scramble — перемешивать). Сброс бита режима реверса адреса в регистре состояний режима MSTAT про-





www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ВЧ УСИЛИТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ















ВЧ усилительные модули 12,5 В



Полоса частот

ВЧ кремниевые усилительные модули выполнены по CMOS технологии и предназначены для беспроводных систем коммуникаций в полосе частот от нескольких МГц до 1 ГГц. Они широко применяются на рынке TELEMATICS, в AMPS/GSM системах, любительской радиотехнике и другом портативном оборудовании. Модули производятся на напряжение 7.2 В, 9.6 В и 12.5 В



50 W

0.3 W

Москва, ул. Ивана Франко, д.40, стр.2 Тел./факс: (095) 97-000-99 Почта: 121351, Москва, а/я 100 E-mail: platan@aha.ru

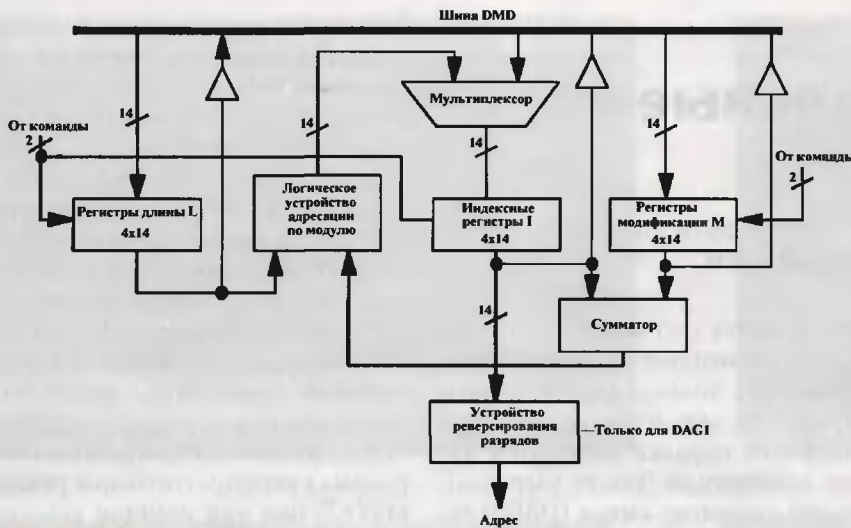


Рис. 1

изводится командой DIS BIT_REV. Для наглядности в табл. 1 приведен нормальный и реверсивный порядок адресов для двух-, трех- и четырехразрядных адресов.

Из таблицы видно, каким образом при этом перемешиваются значения адреса.

Генераторы адреса используют постмодификацию, т. е. после доступа к данным при использовании косвенной адресации содержимое заданного регистра модификации M прибавляется к содержимому индексного регистра I для формирования нового значения регистра I. Выбор регистров M и I в пределах одного DAG

Таблица 1

Нормальный порядок		Реверсивный порядок	
Десят.	Двоичн.	Двоичн.	Десят.
Двухразрядный адрес			
0	00	00	0
1	01	10	2
2	10	01	1
3	11	11	3
Трехразрядный адрес			
0	000	000	0
1	001	100	4
2	010	010	2
3	011	110	6
4	100	001	1
5	101	101	5
6	110	011	3
7	111	111	7
Четырехразрядный адрес			
0	0000	0000	0
1	0001	1000	8
2	0010	0100	4
3	0011	1100	12
4	0100	0010	2
5	0101	1010	10
6	0110	0110	6
7	0111	1110	14
8	1000	0001	1
9	1001	1001	9
10	1010	0101	5
11	1011	1101	13
12	1100	0011	3
13	1101	1011	11
14	1110	0111	7
15	1111	1111	15

произволен, т. е. любой из индексных регистров I0—I3 DAG1 может быть модифицирован содержимым любого из регистров модификации M0—M3. Для DAG2 аналогично используются регистры I4—I7 и M4—M7. Значения модификации, содержащиеся в регистрах модификации M, являются знаковыми числами, поэтому следующий вычисленный адрес может быть больше или меньше предыдущего.

Генераторы адреса поддерживают адресацию линейных и циклических буферов данных. Содержимое регистра длины L определяет режим адресации для соответствующего индексного регистра I. При адресации циклических буферов регистр L инициализируется длиной буфера. При адресации линейных буферов регистр L инициализируется нулем. Для каждого регистра I соответствующий регистр L несет информацию о длине буфера. Если сумма значений регистра модификации M и индексного регистра I превышает значение длины циклического буфера, модифицированное значение регистра I вычисляется логическим устройством адресации по модулю с использованием значения регистра длины L.

Поскольку регистры I и L содержат беззнаковые числа, два старших разряда шины данных заполняются при чтении этих регистров нулями. Регистры модификации M хранят числа со знаком, поэтому старшие два разряда шины данных дополняются знаковым расширением при их чтении.

РЕВЕРСНАЯ АДРЕСАЦИЯ

Логическое устройство инвертирования разрядов адреса предназначено для вычислений БПФ, когда разряды двоичных значений данных вводятся

или генерируются в обратном порядке. Постановка разрядов в обратном порядке возможна только для адресов, генерируемых DAG1. Точкой поворота является средняя точка 14-разрядного адреса между разрядами 6 и 7, как показано в табл. 2.

Таблица 2

Нормальный порядок разрядов													
13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
Реверсивный порядок разрядов													
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13

Реверсная адресация разрешается при установке соответствующего бита в регистре состояния режима MSTAT. При разрешении данного режима работы DAG1 разряды всех адресов, сгенерированных с использованием индексных регистров I0—I3, ставятся на выходе в обратном порядке. При этом значения адресов в индексных регистрах хранятся в нормальном порядке, а преобразование адреса происходит только при выводе на шину адреса. Этот режим сохраняется до сброса соответствующего бита состояния MSTAT.

В DAG1 можно также инвертировать значения адресов с разрядностью менее 14-ти бит. Для этого необходимо определить первый адрес и записать при инициализации в регистр модификации M значение, вычисляемое для модификации инвертированного выходного значения регистра I в нужном интервале. Это значение равно 2^{14-N} , где N — число разрядов, которое необходимо поставить в обратном порядке.

КОМАНДЫ ПЕРЕСЫЛКИ ДАННЫХ

Поскольку генераторы адресов используются для формирования адресов данных, эти устройства используются в командах пересылки данных. Ниже приводится полный список команд пересылки данных в соответствии с принятыми условными обозначениями. Назначение команд приводится в тексте их описания.

Чтение из памяти данных (косвенная адресация):

```
dreg = DM( |I0|, |M0|);
          |I1|, |M1|
          |I2|, |M2|
          |I3|, |M3|
          |I4|, |M4|
          |I5|, |M5|
          |I6|, |M6|
          |I7|, |M7|
```

Чтение из памяти программ (косвенная адресация):

```
dreg = PM( |I4|, |M4|);
          |I5|, |M5|
          |I6|, |M6|
          |I7|, |M7|
```

Запись в память данных (косвенная адресация):

```
DM( |I0|, |M0|) = dreg;
     |I1|, |M1|
     |I2|, |M2|
     |I3|, |M3|
     |I4|, |M4|
     |I5|, |M5|
     |I6|, |M6|
     |I7|, |M7|
```

Запись в память программ (косвенная адресация):

```
PM( |I4|, |M4|) = dreg;
     |I5|, |M5|
     |I6|, |M6|
     |I7|, |M7|
```

Запись в память данных (прямая адресация):

```
DM (<addr>) = reg;
```

Запись содержимого регистров оверлеев в память данных:

```
DM (<addr>) = DMOVLAY;
```

Запись в область ввода-вывода (прямая адресация):

```
I0 (<addr>) = dreg;
```

Пересылка регистр—регистр:

```
reg = reg;
```

Непосредственная загрузка регистра:

```
reg = <data>;
dreg = <data>;
```

Чтение регистра оверлеев:

```
dreg = DMOVLAY;
```

Таблица 3

.MODULE scram;	{Вход: Буфер данных input Выход: Буфер данных output Используемые регистры: I0, I4, M0, M4, AY1}
.CONST N=1025, mv=N#0010; {Инициализация констант mv=16384/N}	
.EXTERNAL input, output;	
.ENTRY scramble;	
scramble: I4=~input;	{I4 присвоить адрес буфера входных данных}
I0=~output;	{I0 присвоить адрес буфера выходных данных}
M4=1;	
M0=mv;	{M0=модификатор для реверса}
L4=0;	{Линейные буферы}
L0=0;	
ENA BIT_REV;	{Разрешение инвертирования разрядов}
CNTR=N;	
DO Met UNTIL CE;	{Организация цикла}
AY1=DM(I4, M4);	{Чтение последовательно организованных данных}
Met: DM(I0, M0)=AY1;	{Запись данных в ячейки в обратном порядке}
DIS BIT_REV;	{Запрещение инвертирования разрядов}
RTS;	{Возврат в вызывающую программу}
.ENDMOD;	

Запись в регистр оверлеев:

```
DMOVLAY = dreg;
```

Чтение из памяти данных (прямая адресация):

```
reg = DM (<addr>);
```

Чтение из памяти ввода-вывода (прямая адресация):

```
dreg = I0 (<addr>);
```

Символьная запись <addr> для команд ввода/вывода может принимать адреса в диапазоне 0—2048, а для команд обращения к памяти данных 0—16383 (0x3FFF).

Вместо записи dreg могут быть использованы регистры — AX0, AX1, AY0, AY1, AR, MX0, MX1, MY0, MY1, MR0, MR1, MR2, SI, SE, SR0, SR1.

Вместо записи reg могут быть использованы все регистры dreg и регистры — I0—I7, M0—M7, L0—L7, TX0, TX1, RX0, RX1, SB, PX, ASTAT, MSTAT, SSTAT (только чтение), IMASK, ICNTL, IFC (только запись), CNTR, OWRNTR (только запись).

Примеры команд пересылки данных:

```
AX0=AX1; {Переслать содержимое регистра AX1 в AX0}
```

```
AY0=0xA37F; {Загрузить в регистр 16-разрядное число 0xA37F}
```

```
AY0=DM (1247); {Прочитать данные из ячейки памяти с адресом 1247 в регистр AY0}
```

```
PM(I7, M7) = AX0; {Записать в память программ значение регистра AX0 используя индексные регистры I7 и M7}
```

В табл. 3 приведен пример подпрограммы реверсирования разрядов адреса. Данная программа служит для размещения данных по адресам, в которых изменен нормальный порядок разрядов на обратный порядок.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Б. А. Калабеков. Микропроцессоры и их применение в системах передачи и обработки сигналов. — М.: Радио и связь, 1988.

Продолжение следует

Олег Вальпа,
г. Миасс Челябинской обл.

Редакция журнала «Схемотехника»

приглашает авторов к сотрудничеству
по всем вопросам обращаться

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

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

Гонорары выплачиваются авторам, проживающим на территории СНГ.

Вниманию авторов и читателей!

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

Редакция

Супервизоры серии MCP10X фирмы Microchip

В настоящее время практически все современные электронные устройства имеют в своем составе микроконтроллеры. Более того, можно сказать, что слово «микроконтроллер» вошло в обиход профессионального сленга разработчика так же сильно, как раньше слово «транзистор», а может быть даже обошло его по популярности. Не будем перечислять в данной статье все достоинства этого прибора, просто скажем, что они есть, и они настолько существенны, что современную эру микроэлектронной промышленности с уверенностью можно назвать эрой микроконтроллеров. Микроконтроллерный бум привел к тому, что многие фирмы, сделавшие ставки именно на выпуск этой продукции, начали активно развиваться и в наше время стали гигантами. Одновременно стали развиваться и фирмы, специализирующиеся на выпуске аксессуаров и сопутствующей продукции к микроконтроллерам. В данной статье и пойдет речь об одном из таких аксессуаров, а именно супервизоре.

Современная промышленность добилась того, что микроконтроллер стал меньше зависеть от внешних электромагнитных наводок и чистых случайностей, т. е. повысилась надежность его работы, в связи с чем значение сторожевого таймера (WDT) отошло на второй план. Сегодня WDT устанавливается в микроконтроллер скорее как опция, которую легко можно выключить. Поэтому именно супервизор сегодня выходит на первый план именно как элемент жизненной необходимости для микроконтроллера.

Несмотря на то, что практически все современные модели микроконтроллеров большинства торговых марок имеют интегрированный супервизор на кристалле микроконтроллера, так называемый детектор напряжения, в ряде случаев данный элемент не может быть использован в устройстве по нескольким причинам. Первая причина состоит в том, что интегрированный супервизор, как правило, имеет довольно высокий порог срабатывания, что не позволяет микроконтроллеру с данным супервизором работать в низковольтных устройствах (например, микроконтроллер PIC16F628A работоспособен в диапазоне напряжений 3...6 В, в тоже самое время интегрированный супервизор при падении напряжения ниже 4 В переводит микроконтроллер в состояние сброса). Вторым негативным фактором является довольно большое потребление тока

интегрированными супервизорами, что не позволяет использовать микроконтроллер с таким супервизором в электронных системах, где важно низкое токопотребление. В тоже время практически все интегрированные супервизоры активируются опционально (пользователем), другими словами, это значит, что модуль супервизора можно легко выключить и использовать внешний супервизор. Исходя из этого можно сказать, что в большинстве случаев разработчик сталкивается с необходимостью подбора и использования внешнего подходящего по параметрам супервизора. Целью данной статьи является знакомство с одним из доступных на рынке семейством супервизоров.

Попробуем разобраться, что же собой представляет супервизор или, как еще его называют, детектор напряжения? По своей сути это очень простое аналоговое устройство, сигнализирующее микроконтроллеру об уходе напряжения питания за предел, ниже которого он неработоспособен. Когда напряжение питания достигает заданного значения, супервизор влияет на работу микроконтроллера, другими словами, просто приостанавливает его работу. Кардинально повлиять на работу микроконтроллера можно, подав на его специальный вывод сигнал сброса, что и делает супервизор. Как правило, основными модулями современных супервизоров являются источник опорного напряжения, компаратор, цепь задержки и выходной буфер.

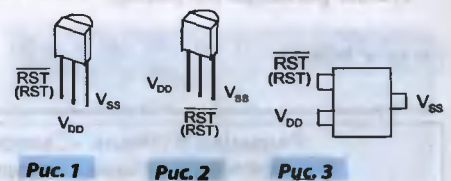
Хорошо всем известная фирма Microchip, специализирующаяся на выпуске дешевых восьмибитных микроконтроллеров, относительно недавно начала выпуск своей новой линейки супервизоров под общим названием MCP10X. Супервизоры данной серии характеризуются ультранизким потреблением и относительно низкой ценой, так уже сегодня возможно их приобретение в розницу по цене 30 центов.

Супервизоры серии MCP10X характеризуются следующими особенностями:

- микроконтроллер удерживается в состоянии сброса до выхода питающего напряжения на безопасный уровень и его стабилизации;
- микроконтроллер удерживается в состоянии сброса во время провала напряжения питания;
- точность супервизоров достаточная для контроля микроконтроллерных систем, питающихся от источников с напряжением 3; 3,3; 5 В;
- два вида выходных сигналов — активное напряжение сброса низкого уровня (MCP100) и активное напряжение сброса высокого уровня (MCP101);
- интегрированный подтягивающий резистор на выводе сброса;
- типичное время удержания микроконтроллера в состоянии сброса — около 350 мс;
- большая точность работы супервизоров во всем диапазоне питающих напряжений — ± 125 мВ для номинала 5 В и ± 75 мВ для 3 В;
- низкий ток потребления — типовое значение 45 мкА;
- широкий диапазон рабочих температур — минус 40...+85 °С.

Microchip выпускает свои супервизоры в широкой гамме корпусов. Основными для супервизоров серии MCP10X являются стандартные транзисторные корпуса — TO-92 и SOT-23-3.

Назначение выводов супервизоров в разных корпусах показано на рис. 1—3.



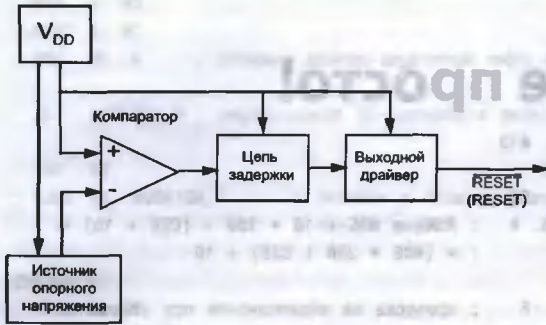


Рис. 4

Кроме того, супервизоры в корпусах ТО-92 имеют два варианта размещения выводов, что позволяет упростить разводку печатной платы. Первый вариант размещения выводов показан на рис. 1, в данном случае вывод RST размещается с левого края, во втором варианте, показанном на рис. 2, вывод RST размещается в середине. Для определения разводки выводов в кодировку прибора добавляется специальная буква. Так, если супервизор имеет первый вариант разводки, в кодировке присутствует буква D, если второй — Н.

На рис. 4 представлена структурная схема супервизоров серии MCP10X.

Супервизор состоит из источника опорного напряжения, компаратора, цепи задержки и выходного драйвера. Источник опорного напряжения вырабатывает стабилизированное пороговое напряжение, которое сравнивается с напряжением питания при помощи компаратора. Если напряжение питания по каким-либо причинам становится ниже определенного источником опорного напряжения, компаратор запускает цепь задержки, которая, в свою очередь, управляет выходным драйвером. Выходной буфер изменяет состояние вывода RST с пассивного на активное и удерживает его в таком состоянии до тех пор, пока напряжение питания снова не достигнет нормального уровня.

На рис. 5 представлены временные диаграммы работы супервизоров MCP100 и MCP101.

Сверху показана диаграмма питающего напряжения. Внизу — реакция супервизоров MCP100 и MCP101. Здесь V_{TRIP} — пороговое напряжение; t_{RPU} — время работы цепи задержки; t_{RPD} — время установления активного уровня сброса; V_{OH} и V_{OL} — напряжения высокого и низкого уровня выходов супервизоров.

Одним из самых важных параметров супервизоров является так называемое граничное напряжение, т. е. входное

напряжение, при котором вывод RST переходит из пассивного состояния в активное. Чтобы предвидеть самые разные потребности проектировщиков, фирма Microchip выпускает семь подтипов супервизоров MCP10X с разными напряжениями срабатывания, они представлены в табл. 1.

Стандартное включение супервизора показано на рис. 6.

Таблица 1

Микросхема	Значение напряжения переключения, В		
	Миним.	Тип.	Макс.
MCP10X-270	2,55	2,63	2,70
MCP10X-300	2,85	2,93	3,00
MCP10X-315	3,00	3,08	3,15
MCP10X-450	4,25	4,38	4,50
MCP10X-460	4,35	4,48	4,60
MCP10X-475	4,50	4,63	4,75
MCP10X-485	4,60	4,73	4,85

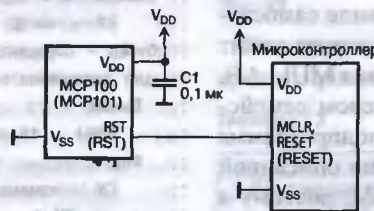


Рис. 6

На супервизор необходимо подать напряжение питания (на выводы V_{DD} и V_{SS}), а его выходной сигнал с вывода RST подать на вывод сброса микроконтроллера. Естественно, что вывод сброса микроконтроллера должен быть сконфигурированным самим микроконтроллером именно как вход для подачи сигнала сброса. Также производитель рекомендует устанавливать непосредственно вблизи детектора блокировочный конденсатор емкостью 0,1 мкФ.

Так как цепь задержки строится на RC-таймере, на длительность формируемой им задержки влияют как питающее напряжение V_{DD} , так и температура окружающей среды (рис. 7).

Зависимость тока потребления супервизором I_{DD} от питающего напряжения (V_{DD}) и температуры продемонстрирована на рис. 8.

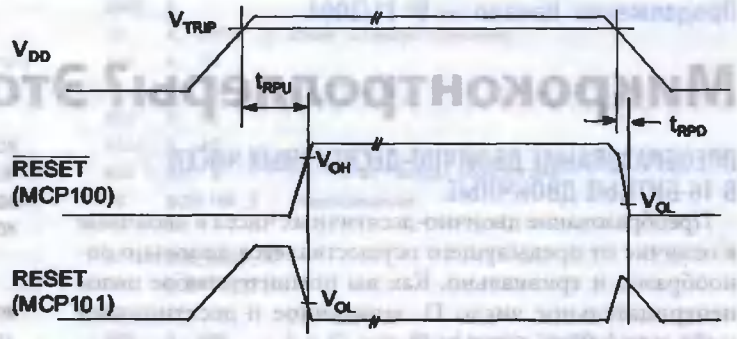


Рис. 5

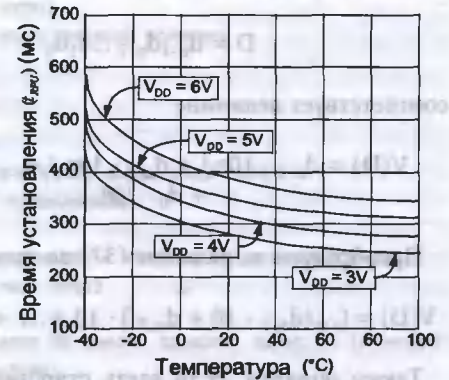


Рис. 7

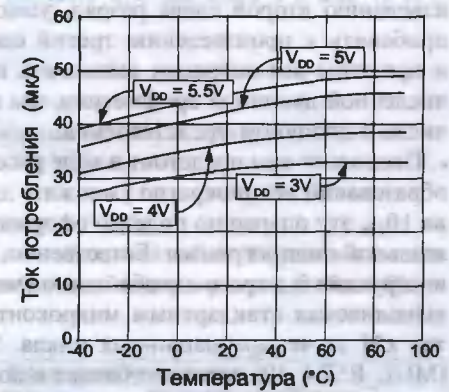


Рис. 8

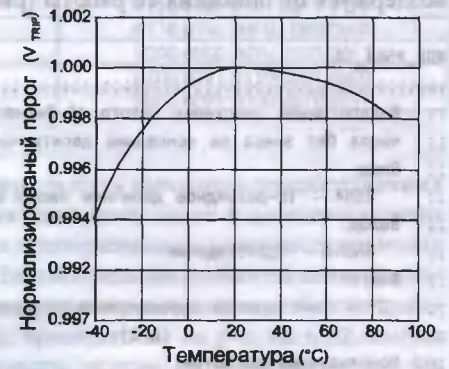


Рис. 9

На графике рис. 9 показана зависимость величины нормализованного порога V_{TRIP} от температуры.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1. <http://www.microchip.com>

Марис Поталчук,
г. Ровно, Украина

Микроконтроллеры? Это же просто!

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫХ ЧИСЕЛ В 16-БИТНЫЕ ДВОИЧНЫЕ

Преобразование двоично-десятичных чисел в двоичные в отличие от предыдущего осуществляется довольно однообразно и тривиально. Как вы помните, любое целое неотрицательное число D , записанное n десятичными цифрами d_i ($0 \leq i \leq n-1$) как

$$D = d_{n-1}d_{n-2} \dots d_1d_0 \quad (36)$$

соответствует величине

$$V(D) = d_{n-1} \cdot 10^{n-1} + d_{n-2} \cdot 10^{n-2} + \dots + d_1 \cdot 10^1 + d_0 \cdot 10^0 \quad (37)$$

Преобразуем выражение (37) по схеме Горнера:

$$V(D) = (\dots(d_{n-1} \cdot 10 + d_{n-2}) \cdot 10 + \dots + d_1) \cdot 10 + d_0 \quad (38)$$

Таким образом, если взять старший разряд двоично-десятичного числа, умножить на 10_{10} , прибавить к произведению второй слева разряд, умножить сумму 10_{10} , прибавить к произведению третий слева разряд и т. д. и при этом все операции выполнять по правилам целочисленной двоичной арифметики, мы получим исходное число в двоичном представлении.

Поскольку нам предстоит в ходе рассматриваемых преобразований неоднократно умножать двухбайтовое число на 10_{10} , эту операцию полезно оформить в виде самостоятельной подпрограммы. Естественно, в ее основе лежит инструкция быстрого однобайтного умножения MUL AB, выполняемая стандартным микроконтроллером семейства x51 за четыре машинных цикла. Эта подпрограмма (MUL_R5R4_10) довольно близка к подробно описанной в предыдущей главе подпрограмме MUL16M, поэтому я воздержусь от описания ее работы (рис. 61).

```
MUL_R5R4_10:
; Подпрограмма умножения целого 16-битного двоичного
; числа без знака на основание десятичной системы 10
; Вход:
; R5R4 - 16-разрядное двоичное число без знака
; Выход:
; AR5R4 - произведение
; Флаги:
; CY - CY=1 признак переполнения 16-разрядного результата
; (A>0)
; Используемые регистры:
; B
; Требуется свободных байт в стеке:
; 2
```

```
MOV A, R4
MOV B, #10
MUL AB
MOV R4, A
```

```
MOV A, R5
MOV R5, B ; R5R4 = МЛБ * 10
```

```
MOV B, #10
MUL AB
ADD A, R5
MOV R5, A ; R5R4 = МЛБ * 10 + 256 * (СТБ * 10) =
; = (МЛБ + 256 * СТБ) * 10
```

```
MOV A, B ; проверка на переполнение при умножении
JZ MUL_R5R4_10_1
```

```
SETB C ; переполнение, CY = 1
```

```
MUL_R5R4_10_1:
RET
```

Рис. 61

Дальше все просто. Подпрограмма BCDB16A (рис. 62) осуществляет преобразование в двоичное двоично-десятичного числа, хранящегося в буфере с адресом в R0. Она последовательно извлекает из буфера цифры двоично-десятичного числа, обрабатывает их в соответствии с (38) и, в конце концов, получает результат в регистрах R5R4.

BCDB16A:

```

; Подпрограмма преобразования целого двоично-десятичного
; числа без знака (от 0 до 65535)
; в 16-разрядное двоичное число
; Вход:
; R0 - адрес буфера, в котором хранятся цифры двоично-
; десятичного числа
; R1 - число цифр в буфере (от 1 до 5)
; буфер - содержит десятичные цифры (например: байты 1, 2 и 3;
; для десятичного числа 123)
; Выход:
; R5R4 - 16-разрядное двоичное число (если CY = 0)
; Флаги:
; CY - признак переполнения 16-разрядного результата,
; т. е. CY=1 - признак ошибки (число было больше 65535)
; Используемые регистры:
; R3, R2, A, B
; Требуется свободных байт в стеке:
; 2+2=4
; Использует подпрограммы:
; MUL_R5R4_10
```

```
MOV A, R0
MOV R2, A
MOV A, R1
MOV R3, A ; сохранили R0 и R1 в R2 и R3 соответственно
```

```
MOV R5, #0
MOV R4, #0 ; обнуление результата
```

```
SJMP BCDB16A_2 ; пропустили ненужное умножение 0 на 10
```

```
BCDB16A_1:
LCALL MUL_R5R4_10 ; умножили результат на 10
```

```
JC BCDB16A_3 ; переполнение 16-разрядного результата
```

BCDB16A_2:

```
MOV A, R4
ADD A, @R0
MOV R4, A
```

```

MOV A, R5
ADDC A, #0
MOV R5, A ; добавили двоично-десятичную цифру к результату

JC BCDB16A_3 ; переполнение 16-разрядного результата

INC R0
DJNZ R1, BCDB16A_1 ; перешли к следующей двоично-десятичной цифре

BCDB16A_3:
MOV A, R2
MOV R0, A
MOV A, R3
MOV R1, A ; восстановили R0 и R1 из R2 и R3 ; соответственно

RET

```

Рис. 62

Подпрограмма BCDB16B (рис. 63) осуществляет аналогичное преобразование в двоичное двоично-десятичного числа, хранящегося в регистрах R1R2R3. Она последовательно извлекает из соответствующей тетрады соответствующего регистра цифры двоично-десятичного числа, обрабатывает их по алгоритму (38) и также в конце концов получает результат в регистрах R5R4.

```

BCDB16B:
; Подпрограмма преобразования целого двоично-десятичного
; числа без знака (от 0 до 65535)
; в 16-разрядное двоичное число
; Вход:
; R1R2R3 - двоично-десятичные цифры (в R1 - десятки тысяч,
; в старшей половине R2 - тысячи, в младшей R2 - сотни,
; в старшей R3 - десятки, в младшей R3 - единицы)
; Выход:
; R5R4 - 16-разрядное двоичное число (если CY = 0)
; Флаги:
; CY - признак переполнения 16-разрядного результата,
; т. е. CY=1 - признак ошибки (число было больше 65535)
; Используемые регистры:
; A, B
; Требуется свободных байт в стеке:
; 2+1+2=5
; Использует подпрограммы:
; MUL_R5R4_10

```

```

MOV A, R0
PUSH ACC ; сохранили R0 в стеке

MOV A, PSW
ANL A, #18H ; A содержит адрес R0 (учитывая банк ; регистров)
ADD A, #2 ; а теперь адрес R2
MOV R0, A ; R0 содержит адрес R2

MOV R5, #0
MOV A, R1
MOV R4, A ; 1-я цифра (десятки тысяч) обработана

BCDB16B_1:
LCALL MUL_R5R4_10
JC BCDB16B_2 ; переполнение

MOV A, @R0 ; A = R2 (или R3 на втором проходе через ; это место)

```

```

SWAP A
ANL A, #0FH ; взяли старшую половину
ADD A, R4
MOV R4, A
MOV A, R5
ADDC A, #0
MOV R5, A ; 2-я (4-я) цифра обработана
JC BCDB16B_2 ; переполнение

LCALL MUL_R5R4_10
JC BCDB16B_2

MOV A, @R0 ; A = R2 (или R3 на втором проходе через это ; место)
ANL A, #0FH ; взяли младшую половину
ADD A, R4
MOV R4, A
MOV A, R5
ADDC A, #0
MOV R5, A ; 3-я (5-я) цифра обработана
JC BCDB16B_2 ; переполнение

INC R0 ; переходим к следующему регистру (след. ; паре цифр)

MOV A, R0
ANL A, #1 ; если R0 теперь содержит адрес R3 (нечетный ; адрес) ; то младший бит A будет равен 1, и требуется
JNZ BCDB16B_1 ; повторить цикл для 4-й и 5-й цифр (в ; регистре R3)

```

```

BCDB16B_2:
POP ACC
MOV R0, A ; восстановили R0 из стека
RET

```

Рис. 63

И в завершение — небольшая табличка, позволяющая протестировать написанные подпрограммы (табл. 17).

Таблица 17

Представление чисел	
Шестнадцатеричное	Двоично-десятичное
FFFF	0110 0101 0101 0011 0101
FFFE	0110 0101 0101 0011 0100
FF00	0110 0101 0010 1000 0000
00FD	0000 0000 0010 0101 0011
AAAA	0100 0011 0110 1001 0000
03FF	0000 0001 0000 0010 0011

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Итак, мы рассмотрели пять вариантов преобразования шестнадцатеричных двоичных чисел в двоично-десятичные и два варианта преобразования двоично-десятичных чисел в двоичные. Рассмотренные варианты заметно различаются по принципу преобразования и по быстродействию. Одни из них, приведенные на рис. 60 и 62, имеют практическую ценность, другие, см. например, рис. 59, ценны скорее лежащим в их основе принципом. В любом случае программисту полезно ознакомиться со всеми способами преобразования, т. к. это обогатит его идеями, которые могут оказаться полезными в дальнейшем.

Продолжение следует

Александр Фрунзе,
Алексей Фрунзе,
г. Москва

Подключение внешнего ОЗУ к микроконтроллерам AVR

Отладка программы

После ассемблирования (клавиша F7) при отсутствии ошибок приступим к отладке (клавиша F11). В появившемся окне Simulator options/Device выберем микроконтроллер ATmega8535.

Рассмотрим определение констант в программе. Ячейки внутренней памяти микроконтроллера с адресами RamH и RamL хранят старший и младший байты адреса внешней памяти. В этих ячейках будет отражаться информация об адресе внешней памяти, которая выводится в буферы адреса (регистры DD3 и DD4).

Константа AR0 равна константе PC0; PC0 в свою очередь определена в файле, вставляемом в программу директивой .include.

Остальные константы, не определенные в тексте программы, также определяются в файле m8535def.inc.

Нажмем F11. Откроем Workspace/IO ATmega8535, в открывшемся окне выполним PortB/+, здесь же выполним PortC/+ и PortD/+ для контроля информации, выводимой на контакты портов B, C, D, и, следовательно, на шину данных (порт B) и линии управления внешней памятью (соответствующие контакты портов C и D).

Имена констант в программе соответствуют именам линий управления внешней памятью на схеме.

Переносим курсор на команду блока загрузки внутренней SRAM массивом в 45 байт (ldi XL,low(aPack)) и нажимаем Ctrl+F10.

Произошла инициализация портов B, C и D, а также установлен начальный адрес стека.

Проверяем состояние линий портов в окне IO. Порт B инициализирован для вывода данных из микроконтроллера. Линии PC4 и PC3 порта C установлены (на соответствующих линиях WR и RD будут лог. 1). На линиях PD3 и PD4 порта D (соответствуют линиям BUF1, BUF2) — лог. 0. В этом же окне IO выполняем CPU/+ и проверяем состояние регистров указателя стека SPH и SPL.

Для имитации массива, получаемого в реальной программе в результате одной группы преобразований АЦП, в область памяти, начинающуюся адресом aPack, в программу введен цикл создания простого массива размером в 45 байт.

Вызовем окно Memory, выполнив View/New memory view, перенесем курсор на команду, следующую за циклом создания массива (in tm,PINC) и нажмем Ctrl+F10. Во внутренней памяти микроконтроллера создан массив, первый байт которого (\$22) находится в ячейке с адресом aPack (0x00B0).

Нажимаем на F11 пять раз, проверяем состояние порта C в окне IO. Линии PC2, PC1, PC0 приобрели состояние 010, таким же будет состояние трех старших линий адреса в схеме (AR2, AR1, AR0), определяющих номер рабочей страницы внешней памяти.

Трижды нажимаем F11, очищаем старший и младший адреса внешней памяти в ячейках RamH, RamL.

Указатель выполнения команд остановился на команде вызова подпрограммы переноса данных во внешнюю па-

мять. В окне Memory перейдем в самый конец внутренней памяти, переместив скроллер окна вниз до конца, выполним View/Processor, в открывшемся окне процессора заметим состояние счетчика команд (0x00001D — это номер команды rcall, которая будет выполняться) и указателя стека (= 0x000025F).

Нажмем F11. Указатель выполнения команд перешел на команду с меткой St45bt: (окно программы), в счетчике команд — номер команды с этой меткой. Во внутренней памяти по адресу 25F находится двухбайтный номер команды, на которую надо вернуться после выполнения подпрограммы (001E — эта команда следует за командой с номером 001D, и именно адрес 001E загрузится в счетчик команд после выполнения подпрограммы). Указатель стека сместился на две ячейки влево (25D), если внутри нашей подпрограммы будет подпрограмма следующего уровня вложения. В ячейки 25D:25C запишется двухбайтный адрес возврата из этой подпрограммы.

Устанавливаем курсор на команду с меткой mSt45:, нажимаем Ctrl+F10. Регистр Z содержит адрес начала массива во внутренней оперативной памяти микроконтроллера. Указатель выполнения команд находится в начале цикла побайтного копирования данных из внутренней оперативной памяти микроконтроллера во внешнюю память. Отличие цикла от уже рассматривавшихся в наличии двух вызовов подпрограмм. Первый из них (rcall SetAddr) записывает младший и старший байты адреса внешней памяти в два буфера (в регистры DD3 и DD4). Второй вызов подпрограммы rcall DataSt извлекает из ячейки внутренней оперативной памяти микроконтроллера (внутреннего ОЗУ) байт данных и записывает его в ячейку внешней памяти.

Наблюдая содержимое счетчика команд и указателя стека в окне Processor, а также изменения в окне Memory (последняя строка, начинающаяся адресом 0x025F), нажимаем F11, указатель выполнения команд перемещается на первую команду подпрограммы установки адреса внешней памяти.

Подпрограмма установки адреса SETADDR:

Из ячеек RamH, RamL внутреннего ОЗУ в регистры XH, XL загружаются младший и старший байты адреса внешней памяти (две команды lds).

Младший байт адреса выводится на шину данных B0—B7 (см. рис. 3) через порт B (команда /out PORTB,XL/).

После задержки, необходимой для завершения переходных процессов (две команды por), на линии BUF1 устанавливается лог. 1 (команда /sbi PORTD,BUF1/), по которой в регистр DD4 записывается информация, установленная на шине данных.

После задержки (две команды por) на линии BUF1 устанавливается лог. 0 (команда /cbi PORTD,BUF1/), запись в регистр завершена.

Старший байт адреса выводится на шину данных B0—B7 через порт B (команда /out PORTB,XH/), затем он аналогично младшему записывается в регистр DD3.

Команда adiw увеличивает содержимое пары регистров

XH:XL, теперь в них хранится адрес следующей ячейки внешней памяти, запись в нее будет произведена в следующем цикле установки адреса.

Проведите пошаговую отладку подпрограммы установки адреса, наблюдая за тем, какие данные выводятся в порты. Сопоставьте эти данные с состояниями, которые должны устанавливаться на соответствующих линиях. При выполнении команды выхода из подпрограммы (get) наблюдайте за изменением состояний счетчика команд и указателя стека. Постарайтесь понять, где хранился адрес возврата из подпрограммы, на какой адрес возврата установлен указатель стека теперь.

В регистре ввода-вывода PORTC хранится то, что программа вывела в порт, в регистре ввода-вывода PINC — то, что присутствует на контактах порта (так в PORTC можно вывести байт 11111111, контакты микроконтроллера PC0 и PC2 соединить с общим проводом, тогда состояние PORTC останется без изменений, состояние PINC станет равным 1111010). Для команд типа out PORTC,tm в окне IO информация появляется сначала в строке PORTC, а после выполнения следующей команды — в строке PINC.

Перед входом в цикл, начинающийся меткой mSt45:, в регистр Z был занесен адрес начала массива во внутреннем ОЗУ микроконтроллера.

Подпрограмма копирования байта из внутреннего ОЗУ DATAST

Первая команда подпрограммы (ld tm,Z +) копирует первый байт массива из ячейки, адрес которой хранится в регистре Z, в регистр tm, затем адрес, хранящийся в регистре Z, увеличивается на единицу. Теперь Z указывает на следующий элемент массива.

Элемент массива выводится на шину данных через порт B (команда out PORTB,tm).

После задержки (команды nop) на линии WR командой /sbi PORTC,Wr/ устанавливается лог. 0. Информация с шины данных записывается в ячейку внешней памяти, адрес которой был установлен при выполнении подпрограммы SetAddr.

После задержки (команды nop) на линии WR командой /sbi PORTC,Wr/ устанавливается лог. 1. Копирование байта данных во внешнюю память завершено.

Выполняется возврат из подпрограммы.

Выполните один раз пошаговую отладку подпрограммы DataSt. Отладка цикла, в котором находится эта подпрограмма, не представляет интереса.

Отследить состояние внешней памяти с занесенным в нее массивом мы не сможем, так как наш вариант подключения внешней памяти к микроконтроллеру не предусмотрен стимулятором AVR Studio.

По этой же причине мы не сможем полностью провести отладку копирования массива из внешней памяти во внутреннее ОЗУ микроконтроллера. Однако можно воспользоваться приемами, которые предлагались в предыдущем примере — отразить массив в области внутреннего ОЗУ специально для отладки или после команды ввода в порт информации с шины данных вводить эти данные в порт вручную.

Воспользуемся вторым приемом при отладке подпрограммы копирования данных из внешней памяти во внутреннее ОЗУ микроконтроллера DataLD.

Переместите курсор на команду /rcall DoutPrg/ и нажмите Ctrl+F10.

Первая пара команд подпрограммы загружает в регистр Z адрес новой области внутреннего ОЗУ микроконтроллера для массива, копируемого из внешней памяти. Далее выполняется команда загрузки счетчика циклов, затем цикл, начинающийся меткой Dout1:

Цикл не отличается от ранее рассматривавшихся. Подпрограмма SetAddr рассматривалась ранее. Поэтому, доходя до команды вызова этой подпрограммы, нажимайте клавишу F10, чтобы выполнить подпрограмму за один шаг.

В результате выполнения подпрограммы SetAddr адрес сформирован на линиях адреса внешней памяти.

Подпрограмма копирования данных из внешней памяти во внутреннее ОЗУ DATAID

В порт DDRB выводится нулевое значение, переводящее порт B в режим приема информации (все контакты порта B работают как входы).

На линии RD устанавливается лог. 0 (команда /sbi ORTC,Rd/). Из ячейки внешней памяти, адрес которой сформирован при выполнении подпрограммы SetAddr, на шину данных выводится информационный байт.

После задержки (команды nop) через порт B с шины данных в регистр микроконтроллера tm считывается байт информации (in ,PINB).

На линии RD устанавливается лог. 1 (sbi RTC,Rd), контакты микросхемы памяти IO0—IO7 переводятся в высокоимпедансное состояние.

Данные из регистра tm переносятся в ячейку внутреннего ОЗУ микроконтроллера, адрес которой хранится в регистре Z. После этого содержимое Z увеличивается на единицу. Теперь регистр Z указывает на следующую ячейку ОЗУ, в которую будет произведена запись в следующем цикле (команда st Z +,tm).

Порт B переводится в режим вывода данных (все контакты порта — выходы).

Возврат из подпрограммы.

Удобно перевести порт B из режима передачи данных (выход) в режим приема (вход) только на время выполнения подпрограммы DataLd, так как в других подпрограммах порт B должен всегда находиться в режиме передачи.

При отладке подпрограммы DataLd перед командой /in tm,PINB/ для имитации ввода данных установите какие-нибудь флажки в строке PINB для окна Workspace/IO/PortB. Тогда соответствующие данные будут занесены в ячейку внутреннего ОЗУ микроконтроллера.

Приведенные программы подключения внешней памяти адаптированы для лучшего понимания работы устройства, программы и отладчика. Однако считать их законченными и загружать в микроконтроллер файлы hex, полученные при их ассемблировании, не следует. В реальной рабочей программе сторожевой таймер (Watch dog timer) должен периодически программно сбрасываться командами wdr, размещенными по всей программе, иначе программа будет регулярно сбрасываться этим таймером, возвращаясь на метку RESET.

Вадим Баранов,
г. Харьков, Украина

Последовательная передача данных

Несмотря на обилие параллельных интерфейсов, связь по последовательному каналу по-прежнему остается востребованной. В самом деле, простота реализации, наличие в минимальном варианте всего трех проводов, легкость гальванической развязки передающего и приемного устройств, возможность разносить приемник и передатчик не на метры, а на километры — все это является более чем достаточной компенсацией за относительно низкую скорость обмена. Тем более, что в очень многих практических случаях объем передаваемой информации не превышает нескольких сотен байт в секунду, в то время как расстояния между приемником и передатчиком должны быть заметно больше 0,5...1 м. Естественно, в подобных ситуациях обмен по последовательному каналу просто безальтернативен.

В целом, вопросам обмена по последовательному каналу лет 10—15 назад было посвящено немало книг и статей. Однако сейчас, ввиду кажущейся очевидности темы, поток этой информации значительно иссяк. Поэтому ответы на многие вопросы для тех, кто не имеет достаточного опыта разработок, могут быть найдены с трудом, ибо находимая информация чаще всего отрывочна и посвящена какой-либо одной теме.

Настоящая статья посвящена описанию ряда вопросов, неизбежно возникающих при реализации последовательного канала связи. Особое внимание будет уделено такому малоописанному в литературе аспекту, как использование циклических избыточных кодов, позволяющих с высокой степенью вероятности контролировать правильности принимаемой информации, а также физической реализации линий связи.

ОБЩИЙ ПРИНЦИП РЕАЛИЗАЦИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Как следует из названия, в процессе последовательного обмена информационные биты передаются от передатчика к приемнику последовательно, бит за битом. Такой подход приемлем для относительно небольших скоростей обмена (до десятка килобайт в секунду). Его основное преимущество — необходимость минимального числа сигнальных проводов, в 3—4 раза меньшего, чем для параллельного байтового обмена.

Возможны различные варианты реализации последовательного обмена. В первую очередь необходимо отметить, что обмен может быть синхронным или асинхронным. Второй используется гораздо чаще, т. к. не требует посылки наряду с информационными байтами тактовой последовательности.

При асинхронном обмене скорость обмена выбирается из набора стандартных скоростей: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бод (бод — единица, равная одному биту в секунду). Поскольку, как будет показано ниже, синхронизация приемника и передатчика осуществляется в процессе приема каждого байта, требования к точности поддержания

выбранной скорости не очень высоки, расхождение на 1...2 % между заданной скоростью приемника и таковой у передатчика является приемлемым. Однако не стоит испытывать судьбу, допуская большие расхождения — чаще всего не составляет проблемы приобрести кварцевый резонатор с частотой, обеспечивающей согласование на уровне десятых или сотых долей процента.

В минимальной конфигурации передатчик с приемником должны быть соединены двумя проводами — сигнальным (линией данных) и общим. Более сложные варианты соединения с большим числом линий связи будут рассмотрены ниже.

Стандартом, о котором также будет сказано чуть ниже, предусмотрено, что, помимо передаваемых информационных битов, передаются также специальные биты — стартовый, стоповый (стоповые) и дополнительный, именуемый также битом четности. Рассмотрим их назначение.

Когда передача данных отсутствует, передатчик находится в неактивном состоянии, иногда именуемом со-

стоянием “маркера” (терминология, оставшаяся от времен телетайпов). Каждая передача начинается со стартового бита. Началу его соответствует перепад на линии данных из состояния лог. 1 в состояние лог. 0.

Через промежуток времени, равный длительности бита, передатчик начинает передавать данные в такой последовательности — вначале младший (нулевой) бит передаваемого байта, затем первый, второй и т. д., до старшего (седьмого). Сразу вслед за старшим битом передается бит четности (если выбран протокол 11-битной передачи с битом четности; стандартом также предусмотрена возможность 10-битной передачи без бита четности), после чего передается стоп-бит.

Стоп-бит, как правило, передается один, хотя возможна передача и большего числа стоп-битов. По завершении стоп-бита передатчик снова оказывается в состоянии “маркера” (в единичном). В этом состоянии он может пребывать неопределенно долго. Описанный формат данных при асинхронной последовательной передаче изображен на рис. 1.

Длительности передачи бита (в секундах) определяется соотношением:

$$T_{\text{бит}} = 1/V_{\text{пер}}$$

где $V_{\text{пер}}$ — скорость обмена в бодах.

Как упоминалось, приемник ищет перепад из 1 в 0 на своем входе, соответствующий посылке передатчиком стартового бита. Найдя его, он синхронизируется по этому перепаду и, спустя некоторое время, определяемое выбранной скоростью передачи, начинает считывать передаваемую информацию. Поскольку приемник заново синхронизируется по стартовым стоп-битам каждого принимаемого символа, ему не требуется очень высокая точность соблюдения частот тактовых сигналов. Равенство и стабильность поддержания частот передатчика и приемника должны обеспечивать рассогласование не более доли длительности одного бита на длине передачи байта (10 или 11 бит).

Запустившись фронтом стартового бита, приемник выжидает половину длительности бита, после чего удостове-

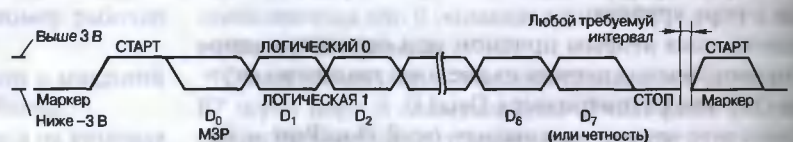


Рис. 1

ряется, что старт-бит еще присутствует на линии данных. После этого он считывает значение уровня сигнала на линии данных в середине каждого передаваемого бита. Стоп-бит завершает передачу каждого байта информации, а также выполняет роль промежутка между последовательно передаваемыми байтами. Приняв данные в последовательном формате, приемник автоматически преобразовывает его в своем внутреннем сдвиговом регистре в байт данных, и далее этот байт считывается аппаратурой уже в параллельном формате по восьмиразрядной шине данных. Но это уже находится за пределами нашего рассмотрения.

Еще два замечания, касающиеся работы приемника. Если приемник обнаружил перепад из 1 в 0, трактуемый им как старт-бит, а затем, спустя половину длительности бита, обнаружил на линии данных единичный сигнал, эта ситуация трактуется им как сбой, и он снова переходит в режим поиска старт-бита. Далее, если старт-бит был обнаружен и правильно принят, затем были приняты информационные биты, но в 10-м или 11-м принятом бите не был обнаружен стоп-бит (сигнал единичного уровня), принятая последовательность трактуется как ошибочная и сбрасывается или затирается вновь принятым байтом.

СТАНДАРТ RS-232

Сигналы при последовательной передаче могут посылаться различными способами. Самый первый из них, предложенный еще чуть ли не полвека назад, состоит в переключении с выбранной скоростью тока величиной 20 мА (иногда это значение увеличивалось до 60 мА). Иными словами, единице соответствовало протекание по цепи 20-миллиамперного тока, нулю — практически его полное отсутствие (во всяком случае, он не должен был быть более 1 мА).

Это — так называемая “токовая петля”. Она по-прежнему часто реализуема, но для передачи на неболь-

шие расстояния и с небольшой скоростью она была вытеснена стандартом американской ассоциации электронной промышленности (EIA) RS-232C, принятым в 1969 г. (и последующим стандартом RS-232D 1986 г.). В этих стандартах передача осуществляется биполярным напряжением.

Стандарт RS-232 определяет характеристики и передатчиков (в литературе их часто еще называют драйверами), и приемников. Единичный сигнал на выходе передатчика должен лежать в пределах от -5 до -15 В, нулевой — от +5 до +15 В. Эти сигналы должны формироваться на нагрузке от 3 до 7 кОм, с крутизной перепада не выше (именно не выше, а не ниже) 30 В/мкс. Передатчик должен быть устойчив к замыканию сигнальной линии не только на общий провод, но и на шину с напряжением 5 В и нагрузочной способностью 500 мА.

Заметьте, что лог. 1 преобразуется передатчиком в отрицательный уровень (“маркер”, упомянутый выше); лог. 0 — в положительный.

Входное сопротивление приемника должно лежать в пределах 3...7 кОм. Сигнал от +3 до +25 В он должен преобразовывать в лог. 0, от -3 до -25 В — в лог. 1.

Для приемников RS-232 характерно наличие гистерезиса по входному напряжению; некоторые приемники позволяют подключать конденсатор с целью увеличения постоянной времени и уменьшения чувствительности к шумовым импульсам. Стандартные микросхемы приемников и передатчиков будут описаны ниже. При расстояниях до 10 м интерфейс RS-232 обеспечивает высокое качество передачи вплоть до скоростей 38400 бод, даже при использовании неэкранированного многожильного кабеля; на коротких расстояниях эта скорость может быть поднята для 115200 бод.

Стандарт RS-232 определяет также тип разъема и назначение его контактов. Однако здесь есть неопределен-

ность, в связи с чем необходимы некоторые дополнительные разъяснения.

Интерфейс RS-232 был разработан для связи DTE (Data Terminal Equipment, оконечное оборудование данных, ООД) с DCE (Data Communication Equipment, аппаратура передачи данных, АПД). Терминал всегда был устройством DTE, а модем — DCE. В этом случае все однозначно — DTE формирует данные, передает их в DCE, а уж последний отправляет их в телефонную или какую-либо иную линию связи. Для того, чтобы данные правильно передавались и принимались в этой паре, достаточно соединить между собой одноименные выводы разъемов, которыми комплектуется и то, и другое (рис. 2).

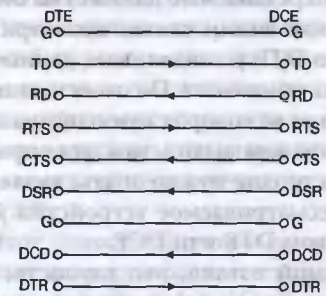


Рис. 2

Наименование используемых для обмена сигналов и привязка их к выводам стандартных 9-контактного и 25-контактного разъемов приведена в табл. 1.

TxD и RxD — это линии передачи и приема данных; RTS, CTS — линии запроса передачи и готовности передачи; DTR, DSR, DCD — “оконечное оборудование данных готово”, “аппаратура передачи данных готова”, “детектор принимаемого линейного сигнала”. В 25-выводном разьеме еще имеется два общих провода — защитное заземление или корпус (контакт 1) и сигнальное заземление (контакт 7). Чаще всего их просто объединяют друг с другом. В девятивыводном разьеме имеется только сигнальное заземление (вывод 5).

Пять сигналов, не относящихся к данным, являются управляющими

Таблица 1

Наименование	Номера контактов			Функция (со стороны DTE)	Примечание
	25-контактный	9-контактный	Направление (DTE ↔ DCE)		
TD	2	3	→	Передаваемые данные	Пара данных
RD	3	2	←	Принимаемые данные	Пара данных
RTS	4	7	→	Запрос передачи (DTE готов)	Пара квитирования
CTS	5	8	←	Готов к передаче (DCE готов)	Пара квитирования
DTR	20	4	→	ООД готово	Пара
DSR	6	6	←	АПД готова	квитирования
DCD	8	1	←	Детектор принимаемого сигнала	Разрешение входа DTE
RI	22	9	←	Индикатор вызова	—
FG	1	—	—	Защитное заземление (корпус)	—
SG	7	5	—	Сигнальное заземление	—

сигналами квитирования. Устройство DTE устанавливает RTS и DTR, когда оно готово к передаче, а устройство DCE устанавливает CTS и DSR, когда оно готово к приему. Некоторые устройства DTE требуют, чтобы до выполнения ими любых действий был активирован их вход DCD.

На всех сигнальных линиях действуют биполярные уровни RS-232, причем единичные TxD и RxD имеют отрицательную полярность, а единичные RTS, CTS, DSR, DTR, DCD — положительную.

Обратите внимание, что названия сигналов имеют смысл, только если их рассматривать со стороны DTE. Например, контакт 2 25-выводного разъема называется TxD (Transmitted Data, передаваемые данные) на *обеих* сторонах линии связи, несмотря на то, что DTE устанавливает данные, а DCE их принимает. Поэтому название контакта не говорит вам однозначно, вход это или выход, вам для определенности еще нужно знать, является ли рассматриваемое устройство устройством DTE или DCE.

На мой взгляд, это глупость, но именно она и была принята в качестве стандарта. Объяснение этому факту, видимо, таково — разработчики хотели, чтобы любые стандартизованные в соответствии с RS-232 устройства объединялись кабелями, распаянными следующим образом: первый вывод разъема одного устройства соединялся бы с первым выводом разъема второго устройства, второй вывод разъема первого со вторым выводом разъема второго, и т. д. Для удовлетворения этому требованию и пришлось контакт TxD разъема одновременно соединять и с выходом передатчика устройства DTE, и входом приемника DCE, контакт RxD разъема — и с входом приемника устройства DTE, и выходом передатчика DCE, и т. д.

Ясно, что когда вы соединяете компьютер с внешним модемом, устройством DTE будет именно компьютер, а DCE — модем. Однако, когда вы пытаетесь связать между собой два компьютера, они оба играют роль устройств DTE. Стандартом RS-232 такой вариант связи не был предусмотрен (кто же знал, что произойдет спустя полтора десятка лет после принятия стандарта?). Это и привело к путанице.

Действительно, вывод TxD для DTE-устройства является выходом, в то время как RxD для DTE-устройства является входом. Таким образом,

соединив друг с другом выводы TxD обоих компьютеров, вы объедините между собой их выходы, а соединив выводы RxD — их входы. Как нетрудно догадаться, ничего путного из этого не выйдет — ни сигнал с выхода первого из них не достигнет входа второго, ни наоборот.

Для решения проблемы необходимо изменить распайку кабеля в сравнении с приведенной на рис. 2. Кабель для соединения двух устройств DTE, коими обычно и являются компьютеры, изображен на рис. 3.

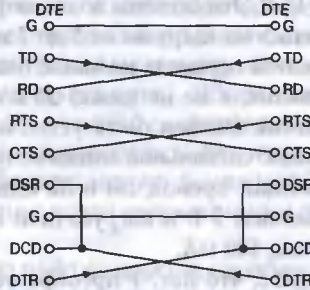


Рис. 3

Но увы, точку ставить на этом еще рано. Если бы все устройства RS-232 устанавливали все сигналы, требующие установки, и анализировали бы состояния всех сигналов, требующих анализа, то для решения задачи можно было бы просто соединить друг с другом соответствующие контакты разъемов (для пары DTE-DCE, рис. 2), или соединить их крест-накрест (для пары DTE-DTE, рис. 3). Однако это, увы, не всегда так — одни устройства соблюдают протокол в полном объеме, другие — нет. Поэтому, если вы к устройству, игнорирующему все линии квитирования, подключите устройство, реализующее полный протокол квитирования, ничего хорошего из этого не выйдет. Разрабатывая стратегию своих действий по сопряжению устройств, вы должны опираться именно на эту реальность. На рис. 4 приведена схема практически универсального кабеля для пары DTE-DCE, а на рис. 5 — соответственно для пары DTE-DTE. В этих случаях устройство, использующее протокол квитирования, само отвечает на свои же сигналы и разрешает самому себе переход к следующей операции.

ДРУГИЕ СТАНДАРТЫ ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Стандарт RS-232 был введен в докомпьютерную эпоху, в 1969 году, когда последовательная передача данных осуществлялась медленно. Интерфейс обеспечивал дальность связи

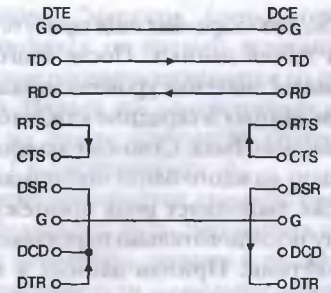


Рис. 4

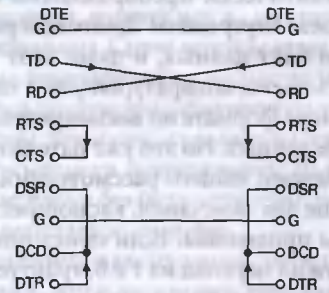


Рис. 5

до 15 м со скоростью до 19200 бод. Однако скорости компьютеров и периферийных устройств удваивались каждые год-два, и потребовались лучшие стандарты для последовательной передачи.

В семидесятых годах были приняты стандарты RS-422, RS-423, RS-485. Стандарт RS-423 представляет собой улучшенный протокол для биполярных симметричных цепей, обеспечивающий скорости передачи до 100 Кбод и дальность до 1200 м (но не одновременно!). RS-423 принципиально совместим с RS-232.

Следующий стандарт, RS-422, представляет собой протокол для однополярных симметричных цепей с граничными возможностями (опять-таки неодновременно) 10 Мбод и 1200 м. RS-485 похож на RS-422, но содержит дополнительные спецификации для подключения к одной линии большого числа передатчиков и приемников. Эти стандарты интересны в тех случаях, когда скорость обмена в 19 Кбод оказывается для вас слишком низкой, и вам нужно поднять ее хотя бы еще на порядок.

Продолжение следует

Александр Фрунзе,
г. Москва

Вероятностная синхронизация в телекоммуникационных системах

Ускорение передачи информационных кадров

Предлагается улучшить способ передачи данных, который уже давно применяется в широко известных интерфейсах семейства RS (RS-232, V.35, RS-422, RS-449 и других). В синхронной версии любого из этих интерфейсов предусмотрена пара сигналов, передаваемых по двум линиям в одном и том же направлении — TxD и CLK. Первый сигнал предназначен для последовательной передачи данных, второй — для синхронизации приемника. Фронты сигнала CLK разграничивают во времени битовые интервалы, а его спады попадают в середины этих интервалов и используются приемником для считывания битов данных. Столь простой и выдержавший проверку временем способ в последние годы получил развитие в нескольких направлениях. В данной статье кратко прослежена история одного из усовершенствований и предложено новое решение, основанное на идее вероятностной синхронизации [1 — 4].

Прежде, чем перейти к описанию предлагаемого способа передачи данных между двумя устройствами, рассмотрим некоторые известные решения. В их основе лежит интерфейс RS-232, предложенный еще в начале 60-х годов прошлого столетия и широко применяемый до настоящего времени.

В интерфейсах семейства RS для синхронной передачи данных из устройства 1 в устройство 2 (рис. 1, а, б), например, из компьютера в модем, используются две линии — TxD и CLK. Для передачи данных в обратном направлении применены две аналогичные по функциональному назначению линии RxD и RxC (последние на рис. 1 не показаны) и те же временные соотношения между сигналами, что и на рис. 1, б.

Каждому биту из передаваемой последовательности 01011100110 выделен определенный интервал времени — битовый интервал. Границы между интервалами показаны на рис. 1 штриховыми линиями. По фронту синхросигнала CLK устройство 1 начинает выдачу очередного бита данных. По спаду этого сигнала устройство 2 считывает бит с линии TxD.

Недостатками такого способа являются низкая скорость и высокий уровень помех, излучаемых на соседние провода многожильного кабеля, если он использован в составе канала свя-

зи. Первый недостаток связан с тем, что передача каждого бита данных сопровождается двумя (а не одним) изменениями состояния синхросигнала CLK. Второй недостаток — в спектре синхросигнала доминирует ярко выраженный энергетический максимум на основной частоте. Это приводит к тому, что из-за паразитных (емкостных и индуктивных) связей с соседними проводами многожильного кабеля в них формируется достаточно выраженный сигнал помехи [1].

В [5] для обозначения середин битовых интервалов предложено использовать как фронты, так и спады синхросигнала CLK (рис. 1, в). Фронты и спады синхросигнала CLK должны соответствовать установившимся

значениям сигнала TxD. Точнее, должны гарантироваться достаточные интервалы времени предварительной установки и удержания сигнала TxD соответственно до и после изменения сигнала CLK.

Сравнивая временные диаграммы, приведенные на рис. 1, в и б, можно заключить, что при одинаковой скорости передачи данных частота сигнала CLK уменьшена вдвое. Это позволяет увеличить длину линии связи. Можно привести и иную трактовку тех же нововведений: при неизменной частоте сигнала CLK скорость передачи данных удвоена. Интересно отметить, что столь простое и эффективное усовершенствование интерфейса RS-232 предложено лишь через 40 лет после его создания!

Однако только что рассмотренный способ передачи данных (рис. 1, в), к сожалению, также обладает отмеченным ранее недостатком — повышенным уровнем излучаемых помех при передаче периодического сигнала CLK.

Этот недостаток устранен при передаче данных в соответствии с диаграммой на рис. 1, г [6]. В данном случае сигнал CLK, как и ранее, выполняет функцию разграничения битовых интервалов, но он изменяется только в тех ситуациях, при которых сигнал данных TxD остается неизменным. Иными словами, на любой границе любого битового интервала изменяется либо сигнал TxD, либо сигнал CLK. Приемник отслеживает изменения этих сигналов и поэтому в полной мере располагает информацией о местоположении границ между битовыми интервалами.

При передаче случайных или псевдослучайных данных TxD вероятности формирования сигналов лог. 0 и 1

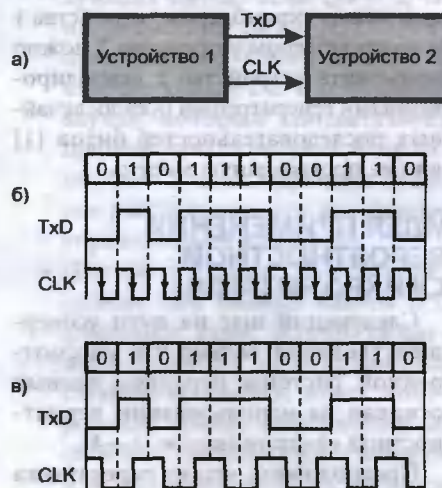
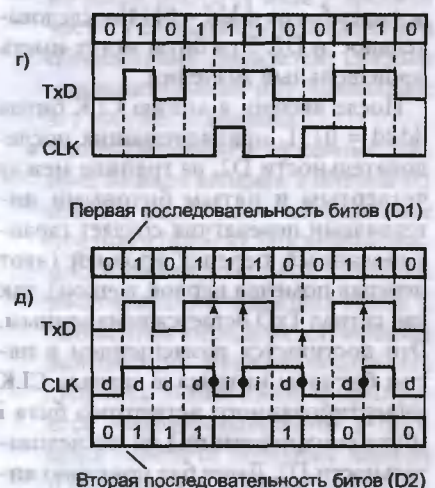


Рис. 1



в очередном битовом интервале одинаковы и не зависят от предыстории [1]. Производный от сигнала TxD сигнал CLK также можно рассматривать как случайный (псевдослучайный). При этом он не содержит ярко выраженных спектральных составляющих, что способствует снижению уровня помех, излучаемых в соседние провода кабеля. Для преобразования произвольных данных к виду, близкому случайному, используют их аппаратное или программное скремблирование при передаче и дескремблирование при приеме [1].

Рассмотренный способ передачи данных (рис. 1, з) усовершенствован в [7] (рис. 1, д). Сигнал CLK по-прежнему в необходимых случаях разграничивает битовые интервалы, но одновременно с этим используется для передачи дополнительного потока данных. По линиям TxD и CLK передаются две независимые последовательности данных D1 и D2. Первая последовательность D1 (основная) скремблирована и передается с гарантированной скоростью, определяемой частотой следования битовых интервалов. Вторая последовательность D2 (дополнительная) может не скремблироваться и передается со средней скоростью, равной половине скорости передачи первой последовательности.

Сигнал CLK помимо «обязательных» для разделения битовых интервалов фронтов сигнала (помечены на рис. 1 точками), содержит семь позиций для передачи дополнительной последовательности битов D2.

Поясним сказанное. В период, соответствующий первым четырем битовым интервалам, сигнал TxD изменяется, поэтому сигнал CLK можно использовать как «транспортное средство» для передачи первых четырех битов dddd = 0111 последовательности D2. Эти биты могут иметь произвольные значения.

После выдачи в линию CLK битов dddd = 0111, принадлежащих последовательности D2, на границе между четвертым и пятым битовыми интервалами передатчик создает гарантированный перепад уровней (этот перепад помечен первой точкой), так как сигнал TxD остается неизменным. Это достигается размещением в пятом битовом интервале сигнала CLK инвертированного четвертого бита *i* (бита синхронизации) из последовательности D2. Далее бит повторно инвертируется и размещается в шестом

интервале, так как сигнал TxD по-прежнему неизменен, затем в седьмом интервале размещается очередной бит *d*, принадлежащий последовательности D2 и т. д.

Устройство 2 принимает сигналы из линий TxS и CLK, запоминает их и «прорисовывает» временные диаграммы, показанные на рис. 1, д. Зная правила кодирования, по этим диаграммам устройство определяет, какие перепады сигнала CLK являются обязательными и сопровождают передачу битов *i* синхронизации, а какие сопровождают передачу «полезных» битов *d*. Поэтому восстановление данных, принадлежащих последовательностям D1 и D2, не сопряжено с какими-либо трудностями.

При равновероятном появлении сигналов лог. 0 и 1 в битовых интервалах данных D1 (что достигается применением скремблирования на передающей стороне) средняя скорость передачи потока D2 составляет 50 % скорости передачи потока D1. Действительно, в этом случае вероятность перепада уровней сигнала TxD на любой границе между битовыми интервалами равна 0,5 и не зависит от предыстории. Но именно эта вероятность определяет возможность размещения очередного бита *d* в структуре сигнала CLK.

Таким образом, в среднем каждый второй битовый интервал пригоден для передачи бита *d* данных второго канала D2. В результате, суммарная скорость передачи данных между устройствами 1 и 2 (рис. 1, а) увеличена в 1,5 раза по сравнению со способами, соответствующими рис. 1, в и г. При этом сигналы TxD и CLK имеют «размытые» энергетические спектры, что способствует снижению уровня помех, излучаемых на соседние провода кабеля.

Для автоматического установления и поддержания кодовой синхронизации между скремблером устройства 1 и дескремблером устройства 2 можно применить устройство с неизолрованными генераторами псевдослучайных последовательностей битов [1] или ее программную модель.

ИДЕЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Следующий шаг на пути усовершенствования только что рассмотренной системы передачи данных основан на использовании вероятностной синхронизации [1—4].

Предположим, что из передатчика в приемник по линиям TxD и CLK

(рис. 1, а) пересылаются два потока данных D1 и D2 (рис. 1, д). Так как поток данных D1 скремблирован, то в нем с определенной вероятностью можно обнаружить любую заранее заданную кодовую комбинацию произвольной разрядности.

Поясним сказанное. Предположим, что некий внешний наблюдатель следит за состоянием линии TxD и в произвольно выбранных битовых интервалах считывает биты D1. Результат такого слежения должен подтвердить, что вероятности обнаружения сигналов лог. 0 или 1 в любом битовом интервале одинаковы и равны 1/2, так как после скремблирования любые данные можно рассматривать как случайные.

Пусть, далее, в потоке последовательных данных D1 ищется некоторый двухразрядный код, например, 00. Вероятность его обнаружения при произвольной выборке из потока двух соседних битовых интервалов равна 1/4, так как все четыре возможные комбинации битов (00, 01, 10 и 11) равновероятны. Заданный трехразрядный код будет обнаруживаться при произвольной однократной выборке с вероятностью 1/8 и т. д. В общем случае при однократной выборке вероятность обнаружения в потоке данных D1 любого заданного *N*-разрядного кода равна 2^{-N} . Эта вероятность быстро уменьшается с увеличением *N*, но в любом случае остается ненулевой. Так, при однократной выборке 20-разрядного кода из потока данных D1 вероятность его совпадения с заранее заданным кодом равна $2^{-20} \approx 10^{-6}$. Иными словами, при непрерывном слежении за потоком данных D1 совпадения будут наблюдаться со средним периодом повторения, близким к 10^6 бит. При скорости передачи данных 100 Мбит/с средняя частота событий обнаружения заданного кода составит примерно 100 Гц.

Предположим теперь, что устройства 1 и 2 содержат одинаковые анализаторы кодов, настроенные на поиск одной или нескольких заранее заданных последовательностей битов. Эти последовательности обнаруживаются обоими анализаторами одновременно с точностью до задержки передачи сигнала по линии связи, что несущественно — важно лишь, чтобы независимо от задержки сигнала структура потока данных на выходах устройства 1 совпадала с его структурой на входах устройства 2. Поэтому линия связи может содержать рет-

рансляторы, которые вносят неопределенную, но постоянную задержку сигнала.

Применяя далее понятие «одновременности» обнаружения заданных кодов удаленными друг от друга устройствами 1 и 2, будем принимать во внимание только что сделанное замечание.

Моменты обнаружения заданных кодов могут служить опорными метками для одновременного выполнения устройствами 1 и 2 некоторых заранее оговоренных действий, характер которых зависит от содержания решаемой задачи. В этом, собственно, и заключается идея вероятностной синхронизации — безо всяких затрат на передачу специальной синхронизирующей информации удаленные друг от друга устройства одновременно «ниоткуда» получают метки времени, которые возникают «сами собой» в силу случайного характера передаваемых данных после их скремблирования.

При построении анализатора кодов может использоваться метод «скользящего окна», сквозь которое просматривается бегущая строка битов потока TxD (рис. 2).

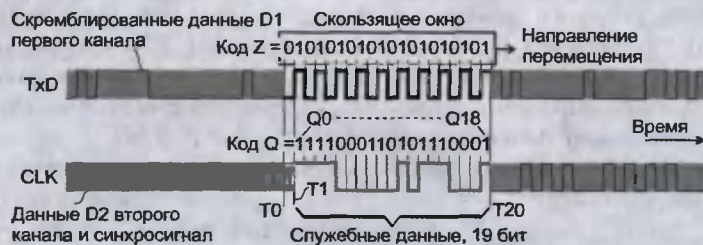


Рис. 2

Такое окно можно реализовать на сдвиговом регистре, через который проходит анализируемый поток битов. Код с параллельных выходов этого регистра сравнивается с одним или несколькими эталонами. (Известны и иные, более эффективные способы распознавания заданных кодов [7].) Как показано на рисунке, в некоторый момент в окне появляется искомый 20-разрядный код $Z = 010\text{—}101$. Этот код примечателен тем, что соответствующий ему сигнал TxD содержит перепады уровня на всех границах между битовыми интервалами. Таким же свойством обладает и обратный код — $101\text{—}010$.

Так как при обнаружении кода Z границы между битовыми интервалами в пределах окна однозначно заданы фронтами и спадами сигнала TxD, то сигнал CLK на протяжении 19-ти битовых интервалов (проме-

жуток времени $T1\text{...}T20$) получает «полную свободу» и может переносить произвольные данные. Интервал $T0\text{...}T1$ в данной кодовой ситуации используется для передачи бита i синхронизации. Здесь этот интервал непригоден для передачи бита d канала D2, так как «обязательный» перепад уровня сигнала CLK в момент $T0$ может с равной вероятностью привести к вынужденному переходу сигнала в состояние лог. 0 или 1 в зависимости от предыстории. В иных ситуациях, когда в момент $T0$ имеется перепад сигнала в линии TxD, интервал $T0\text{...}T1$ может использоваться для передачи бита d .

После обнаружения в окне заданного кода окно скачком перемещается на 20 позиций вправо и затем вновь «скользит» с шагом, равным одному биту.

В протоколе обмена данными между устройствами 1 и 2 (рис. 1, а) можно предусмотреть соглашение, согласно которому в ситуации, показанной на рис. 2, сигнал CLK отображает 19-разрядное слово служебных данных, сформированных устройством 1. Интерпретация этих данных также определяется протоколом обмена

и может быть, например, такой, как показано ниже.

- Нулевой бит $Q0$ 19-разрядного слова служебных данных определяет содержание группы последующих битов. Если $Q0 = 0$, то последующие биты ($Q1\text{—}Q18$) представляют собой данные d второго канала D2. В противном случае, который соответствует приведенной на рисунке диаграмме, $Q0 = 1$, и последующие 18 битов рассматриваются как данные управляющего канала D3.
- При $Q0 = 1$ биты $Q1\text{—}Q6$ определяют тип данных канала D3, например, адрес источника служебных данных, адрес приемника служебных данных, ответ, контрольная сумма, информация об ошибках, команда приостановки или возобновления встречного потока данных и т. п.

- При $Q0 = 1$ биты $Q7\text{—}Q18$ интерпретируются в зависимости от типа данных, заданного разрядами $Q1\text{—}Q6$.

Отметим некоторые примечательные свойства рассмотренного способа передачи данных.

- Возможна одновременная передача данных по каналам D1, D2 и D3.
- Скорость передачи данных по каналу D1 гарантирована и определяется длительностью битового интервала в канале связи. Служебная информация, сопровождающая работу каналов D1 и D2, передается по линии CLK (канал D3) и поэтому не снижает пропускную способность канала D1.
- Скорость передачи данных по каналу D2 равна половине скорости передачи данных по каналу D1. Вставками служебных данных Q при такой оценке пренебрегаем, так как их доля в общем потоке битов в линии CLK в приведенном примере не превышает 19×10^{-6} — одна вставка 19-разрядного слова приходится в среднем на $2^{20} \approx 10^6$ бит.
- Скорость передачи данных по служебному каналу может регулироваться выбором разрядности N искомого кода Z . Как было показано, средняя частота следования моментов обнаружения кода Z в данном примере округленно равна 100 Гц. Это соответствует передаче служебной информации по каналу D3 с максимальной скоростью, равной $18 \times 100 = 1,8$ Кбит/с. Если в течение некоторого промежутка времени нет необходимости передавать служебную информацию, то на ее месте размещаются данные d канала D2 ($Q0 = 0$). С увеличением разрядности N кода Z средняя частота следования моментов его обнаружения снижается; каждый дополнительный бит уменьшает эту частоту в два раза.
- Чтобы распознать служебные данные, не надо вводить в потоки D1 или D2 какие-либо специальные признаки (флаги). Последовательность одновременных событий распознавания заданных кодов Z (моментов передачи служебных данных) на противоположных сторонах линии связи формируется «самопроизвольно» в процессе передачи полезных данных и подчиняется законам теории вероятностей. В этом, собственно, и

состоит идея вероятностной синхронизации — можно передавать и получать некие метки времени, не прикладывая для этого никаких «усилий»!

В следующей части статьи предложено использовать эту идею для указания положения границ между информационными кадрами, передаваемыми по линиям TxD и CLK.

Окончание следует

ЛИТЕРАТУРА:

1. Б. В. Шевкопляс. Скремблирование передаваемых данных. — Схемотехника, 2004, № 12, с. 24—27, 2005, № 1, с. 29—32, № 2, с. 32—35, № 3, с. 30—33. Электронная версия статьи: http://lit.lib.ru/s/shewkopljjas_b_w/.
2. Б. В. Шевкопляс. Вероятностная синхронизация в телекоммуникационных системах. Вставка команд в поток данных без использования избыточных битов. — Схемотехника, 2005, № 5, с. 23—25, № 6, с. 23—26. Электронная версия статьи: http://lit.lib.ru/s/shewkopljjas_b_w/.
3. Б. В. Шевкопляс. Вероятностная синхронизация в телекоммуникационных системах. Разграничение байтов в битовом потоке данных. — Схемотехника, 2005, № 8, с. 23—26, № 9, с. 23—25. Электронная версия статьи: http://lit.lib.ru/s/shewkopljjas_b_w/.
4. Б. В. Шевкопляс. Вероятностная синхронизация в телекоммуникационных системах: разграничение каналов в мультиплексированном потоке данных. — Схемотехника, 2005, № 11, с. 17—19, № 12, с. 18—22. Электронная версия статьи: http://lit.lib.ru/s/shewkopljjas_b_w/.
5. Пат. США № 6269414 В1 <http://www.uspto.gov>.
6. Пат. США № 6044421 <http://www.uspto.gov>.
7. С. М. Сухман, А. В. Бернов, Б. В. Шевкопляс. Синхронизация в телекоммуникационных системах. Анализ инженерных решений. — М.: Экотрендз, 2003. Электронная версия книги: http://lit.lib.ru/s/shewkopljjas_b_w/.

Борис Шевкопляс,
г. Москва

Модели двигателя постоянного тока

Для инженеров, работающих в области электропривода, в настоящее время являются весьма ценными САПР, способные решать задачи в областях электроники, электротехники, систем автоматического регулирования.

На рынке имеется много САПР, обладающими широкими возможностями, однако, оптимальной по удобству использования, выполняемым функциям и наличию специализированных библиотек моделей элементов, на взгляд автора, является OrCAD v10.3.

Для решения широкого круга задач анализа и практического построения систем электропривода совершенно необходимо наличие моделей различных электродвигателей — постоянного тока, асинхронных двух- и трехфазных, бесколлекторных трехфазных, шаговых четырехфазных.

В САПР OrCAD v10.3 имеется библиотека `mix_misc.lib`, содержащая, к сожалению, всего лишь одну модель электрической машины — трехфазного бесколлекторного двигателя. Эта модель предложена доктором К. К. Тафтом из университета в Нью-Хэмпшир. Для моделирования приведенных моментов инерции в ней предлагается использовать конденсатор, а для вращающих моментов — резистор.

На взгляд автора, такое решение выглядит весьма искусственным, т. к. вынуждает вводить в схему модели элементы (конденсатор и резистор), не имеющие отношения к реальному двигателю, и лишает разработчика возможности исследовать поведение

электропривода для моментов инерции и вращающих моментов, являющихся произвольными функциями времени.

Учитывая высказанные критические замечания, предлагаю две модели двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Модели выполнены на уровне принципиальных схем, за основу взят двигатель ДПР-12.

В общем виде модель двигателя постоянного тока с независимым возбуждением может иметь вид, представленный на рис. 1.

На этой схеме: U_j — напряжение, подаваемое на якорь; U_e — напряжение противоЭДС якоря; i — ток якоря; m — вращающий момент на валу двигателя; M_s — момент сопротивления, приведенный к валу двигателя; $speed$ — угловая частота вращения вала двигателя; a — угловое ускорение вала двигателя; $angle$ — угол поворота вала двигателя; R_j — активное сопротивление якоря; T_e — электрическая постоянная времени якорной цепи; C_m , C_e — коэффициенты момента и противоЭДС, соответственно; J_j — момент инерции якоря.

На рис. 2 показаны две модели двигателей постоянного тока ДПР-12.

Коэффициенты C_m и C_e для обеих моделей численно равны и вычисляются как отношение номинального напряжения в вольтах якорной цепи

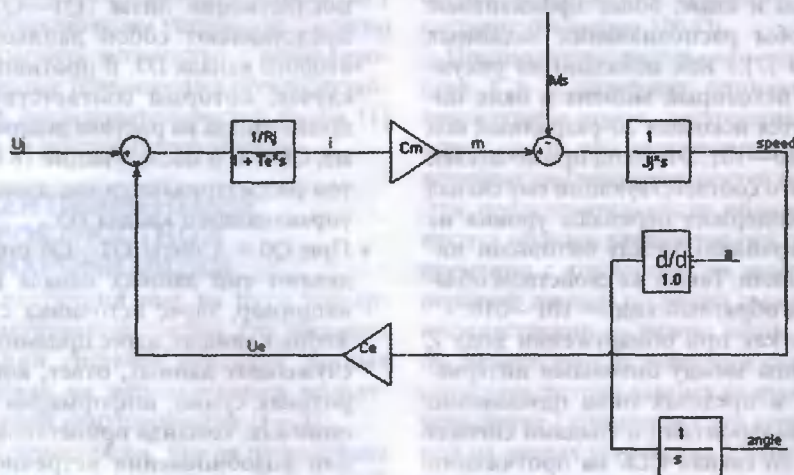


Рис. 1

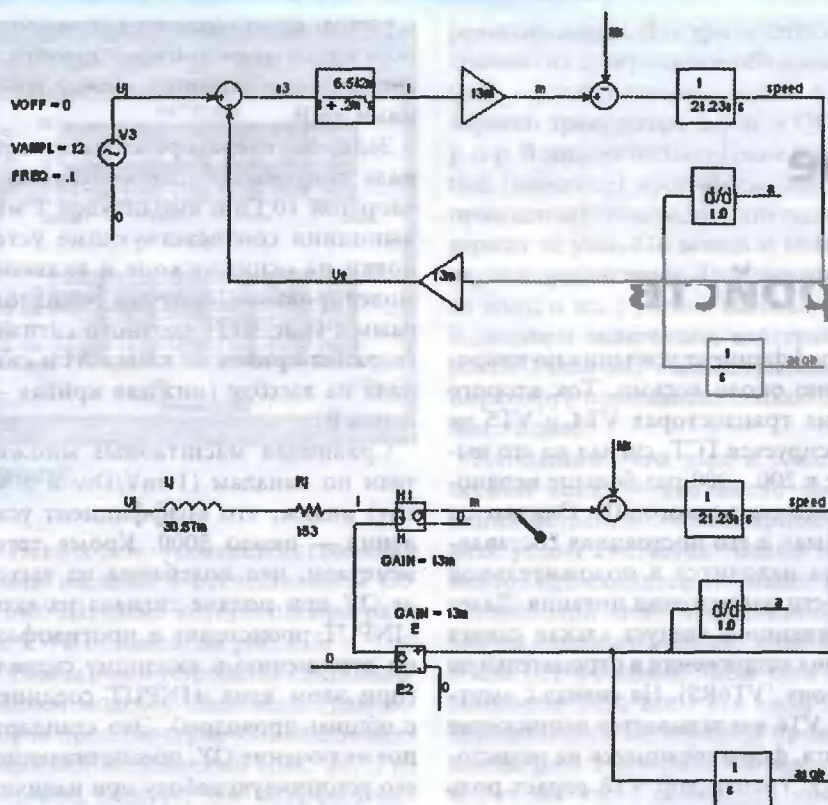


Рис. 2



Рис. 3

к угловой частоте вращения холостого хода, выраженной в радианной мере.

$$T_e = L_j/R_j; J_j = T_M \times M_{П}/\text{speed},$$

где T_M — механическая постоянная времени якорной цепи, $M_{П}$ — пусковой момент двигателя, speed — угловая частота вращения холостого хода.

При моделировании на якорь двигателя подавалось синусоидальное

напряжение с амплитудой 12 В и периодом 10 с.

Целесообразность разработки двух вариантов моделей определяется тем, что не всегда в паспортных данных двигателей приводятся одновременно индуктивность, активное сопротивление ротора и электрическая постоянная времени ротора.

В случае, когда дана только электрическая постоянная времени ротора, можно использовать верхнюю модель на рис. 2, если же, кроме того,

известны индуктивность и активное сопротивление ротора, можно использовать нижнюю модель.

При моделировании $M_s = 0$ (режим холостого хода).

Результаты моделирования приведены на рис. 3.

Из рис. 1 видно, что входное напряжение якорной цепи и момент сопротивления могут быть заданы в виде произвольных функций времени.

Момент инерции, приведенный к валу двигателя, задается естественным образом, в виде числового значения.

Угол, угловая скорость и угловое ускорение получаются в радианной мере, численно совпадающие с напряжением в вольтах в соответствующих электрических цепях.

В случае, если ток якоря измеряется как напряжение на выходе передаточного звена по верхней модели на рис. 2, напряжение в вольтах численно совпадает с током в амперах. Если же измеряется ток через активное сопротивление якоря по нижней модели на рис. 2, ток выражается в амперах.

Значения вращающего момента и момента сопротивления выражаются в Н·м и численно совпадают с напряжением в вольтах в соответствующих цепях.

Значение момента инерции якоря задается в кг·м².

Критические замечания и предложения по разработке моделей указанных типов двигателей в среде OrCAD v10.3 будут приняты с благодарностью.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Е. В. Арменский, Г. Б. Фалк. *Электрические машины*. — М.: Высшая школа, 1968.
2. Ф. М. Юферов. *Электрические машины автоматических устройств*. — М.: Высшая школа, 1976.
3. А. А. Ахметжанов, А. В. Кочемасов. *Следящие системы и регуляторы*. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. С. Г. Герман-Галкин. *Компьютерное моделирование полупроводниковых систем*. — С.-Пб.: Литера, 2001.
5. И. В. Каменищikov, С. В. Курузов. *Анализ характеристик усилителей мощности для электропривода постоянного тока*. — *Приводная техника*, 2005, № 2, с. 48.

Виктор Константириди,
г. Москва

Компьютерное схемотехническое моделирование электронных устройств

Операционный усилитель наряду с двумя дифференциальными входами имеет один несимметричный выход, напряжение на котором относительно общего провода (или некоторой общей точки) при отсутствии сигнала должно быть близко к нулю. Кроме того, в ОУ выходной сигнал должен отклоняться в положительном и отрицательном направлениях до уровней, близких к напряжениям соответствующих источников двупольного питания.

Эти две задачи до разработки интегральных транзисторов p-n-p с необходимыми параметрами решались введением специальных цепей сдвига уровня и выходного каскада, дополняющих дифференциальные каскады до ОУ. Примерами трехкаскадных (по основному функциональному признаку) ОУ, имеющих такую структуру, и служат первые ОУ типа $\mu A702$ (отечественный аналог — К140УД1) и $\mu A709$ (К153УД1).

Воспроизведем в программе EWB схему усилителя $\mu A702$, являвшегося для своего времени высокоскоростным ОУ общего применения (рис. 212).

Входом служит первый ДК (на транзисторах VT2 и VT3), ток эмиттеров которых стабилизирован ГСТ на транзисторах VT1 и VT9. Он име-

ет коэффициент усиления по напряжению около восьми. Ток второго ДК на транзисторах VT4 и VT5 не фиксируется ГСТ, сигнал на его выходе в 200...300 раз больше входного сигнала первого ДК. Однако он еще мал и его постоянная составляющая находится в положительной области напряжения питания. Далее собственно и следует каскад сдвига уровня напряжения в отрицательную сторону (VT6R5). На сигнал с эмиттера VT6 накладывается напряжение сдвига, формирующееся на резисторе R5. Транзистор VT8 играет роль генератора тока, управляемого через делитель R11R10 выходным напряжением, снимаемым с эмиттера VT7. За счет положительной ОС по этой цепи в выходном каскаде появляется усиление, составляющее около 2,5. Таким образом, номинальный коэффициент усиления данного ОУ — около 4000.

В рассматриваемой модели ОУ были использованы модели биполярных транзисторов Q2N2222A, что отличает ее от реальной ИМС, поэтому приводимые далее результаты моделирования носят качественный характер.

Питание ОУ осуществляется от двух разных источников — первого +12 В, и второго -6 В. В результате

с учетом сдвига уровня напряжения получается симметричный выходной сигнал, колеблющийся между уровнями ± 6 В.

Задав на генераторе входного сигнала синусоидальные колебания с частотой 10 Гц и амплитудой 1 мВ, выполнив соответствующие установки на осциллопоскопе и включив моделирование, получим осциллограммы (рис. 213) входного сигнала (верхняя кривая — канал А) и сигнала на выходе (нижняя кривая — канал В).

Сравнивая масштабные множители по каналам (1 мВ/Div и 5 В/Div) видим, что коэффициент усиления — около 5000. Кроме того, замечаем, что колебания на выходе ОУ при подаче сигнала на вход -INPUT происходят в противофазе по отношению к входному сигналу (при этом вход +INPUT соединен с общим проводом). Это стандартное включение ОУ, обеспечивающее его устойчивую работу при наличии дополнительных внешних ОС. Поэтому вход -INPUT называют инвертирующим и помечают знаком «-» или незакрашенным кружком. Если произвести переключение источника в собранной схеме на вход +INPUT, а инвертирующий вход заземлить, то колебания на выходе будут синфазны входным (рис. 214).

Вход +INPUT называют неинвертирующим и отмечают знаком «+». Отметим, что без обратной связи ОУ вносит весьма заметные искажения в усиливаемый сигнал, положительная полуволна выходного сигнала усиливается меньше, чем отрицательная.

Частотные характеристики ОУ показаны на рис. 215.

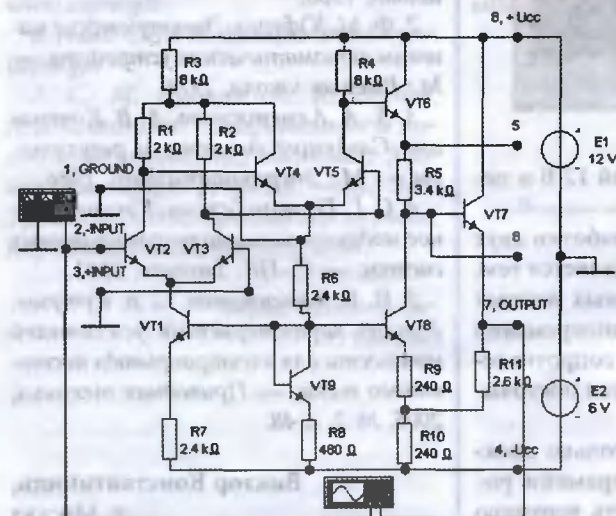


Рис. 212

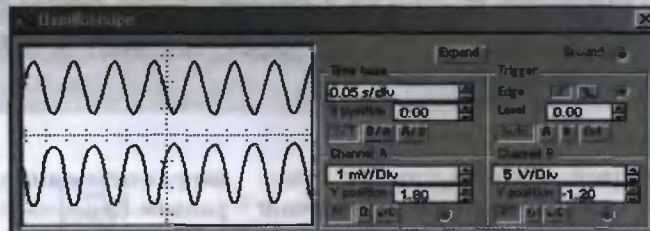


Рис. 213

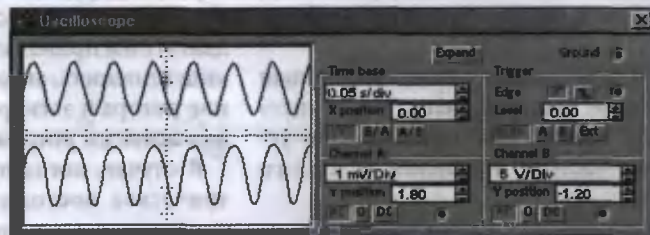


Рис. 214

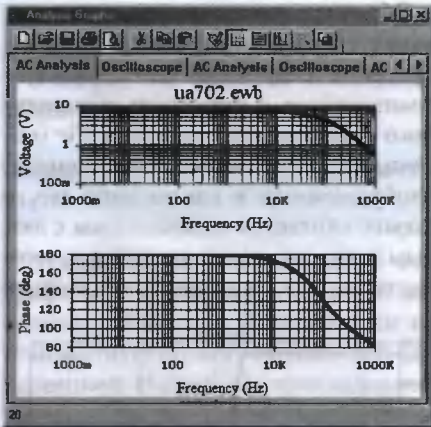


Рис. 215

Некоторые усовершенствования были введены в отечественном ОУ К140УД1, схема которого в программе EWB показана на рис. 216.

Работа этого устройства с использованием моделей идеальных транзисторов проиллюстрирована осциллограммами напряжений (рис. 217), из которых следует, что коэффициент усиления составляет около 3000.

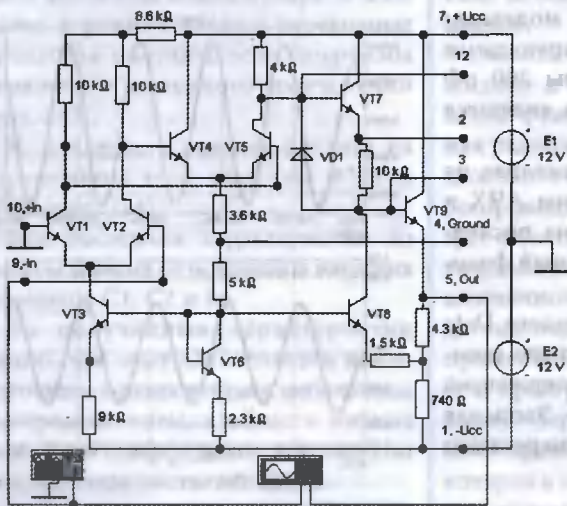


Рис. 216

Питание осуществляется от источников ± 12 В.

Теперь, наконец, рассмотрим знаменитый $\mu A709$, который оказался наилучшим среди трехкаскадных ОУ своего времени. Это выполнить несложно, поскольку в обеих программах есть готовые библиотечные файлы этого ОУ. Надо только иметь в виду, что в их наименовании греческая буква « μ » заменена латинской «U» или «u». Таким образом, открыв в каталоге Samples программы EWB файл Ua709.ewb, увидим схему данного усилителя (рис. 218).

На представленном рисунке она показана после небольшого графического

редактирования. Для транзисторов сохранено их программное обозначение: QNL — библиотечная модель биполярного транзистора n-p-n, а QPL — p-n-p. В дополнительном окне Description (описание) программы (здесь не приводится) указывается, что схема содержит 41 узел, 114 ветвей и 15 биполярных транзисторов. Транзисторы все на виду, и их, с учетом используемых в диодном включении, действительно 15. Узлов же, в классическом (по Кирхгофу) понимании, только 25. В чем же дело?

Напомним, что узел в электрической цепи — это место соединения ветвей. В элементарной физике узлом считается только такое место, где сходятся не менее трех ветвей. При «инвентаризации» узлов на схемных моделях надо быть очень осторожным. Здесь есть свои тонкости. Так, все пять «жирных» черных точек на верхнем проводении рис. 218 представляют один и тот же узел, поскольку графические схемные межсоединения (в отличие от реальных физических) принимаются по умолчанию сверхпроводящими. В этом легко убедиться, нажав ПКМ на каждый из этих узлов, а затем во всплывающих меню выбрав ЛКМ Compo-

nent> Node, прочитав один и тот же номер — 16. Все эти графические монтажные узлы можно свести к одному при другом начертании схемы. Например, разорвав все соединения, связанные с этими узлами, и взяв один монтажный узел сверху схемы, можно соединить в нем семь отходящих от компонентов выводов. Работа устройства при этом не изменится. Эту операцию можно выполнить в программе MS, допускающей неортогональные соединения. Можно же, напротив, перечерчивая схему, так чтобы она была более удобочитаемой и, не изменяя связей компонентов, добавить, сколько нужно, подобные фиктивные узлы. Пересчитав подобным образом узлы, получим 25. В программе MS эта процедура выполняется автоматически по команде Node Numbers в меню Options. Результат будет таким же.

Все дело в том, что при машинных расчетах электрических цепей работают не с принципиальными, а с эквивалентными схемами замещения. В этих схемах транзистор замещается многокомпонентной моделью, а узлом считается и место соединения двух компонентов. В схемных же моделях программ EWB и MS, выводимых на экран дисплея, нумерованные узлы соответствуют реальным физическим

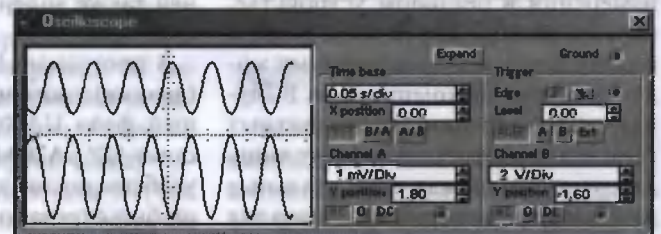


Рис. 217

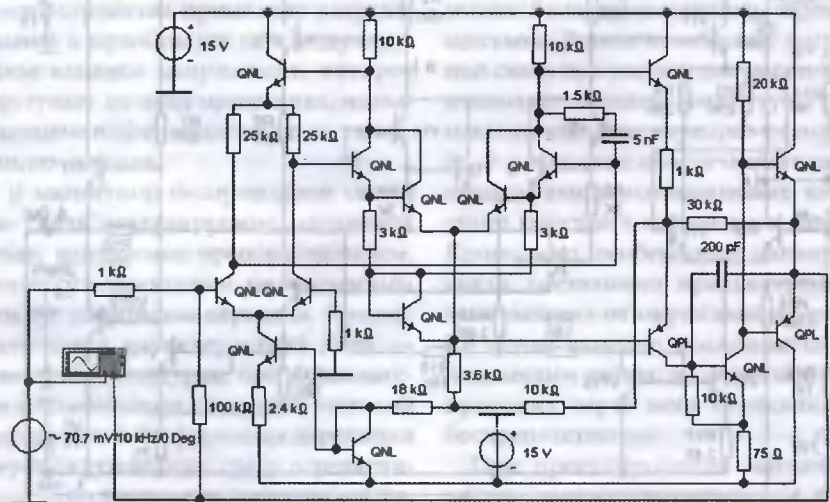


Рис. 218

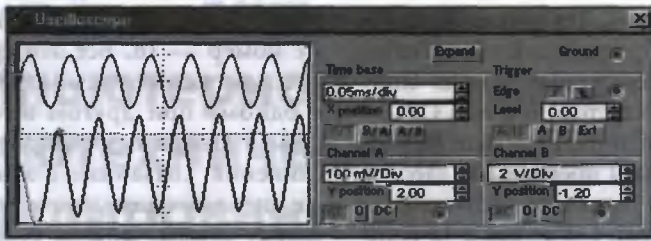


Рис. 219

узлам в случае, когда принципиальная и эквивалентная схема совпадают. Это означает, что, имея на своем столе реальное работающее электронное устройство и компьютер с подобной схемной моделью и введя соответствие (одинаковую

эмиттера, базы и коллектора транзистора. Такая же коллизия возникает и для смешанных схем.

Совет. Не удивляйтесь, если нумерация узлов и компонентов, приводимые в статье и появляющиеся при другой сборке схем, будут отличаться — программы производят их автоматически в зависимости от последовательности сборки и расположения компонентов.

Вернемся теперь к схемной модели (рис. 218). Открыв лицевую панель осциллографа и включив моделирование, получим осциллограммы напряжений на входе и выходе ОУ (рис. 219).

Наблюдаемый на этой частоте (10 кГц) сдвиг фаз, отличный от 180°, связан с используемыми моделями транзисторов и корректирующими RC-цепями. Конденсаторы 200 пФ и 5 нФ, резистор 1,5 кОм являются внешними элементами.

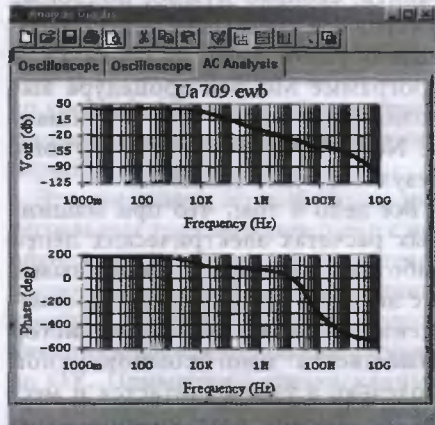


Рис. 220

нумерацию) между физическими и схемными узлами, можно провести измерения в реальном устройстве, например напряжений вольтметром и сопоставить их с результатами моделирования на компьютере. В случае использования эквивалентных схем такое соответствие будет лишь для узлов, отражающих реальные выводы компонентов, например для

Войдя далее в режим анализа на переменном токе, получим АЧХ и ФЧХ (рис. 220), причем на последней также виден отмеченный фазовый сдвиг.

В программе MC в каталоге Data (данные) также можно открыть схемный файл UA709.CIR, содержащий схему ОУ μ A709 (рис. 221). Здесь для удобства показа выводов микросхемы он был отредактирован.

Обратите внимание на использование специального способа электрических соединений точек цепи или компонентов с помощью специального графического элемента Tie (соединение, перемычка). Этот элемент, изображенный в каком-либо месте схемы, считается соединенным с любым таким же, находящимся в другом месте экрана, если их позиционные

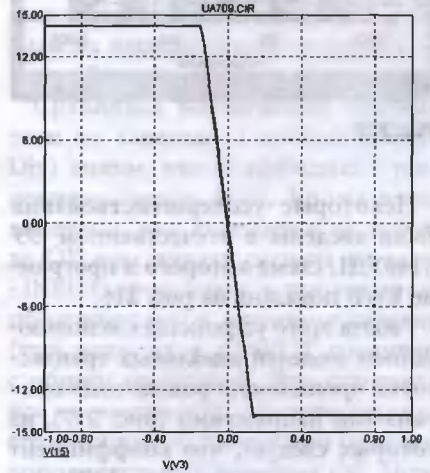


Рис. 222

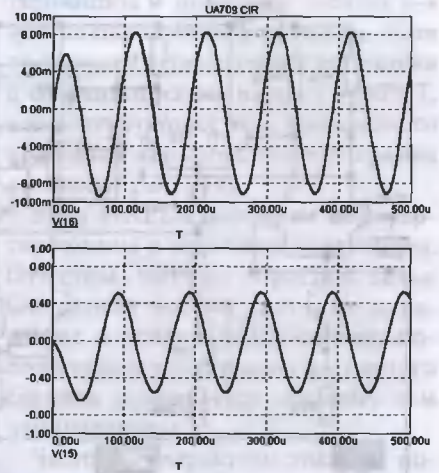


Рис. 223

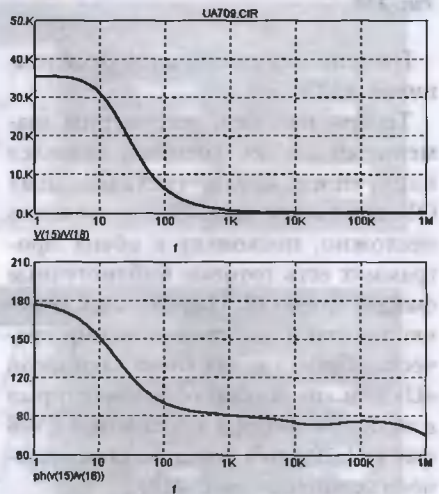


Рис. 224

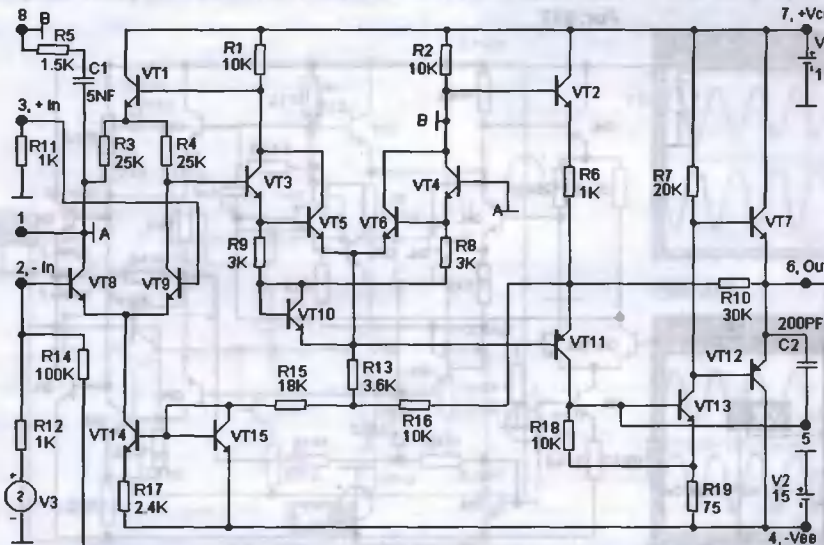


Рис. 221

обозначения (имена контактов) совпадают.

Элемент Tie задается последовательностью команд:

```
Component>Analogies>Primitives>Connectors>Tie.
```

В представленном варианте его графическое изображение было изменено с T-образной переключки на стандартную стрелку с буквенной индексацией. На рис. 221 использованы две пары таких стрелок-переключек — А—А и В—В, и, хотя на схеме соединительные провода между этими одноименными точками отсутствуют, программа считает их соединенными между собой.

Проведем моделирование работы ОУ средствами программы МС. Сначала получим передаточную характеристику как зависимость выходного напряжения V(15) от входного V(16), проведя анализ на постоянном токе (рис. 222).

Здесь при редактировании была изменена нумерация узлов — в стандартном файле они имели номера 25 и 26. Далее, в режиме анализа переходных процессов получим осциллограммы входного и выходного напряжений (рис. 223).

И, наконец, в режиме анализа на переменном токе получим АЧХ и ФЧХ (рис. 224).

Вид последних характеристик во многом зависит от номиналов внешних элементов C1, C2 и R6.

Из полученных характеристик видно, что этот ОУ является высокоточным с относительно небольшим быстродействием, в области низких частот его коэффициент усиления по напряжению достигает 35000.

Этими примерами ограничим рассмотрение внутренней структуры ИМС, и далее будем рассматривать ОУ как функциональный компонент, свойства которого заданы макромоделью.

Продолжение следует

Генрих Кардашев,
г. Москва

Конфиденциальная беспроводная цифровая магнитная связь

LibertyLink — технология, запатентованная фирмой Aura Communications Technology Inc., использует расширенную форму магнитной связи и позволяет обеспечить конфиденциальную беспроводную передачу аудио- и цифровых данных в закрытой области на короткие расстояния.

Компания Aura Communications Technology Inc. разработала следующее поколение беспроводной связи, которое может стать фактическим стандартом для бытовой электроники и мобильных устройств. Использование магнитной связи, а не широкополосной радиопередачи, позволяет спроектировать компактные изделия для беспроводной связи. Технология LibertyLink имеет ярко выраженную ограниченную зону безопасности и секретности, окружая индивидуально каждого пользователя и обеспечивая его безопасной связью.

Главная особенность LibertyLink состоит в том, что системы радиосвязи функционируют, распространяя радиочастотную (RF) волну через свободное пространство, а магнитная беспроводная система связи использует нераспространяющееся квазистатическое магнитное поле. Например, в типичной системе радиосвязи передатчик подает модулируемое RF напряжение к антенне. Антенна создает в пространстве модулируемую RF волну. Передача энергии между полями происходит на несущей частоте, которая в современных передвижных устройствах составляет 900 МГц или 2,4 ГГц. Антенна удаленного приемного устройства принимает энергию волны и преобразует ее в модулируемое входное напряжение, которое поступает на вход приемника, извлекающего информационную составляющую сигнала.

В магнитной беспроводной системе связи модулируемое магнитное поле, излучаемое преобразователем, остается относительно ограниченным вокруг устройства передачи. Квазистатическая характеристика поля — результат геометрии преобразователя в комбинации с несущей частотой передатчика. Информация передается через окружающую среду передатчиком, модулирующим магнитное поле. Для приема информации использу-

ется аналогичный преобразователь в удаленном приемнике. Подавляющая часть энергии передается в магнитном поле, незначительная часть все же расходуется на RF составляющую.

Мощность распространения в RF волне обратно пропорциональна квадрату расстояния от передатчика до приемника. Сравните это с квазистатическим магнитным полем, где мощность магнитной индукции обратно пропорциональна R^6 . На рис. 1 показаны зависимости нормализованной мощности сигнала от расстояния для RF поля и поля магнитной связи.

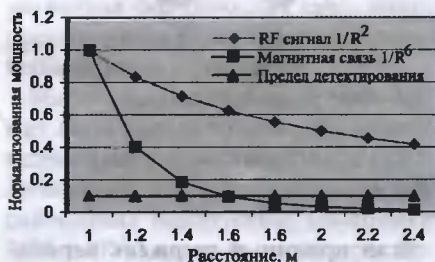


Рис. 1

На первый взгляд, это может показаться значительным недостатком магнитных систем связи. Однако в замкнутых системах, работающих на небольшие расстояния, свойство ограниченной области магнитной связи может быть существенным преимуществом. Резкое ослабление магнитной связи при увеличении расстояния позволяет создать замкнутую, компактную систему, «пузыри» размером 1...3 м, которые обеспечивают еще и многократное использование частотного спектра в небольшом объеме. Кроме того, особенности магнитной связи достаточно предсказуемы и мало зависят от окружающей среды. RF волна заметно поглощается человеческим телом, а магнитное поле проходит через него относительно беспрепятственно.

При проектировании магнитных систем следует учитывать ряд интересных особенностей поляризации.

Поляризация относится к направлению или угловому компоненту векторного поля. В RF волне магнитные и электрические составляющие поля поляризованы ортогонально друг к другу и к направлению распространения. В магнитных системах поляризация магнитного поля зависит от генератора поля, а именно от преобразователя. Ферритовый стержень с обмоткой из провода — типичный пример источника магнитного поля. Приемный стержень аналогичной формы будет иметь эквивалентное поле чувствительности. Максимальная связь достигается, когда стержни передатчика и приемника параллельны друг другу, как показано на рис. 2, а.

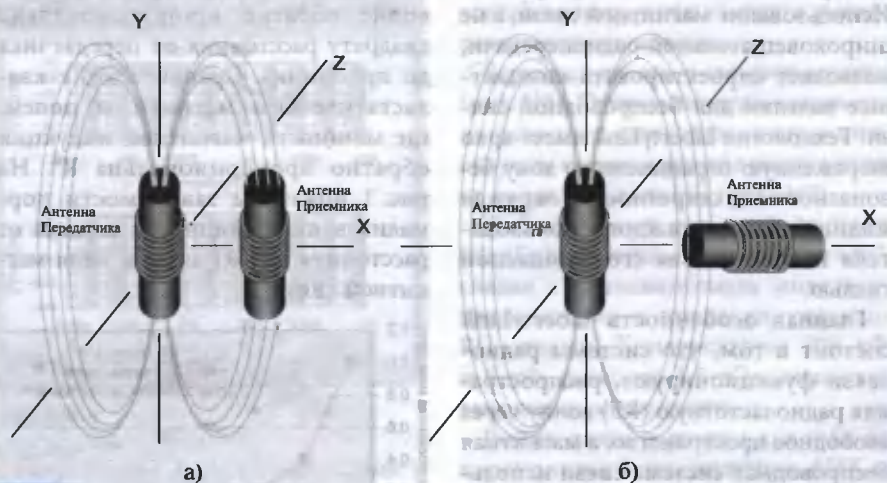


Рис. 2

Если приемный стержень перпендикулярен передающему и направлен на него (рис. 2, б), связь минимальна. Поляризация должна обязательно учитываться, чтобы обеспечить надежную связь независимо от взаимной ориентации преобразователей приемника и передатчика. Поляризация для оптимального приема идентична поляризации для оптимальной передачи.

Для RF сигнала нередко, особенно на высоких частотах, сигнал от полезного источника сигнала на расстоянии в один метр оказывается слабее сигнала от источника помех, находящегося на расстоянии в десять метров. Обычно защита для подавления сигнала помехи заключается в увеличении мощности сигнала полезного источника.

Магнитные поля не подвержены подобным проблемам. Точное и предсказуемое свойство ограниченной области магнитных полей позволяет нескольким близко расположенным пользователям передавать и принимать сигналы на одной частоте. Это особенно важно для передачи голоса

или музыки при высокой плотности различных RF устройств, таких как сотовые телефоны, компьютеры и т. п.

Теоретически возможна беспроводная связь на короткие расстояния на основе электрических полей. Хотя подобные емкостные системы связи могут быть реально построены, они очень чувствительны к окружающей среде. В типичной магнитной системе магнитное поле может быть значительно искажено только крупными объектами со значительной магнитной проницаемостью, пользователи обычно не сталкиваются с этим. В емкостных системах электрические поля очень чувствительны к окружающей среде. Умеренно токопроводящие объекты, включая тела людей, сильно

изменяют и поглощают электрическое поле, что делает исключительно трудной задачу построения системы связи с использованием только электрического поля.

Беспроводная цифровая магнитная связь на короткие расстояния является предпочтительной для замены проводных соединений персональных портативных и передвижных аудио- и музыкальных устройств. Там, где размеры, мощность и надежность являются определяющими, а дальность связи мала, беспроводная цифровая магнитная связь обладает уникальными преимуществами, недоступными при использовании обычных технических средств.

На рис. 3, 4 показаны платы передатчика и приемника набора REF1, рекомендуемого Aura Communications Technology Inc. для проектирования и оценки приборов LL888 для беспроводной приемопередачи на короткие расстояния.

Рекомендуемый набор обладает небольшими размерами, низкой мощ-

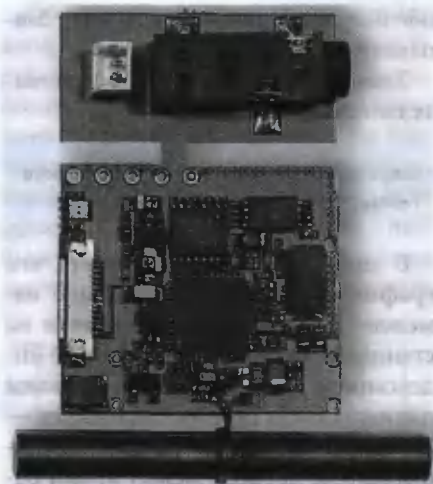


Рис. 3

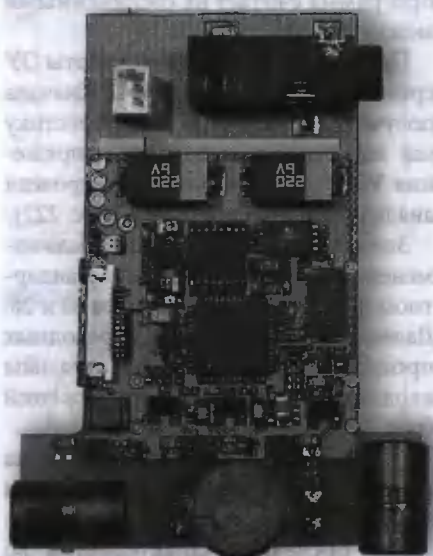


Рис. 4

ностью потребления и полным набором необходимых функций. Проект полезен при проектировании и испытании опытного образца будущих изделий, например, беспроводных наушников. Набор состоит из базовой платы (рис. 3), которая имеет аналоговый стереовыход звуковой частоты и плату стереотелефонов (рис. 4), имеющую аналоговый выход. Каждая плата может питаться от батарей и поставляется с установленным программным обеспечением для быстрой оценки параметров магнитной связи.

Предлагаемое устройство реализует рекомендуемый проект беспроводных стереотелефонов и включает приемопередатчик LL888, внешнюю память 128 Кб EEPROM, и ферритовые антенны. Светодиодные индикаторы на базовой плате и плате стереотелефонов обеспечивают индикацию состояния связи. Платы набора полностью автономны и дополнительно имеют встроенный порт программирования для того, чтобы обеспечить загрузку новых версий

программного кода в микросхему памяти, размещенную на плате.

Диагностика и калибровка также может быть выполнена через этот порт при использовании расширенного программного пользовательского интерфейса, который скоро будет свободно доступен пользователям. «Откальывающаяся» печатная плата со звуковым интерфейсом и разъемом питания может облегчить испытание при создании прототипа изделия.

Рекомендуемый проект содержит:

- две платы для реализации беспроводных стереотелефонов на основе приемопередатчика LL888;
- «откальывающийся» аудио ввод-вывод и разъем питания;
- светодиодную индикацию;
- аналоговый аудиовход;
- выход для стереотелефонов;
- последовательный порт RS-232.

Напряжение питания устройства 2,4...4,5 В. Дополнительно для конфигурирования и программирования может быть поставлен интерфейс SPI.

Состав проекта:

- базовая плата REF1-B LL888;
- плата стереотелефонов REF1-H LL888;
- два кабеля для программирования;
- руководство пользователя.

Дополнительное оборудование пользователя:

- микрофон или источник аудиосигнала;
- стереотелефоны ($R \geq 16 \text{ Ом}$);
- интерфейс SPI или RS-232;
- источник питания.

Прибор LL888 — это полнофункциональный приемопередатчик, обеспечивающий поток данных 410 Кбит и использующий GMSK модуляцию магнитного поля для беспроводной передачи аудио и цифровых данных в закрытой области на короткие расстояния. Прибор рассчитан на работу в диапазоне температур $-20...60 \text{ }^\circ\text{C}$ и изготовлен в миниатюрном 48-выводном корпусе QFN. Работая в диапазоне частот 13,56 МГц, прибор магнитной связи позволяет обеспечить в закрытой области при низкой потребляемой мощности высокое качество связи и передачи данных на небольшие расстояния. Архитектура прибора оптимизирована для передачи данных от CD или MP3 плеера на беспроводные стереотелефоны. Прибор LL888 может также использоваться для контроля и управления

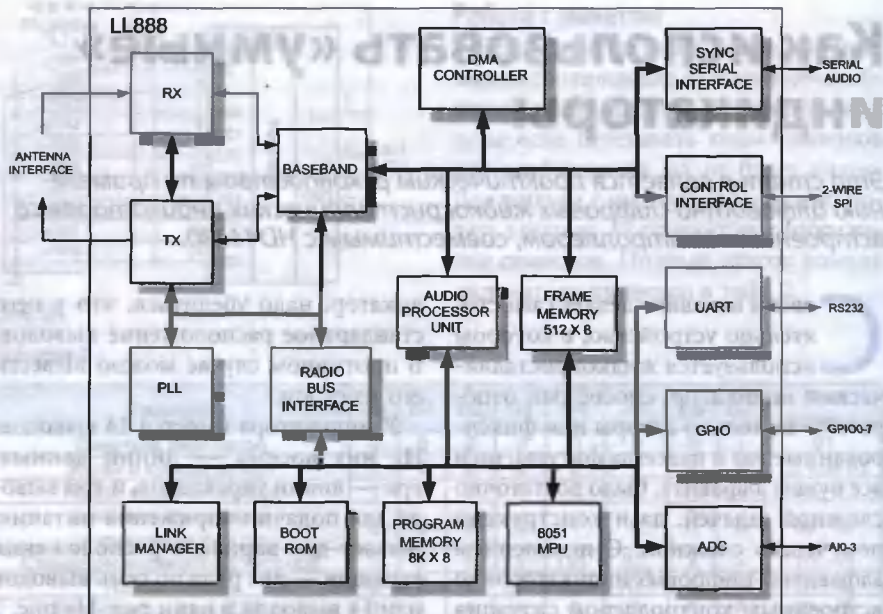


Рис. 5

данными в коммерческих и промышленных проектах.

Приемопередатчик LL888 требует минимального числа внешних компонентов. На базовой станции приемопередатчика находится одна ферритовая антенна, на подвижной — три небольшие ортогональные антенны (рис. 4).

Внутренний SoC микропроцессор и архитектура прибора обеспечивают контроль и управление мощностью, подводимой к антенне, в зависимости от положения в пространстве подвижной станции. Система конфигурируется программным оборудованием для настройки на конкретные прикладные требования. Рекомендуемый проект доступен и обеспечивает полное беспроводное исполнение аудиосистемы.

На рис. 5 показана структурная схема прибора LL888.

Первой фирмой, которая начала массовое применение приборов и технологий магнитной связи, была фирма Creative, выпускающая различные Handset наборы. Непосредственными инвесторами и партнерами являются следующие фирмы: Creative Technologies, Motorola Ventures, Duchossois Technology Partners, Entrepia Ventures и iSherpa Capital.

Имеющаяся во всех приборах возможность передачи аудиосигнала и отдельный цифровой канал передачи данных делают сферу применения данных приборов и технологии чрезвычайно широкой, а цена 5 долл. делает их применение доступным в бытовых изделиях.

Магнитная беспроводная связь на короткие расстояния не является пря-

мой заменой для RF-связи, но представляется весьма привлекательной для применения в личных портативных и мобильных звуковых устройствах. Там, где размеры, мощность и надежность имеют первостепенное значение, а дальность может быть небольшой, магнитная беспроводная связь имеет преимущества перед традиционными техническими решениями.

Магнитная беспроводная связь может быть использована при снятии телеметрии у новорожденных, тяжелобольных и в других случаях, где радиоканал недопустим. Наушники MP3 и DVD плееров, гарнитуры мобильных телефонов совершенно безопасны для здоровья. Эта связь может использоваться также в агрессивной и жидкой среде, где применение радиосвязи затруднено.

Очень перспективным считается применение технологии LibertyLink в системах контроля доступа и идентификации, смарткартах, в транспондерах и системах идентификации, так как злоумышленнику трудно перехватить сигнал. Магнитная беспроводная связь на короткие расстояния может применяться военными и полицией для обеспечения скрытности.

Так как магнитная беспроводная связь на короткие расстояния не создает помех радиоприемным устройствам, ее применение выгодно в помещениях с высоким радиочастотным фоном и, наоборот, в помещениях и приборах критичным к внешним электромагнитным полям.

Сергей Добрусенко,
г. Нерюнгри, Якутия

Как использовать «умные» индикаторы

Эта статья является практическим руководством по применению алфавитно-цифровых жидкокристаллических индикаторов со встроенным контроллером, совместимым с HD44780.

Совсем недавно сделать самостоятельно устройство, в котором используется жидкокристаллический индикатор, способный отображать не только цифры или фиксированные раз и навсегда фигуры, но и все буквы алфавита, было достаточно сложной задачей, да и конструкция получалась сложной. С появлением алфавитно-цифровых индикаторов со встроенным контроллером ситуация резко изменилась — узел управления самим жидкокристаллическим индикатором смонтирован непосредственно в нем. Для его использования нужно только научиться управлять этим узлом. На самом деле подобных индикаторов существует довольно много, однако наибольшее распространение получила конструкция индикатора, в которой используется микросхема HD44780. Таким образом, имеется много индикаторов разных фирм, которыми можно управлять совершенно одинаково. Именно об управлении такими индикаторами и пойдет речь в статье.

Даже если вы ничего не знаете о микроконтроллерах, вы все равно можете познакомиться с использованием и работой этих индикаторов. Для проведения экспериментов нужен только сам индикатор и несколько переключателей и кнопок.

Алфавитно-цифровые индикаторы могут быть различных типов — на одну, две или четыре строки с числом символов в строке 8, 12, 16, 20, 24, 32 или 40.

Индикаторы бывают со светящимся фоном (так называемой подсветкой) или без нее. Индикаторы с подсветкой, как правило, дороже. Кроме того, они несколько толще аналогичных индикаторов без подсветки.

Подключение индикатора

Большинство индикаторов имеют стандартное подключение и расположение выводов. Однако все равно перед тем, как подключать новый ин-

дикатор, надо убедиться, что у него стандартное расположение выводов. В противном случае можно вывести его из строя.

У индикатора имеется 14 выводов. Из них восемь — линии данных, три — линии управления, и три вывода для подачи напряжения питания. Бывает два варианта расположения выводов — два ряда по семь выводов или 14 выводов в один ряд. На рис. 1 изображены оба варианта.

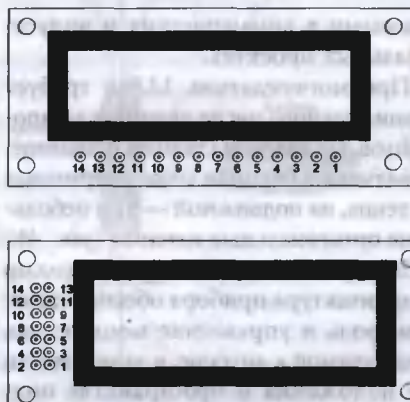


Рис. 1

Назначение выводов показано в табл. 1.

Таблица 1

№ вывода	Название	Назначение
1	U_{SS}	Общий провод
2	U_{DD}	Плюс питания
3	U_{EE}	Контрастность
4	RS	Выбор регистра
5	R/W	Чтение/запись
6	E	Разрешение
7	D0	Бит 0 данных
8	D1	Бит 1 данных
9	D2	Бит 2 данных
10	D3	Бит 3 данных
11	D4	Бит 4 данных
12	D5	Бит 5 данных
13	D6	Бит 6 данных
14	D7	Бит 7 данных

Выводы 1 и 2 используются для подключения источника питания. Вывод 1 подключается к минусу, 2 — к плюсу. Вывод 3 используется для управления контрастом индикатора.

Хотя чаще всего для жидкокристаллических модулей необходим источник питания напряжением 5 В, некоторые модели могут работать и при других напряжениях — 3...6 В, это надо обязательно уточнить в описании конкретного прибора.

В большинстве случаев индикаторы потребляют очень маленький ток — единицы миллиампер (без подсветки). Если используется индикатор с подсветкой, то ток потребления увеличивается и иногда довольно значительно. Это зависит от типа подсветки. Например, ток потребления индикатора со светодиодной подсветкой составляет в среднем 100 мА, поэтому, если в качестве источника питания используются гальванические элементы или аккумуляторы, предпочтительнее использовать индикаторы без подсветки. Как компромиссный вариант можно рассматривать случай, когда ток подсветки индикатора ограничивается включением последовательно с узлом светодиодной подсветки простейшего резистора и установкой минимальной яркости. Дело в том, что жидкокристаллический дисплей замечательно работает при внешнем освещении, но в темноте на нем ничего нельзя увидеть. В этом случае даже очень слабая подсветка позволит вполне комфортно пользоваться индикатором. Из личной практики ток потребления индикатора с настроенной таким образом подсветкой может составить около 15 мА, что уже вполне допустимо для батарейного питания. Разумеется, имеет смысл предусмотреть отключение подсветки, когда она не требуется, это позволит уменьшить потребление тока. Обычно выводы для подсветки располагаются отдельно от остальных, для более точной информации нужно смотреть описание конкретного индикатора. Кроме светодиодной бывают и другие типы подсветки.

Вывод 3 используется для управления контрастностью изображения на индикаторе. Обычно он подключается к переменному резистору, с помощью которого можно изменять на этом выводе напряжение от нуля до напряжения источника питания. Следует иметь в виду, что некоторые модели индикаторов требуют нали-

чия отрицательного напряжения на этом выводе.

Вывод 4 (RS) — одна из трех линий управления. Когда эта линия установлена в 0, байт данных, передаваемый индикатору, будет расцениваться как команда, а байт, принимаемый от индикатора, будет показывать его состояние. Установка этой линии управления в 1 означает, что передаваться в индикатор или приниматься от него будет символ.

Вывод 5 (R/W) определяет направление передачи информации, он устанавливается в 0, когда нужно передать индикатору команду или код символа. При установке этой линии в 1 производится получение от индикатора кода символа или байта состояния индикатора.

Вывод 6 (E) используется для того, чтобы начать обмен данными между индикатором и устройством, которое им управляет. При передаче данных в индикатор данные должны быть выставлены на линии данных D0—D7, после чего состояние линии E должно быть изменено с 1 на 0. Сразу после этого выставленная на выводах D0—D7 информация будет записана в индикатор. При получении данных от индикатора они появляются на выводах данных D0—D7 спустя короткое время после изменения состояния линии E с 0 в 1 и будут оставаться там до тех пор, пока состояние линии E не изменится на лог. 0.

Выводы 7—17 (D0—D7) образуют шину данных. Для обмена данными с индикатором может использоваться два режима — четырехбитовый и восьмибитовый. В четырехбитовом режиме используются только четыре вывода (D4—D7). В этом режиме несколько сложнее обмен данными с индикатором, зато для управления индикатором требуется на четыре вывода меньше, что позволяет использовать более дешевый микроконтроллер.

Экспериментальный макет

Несмотря на то, что обычно для управления жидкокристаллическим индикатором используется микроконтроллер, можно провести эксперименты с индикатором и без него. Для этого нужно собрать очень простой макет. На рис. 2 показана принципиальная схема макета.

Очень удобны малогабаритные DIP-переключатели (блок из восьми переключателей обведен на рис. 2 штриховой линией) — они весьма

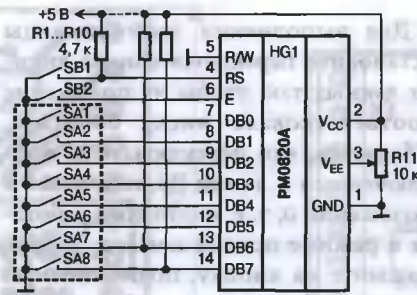


Рис. 2

Таблица 2

Команда	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Hex значение
Очистить индикатор	0	0	0	0	0	0	0	1	01
Экран и курсор домой	0	0	0	0	0	0	0	1	x 02 или 03
Режим ввода символов	0	0	0	0	0	1	I/D	S	04—07
Включить/выключить индикатор и курсор	0	0	0	0	1	D	U	B	08—0f
Смещение индикатора/курсора	0	0	0	1	D/C	R/L	x	x	10—1f
Набор команд	0	0	1	8/4	2/1	10/7	x	x	20—3f
Установить адрес CGRAM	0	1	A	A	A	A	A	A	40—7f
Установить адрес индикатора	1	A	A	A	A	A	A	A	80—ff

компактны, при их отсутствии можно установить обыкновенные тумблеры.

Для управления выводом RS нужно использовать кнопку.

Вывод R/W все время подсоединен к общему проводу, т. к. во время наших экспериментов мы не будем ничего считывать из индикатора.

Переменный резистор R1 любой с сопротивлением 10...47 кОм.

Для удобства пользования надо расположить микропереключатели так, чтобы выводы индикатора, к которым они подключены, были в лог. 0, когда движки микропереключателя находятся в нижнем положении, и в лог. 1 — в верхнем. То же самое для кнопки — когда она отпущена, вывод RS в состоянии 0, нажата — в 1.

Первоначально переменный резистор регулировки контраста нужно повернуть в такое положение, чтобы вывод 3 индикатора был подсоединен к общему проводу.

Сразу после включения напряжения на первой строке индикатора должны быть видимыми полупрозрачные прямоугольники. Если они очень темные, нужно сделать их едва видимыми, вращая ручку переменного резистора, управляющего контрастностью. Если это не получается, следует проверить правильность сборки макета.

Первоначальное положение переключателя на линии RS индикатора непринципиально, но лучше установить его в состояние 1. Положение переключателей, управляющих линиями данных, может быть произвольным.

Работа с макетом

После подачи напряжения питания индикатор приходит в состояние «отображение выключено». Таким образом, даже если передавать коды символов для отображения, их не будет видно. Для работы с индикатором нужно подать команду, включающую отображение символов. Полный список команд индикатора приведен в табл. 2.

В этой таблице приняты следующие обозначения:

I/D — 1 — увеличение *, 0 — уменьшение,

S — 1 — сдвиг индикатора включен, 0 — выключен *,

D — 1 — отображение включено, 0 — выключено *,

U — 1 — подчеркивание курсора включено, 0 — выключено *,

B — 1 — мигание курсора включено, 0 — выключено *,

D/C — 1 — сдвиг индицируемых данных, 0 — сдвиг курсора,

R/L — 1 — сдвиг вправо, 0 — сдвиг влево,

8/4 — 1 — восьмибитовое включение *, 0 — четырехбитовое включение,

2/1 — 1 — две строки, 0 — одна строка *,

10/7 — формат знакоместа, 1 — 5×10 точек, 0 — 5×7 точек *,

x — произвольное значение, ни на что не влияет, состояние индикатора после включения питания помечено в таблице знаком *.

В дальнейшем будем обозначать данные, которые будут отсылаться на индикатор, в двоичной форме, а в скобках — их соответствующие шестнадцатеричные значения.

Первоначальная настройка индикатора для работы в восьмибитовом подключении

Сразу после включения индикатор находится в состоянии восьмибитового подключения, индикации одной строки, отображение информации на дисплее отключено. Перед использованием индикатор необходимо на-

строить в соответствии с необходимыми параметрами.

Предположим далее, что мы используем восьмибитовое подключение.

Самая первая команда, которую нужно выполнить — «Включить/Выключить индикатор и курсор». Она включает отображение на индикаторе, а также устанавливает режим отображения курсора.

Код этой команды: 0 0 0 0 1 D U B, где D, U и B — параметры команды. Эти параметры могут принимать значения 0 или 1 и обозначают: D = 1 — отображение включено, 0 — выключено, U = 1 — подчеркивание курсора включено, 0 — выключено, B = 1 — мигание курсора включено, 0 — выключено.

Для начала удобнее будет выбрать мигающий курсор с подчеркиванием, чтобы легче было наблюдать его положение. Этому соответствует код команды 00001111 (\$0F).

Для выполнения этой команды установите переключатели на линиях данных так, чтобы их положение соответствовало числу 00001111. Убедитесь, что переключатель, подключенный к линии RS, находится в положении 0, т. е. индикатор работает в режиме приема команд. Теперь нажмите на кнопку, подключенную к выводу E индикатора. Сразу после этого индикатор примет команду и выполнит ее. Если все было сделано верно, в верхней левой позиции экрана индикатора мигает курсор с линией подчеркивания.

Следующая команда — «Набор команд». Она позволяет включить вторую строку на двухстрочных индикаторах, одновременно она включает четырех- или восьмибитовое подключение и задает формат отображения символов — 5×10 или 5×7 точек.

Код этой команды 0 0 1 4/8 2/1 10/7 xx, где 4/8, 2/1 и 10/7 — параметры команды. Эти параметры могут принимать значения 0 или 1 и обозначают:

8/4 = 1 — восьмибитовое включение, 8/4 = 0 — четырехбитовое включение, 2/1 = 1 — две строки, 2/1 = 0 — одна строка, 10/7 = 1 — 5×10 точек, 10/7 = 0 — 5×7 точек. Биты x могут принимать произвольное значение, и не влияют на работу индикатора.

Итак, для включения восьмибитового режима, двух строк и формата 5×7 точек нужна команда 00111000 (\$38).

На этом подготовка индикатора к работе завершена.

Следует отметить, что для работы в четырехбитовом включении при настройке последовательность команд будет несколько иной, но об этом поговорим чуть позже.

Продолжение следует

Михаил Голубцов,
г. Зеленоград

Базовый микроконтроллерный блок для PIC16F84A

Разработка электронных устройств состоит из комплекса работ по созданию принципиальной схемы, печатной платы, программного обеспечения. Упростить этот процесс может применение готовых блоков, из которых, как из конструктора, собирается практически готовое устройство.

В процессе создания конструкций на базе микроконтроллеров некоторые узлы используются почти в каждом проекте. К ним можно отнести сам микроконтроллер с системой питания и кварцевым резонатором, порты ввода-вывода, а также необходимые элементы реализации стандартных шин передачи данных. Разместив эти узлы на одной плате, можно получить базовый блок, используемый для разработки и отладки устройств на микроконтроллерах. Работа с таким блоком сводится к подключению необходимой периферии и разработке управляющей программы микроконтроллера. Примеры подобных устройств описаны в [1, 2].

Вариант такого блока для популярного микроконтроллера PIC16F84A приведен на рис. 1.

В его состав входят следующие устройства:

- микроконтроллер;

- кварцевый резонатор;
- стабилизатор напряжения питания;
- клеммный соединитель на восемь линий ввода-вывода;

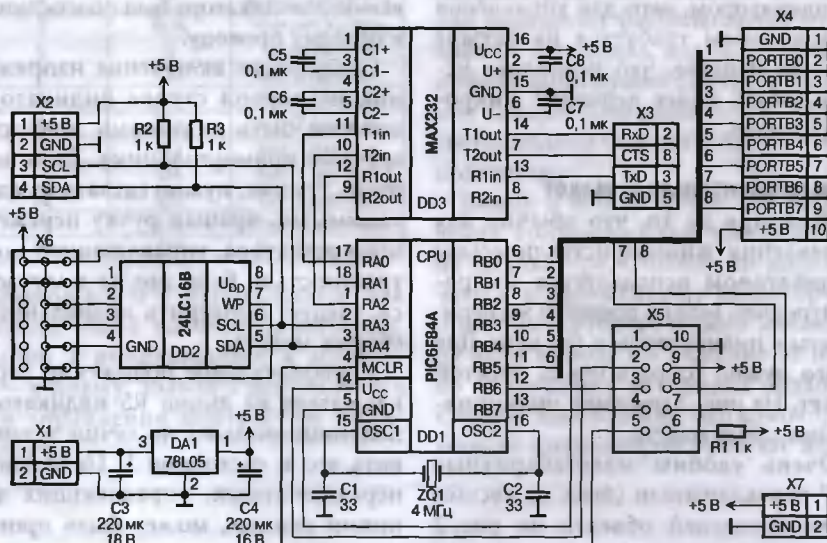


Рис. 1

- драйвер интерфейса RS-232;
- устройство на базе интерфейса I2C с необходимыми элементами реализации шины;
- разъем внутреннего программирования.

Весь блок собран на печатной плате из стеклотекстолита, фольгированного с одной стороны, что упрощает его повторение. Размеры платы — 65×55 мм. На рис. 2 показана печатная плата блока, на рис. 3 — расположение элементов.

Микроконтроллер с кварцевым резонатором и стабилизатор включены по типовым схемам. Диапазон питающего напряжения — +6...12 В.

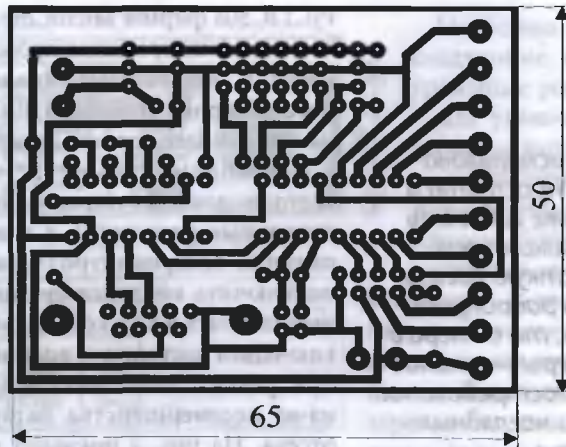


Рис. 2

Разъем ввода-вывода X4 имеет 10 контактов, восемь из которых напрямую подключены к порту В микроконтроллера. Два оставшихся контакта предназначены для питания внешних модулей, используемых совместно с базовым блоком. При необходимости питание можно взять с разъема X7. Использование винтовых контактов дает большие возможности, чем подключение с помощью пайки или штыревых разъемов.

Драйвер RS-232 предназначен для подключения блока к персональному компьютеру. В качестве драйвера применена микросхема MAX232. Для реализации интерфейса используются три линии порта А:

- PORTA 0 — RxD — передача данных;
- PORTA 1 — TxD — прием данных;
- PORTA 2 — CTS — служебная линия порта.

Линия CTS может использоваться для передачи сигнала готовности микроконтроллера к приему данных. Ее необходимость обусловлена отсутствием в PIC16F84 модуля UART. Реализация этого модуля полностью программная. В простейшем случае для организации приема-передачи достаточно использовать 45 ячеек памяти микроконтроллера и шесть регистров общего назначения [2].

Оставшиеся две линии порта А используются в качестве шины I²C. Ее наличие позволяет использовать совместно с микроконтроллером большой перечень устройств, оснащенных этим интерфейсом. Непосредственно на плате блока предусмотрено место для дополнительной микросхемы, имеющей восемь выводов, например ПЗУ 24LC16, часов PCF8583P, термометра DS1621. Так как эти микросхемы отличаются расположением

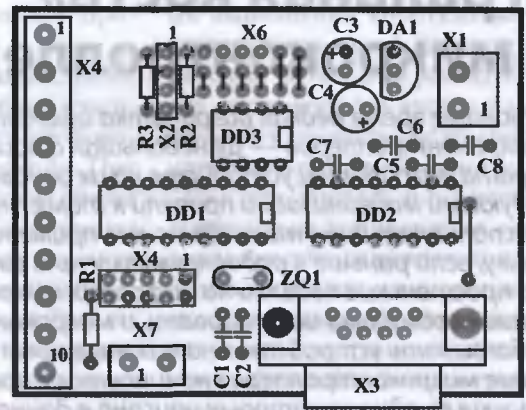


Рис. 3

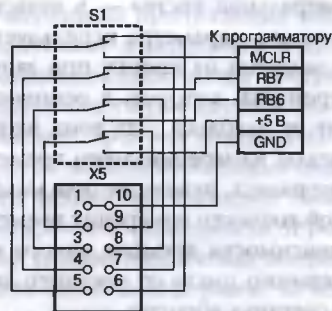


Рис. 4

выводов, на плате предусмотрено специальное поле. Используя это поле, путем монтажа перемычек можно подготовить к работе любую микросхему. На принципиальной схеме и схеме расположения элементов на печатной плате перемычки показаны в варианте для микросхемы 24LC64 при нулевом slave-адресе. В случае необходимости включения нескольких устройств, работающих по шине I²C, можно использовать отдельный разъем X2. Реализация алгоритма шины I²C также программная [2].

Для удобства отладки устройств с использованием блока на плате предусмотрен разъем внутреннего программирования X5 (IDC10M). Все проводники, используемые для программирования, за исключением общего провода, имеют разрыв. При прошивке контроллера разъем программатора подключается к контактам 1—5 разъема X5. Для работы устройства в нормальном режиме в разъем вставляется заглушка, изготовленная из ответной части IDC10F с помощью замыкания проводников, подключаемых к контактам 2-9, 3-8, 4-7, 5-6 разъема X5. Если программирование не требуется, на плату можно установить перемычки.

При проведении отладки с использованием готового устройства значительно повышает удобство работы

узел доработки программатора, схема которого приведена на рис. 4.

Программатор подключается к микроконтроллеру через двухпозиционный переключатель S1. В одном положении переключателя программатор соединен с микроконтроллером, что дает возможность производить его программирование. Во втором положении переключателя соответствующие контакты разъема внутреннего программирования попарно замкнуты, и контроллер включен по основному варианту. Применение подобного узла делает ненужным переключение разъемов, либо перенос микроконтроллера из программатора в устройство. Данное устройство было опробовано совместно с JDM-совместимым программатором, а также с программатором ChipProg2.

Базовый блок позволяет решать широкий круг задач. С его помощью можно создавать небольшие устройства автоматики, простые периферийные модули для ПК, использовать его как учебный макет или разрабатывать устройства, работающие с шиной I²C.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ю. Мартышевский, А. Киселев. Макетная плата для освоения PIC микроконтроллеров фирмы Microchip. — Схемотехника, 2003, № 12, с. 35—38.
2. К. Тавернье. PIC-микроконтроллеры. Практика применения. Пер. с фр. — М.: ДМКПресс, 2002.

Илья Сошин,
г. Лысьва Пермской обл.

«Игральная кость» на микроконтроллере

В настоящее время редкая разработка обходится без использования микроконтроллеров — их небольшая стоимость, простота и быстрота разработки устройств на их основе, а также гибкость последующей модернизации привели к тому, что микроконтроллеры используются даже там, где можно применить жесткую логику. Поэтому, если раньше в радиокружках учили собирать радиоприемники и простенькие поделки на цифровых микросхемах, то теперь в обучении необходимо использовать и микроконтроллеры — умение разрабатывать устройства на них наверняка будет востребовано. Изучение микроконтроллеров начинается с простых и наглядных конструкций, одна из которых описана в данной статье.

Игральная кость в качестве игрушки, разрабатываемой на микроконтроллере, выбрана не случайно. Несмотря на простоту, данная разработка требует решения нескольких важных задач:

- минимального энергопотребления для продления срока службы элемента питания, т. е. реализации «засыпания» микроконтроллера;
- «пробуждения» микроконтроллера от внешнего воздействия — нажатия кнопки;
- управления светодиодами таким образом, чтобы использовать минимальное число выводов микроконтроллера;
- генерации случайного числа.

Первые три пункта представляют чисто техническую сложность, а последний может быть реализован несколькими принципиально разными способами.

Таким образом, задача ставится следующим образом — разработать устройство, генерирующее случайные числа в диапазоне 1—6 и выводящее их в принятом для игральной кости виде. Устройство должно запускаться нажатием на кнопку и индицировать полученное число в течение нескольких секунд, оно должно содержать минимум элементов и питаться от миниатюрного элемента напряжением 3 В.

Как правило, случайное число получают либо вычислением очередного члена какой-либо псевдослучайной последовательности, при этом число является псевдослучайным, либо измерением какой-либо физической величины, меняющейся случайным образом. В данной разработке для получения случайного числа выбран второй путь, тем более, что он близок по сути самой

идее «игральной кости» — в качестве измеряемого параметра используется время нажатия на кнопку при запуске устройства, которое, в основном, зависит от человека. Для того, чтобы результаты измерений этого времени не повторялись, нужно достичь максимальной точности измерения времени и независимости времени одного измерительного цикла от текущего значения счетчика времени.

Следующей проблемой является способ вывода числа. Наиболее приемлемы для индикации светодиоды — это самые доступные и наиболее подходящие для нашей цели элементы. Если рассмотреть все возможные варианты отображения точек 1—6, можно заметить, что:

- обязательно требуется отдельно горячая средняя точка (число 1);
- диагональные точки могут зажигаться только парами в противоположных углах (числа 2, 4, 6);
- средние точки требуются только на двух сторонах квадрата для отображения числа 6.

Таким образом, требуется расположить светодиоды, как показано на рис. 1 и включать их парами 1-7, 2-6, 3-5, отдельно — средний светодиод 4.

Для подключения кнопки требуется только один вывод микроконтроллера, т. е. все устройство можно реализовать на микроконтроллере, имеющем восемь выводов, что позволяет использовать самый дешевый прибор

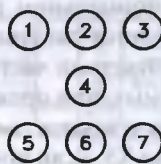


Рис. 1

PIC12C508 фирмы MicroChip, тем более, что отладку можно проводить на недавно появившемся аналоге данного микроконтроллера PIC12F508, имеющем flash-память программ.

Необходимо помнить, что для светодиодов требуются токоограничительные резисторы, а к выводам питания микроконтроллера нужно подключить конденсатор для уменьшения помех и кратковременных «отключений питания», возникающих при резких движениях устройства из-за несовершенства батарейного отсека. На рис. 2 показана принципиальная схема устройства.

Выводы микроконтроллера выбраны не случайно. Кнопка может быть подключена к нулевому, первому и третьему биту порта ввода-вывода GPIO, однако порт GP3 может быть использован только как вход, т. е. он не может управлять светодиодами и поэтому выбран в качестве входа для управления от кнопки. Остальные выводы распределены так, чтобы облегчить разводку платы.

Устройство может быть собрано из различных элементов, но разрабатывалось оно для разводки платы в один слой с использованием SMD элементов. Исключением является микроконтроллер и кнопка — они обычные, но устанавливаются на плату с отгибанием выводов. Микроконтроллер выбран в корпусе DIP для облегчения программирования, кнопку можно использовать специальную для поверхностного монтажа. Чертеж печатной платы и расстановка элементов приведены на рис. 3 и 4 соответственно.

В качестве элемента питания выбран элемент питания CR2025, батарейный отсек выполнен из тонкой жести согласно рис. 5.

После изготовления и проверки вся конструкция может быть залита эпоксидным клеем до уровня кнопки — при этом получится почти плоская конс-

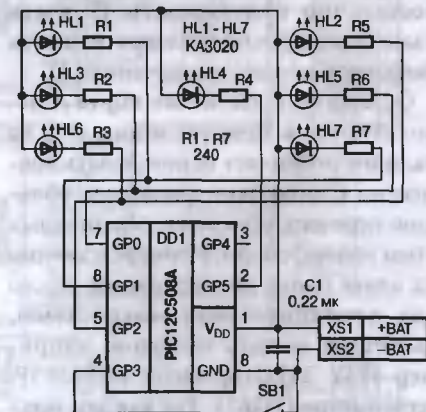


Рис. 2

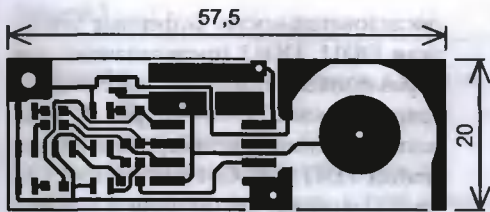


Рис. 3

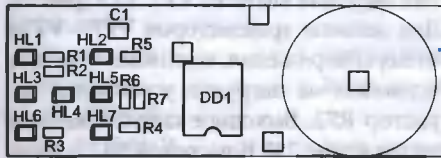


Рис. 4

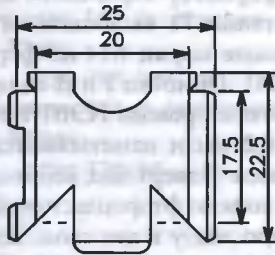


Рис. 5

струкция. Для заливки требуется заклеймить липкой лентой прорезь для отрицательного вывода элемента питания в батарейном отсеке и сформировать бортики вокруг платы таким образом, чтобы клей не затек в этот отсек. Отверстие в углу платы позволяет использовать устройство в качестве брелока.

Программное обеспечение микроконтроллера реализует не только базовые функции, но и создает «спецэффекты». При нажатии и удержании кнопки светодиоды начинают показывать все возможные комбинации, имитируя «встряхивание» кости. Однако скорость перебора вариантов намного больше скорости смены картинок — счетчик комбинаций увеличивается каждые 25 мкс, а переход к следующей выводимой картинке происходит десять раз в секунду. После отпускания кнопки состояние счетчика фиксируется, а выводимые комбинации уже с меньшей скоростью «досчитываются» до выпавшего числа, имитируя «качение» кости по столу. Выпавшее число фиксируется на 10 с или до нажатия на кнопку. Перед пропаданием комбинация несколько раз мигает, что не позволяет игроющему повторно нажать кнопку, если результат его не устраивает — это обязательно будет замечено. Несмотря на простоту программы, она иллюстрирует несколько важных программных решений — реализацию выравнивания длительности цикла, реализацию опроса кнопки с защитой от дребезга контактов и реализацию чтения таблиц.

Особенно нужно объяснить следующие примененные программные решения.

Для увеличения срока службы элемента питания выбран максимальный период сброса по сторожевому таймеру — около 3 с. При каждом сбросе происходит анализ состояния кнопки, и если кнопка не нажата — выполняется команда Sleep и микроконтроллер засыпает. На всякий случай после команды Sleep записана команда перехода на нулевой адрес — это позволяет легко использовать программу и с другими микроконтроллерами, которые в зависимости от источника пробуждения либо перезапускают микроконтроллер, либо продолжают выполнение программы.

Цикл генерации случайного числа (подсчета времени нажатия кнопки) вместе с веткой обновления содержимого индикатора выполнен таким образом, что вне зависимости от реализуемых условий и ветвлений за один цикл всегда выполняется ровно 25 команд. Такая техника реализации цикла основана на искусственном выравнивании всех ветвей внутри цикла и может применяться для различных целей, например, реализации измерения интервалов времени с гарантированной точностью или для реализации точных программных задержек с одновременным выполнением каких-либо действий.

При этом для микроконтроллера PIC12C508, так же как и для большинства микроконтроллеров фирмы Microchip, время выполнения ветвей считать очень легко — каждая команда выполняется в течение одного машинного цикла, кроме команд, изменяющих указатель команд (goto, call, retlw) и арифметических команд с регистром PCL) и всегда занимающих два цикла, и команд реализации условий (btfss, btfsc, decfsz, incfsz).

Команды реализации условий занимают два цикла, если условие ложно — один цикл на саму команду и один цикл на выполнение команды NOP вместо следующей, пропускаемой, команды. Если же условие истинно, один цикл занимает команда проверки, а затем выполняется следующая за условной команда. Если это команда перехода, то она занимает два цикла, все другие занимают один цикл. Таким образом, разница времени выполнения возникает только при использовании пар «условная команда — команда перехода», что нужно учитывать.

Само выравнивание выполняется специальным набором команд пор

и GOTO \$+1, выравнивающих время выполнения коротких веток до длительности самой длинной ветки. Команда GOTO \$+1 реализует переход на следующую ячейку памяти и позволяет заменить две команды пор, потратив одну ячейку памяти.

Так как числа 2 и 3 могут быть выведены на индикатор не одним, а двумя способами каждое, для вывода используются две специальных таблицы. Первая таблица (getscrstate) задает рисунок и имеет восемь вариантов, а вторая (getnumber) — соответствующую цену этого рисунка в диапазоне 0—5, совпадающую для пар двоек и пар троек. Таблицы реализованы с помощью команд возврата из подпрограммы с записью в W нужного значения. Выбор элемента осуществляется следующим образом:

- вызывается подпрограмма, соответствующая таблице, в W должен быть номер требуемого элемента таблицы, начиная с нуля;
- в подпрограмме к значению счетчика команд добавляется число, переданное в W, и управление передается не к следующей за командой прибавления операции, а к операции, отстоящей от этой команды на W ячеек (если W было равно нулю — к следующей, если 1 — одна команда пропускается и так далее);
- сама таблица расположена сразу за командой перехода и содержит набор команд возврата из подпрограммы с требуемым значением, так что после перехода в W записывается нужное значение и происходит возврат из процедуры в основную программу;
- вывод на индикатор, паузы и мигания не представляют собой сложности, но можно обратить внимание на реализацию опроса кнопки — изменение состояния кнопки регистрируется не сразу, а при совпадении нескольких последних опросов, т. е. кратковременные импульсы, возникающие при нажатии/отпускании, игнорируются.

Программа может быть использована без изменений с микроконтроллерами PIC12C508, PIC12C508A, PIC12C509, PIC12C509A. Листинг программы с комментариями можно найти на сайте журнала по адресу www.dian.ru/programs.

Алексей Брякин,
г. Пенза

Преобразователь с выходным напряжением синусоидальной формы

Формирователь выходного синусоидального напряжения состоит из модуля А2, мощных полевых транзисторов VT7—VT10 и выходного LC-фильтра L2C63C64. Рассмотрим состав модуля А2, схема которого представлена на рис. 5.

Сервисный источник питания, построенный на микросхеме DD6, имеет обратную связь как по току, так и по напряжению. Схема включения стандартная и назначение элементов не отличается от узла повышающего источника питания. Для уменьшения динамических потерь в транзисторе VT6 служит цепь R35R37C27VD11, которая формирует запирающее для VT6 напряжение на конденсаторе C27. При низком уровне на выводе 6 микросхемы DD6 напряжение конденсатора C27 в обратной полярности прикладывается к переходу база-эмиттер транзистора VT6, обеспечивая его форсированное закрытие.

Формирователь напряжения построен на микроконтроллере DD4,

который программным способом формирует ШИМ последовательность импульсов с частотой 20 кГц, длительность которых соответствует огибающей синусоидального напряжения частотой 50 Гц.

Такой способ формирования наиболее предпочтителен, так как обеспечивается полная повторяемость формы выходного напряжения идентичных модулей без предварительной регулировки. Совместно с модуляцией формируется сигнал переключения полуволн (меандр с частотой 50 Гц), который коммутирует каналы дважды за период. Для того чтобы исключить сквозной ток при переключении транзисторов VT7, VT8 или VT9, VT10 (рис.3), сигнал ШИМ обоих каналов преобразуется в два логических сигнала с паузой между ними узлом формирователя импульсов, построенным на микросхемах DD7, DD9, DD10 и времязадающей цепи R33R34C23VD9 (рис. 5), которая обеспечивает длительность гарантированной паузы и симметричность по фронтам импульсной

последовательности. Буферные усилители DD11, DD12 предназначены для управления затворами мощных полевых транзисторов VT7—VT10 (рис. 3). Плавающие источники построены на элементах VD17, C48, C54 и VD18, C49, C55 (рис. 5) и служат для питания выходного каскада буферных усилителей управления «верхних ключей» VT7, VT9 (рис. 3). Для защиты транзисторов VT7—VT10 от перенапряжения, возникающего при всплесках на нагрузке, установлен варистор R72. Выходное синусоидальное напряжение 220 В частотой 50 Гц формируется фильтром L2C63C64.

Трансформатор сервисного источника питания Т1 выполнен на магнитопроводе марки Б14 из феррита М2000НМ1. Обмотки I и II содержат по 15 витков провода ПЭВТЛ-2 диаметром 0,2 мм и наматываются одновременно. Поверх них необходимо уложить тонкую фторопластовую изоляционную ленту в два слоя, последней наматывается обмотка III, которая содержит 15 витков того же провода.

Трансформатор Т3 выполнен на двух сложенных вместе кольцах К40×25×11 из феррита марки М2000НМ1. Острые края сердечников необходимо скруглить и поверх намотать слой лакоткани. Первой наматывают виток к витку в один слой обмотку II. Она содержит 150 витков провода ПЭВТЛ-2 диамет-

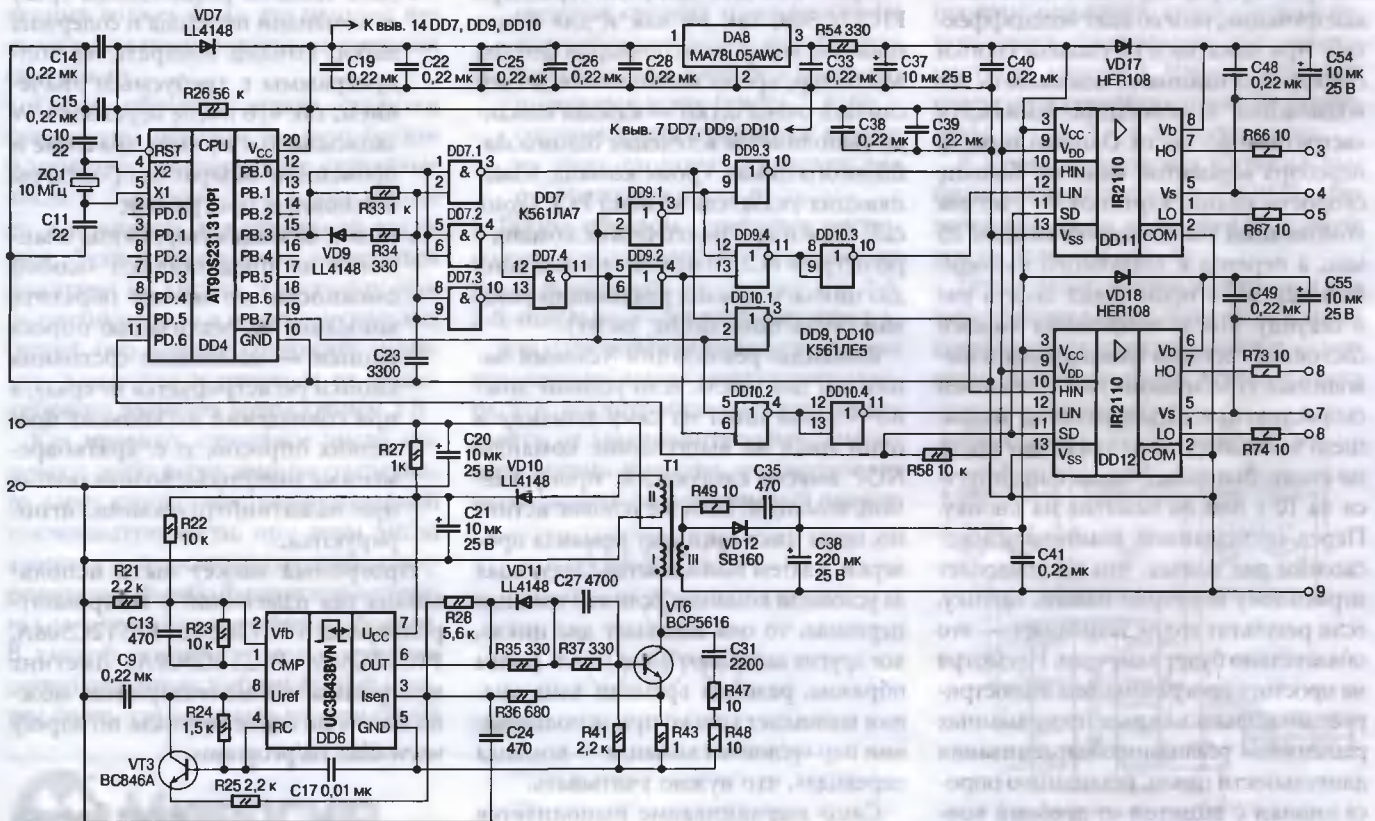


Таблица 1

; AT90S2313 Формирователь синуса с частотой ШИМ 20 кГц	ldi r20, 0xfc
; Выход ШИМ PB3 (вывод 15)	out DDRB, r20
; Переключение полуволн PB7 (вывод 19)	ldi r20, 0xf0
; Выход блокировки драйверов PD6 (вывод 11)	out PORTB, r20
.CSEG ; Расположить в FLASH памяти контроллера	ldi r20, 0x72
.INCLUDE "2313def.inc"	out DDRD, r20
.org 0	ldi r20, 0x3f
rjmp reset	out PORTD, r20
.DEF Step=r30 ; Счетчик адреса	; Прерывание INTO и INT1 по уровню лог. 0
.DEF Data=r0 ; Данные из таблицы	; (в данном случае выключено)
.DEF SSREG=r23	ldi r20, 0x00
.EQU Set_Tabl=16 ; Адрес начального значения в таблице	out MCUCR, r20
.EQU Offset=Set_Tabl<<1 ; Смещение адреса начала таблицы	ldi r20, 0x00
.EQU END_Tabl=Offset+196 ; Адрес последнего значения в таблице	out GIFR, r20
; Прерывание T/C1 по совпадению	; Режим работы таймера 1 - не инвертирующий ШИМ,
.org 0C1addr	; прерывание при переполнении и прерывание при совпадении.
rjmp TIM1_COMP	; Частота T/C равна 10 МГц.
; Прерывание T/C1 по переполнению	ldi r20, 0x00
.org 0VF1addr	out OCR1AH, r20
rjmp TIM1_OVF	ldi r20, 16
.CSEG	out OCR1AL, r20
.org 16	ldi r20, 0xc0
SinTab:	out TIMSK, r20
DB 5, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64	ldi r20, 0xb1
DB 67, 71, 75, 79, 83, 86, 90, 94, 98, 101, 105, 109, 112, 116, 119, 123	out TCCR1A, r20
DB 126, 130, 133, 136, 140, 143, 146, 150, 153, 156, 159, 162, 165, 168, 171, 174	ldi r20, 0x04
DB 177, 180, 183, 185, 188, 191, 193, 196, 198, 201, 203, 206, 208, 210, 212, 214	out PORTB, r20
DB 217, 219, 221, 223, 224, 226, 228, 230, 231, 233, 234, 236, 237, 239, 240, 241	WDR
DB 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 249, 250, 250, 251, 251, 252, 252, 252	ldi r20, 0x0D
DB 252, 252, 253, 252, 252, 252, 252, 251, 251, 250, 250, 249, 249, 248, 247	out WDTCR, r20
DB 246, 245, 244, 243, 242, 241, 240, 239, 237, 236, 234, 233, 231, 230, 228, 226	ldi r20, 0x01
DB 224, 223, 221, 219, 217, 214, 212, 210, 208, 206, 203, 201, 198, 196, 193, 191	out TCCR1B, r20 ; Включить таймер
DB 188, 185, 183, 180, 177, 174, 171, 168, 165, 162, 159, 156, 153, 150, 146, 143	cbi PORTD, 6 ; PD6=0
DB 140, 136, 133, 130, 126, 123, 119, 116, 112, 109, 105, 101, 98, 94, 90, 86	cbi PORTB, 3
DB 83, 79, 75, 71, 67, 64, 60, 56, 52, 48, 44, 40, 36, 32, 28, 24	sei
DB 20, 16, 12, 8, 5, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255	m1:
TIM1_COMP:	cpi Step, END_Tabl ; Перейти на m2, если указатель
in SSREG, SREG	breq m2 ; достиг конечного значения
lpm	rjmp m1
out OCR1AL, Data	m2:
out SREG, SSREG	c11
reti	wdr
TIM1_OVF:	ldi Step, Offset ; Установить адрес начала таблицы
in SSREG, SREG	sbic PORTB, 7 ; Если PB7=1, тогда PB7=0
inc Step	rjmp m3
out SREG, SSREG	bbls PORTB, 7 ; Если PB7=0, тогда PB7=1
reti	rjmp m4
rewvt:	m3:
clr r31	cbi PORTB, 7 ; PB7=0
ldi Step, Offset	sei
; установка указателя стека на максимальный адрес SRAM	rjmp m1
ldi r20, 0xdf	m4:
out SPL, r20	sbi PORTB, 7 ; PB7=1
; Настройка направления работы линий порта B и D.	sei
	rjmp m1

ром 0,56 мм. Второй наматывают обмотку III — четыре витка провода ПЭВТЛ-2 диаметром 0,28 мм, их необходимо равномерно расположить по сердечнику, чтобы получить максимальный коэффициент связи между

смежными обмотками. Между ними и поверх обмоток укладывают слой лакоткани для обеспечения электрической прочности изоляции. Последней наматывают обмотку I, которая содержит четыре витка жгутом из

16-ти проводов ПЭВТЛ-2 диаметром 0,8 мм. Скручивать провода между собой не допускается из-за уменьшения коэффициента связи и возрастания индуктивности рассеивания трансформатора. Проводники жгу-

тов необходимо «лентой» равномерно плотно расположить по сердечнику. После намотки следует сформировать среднюю точку обмотки I путем разделения проводников на две части по восемь проводников в каждой методом прозвонки и соединением начала одной обмотки с концом другой. Полученное соединение и будет средней точкой.

Трансформатор датчика тока T2 выполнен на кольце K20×12×6 из феррита марки M2000HM1, его вторичная обмотка содержит 150 витков провода ПЭВТЛ-2 диаметром 0,28 мм. Первичные обмотки следует сформировать из крайних выводов обмотки I трансформатора T3, пропустив их через сердечник трансформатора T2 с разных сторон.

Дроссели L1 и L2 выполнены на магнитопроводе марки Б36 из феррита M2000HM1. Обмотка дросселя L1 содержит 100 витков и намотана на каркасе проводом ПЭВТЛ-2 диаметром 0,56 мм. Обмотки дросселя L2 содержат 90 витков, их наматывают одновременно на каркасе проводом ПЭВТЛ-2 диаметром 0,56 мм. При сборке зазор между ферритовыми чашками обеих дросселей обеспечивают, вставляя прокладку толщиной 0,5 мм из немагнитного материала (например, стеклотекстолит, картон). Дроссели стягивают общей латунной шпилькой. К печатной плате дроссели

крепят скобой. Конструкция инвертора представлена на обложке ноябрьского номера журнала за 2005 г.

Программа микроконтроллера, написанная на ассемблере, приведена в табл. 1. Ее также можно найти на сайте журнала по адресу www.dian.ru/programs.

При настройке подборкой резистора R16 (рис. 4) устанавливают порог срабатывания монитора напряжения на включение преобразователя. Резистором R10 устанавливают необходимый гистерезис, нижний уровень напряжения которого не должен быть менее 10,5 В.

При включении тумблера SB1, если напряжение на аккумуляторной батарее превышает порог срабатывания, монитор напряжения дает команду на включение преобразователя. На выходе появляется переменное синусоидальное напряжение 220 В, 50 Гц. Подборкой резистора R68 (рис. 3) устанавливают выходное напряжение.

В авторском варианте преобразователь выполнен на элементах для поверхностного монтажа.

В предлагаемом устройстве можно применить резисторы С2-33Н. Конденсаторы С30, С32, С34, С42, С45, С61—С64 — пленочные, например, К73-17. Конденсаторы С43, С44, С46, С51—С53, С57 — керамические К15-5. Остальные неполярные конденсаторы — низковольтные керамические

кие, например, К10-17. Транзисторы VT1, VT3 — КТ3130, VT2 — КТ3129 с любым буквенным индексом. Транзисторы VT7—VT10 — КП787А, КП777А, IRF840. Транзисторы VT4, VT5 и VT7—VT10 устанавливают через слюдяные прокладки на ребристый теплоотвод полезной площадью рассеивания не менее 300 см². Микросхемы DA13, DA14 можно заменить на KP142EH19, DA8 — на KP1157EH502A. Вместо LL4148 можно использовать КД522Б. Вентилятор M1 предназначен для дополнительного охлаждения и уменьшения площади рассеивания радиаторов. За основу был использован недорогой вентилятор, применяемый для охлаждения видеоплаты компьютера с рабочим напряжением 12 В и током 80 мА. Электромагнитное реле К1 любое на рабочее напряжение 12 В и с допустимым током через контакты 40 А. В авторском варианте использовалось реле стартера автомобиля (113.3747-10).

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. Издание 2-е.* — М.: ДОДЭКА, 2000.

Сергей Калюжный,
г. Воронеж

Схемотехника построения гетеродинов селекторов телевизионных каналов на базе синтезаторов частоты

В статье рассматриваются подходы к построению гетеродинов селекторов телевизионных каналов МВ, ДМВ и спутникового диапазона на базе синтезаторов частоты фирм Motorola, Fujitsu и Philips в эволюции их развития.

Для перестройки частоты гетеродинов селекторов телевизионных каналов на смену синтезаторам напряжений пришли управляемые микропроцессорными контроллерами синтезаторы частоты. Замена синтезаторов напряжений на синтезаторы частоты обусловлена как требованиями повышения точности поддержания частоты гетеродина

селекторов телевизионных каналов, так и общим развитием технологии СВЧ, обеспечивающей возможность построения недорогих синтезаторов частоты с прямым измерением частоты гетеродина.

При построении первых синтезаторов частоты гетеродинов спутникового диапазона частот использовался набор серийных микросхем промышленного

применения для построения систем связи и СВЧ характеристикиграфов. На рис. 1 приведена схема построения гетеродина селектора каналов спутникового телевидения на базе набора микросхем фирм Motorola и Plessey на диапазон частот 1,2...2,2 ГГц. Гетеродин выполнен на транзисторе VT1, включенном по схеме с общим коллектором и последовательным колебательным контуром в цепи базы. К колебательному контуру через емкостный делитель напряжения на конденсаторах С12 и С13, уменьшающий влияние нагрузки на генератор, подключен вход делителя частоты DD3 фирмы Plessey, обеспечивающий деление частоты колебаний гетеродина на 512. Выходной сигнал частоты поступает на контакт 11 микропроцессорного контроллера DD2, осуществляющего сравнение по записанной в ПЗУ программе значения поделенной частоты с частотой принимаемого канала, частота несущей которого записана во flash ПЗУ DD1.

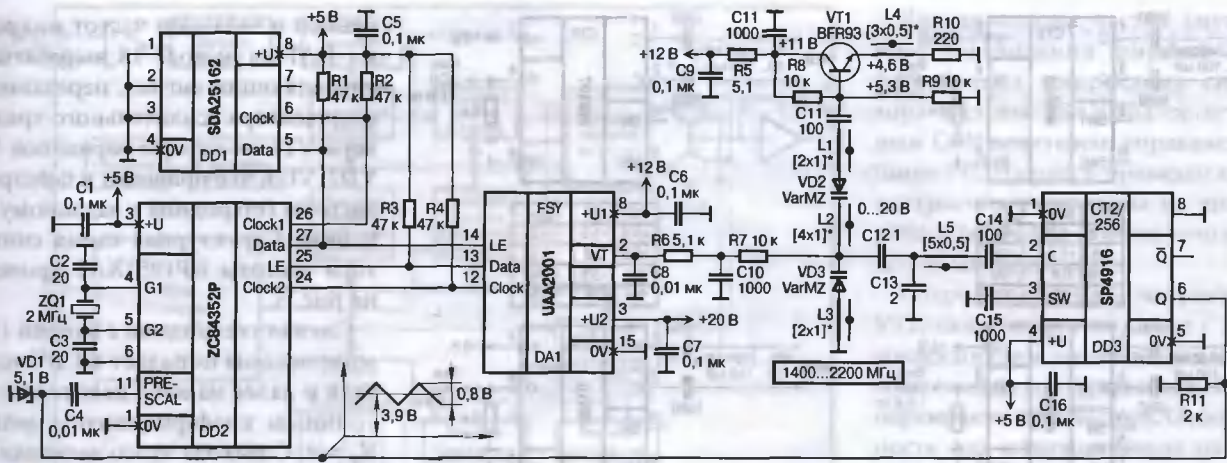


Рис. 1

Результат сравнения измеренной и хранящейся в памяти частот гетеродина по трехпроводной шине обмена с контактов 24, 25, 27 микропроцессора DD2 поступает на микросхему DA1, обеспечивающую вы-

ные микросхемы синтезаторов частоты. Примером построения такого синтезатора может служить микросхема MB87001A фирмы Fujitsu. Схема с ее использованием представлена на рис. 2.

коэффициентами деления частоты, позволяющими обеспечить построение гетеродинов ТВ и спутникового диапазонов.

Узел гетеродина, как и в предыдущем случае, построен на транзисто-

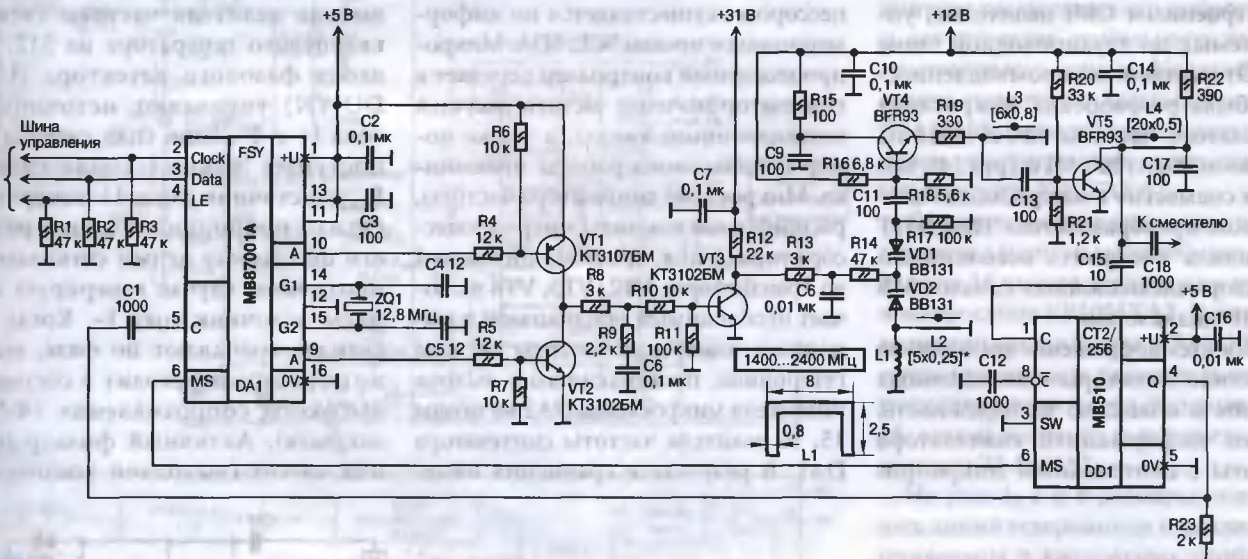


Рис. 2

работку управляющего напряжения смещения варикапов. Напряжение перестройки через ФНЧ на элементах C8, R6, C10, R7 поступает на катоды варикапов, обеспечивая изменение их емкости и частоты колебаний гетеродина. Недостатком данного варианта построения гетеродина, кроме некоторой громоздкости и как результат — невысокой надежности, является необходимость постоянной загрузки микропроцессора подстройкой частоты гетеродина, что увеличивает инерционность всей системы и ограничивает ее функциональные возможности.

При дальнейшем развитии схемотехники построения синтезаторов частоты гетеродинов были учтены недостатки первых синтезаторов и разработаны интегральные автоном-

В данном случае микросхема синтезатора DA1 выполняет измерение частоты гетеродина по входу С, осуществляет сравнение измеренной частоты с заданным значением, полученным по трехпроводной шине управления Clock, Data, LE, и вырабатывает управляющий сигнал по выходам 9 и 10 для подстройки частоты гетеродина. Микропроцессорный контроллер обращается к микросхеме синтезатора частоты лишь при необходимости перезаписи в память синтезатора нового значения несущей частоты канала. Однако вначале технология производства не позволяла на одном кристалле обеспечить интеграцию логической и СВЧ частей, в результате чего фирмой Fujitsu была разработана целая номенклатура делителей частоты (рис. 3) с программируемыми

ре, включенном по схеме с общим коллектором и последовательным колебательным контуром в цепи базы транзистора генератора. Отбор мощности из колебательного контура осуществляется за счет индуктивности связи L3 с усилением сигнала до необходимого уровня усилителем на транзисторе VT5. Усиленный сигнал одновременно поступает на вход С делителя частоты DD1 и на вход смесителя. В целом данное решение показало высокую надежность и работоспособность и в той или иной модификации применялось в ряде приемников спутникового телевидения.

Дальнейшим развитием синтезаторов частоты явилась разработка интегрированных однокристалльных микросхем синтезаторов частоты

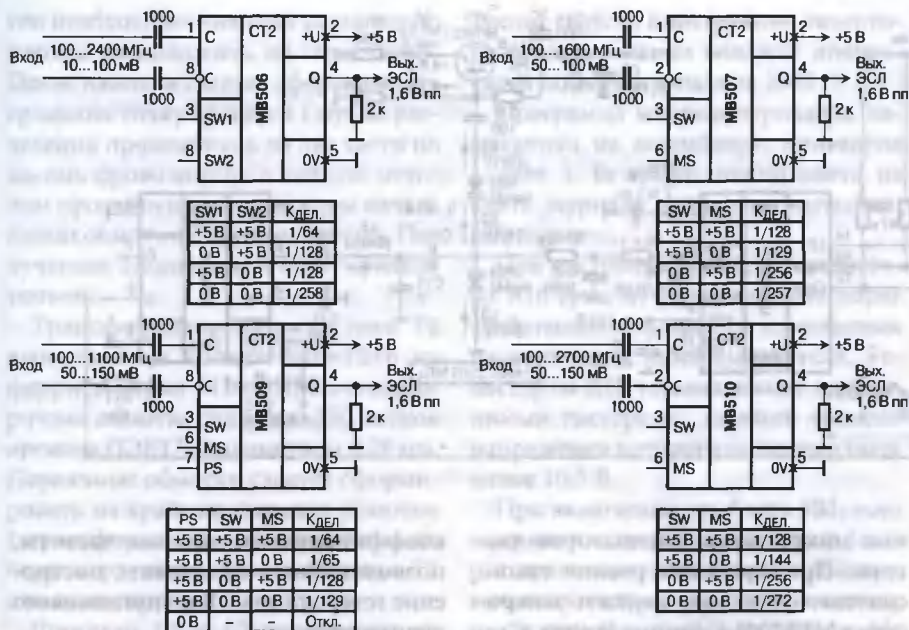


Рис. 3

со встроенным СВЧ делителем, управляемых по двухпроводной шине I²C. Отечественной промышленностью была разработана микросхема синтезатора частоты KP1051XA2 на диапазон 40...1200 МГц (рис. 4), которая совместно с микросхемой аналогового преобразователя TDA5331T позволила построить всеволновый селектор телевизионных каналов МВ и ДМВ диапазонов.

Такое схемное решение значительно упростило селекторы телевизионных каналов и повысило их надежность. Обмен информацией синтезатора частоты с центральным микропро-

цессором осуществляется по информационным шинам SCL, SDA. Микропроцессорный контроллер передает в синтезатор значение частоты несущей телевизионного канала, а также номер поддиапазона работы приемника. Микросхема синтезатора частоты, расшифровав команды микропроцессора управления, при помощи ключей на транзисторах VT2, VT3, VT4 включает необходимый поддиапазон и выполняет измерение частоты сигнала гетеродина, поступающего с выхода усилителя микросхемы DA2 на входы 15, 16 делителя частоты синтезатора DA1. В результате сравнения изме-

ренной и заданной частот микросхема DA1 на выходе 18 вырабатывает управляющий сигнал, передаваемый с коллектора усилительного транзистора VT1 на катоды варикапов VD1, VD2, VD3, что приводит к подстройке частоты гетеродина к заданному значению. Структурная схема синтезатора частоты KP1051XA2 приведена на рис. 5.

Сигнал гетеродина с входов 15, 16 микросхемы попадает в СВЧ усилитель и далее на вход делителя с постоянным коэффициентом деления $K_p = 8$. С выхода этого делителя сигнал поступает на вход программируемого делителя с коэффициентом $K_c = 256...32767$. Сигнал поделенной с заданным коэффициентом счета частоты гетеродина F_{CH} сравнивается в цифровом частотно-фазовом детекторе с сигналом опорной частоты $F_{REF} = 7,8125$ кГц, поступающим с выхода делителя частоты сигнала кварцевого генератора на 512. Два входа фазового детектора (UP и DOWN) управляют источниками тока I+ и I-. Если спад сигнала F_{CH} поступает раньше спада сигнала F_{REF} источник тока I+ генерирует сигнал пропорциональный разности фаз между этими сигналами, в противном случае генерирует сигналы источник тока I-. Когда оба сигнала совпадают по фазе, выход интегратора переходит в состояние высокого сопротивления (ФАПЧ закрыта). Активный фильтр нижних частот (выходной усилитель и

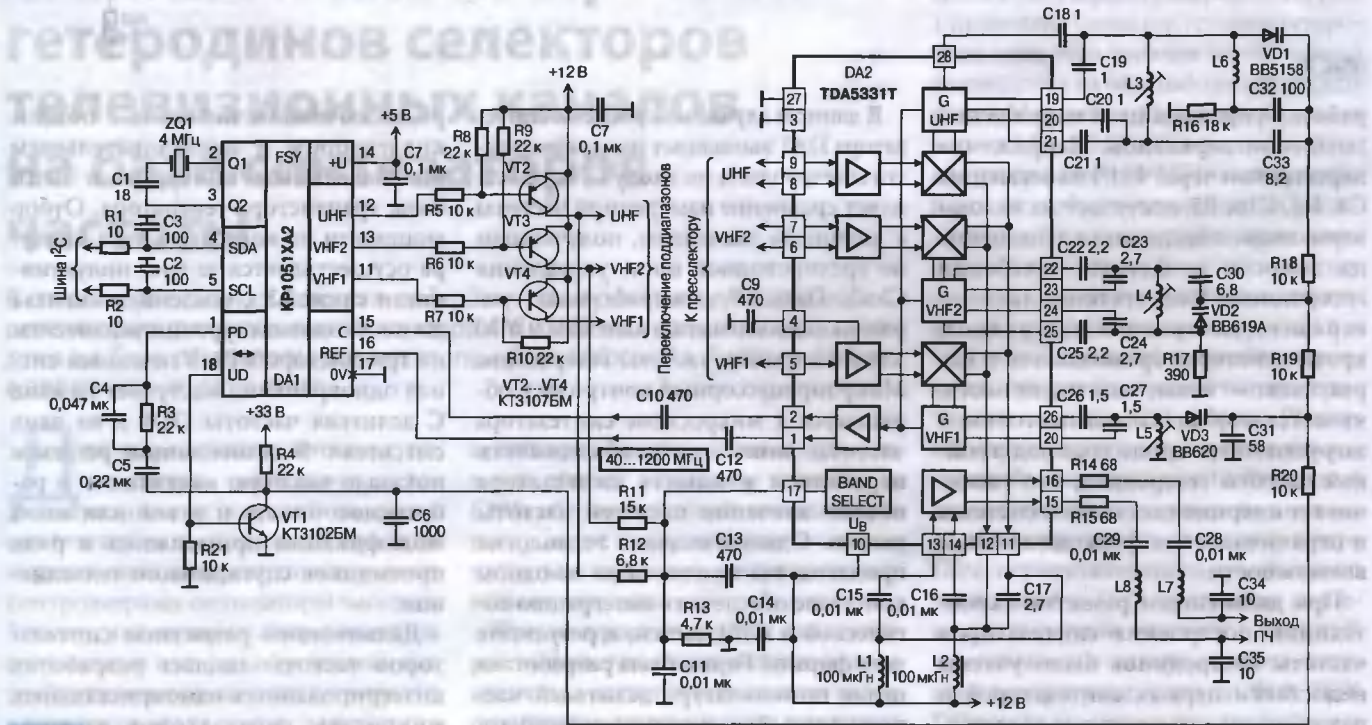


Рис. 4

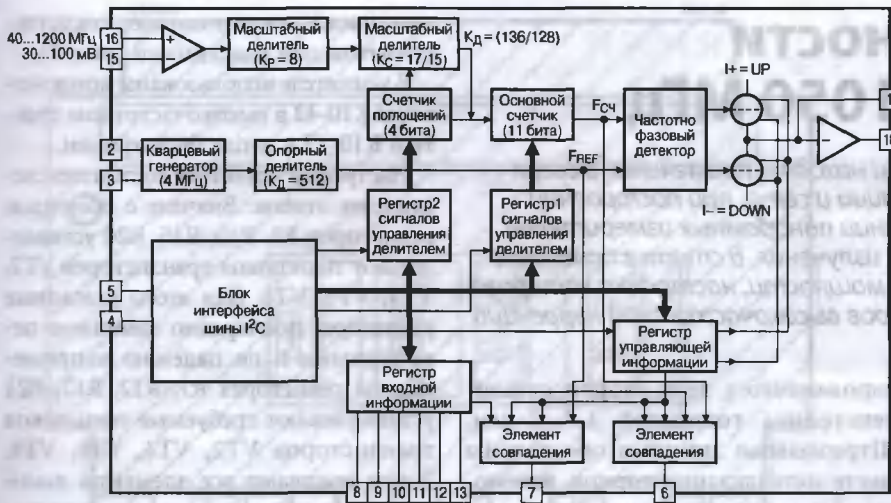


Рис. 5

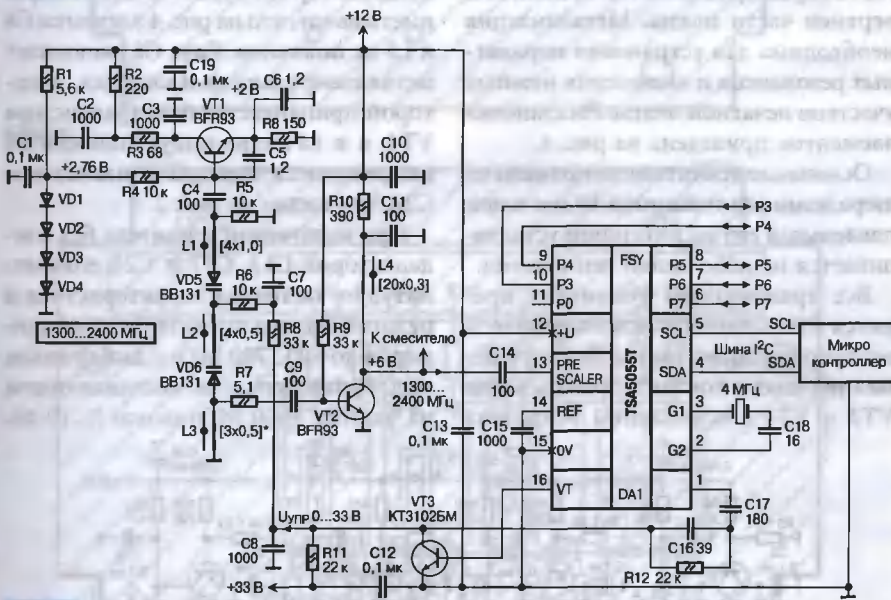


Рис. 6

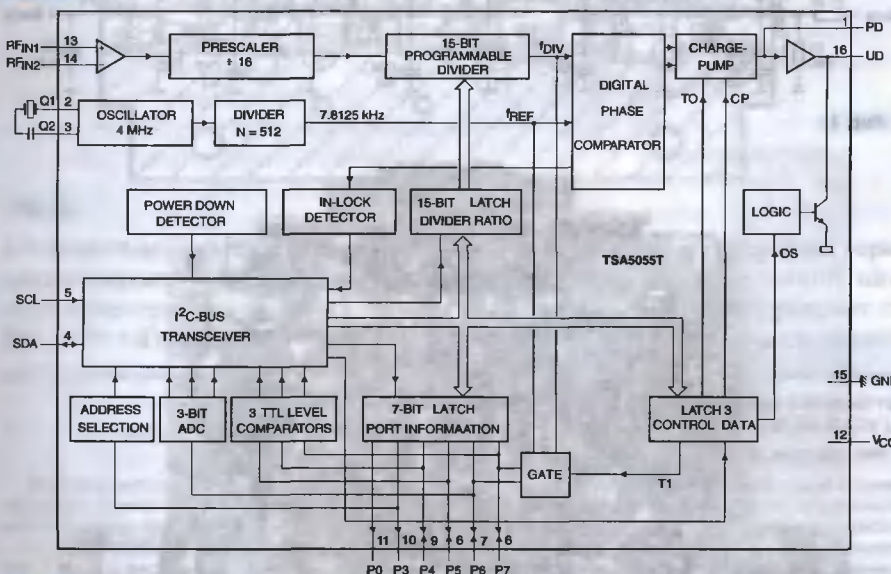


Рис. 7

внешняя RC-цепь, подключенная к выводам 1 и 18 микросхемы) интегрируют импульсы тока и вырабатывают управляющее воздействие в виде напряжения смещения,

подаваемого на катоды варикапов гетеродина. Выходной регистр используется, как уже отмечалось, для управления ключами переключения поддиапазонов работы селектора.

Для диапазона частот спутникового телевидения фирмой Philips разработана микросхема синтезатора частоты TSA5055T со встроенным СВЧ делителем, управляемая по шине I²C. На рис. 6 приведен пример построения гетеродина на диапазон 1300...2400 МГц с использованием данной микросхемы.

Гетеродин выполнен на транзисторе VT1, включенном по схеме с общим коллектором и последовательным колебательным контуром в цепи базы генераторного транзистора. Отбор мощности для подачи сигнала на входы смесителя и делителя синтезатора частоты осуществляется с выхода дополнительного усилителя на транзисторе VT2, получающего входной сигнал от индуктивного делителя напряжения на элементах L1, L2, L3 резонансного контура гетеродина. Частичное подключение нагрузки к колебательному контуру увеличивает его добротность и, как результат, стабильность частоты генерируемого сигнала. На рис. 7 приведена структурная схема синтезатора TSA5055T, практически идентичная ранее рассмотренной схеме синтезатора частоты KP1051XA2.

Отличие заключается лишь в применении входного масштабного делителя на 16 вместо делителя на восемь в микросхеме KP1051XA2. В этом отношении микросхема KP1051XA2 с предварительным делителем на два, подключенным перед входами 15 и 16, может полностью заменить микросхему TSA5055T.

На рис. 1, 2 и 6 размеры полосковых линий гетеродинов и усилителей приведены в квадратных скобках и обозначают длину полосковой линии и ее ширину для стеклотекстолитовых подложек толщиной 1 мм из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита с малыми потерями на СВЧ.

Владимир Жук,
г. Минск, Беларусь

Дополнение

На сайте журнала по адресу www.dian.ru/programs можно найти рисунок с конструкцией трансформаторов к статье «Рефлектометр с дифференциальным мостом на диапазон 1...1500 МГц», автор В. Жук («Схемотехника», 2005, № 10, с. 41, 42).

Усилитель мощности диапазона 10...1050 МГц

Многооктавные усилители мощности находят применение в сверхширокополосных системах радиолокации и связи, при построении перестраиваемых генераторов, создании панорамных измерителей импедансов и модуляторов лазерного излучения. В статье приведено описание многооктавного усилителя мощности, настройка которого сводится к подбору трех конденсаторов высокочастотной коррекции.

Технические характеристики усилителя

Полоса рабочих частот, МГц	10...1050
Максимальная выходная мощность, Вт	1,3...1,8
Коэффициент усиления, дБ	41
Неравномерность АЧХ, дБ	±1,5
Сопротивление генератора и нагрузки, Ом	50
Потребляемый ток, мА	640
Напряжение питания, В	+15
Габаритные размеры, мм	100×85×30 мм

Рассматриваемый усилитель является модификацией подобных устройств, описанных в [1, 2]. Его достоинства — простота изготовления и настройки, большой коэффициент усиления при малом числе каскадов, использование однополярного питания.

Усилитель (рис. 1) содержит четыре каскада усиления на транзисторах VT2, VT4, VT6, VT8, включенных по схеме с общим эмиттером.

Все каскады усилителя работают в режиме класса А с фиксированной рабочей точкой и токами покоя транзисторов VT2, VT4, VT6, VT8, равными 0,08; 0,12; 0,2; и 0,3 А соответственно. Стабилизация токов покоя каскадов достигается благодаря применению схемы активной коллекторной термостабилизации [3]. Токи покоя устанавливаются подборкой сопротивлений резисторов R5, R10, R15, R20. Уменьшение сопротивлений указанных резисторов приводит к уменьшению токов покоя и наоборот.

Во всех каскадах усилителя использованы реактивные межкаскадные корректирующие цепи третьего порядка [4], где в качестве одного из элементов корректирующей цепи используется индуктивная составляющая входного сопротивления транзистора [4, 5].

Внешний вид усилителя приведен на рис. 2.

Печатная плата (рис. 3) размерами 100×85 мм изготавливается из фоль-

гированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Штриховыми линиями обозначены места металлизации торцов, что может быть сделано с помощью фольги, которая припаивается к нижней и верхней части платы. Металлизация необходима для устранения паразитных резонансов и заземления нужных участков печатной платы. Расстановка элементов приведена на рис. 4.

Основание усилителя выполнено из дюралюминия толщиной 10 мм и при длительной его эксплуатации устанавливается на небольшой теплоотвод.

Все транзисторы усилителя крепятся к основанию с использованием теплопроводящей пасты. Для улучшения теплового контакта транзисторов VT2 и VT4 с основанием усилителя

они прижаты к основанию стеклотекстолитовыми пластинами (рис. 2).

В усилителе использованы конденсаторы К10-42 в высокочастотном тракте и К10-17 в цепях фильтрации.

Настройка усилителя состоит из следующих этапов. Вначале с помощью резисторов R5, R10, R15, R20 устанавливаются токи покоя транзисторов VT2, VT4, VT6, VT8. Для этого указанные резисторы поочередно заменяют переменными и по падению напряжения на резисторах R7, R12, R17, R21 устанавливают требуемые токи покоя транзисторов VT2, VT4, VT6, VT8. Затем впаивают все элементы высокочастотного тракта, за исключением конденсаторов C13, C17 и C21. Следует иметь в виду, что на рис. 4 элементы C8 и L5 не показаны. Роль C8 выполняет металлизированная площадка, к которой припаивается база транзистора VT4, а в качестве индуктивности L5 используются выводы конденсатора C20, что видно на рис. 2.

При включении усилителя без конденсаторов C13, C17 и C21 его амплитудно-частотная характеристика в режиме малого сигнала будет равномерна до 600...700 МГц с дальнейшим медленным спадом, составляющим на частоте 1000 МГц около 7...10 дБ.

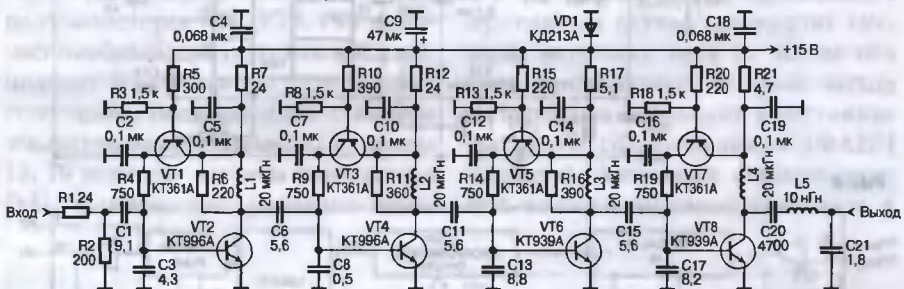


Рис. 1

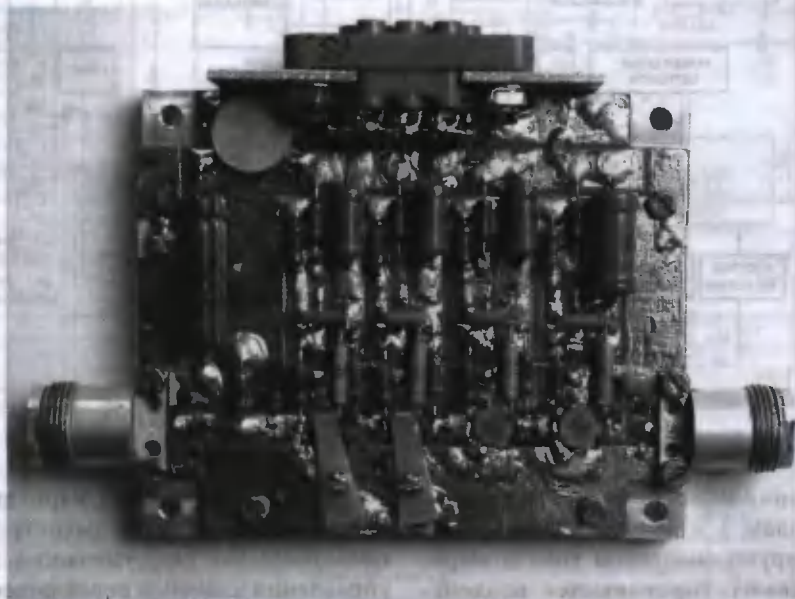


Рис. 2

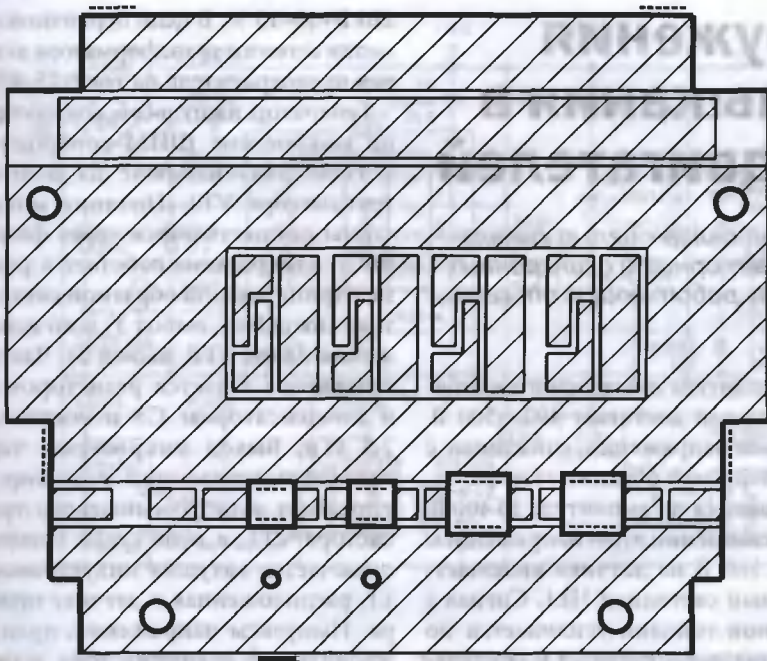


Рис. 2

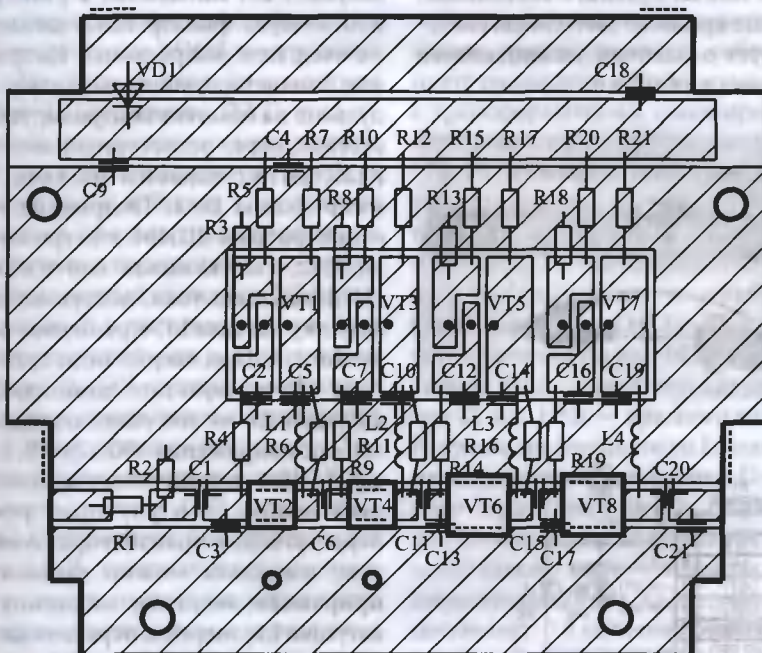


Рис. 4

Подборкой конденсаторов С13 и С17 следует выровнять амплитудно-частотную характеристику в области частот 700...1000 МГц.

Выходная емкость транзистора VT8 оказывается включенной параллельно нагрузке, что приводит к уменьшению максимального значе-

ния выходной мощности усилителя с ростом частоты. Для устранения указанного недостатка на выходе усилителя установлены элементы L5 и C21, образующие совместно с выходной емкостью транзистора VT8 фильтр нижних частот [6]. Поэтому с помощью подключения и изменения в небольших пределах значения емкости конденсатора C21 следует добиться выравнивания максимальной величины выходной мощности усилителя в рабочем диапазоне частот.

И, наконец, изменяя токи покоя транзисторов усилителя, необходимо найти такие их значения, при которых усилитель отдает в нагрузку требуемую мощность при минимуме потребления от источника питания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. А. Титов. Сверхширокополосный усилитель. — Радиоаматор, 2004, № 8, с. 51, 52.
2. А. А. Титов. Широкополосный усилитель мощности от 1 до 2100 МГц. — Радиохобби, 2005, № 1, с. 37—39.
3. А. А. Титов. Расчет схемы активной коллекторной термостабилизации и ее использование в усилителях с автоматической регулировкой потребляемого тока. — Электронная техника. Серия СВЧ-техника, 2001, № 2, с. 26—30.
4. А. А. Титов, В. Н. Ильющенко. Транзисторные усилители мощности с повышенными энергетическими характеристиками. — Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2004.
5. В. М. Петухов. Транзисторы и их зарубежные аналоги. Справочник в 4-х томах. — М.: ИП РадиоСофт, 2000.
6. О. В. Алексеев, А. А. Головкин и др. Широкополосные радиопередающие устройства. — М.: Связь, 1978.

Александр Титов,
г. Томск

Предлагаем организациям и физическим лицам оформить подписку на книгу «Х51-СОВМЕСТИМЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ SILICON LABORATORIES (CYGNAL)»

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

Второе расширенное издание настоящей книги предназначено для ознакомления читателей с полным спектром х51-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 х51-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.

Пример заполнения квитанции для оплаты через банк см. на стр. 56.

Прибор для обнаружения межвиткового замыкания в обмотках электродвигателей

Данный прибор был сконструирован и изготовлен с целью выявления дефектов в обмотках статоров коллекторных и асинхронных электродвигателей мощностью до 2,5 кВт, работающих от сети напряжением 220 В частотой 50 Гц,

Принцип обнаружения межвиткового замыкания состоит в следующем — вблизи контролируемой обмотки помещают источник импульсного электромагнитного поля звуковой частоты и на небольшом расстоянии от него — приемник электромагнитных колебаний. Приемник и источник разделены между собой электромагнитным экраном. При отсутствии в контролируемой обмотке межвиткового замыкания сигнал переменного электромагнитного поля, наводимый в приемнике, невелик. При наличии межвиткового замыкания в контролируемой обмотке появляется переменный электрический ток, который создает собственное электромагнитное поле. Это электромагнитное поле легко обнаруживается приемником.

Необходимые для создания импульсного электромагнитного поля большой амплитуды и обнаружения электромагнитного поля элементы установлены в датчике, внешний вид которого показан на рис. 1. Датчик состоит из источника электромагнитных колебаний, в качестве которого служит катушка 1, намотанная на U-образном стальном незамкнутом сердечнике. Катушка с сердечником закреплена на торце винипластовой трубки 3. Приемником электромагнитного поля служит магнитная головка 7, помещенная на расстоянии 20 мм от катушки 1 и отделенная от нее электромагнитным экраном 2. Зазор магнитной головки расположен по оси паза U-образной катушки. Датчик межвиткового замыкания с помощью кабеля 5, заканчивающегося девятиконтактным разъемом 6, подключается к основному блоку прибора.

Принципиальная схема датчика изображена на рис. 2. На датчике размещены кнопка включения SB1, катушка на U-образном сердечнике L1, магнитная головка BS1, светодиод HL1 зеленого цвета и светодиод HL2 красного цвета. На катушку подаются импульсы тока частотой 2,5 кГц, при

этом амплитуда импульсного напряжения на ней достигает 400...500 В. Импульсы напряжения, снимаемые с контролируемой обмотки статора, ограничиваются по амплитуде до 400 В. При превышении этим напряжением уровня 160 В на датчике включается зеленый светодиод HL1. Сигнал с магнитной головки усиливается по амплитуде, детектируется и управляет включением красного светодиода. Загорание красного светодиода свидетельствует о наличии межвиткового замыкания в обмотке.

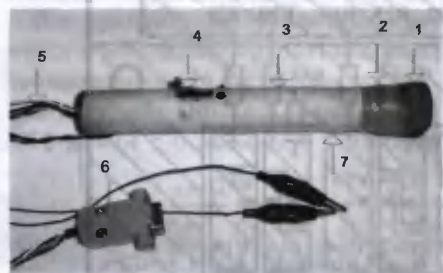


Рис. 1

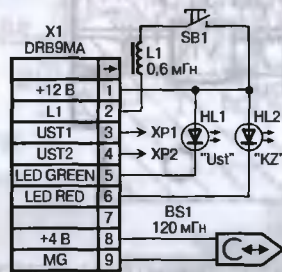


Рис. 2

Кроме описанного выше датчика, прибор содержит блок питания, генератор импульсов тока частотой 2,5 кГц, выпрямитель импульсов напряжения, снимаемого с обмотки статора, компаратора, усилителя напряжения магнитной головки и детектора (рис. 3).

Блок питания состоит из сетевого трансформатора Т1, диодного моста VD1—VD4 и оксидного конденсатора C5. Он обеспечивает напряжение +10...14 В при токе нагрузки 0,1...0,3 А, если напряжение питающей электросети составляет

220 В+10–15 %. В цепь первичной обмотки сетевого трансформатора включен предохранитель на ток 0,25 А.

Генератор импульсов тока собран на микросхеме ШИМ-контроллера DA1 UC3843 и ключе на полевом транзисторе VT1. Питание микросхемы осуществляется через фильтр R6C7. Микросхема работает в режиме отрицательной обратной связи по току (вход I_{sen}, вывод 3) и по напряжению (вход V_{FB}, вывод 2). Частота генератора задается резистором R4 и конденсатором C3 и составляет 2,5 кГц. Выход микросхемы через токоограничивающий резистор R8 управляет затвором полевого транзистора VT1, в цепь стока которого включается катушка индуктивности L1, расположенная в датчике прибора. Импульсы напряжения, пропорциональные величине тока в цепи катушки L1, снимаются с резистора R10 и через фильтр R5C4 подаются на вход I_{sen} микросхемы. Напряжение, соответствующее амплитуде импульсов на обмотке контролируемого статора, через резисторный делитель R12R13R1R2 подается на вход V_{FB} микросхемы DA1. Подробное описание работы ШИМ контроллеров UC3842, UC3843 можно найти в книге [1]. Импульсы тока, поступающие в катушку датчика L1, ограничены величиной 1 А. При закрывании транзистора VT1 в результате самоиндукции катушки L1 на его стоке появляется выброс напряжения 400...500 В. Цепь C8R11VD4 ограничивает амплитуду этих выбросов и улучшает режим переключения транзистора. Амплитуду импульса можно вычислить, приравняв энергию, запасенную в катушке L1, энергии, перекачиваемой в C8, а именно: $L I^2 / 2 = C U^2 / 2$, отсюда $U = I(L/C)^{1/2}$.

При внесении датчика прибора внутрь статора электрической машины импульсы тока, протекающие в катушке индуктивности L1, по закону взаимной индукции наводят в обмотке контролируемого статора ЭДС. Эта ЭДС будет определяться импульсами напряжения в катушке L1, коэффициентом трансформации (соотношением чисел витков обмоток статора и катушки L1), а также коэффициентом взаимной индукции между обмоткой статора и катушкой. Для контроля наведенной в обмотке статора ЭДС выводы обмотки подключают к выпрямителю с удвоением VD5VD6C10C11. Через делитель R12R13R1R2 и фильтр C1 выпрямленное напряжение поступает

Еще раз об изготовлении печатных плат с помощью лазерного принтера

При изготовлении небольших партий печатных плат широкое распространение получил метод переноса рисунка, напечатанного на лазерном принтере, на фольгированный стеклотекстолит при помощи утюга. В данной публикации описаны новые решения данной задачи.

Об использовании лазерного принтера и утюга неоднократно писалось в печати. Обширное исследование по этому вопросу можно найти в статье [1]. Автор статьи провел много экспериментов по данной технологии. В результате этих экспериментов, по мнению автора, было найдено несколько новых удачных технологических решений.

- Предварительный прогрев рисунка на бумаге, приводящий к плавлению тонера и закрыванию всех пор.
- Быстрая предварительная просушка клея на плате и на бумаге, исключая появление газовых пузырей.
- Приклеивание тонера утюгом через плату, используя всю ее поверхность, а не со стороны бумаги ребром утюга.
- Возможность существенно повысить плотность тонера на отпечатке путем втирания сухого порошка тонера в отпечаток.
- Использование кальки вместо бумаги.

Есть и еще ряд других, не столь важных технологических приемов. В результате удастся с успехом переносить на плату мелкие детали, например, надписи мелким шрифтом. Возможно, читатели смогут воспользоваться некоторыми приемами автора при изготовлении печатных плат. Приводим далее подробное описание всего технологического цикла.

Разводка платы на компьютере может быть осуществлена с помощью любого подходящего графического редактора. Для несложных схем автор часто использует и рекомендует для неопытных пользователей совсем простые редакторы, например, DCCAD или S13RUS. Полученный рисунок в зеркальном отображении распечатывается лазерным принтером на кальку или тонкой глянцевой бумаге. Некоторые принтеры сминают тонкую бумагу. В этом случае лист

тонкой бумаги или кальки по верхнему краю подклеивают к обычному листу бумаги для лазерного принтера. При печати на принтере устанавливают опцию печати с максимальной плотностью тонера, все режимы экономии тонера должны быть выключены. Поверхность платы, на которую будет переноситься рисунок, следует тщательно очистить от загрязнений и окислов. Очень хороший результат дает протирание поверхности платы концентрированной соляной кислотой, мгновенно удаляющей окислы и многие загрязнения. Естественно, после этой процедуры нужно тщательно промыть плату водой, быстро вытереть и просушить. Далее надо включить электроутюг с терморегулятором и установить на нем температуру около 140 °С. Для контроля можно воспользоваться тем, что температура плавления сахара как раз равна 140 °С. Кальку или бумагу с рисунком помещают на поверхность нагретого утюга тонером наружу и прогревают до тех пор, пока тонер не расплавится. При этом тонер станет блестящим, так как исчезнет его пористость. Одновременно слой тонера становится непроницаемым для травильного раствора. Далее, после остывания поверхность рисунка и платы протирают ватным тампоном, смоченным в растворе, состоящем из одной части клея БФ2 или БФ6 и двух частей спирта. Клей имеет хорошую адгезию к фольге и препятствует расплыванию тонера при последующем нагревании. Кальку с рисунком прижимают к поверхности горячего утюга и сушат в течение 5 с. Плату на утюге сушат 10 с. После остывания плату и рисунок совмещают, кладут на раскрытую книгу калькой к книге, а платой наверх, и прижимают нагретый утюг на время около одной минуты. После остывания производят осмотр поверхности. Если все сделано правильно, калька прилипнет по всей поверхности платы. В случае неудачи будут заметны места

вспучивания кальки. В этом случае необходимо процесс прогрева повторить. Далее надо намочить плату с прилипшим к ней рисунком в воде в течение нескольких минут. После этого пальцами кальку стирают так, как это делается с переводными картинками. На поверхности платы остается необходимый рисунок. Поверхность рисунка необходимо промыть тампоном со спиртом с целью удаления клея БФ-2 с поверхности, подлежащей травлению. Полученный рисунок может содержать дефекты, связанные с попаданием частиц мусора или отслаиванием тонера вследствие образования под тонером газовых пузырей. Число дефектов обычно незначительно и они легко устраняются вручную с помощью пера и какого-либо лака. Для плат с односторонним фольгированием перед последующим травлением поверхность платы, не подлежащая травлению, обрабатывается каким-либо водоотталкивающим средством. Возможно применение средств автокосметики, бесцветного сапожного крема, раствора пчелиного воска или парафина. Плата помещается на поверхность травильного раствора и должна плавать на нем. Дело в том, что продукты травления имеют большую плотность, чем плотность травильного раствора, и они тонут. Если же плату поместить на дно травильной ванны, у поверхности платы скапливается избыточное количество продуктов травления, процесс травления становится намного более длительным.

Может оказаться, что лазерный принтер не может дать достаточной плотности тонера. В этом случае плотность можно повысить втиранием тонера в отпечаток с помощью ватного тампона. Поверхность тонера на отпечатке имеет пористый характер и в эти поры можно дополнительно втереть тонер. Поверхность же кальки или глянцевой бумаги не имеет пор. После втирания избыточный тонер необходимо удалить чистым тампоном.

ЛИТЕРАТУРА:

1. О. Федоров. О технологии «Лазерного утюга». — Схемотехника, 2004, № 5, с. 43—45.

Генри Петин,
г. Ростов-на-Дону

Окончание. Начало — № 11/2005

Введение в MEMS-технологии

Твердотельные микротрансформаторы часто называют также пьезотрансформаторами. В настоящее время использование этих элементов только развивается. Одним из перспективных направлений является их применение в бытовых и производственных газонаполненных осветительных приборах в качестве резонансных DC-AC конвертеров. Кроме того, на рынке уже появились современные устройства, которые используют не традиционные однослойные (Rosen Type), а многослойные пьезотрансформаторы. Примерами этого могут служить ЖК дисплеи с обратной подсветкой (The liquid crystal display back light) и системы управления холодным катодом флуоресцентного освещения (Driving cold cathode fluorescent lightning). В качестве достоинств многослойных пьезотрансформаторов по сравнению с традиционными можно отметить их малые размеры (особенно толщину) и меньшее потребление энергии. Однако для современных многослойных трансформаторов, которые появились на рынке, определяющими факторами по-прежнему являются цена и размеры, над снижением которых активно работают производители. Существует также большая вероятность использования пьезотрансформаторов в перспективных телевизионных и компьютерных дисплеях. Уже отработаны прототипы таких приборов, которые получили название ПЭД — полевые эмиссионные дисплеи (FED — Field Emission Display). Это плоские панельные дисплеи, имеющие более высокую разрешающую способность и четкость изображения по сравнению с современными. Однако уже сейчас разрабатывается новое поколение экранов с мерцающим изображением (Flicker Free Image Screen), для питания которых также предусматривается использование многослойных пьезокерамических трансформаторов. Рынок телевизионной и компьютерной техники изумляет своими новинками и заставляет производителей пьезокерамических элементов интенсифицировать исследования и разработки в данной области [17].

Микрофлюидные (микрокапиллярные) приборы — микронасосы, микроклапаны, микродозаторы. Это

направление объединяет очень большое число научных и инженерных разработок, связанных с созданием пневматических клапанов, мембранных насосов, химических реакторов, датчиков давления и потока. К областям применения таких изделий следует, в первую очередь, отнести медицинскую, биологическую, фармацевтическую и химическую отрасли промышленности. Миниатюризация, достигаемая за счет использования приборов MEMS, увеличивает мобильность, уменьшает стоимость, повышает точность измерений, уменьшает число необходимых для измерений химических или биологических образцов, и также уменьшает длительность измерений.

Одним из примеров микрофлюидных приборов является микронасос (FhG-IFT). Он создан лидером в области разработки этих изделий — исследовательским центром IFT в Мюнхене. Суть прибора заключается в том, что тонкая пьезокерамическая мембрана присоединена к тонкой кремниевой мембране. Между ними проложен микрокапиллярный канал, имеющий вход и выход, в канале находится нагнетаемое вещество. При подаче на пьезокерамическую пластину определенной частоты и амплитуды осуществляется продвижение нагнетаемого вещества по микрокапиллярному каналу от входа к выходу.

Другой прибор этой же фирмы — микродозатор (FhG-IFT). Его устройство похоже на микронасос с той лишь разницей, что микрокапиллярный канал не имеет входа, а нагнетаемое вещество (лекарственное или наркотическое) помещается в канал в процессе изготовления. Прибор предназначен для высокоточного дозирования лекарственного вещества в ответ на один из типов условий, например, команду микроконтроллера, повышение температуры, давления и т. п.

К этой же области относится и прибор — импедансочувствительный биодатчик (ИМЕС). Биотехнический датчик представляет собой две встречные гребенки, вставленные друг в друга, с поданным на них напряжением и микрокапиллярным зазором между ними, в котором находится исследуемое вещество. Датчик

реагирует на появление определенных антигенов и ДНК.

Также представляет интерес ряд перспективных датчиков ISFET (TIMA, IFT, MESA). Датчик представляет собой полевую транзистор или сложную полевую структуру, у которой в области затвора находится ионочувствительный слой, управляющий затвором. Датчик может обнаружить наличие в окружающей среде определенных ионов в заданной концентрации.

Кроме перечисленных выше существует еще около 200 различных приборов MEMS, предназначенных для изучения реакции полимеразы (PCR), синтеза и идентификации ДНК (DNA), создания туннельных микроскопов (STMs), обнаружения опасных химических и биологических агентов в биосистемах и т. п. [5, 8—13].

Радиочастотные элементы — катушки индуктивности и подстроечные конденсаторы, называемые также приборами RF-MEMS (Radio Frequency MEMS — радиочастотные MEMS). За громким названием скрывается достаточно простая и очевидная идея. Известно, что в радиочастотных цепях широко используются индуктивные элементы и конденсаторы переменной емкости (подстроечные), которые в традиционных интегральных приборах заменяются на плоские (поверхностные) катушки и диодные конденсаторы (варикапы). Технологии MEMS позволяют изготавливать объемные катушки индуктивности и микромеханические подстроечные конденсаторы. Это позволяет улучшить качество аппаратуры связи, снизить потребляемую мощность и стоимость изделий.

Сверхвысокочастотные (СВЧ) элементы MEMS — само это словосочетание казалось фантастикой до недавнего времени. Однако современные требования снижения размеров и веса устройств СВЧ, расширения их динамического диапазона, уменьшения потребляемой мощности и стоимости, наращивания их интеграции и функциональных возможностей при росте рабочих частот подталкивают разработчиков к созданию новых компонентов и поиску их оптимальных архитектур [27]. Все эти качества крайне необходимы для широкого спектра приложений, например, в мобильных телефонах, устройствах беспроводного доступа к сети Интернет, для электронной торговли, в системах передачи данных на базе стандарта Bluetooth и устройствах позиционирования на местности, системах GPS. Пока можно с уверенностью

сказать, что только технология MEMS может удовлетворить всем перечисленным требованиям — обеспечить более широкие диапазоны рабочих частот; почти полностью отказаться от внешних дискретных компонентов, благодаря чему снижаются потери в проводниках; иметь более высокую технологичность производства за счет использования планарного процесса, а также его совместимости с существующими технологическими процессами изготовления цифровых и СВЧ монолитных интегральных схем (ММИС).

Микрозеркала — миниатюрные отклоняющие системы. Свойства некоторых пьезоэлектрических устройств MEMS осуществлять прецизионные сдвиги своих отдельных поверхностей под воздействием электрического напряжения (поля) привели к идее создания миниатюрных зеркальных отклоняющих систем для различных лазерных микросистем, например, специальных считывающих систем, аналогов DVD, голографических записывающих и воспроизводящих систем и т. п.

Радиочастотные и СВЧ клапаны также весьма перспективны и в настоящее время в этом направлении ведутся весьма интенсивные исследования [20—30]. Ожидается, что технология MEMS позволит получить встраиваемые в кристалл коммутаторы сигналов с нулевым потреблением в состоянии покоя, мощностью переключения на уровне единиц нДж и напряжением срабатывания менее 5 В. На сегодняшний день проработано несколько принципов создания клапанов. Электростатический принцип заключается в том, что положительные и/или отрицательные заряды, наводимые приложенным к различным элементам объемной структуры напряжением, вызывают кулоновские силы, выполняющие перемещение коммутирующего элемента. При использовании пьезоэлектрического принципа приложенное к отдельным элементам объемной структуры напряжение вызывает изменение их физических размеров, за счет чего, в свою очередь, происходит коммутация. При тепловом принципе коммутации протекающий через отдельные элементы объемной структуры ток вызывает их нагревание, изменяющее физические размеры, за счет чего происходит коммутация. Следующий принцип — магнитный, при котором коммутация выполняется за счет магнитных сил, возникающих при протекании тока через определенные элементы объемной

структуры. Еще существует переключающий принцип на основе сплавов с памятью формы. При этом коммутация происходит благодаря свойству некоторых материалов, деформированных при низкой температуре, восстанавливать при нагревании изначальную форму. Из всего этого разнообразия исполнительных механизмов наиболее часто встречающимся является электростатический. Это обусловлено тем, что для его получения наилучшим образом подходит поверхностная микромеханическая обработка, совместимая с существующими технологиями изготовления монолитных интегральных схем [27].

Кроме радиочастотных и СВЧ MEMS клапанов широкое распространение получили так называемые **оптические клапаны**, в которых путь оптическому излучению, как правило лазерному, механически перекрывают элементы прибора, передвигающиеся за счет тех же механизмов, что и используются, например, в актюаторах.

Еще одним очень интересным и перспективным направлением применения технологий MEMS являются так называемые **микротурбины**. Лидируют в этой области ученые из Массачусетского технологического института, которые имеют первый в мире действующий образец микроскопического турбоэлектрогенератора. Миниатюрное устройство позволит генерировать несколько ватт энергии (чего вполне достаточно для вашего КПК) и сможет составить серьезную конкуренцию топливным элементам, которые в последнее время вызвали столько шума [25]. Идея создания этого устройства принадлежит директору вышеназванного центра. Работы ведутся уже почти десять лет. Основную сложность в создании этого устройства составила технология созданию миниатюрной турбины, показанной на рис. 3.

На этом рисунке показаны детали микротурбины: А — ротор, В — топливный клапан, С — разрез турбины, D — компрессор, E — внешняя крыльчатка, F — статор, выполненные по технологии MEMS [25].

Детали микротурбины изготавливаются с помощью фотолитографии на отдельных кремниевых пластинах. Потом их прецизионно стыкуют и «склеивают» под воздействием высоких температур. Площадь одного устройства составляет около 1...2 см², и на одной стандартной пластине диаметром 200...300 мм одновременно формируется множество одинаковых деталей. На рис. 3 вы можете видеть образец турбины с ротором диаметром 4 мм и длиной лопастей 200 мкм. Готовое устройство состоит из пяти или шести кремниевых слоев. Чтобы освободить ротор, его вытравливают с обеих сторон: сначала обрабатывают отдельную пластину, а затем приклеивают ее лицевой стороной к общему пакету и уже с другой стороны дотравливают перемычки. Такая турбина будет парить над основанием при скорости вращения около 80 тысяч об/мин на высоте около 1,5 мкм. Конечно, это только одна из проблем, которых при решении этой задачи было несколько десятков, ведь кроме турбины необходимы были клапаны, камеры сгорания, трубопровод и испытательное оборудование. Но наша задача состоит не в описании устройства, с которым можно ознакомиться в [25], а только в ознакомлении читателя с возможностями технологии MEMS.

Однако не могу не заинтриговать читателя сообщением о том, что благодаря упомянутой работе по созданию микротурбин у американского военного ведомства уже есть идеи создания микросамолетов, оснащенных турбинами MEMS с массой 100 г. Есть и концепция аппарата наподобие пресловутых «летающих тарелок» — вся его нижняя поверхность будет пред-

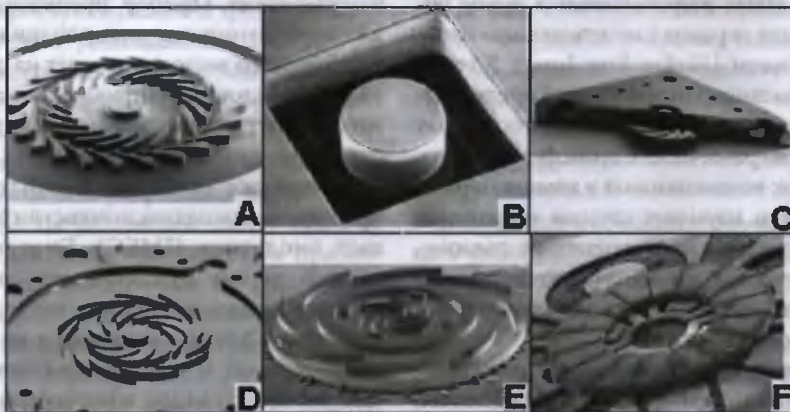


Рис. 3

ставлять собой массив миниатюрных турбореактивных двигателей.

Акселерометры и гироскопы являются наиболее интересными из последних разработок в области технологий MEMS. Акселерометры измеряют величину линейного ускорения, а гироскопы — углового. В этом качестве акселерометры и гироскопы широко используются для измерения углов наклона тел, сил инерции, ударных нагрузок и вибрации. Они находят широкое применение на транспорте, в медицине, в промышленных системах измерения и управления, в инерциальных системах навигации.

Одна из областей наиболее массового применения современных акселерометров являются системы развертывания подушек безопасности (аварийных воздушных камер) в современных автомобилях. Эти системы анализируют линейные ускорения, возникающие при движении автомобиля, и при превышении определенного порога (соответствующего удару), включают систему заполнения подушек безопасности. По оценкам экспертов использование акселерометров MEMS по сравнению с их предшественниками, собранными на дискретных элементах, позволяет сэкономить до \$50 на один автомобиль. Это только прямая экономия (себестоимость элементов), не учитывающая стоимость изготовления, сборки, а также экономию за счет уменьшения объема изделия. Учитывая объемы автомобильного производства, легко представить экономию от этой небольшой модернизации [5].

Другой, не менее массовой областью является использование акселерометров в автомобильных противотонных системах.

Акселерометры также используются для измерения трехмерных ускорений в спортивной технике для достижения оптимальности движений и повторяемости спортивных результатов в ходе тренировок и выступлений [7].

Вот какие области применения называются ведущим производителем акселерометров, фирмой Analog Devices [15] — автомобильные системы стабилизации, предназначенные для предотвращения заноса автомобиля и поддерживающие заданное направление движения; активные системы управления работой двигателя, адаптирующиеся к изменению качества дорожного покрытия и к навыкам водителя; прецизионные навигационные системы,

дополняющие GPS навигацию в периоды отсутствия сигнала; устройства коррекции отклонения компаса; стабилизация положения промышленного оборудования, такого как краны, грузоподъемники и платформы; системы сигнализации и детекторы перемещения, чувствительные к небольшому изменению угла наклона; авиационные, космические и военные системы навигации и наведения цели; коррекция эффекта «трапеции» в электронных проекторах; системы обнаружения опасной вибрации в современных ноутбуках для защиты жестких дисков; системы обнаружения одновременного нажатия клавиш транспортного средства; динамические системы управления, робототехнику и т. п.

Все описанные выше приборы и разработки в той или иной мере приближают современных ученых к технике будущего, называемой «микроробототехникой» или MEMS робототехникой. Вы скажете, что это только мечта? Видимо вы забыли выражение «Была бы технология — приложения найдутся!» Когда в 1980-х годах предвестник нанотехнологической революции Эрик Дрекслер начал публиковать книги и статьи с описанием своего видения будущего, реакция научного сообщества была крайне скептической [29].

Все соглашались с тем, что целенаправленное создание новых и перестройка уже существующих молекулярных структур материи любыми способами, не входящими в противоречие с законами физики, сулили невиданный прогресс в освоении природы. Но уж слишком все это казалось далеким и фантастичным!

Дрекслер писал, что человек, научившись манипулировать атомами с высочайшей точностью, радикально изменит производство практически всех нужных ему продуктов. В игольное ушко можно будет упаковать вычислительную мощь суперкомпьютера. Это, конечно образное высказывание, однако многие описанные выше приборы были им давно предсказаны. Но самое главное, это то, что он в своей книге «Орудия творения» [34], вышедшей в 1986 г, писал, что по мере развития новых технологий и создания все более миниатюрных изделий человечеству нужны будут соответствующие инструменты, которые он назвал «наноботами» — наноразмерными роботами. Наноботы, писал он, позволят преодолеть проблему «толстых пальцев» и манипулировать материей на нанометровом уровне, то есть на

уровне молекул или молекулярных кластеров размером 1...100 нанометров (10^{-9} ... 10^{-7} м). Любые обычные инструменты слишком велики для работы с такими предметами, а значит, для построения нанообъектов потребуются специальные устройства сопоставимых размеров. И в настоящее время вместе с созданием новых микротехнологических систем и автоматов попутно создается и мощный задел для будущих сборщиков — наноботов.

Не верится? Вот вам факты! В конце 2000 г. сотрудники Национальной лаборатории Сандиа [21], принадлежащей министерству энергетики США, создали ряд весьма эффективных микроскопических роботов. Построенная в середине 1990-х годов модель автономного робота MARV (Miniature Autonomous Robotic Vehicle) имела объем около 1 дюйма³, хотя робот почти целиком был изготовлен из коммерчески доступных компонентов. К 2000 г. его размеры удалось уменьшить в четыре с лишним раза. Эта крошечная машина на гусеничном ходу имеет полимерный каркас, шесть колес, два электромотора, процессор с 8 Кб памяти, датчик температуры, микрофон, видеокамеру, химический сенсор и три элемента питания от часов. Надо сказать, именно бытовые элементы питания помешали сделать устройство еще миниатюрнее. Машины планируется оборудовать системой беспроводной связи, после чего группа микророботов сможет объединяться для совместного решения задач под управлением центрального компьютера. По замыслу разработчиков, основной областью применения таких роботов может стать поиск и обезвреживание бомб и мин, опасных биологических и химических материалов. Благодаря малым размерам и высокой проходимости микророботы очень перспективны для решения разведывательных задач, однако емкость современных элементов питания катастрофически мала, ее хватает лишь на преодоление десятка метров.

Все еще не верите? Тогда посмотрите на рис. 4, на котором изображен фрагмент двигателя микроробота, выполненного по технологии MEMS.

«MEMS — кремний XXI века» [26]. Это название статьи фирмы STMicroelectronics, которая последнее время стремится сделать очередной рывок в области развития технологий MEMS. Как сообщается в статье, у этой фирмы имеется свой оригинальный подход к разработке, обладающий двумя крупными достоинствами. Первое



Рис. 4

из них состоит в объединении в одном корпусе нескольких датчиков, например, если это акселерометры или гироскопы, то их должно быть три (по числу пространственных осей). Могут быть и другие варианты, когда в одном изделии объединяются датчик и исполнительное устройство, например, несколько микроактуаторов и сенсоров, и т. д. Второе крупное достоинство метода фирмы STM — это возможность для разработчиков устройств сконцентрироваться на определении базовых правил, которые должны быть соблюдены в большинстве изделий, вместо того, чтобы разрабатывать и устройство и производственный процесс одновременно.

Вот такие интересные идеи «звучат» от различных разработчиков MEMS в последнее время все чаще и чаще.

Вот на этом я и хотел было закончить ознакомление с основными понятиями о технологиях и приборах MEMS и их применении, но решил все же рассказать об одной из разработок учащихся и сотрудников Калифорнийского университета под названием «Сенсорная перчатка или виртуальная клавиатура» [35].

Это устройство, напоминающее собой часть специального костюма, используемого в технологии motion capture (кукольной перчаточной анимации), было создано для того, чтобы продемонстрировать возможность использования акселерометров для расшифровки и перевода жестов рук в интерпретируемые компьютером символы (рис. 5).

Устройство содержит двухосные акселерометры, размещенные на кончиках пальцев каждой перчатки, шестой акселерометр закреплен с обратной стороны руки. Получаемые аналоговые сигналы оцифровываются микроконтроллером и передаются через последовательный порт в компьютер. Хотя все используемое оборудование поддерживает беспроводную передачу данных, пока эта возможность еще не реализована. Исходные сигналы от акселерометров могут быть



Рис. 5

интерпретированы как вращение руки по отношению к направлению силы тяжести. Углы поворота затем используются для описания точного положения пальцев. Компьютер на основе данных об углах поворота пытается определить, что же за жест был сделан рукой, или какому символу он соответствует, или просто пытается схематично нарисовать руку. На данный момент алгоритм распознавания работает только для статических положений рук. Разработчики написали также специализированное программное обеспечение для операционной системы Windows. С его помощью можно, в частности использовать виртуальную перчатку не только для ввода символов, но и как указательное устройство (аналог мыши).

Вот такая интересная разработка. А вам не хочется создать нечто подобное?

ЛИТЕРАТУРА:

1. <http://www.memsnet.org>.
2. *IEEE/ASME Journal of Microelectromechanical Systems*.
3. *Micromechanics and MEMS*.
4. <http://www.trimmer.net>.
5. <http://www.jpo-miti.go.jp>.
6. M. Mehregany and S. Roy. *Introduction to MEMS, 2000, Microengineering Aerospace Systems, El Segundo, CA, Aerospace Press, AIAA, Inc., 1999*.
7. A. Lin., R. Mullins, M. Pung, L. Theofilactidis. *Application of Accelerometers in Sports Training*.
8. http://www.wtec.org/loyola/mcc/mems_eu/Pages/Chapter-5.html.
9. J. Stellato. *MEMS Research in Japan/ U.S. Army Research Office-Far East, August, 1998*.
10. <http://www.csa.com/hottopics/mems>.
11. <http://www.devicelink.com>.
12. www.semicondutoronline.com.
13. www.htaphotomask.com.
14. www.globalspec.com.
15. www.analog.com.
16. <http://www.mems-exchange.org/MEMS>.
17. С. Жуков. *О пьезокерамике и перспективах ее применения. Компоненты и технологии, 2001, № 1, с. 48—51.*

18. *Micromachine Devices, European Study Sees MEMS Market at More Than \$34 billion by 02, May 1997, p. 1/2.*

19. M. Mehregany, K. J. Gabriel and W. S. N. Trimmer. *Integrated fabrication of polysilicon mechanisms, IEEE Transactions on Electron Devices ED-35, June 1988.*

20. L. S. Fan, Y. C. Tai. *Integrated movable micromechanical structures for sensors and actuators, IEEE Transactions on Electron Devices ED-35, June 1988.*

21. Sandia National Laboratories, Albuquerque, New Mexico 87185. <http://www.sandia.gov/mems/micromachine/overview.html>.

22. R. Nasby, J. Sniogowski, J. Smith etc. *Application of chemical-mechanical polishing to planarization of surface-micromachined devices. Proc. Solid-State Sensor and Actuator Workshop, pp. 48—53, 1996.*

23. J. Sniogowski. *Multi-level polysilicon surface micromachining technology: Applications and issues, ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 1996.*

24. <http://mems.engr.wisc.edu/polysilicon.html>. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

25. С. Митилино. *Турбины по технологии MEMS. http://itc.ua/ Компьютерное обозрение, 2004, № 12.*

26. MEMS — кремний XXI века. По материалам фирмы STMicroelectronics <http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200201/4.html>.

27. Р. Ричардс, Гектор Де Лос Сантос. *MEMS-устройства для СВЧ приложения: Новая волна. http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200107/3.html.*

28. С. Нью Джефри. *Микрофоны на основе технологии MEMS для поверхностного монтажа http://www.chipnews.ru/archive/chipnews/200309/12.html.*

29. Киви Берд *Микроботы: технология будущего сегодня. http://pgri.penza.com.ru/_sites/intel/MATVEYEV_DM/materials/article_microrobots.html.*

30. Журнал «Микросистемная техника». <http://www.microsystems.ru>.

31. <http://center.fio.ru/method/resources/judina/01/xter/levsha.htm>.

32. В. Д. Вернер, П. П. Мальцев, А. Н. Сауров, Ю. А. Чаплыгин. *Синергетика миниатюризации: Микроэлектроника, Микросистемная техника и Нанозлектроника. http://www.microsystems.ru.*

33. MEMS Exchange. <http://www.mems-exchange.org>.

34. Дрекслер. *Орудия творения. http://www.foresight.org/EOC.*

35. <http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/~shollar/fingeracc/fingeracc.html>.

Олег Николайчук,
г. Кишинев, Молдавия

MAXIM DALLAS **www.platan.ru**
ПЛАТАН

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Новая эра потенциометров

цифровое интерфейсное управление



Moneywell
IOR
ERCOS
MITSUBISHI ELECTRIC
BOZGENE
PHILIPS
ANALOG DEVICES
muRata
VISHAY
CRYDOM
Kingbright
DATA VISION
AMP

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

Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2 Тел./факс: (495) 97-000-99
Почта: 121351, Москва, а/я 100 E-mail: platan@aha.ru

ERCOS **www.platan.ru**
ПЛАТАН

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

ФИЛЬТРЫ ПОДАВЛЕНИЯ ЭМП

- для подавления дифференциальных и синфазных помех
- на токи от 0.5 до 2500 А
- эффективный диапазон подавления помех до 100 МГц
- максимальный коэффициент подавления помех 80-110 дБ
- для 2-, 3- и 4-х проводных сетей
- для преобразователей частоты и источников питания
- силовые фильтры для энергетики и транспорта 2000 В/1000 А
- фильтры для телекоммуникационного оборудования
- для монтажа на плату, с винтовыми креплениями и астраиваемые



MAXIM DALLAS
Honeywell
IOR
MITSUBISHI ELECTRIC
PHILIPS
InLineon
BOZGENE
ANALOG DEVICES
VISHAY
muRata
AMP
CRYDOM
DATA VISION
Kingbright
SICK

Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2 Тел./факс: (495) 97-000-99
Почта: 121351, Москва, а/я 100 E-mail: platan@aha.ru

DSPA-2006

Москва
29 – 31 марта 2006 г.

8-я Международная Конференция и Выставка
Цифровая Обработка Сигналов и ее Применение
Digital Signal Processing and its Applications



Тематика выставки

- Новые компоненты различных производителей для цифровой обработки сигналов
- Отечественные и зарубежные изделия на базе DSP
- Новые технические и алгоритмические решения в области цифровой обработки сигналов
- Новые области применения приборов на базе DSP

AUTEX Ltd.
Тел.: (095) 334-7741, 334-9151
Факс: (095) 234-9991, 334-8729
e-mail: info@autex.ru http://www.autex.ru

Подробная информация:
www.autex.ru
www.dsps.ru

Тематика конференции

- Теория сигналов и систем
- Теория и методы цифровой обработки сигналов (ЦОС)
- Цифровая обработка многомерных сигналов
- Цифровая обработка речевых и звуковых сигналов
- Цифровая обработка изображений
- ЦОС в системах телекоммуникаций
- ЦОС в радиотехнических системах
- ЦОС в системах управления
- Цифровая обработка измерительной информации
- Нейрокомпьютерная обработка сигналов и изображений
- Цифровое телерадиовещание
- ЦОС в системах защиты информации
- Проектирование и техническая реализация систем ЦОС
- Проблемы подготовки специалистов в области ЦОС

РНТОРЭС им. А. С. Попова
Тел.: (095) 921-0610, 921-7108
Тел./факс: (095) 921-1639
e-mail: nto.popov@mtu-net.ru
<http://www.mtores.ru>

Многофункциональное микропроцессорное устройство — таймер, термостат, часы

«Мастер КИТ» предлагает набор NM8036. Это устройство может стать центром для системы «умный дом». Прибор можно настроить на управление вентиляцией, отоплением, освещением и т. д.

Данное устройство позволяет управлять четырьмя исполнительными устройствами через силовые симисторы. В качестве термодатчиков применены приборы компании Maxim-Dallas DS18B20. Датчики подключаются параллельно друг другу с помощью всего лишь трех проводов. Температура считывается с требуемого датчика за счет адресного обращения. Эта технология значительно упрощает коммутацию и монтаж большого числа датчиков и называется «1-wire bus», подробно с ней можно ознакомиться на сайте компании Maxim-Dallas.

Внешний вид устройства показан на рис. 1.



Рис. 1

Технические характеристики

Напряжение питания, В	9...15
Потребляемый ток, мА	< 200
Часы реального времени	полный календарь
Индикация	
текстовый LCD	16×2
Звуковой сигнал	миниатюрная динамическая головка
Дискретность программирования таймера, с	1
Максимальное число шагов программы	32
Рабочий диапазон температур термометра-терморегулятора, °С	-55...125

Разрешающая способность термостатирования, °С	0,1
Связь с ПК	RS-232 (COM-порт)
Резервное питание	элемент CR2032
Время работы от резервного источника питания, лет	1
Число каналов для управления	четыре выхода для управления мощными симисторами или четыре логических выхода

Размеры печатных плат, мм	125×90, 125×24
---------------------------	----------------

Для управления устройством с ПК необходимо загрузить программное обеспечение с сайта «Мастер КИТ» <http://www.masterkit.ru>.

Внутреннюю программу контроллера можно обновлять новыми версиями, которые регулярно выкладываются на том же сайте. Обновление производится с помощью специально разработанного программного обеспечения.

Для мониторинга температуры на ПК реализовано программное обеспечение для операционной системы Windows, с помощью которого можно получить сведения о текущей температуре датчиков и о состоянии нагрузок непосредственно на мониторе компьютера. Также предусмотрена возможность изменения настроек



таймера, установки часов и других параметров. Для этого разработано другое программное обеспечение.

На рис. 2 приведена принципиальная схема устройства.

Гальваническая развязка мощных симисторных ключей осуществлена при помощи оптосимисторов U1—U4. В качестве ключей можно применить набор A8035 (четырёхканальный блок симисторов на 16 А), его также можно найти в ассортименте компании «Мастер КИТ» и приобрести в радиомагазинах.

Для связи с компьютером применена микросхема согласования уровней DD1. Выходные сигналы с нее подаются на контакты разъема XSI, который используется для подключения стандартного нуль-модемного кабеля.

К выходу одного из портов микроконтроллера без дополнительного усиления подключена миниатюрная динамическая головка прямого излучения BA1, которая обеспечивает звуковую сигнализацию работы ключей, а также активности клавиатуры.

Прибор имеет двухстрочный текстовый 16-символьный дисплей HG1 с подсветкой. Это позволило реализовать удобное отображение параметров (состояние нагрузок, температуру, время и т. д.), а также введен интуитивно понятный интерфейс в виде меню для ввода установок и настроек. Предусмотрена плавная регулировка контрастности и яркости экрана LCD.

Для уменьшения числа связей между платами применена аналоговая шифрация номера нажатой кнопки. Команда определяется по напряжению на входе АЦП микроконтроллера (вывод 39). Напряжение на этот вход подается с делителя, образованного резистором R15 и частью резисторов цепочки R20—R25, включаемой при нажатии одной из кнопок SB1—SB7.

В табл. 1 приведен перечень компонентов набора NM8036.

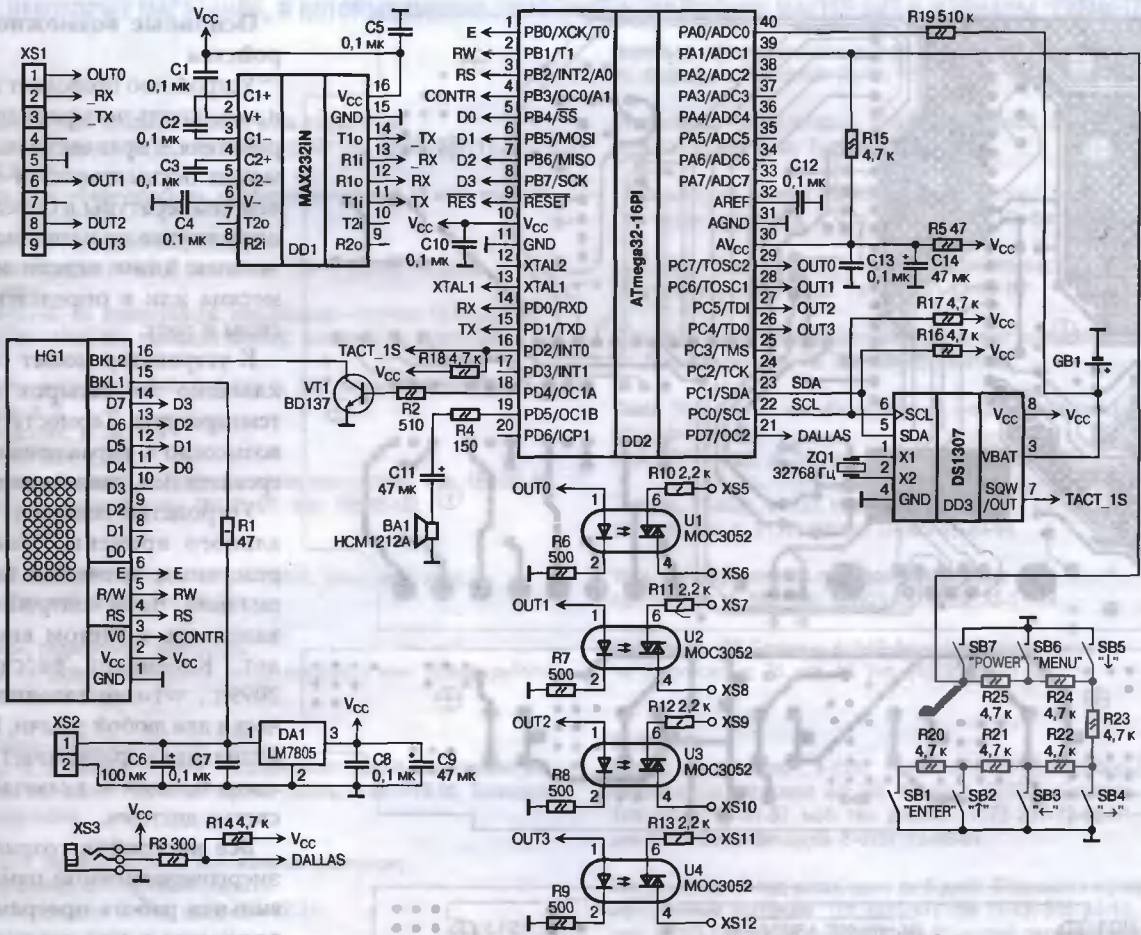


Рис. 2

Таблица 1

Позиция	Номинал	Кол.
R1	47 Ом/1 Вт	1
R2, R6—R9	510 Ом	5
R3	300 Ом	1
R4	150 Ом	1
R5	47 Ом	1
R10—R13	2,2 кОм/0,25 Вт	4
R14—R18, R20—R25	4,7 кОм	11
R19	470 кОм	1
C1—C5, C7, C8, C10, C12, C13	0,1 мкФ	10
C6	100 мкФ/16...25 В	1
C9, C11, C14	47 мкФ/16..25 В	3
HG1	LCD WH1602A-YGB-CTK	1
DA2	7805	1
DD1	MAX232IN	1
DD2	ATmega32-16PI	1
DD3	DS1307N	2
BA1	HCM1212A	1
ZQ1	QRZ 0.032768 KX-38 PBF	1
VT1	BD137-16	1
U1—U4	MOC3052	4
GB1	CR2032	1
Датчики температуры	DS18B20	4
SB1—SB7	TS-A6PS-130	7
XS1	DRB-9MA	1

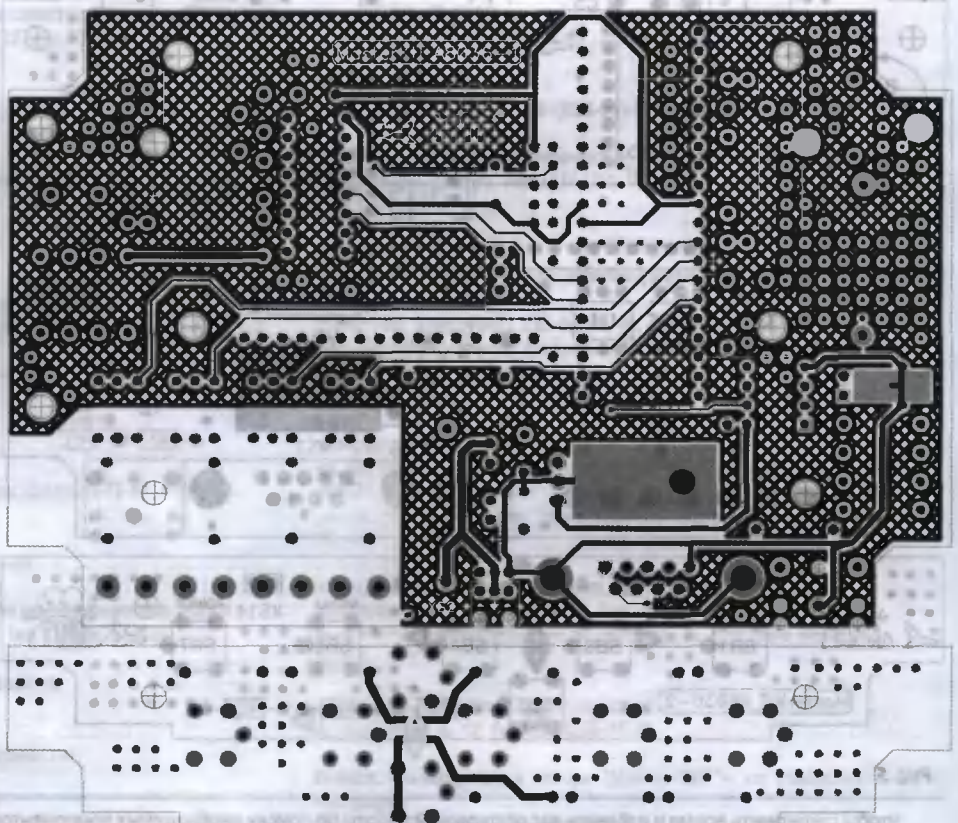


Рис. 3

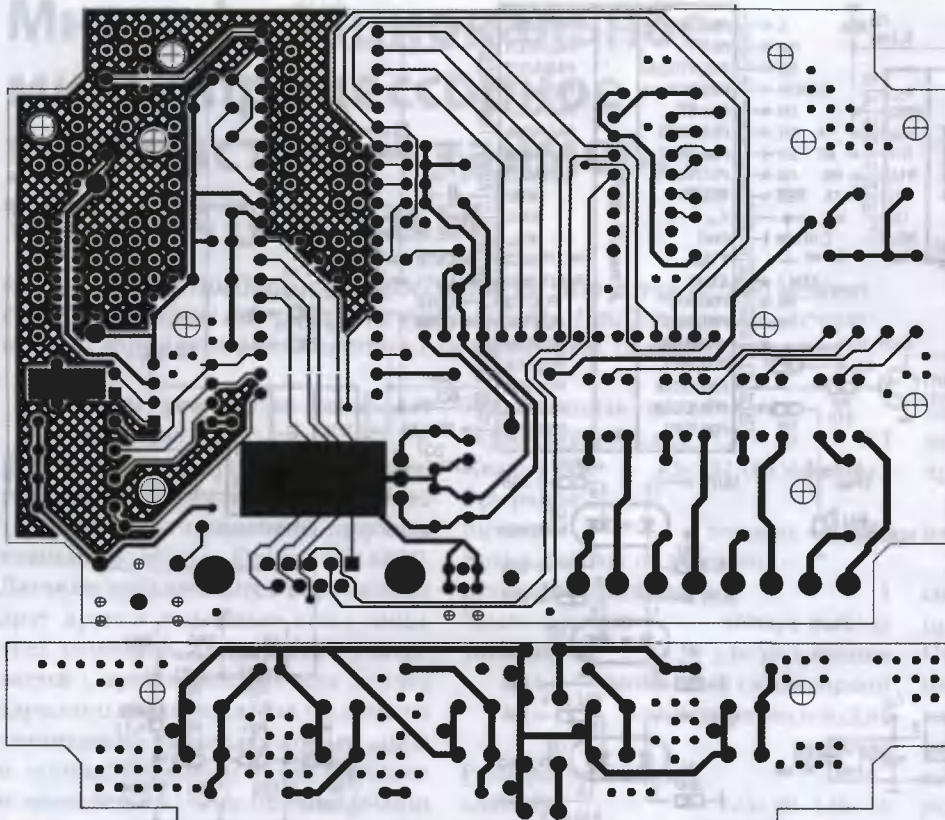


Рис. 4

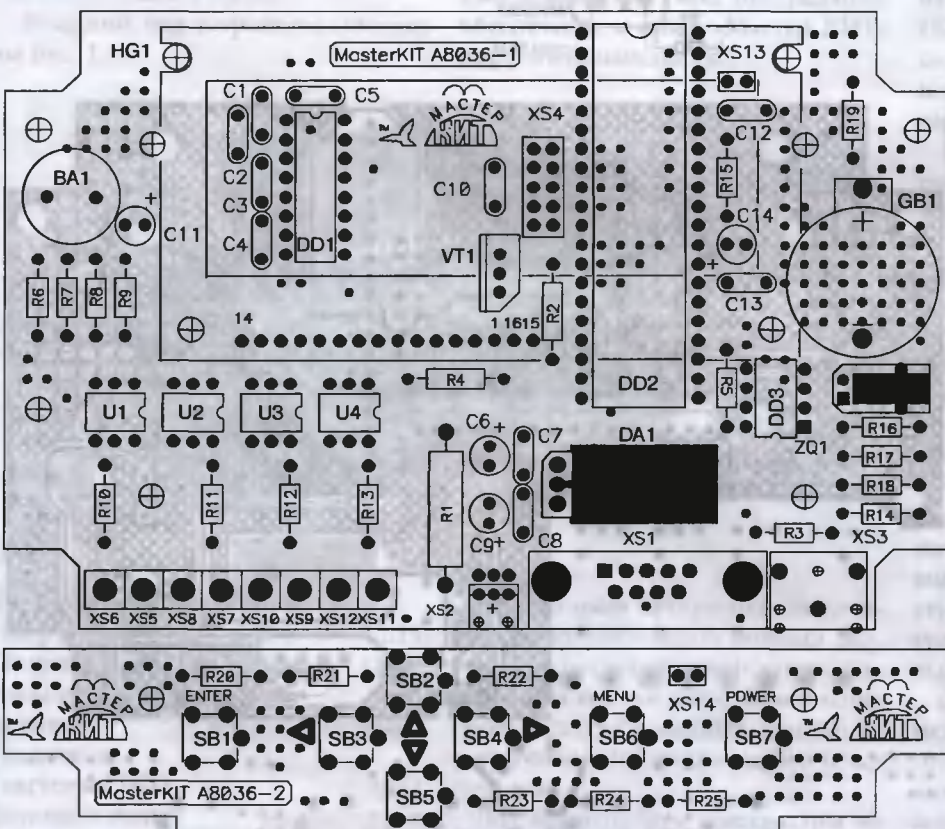


Рис. 5

Основные возможности устройства

Устройство позволяет включать и выключать четыре силовых потребителя. Управление нагрузками может осуществляться с контролем температуры в определенном промежутке времени по определенным дням недели или дням месяца или в определенные месяцы в году.

К устройству может быть подключено до четырех датчиков температуры. Термостатирование возможно с управлением как нагревателями, так и охладителями.

Устройство содержит часы реального времени, оснащенные резервным литиевым элементом питания. Часы содержат полный календарь с учетом високосных лет. Календарь рассчитан до 2099 г., чего достаточно практически для любой задачи. В режиме будильника срабатывает звуковая сигнализация и включается подсветка дисплея.

Все настройки сохраняются в энергонезависимой памяти, правильная работа программы продолжается и при отключении сетевого питания.

Устройство имеет оптоизоляцию для подключения внешних мощных симисторов и логические выходы с током нагрузки до 10 мА.

Удаленное управление термостатом производится через COM-порт компьютера с помощью специально разработанного ПО, имеется возможность обновления внутреннего программного обеспечения с сайта <http://www.masterkit.ru>.

На рис. 3 и 4 приведена разводка проводников печатных плат, на рис. 5 — расстановка элементов на них.

Александр Квашин,
г. Москва

Чтобы сэкономить время и избавить вас от рутинной работы по поиску необходимых компонентов и изготовлению печатных плат, «Мастер КИТ» предлагает набор NM8036. Набор состоит из печатных плат, всех необходимых компонентов и инструкции по сборке и эксплуатации.

Более подробно ознакомиться с ассортиментом нашей продукции можно с помощью каталога «Мастер КИТ-2005», CD-каталога «Мастер КИТ-2006» и на нашем сайте www.masterkit.ru, где представлено много полезной информации по электронным наборам и модулям «Мастер КИТ» и приведены адреса магазинов.

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

Наборы, блоки и модули «Мастер КИТ» и журналы «Схемотехника» можно купить в магазинах радиодеталей вашего города.

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», «Павелвцкая», далее 10 мин. пешком.

«Радиолюбби», 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.

Митинский радиорынок. Торговый комплекс, цокольный этаж,
место 56. Тел. моб. 8-903-791-45-78.

«Царицыно», радиорынок, место 126.
Проезд до ст. метро «Царицыно», 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 экс-
прессом до магазина «Три кита». Врвмя работы: 9.00—18.00. Выходной
день: понедельник.

«Посылторг», наборы по почтв 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. Воровского, д. 13. Тел: (3843) 74-59-49

Новосибирск. «Радиотехника», e-mail: wolna@online.sinor.ru
ул. Ленина, д. 48. Тел/факс: (3832) 54-10-23

«Радиодетали», e-mail: wolna@online.sinor.ru
ул. Геодезическая, д. 17. Тел/факс: (3832) 54-10-23

Норильск. «Радиомагазин», e-mail: alex.minus@norcom.ru
ул. Мира, д. 1. Тел/факс: (3919) 48-12-04

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

«Телезапчасти», e-mail: koketka@koketka.stavropol.net
пер. Чернышевского, д. 3. Тел: (8652) 24-13-12, факс (8652) 24-23-15

Тольятти. «Радиодетали», e-mail: alexasa1@infopac.ru
ул. Революционная, д. 52. Тел: (8482) 37-49-18

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. «Радио-дело», e-mail: sales@radiodelo.com. Наборы и журналы
наложенным платежом, а/я 202, Минск-5, 220005, Беларусь.
Тел. (017) 259-51-57, моб. тел. для СНГ: +375-297-73-88-01, моб. тел.
для Республики Беларусь 8-0297-73-88-01.

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: sarvice@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. Ярослав Вал, 28,
помещение сервисного центра «SAMSUNG»; рынок «Радиолобитель»
(ул. Ушинского, 4), торговые
места № 43, 44.

«Имрад», e-mail: masterkit@tex.kiev.ua
ул. Дегтярвская, д. 62, 5-й этаж, офис 67. Тел/факс: (044) 495-21-09,
495-21-10,
рынок «Радиолобитель» (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 «Радиолобитель» (ул. Ушинского, 4), торговые места
№ 108, 109.

«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.

ПОДПИСКА — 2006

Журнал «СХЕМОТЕХНИКА»

Редакционная подписка на 2006 год — 540 рублей.

Через каталог Агентства «РОСПЕЧАТЬ» (красный)

- индекс 80724 — подписка на 1-е полугодие 2006 г.;
- индекс 82117 — подписка на архив журнала с 2000 по 2003 г. на CD.

Через Объединенный каталог «ПРЕССА РОССИИ» (зеленый)

индекс 41733 — подписка на 1-е полугодие 2006 г.

Через каталог «ПОЧТА РОССИИ»

- индекс 60192 — подписка на 1-е полугодие 2006 г.
- индекс 60193 — годовая подписка на 2006 г.

Оформить подписку с последующей доставкой в ЛЮБОЙ СТРАНЕ можно через подписное агентство «МК-PERIODICA». Подробная информация по телефонам в Москве 7+095 681-9345, 681-5715, 681-3322, e-mail: info@periodicals.ru

Подписка на Украине осуществляется также через каталог Подписного агентства KSS (тел: в Киеве 044 - 270-6220, 270-6222), подписной индекс 10540.

Журнал «КОМПОНЕНТЫ и ТЕХНОЛОГИИ»

Редакционная подписка на 2006 год — 1680 руб.

Через каталог Агентства «РОСПЕЧАТЬ» (красный)

- индекс 80743 — подписка на 1-е полугодие 2006 года;
- индекс 41734 — подписка на 1-е полугодие 2006 года;

Через каталог «ПОЧТА РОССИИ»

- индекс 60194 — подписка на 1-е полугодие 2006 года;
- индекс 60195 — годовая подписка на 2006 год.

Вниманию подписчиков журнала «Компоненты и технологии»!

Журнал в 2006 г. будет выходить 12 раз в год, ежемесячно. Дополнительная информация по тел.: (095) 777-1215.

Оформить подписку с последующей доставкой в ЛЮБОЙ СТРАНЕ можно через подписное агентство «МК-PERIODICA». Подробная информация по телефонам в Москве 7+095 681-9345, 681-5715, 681-3322, e-mail: info@periodicals.ru.

Подписка на Украине осуществляется также через каталог Подписного агентства KSS (тел: в Киеве 044-270-6220, 270-6222), подписной индекс — 10358.

Журнал «СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Редакционная подписка на 2006 год — 560 руб.

Через каталог Агентства «РОСПЕЧАТЬ» (красный)

- индекс 20370 — подписка на 1-е полугодие 2006 г. (2 номера).

Подписка через редакцию по тел. (095)777-1215, podpiska@dian.ru.

Для подписки через редакцию

- перечислите деньги на наш расчетный счет через Сбербанк по квитанции, либо через почтовое отделение почтовым переводом;
- отправьте квитанцию об оплате (или копию) и свой точный почтовый адрес (индекс обязательно) в редакцию по почтовому адресу: 127015, Москва, ул. Бутырская, д. 41/47, ООО «ИД Скимен», отдел подписки или по факсу (095) 777-1215, e-mail: podpiska@dian.ru.
- вы можете также подписаться на журнал непосредственно в редакции по адресу: г. Москва, ул. Бутырская, д. 41/47 (метро «Савеловская», во дворе д. 17 по Бутырской ул., вход с торца здания) и на специализированных выставках.

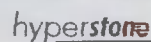
Пример заполнения банковского извещения для подписки на издания ИД «СКИМЕН»:

Извещение	ООО «ИД СКИМЕН» ИНН/КПП 7731195492/773101001 в ОАО «НК банк» в г. Москва Р/с 40702810200000005646 К/с 30101810900000000278 БИК 044579278 Плательщик Адрес (с индексом)	
	Назначение платежа	Сумма
Кассир	Подпись	“ ” 2005 г.
Квитанция	ООО «ИД СКИМЕН» ИНН/КПП 7731195492/773101001 в ОАО «НК банк» в г. Москва Р/с 40702810200000005646 К/с 30101810900000000278 БИК 044579278 Плательщик Адрес (с индексом)	
	Назначение платежа	Сумма
Кассир	Подпись	“ ” 2005 г.



Компания «Макро Тим» — дистрибьютор электронных компонентов, предлагающий широкий перечень импортных электронных комплектующих для различных промышленных применений

МЫ РАБОТАЕМ ДЛЯ УСПЕХА ВАШЕГО БИЗНЕСА!

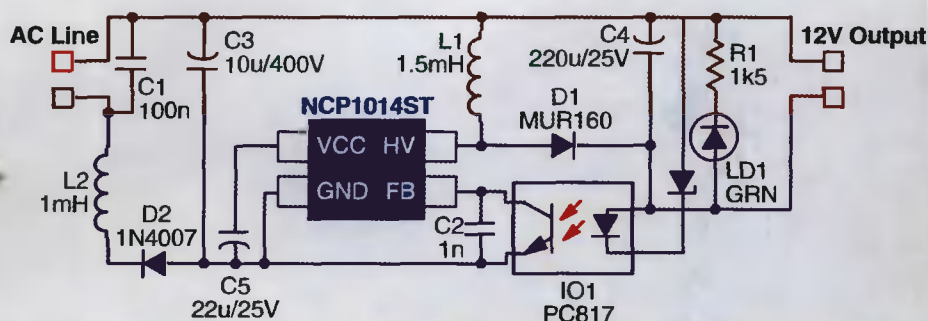


ООО «МАКРО ТИМ» ПРЕДСТАВЛЯЕТ РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ СО ВСТРОЕННЫМИ ПОЛЕВЫМИ КЛЮЧАМИ: ПРОСТОТА КОНСТРУКЦИИ, МИНИМУМ КОМПОНЕНТОВ

Преобразователи напряжения, разработанные компанией ON SEMICONDUCTOR, предлагают наиболее простой и экономичный способ проектирования импульсных источников питания. Высокоинтегрированные регуляторы напряжения уменьшают размер всего блока питания и общее число компонентов системы. Динамический запуск и питание самой микросхемы (Dynamic Self Supply) позволяют обойтись без вспомогательной обмотки трансформатора в обратноходовых преобразователях, обычно применяющейся для питания регулятора напряжения. Проектирование источника питания может быть закончено за минуты — токова простота схемы использования импульсного регулятора ON SEMICONDUCTOR.

Основные особенности и преимущества:

- Минимальный размер и стоимость источника питания
- Динамический запуск и питание микросхемы (Dynamic Self Supply)
- Источник питания не нуждается во вспомогательной обмотке трансформатора
- Интегрированный 700-вольтовый полевой транзистор
- Компактное и легкое проектирование системы
- Дрожание частоты переключения для уменьшения электромагнитных помех (EMI)
- Регулируемый режим пропуска циклов при малых нагрузках
- Акустический шум отсутствует
- Низкое потребление энергии в соответствии со стандартами экономии электроэнергии
- Защита от перегрузки, перегрева и обрыва петли обратной связи



NCP1014 - 12 В, 200 мА регулятор напряжения

Наименование	Выходная мощность, Вт	Режим работы	Макс. напряжение, В	Пиковый ток, мА	$R_{DS(on)}$, Ом	Напряжение запуска	Частота переключения, кГц	Динамический запуск	Дрожание частоты	Плавающий запуск	Выключение	Корпус
NCP1050	10	Gated Osc	700	100	22	20	44,100,136	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1051	10	Gated Osc	700	200	22	20	44,100,136	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1052	10	Gated Osc	700	300	22	20	44,100,136	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1053	20	Gated Osc	700	400	10	20	44,100,136	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1054	20	Gated Osc	700	530	10	20	44,100,136	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1055	20	Gated Osc	700	680	10	20	44,100,136	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1010	4	Current	700	100	22	30	65,100,130	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1011	11	Current	700	250	22	30	65,100,130	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1012	11	Current	700	250	11	30	65,100,130	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1013	15	Current	700	350	11	30	65,100,130	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1014	19	Current	700	450	11	30	65,100	✓	✓	✓	✓	PDIP-7, SOT-223
NCP1000	20	Voltage	700	500	13	20	100				✓	PDIP-8
NCP1001	30	Voltage	700	1000	7	20	100				✓	PDIP-8
NCP1002	50	Voltage	700	1500	4	20	100				✓	PDIP-8

ООО «Макро Тим», 111141, Россия, Москва, Зеленый пр., 2/19

Тел.: (095) 306 0026/4721/4789, факс: (095) 306 0283, e-mail: sales@macroteam.ru, http://www.macroteam.ru

Электроника Транспорт 2006

20—22 февраля 2006 года

Москва, Центр международной торговли, Краснопресненская набережная, д.12

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

20 февраля — День электроники для метрополитена

- системы автоведения поездов
- системы безопасности
- системы управления вентиляционным, эскалаторным хозяйством
- системы диагностики деталей, узлов, агрегатов
- информационные системы
- потوماتизированные системы контроля и учета электроэнергии

21 февраля — День электроники для наземного железнодорожного транспорта

- средства железнодорожной автоматики и телемеханики
- системы автоведения поездов
- оснащение и переоборудование кабин машинистов
- диспетчерские системы железнодорожных узлов и станций
- системы связи и навигации
- системы контроля, учета и распределения электро- и теплотенергии, управления тяговыми подстанциями
- системы диагностики деталей, узлов, агрегатов
- информационные системы
- системы обеспечения безопасности движения
- системы обеспечения комфорта и экологичности

22 февраля

- Автоэлектроника
- Электронные компоненты и модули для бортовой электроники
- Услуги по разработке и производству изделий электроники для транспорта

ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ:

СИСТЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ, РЕШЕНИЯ:

Системы диспетчеризации движения
Системы автоведения, системы сигнализации
Системы и компоненты для связи и навигации
Средства обеспечения безопасности движения
Транспортные охраняемые и противопожарные системы
Компьютеры для бортовых и встраиваемых систем
Мобильные компьютеры и ноутбуки
Приборы для контроля и диагностики
Автоматика, Телемеханика
Учет и управление энергопотреблением
Ресурсосберегающие технологии
Климат—контроль
Обеспечение комфортности

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ, МОДУЛИ И КОМПОНЕНТЫ:

Защищенные корпуса
Модули памяти
Модули преобразования сигнала
Кабели и клеммники
Дисплеи и индикаторы
Клавиатуры, указательные устройства
Источники питания и вторичные преобразователи
Полупроводниковые приборы, микроэлектроника
Световые и звуковые приборы
Датчики
Двигатели и электроприводы
Аккумуляторы, генераторы



Организатор:
ЗАО «ЧипЭКСПО»
[http:// www.chipexpo.ru](http://www.chipexpo.ru)

Заказ пригласительных билетов
для специалистов: www.chipexpo.ru/transport
E-mail: transport@chipexpo.ru, тел./факс: (095) 368-1039