

И. о. главного редактора

Роман Александров

Редакционная коллегия

Павел Асташкевич

Юлия Герасимова

Дизайн и верстка

Ирина Чикина

Отдел распространения

Марина Трофимова

Сергей Лукин

(495) 775-16-76

e-mail: sales@dian.ru

Отдел рекламы

Юлия Иванова

Адрес редакции:

Москва, Ленинградское ш., д. 18, оф. 342

Для писем: 125047 Москва, а/я 202

«ИД Скимен»

тел./факс: (495) 775-16-76

www.dian.ru

e-mail: editor@dian.ru

editordian@mail.ru

Издатель и учредитель

ООО «ИД Скимен»

Отпечатано в ОАО Ордена Трудового
Красного Знамени «Чеховский
полиграфический комбинат»

142300 г. Чехов Московской области,

Сайт www.chpk.ru

E-mail: marketing@chpk.ru

Факс 8(49672)6-25-36,

факс 8(496)270-73-59

Отдел продаж услуг многоканальный:
8(499)270-73-59

Тираж 5 200 экз.

Заказ №

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

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

Редакция не несет ответственности
за информацию, приведенную
в рекламных материалах

За содержание статьи
и ее оригинальность несет
ответственность автор

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

Информацию о подписке
см. на последней странице журнала

Содержание

ИСКУССТВО СХЕМОТЕХНИКИ

- С. Задорожный.** Использование не имеющей затуханий цепи отрицательной обратной связи при построении малошумящих активных двойных балансных смесителей с высокой линейностью 3
- А. Вострухин.** Двухпозиционный терморегулятор с аналоговым входом на базе микроконтроллера ATtiny2313 6
- А. Шуклин.** Беспроводные соединения 9

КОМПОНЕНТЫ

- О. Николайчук.** Новое семейство микроконтроллеров C8051F36x фирмы Silicon Laboratories 12
- М. Крюков.** Потенциометры для регулировки контраста 16
- Г. Ефимов.** Системы бесконтактной идентификации для складских приложений и логистики 20

СОФТ

- С. Лоцицкий.** Схемотехнические САПР: возможности и проблемы эффективного использования (продолжение полемики) 26

ПРАКТИКА

- О. Вальпа.** Простая система безопасности с каналом сотовой связи 30

Новые книги. А. Фрунзе. «Микроконтроллеры фирмы Philips семейства x51» (с. 11). О. Николайчук. «x51-совместимые микроконтроллеры фирмы Silicon Laboratories (Cygnal)» (с. 29). Адреса некоторых магазинов, в которых можно приобрести продукцию Мастер КИТ и журналы «Схемотехника» (с. 36).

Использование не имеющей затуханий цепи отрицательной обратной связи при построении малошумящих активных двойных балансных смесителей с высокой линейностью

Описанные ниже пути дальнейшего развития топологии не имеющей затуханий трансформаторной цепи отрицательной обратной связи, применяемой для улучшения характеристик активного двойного балансного смесителя, позволяют устранить наиболее существенные источники шума, не ухудшая качественные показатели смесителя по интермодуляционным составляющим. В результате был получен коэффициент шума на уровне не хуже 6 дБ, а точка пересечения по продуктам интермодуляции третьего порядка $IP3$ осталась при этом на уровне не ниже +25 дБм, что вполне приемлемо, при уровне сигнала гетеродина всего лишь 0 дБм.

Приведено краткое обсуждение способов построения активных двойных балансных смесителей с не имеющей затуханий цепью ООС и описана обобщенная топология построения такого смесителя с низким уровнем собственных шумов. Представлены также результаты тестирования построенного таким образом смесителя, приведены его шумовые характеристики и качественные параметры по интермодуляционным составляющим.

Разработчики связных радиоприемников и телекоммуникационных систем провели много времени в поисках путей расширения динамического диапазона радиочастотных трактов радиоприемников, модуляторов и демодуляторов, равно как и снижения энергопотребления портативной радиоаппаратуры. И если в плане создания малошумящих усилительных каскадов с высокими качественными характеристиками по продуктам интермодуляции (IMD) намечено уже несколько путей, то смесители еще остаются слабым звеном. Кольцевой диодный смеситель обеспечивает вполне приемлемые показатели качества по интермодуляционным составляющим (IMD) и коэффициент шума (NF), но, как правило, лишь за счет чрезмерной мощности сигнала гетеродина (LO).

Используемые для улучшения линейности каскадов усилителей малых сигналов методы комбинированной последовательно-параллельной [1] и не имеющей затуханий трансформаторной [2] отрицательной обратной связи (ООС) были недавно применены с той же целью при построении активных смесителей [3–6]. Это позволило достичь высоких качественных показателей по вносимым продуктам интермодуляции даже при очень малом уровне сигнала гетеродина, однако заметно улучшить шумовые характеристики своего более традиционного прародителя — смесителя по схеме «транзисторное дерево», известного также как «джилбертовская ячейка», — до сих пор не удавалось.

Ниже кратко представлены результаты дальнейшего развития топологии не имеющей затуханий ООС, позволившей, по сравнению с предыдущими построениями, значительно улучшить шумовые свойства активного двойного балансного смесителя без потери качества по вносимым продуктам интермодуляции.

АКТИВНЫЙ СМЕСИТЕЛЬ С НЕ ИМЕЮЩЕЙ ЗАТУХАНИЙ ООС

Ранее был описан активный двойной балансный смеситель [6], в котором для достижения высоких параметров качества по интермодуляции была применена не имеющая затуханий трансформаторная ООС. Подобный смеситель (рис. 1) требовал значительно меньшей мощности от гетеродина, чем кольцевой диодный смеситель класса III с

аналогичным уровнем интермодуляционных искажений. Однако такая топология позволила лишь незначительно улучшить шумовые характеристики смесителя по сравнению с его предшественником.

В активном смесителе с не имеющей затуханий ООС (рис. 1) входной сигнал промежуточной (IF) или радиочастоты (RF) частоты с амплитудой A и частотой ω , противофазно подается на выводы входных обмоток пары трансформаторов отрицательной обратной связи T_3 и T_4 . Соответствующие входные токи при этом описываются выражениями:

$$I_{in+} = I_Q + \frac{A \cdot \cos \omega_s t}{R_{in}} \quad (1)$$

$$I_{in-} = I_Q - \frac{A \cdot \cos \omega_s t}{R_{in}} \quad (2)$$

где I_Q — начальный ток смещения дифференциальных транзисторных пар $Q1/Q2$ и $Q4/Q5$ (начальный ток коллектора транзисторов $Q3$ и $Q6$); R_{in} — входное сопротивление по каждому из входов, определяемое как

$$R_{in} = \frac{R_3 \cdot (M + N + 1)}{M^2} \quad (3)$$

где R_3 — согласующее сопротивление; M и N — соотношение количества витков выходных обмоток трансформаторов отрицательной обратной связи T_3 и T_4 .

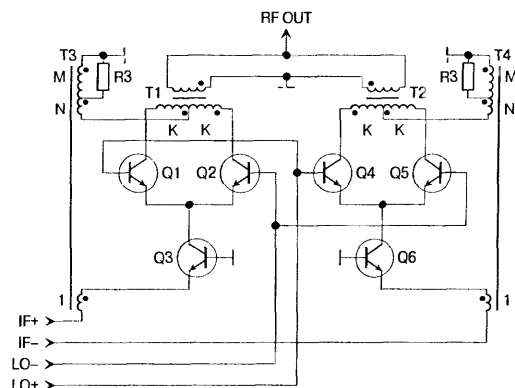


Рис. 1. Активный двойной балансный смеситель с не имеющей затуханий цепью отрицательной обратной связи

Для полного согласования входное сопротивление выходной обмотки трансформаторов обратной связи должно быть равно выходному сопротивлению на среднем выводе первичной обмотки выходного гибридного трансформатора T_1 и T_2 . Соответственно запишем:

$$R_{CT} = 2 \cdot K^2 \cdot R_L = (M + N) \cdot R_3, \quad (4)$$

где K — это соотношение витков обмоток выходных гибридных трансформаторов T_1 и T_2 [7].

Это равенство позволяет перейти к расчету параметров схемы активного смесителя с не имеющей затуханий ООС в терминах K , M и N , опуская значение R_3 как определяемое равенством:

$$R_3 = \frac{2 \cdot K^2 \cdot R_L}{M + N}. \quad (5)$$

Путем подстановки (4) в (3) можно определить входное сопротивление смесителя по каждому из его входов:

$$R_m = \frac{2 \cdot K^2 \cdot R_L \cdot (M + N + 1)}{M^2 \cdot (M + N)}. \quad (6)$$

Две пары дифференциальных токов с коллекторов переключающих транзисторных пар Q1/Q2 и Q4/Q5 снова соединяются в средней точке первичных обмоток выходных гибридных трансформаторов T_1 и T_2 соответственно. Эти токи обратной связи, описываемые выражениями:

$$I_{FB1} = I_Q + \frac{A \cdot \cos \omega_s t}{R_m}, \quad (7)$$

$$I_{FB2} = I_Q - \frac{A \cdot \cos \omega_s t}{R_m}, \quad (8)$$

через соответствующие трансформаторы обратной связи T_3 и T_4 поступают затем на входы схемы, образуя, таким образом, цепь отрицательной обратной связи, необходимую для улучшения линейности смесителя.

С вторичных обмоток выходных гибридных трансформаторов T_1 и T_2 снимается выходной сигнал радио- (RF) или промежуточной (IF) частоты:

$$I_{OUT} = 2 \cdot A \cdot K^2 \cdot \frac{\cos(\omega_s - \omega_L)t + \cos(\omega_s + \omega_L)t}{R_m}. \quad (10)$$

$$U_{OUT} = 2 \cdot A \cdot K^2 \cdot R_L \cdot \frac{\cos(\omega_s - \omega_L)t + \cos(\omega_s + \omega_L)t}{R_m}. \quad (11)$$

ИСТОЧНИКИ ШУМА

Описанная топология не имеющей затуханий отрицательной обратной связи позволяет существенно снизить уровень вносимых активным смесителем интермодуляционных искажений, но в таком аспекте качества как коэффициент шума (NF) смесителя она оказывается малоэффективной, не смотря на тот факт, что такая топология обратной связи новых источников шума в схему не вводит. Коэффициент шума управляемого источника тока, выполненного по схеме с общей базой (транзисторы Q3 и Q6) монотонно растет с увеличением начального тока смещения транзисторов и в общем случае стремится превратить аналогичный параметр управляемого источника тока по схеме с общим эмиттером [9]. Кроме того, даже если бы и коэффициент передачи управляемого входным сигналом источника тока, и мощность шума на его выходе не зависели от частоты, то само по себе управление

переключающими транзисторами Q1/Q2 и Q4/Q5 прямоугольным сигналом увеличивает вносимый управляемым источником тока приведенный ко входу шум в $(\pi/2)^2$ раз, то есть на 3,9 дБ. Это является результатом взаимодействия прямоугольного сигнала гетеродина и различных по частоте гармонических составляющих с входным сигналом промежуточной частоты. По линейной шкале суммарная мощность шума смесителя при этом составит:

$$NF = N_D \cdot \left(\frac{\pi}{2} \right)^2 + N_{SW}, \quad (12)$$

где N_{SW} — это шум, вносимый дифференциальными переключающими парами транзисторов Q1/Q2 и Q4/Q5; N_D — приведенное ко входу совокупное значение шума, состоящее из дробового шума базы (N_b), дробового шума коллектора (N_c) и теплового шума (N_t) транзисторов Q3 и Q6, работающих в качестве управляемых входным сигналом источников тока [9, 10]:

$$N_D = 1 + N_c + N_b + N_t. \quad (13)$$

Допустим, что все транзисторы в активном смесителе идентичны по своим параметрам. Тогда из выражения (12) легко увидеть, что результирующий шум смесителя вдвое больше шума отдельно взятого транзистора плюс дополнительные 3,9 дБ, вносимые спектральными составляющими прямоугольного сигнала гетеродина. И если бы из схемы смесителя на рис. 1 можно было изъять управляемые источники тока Q3 и Q6, то в результате шум, определяемый выражением (12), потенциально можно снизить до значения собственного шума переключающих транзисторов Q1/Q2 и Q4/Q5.

УПРОЩЕННАЯ СХЕМА

При анализе схемы на рис. 1 можно заметить, что управляемые источники тока на транзисторах Q3 и Q6 действительно можно убрать из схемы без какого-либо ущерба для качественной работы смесителя. По отношению к цепи не имеющей затуханий трансформаторной ООС переключающие транзисторные пары Q1/Q2 и Q4/Q5 при этом будут работать как транзисторные усилительные каскады с общей базой. Вариант схемы, показанный на рис. 2, не только проще, но и требуемое для его работы напряжение питания ниже, так как в его величине не надо больше учитывать напряжение коллектор-эмиттер V_{CE} управляемых источников тока Q3 и Q6.

Также следует заметить, что выходные обмотки трансформаторов обратной связи в схеме на рис. 2 не имеют отводов в отличие от предыдущего варианта. В таком смесителе резистор R_3 служит лишь согласованной нагрузкой для усиленного сигнала промежуточной частоты (IF), а выходной импеданс смесителя определяется только соотношениями витков обмоток выходных трансформаторов и трансформаторов обратной связи. Поэтому нет необходимости выполнять с отводами выходные обмотки трансформаторов обратной связи T_3 и T_4 . Выходной импеданс на среднем выводе первичной обмотки выходных гибридных трансформаторов T_1 и T_2 и входной импеданс трансформаторов обратной связи просто должны быть согласованы друг с другом. Исходя из этого условия, на основании выражения (5) рассчитаем номинальное сопротивление резистора R_3 :

$$R_3 = \frac{2 \cdot K^2 \cdot R_L}{M}. \quad (14)$$

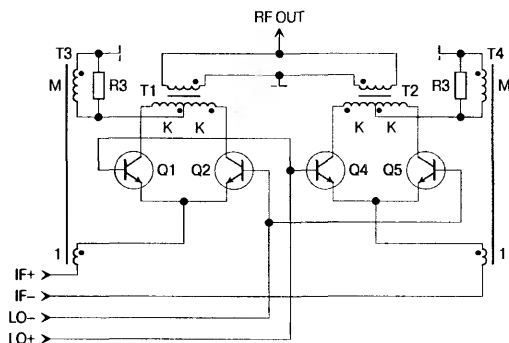


Рис. 2. Малошумящий вариант активного двойного балансного смесителя с не имеющей затуханий трансформаторной ООС

Иначе теперь определяется для новой схемы и входной импеданс по каждому из входов смесителя, который на основании выражения (6) находим следующим образом:

R'_in = (R'_3 * (M + 1)) / M^2 = (2 * K^2 * R'_L * (M + 1)) / M^3. (15)

Полный входной импеданс смесителя носит дифференциальный характер и равен, соответственно, удвоенному значению величины, определяемой из выражения (15).

Хотя и нельзя сказать, что отсутствие отвода в выходной обмотке трансформаторов обратной связи сколько-нибудь упрощает схему смесителя, тем не менее, стоимость изготовления самих трансформаторов снижается, особенно если количество витков его обмоток будет выражаться отношением двух целых чисел. Принимая это во внимание, были просчитаны несколько вариантов схемы смесителя, в том числе с 50-омным входным и выходным импедансом (табл. 1). Кроме того, упрощается и компоновка элементов схемы на печатной плате.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

С целью изучения и оценки, а также демонстрации новых качественных характеристик предлагаемый малошумящий активный смеситель с не имеющей затуханий ООС был собран на паре производимых фирмой NEC транзисторных сборок UPA821TF. Коэффициент шума этих транзисторных сборок (NF) составляет всего 1,2 дБ при относительно большом токе коллектора (7 мА), что позволяет одновременно получить высокие показатели по интермодуляции и низкий уровень шума смесителя. И хотя транзисторная сборка UPA821TF не является собственно парой идентичных по своим параметрам транзисторов, самого по себе размещения двух транзисторов на одном кристалле уже достаточно для применения сборки в таком качестве. Разумеется, идеальным было бы использование транзисторной сборки, состоящей из четырех идентичных транзисторов.

Для простоты изготовления смесителя соотношение витков обмоток трансформаторов обратной связи из приведенных в табл. 1 было выбрано равным 4:3. В результате дифференциальное входное сопротивление смесителя составило 200 Ом, что позволяет для согласования с источником сигнала промежуточной частоты (IF) использовать простой трансформатор с соотношением витков обмоток 1:1:1. Такой же трансформатор был использован также для подачи сигнала гетеродина и на выходе схемы (T1 и T2). Для качественного согласования с 50-омным выходным импедансом гетеродина между базами переключающих транзисторов Q1/Q2 и Q4/Q5 был включен 200-омный резистор. Все трансформаторы были изготовлены на производимом фирмой Fair-Rite ферритовом сердечнике

Таблица 1

K	R _{CT}	M	R _{in}	R ₃	Коэффициент преобразования, дБ
1	100	4/3	98,4	75,0	-5,95
1	100	7/4	51,3	57,1	-3,12
1	100	7/3	26,2	42,9	-0,21
1	100	7/2	10,5	28,6	+3,77

типа 2843002302 (бинокуляр-трансфлюктор). Для намотки использовался провод #46 AWG (медный обмоточный провод диаметром 0,04 мм — прим. переводчика).

Вся конструкция была компактной (менее 2 см²), с минимально возможной протяженностью электрических связей, что, в свою очередь, позволило в значительной степени устранить паразитные временные и фазовые задержки в цепи высокочастотной обратной связи.

Работа схемы проверялась при трех фиксированных значениях напряжения коллектор-эмиттер U_{CE} транзисторов, в то время как их коллекторный ток регулировался в некоторых пределах с целью определить оптимальный режим транзисторов по постоянному току, при котором интермодуляционные искажения и шум смесителя будут минимальными. Во всех случаях использовался сигнал гетеродина частотой 20 МГц и уровнем 0 dBm. Для двухсигнальной проверки на уровень вносимых интермодуляционных составляющих на вход схемы подавались сигналы частотой 10,9 МГц и 11,1 МГц, которым на выходе соответствовали продукты смешения частотой 30,9 МГц и 31,1 МГц соответственно.

Результаты проверки иллюстрирует диаграмма, приведенная на рис. 3. Очевидно, что устранение из схемы смесителя транзисторов управляемых источников тока дало желаемый эффект. При напряжении коллектор-эмиттер транзисторов смесителя U_{CE} = 8 В коэффициент шума (NF) упал до уровня ниже 5,9 дБ, в то же время точка пересечения по интермодуляционным составляющим третьего порядка (IP3) осталась на уровне +27 dBm. Эмиттерные токи смещения транзисторов при этом составляли всего лишь I_E = 3,9 мА. При снижении этого тока до уровня ниже 3,0 мА уровень IP3 круто падал ниже +25 dBm, но улучшенные шумовые показатели сохраняются при снижении тока I_E вплоть до 2 мА, где значение уровня IP3 составляет уже менее +20 dBm. При U_{CE} = 3 В рабочая область с низким коэффициентом шума значительно шире, в то время как уровень IP3 круто падает ниже +25 dBm для I_E менее

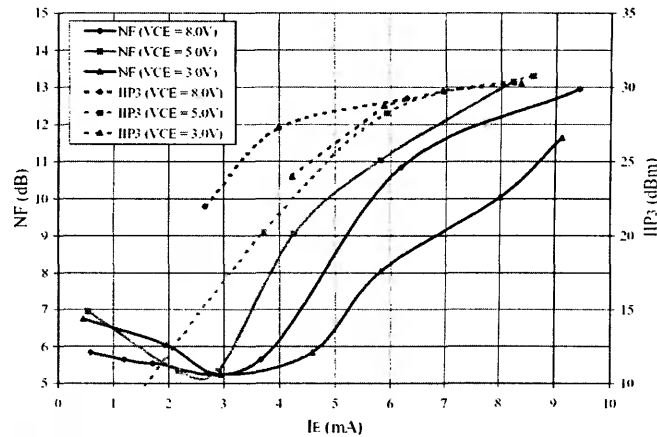


Рис. 3. Зависимость качественных характеристик представляемого малошумящего активного двойного балансного смесителя от режима транзисторов по постоянному току

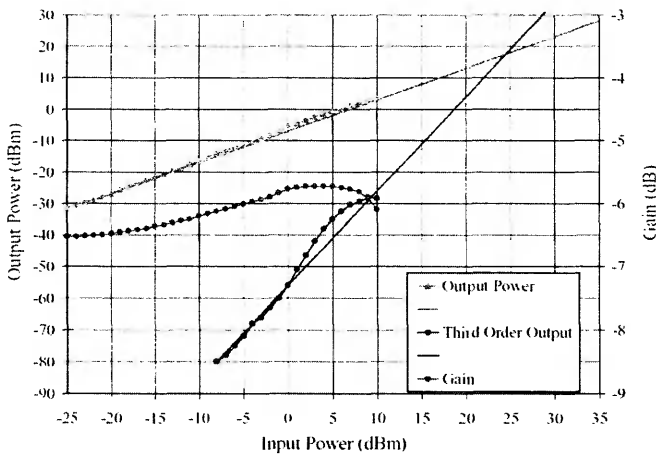


Рис. 4. Зависимость коэффициента преобразования и уровня вносимых интермодуляционных составляющих 3-го порядка от уровня входного сигнала для представляемого малошумящего активного двойного балансного смесителя ($U_{CE}=3$ В, $I_E=4.5$ мА)

4,9 мА. При напряжении коллектор-эмиттер транзисторов $U_{CE} = 5$ В коэффициент шума имеет значение менее 6 дБ лишь ниже точки, с которой уровень IP_3 начинает значительно ухудшаться. Таким образом, если исходить из задачи достижения максимального уровня IP_3 , то работа смесителя при малом напряжении коллектор-эмиттер транзисторов U_{CE} значительных преимуществ не дает, но все же широкая рабочая область с низким значением коэффициента шума смесителя при $U_{CE} = 3$ В несомненно достойна внимания.

Диаграмма на рис. 4 иллюстрирует типичную зависимость коэффициента преобразования и уровня вносимых интермодуляционных составляющих 3-го порядка от мощности сигнала на входе представляемого малошумящего активного двойного балансного смесителя с не имеющей затуханий ООС при напряжении коллектор-эмиттер транзисторов $U_{CE} = 3$ В и эмиттерном токе смещения $I_E = 4,5$ мА. Приведенная характеристика типична для такой топологии ООС. Резко очерченный переход в режим компрессии с ростом уровня сигнала на входе обусловлен большой глубиной трансформаторной обратной связи.

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК

Для сравнения в итоговой табл. 2 для всех рассмотренных смесителей приведены их качественные характеристики: уровень точки пересечения по интермодуляционным составляющим 3-го порядка IP_3 , уровень точки компрессии P_{1dB} , значения коэффициентов передачи (Gain) и шума (NF). Легко видеть, что по низкому коэффициенту шума последняя версия малошумящего активного двойного балансного смесителя с не имеющей затуханий трансформаторной ООС действительно лучше, чем любой другой активный смеситель. Более того, по этому параметру он стал сравним с кольцевым диодным смесителем SBL-1, имея при этом существенно меньший уровень интермодуляционных искажений.

Это преимущество рассматриваемого активного смесителя еще более ощутимо, если учесть, что для его нормальной работы достаточно 0 дБм мощности сигнала гетеродина, тогда как кольцевому диодному смесителю SBL-1 требуется +7 дБм. Если же сравнивать смесители по уровню вносимых ими интермодуляционных искажений, то преимущество нашего смесителя становится еще весомей, так как кольцевой диодный смеситель класса III с аналогичным уровнем вносимых интермодуляционных

Таблица 2

Тип смесителя	IP_3 , дБм	P_{1dB} , дБм	Gain, дБ	NF, дБ
Кольцевой диодный SBL-1	+19,0	-4,5	-6,0	6,0
«Транзисторное дерево» Джильберта Селла	+15,75	+4,5	-2,5	11,89
С комбинированной последовательно-параллельной ООС (вариант 2)	+28,0	+4,0	-4,0	14,38
С не имеющей потерь трансформаторной ООС и управляемыми входным сигналом источниками тока	+30,3	+3,0	-6,0	13,80
Малошумящий без транзисторов управляемых источников тока (последний вариант)	+27,0	+4,0	-6	5,9

составляющих требует при этом как минимум +17 дБм мощности сигнала гетеродина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, ранее речь шла о том, что введение в построенный по схеме «джильбертовской ячейки» активный двойной балансный смеситель цепи, не имеющей затуханий отрицательной обратной связи, является эффективным методом снижения уровня интермодуляционных искажений такого активного смесителя. Очевидно, что такая топология отрицательной обратной связи является также эффективным методом по устранению отдельных факторов, не позволявших существенно снизить уровень собственных шумов активного смесителя без ухудшения его динамических характеристик по сравнению с его предшественниками.

Представленные результаты испытаний показывают, что устранение из предыдущей схемы транзисторов управляемых источников тока существенно улучшает шумовые свойства смесителя и что вообще введение в смеситель «транзисторное дерево» ООС описанной топологии существенно расширяет его приведенный ко входу динамический диапазон.

Крис Траск,
штат Аризона, США
перевод с английского:
Сергей Задорожный,
г. Киев

ЛИТЕРАТУРА:

1. Seader, L.D. and J.E. Sterrett, «Unit Transistor Amplifier with Matched Input and Output Impedances», US Patent 3,493,882, 3 February 1970.
2. Norton, David E. and Allen F. Podell, «Transistor Amplifier with Impedance Matching Transformer», U.S. Patent 3,891,934, 24 June 1975.
3. Trask, Chris, «Feedback Technique Improves Active Mixer Performance», *RF Design*, September 1997, pp. 46—52.
4. Trask, Chris, «A Linearized Active Mixer», *Proceedings RF Design 98*, San Jose, California, October 1998, pp. 13—23.
5. Trask, Chris, «Active Double-Balanced Mixer with Embedded Linearization Amplifiers», US Patent 6,140,849, 31 October 2000.
6. Trask, Chris, «High Dynamic Range Double-Balanced Active Mixers Using Lossless Feedback», *Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Vol. 3, pp. 41—44.

7. Sartori, Eugene F., «Hybrid Transformers», IEEE Transactions on Parts, Materials, and Packaging, Vol. PMP-4, No. 3, September 1968, pp. 59—66.

8. Fong, K.L. and R.G. Meyer, «Monolithic RF Active Mixer Design», IEEE Transactions on Circuits and Systems, Vol. 46, No. 3, March 1999, pp. 231—239.

9. Hull, C.D., «Analysis and Optimization of Monolithic RF Downconversion Receivers», Ph.D. dissertation, University of California Berkeley, 1992.

10. Fong, K.L., «Design and Optimization Techniques for Monolithic RF Downconversion Mixers», Ph.D. dissertation, University of California Berkeley, 1997.

11. Patent pending.

Двухпозиционный терморегулятор с аналоговым входом на базе микроконтроллера ATtiny2313

В настоящей статье рассматривается микроконтроллерный терморегулятор, на базе которого можно реализовать перечисленные законы регулирования. Для этого требуется всего лишь изменить программу.

Выходной сигнал двухпозиционного терморегулятора принимает только два значения: одно из них включает, а другое выключает электронагреватель. Переходная характеристика объекта управления, например, сушильного шкафа, характеризуется параметрами: $T_{нач}$ — начальная температура объекта управления; $T_{уст}$ — заданная температура (уставка); ΔT — размах колебаний температуры; Δt — период колебаний температуры (рис. 1). При двухпозиционном регулировании колебания температуры являются следствием инерционности объекта управления. Чем меньше ΔT , тем выше качество регулирования. Для повышения качества регулирования применяют более сложные законы регулирования — пропорциональный, интегральный, пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД).

Для измерения температур наиболее распространенного диапазона от -40 до $+125$ °C в большей степени подходят полупроводниковые датчики с

аналоговым или цифровым выходом [1]. Датчики с цифровым выходом представляют собой интегральные микросхемы, которые содержат аналоговый датчик и устройство для преобразования аналогового сигнала в цифровой. Для сопряжения этих датчиков с микропроцессорными системами не требуются усилители и аналого-цифровые преобразователи (АЦП).

В природе практически все сигналы аналоговые, они изменяются непрерывно в некоторых пределах. Большинство датчиков имеет аналоговый выход. Отечественная промышленность выпускает термодатчики K1019EM1, K1019EM1A, обладающие линейной зависимостью выходного напряжения от температуры. Они предназначены для работы в устройствах измерения, контроля и регулирования температуры. Микросхемы оформлены в металlostеклянном корпусе КТ-1-9 с гибкими проволочными выводами. Масса прибора — не более 1,5 г. На рис. 2 приведена зависимость выходного напряжения термодатчиков K1019EM1 и K1019EM1A от температуры окружающей среды.

Для сопряжения аналоговых датчиков с цифровыми устройствами используют АЦП. Некоторые модели микроконтроллеров AVR, например ATtiny15, ATmega8535 содержат 10-разрядные АЦП. Для контроля напряжения в 1 В с разрешением 0,1 мВ

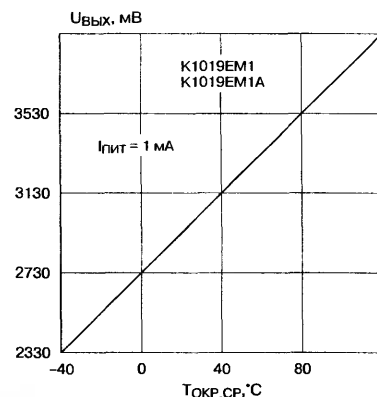


Рис. 2

требуется 14-разрядный АЦП. Микроконтроллеры AVR содержат аналоговый компаратор, который позволяет реализовать на их базе АЦП с относительно хорошими техническими характеристиками. Ниже рассматривается АЦП, реализованный на базе популярного микроконтроллера ATtiny2313 с программно управляемой разрешающей способностью [2, 3]. Такое решение позволяет реализовать АЦП различной разрядности — от 2-разрядного до 16-разрядного — на базе любого микроконтроллера семейства AVR.

На рис. 3 показана схема, поясняющая принцип измерения постоянного напряжения с использованием аналогового компаратора. К инвертирующему входу компаратора приложено измеряемое постоянное напряжение $U_{вх1}$, снимаемое, например, с выхода датчика (датчик не показан). К неинвертирующему входу компаратора приложено возрастающее напряжение $U_{вх2}$, снимаемое с резистора переменного сопротивления R . Напряжение $U_{вх2}$ в каждый момент времени известно.

В период времени от t_0 до t_1 , когда напряжение $U_{вх2}$ меньше напряжения $U_{вх1}$, на выходе компаратора сформиро-

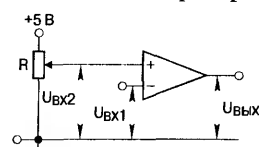


Рис. 3

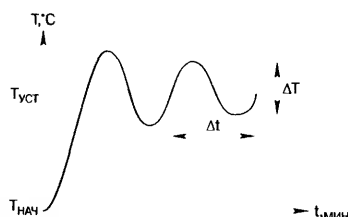


Рис. 1

рован низкий уровень напряжения $U_{\text{вхх}}$ (рис. 4). В момент времени t_1 на выходе компаратора сформируется высокий уровень напряжения, так как напряжение $U_{\text{вх2}}$ незначительно превысит напряжение $U_{\text{вх1}}$. Можно считать, что в момент времени t_1 $U_{\text{вх2}} = U_{\text{вх1}}$, а поскольку $U_{\text{вх2}}$ известно, то, следовательно, известно и $U_{\text{вх1}}$.

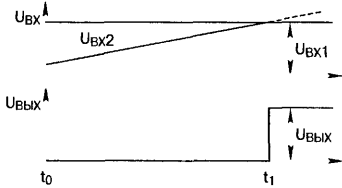


Рис. 4

Напряжением $U_{\text{вх2}}$ можно управлять с помощью микроконтроллера, используя метод широтно-импульсной модуляции (ШИМ). На рис. 5 и 6 приведены схема и временная диаграмма, поясняющие принцип управления постоянным напряжением методом ШИМ.

Если на вход интегрирующего RC-звена подавать, например с выхода PB2 микроконтроллера прямоугольные импульсы напряжения, то конденсатор С заряжается до среднего напряжения U_c амплитуды этих импульсов (рис. 6). Постоянная времени (RC) интегрирующего RC-звена достаточно велика по сравнению с периодом следования прямоугольных импульсов. Значение U_c определяется следующим образом:

$$U_c = \Delta U \cdot k = (U^1 - U^0) \cdot k,$$

где ΔU — диапазон изменения напряжения прямоугольных импульсов от низкого U^0 до высокого U^1 уровней; k — коэффициент заполнения, $k = t_{\text{и}} / (t_{\text{и}} + t_{\text{п}})$, где $t_{\text{и}}$ и $t_{\text{п}}$ — длительности импульса и паузы между импульсами.

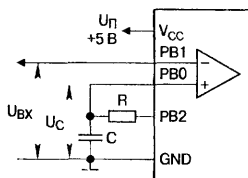


Рис. 5

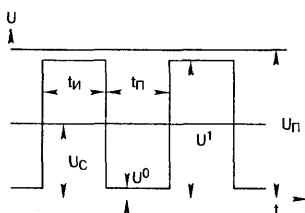


Рис. 6

Если изменять $t_{\text{и}}$, а период следования прямоугольных импульсов оставить постоянным, то U_c будет изменяться пропорционально изменению $t_{\text{и}}$ и при равенстве $U_c = U_{\text{вх}}$ по значению $t_{\text{и}}$ можно определить значение $U_{\text{вх}}$. Микроконтроллер увеличивает значение $t_{\text{и}}$ на единицу перед каждым выводом высокого уровня напряжения. Двоичный код N изменяется от минимального $N_{\text{min}} = 1$ до максимального N_{max} . Значение $t_{\text{и}}$ хранится в форме двоичного кода N в одном из регистров микроконтроллера. Если регистр 8-разрядный, тогда $N_{\text{max}} = 2^8 - 1 = 255$.

Значение младшего значащего разряда (МЗР) АЦП определяется выражением:

$$\text{МЗР} = \Delta U_{\text{вх}} / N_{\text{max}}, \quad (1)$$

где $\Delta U_{\text{вх}}$ — диапазон изменения входного напряжения от минимального $U_{\text{вх min}}$ до максимального $U_{\text{вх max}}$; N_{max} — разрешающая способность АЦП.

При $\Delta U_{\text{вх}} = 1 \text{ В}$ и $N_{\text{max}} = 255$ значение МЗР равно 3,921 мВ.

В системах автоматического контроля и управления используются активные датчики с унифицированным выходным сигналом напряжения $-50...+50 \text{ мВ}$ и $0...1 \text{ В}$. Для преобразования напряжения, например в 1 В, в двоичный код с разрешением 1 мВ требуется 10-разрядный АЦП, мак-

симальный двоичный код которого определяется выражением:

$$N_{\text{max}} = 2^{10} - 1 = 1023.$$

На рис. 7 показана принципиальная схема терморегулятора, в котором выполнение указанных условий достигается введением делителя, состоящего из резисторов $R3$ и $R4$, причем $R3 = R4$. Сопротивления резисторов $R3$, $R4$ и $R5$ подобраны таким образом, чтобы обеспечить $\Delta U_{\text{вх}} \approx 1 \text{ В}$; $U_{\text{вх min}} \approx 2 \text{ В}$; $U_{\text{вх max}} \approx 3 \text{ В}$ [3]. Для правильной работы АЦП необходимо соблюдать условия: $\Delta U_{\text{вх}} \leq \Delta U$; $U_{\text{вх min}} \geq U^0$; $U_{\text{вх max}} \leq U^1$.

Входное напряжение $U_{\text{вх}}$, снимаемое с датчика K1019EM1 подается на инвертирующий вход (вывод PB1) компаратора. Линейно возрастающее напряжение подается на неинвертирующий вход (вывод PB0) компаратора. Вывод PB2 — выход программно управляемого ШИМ. Резистор $R5$ и конденсатор $C3$ — элементы интегрирующего звена.

Напряжение U_c на конденсаторе $C3$ изменяется дискретно, только в сторону возрастания с шагом равным значению МЗР АЦП. Как только напряжение U_c сравнивается с измеряемым напряжением $U_{\text{вх}}$, на выходе компаратора сформируется лог. 1, что послужит сигналом окончания преобразования. Процессор считывает содержимое пары регистров, в которых

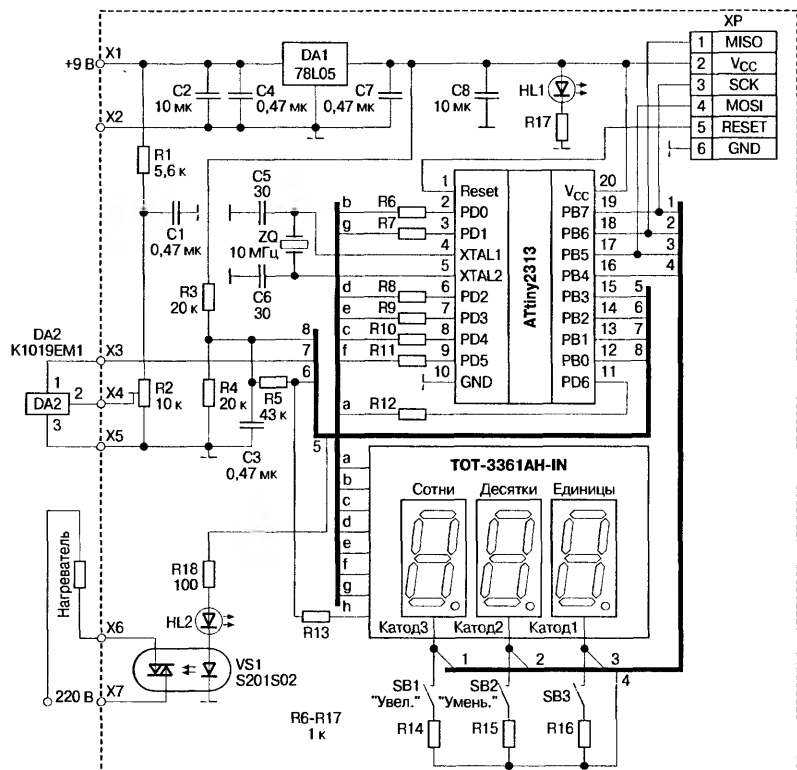


Рис. 7

Рис. 8

программатора для внутрисхемного последовательного программирования микроконтроллера. Автор использует программатор AVRISPmkII, подключаемый к USB порту компьютера, и программный пакет AVR Studio 4.12, поддерживающий указанный программатор.

Печатную плату (рис. 8) изготавливают по известной в радиолюбительской практике технологии, которая заключается в следующем. Рисунок печатной платы распечатывается на лазерном принтере в режиме наибольшего расхода тонера. Автор использует для этих целей мелованную тонкую бумагу, например из журналов. Медная фольга будущей печатной платы тщательно обрабатывается мелкозернистой наждачной бумагой, затем вытирается медицинским бинтом, пропитанным уксусом и высушивается. Лист с рисунком печатной платы накладывают на медную фольгу (рисунком к фольге)

и горячим утюгом на повышенной температуре «гладят» в течение двух-трех минут. После остывания платы, приклеившийся журнальный лист «смывают» под слабой струей теплой воды, осторожно пальцами скатывая разбухшую бумагу. Если на плате есть дефекты, например, отсутствует в некоторых местах тонер, их покрывают нитрокраской. Затем плату помещают для травления в раствор хлорного железа.

На рис. 9 показана фотография действующего образца терморегулятора, рассмотренного в настоящей статье. Точность стабилизации температуры, в диапазоне от 30 до 40 °С, составляет $\pm 0,2$ °С.

Александр Вострухин
г. Москва

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Волович. Полупроводниковые датчики температуры, — Схемотехника, 2005, №2, с. 21—23.

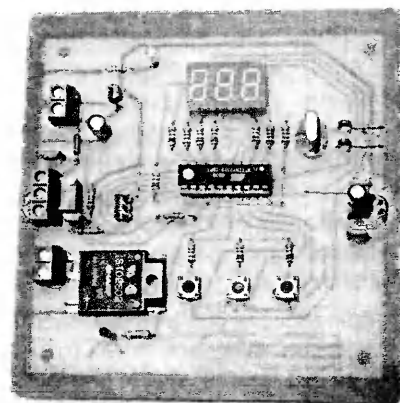


Рис. 9

2. А. Вострухин. Патент РФ № 2298872 на изобретение «Аналого-цифровой преобразователь с управляемой чувствительностью на базе микроконтроллера». Опул. в Б.И., 2007, № 13.

3. А. Вострухин. АЦП на базе микроконтроллера AVR. — Схемотехника, 2006, №3, с. 39—40.

Беспроводные столкновения

Как уживаются различные беспроводные стандарты

Сегодня множество устройств используют беспроводную передачу данных, которая, как правило, происходит по одному или двум наиболее популярным протоколам. Чаще всего используется либо известный всем протокол Bluetooth, либо активно продвигавшаяся в свое время компанией Intel технология Wi-Fi. Примечательно, что оба протокола работают на частоте в 2,4 МГц, что создает дополнительные сложности для работы нескольких устройств в одном помещении.

Как же удастся различным Bluetooth и Wi-Fi адаптерам избежать «столкновений» при работе? Чтобы с этим разобраться, давайте рассмотрим принцип работы обоих протоколов.

Оба стандарта работают в диапазоне частот от 2,40 до 2,4835 МГц, используя уширение спектра для передачи сигнала в качестве «белого шума». Данный диапазон частот назван ISM (Industrial Science & Medicine), так как он предоставлен в общее пользование в ряде стран, среди которых вся Европа и США, и может применяться различными организациями без уведомления государственных структур. Соответс-

твенно технологии, позволяющие передавать данные в этом диапазоне частот должны позволять работать множеству пользователей одновременно, не мешая друг другу. Помимо банального ограничения мощности передатчика используются различные технологии, среди которых уширение спектра (Spread Spectrum), позволяющее распределить энергетическую плотность сигнала по всему спектру канала передачи данных, снижая дальность сигнала, но сохраняя его энергетические характеристики, которые в частности гарантируют скорость передачи данных. Например, в технологии Wi-Fi используется уширение спек-

тра методом прямой последовательности DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), при которой в каждый бит (логический ноль или единицу, представленные повышенной или пониженной амплитудой сигнала) добавляются так называемые «чипы» в фиксированной последовательности. Они также представляют собой логические нули или единицы, но передаваемые с куда более высокой частотой — «чипы» на порядок короче во времени, чем основной сигнал. Это позволяет «размазать» по частотному диапазону сам сигнал, не потеряв в его мощности на близких расстояниях.

Существуют и более «продвинутые» способы обработки исходного двоичного сигнала, один из них — OFDM или ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием. Несмотря на сложное название, эта технология позволяет в значительной степени повысить скорость передачи данных, решая вопрос многлучевой интерференции. Данный эффект проявляет себя на больших скоростях беспроводной передачи данных и сказывается на том, что сигнал мешает «сам себе» при попадании в приемник, отразившись от различных предметов окружающей среды, а значит со сдвигом по времени. Реализуя OFDM, разработчики обеспечивают в передатчике

мультиплексированный на несколько подканалов сигнал. Причем его передача происходит по таким подканалам, которые с одной стороны достаточно плотно расположены в частотном спектре, а с другой — независимы друг от друга. Таким образом, подканалы не взаимодействуют друг на друга, обеспечивая высокую скорость передачи данных (суммарно) и разделение спектра на большее количество независимых частотных подканалов.

Что касается Wi-Fi и Bluetooth, в обоих протоколах на высоких скоростях передачи данных используется принцип ортогонального частотного разделения с мультиплексированием, что позволяет делить спектр между устройствами и иногда разделять сам сигнал между различными подканалами.

И ВОТ СТОЛКНУЛИСЬ...

Как же на практике происходит столкновение различных беспроводных стандартов? Хотя Bluetooth и позиционируется как стандарт для создания персональных беспроводных сетей PAN (Personal Area Network), адаптеры Bluetooth все чаще используются как удобный интерфейс для разовых соединений. При помощи Bluetooth удобно подключить модем сотового телефона к компьютеру или «перекинуть» java-игру между смартфонами, в конечном счете, подключить беспроводную гарнитуру к телефону.

WI-FI

Технология Wi-Fi поддерживается «Альянсом Wi-Fi» (Wi-Fi Alliance), который был сформирован компаниями-производителями в 1999 г. Альянс занимается сертификацией оборудования различных производителей на совместимость, и это немаловажная задача, ведь продукты разных вендоров имеют различные возможности, но сходны в одном — они способны работать по стандартному протоколу.

Первый вариант стандарта IEEE 802.11 (название номера стандарта после сертификации в IEEE), позволял передавать данные со скоростью до 2 Мбит/с. После этого появился второй релиз стандарта, на котором Wi-Fi и получила популярность, — 802.11b — позволяющий вести передачу данных со скоростью физического канала до 11 Мбит/с. Благодаря удобству данной концепции и агрессивной маркетинговой политики Intel, повсеместно продвигавшей платформу Centrino, в

состав которой входит фирменный процессор, чипсет и адаптер сетей 802.11, этот стандарт завоевал немалую популярность.

Сегодня все устройства на территории России продаются с адаптерами 802.11g, которые обеспечивают физическую скорость передачи данных до 54 Мбит/с (реальная скорость редко бывает выше 20 Мбит/с). Также имеются адаптеры MIMO, в которых обещают двукратный рост скорости — до 108 Мбит/с, что, конечно, является немалым лукавством со стороны производителей. Да, за счет ряда технологий эти адаптеры позволяют поднять скорость передачи данных, но двукратного роста в действительности ждать не приходится.

Wi-Fi образует беспроводную среду аналогичную традиционной локальной сети LAN, которая может являться средой передачи любых данных. Сами по себе устройства Wi-Fi не предоставляют никаких сервисов, обеспечивая пользователя лишь высокоскоростной (относительно Bluetooth) сетью.

Сети Wi-Fi являются более стационарными: они обеспечивают доступ в локальную сеть для сотрудников компании или же позволяют домашним пользователям совместно пользоваться Интернетом без проводов, да и мало ли что еще можно делать при помощи Wi-Fi! Главное, что эта технология подразумевает, как правило, создание стационарных беспроводных сетей.

Спецификация Wi-Fi подразумевает использование 12 каналов передачи данных, каждый из которых лежит в заданном спектре ISM. Таким образом, при настройке точки доступа администратор определяет, на каком канале она будет работать, или же выбирает автоматический режим, позволяя точке доступа переключаться между различными каналами, по мере «загрязнения» той или иной части спектра, входящего в диапазон ISM. Впрочем, источником этого «загрязнения», скорее всего, будут являться другие сети Wi-Fi, работающие неподалеку. В центре Москвы этот эффект уже не исключение, так как почти везде можно «поймать» сеть Golden Wi-Fi, в любом здании работает 2-3 корпоративных и 2-3 домашних беспроводных сети. При правильной настройке сети просто делят каналы передачи данных между собой и пре-

красно работают. Когда же каналов начнет не хватать (а рано или поздно это произойдет), точки доступа начнут «войну за частоты», т. е. передавая данные на одном и том же канале, устройства Wi-Fi значительно снижают дальность действия обеих сетей. Другая сеть будет выступать для приемника как источник шума, наращивающий свою интенсивность по мере приближения к точке доступа вражеской сети. Соответственно полезный сигнал будет теряться.

Бороться с этой ситуацией достаточно просто — сегодня на рынке представлено немало моделей точек доступа с направленными или множественными антеннами. Некоторые устройства включают в себя семь антенн, светящихся различными лампочками. И если повесить такую или даже простую точку доступа на стену, за которой стоит передатчик вражеской сети, то даже на том же канале в нашем помещении полезная сеть будет «сильнее», и ее сигнал будет стабильным. Чисто технически сделать это несложно, ведь к одному маршрутизатору или концентратору (роутеру или хабу) можно подключить любое количество точек доступа, и, в крайнем случае, просто разместить их по периметру помещения, гарантируя стабильную работу сети при использовании 4—6 точек доступа (их цена сегодня опустилась ниже \$50 за один экземпляр, а в будущем будет продолжать падать). Более того, существуют такие технологии, как запрет доступа за пределами помещения. Например, если в помещении стоит четыре точки доступа, то по качеству связи адаптера ноутбука и точек доступа, специальное ПО от компании CA может определить, находится ли данный компьютер в помещении или за пределами его и запретить или разрешить доступ.

И ПРИШЕЛ BLUETOOTH

Теперь давайте разберемся, что происходит, когда в помещение попадают дополнительные устройства Bluetooth, например сотовый телефон с гарнитурой или же аудио-плеер с Bluetooth наушниками? Надо отметить, что передатчики Wi-Fi обладают большей мощностью, чем адаптеры Bluetooth, так что сильно помешать работе беспроводных сетей Bluetooth не может даже при совпадении частотного канала. Устройства Bluetooth 3 класса вообще могут работать на расстоянии не более 10 метров от передатчика.

BLUETOOTH

Стандарт передачи данных под названием Bluetooth известен со времен первых беспроводных гарнитур, и работа с сотовыми телефонами является отличительной особенностью стандарта по сей день. Он был разработан группой компаний, входящей в состав Bluetooth SIG (Special Interest Group), и подробно описан на сайте www.bluetooth.com. Среди прочих отличий Bluetooth от других стандартов — изначальная ориентация на передачу потокового аудио. Сегодня Bluetooth применяется в mp3-плеерах и других мультимедиа устройствах.

Спецификация стандарта доросла сегодня до версии 2.0, которая подразумевает большее количество сервисов, предоставляемых устройством, а также повышение скорости передачи данных до 1 Мбит/с против 700 Кбит/с для спецификации 1.2. Сегодня стандарт также часто встречается с приставкой «+ EDR», которая обозначает повышенную скорость передачи данных (Enhanced Data Rate) до 3 Мбит/с. Передача данных в стандарте Bluetooth происходит в дуплексном режиме за счет разделения сеансов по времени TDD (Time Division Duplex).

Архитектура Bluetooth отлична тем, что предоставляет не просто сетевое соединение, поверх которого можно делать что угодно, а именно сервисы, такие как соединение ftp с определенной папкой, сервис беспроводной гарнитуры, сервис передачи стерео звука,

сервис удаленного управления, передача рисунков и другие.

В последней версии Bluetooth может объединять в одну небольшую сеть (пико-сеть) несколько устройств, среди которых одно является ведущим (Master), а остальные — ведомыми (Slave). Так может происходить вещание звука или видео в одной сети.

Сама технология Bluetooth, учитывая специфику стандарта, обеспечивает эффективную и бесперебойную работу устройств на общем частотном фоне за счет дополнительной технологии FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), которая подразумевает перепрыгивание с одной частоты на другую. Для этого весь спектр ISM делится на 79 диапазонов частот, среди которых выбираются несколько наименее шумных, и на них ведется работа. На этапе коммуникации и создания так называемой Bluetooth пико-сети, выделяется устройство Master, которое определяет дальнейшие прыжки по частотам. Если пико-сеть приближается к источнику новых помех (например, пользователь сотового телефона, разговаривающий по Bluetooth, приближается к новой точке Wi-Fi), то главное устройство объявляет подчиненным о смене частот, и вся сеть одновременно «перепрыгивает» на новые частоты. Соответственно, чем больше скорость передачи данных, тем больше частот будет занимать каждый сеанс связи Bluetooth. И для таких приложений

этого стандарта как беспроводная гарнитура всегда хватит места в частотном диапазоне, хотя бы за счет того, что передатчик и приемник расположены очень близко. Чтобы Bluetooth начал давать сбои, нужно разговаривать по телефону рядом с мощнейшими 12 точками доступа, работающими на разных каналах и ведущими максимально интенсивную передачу данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидно, что дальнейшее накопление передатчиков в открытом диапазоне ISM не грозит нам ничем страшным — беспроводные сети все равно будут работать, а Bluetooth гарнитуры предоставлять хорошую слышимость. Единственное, что будет страдать — это скорость передачи данных в беспроводных сетях. И хотя до этого момента еще далеко (во многих московских домах пока вообще нет ни одной беспроводной сети), уже сегодня понятно, как решать эту проблему — нужно ставить больше точек доступа по периметру помещения, усиливая тем самым мощность полезного сигнала.

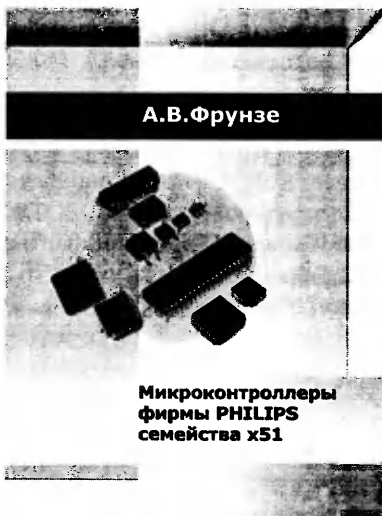
С другой стороны, быть может, ученые придумают какой-нибудь еще интересный ход, который позволит решить эту проблему еще эффективнее... и создать новую.

Андрей Шуклин
г. Москва

Новые книги

А. В. Фрунзе

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ PHILIPS СЕМЕЙСТВА x51



Издательский дом «Скимен» выпустил первый том книги Александра Фрунзе «Микроконтроллеры фирмы Philips семейства x51». В этой книге приведен подробный обзор всех выпускаемых фирмой Philips микроконтроллеров, дана информация по доступным отечественному пользователю микроконтроллерам семейства x51, изготавливаемым другими ведущими мировыми производителями. В ней приведена самая свежая на момент выпуска сводная таблица по всем выпускаемым Philips микроконтроллерам, а также терминологический словарь. Далее подробно рассматриваются особенности классических микроконтроллеров семейства x51 — система команд (подробно описаны все команды микроконтроллеров с кодами операций, операндами, примерами действия команд, временем их исполнения) и аппаратные особенности (структура памяти и регистров, арифметическо-логическое устройство, таймеры-счетчики и режимы их работы, система прерываний, стандартный последовательный порт со всеми режимами работы и система управления питанием). Подробно описаны микроконтроллеры с разработанным фирмой Philips оригинальным ядром 80C51+, в том числе микроконтроллеры с флэш-памятью программ, с программируемой матрицей счетчиков, с расширенной памятью программ и данных. Рассмотрены также микроконтроллеры с дополнительными портами ввода/вывода, с аппаратно реализованной шиной I²C и встроенным аналого-цифровым преобразователем. Вся приведенная информация основана на справочных материалах фирмы Philips.

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

Книга формата A4 имеет мягкую обложку и содержит 336 с.

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

Новое семейство микроконтроллеров C8051F36x фирмы Silicon Laboratories

Целью настоящей статьи является ознакомление читателей с новыми достижениями фирмы Silicon Laboratories — новым быстродействующим семейством микроконтроллеров C8051F36x. В статье рассматриваются особенности архитектуры новых микроконтроллеров и их основные параметры.

В феврале 2007 г. фирма Silicon Laboratories Inc., широко известная как SiLabs, объявила о начале производства нового семейства быстродействующих микроконтроллеров C8051F36x [1]. Новое семейство объединяет 10 микроконтроллеров. Основные параметры микроконтроллеров семейства C8051F36x приведены в табл. 1. Структура базового микроконтроллера семейства C8051F360 показана на рис. 1.

Рассмотрим основные характеристики этого семейства микроконтроллеров.

Все микроконтроллеры семейства C8051F36x выполнены на базе модифицированного высокопроизводительного микроконтроллерного ядра CIP-51 фирмы SiLabs, полностью совместимого по набору инструкций со стандартным MCS-51™ ядром. Несомненно, важнейшим достоинством ядра CIP-51 является усовершенствованная конвейерная архитектура, которая позволяет значительно увеличить производительность по сравнению со стандартной x51-совместимой архитектурой. В микроконтроллерах со стандартной архитектурой (i8051) все инструкции, за исключением MUL и DIV, выполнялись за 12 или 24 машинных цикла. При этом максимальная тактовая частота для большинства x51-совместимых микроконтроллеров составляла 12...24 МГц, и лишь некоторые x51-совместимые микроконтроллеры могли работать на более высоких частотах. Модернизированное ядро CIP-51 выполняет 70 % инструкций за один или два машинных цикла, и вообще не имеет инструкций, выполняющихся более чем за восемь машинных циклов. Как известно, производительность микроконтроллера прямо пропорциональна тактовой частоте, на которой работает ядро. Поэтому

ядро дополнено развитой встроенной системой из двух тактовых генераторов и вспомогательных узлов.

Первый высокоэффективный тактовый генератор фабрично калиброван на частоту 24,5 МГц ± 2 % для эффективной работы UART на стандартных скоростях. Этот же генератор может работать и с внешним кварцевым резонатором, с внешней RC цепочкой, с одним внешним конденсатором или с внешним генератором. Второй тактовый генератор может работать на одной из четырех низких частот — 80, 40, 20 или 10 кГц — для снижения электропотребления. К выходу одного из генераторов может подключаться аппаратный умножитель частоты (PLL) с малым потреблением мощности, обеспечивающий синтез выходной частоты до 100 МГц.

Кроме того, обеспечивается возможность оперативного программного переключения генераторов что называется «на лету». Аппаратный делитель частоты и коммутатор обеспечивают программный выбор тактовой частоты в диапазоне от 10 кГц до 100 МГц. При этом может развиваться пиковая (предельная) производительность до 100 MIPS (миллионов инструкций в секунду).

В состав ядра также входит аппаратный умножитель 16×16 (MAC), обеспечивающий аппаратное умножение двух 16-битных двоичных чисел за два такта. Ядро дополнено эффективным двухуровневым обработчиком прерываний, обрабатывающим до 12 внутренних и 2 внешних источника прерываний.

Микроконтроллеры семейства C8051F36x оснащаются 32 Кбайт (F360—F367) или 16 Кбайт (F368/F369) Flash-памяти программ/данных, которую можно модифицировать непосредственно в ходе выполнения рабочей программы.

Таблица 1

ТИП	Пиковая производительность, MIPS	Объем Flash-памяти, Кбайт	Встроенная оперативная память, Кбайт	Двухцикловый умножитель 16 × 16	Калиброванный встроенный тактовый генератор на 24,5 МГц	Встроенный тактовый генератор 80 КГц	Интерфейс внешней памяти EMI	Интерфейс SMBus/I ² C	Расширенный интерфейс SPI	Интерфейс UART	16-битные таймеры	Программируемый массив-счетчик PCA	Линии портов ввода/вывода	Аналого-цифровой преобразователь 10 бит 200 ksp/s	Цифро-аналоговые преобразователи с токовым выходом 10 бит	Встроенный источник опорного напряжения	Температурный датчик	Аналоговый компаратор	Корпус
C8051F360	100	32	1	+	+	+	+	+	+	+	4	+	39	+	+	+	+	2	TQFP48
C8051F361	90/100	32	1	+	+	+	—	+	+	+	4	+	27	+	+	+	+	2	LQFP32
C8051F362	90/100	32	1	+	+	+	—	+	+	+	4	+	24	+	+	+	+	2	QFN28
C8051F363	100	32	1	+	+	+	+	+	+	+	4	+	39	—	—	—	—	2	TQFP48
C8051F364	90/100	32	1	+	+	+	—	+	+	+	4	+	27	—	—	—	—	2	LQFP32
C8051F365	90/100	32	1	+	+	+	—	+	+	+	4	+	24	—	—	—	—	2	QFN28
C8051F366	50	32	1	+	+	+	—	+	+	+	4	+	29	+	+	+	+	2	LQFP32
C8051F367	50	32	1	+	+	+	—	+	+	+	4	+	25	+	+	+	+	2	QFN28
C8051F368	50	16	1	+	+	+	—	+	+	+	4	+	29	+	+	+	+	2	LQFP32
C8051F369	50	16	1	+	+	+	—	+	+	+	4	+	25	+	+	+	+	2	QFN28

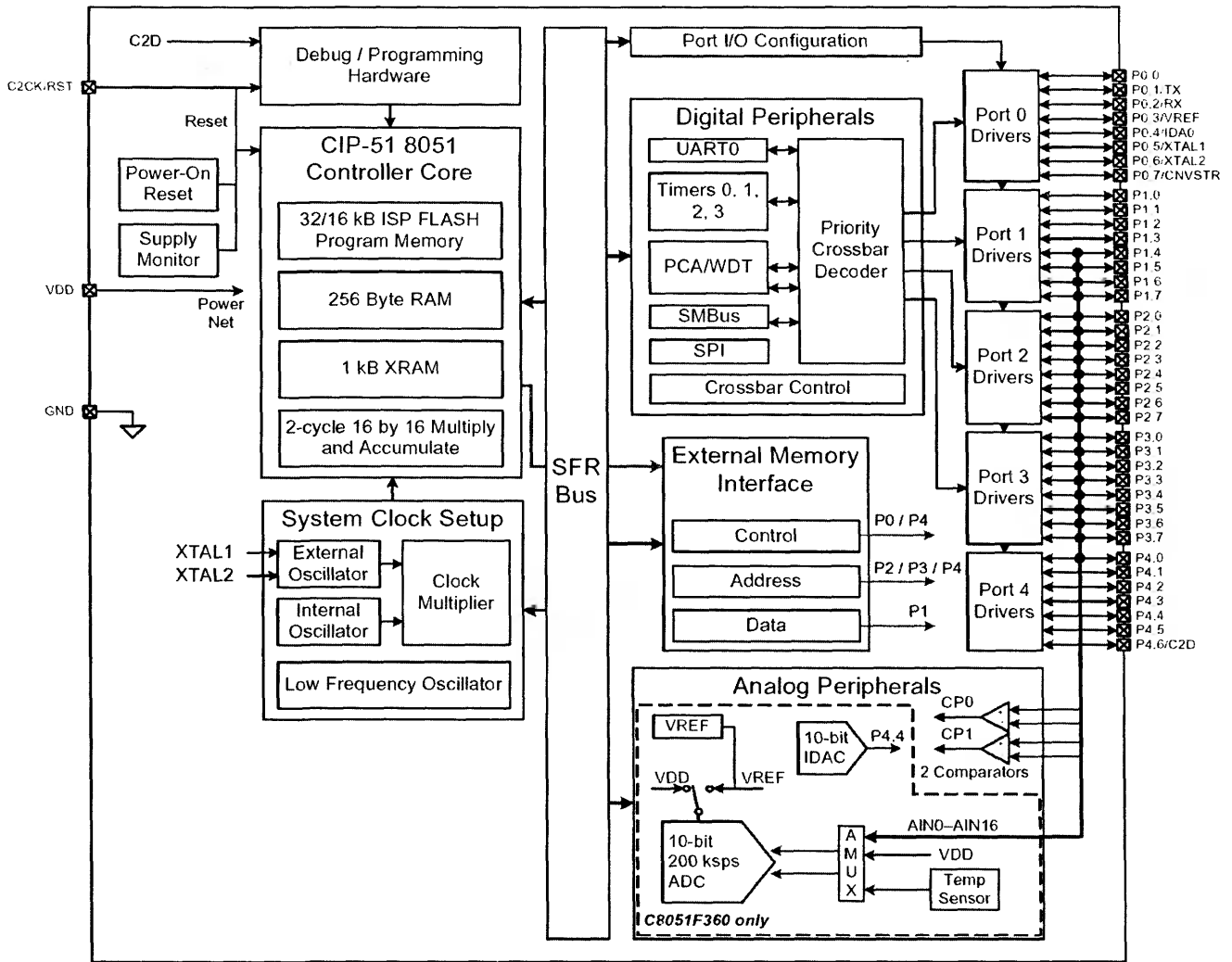


Рис. 1. Структура базового микроконтроллера C8051F360

Отличием от других семейств микроконтроллеров фирмы SiLabs является размер сектора — 1024 байт, а не 512 байт.

Расширенная оперативная память имеет объем 1024 байта, стандартная оперативная память — 256 байт.

Микроконтроллеры имеют от 39 до 24 линий ввода/вывода, совместимых с питанием +5 В.

В состав цифровой периферии входят интерфейс SMBus, совместимый с I²C, и расширенные интерфейсы SPI и UART. Кроме этого имеются четыре шестнадцатититных таймеров/счетчиков общего назначения, программируемый шестнадцатититный счетчик (PCA) с шестью модулями сравнения/захвата и возможностью организации охранного таймера (WDT) и таймера реального времени (RTC). Два микроконтроллера F360 и F363 имеют аппаратный интерфейс внешней памяти (EMI).

В состав аналоговой периферии входит десятибитный аналого-цифровой преобразователь (ADC0) с повышенным быстродействием до 200 ksp/s (тысяч слов в секунду) с аналоговым мультиплексором, позволяющим коммутировать аналоговые сигналы на любые линии ввода/вывода (до 21 входа). В состав этого узла также традиционно входит «оконный» компаратор и температурный датчик. Микроконтроллеры оснащаются также десятибитным цифро-аналоговым преобразователем с токовым выходом и двумя аналоговыми компараторами с программируемой петлей гистерезиса и временем срабатывания. В качестве источника опорного напряжения может использоваться внутрен-

ний источник опорного напряжения 2,44 В, напряжение с внешнего источника, либо напряжение питания.

Микроконтроллеры семейства C8051F36x имеют широкий диапазон напряжений питания — от 2,7 до 3,6 В, однако от напряжения питания зависит максимально возможная тактовая частота. Так в ряде контроллеров (табл. 1) пиковая производительность 100 MIPS достигается только при напряжении питания от 3,0 до 3,6 В, а при более низких напряжениях питания гарантируется пиковая производительность до 90 MIPS. Максимальный ток потребления не более 8 мА.

Новое семейство микроконтроллеров C8051F36x имеет развитый интерфейс программирования и отладки C2 (модифицированный JTAG) и поддерживается фирменной оболочкой программирования и отладки SiLabs IDE и другими программными продуктами. Кроме того, выпускается ряд эволюционных комплектов для ускоренного изучения нового семейства.

Рабочий диапазон температур нового семейства лежит в пределах от -40 до +85 °С.

Микроконтроллеры выпускаются в трех типах корпусов: 48-выводном корпусе TQFP, 32-выводном корпусе LQFP и 28-выводном корпусе QFN (раньше применялось название MLN28).

Важно отметить, что микроконтроллеры F361, F364, F366, F368 повыводно совместимы с микроконтроллером C8051F310, а F362, F365, F367, F369 повыводно совмести-

мы с микроконтроллером C8051F311. Это позволяет легко модифицировать устаревшие изделия, выполненные на микроконтроллерах серии C8051F31х.

Базовым микроконтроллером семейства является C8051F360, имеющий полный комплект периферии. C8051F363 отличается от базового тем, что в нем отсутствует аналоговая периферия. Только эти два микроконтроллера (F360 и F363) из всего семейства имеют аппаратный интерфейс внешней памяти (EMI). Они выпускаются в корпусе TQFP48 (рис. 2).

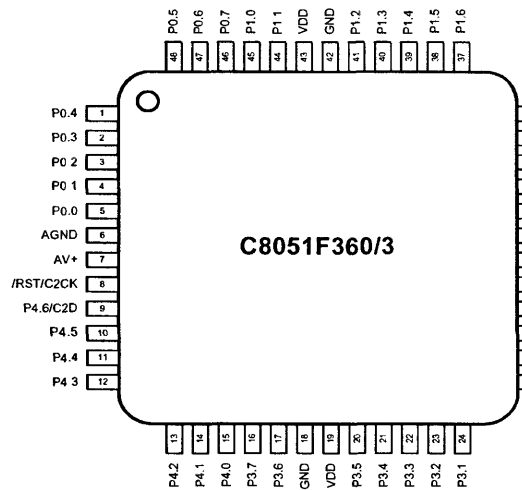


Рис. 2. Разводка выводов микроконтроллеров C8051F360 и C8051F363 в корпусах TQFP48

Четыре других микроконтроллера C8051361, F364, F366 и F368 выпускаются в корпусах LQFP32 (рис. 3), имеющих на 16 выводов меньше, причем микроконтроллер F361 отличается от базового F360 только меньшим количеством линий ввода вывода. F366 имеет пониженную производительность (до 50 MIPS). F368, кроме того, имеет объем Flash-памяти, уменьшенный до 16 Кбайт, а микроконтроллер F364 не имеет аналоговой периферии (табл. 1).

Остальные четыре микроконтроллера C8051362, F365, F367 и F369 выпускаются в корпусах QFT28 (рис. 4), имеющих еще на 4 вывода меньше. Микроконтроллер F362 отличается от базового F360 только меньшим количеством линий ввода вывода, F365 не имеет аналоговой периферии, F367 имеет полную периферию, но пониженную до 50 MIPS пиковую производительность, а

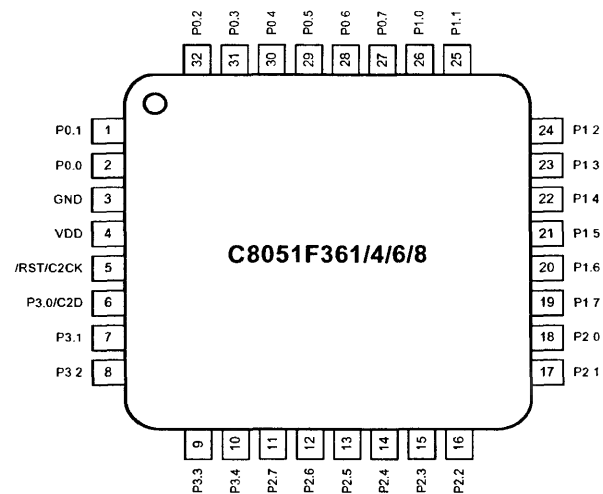


Рис. 3. Разводка выводов микроконтроллеров C8051361, F364, F366 и F368 в корпусах LQFP32

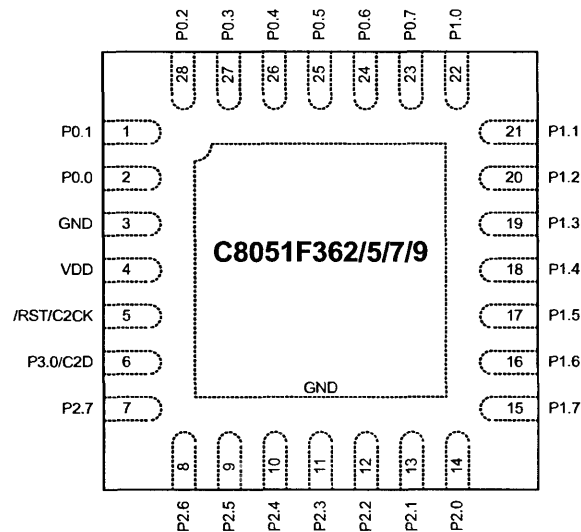


Рис. 4. Разводка выводов микроконтроллеров C8051362, F365, F367 и F369 в корпусах QFT28

микроконтроллер F369 имеет еще и уменьшенный объем Flash-памяти.

В табл. 2 приведено назначение выводов микроконтроллеров семейства C8051F36х.

Рассмотрим основные особенности нового семейства.

Таблица 2

Имя вывода	Выводы корпуса TQFP48 (F360/363)	Выводы корпуса LQFP32 (F361/364/366/368)	Выводы корпуса QFN28 (F362/365/367/369)	Тип	Описание
Vdd	19, 31, 43	4	4		Входы напряжения питания
GND	18, 30, 42	3	3		Цифровая земля (общий)
AGND	6	—	—		Аналоговая земля
AV+	7	—	—		Входы питания аналоговых узлов от +2,7 до 3,6 В
RST/	8	5	5	D I/O	Вход сброса, а также выход с током встроенного монитора
C2CK				D I/O	Тактовая линия интерфейса программирования C2
P4.6/	9	—	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P4.6
C2D				D I/O	Двунаправленная линия данных интерфейса программирования C2
P3.0/	—	6	6	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.0
C2D				D I/O	Двунаправленная линия данных интерфейса программирования C2
P0.0	5	2	2	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P0.0

Имя вывода	Выводы корпуса TQFP48 (F360/363)	Выводы корпуса LQFP32 (F361/364/366/368)	Выводы корпуса QFN28 (F362/365/367/369)	Тип	Описание
P0.1	4	1	1	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P0.1
P0.2	3	32	28	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P0.2
P0.3	2	31	27	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P0.3
P0.4	1	30	26	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P0.4
P0.5	48	29	25	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P0.5
P0.6	47	28	24	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P0.6
P0.7	48	27	23	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P0.7
P1.0	45	26	22	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P1.0
P1.1	44	25	21	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P1.1
P1.2	41	24	20	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P1.2
P1.3	40	23	19	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P1.3
P1.4	39	22	18	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P1.4
P1.5	38	21	17	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P1.5
P1.6	37	20	16	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P1.6
P1.7	36	19	15	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P1.7
P2.0	35	18	14	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P2.0
P2.1	34	17	13	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P2.1
P2.2	33	16	12	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P2.2
P2.3	32	15	11	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P2.3
P2.4	29	14	10	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P2.4
P2.5	28	13	9	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P2.5
P2.6	27	12	8	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P2.6
P2.7	26	11	7	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P2.7
P3.0	25	—	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.0
P3.1	24	7	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.1
P3.2	23	8	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.2
P3.3	22	9	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.3
P3.4	21	10	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.4
P3.5	20	—	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.5
P3.6	17	—	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.6
P3.7	16	—	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P3.7
P4.0	15	—	—	D I/O или AIN	Линия ввода/вывода P4.0
P4.1	14	—	—	D I/O	Линия ввода/вывода P4.1
P4.2	13	—	—	D I/O	Линия ввода/вывода P4.2
P4.3	12	—	—	D I/O	Линия ввода/вывода P4.3
P4.4	11	—	—	D I/O	Линия ввода/вывода P4.4
P4.5	10	—	—	D I/O	Линия ввода/вывода P4.5

Высокая оснащенность новыми периферийными узлами и необходимость их гибкой настройки привели к тому, что количество SFR регистров специальных функций (Special Function Registers) превысило максимальный объем одностраничного набора из 128 регистров. Как результат, новый микроконтроллер имеет двухстраничный комплект SFR регистров (табл. 3).

Карта источников прерывания нового семейства микроконтроллеров показана в табл. 4.

Новые интересные возможности имеют два порта ввода/вывода — P0 и P1. В их структуру введены два дополнительных SFR регистра: регистр сравнения PxMAT (Port x Match Register) и регистр маски PxMASK (Port x Mask Register). При возникновении ситуации, когда (Px & PxMASK) не равны

Таблица 3

Адрес	Номер SFR страницы	0(8)	1(9)	2(A)	3(B)	4(C)	5(D)	6(E)	7(F)
F8	0	SPI0CN	PCA0L	PCA0H	PCA0CPL0	PCA0CPH0	PCA0CPL4	PCA0CPH4	VDM0CN
F0	0 F	B	MAC0BL P0MDIN	MAC0BH P1MDIN	P0MAT P2MDIN	P0MASK P3MDIN	PCA0CPL5	PCA0CPH5	— EMI0TC
E8	0	ADC0CN	PCA0CPL1	PCA0CPH1	PCA0CPL2	PCA0CPH2	PCA0CPL3	PCA0CPH3	RSTSRC
E0	0 F	ACC	P1MAT XBR0	P1MASK XBR1	— —	IT01CF —	— SFR0CN	EIE1	EIE2
D8	0	PCA0CN	PCA0MD	PCA0CPM0	PCA0CPM1	PCA0CPM2	PCA0CPM3	PCA0CPM4	PCA0CPM5
D0	0 F	PSW	REF0CN	MAC0ACC0 CCH0LC	MAC0ACC1 CCH0MA	MAC0ACC2 P0SKIP	MAC0ACC3 P1SKIP	MAC0OVR P2SKIP	MAC0CF P3SKIP
C8	0 F	TMR2CN	— CCH0TN	TMR2RL	TMR2RLH	TMR2L	TMR2H	— EIP1	MAC0STA EIP2
C0	0 F	SMB0CN	SMB0CF	SMB0DAT	ADC0GTL	ADC0GTH	ADC0LTL	ADC0LTH	— EMI0CF
B8	0 F	IP	IDA0CN	AMX0N	AMX0P	ADC0CF	ADC0L	ADC0H	— OSCI

Окончание таблицы 3

Адрес	Номер SFR страницы	0(8)	1(9)	2(A)	3(B)	4(C)	5(D)	6(E)	7(F)
B0	0 F	P3	P2MAT PLL0MUL	P2MASK PLL0FLT	— PLL0CN	—	P4	FLSCL OSCXCSCN	FLKEY OSCICN
A8	0 F	IE	— PLL0DIV	EMI0CN	—	— FLSTAT	— OSCLCN	MACORNDL P4MDOUT	MACORNDH P3MDOUT
A0	0 F	P2	SPIOCFG	SPIOCKR	SPI0DAT	MAC0AL P0MDOUT	MAC0AH P1MDOUT	— P2MDOUT	SFRPAGE
98	0	SCON0	SBUF0	CPT1CN	CPT0CN	CPT1MD	CPT0MD	CPT1MX	CPT0MX
90	0	P1	TMR3CN	TMR3RLL	TMR3RLH	TMR3L	TMR3H	IDA0L	IDA0H
88	0 F	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1	CKCON	PSCTL CLKSEL
80	0 F	P0	SP	DPL	DPH	— CCH0CN	SFRNEXT	SFRLAST	PCON
Адрес	Номер SFR страницы	Бит адресуемые регистры	Стандартно адресуемые SFR регистры с учетом адреса страницы SFRPAGE						

Таблица 4

Источник прерывания	Название	Вектор	Приоритет	Бит адресуемый	Обнуляется аппаратно
Аппаратный сброс	RST	0x0000	Высший	—	—
Внешнее прерывание 0	INT0/	0x0003	0	+	+
Переполнение таймера 0	T0OVR	0x000B	1	+	+
Внешнее прерывание 1	INT1/	0x0013	2	+	+
Переполнение таймера 1	T1OVR	0x001B	3	+	+
Порт UART0	UART0	0x0023	4	+	—
Переполнение таймера 2	T2OVR	0x002B	5	+	—
Интерфейс SPI0	SPI0	0x0033	6	+	—
Интерфейс SMBus/I2C	SMB0	0x003B	7	+	—
Резерв	—	0x0043	8	—	—
Окно ADC0	ADC0W	0x004B	9	+	—
Конец преобразования ADC0	ADC0E	0x0053	10	+	—
Интерфейс PCA	PCA0	0x005B	11	+	—
Компаратор 0	CP0	0x0063	12	—	—
Компаратор 1	CP1	0x006B	13	—	—
Переполнение таймера 3	T3OVR	0x0073	14	—	—
Резерв	—	0x007B	15	—	—
Прерывание сравнения	MAT0	0x0083	16	—	—

(PxMAT & PxMASK) для портов 0 и 1 возникает событие, которое может служить причиной прерывания. Это событие может, например, использоваться для вывода микроконтроллера из заторможенного (SUSPEND) режима.

Узлы интерфейсов SMBus, SPI и UART практически не отличаются от аналогичных узлов других семейств микроконтроллеров фирмы SiLabs.

В заключение отметим, что новое семейство C8051F36x содержит мощные перспективные аналого-насыщенные микроконтроллеры, которые, несомненно, заинтересуют разработчиков.

Олег Николайчук,
г. Кишинев, Молдова

ЛИТЕРАТУРА:

1. http://www.silabs.com/public/documents/tpub_doc/dsheet/Microcontrollers/Small_Form_Factor/en/C8051F36x.pdf

Потенциометры для регулировки контраста

В статье рассмотрены схемы и принцип работы потенциометров с цифровым управлением яркостью и контрастом на примере моделей производства Dallas Semiconductor.

УПРАВЛЕНИЕ КОНТРАСТОМ ЖК-ДИСПЛЕЕВ

Для отображения текста и изображений производители портативного оборудования, рабочих станций, портативных компьютеров, мобильных телефонов и видео игр используют плоские дисплеи. Традиционно для регулировки контраста и яркости дисплеев использовались механические потенциометры. Однако сегодня им

на смену приходят цифровые устройства управления.

Для иллюстрации схемы с цифровым управлением яркостью и контрастом рассмотрим два цифровых потенциометра семейства Dallastats DS1668/DS1669, которые на практике могут быть заменены любым другим цифровым потенциометром производства Dallas Semiconductor. Модели DS1668/DS1669 были выбраны

благодаря их простому кнопочному интерфейсу управления положением движка. Кнопочный интерфейс наиболее удобен для подстройки контраста плоских ЖК-дисплеев и по своей сути очень близок к традиционным механическим потенциометрам. Что более важно, DS1668/DS1669 имеют встроенный блок энергонезависимой памяти, который сохраняет положение движка после выключения питания системы. Замена механического компонента на цифровой дает дополнительные преимущества в области управления, надежности и автоматизации производства конечной продукции.

Кроме того, управление DS1669 может осуществляться через цент-

ральный процессор, что позволяет разработчику создать потенциометр с управлением через программное обеспечение или управлять им с помощью клавиатуры. Такая гибкость не доступна при работе с механическими переменными резисторами.

Поскольку DS1669 является интегрированным монолитным решением без подвижных частей, его надежность по сравнению с традиционными решениями неоспорима. DS1669 выпускаются в стандартных DIP-8 и SOIC-8 корпусах для автоматизированного монтажа на плату.

В схеме регулировки контраста DS1669 можно расположить на плате в стороне от кнопки соответствующей секции панели управления дисплеем.

Рассмотрим некоторые характеристики дисплеев, в которых могут использоваться цифровые потенциометры.

ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ДИСПЛЕИ

ЖК-дисплеи можно разделить на две категории: цифробуквенные и графические модули. Каждый из них, в зависимости от требований к источнику питания, имеет вход управля-

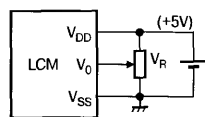


Рис. 1. Конфигурация питания жидкокристаллического цифробуквенного дисплея

щего напряжения, которое в большинстве случаев может изменяться для регулировки контраста.

Контраст дисплея может меняться вследствие изменения приложенного управляющего напряжения или температуры окружающей среды. Темпера-

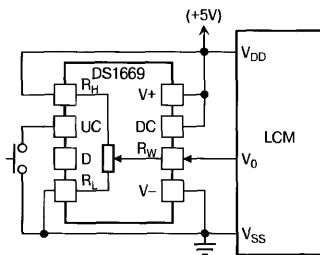


Рис. 2. ЖК модуль с DS1669

турные изменения обычно нежелательны, поскольку они значительно ухудшая контрастность экрана. Для регулировки управляющего напряжения используется переменный ре-

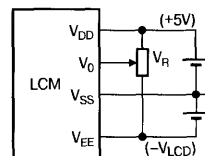


Рис. 3. Конфигурация питания графического модуля

зистор, если увеличение напряжения может «перекрыть» эффект температурного сдвига. Кроме того, потенциометр позволяет удовлетворить требования пользователя по яркости и контрастности экрана.

ЦИФРОБУКВЕННЫЕ ЖК МОДУЛИ

Цифробуквенные индикаторы имеют небольшие габаритные размеры и используются в небольших портативных системах. Требования к питанию таких модулей сводятся к одиночному источнику питания 5 В, который питает как ЖК-дисплей, так и драйвер логики. Дополнительное напряжение необходимо для обеспечения питанием управляющих функций ЖКД (рис. 1).

Управляющее напряжение модуля V_0 снимается с потенциометра V_R . Типичное номинальное значение таких потенциометров колеблется в диапазоне 10...20 кОм. Такие же но-

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ВАШЕЙ ЛАДОНИ!



Agilent Technologies

- ▶ 13 видов измерений
- ▶ точность измерений 0.03%
- ▶ IR-USB совместимость
- ▶ самописец в ручном и автоматическом режиме
- ▶ признаны лучшими приборами 2006 года!

Модель	U1251A	U1252A
Дисплей (осн./доп.)	50,000/50,000	50,000/50,000
Интегрированные функции	мультиметр, частотомер, термометр	мультиметр, частотомер, генератор, термометр
True RMS	AC	AC+DC
Питание	Аккумуляторная батарея с возможностью встроенной подзарядки	

ПЛАТАН www.platan.ru

- Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2
Тел. (495) 97 000 99 E-mail: platan@aha.ru
- Москва, 1-й Щемилевский пер., д. 16, стр. 2
Тел. (495) 744 70 70 E-mail: platan@platan.ru



миналы имеют модели потенциометров серии DS1669.

DS1669 подходит для любых ЖК-модулей, имеющих аналогичные условия питания. На рис. 2 показана конфигурация DS1669, которая подходит для источников питания и управляющего напряжения ЖК модулей, представленных на рис. 1. Устройство подключено как простая кнопка для управления перемещением движка. Также можно использовать топологию двойной кнопки. Одно- и двухкнопочное управление описано ниже.

Вывод движка R_W потенциометра DS1669 напрямую подключается к контакту управляющего напряжения ЖК модуля V_O . В схеме питания, представленной на рис. 1, для работы DS1669 с ЖК модулем больше не требуется дополнительных компонентов.

ГРАФИЧЕСКИЕ ЖК МОДУЛИ

Графические модули значительно превосходят по габаритам цифробуквенные дисплеи и работают с различными напряжениями питания. Как показано на рис. 3, питающая часть для таких модулей состоит из источника питания 5 В для питания логики и V_{LCD} входа для питания модуля. Управляющее напряжение V_O , которое контролирует контраст, снимается с комбинированного источника логики 5 В и V_{LCD} питания модуля через потенциометр R. Как и в случае с цифробуквенными аналогами, номинальное значение потенциометра колеблется в пределах 10...20 кОм. Комбинированное напряжение в этом случае допускает напряжение на контакте V_O находится в диапазоне от 0 до $V_{LCD} + 5$ В. Напряжение питания V_{LCD} зависит от типа используемого графического дисплея.

Диапазон напряжения V_O предотвращает прямое использование DS1669. Для нивелирования сложностей с максимальным предельным током движка с высоким напряжением, требуемым для данной схемы, цифровой потенциометр используется вместе с операционным усилителем (рис. 4). Назначение операционного усилителя заключается в генерации управляющего напряжения V_O , которое выходит за пределы спецификации при работе с цифровым потенциометром. Кроме того, операционный усилитель ограничивает величину тока, протекающего

щего через движок, и обеспечивает полный диапазон управляющего напряжения для ЖК модуля.

Пятивольтовый источник питания, использующийся для питания логической схемы модуля, также используется для питания потенциометра DS1669 (рис. 4). Потенциометр работает как аттенуатор 5-вольтового входного сигнала для неинвертированного вывода операционного усилителя.

Выход операционного усилителя управляет напряжением контраста ЖК модуля V_O и рассчитывается по формуле:

$$V_O = 5n/63 \times (1 + R_2/R_1) - 5(R_2/R_1), \quad (1)$$

где n — количество положений движка потенциометра ($n = 0...63$).

Номинальные значения резисторов R_1 и R_2 выбираются по формуле:

$$R_2/R_1 = V_{LCD}/5. \quad (2)$$

Выбор резисторов R_1 и R_2 позволяет менять выходное напряжение операционного усилителя, подаваемое на контакт V_O , в зависимости от номинального питания жидкокристаллического графического модуля. Вывод движка напрямую подключается к неинвертируемому выводу операционного усилителя, как показано на рис. 4. Рекомендуется использовать диод Шоттки D1 (типа 1N5818 или аналог) для обеспечения дополнительной защиты от бросков питания в этапе его включения и выключения.

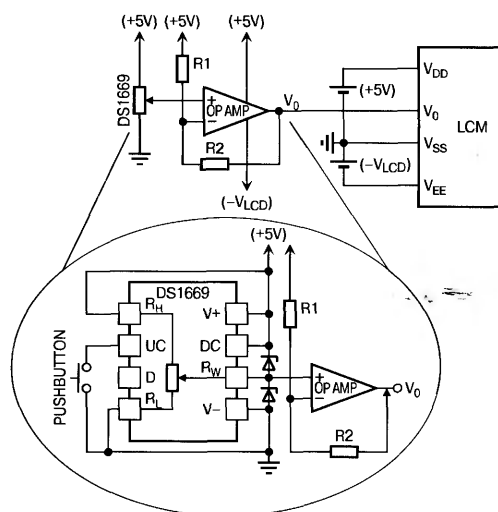


Рис. 4. Конфигурация питания жидкокристаллического цифробуквенного дисплея

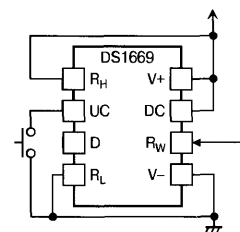


Рис. 5. Конфигурация питания жидкокристаллического цифробуквенного дисплея (однокнопочная конфигурация DS1669)

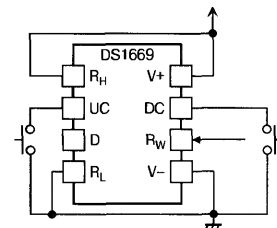


Рис. 6. Конфигурация питания жидкокристаллического цифробуквенного дисплея (типичная схема включения DS1669 (две кнопки))

ПРИНЦИП РАБОТЫ DS1669

Как уже отмечалось, потенциометр DS1669 имеет простой кнопочный интерфейс UDC (Up/Down Control).

Микросхема DS1669 может быть сконфигурирована на управление при помощи как одной кнопки, так и при помощи двух кнопок. При этом цифровой вход D обеспечивает возможность управления потенциометром с помощью микроконтроллера или процессора.

На рис. 5 и 6 представлены обе конфигурации. Замыкание контактов определяется как переход от высокого уровня к низкому на высоком контакте (UC), низком контакте (DC) или цифровом входе (D). Эти входы являются неактивными в высоком состоянии.

Микросхема использует ширину входного импульса для управления передвижением движка. Одиночный входной импульс на входах UC, DC или D изменяет положение движка на 1/64 по отношению к конечному сопротивлению потенциометра. Переход к высокому или низкому уровню на этих входах активизирует работу устройства и приводит к замыканию контакта. Одиночный импульс срабатывания должен превышать 1 мс, но длиться не дольше 1 с. Повторяющиеся импульсы на входах потенциометра могут использоваться для более быстрого перемещения движка (рис. 7, б). Они должны быть разделены интервалом не менее 1 мс, в против-

ном случае DS1669 расценивает их как одиночный импульс.

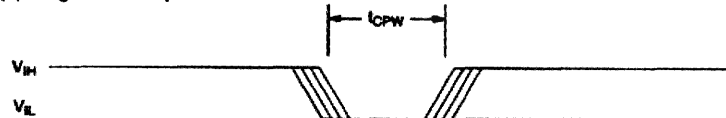
Импульсы продолжительностью более секунды приведут к непрерывному перемещению движка через каждые 100 мс после первой секунды. Суммарное время достижения предельного значения потенциометра при непрерывном импульсе можно рассчитать по формуле:

$$1 \text{ с} + 63 \times 100 \text{ мс} = 7,3 \text{ с.}$$

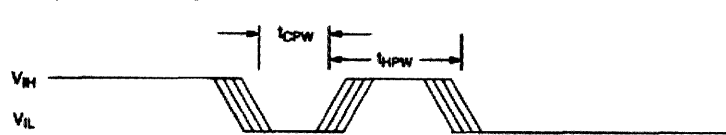
Однокнопочная конфигурация позволяет пользователю контролировать положение движка в обоих направлениях посредством одной кнопки. На рис. 5 показана типичная конфигурация такой схемы. Вход УС используется для увеличения и уменьшения сопротивления движка, т. е. осуществляет режим однокнопочной работы. Вход DC не имеет рабочих функций в таком режиме, но контакт должен быть подключен к положительному источнику питания (V_{CC}). Цифровой вывод D находится в холостом режиме.

При включении питания устройства необходимо сконфигурировать схему, как показано на рис. 5, тогда

(a) Single Pulse Inputs



(b) Repetitive Pulse Inputs



(c) Continuous Pulse Inputs

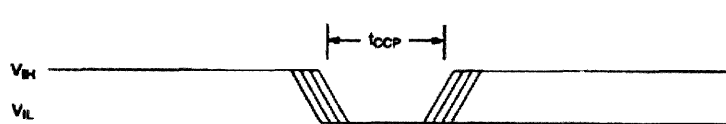


Рис. 7. Конфигурация питания жидкокристаллического цифробуквенного дисплея. Диаграмма временных параметров

потенциометр обеспечит однокнопочный режим работы. Вход DC должен быть обязательно подключен к источнику положительного напряжения V_{CC} . Направление изменения положения движка при однокнопочной конфигурации определяется первичным шагом. Изменение направления движения движка осуществляется посредством периода бездействия на входе УС в течение секунды и более.

Причем при однокнопочной конфигурации, когда движок достигает своего конечного положения, его направление меняется. Это происходит вне зависимости от того, поступает ли на вход постоянный, непрерывный или одиночный импульс.

При включении потенциометра в конфигурацию с двумя кнопками каждое направление движка управляется повышающим контактом УС













Новый взгляд на старые вещи: SOP замена DIP оптореле

- 1 канал (SOP-4), 2 канала (SOP-8)
- полная замена оптореле серий KP293 и K449
- коммутируемое напряжение 60/200/400 В
- выходной ток 60...350 А AC/DC
- напряжение изоляции 1500 В
- замена реле KAQY, KAQW (Cosmo), CPC (Clare)
- бессвинцовая технология





5P...(AC30S)



www.platan.ru

- Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2
Тел. (495) 97 000 99 E-mail: platan@aha.ru
- Москва, 1-й Щемиловский пер., д. 16, стр. 2
Тел. (495) 744 70 70 E-mail: platan@platan.ru

и понижающим контактом DC соответственно. Для изменения положения движка в двухкнопочном режиме нет режима ожидания. При достижении движком своего крайнего положения направление его движения не меняется. Положение движка фиксируется в конечной точке, пока не активизируется входной контакт обратного движения.

Все контакты управления кнопкой UC, DC и D, внешне нагружаются резистором 100 кОм. Выводы UC и DC имеют внутреннюю защиту от дребезга контактов и не требуют внешних компонентов для формирования сигнала.

ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМАЯ ПАМЯТЬ ПОЛОЖЕНИЯ ДВИЖКА

При отключении питания микросхема DS1669 запоминает последнее положение движка. Эта функция обеспечивается встроенным блоком EEPROM памяти. В нормальном

режиме работы положение движка определяется входным мультиплексором. Периодически мультиплексор обновляет данные EEPROM ячеек памяти. Порядок обновления ячеек был оптимизирован разработчиками для большей надежности, износоустойчивости и эффективности. Кроме того, операция апдейта полностью открыта для пользователя. Если изменяются установки Dallastat после включения питания, новое значение сохраняется с задержкой до 2 секунд.

После сохранения первоначальных измерений последующие изменения в структуре EEPROM памяти возникают, только если положение движка изменится больше, чем на 12,5 % от конечного сопротивления потенциометра. Любые другие изменения после включения питания, меньшие 12,5 %, не сохраняются в ячейках EEPROM памяти. Поскольку Dallastat имеет 64-1 мультиплексор, изменения на 12,5 %

соответствуют изменению четвертого младшего разряда (LSB).

Изменения или сохранение в EEPROM память имеют 2-секундную задержку для гарантированного обновления данных. EEPROM память имеет 80,000 номинальных циклов записи. Если память выработала свой полный ресурс, Dallastat сохраняет свою функциональность, пока включено питание. Однако повторное включение питания вернет потенциометр на тот уровень сопротивления, который был сохранен последним перед износом памяти.

Михаил Крюков
г. Москва

ЛИТЕРАТУРА:

1. http://www.rtcs.ru/popup_product.asp?id=6044
2. http://www.maxim-ic.com/design_guides/en/DIGITAL_POTENTIOMETERS_8.pdf

Системы бесконтактной идентификации для складских приложений и логистики

Современные технологии беспроводной передачи данных приходят на смену классическим средствам, и, пожалуй, этот прогресс особенно много преимуществ дает в области систем бесконтактной идентификации. До этого этапа для выполнения задач автоматизации учета на складах, в охранных системах для ограничения и контроля доступа использовались штрих-коды, недостатки которых в сравнении с современными системами RFID очевидны — малый объем записанной информации, низкая надежность, отсутствие гибкости, присущей системам бесконтактной идентификации. Сейчас все больше приложений используют современные технологии RFID, что привело к формированию разных требований к таким системам и дало в результате расслоение и появление нескольких категорий меток и считывателей, обладающих разными возможностями. Наша задача в этой статье — познакомить вас с новыми подходами к проектированию RFID-систем и познакомить с продукцией RFID компании NXP.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ RFID

Многообразие приложений, использующих RFID, а также бурный, превосшедший все ожидания мировой рост спроса на теги, как указывалось во введении, приводит к расслоению компонентов RFID и появлению различных типов, предназначенных для использования в соответствующих областях. Этот рост вывел технологию RFID на принципиально новый

уровень и сделал и без этого важную задачу стандартизации компонентов для RFID более горячей. При этом массовость продукта заставляет перейти от стандартов предприятий к глобальной стандартизации — поскольку вполне очевидно, что компании, использующие технологию RFID и вкладывающие в это большие ресурсы, не хотят быть зависимыми от какого-либо одного производителя.

Поэтому появление EPCglobal ни для кого не явилось неожиданностью.

НЕМНОГО ИСТОРИИ. EPCGLOBAL

В 1999 г. был создан Центр Auto-ID (Auto-ID Center), чтобы донести до общества преимущества технологии RFID. В настоящее время Центр передал эту обязанность организации EPCglobal. Помимо продвижения идеи бесконтактной идентификации, EPCglobal разрабатывает общедоступные универсальные стандарты, чтобы управление каналами поставок на основе RFID стало возможным по всему миру.

Первой разработкой EPCglobal в сфере стандартизации стала в 2004 г. спецификация EPC Класс 1 — поколение 2, предназначенная для того, чтобы создать основу для сети EPCglobal (товарные коды, технологии и программная поддержка). Чтобы создать по-настоящему глобальную инфраструктуру, в начале 2005 г. EPCglobal представила на рассмотрение свою спецификацию EPC Класс 1 — поколение 2 для включения ее в ISO18000 — международный стандарт для управления изделиями методом радиочастотной идентификации.

Спецификация 1-го поколения EPC Класс 1 была специально разработана Центром Auto-ID для США с учетом только их регулирующих норм и по-

ложений, тем самым ограничивая возможность глобального использования этих технологий. Спецификация EPC Класс 1 — поколение 2, наоборот, полностью учитывает разнообразие местной специфики по рабочей мощности и диапазону используемых частот, что является необходимым условием для создания в полном смысле слова глобальной сети и универсального стандарта.

Хотя EPCglobal включила в Спецификацию EPC Класс 1 — поколение 2 свою структуру данных, стандарт ISO18000, устанавливая радиоинтерфейсный протокол для различных частот, на которых работают RFID этикетки и считыватели, не требует совместимости с какой-то определенной структурой данных. Пользуясь стандартом ISO18000, компании, работающие в различных отраслях промышленности, могут устанавливать свою собственную, характерную для их области применения систему нумерации. Без сомнения, любая совместимая со стандартом ISO18000 инфраструктура сможет читать все этикетки, отформатированные в соответствии со структурой данных EPCglobal, что, несомненно, является

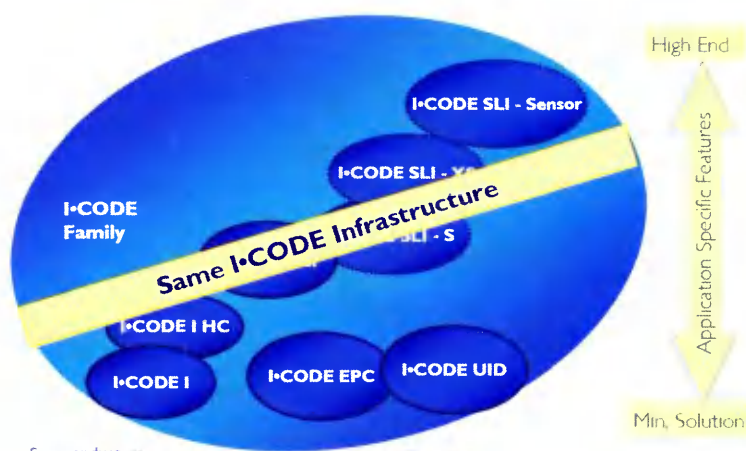


Рис. 1. Состав RFID-меток семейства NXP ICode

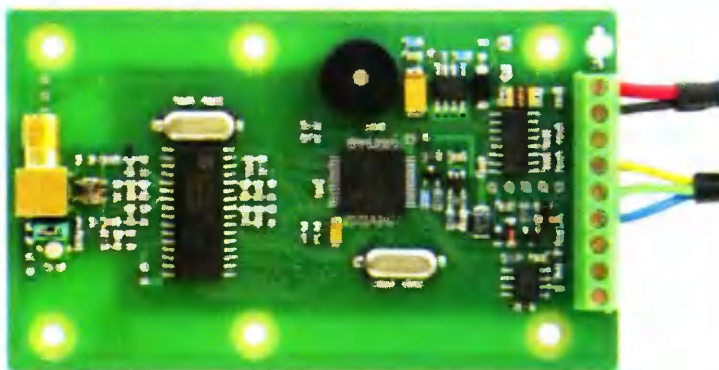


Рис. 2. Внешний вид модуля RFID-считывателя МикроЭМ с интерфейсом UART/RS-232

электронные компоненты

МИКРОЭМ

Москва
тел.(495) 739-6539
739-6509

Санкт-Петербург
тел.(812) 320-9880
320-9881

Чебоксары
тел.(8352) 62-41-89

Ростов-на-Дону
тел.(8632) 20-67-67

**СИСТЕМЫ
БЕСКОНТАКТНОЙ
ИДЕНТИФИКАЦИИ (RFID)**

NXP

- Компоненты платежных систем и систем контроля доступа на базе стандарта Mifare
- Оборудование для транспорта и логистики на базе семейств ICode и UCode EPC Gen 2
- Интегральные схемы для изготовления считывателей, транспондеров
- RFID считыватели собственного производства и от наших партнеров
- Заказной дизайн считывателей стандартов ISO14443 и ISO15693

microem.ru
microem@microem.ru

MF RC530

Таблица 1. Состав семейства меток ICode

Свойства	I-CODE 1	I-CODE SLI	I-CODE SLI-S	I-CODE UID	I-CODE EPC
Рабочая частота, МГц	13,56	13,56	13,56	13,56	13,56
Память	512 бит (EEPROM)	1024 бит (EEPROM)	1280 бит (EEPROM), 96 бит (OTP)	96 бит (EEPROM)	96 бит (OTP)
Уникальный серийный номер	64 бит	64 бит	64 бит	64 бит	64 бит
Скорость обмена, кбод	26,5	53	53	53	53
Секретность	Поблочная защита записи	Поблочная защита записи	Поблочная защита записи, 32 бит пароль чтение/запись страниц	да	да
Рабочая дистанция, м	1,5	1,5	2	1,5	1,5
Рабочая температура, °C	-25...+70	-25...+70	-25...+70	-25...+70	-25...+70
Антиколлизия	30 этикеток/с	60 этикеток/с	60 (ISO), 200 (EPC) этикеток/с	200 этикеток/с	200 этикеток/с
Поставка в виде кремниевых пластин	да	да	да	да	да
Поставка в виде микромодулей	MOA2	MOA2, FCP	MOA2, FCP	FCP	FCP
Стандарт	ICode 1	ISO15693, ISO18000-3	ISO15693, EPC, ISO18000-3	EPC	EPC

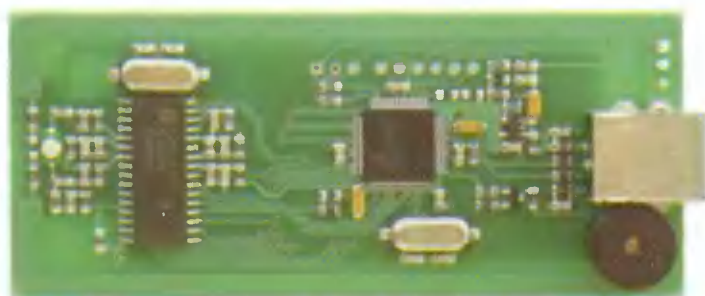


Рис. 3. Внешний вид модуля RFID-считывателя МикроЭМ с интерфейсом USB

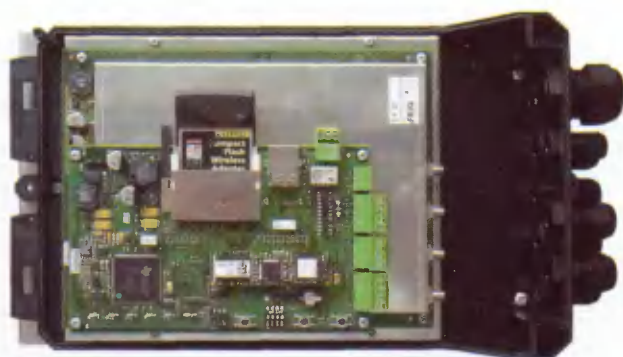


Рис. 5. Внешний вид считывателя Feig

Таблица 2. Технические параметры меток семейства UCode

Свойства	UCODE HSL	UCODE EPC Gen2
Память		
Объем [бит]	2048	512
EPC	—	да
Циклов перезаписи	100 000	100 000
Хранение данных [лет]	10	10
RF-интерфейс		
Стандарты	ISO 18000	UHF EPC Gen2, ISO 18000
Частота	UHF / 2,45 ГГц	UHF
Скорость обмена [Кбит/с]	До 40	До 640
Антиколлизия (меток/с)	До 100	До 600
Рабочая дистанция [м]	7,0	7,0
Защита		
Уникальный серийный номер [байт]	8	4
Защита записи	Побайтно	Поблочно



Рис. 4. Внешний вид считывателя RI03M производства компании Ридер

ключевым этапом в создании действительно глобального рынка радиочастотной идентификации.

Не дожидаясь включения спецификации в стандарт ISO18000, ведущие розничные компании и их поставщики уже используют EPCglobal-совместимые этикетки, главным образом, в управлении каналами поставок для розничной торговли на уровне контейнеров и поддонов. Среди них такие, как Wal-Mart Stores, Hewlett Packard, Министерство обороны США и METRO Group — третья по величине мировая розничная торговая сеть. Metro уже на протяжении долгого времени оказывает финансовую поддержку EPCglobal и входит в состав правления EPCglobal, а также в состав ассоциации развития EPCglobal. Как убежденный сторонник методов радиочастотной идентификации Metro внедрила RFID в свой канал поставок на уровне поддонов и к концу года планирует внедрение на уровне контейнеров.

Очевидно, что от стандартизации ISO выигрывает не только розница. RFID-маркировка на уровне изделия поможет открыть и другие рынки, в том числе фармацевтический рынок и рынок моды. Этим рынкам нужно

огромное количество наклеек, поэтому они являются весьма крупной категорией потенциальных потребителей этой категории продуктов.

Итак, подведем итоги сказанному. EPCglobal — это некоммерческая организация, куда входят ведущие мировые розничные сети и разработчики высоких технологий, такие как Hewlett-Packard, Procter & Gamble, Массачусетский технологический институт и, конечно, NXP. Как пионер и лидер в RFID, принимающий активное участие в работе консорциума, Philips также является одним из основных поставщиков самых современных RFID-микросхем, отвечающим самым высоким запросам потребителей.

Пожалуй, сегодня NXP — один из основных производителей и поставщиков полупроводниковых компонентов на рынке радиочастотной идентификации. Это было достигнуто благодаря его глубокой приверженности новаторству и лидерству в научных исследованиях. В EPCglobal NXP играет ключевую роль, входя в состав ассоциации развития EPCglobal и как ведущий член ее технической рабочей группы. Помимо разработки своих технологических ноу-хау, NXP является поставщиком для таких крупных розничных сетей, как Wall-Mart, Ahold and Tesco, что дает ему ясное представление об актуальных коммерческих вопросах и технологических требованиях и запросах потребителей.

КОМПОНЕНТЫ RFID КОМПАНИИ NXP ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ, ЛОГИСТИЧЕСКИХ И СКЛАДСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Как указывалось выше, в первую очередь компоненты для RFID получили широкое распространение в таких проектах, как платежные транспортные системы, муниципальные социальные карты, системы оплаты услуг в спортивных центрах, гостиницах, автомобильных парковках. Почти все они базируются на стандарте Mifare, разработанном компанией Philips Semiconductors. Этот стандарт обеспечивает максимальную защиту данных, используя самые современные технологии шифрования и обеспечения секретности. Благодаря этому именно интегральные схемы с бесконтактным интерфейсом Mifare используются для хранения биометрической информации в гражданских паспортах и персональных данных в водительских удостоверениях.

Другим не менее важным применением RFID-систем являются транспорт, логистика и организация складской деятельности. Для подобных систем компания Philips Semiconductor разработала два семейства продуктов ICode с рабочей частотой 13,56 МГц и UCode, работающие в диапазоне частот UHF (900 МГц). В настоящее время все RFID-продукты, разработанные компанией Philips Semiconductor, производятся компанией NXP. Подробнее они будут рассмотрены ниже. Особенно важно, что эти продукты соответствуют стандартам международной организации EPCGlobal. Метки стандарта EPC обеспечивают быструю и прозрачную логистику грузов благодаря своим техническим свойствам, быстрой антиколлизии, большой рабочей дистанции и соответствию международным стандартам, что дает возможность чтения и записи информации в любой точке земного шара.

Все предприятия, работающие на ранке RFID-систем, можно условно разделить на три основные группы:

- производители специализированных электронных компонентов (интегральных схем считывателей, транспондеров);
- производители компонентов RFID (считывателей, бесконтактных карт и этикеток);
- системные интеграторы.

ICODE — СЕМЕЙСТВО RFID-МЕТОК С РАБОЧЕЙ ЧАСТОТОЙ 13,56 МГц

Метки ICode идеально подходят для использования в системах бесконтактной идентификации в различных складских приложениях, а также с устройствах идентификации, применяемых в логистике. Семейство ICode применяется в качестве электронных этикеток для идентификации багажа в аэропортах, посылок, книг в библиотеках, одежды в магазинах и т.п. Семейство ICode включает в себя четыре основные группы продуктов — ICode 1, ICode SLI, ICode UID и ICode EPC. Микросхемы ICode 1 и ICode SLI содержат встроенную память EEPROM, которая обеспечивает время хранения данных не менее 10 лет, при этом обеспечивается более 100 000 циклов перезаписи. ИС ICode 1 имеет память EEPROM объемом 512 бит с организацией 16 блоков по 4 байта каждый, ИС ICode SLI имеет 1024 бит встроенной EEPROM с организацией

32 блока по 4 байта. Все микросхемы семейства ICode имеют 8-байтный уникальный серийный номер, блокировку записи и поддерживают алгоритм антиколлизии. ICode SLI полностью поддерживает стандарт ISO 15693. Отметим, что микросхемы ICode EPC и ICode UID предназначены для замены стандартного штрих-кода. ICode EPC имеют 96 бит однократно программируемой пользовательской памяти (OTP — One Time Programming), а микросхемы ICode UID имеют 96 бит EEPROM и 40-битный уникальный серийный номер. Они имеют 16 бит памяти для сохранения CRC и защищенную паролем команду уничтожения содержимого метки. Системы, построенные на базе микросхем ICode EPC и ICode UID, являются весьма производительными и позволяют идентифицировать до 200 меток в секунду. Компания NXP производит ИС-считыватели для семейства ICode: SLRC400 с поддержкой ICode1 и ICodeSLI и CLRC632 с поддержкой ICode1, ICodeSLI и Mifare. В 2007 г. компания NXP планирует выпустить ИС считывателя CLRC660 в миниатюрном корпусе HVQFN32 (5×5×0,85 мм), который ориентирован в основном на мобильные считывающие устройства и платежные терминалы с рабочей дистанцией менее 50 мм. CLRC660 аппаратно поддерживает ИС транспондеров ICode 1/SLI/EPC/UID и Mifare, связь с внешним контроллером осуществляется через RS232, I²C, SPI интерфейсы.

В качестве средств разработки для семейства ICode компания МикроЭМ предлагает считыватель CLRD701 с компакт диском собственного производства, который содержит документацию, терминальные программы для Mifare и ICode и примеры исходных текстов программ на языке Си.

На рис. 1 графически представлен состав семейства ICode, а в табл. 1 приведены четыре массово производимые на данный момент метки, входящие в этой семейство и новая ИС ICode SLI-S.

Рассмотрим немного подробнее каждый продукт в семействе ICode. RFID-метки ICode I имеют следующие отличительные особенности:

- двунаправленная пассивная радиочастотная связь на частоте 13,56 МГц;
- размер встроенной памяти — 512 бит;

- уникальный серийный номер — 64 бит;
- программируемая пользовательская память — 384 бит;
- максимальная дистанция для операция чтения и записи — 1,2 м;
- высокая производительность, вплоть до 30 меток/с;
- наличие функции EAS (повторное использование EAS-меток);
- дистанция обнаружения EAS — до 1,5 м;
- совместимость с FCC47, а также с ETSI 300-330 и ETSI 300-683;
- доступность установки в миниатюрные зазоры и отверстия (метки ICode I NC).

Для меток семейства ICode SLI основные характеристики можно представить следующим образом:

- двунаправленная пассивная радиочастотная связь на частоте 13,56 МГц;
- интерфейс соответствует стандартам ISO 15693 и ISO 18000-3;
- объем встроенной памяти — 1024 бит;
- доступная для программирования пользователем память — 896 бит;
- радиус действия — до 1,5 м;
- используют детерминированный алгоритм антиколлизий;
- высокая производительность и одновременное считывание до 60 меток/с;
- наличие функции EAS;
- совместимы с FCC47, а также ETSI 300-330 и ETSI 300-683.

Среди основных возможностей RFID-меток семейства ICode EPC и ICode UID выделим следующие:

- двунаправленная пассивная радиочастотная связь на частоте 13,56 МГц;
- архитектура меток совместима со стандартами ISO;
- диапазон функционирования — до 1,5 м;
- усовершенствованная система антиколлизий позволяет добиться уникальной производительности 200 меток/с;
- имеется команда разрушения метки;
- наличие механизмов, обеспечивающих устойчивую работу меток в сложной помеховой обстановке;
- метки совместимы с FCC47, а также ETSI 300-330 и ETSI 300-683.

Рассмотрим подробнее базовые параметры меток семейства ICode SL-S:

- интерфейс соответствует стандартам ISO 15693 / ISO 18000-3;

- общий объем памяти — 2048 бит;
- уникальный серийный номер — 64 бит;
- EPC номер — 96 бит;
- EPC антиколлизия (200 меток/с);
- функция EAS;
- рабочая дистанция — до 2,0 м;
- высокая резонансная емкость;
- 32 бит пароль на уничтожение метки;
- 32 бит пароль для функций чтения/записи.

СЧИТЫВАТЕЛИ ДЛЯ RFID-МЕТОК С РАБОЧЕЙ ЧАСТОТОЙ 13,56 МГц

Для меток с рабочей частотой 13,56 МГц, среди которых и семейство ICode компании NXP, наиболее функциональными и недорогими являются считыватели с интерфейсом UART/RS-232 и USB производства компании «МикроЭМ» и считыватель RI03M компании ООО «Ридер». Рассмотрим эти считыватели подробнее.

Для работы с метками семейства ICode с рабочей частотой 13,56 МГц инженерами компании «МикроЭМ» были разработаны два модуля считывателей: один из них с интерфейсом UART/RS-232, а другой с интерфейсом USB. Первый из них носит название UEM Mifare/ICode RS reader и показан на рис. 2.

Считыватель имеет небольшие размеры (95×55×12 мм) и поддерживает метки следующих стандартов:

- ISO14443 (части 1-4);
- ISO15693;
- EPC;
- ISO18000-3;

При этом поддерживаются следующие типы RFID-карт:

- Mifare 1K/4K/Ultralight/DesFire/ProX/SmartMX;
- любые типы карт формата T=CL;
- ICode SLI/EPC/UID;
- Tag-it HF-I;

Скорость обмена данными с картами стандарта ISO14443 составляет 106...848 Кбод, а для карт стандарта ISO15693/EPC равна 53 Кбод. Как указывалось выше, считыватель имеет интерфейсы UART/RS-232, а также имеет возможность подключения к шине RS-485 (до 32 устройств одновременно). Для удобства работы модуль снабжен внутренней антенной, а также имеет возможность подключения внешней (через SMA-разъем) для увеличения дальности работы: при использовании встроенной антенны дистанция составляет 80 мм, а при использовании внешней антенны

дальность достигает 300 мм (для случая стандарта ISO15693). Считывателю требуется постоянное напряжение 6...12 В. При подключении к персональному компьютеру программное обеспечение считывателя, поставляемое вместе с ним, может работать в операционных системах Windows 2000/XP. Кроме программного обеспечения, позволяющего работать со всеми типами карт, поддерживаемыми считывателем, поставляется также библиотека DLL с подробным описанием функций и руководство для программиста, а также пример программы чтения серийного номера с исходным кодом на языке программирования Си++. Доступны следующие версии продукта:

- поддержка ISO14443A;
- поддержка ISO14443A и B;
- поддержка ISO14443A и B, ISO15693;

USB-считыватель RFID-меток производства компании МикроЭМ показан на рис. 3.

UEM Mifare/ICode USB reader поддерживает следующие стандарты:

- ISO14443 (части 1-4);
- ISO15693;
- EPC;
- ISO18000-3.

Поддерживаемые считывателем типы карт:

- Mifare 1K/4K/Ultralight/DesFire/ProX/SmartMX;
- любые типы карт формата T=CL;
- ICode SLI/EPC/UID;
- Tag-it HF-I.

Скорость обмена информацией для карт стандарта ISO14443 равна 106-848 кбод, а для карт ISO15693/EPC достигает 53 кбод. Считыватель имеет встроенную антенну, которая обеспечивает рабочую дистанцию до 50 мм. Для работы считывателя не требуется внешний источник напряжения, поскольку он питается напряжением 5 В, получаемым с интерфейса USB. Поставляемое программное обеспечение может быть запущено на операционных системах Windows 2000/XP. Как и для предыдущего случая, для этого прибора поставляется хорошо документированная библиотека DLL и пример работы с прибором. Кроме того, вместе с устройством поставляются дополнительные PC/SC-драйвера для карт формата T=CL.

Считыватели средней дальности с интерфейсом RS-485 RI03M (см. рис. 4) компании Ридер предна-

значены для применения в системах, использующих бесконтактные метки стандартов I-CODE1, ISO 15693 и EPC. Они могут быть использованы в системах контроля товаров, ограничения доступа, а также в других системах, требующих применения бесконтактных радиочастотных меток.

Основные технические характеристики считывателей RI03M:

- рабочая частота: 13,56 МГц;
 - диапазон расстояний гарантированного считывания меток с размерами антенны 45×76 мм при параллельном и соосном расположении метки относительно антенны считывателя — 0 ... 800 мм;
 - интерфейс связи с персональным компьютером — RS-485;
 - функция антиколлизии;
 - ток потребления — не более 750 мА;
 - габаритные размеры — 710×470×34 мм;
 - масса (без кабелей) — 7,2 кг.
- Условия эксплуатации:
- рабочее напряжение питания (от стабилизированного источника) — 12 В±5 %;
 - диапазон рабочих температур: +1 ... +35 °С;
 - Допустимая амплитуда синусоидальных вибраций при частотах 5 ... 200 Гц — 20 м/с² (2g);
 - Пиковое ускорение (в транспортной таре) при многократных механических ударах с длительностью 2 ... 20 мс — 147 м/с² (15g).

В заключение хотелось бы сказать о пополнении семейства ICode еще одной меткой — ICode SLI S, которая еще не вышла на этап массового производства и готовится инженерами компании NXP к выпуску на рынок. Это семейство будет представлено тремя метками: ICode SLI-S (объем памяти 2048 бит), ICode SLI-XS (объем памяти 1024 байт!) и ICode SLI Sensor с объемом памяти также 1024 байт.

UCODE — СЕМЕЙСТВО RFID-МЕТОК С РАБОЧИМИ ЧАСТОТАМИ UHF И 2,4 ГГц

Семейство UCode было создано компанией NXP в рамках програм-

Таблица 3

Диапазон частот, МГц	Регион	Разрешенная мощность	Рабочая дистанция
869,4...869,65	Европа	0,5 Вт ERP	3,3 м
865,6...867,6	Европа	2 Вт ERP	6,6 м
902...928	Америка	4 Вт EIRP	7,0 м

мы глобальной идентификации грузов (GTAG) и применяется в качестве электронных этикеток для идентификации поддонов, контейнеров, железнодорожных вагонов и т.п. Основными функциональными отличиями семейства UCode по отношению к ICode являются уверенная работа в окружении металла и большая рабочая дистанция (до 7 метров при излучаемой мощности считывателя 4 Вт в UHF-диапазоне). Семейство UCode включает в себя две основные группы продуктов — UCode HSL и UCode EPC Gen2.

ИС UCode EPC G2 выпускаются компанией с января 2006 г. в трех различных исполнениях: на кремниевой пластине, в корпусе TSSOP8 и в виде модуля FCP2. Рабочие дистанции ИС UCode EPC Gen2 зависят от разрешенной мощности излучения на соответствующих частотах в различных регионах и от условий окружающей среды (см. табл. 3).

Семейство продуктов Ucode EPC Gen2 является наиболее перспективным для задач логистики благодаря быстрой антиколлизии (до 600 меток/с для Европы и до 1600 меток/с для США), высокой скорости обмена данными и главное, полной поддержке спецификации организации EPCglobal.

СЧИТЫВАТЕЛИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МЕТОК UHF-ДИАПАЗОНА

Наиболее функциональным и надежным устройством чтения-записи меток UHF диапазона является считыватель компании Feig (рис. 5). Он может с успехом использоваться для чтения информации с меток семейства NXP UCode. ID ISC. LRU1000 представляет собой RFID-считыватель для больших дистанций (вплоть до 7 м) и предназначен для получения информации из транспондеров UHF-диапазона 865 ... 928 МГц.

Основные технические характеристики считывателя:

- напряжение питания — 12 ... 24 В
- рассеиваемая мощность — не более 30 ВА
- скорость приёма данных — 40 ... 320 кбит/с
- интерфейсы — RS-232, RS-485, Ethernet, Compact Flash-2;
- рабочий диапазон температур — 25 ... +55 °С
- Габаритные размеры — 180×320×110 мм.

Основные области использования — розничные торговые сети, системы логистики и др. Среди основных отличительных особенностей считывателя следует отметить поддержку нескольких стандартов протоколов: ISO 18000-6-A/B, EPC UHF class 1, EPC UHF Gen 2, возможность подключения до четырех внешних антенн, наличие функций BRM — фильтрация и буферизация данных. Считыватель помещён в прочный цельный корпус, имеет несколько интерфейсов обмена данными с компьютером, выполняется в различных вариантах для использования в Европе и Северной Америке. Еще одной важной особенностью является крайне простое и беспроblemное обновление встроенного микропрограммного обеспечения (firmware) считывателя.

Геннадий Ефимов,
г. Москва

Схемотехнические САПР: возможности и проблемы эффективного использования (продолжение полемики)

В комплект поставки OrCAD 9.2 входят библиотеки ММ большинства фирм, производящих ОУ. В [23] достаточно подробно рассмотрены достоинства, недостатки и особенности наиболее распространенных ММ ОУ первого и второго поколений (ММ Бойля и MPZ ММ). Кроме того, в [23] дается краткий обзор некоторых оригинальных ММ и на конкретных примерах обосновывается необходимость тестирования параметров библиотечных ММ ОУ. Методики, схемы и сценарии тестирования параметров ММ ОУ, а также ряд примеров «доработок» ММ, позволяющих устранить отдельные недостатки, рассмотрены в [24].

В [23] подчеркивается, что в настоящее время прослеживается устойчивая тенденция усложнения ММ ОУ и других аналоговых ИМС. Так, в частности, моделирование специфических особенностей ОУ с нетрадиционной архитектурой (ОУ, реализованных по структуре «ОУ с токовой ОС + резистор + буфер», Rail-to-Rail ОУ и некоторых других) обеспечивается за счет увеличения количества транзисторов, используемых в их схемах замещения. Широкое использование ММ транзисторного уровня при приемлемом времени анализа прикладных схем стало возможным благодаря высоким темпам совершенствования средств вычислительной техники. Бурный рост производительности компьютеров, который наблюдается на протяжении двух последних десятилетий, дает основания для оптимистичного прогноза: в обозримом будущем процесс повышения качества ММ аналоговых ИМС за счет усложнения их схем замещения будет продолжаться.

К сожалению, всем библиотечным ММ ОУ свойственен серьезный недостаток — из их описаний крайне трудно извлечь информацию о величинах общепринятых параметров ОУ, которые изготовители приводят в документации. Сделать вывод

о степени соответствия параметров ММ и реального ОУ можно только по результатам всестороннего и достаточно трудоемкого тестирования параметров ММ ОУ [24]. Другая серьезная проблема эффективного использования библиотечных ММ ОУ заключается в том, что схемотехник не имеет возможности оперативно и независимо изменять величины большинства общепринятых (паспортных) параметров ММ ОУ [7, 23, 24]. Указанные недостатки библиотечных ММ ОУ не позволяют эффективно использовать их на ранних стадиях проекта, когда схемотехник еще не обладает объемом информации, достаточным для обоснованного формулирования требований к параметрам ОУ.

Следует особо подчеркнуть, что получение ответа на вопрос о параметрах ОУ, которые оказывают доминирующее влияние на характеристики конкретной прикладной схемы, явля-

ется одним из важнейших результатов анализа схемы средствами ПСХМ САПР. В процессе длительной практической эксплуатации схемотехнических САПР автор пришел к пониманию необходимости использования ряда адаптируемых ММ ОУ, параметры которых имеют общепринятый физический смысл и могут оперативно изменяться в процессе анализа прикладных схем. Классификация используемых автором адаптируемых ММ ОУ приведена на рис. 50. На этом рисунке также указаны списки учитываемых моделями параметров, величины которых доступны через атрибуты графических символов ММ ОУ и могут варьироваться в процессе анализа прикладной схемы.

На рис. 50 использованы следующие сокращения:

- A — коэффициент усиления дифференциального сигнала на постоянном токе;
- C_{sm} — синфазная составляющая входной емкости;
- C_d — дифференциальная составляющая входной емкости;
- $CMRR_{dB}$ — модуль, КОСС на постоянном токе, дБ;
- FP_i — частота i -того полюса передаточной функции ММ ОУ;
- FP_{cmrr} — частота, на которой модуль КОСС уменьшается на 3,0103 дБ;
- F_t — частота единичного усиления ММ ОУ;
- FZ_i — частота i -того нуля передаточной функции ММ ОУ;

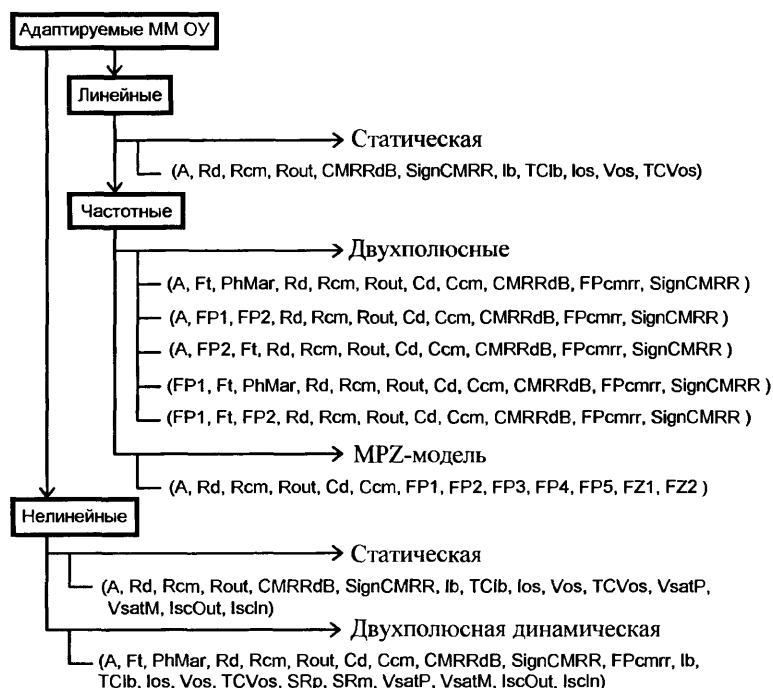


Рис. 50

- I_b — средний входной ток ММ ОУ;
- I_{os} — разность входных токов ММ ОУ;
- I_{scIn} — максимальная величина втекающего выходного тока ММ ОУ;
- I_{scOut} — максимальная величина вытекающего выходного тока ММ ОУ;
- $PhMar$ — запас устойчивости по фазе ММ ОУ;
- R_{cm} — синфазное входное сопротивление ММ ОУ на постоянном токе;
- R_d — дифференциальное входное сопротивление ММ ОУ на постоянном токе;
- R_{out} — выходное сопротивление ММ ОУ;
- $SignCMRR$ — знак КОСЦ;
- SR_m — максимальная скорость спада выходного напряжения;
- SR_p — максимальная скорость нарастания выходного напряжения;
- TCI_b — температурный коэффициент входного тока ММ ОУ;
- TCV_{os} — температурный коэффициент напряжения смещения;
- V_{os} — напряжение смещения входа ММ ОУ;
- V_{satM} — напряжение насыщения выхода ММ ОУ относительно отрицательного напряжения питания V_{SM} ;
- V_{satP} — напряжение насыщения выхода ММ ОУ относительно положительного напряжения V_{SP} питания.

Следует заметить, что все частотные двухполосные ММ ОУ имеют одну и ту же схему замещения и отличаются только наборами «внешних» параметров, определяющих АФЧХ соответствующей ММ. Рассмотренная выше ММ $OPA_LinStat$ является упрощенным вариантом более сложной линейной статической модели (рис. 50), учитывающей большее количество параметров реального ОУ.

Адаптируемые ММ ОУ позволяют решить три важные задачи:

- 1) выявить параметры ОУ, которые оказывают доминирующее влияние на характеристики проектируемой схемы;
- 2) сформулировать обоснованные требования к ОУ, используемым в проектируемой схеме, и выбрать типы этих ОУ;
- 3) протестировать параметры проектируемой схемы при предельных величинах доминирующих параметров

ОУ, учитывающих производственный разброс этих параметров и их изменений, обусловленных вариациями температуры окружающей среды.

Выбор типа адаптируемой ММ ОУ определяется функциональным назначением и особенностями проектируемой схемы. Линейную статическую модель ОУ целесообразно использовать для моделирования схем первичной обработки медленно изменяющихся сигналов низкого уровня, например, выходных сигналов термодатчиков, термопреобразователей сопротивления, тензометрических мостов постоянного тока. Адаптируемые частотные двухполосные ММ ОУ целесообразно использовать на ранних стадиях разработки схем активных фильтров, корректоров АЧХ и других схем, основные качественные показатели которых нормируются и тестируются в частотной области. МРЗ модель автор обычно использует для моделирования реальных ОУ, частотные характеристики которых имеют специфические особенности, например, немонотонно спадающую ФЧХ. Возможность независимого изменения частот всех полюсов и нулей передачи этой ММ позволяет оптимизировать ее АФЧХ средствами программы PSpice Optimizer [23]. Нелинейную двухполосную динамическую ММ необходимо использовать в тех случаях, когда ОУ моделируемой схемы работает в нелинейном режиме, т. е. когда происходит ограничение хотя бы одной из трех следующих величин: выходного напряжения, выходного тока и скорости изменения выходного напряжения ОУ. В [7] описана методика анализа схемы активного ПФ2 и приведены результаты этого анализа, наглядно показывающие как ошибки реализации расчетных величин добротности и частоты полюса фильтра зависят от величин параметров адаптируемой двухполосной частотной ММ ОУ.

Две красноречивых цитаты из [3]:

«И моделирование на компьютере не избавляет от необходимости думать. Более того, оно порождает еще одну головную боль — учитывать нюансы компьютерных моделей: а вдруг то, что мы видим на экране является особенностью модели и в жизни вообще не существует!».

«Надеюсь, я убедил, что слепо доверять моделям не стоит. А иногда, им нельзя доверять вообще!».

При использовании моделей компонентов с неизвестными парамет-

рами (степень неопределенности поведения которых описывается в терминах «а вдруг» и «иногда») достоверность моделирования прикладных схем не гарантирована. Обязательно тестируйте параметры всех используемых моделей активных компонентов и сравнивайте результаты тестирования с данными Datasheet. Будьте морально готовы к тому, что, ошибки в описаниях ММ — явление далеко не исключительное. Если результаты тестирования показывают, что ММ не учитывает или неточно моделирует параметры компонента, которые существенным образом влияют на результаты моделирования конкретной прикладной схемы, — попытайтесь устранить выявленные недостатки ММ. К счастью, в ряде случаев «доработка» ММ не вызывает серьезных затруднений [23, 24]. Если точность воспроизведения свойств реального компонента ограничена заданием неоптимальных величин номиналов элементов его схемы замещения, то наилучшие результаты «тонкой доводки» модели могут быть достигнуты в процессе параметрической оптимизации схемы замещения компонента средствами программы PSpice Optimizer. Удаляйте из рабочих библиотек модели, которым «нельзя доверять вообще». Что же касается тезиса о «необходимости думать», то он представляется абсолютно бесспорным, поскольку думать полезно всегда.

Еще цитата из [3]:

«Автор этих строк разработал множество электронных устройств и неоднократно сталкивался с их «неправильным» поведением, причем в ряде случаев объяснить это поведение с научной точки зрения, без привлечения категорий мистических и экстрасенсорных, так и не удалось. Промоделировать же это вообще невозможно! Так где гарантия, что то, что великолепно работало в модели, также поведет себя в жизни?».

Явное несоответствие поведения устройства нашему представлению о его «правильном» поведении означает только то, что модель, которую мы используем для прогнозирования поведения устройства, является несовершенной — она учитывает не все существенные свойства реального устройства. Выявить неучтенные влияющие факторы в отдельных случаях бывает достаточно сложно. Значительно проще объяснить «неправильное» поведение устройств

действием потусторонних сил и кознями пришельцев из параллельных миров. Автор испытывает непреодолимое желание посмотреть и проанализировать хотя бы одну схему, функционирование которой невозможно объяснить «без привлечения категорий мистических и экстрасенсорных». Впрочем, автор реалист и понимает, что это желание, увы, не осуществимо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До недавнего времени схемотехнические САПР использовались только в достаточно крупных проектных организациях разработчиками ИМС и (значительно реже) схемотехниками, разрабатывающими РЭА. Однако в результате бурного развития средств вычислительной техники ситуация существенно изменилась и сегодня высокопроизводительные персональные компьютеры доступны не только специалистам малых предприятий, но и большинству радиолюбителей. В настоящее время сложились предпосылки для того, чтобы схемотехнические САПР стали привычным рабочим инструментом каждого специалиста и радиолюбителя. Однако факты свидетельствуют о том, что, к сожалению, многие схемотехники, разрабатывающие РЭА на ИМС и дискретных компонентах, до сих пор либо вообще не используют САПР в своей профессиональной деятельности, либо используют эпизодически, бессистемно и далеко не всегда эффективно. Причины сложившейся ситуации достаточно очевидны. Известно, что чем формальнее задача, тем легче она решается с помощью ЭВМ. Едва ли кто-то будет опспаривать тот факт, что разработка принципиальной схемы устройства является наименее формальной (наиболее творческой) составляющей процесса проектирования электронных устройств. Именно поэтому для освоения и приобретения навыков эффективного использования ПСХМ САПР разработчику приходится затрачивать существенные усилия и значительное время.

Процесс освоения ПСХМ САПР можно условно разделить на два этапа (два уровня). Первый этап предполагает изучение основных положений, определений, используемой терминологии, основ организации файловой структуры ПСХМ, принципов взаимодействия пользователя с программами пакета и других общих вопросов, не имеющих прямого отношения к

особенностям моделирования конкретных практических схем. Предполагается также, что на этом этапе пользователь приобретает навыки создания, редактирования и сохранения графических символов компонентов. На втором этапе освоения ПСХМ пользователь приобретает опыт:

- четкой постановки (формулирования) задач, решаемых с помощью ПСХМ;
- выбора оптимальных методов и сценариев решения конкретных задач;
- полного и эффективного использования возможностей программ пакета ПСХМ, в частности, возможностей параметрического анализа (Performance Analysis) результатов многовариантного тестирования схемы и возможностей программы PSpice Optimizer параметрической оптимизации, позволяющей, образно говоря, «выжать максимум возможного» из схемы заданной конфигурации;
- написания, тестирования и использования полезных макросов (Macros) и целевых функций (Goal function).

Кроме того, второй уровень освоения ПСХМ предполагает изучение возможностей, ограничений и особенностей моделей и макромоделей используемых компонентов, а также освоение методов тестирования параметров ММ и оценки точности (достоверности) результатов моделирования. Одна из важнейших целей второго уровня освоения ПСХМ — овладение техникой макромоделирования, позволяющей пользователю создавать новые компоненты и осознанно корректировать параметры имеющихся ММ компонентов, которые в наибольшей степени соответствуют специфике конкретной задачи, решаемой с помощью САПР.

Практика показывает, что первый (достаточно формальный) уровень освоения ПСХМ не вызывает у схемотехников серьезных затруднений, особенно если они имеют опыт работы на ЭВМ в среде операционной системы Windows. Второй (неформальный) уровень освоения ПСХМ требует от схемотехника значительно больших затрат усилий и времени.

Успешному решению задач первого этапа и некоторых задач второго этапа освоения ПСХМ в немалой степени способствует целая серия замечательных книг и статей В. Д. Разевига [5, 6]. Не будет преувеличением сказать, что

указанные книги стали настольным справочным руководством российских пользователей схемотехнических САПР. Следует особо подчеркнуть, что книги [5, 6], первая из которых издана почти 10 лет назад, не утратили своей актуальности и сегодня, поскольку отличия более поздних версий САПР не носят принципиального характера и пользователь может разобраться с ними самостоятельно в процессе практической работы, руководствуясь фирменной документацией.

В настоящее время основой подсистем схемотехнического моделирования большинства интегрированных САПР является PSpice — проверенная временем программа моделирования аналоговых и смешанных аналого-цифровых схем. Программа PSpice обладает доказанной вычислительной надежностью, а ее форматы описания схем и моделей компонентов фактически стали стандартом и используются практически во всех интегрированных САПР. Сегодня степень совершенства программы PSpice такова, что она практически не накладывает ограничений на точность моделирования электронных схем. В настоящее время достоверность моделирования схем определяется исключительно степенью соответствия параметров моделей компонентов параметрам реальных компонентов моделируемой схемы. Практика показывает, что когда начинающий пользователь приступает к активному использованию ПСХМ для решения практических задач, он сталкивается с целым рядом проблем, которые обусловлены недостатками и ограничениями моделей компонентов. Точность моделирования некоторых схемных конфигураций оказывается недопустимо низкой, а в отдельных случаях результаты моделирования оказываются просто абсурдными. Так, в частности, некоторые типичные проблемы, которые возникают при использовании ММ ОУ, рассмотрены в [5]. Указанные проблемы возникают в тех случаях, когда модель не адекватна оригиналу, т. е. когда модель компонента не обеспечивает воспроизведение с необходимой точностью и полнотой всех свойств реального компонента, существенных для моделирования конкретной прикладной схемы. Следует особо подчеркнуть, что понятие адекватности модели компонента неразрывно связано со спецификой

задачи, решаемой компонентом в конкретной моделируемой схеме. Модель одного и того же компонента может быть адекватной при моделировании одной прикладной схемы и не адекватной при моделировании другой схемы. При подготовке к моделированию прикладной схемы возникает ряд вопросов:

- используемые модели компонентов обеспечивают адекватность результатов моделирования данной схемы?
- какие параметры и каких из используемых моделей и/или ММ компонентов в наибольшей степени влияют на точность моделирования той или иной характеристики схемы?
- как оценить величины погрешностей моделирования различных характеристик схемы (АЧХ, переходной характеристики и т. п.)?
- можно ли получить необходимую точность результатов моделирования схемы, используя имеющиеся (библиотечные) модели, или же требуется разработка новых (оригинальных) моделей?
- как получить объективную информацию о численных величинах параметров ММ компонентов?

Правильные ответы на эти и другие подобные вопросы — ключевой момент в получении достоверных результатов моделирования прикладных схем. Найти ответы должен схемотехник и сделать это ему, прямо

скажем, непросто, поскольку в отечественной литературе практически не отражены вопросы оценки достоверности результатов моделирования схем, а также вопросы разработки ММ компонентов и тестирования их параметров. Следует заметить, что на английском языке издано более 30 книг (www.orcad.com/community.pspice.books.aspx), в которых рассматриваются различные аспекты использования программы PSpice, а количество журнальных статей по указанной теме и материалов, размещенных в сети Интернет, исчисляется многими сотнями.

Ответ на вопрос о целесообразности использования автоматизированных методов проектирования схем очевиден — в настоящее время схемотехнические САПР являются наиболее эффективным инструментом разработки РЭУ. Сегодня, когда широкое использование схемотехнических САПР в значительной степени сдерживается факторами психологического порядка, крайне важно, чтобы первые опыты общения начинающего пользователя с ПСХМ давали ощутимые и очевидные положительные результаты, вселяли уверенность и оптимизм, наглядно демонстрировали преимущества автоматизированных методов проектирования схем по сравнению с традиционными «ручными» методами. Иными словами, важно, чтобы начинающий пользователь в процессе освоения САПР смог успешно и достаточно быстро пройти

«точку невозврата» к старым методам проектирования схем. Хочется надеяться, что материалы данной статьи помогут начинающим (а, возможно, и не только начинающим) пользователям более осознанно и эффективно использовать практически неограниченные возможности современных схемотехнических САПР.

Автор [2] заканчивает свою статью высказыванием С. Дали: «Добровольного идиотизма я не понимаю». Удивительные бывают в жизни совпадения — я тоже этого решительно не понимаю.

ЛИТЕРАТУРА:

19. М. В. Гальперин. *Практическая схемотехника в промышленной автоматике*. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
20. И. М. Тетельбаум, Ю. Р. Шнейдер. *Практика аналогового моделирования динамических систем: Справочное пособие*. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
21. *PSpice User's Guide, Cadence Design System, Inc., 2000.*
22. И. Достал. *Операционные усилители: Пер. с англ.* — М.: Мир, 1982.
23. С. Лозицкий. *Эволюция SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей*. — *Современная электроника*, №№ 4—6, 2005.
24. С. Лозицкий. *Схемы, методики и сценарии тестирования SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей*. — *Современная электроника*, №№ 2—7, 2006.

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

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

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

В книге подробно рассмотрены архитектура, состав периферийных подсистем, структура регистров и особенности применения высокоинтегрированных систем обработки данных x51-совместимых микроконтроллеров со смешанной аналоговой и цифровой архитектурой, включающих высокопроизводительное микроконтроллерное ядро CIP-51, построенное по конвейерному принципу. Благодаря этому многие семейства микроконтроллеров фирмы SiLabs развивают пиковую производительность 25 MIPS, а одно из семейств — 50 и даже 100 MIPS, что является наивысшим результатом по производительности среди микроконтроллеров в мире. Это уникальное микроконтроллерное ядро оснащено не менее мощными аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми узлами, расширенной цифровой периферией, включающей интер-

фейсы 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 (Cynal) 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.

Простая система безопасности с каналом сотовой связи

Описываемое здесь устройство предназначено для обеспечения безопасности квартир, дачных домиков, гаражей и других объектов.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в нашей стране участились случаи вандализма, взлома, воровства, поджога и др. преступлений связанных с хищением и порчей чужого имущества.

В целях обеспечения безопасности и сохранности имущества были разработаны различные методы и средства борьбы с данными преступлениями. К ним относятся охрана собаками и людьми, установка на объекте централизованной телефонной сигнализации для структур вооруженной охраны и т.д. Но далеко не у всех собственников объектов имеется возможность обеспечения такой охраны. Это связано с дороговизной охранной системы, отсутствием телефонной линии связи и другими причинами.

Здесь описывается недорогое устройство, позволяющее автоматически следить за состоянием охраняемого объекта и в случае его несанкционированного вскрытия или пожара включать световую и звуковую сигнализацию, а так же осуществлять оповещение о вскрытии по каналу сотовой связи.

НАЗНАЧЕНИЕ

Устройство представляет собой систему охраны, предназначенную для автоматического контроля состояния охраняемого объекта. При несанкционированном вскрытии или возникновении пожара на объекте система производит оповещение хозяина объекта с мобильного телефона и формирует звуковые и световые сигналы, привлекающие общее внимание к охраняемому объекту.

В качестве охраняемого объекта может быть квартира, садовый домик, гараж и любое другое помещение, здание или сооружение.

УСТРОЙСТВО

Структурная схема системы охраны показана на рис. 1.

Система построена на основе контроллера, к входам которого подключаются датчики окон, дверей, пожара и

Структурная схема контроллера приведена на рис. 2.

В его состав входят кроме микроконтроллера два устройства согласования входных-выходов и преобразователь уровней сигналов для последовательного порта.

Источник бесперебойного питания, блок питания для контроллера и мобильный телефон с зарядным устройством могут быть любого типа с

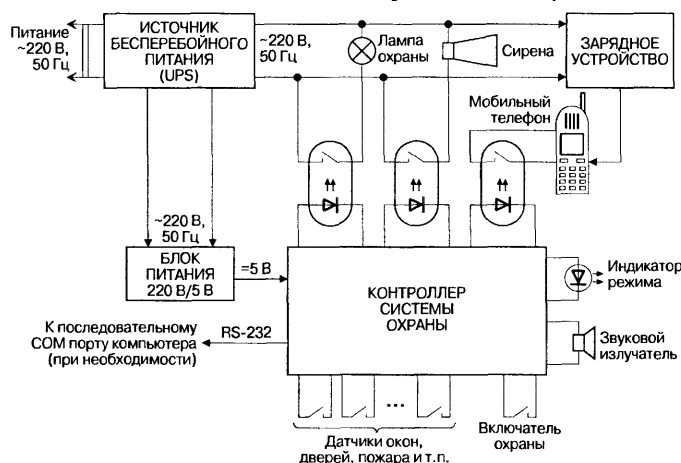


Рис. 1

включатель охраны. Включатель охраны должен находиться внутри помещения в секретном месте, известном только хозяину объекта. Выходы контроллера управляют через устройство согласования сигналов сиреной, лампой охраны, мобильным телефоном, индикатором и звуковым излучателем.

При необходимости к контроллеру можно подключить персональный компьютер по последовательному СОМ порту, для регистрации и хранения в нем сообщений о происходящих событиях, поступающих от самого контроллера.

Питание системы производится от промышленной сети 220 В, 50 Гц через источник бесперебойного питания. Это позволяет сохранить работоспособность системы даже при длительном пропадании питающей сети или ее преднамеренном отключении от объекта преступниками.

Сам контроллер системы охраны построен на базе легкодоступного, недорогого, программируемого микроконтроллера семейства MCS-51.

параметрами, обеспечивающими работоспособность системы и необходимую длительность бесперебойного питания.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

После включения системы, под управлением программы микроконтроллера производится инициализация портов на ввод и вывод, отключение сигнализации и постоянное свечение индикатора режима.

Далее анализируется состояние включателя системы, пока он из разомкнутого состояния не будет переключен в замкнутое состояние. После чего анализируется состояние всех датчиков.

Если они замкнуты, формируется прерывистый звуковой сигнал в течение минуты для того, что бы хозяин объекта вышел из охраняемого помещения и закрыл дверь.

Если хоть один датчик разомкнут, формируется постоянный звуковой сигнал, предупреждающий о разомкнутых датчиках (открытых окнах или дверях).

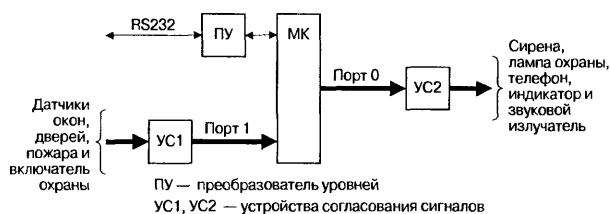


Рис. 2

В этом случае ожидается замыкание датчиков (закрытие окон или дверей), после чего формируется прерывистый звуковой сигнал в течение минуты, необходимой для выхода из помещения и закрытия двери.

С этого момента звук прерывается и контролируется состояние охраняемого помещения.

В случае открытия окна или двери в течение минуты ожидается отключение режима охраны, а затем включается сигнализация с помощью сирены и мигающей лампы охраны, привлекающие внимание к охраняемому объекту. Одновременно замыкаются контакты управления посылкой SMS сообщения или формирования звонка с мобильного телефона. Соответствующие контакты управления подключаются параллельно кнопке вызова мобильного телефона, на котором предварительно набрано SMS сообщение предупреждающего характера или номер телефона хозяина объекта.

Отключение системы охраны производится с помощью скрытного выключателя охраны.

ОПИСАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА

На рис. 3 приведена принципиальная схема контроллера системы охраны.

Контроллер построен на основе широко распространенного и недорогого микроконтроллера D1 типа I87C51 фирмы Intel, который содержит в себе 4 Кбайт постоянной памяти программ и 128 байт оперативной памяти. В составе микроконтроллера так же присутствует два 16-разрядных таймера, универсальный асинхронный приемопередатчик (UART) и четыре программируемых порта ввода/вывода.

К порту P1 микроконтроллера, запрограммированному в качестве входов, подключается до восьми датчиков. В качестве датчиков могут выступать контакты охранных датчиков окон и дверей, датчик пожара и выключатель охраны. Контакты этих устройств подключаются к порту P1 микроконтроллера через соединители XINP0–XINP7 и схему согласования и фильтрации, построенную на резисторах R7–R14 и конденсаторах C7–C14. Светодиоды HL1–HL8 предназначены для индикации состояния каждого датчика. Когда контакты датчиков разомкнуты, на входных цепях INP0–INP7 порта P1 будет высокий уровень сигнала +5 В. При замыкании контактов датчиков, через них

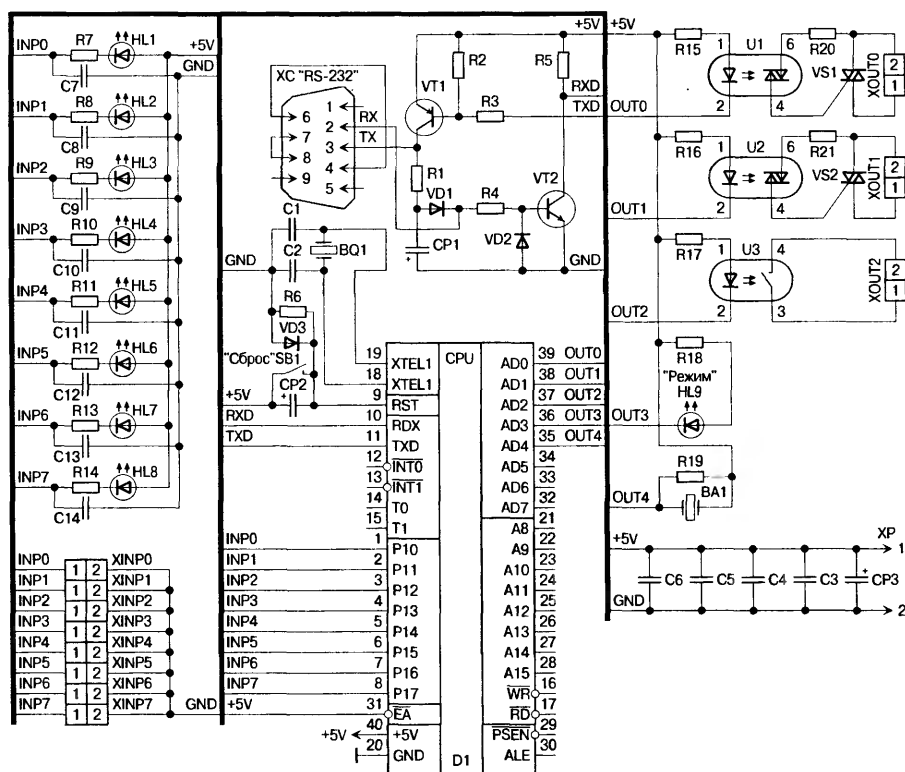


Рис. 3

Таблица 1. Перечень элементов

Позиционное обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
BA1	Звуковой преобразователь ЗП-3	1	
BQ1	Резонатор кварцевый 11052 кГц	1	
	ЧИП конденсаторы 1206		
C1, C2	30 пФ	2	
C3–C14	0,1 мкФ	12	
	Электролитические конденсаторы		
CP1	K53-35-25B-10мкФ	1	
CP2, CP3	K53-35-6,3B-10мкФ	2	
	Микросхемы		
D1	Микроконтроллер I87C51	1	KP1830BE51
U1, U2	Оптосемистор МОС3020М	2	
U3	Твердотельное реле CPC1035	1	
VS1, VS2	Семистор BT138	2	
	Светодиоды		
HL1–HL8	L914R	8	Красный
HL9	L914G	1	Зеленый
	ЧИП резисторы 1206		
R1–R5	4,7 кОм	5	
R6	10 кОм	1	
R7–R14	1 кОм	8	
R15–R18	620 Ом	4	
R19	1 МОм	1	
R20, R21	360 Ом	2	
SB1	Кнопка тактовая SWT1	1	
VD1–VD3	Диоды КД522Б	3	
	Транзисторы		
VT1	КТ361	1	
VT2	КТ315	1	
	Соединители		
XINP0–XINP7, XOUT0–XOUT2	Клеммная колодка 301	11	
XC	Вилка DRB-9M	1	
XP	Вилка DJK	1	
	Панелька PC-40	1	

потечет ток через ограничительные резисторы R7—R14, который вызовет свечение светодиода HL1—HL8. При этом на цепях INP0—INP7 будет нулевой потенциал напряжения. Конденсаторы C7—C14 обеспечивают фильтрацию помех, возникающих на линиях INP0—INP7 от внешних источников электромагнитных сигналов и электроприборов.

К порту P2 микроконтроллера, запрограммированному в качестве выходов, подключаются исполнительные устройства, к которым относятся сирена, лампа охраны, кнопка вызова мобильного телефона, индикатор и звуковой излучатель. Эти устройства подключаются через микросхемы оптронной развязки U1—U3 к контактам соединителей XOUT0—XOUT3 или непосредственно, там, где нагрузка не превышает максимально допустимый выходной ток и напряжение порта микроконтроллера. К таким нагрузкам относятся светодиод HL9 и звуковой излучатель BA1. Резисторы R15—R18 ограничивают ток через оптроны и светодиод, а резистор R19 обеспечивает разрядную цепь излучателя, имеющего емкостной характер.

Тиристоры VS1 и VS2 служат для управления мощными нагрузками сирены и лампы охраны, которые питаются от напряжения ~220 В, 50 Гц и имеют потребляемую мощность до 100 Вт. Резисторы R20 и R21 ограничивают ток управления тиристоров.

Для связи с персональным компьютером в схему контроллера включен преобразователь сигналов порта UART в сигналы интерфейса RS-232. Данный узел состоит из элементов R1—R5, CP1, VD1, VT1, VT2 и соединителя XC.

Фильтрацию питания микроконтроллера осуществляют конденсаторы C3—C6 и CP3.

Микроконтроллер работает на тактовой частоте 11,0592 МГц, формируемой с помощью элементов BQ1, C1 и C2. Данная частота позволяет осуществлять связь через UART на скорости 19200 бод с нулевой погрешностью.

Сброс микроконтроллера при включении питания осуществляется с помощью схемы сброса, выполненной на элементах R6, CP2 и VD3. Принудительный сброс можно так же выполнять вручную с помощью кнопки SB1.

Перечень элементов, из которых состоит контроллер системы охраны, приведен в табл. 1.

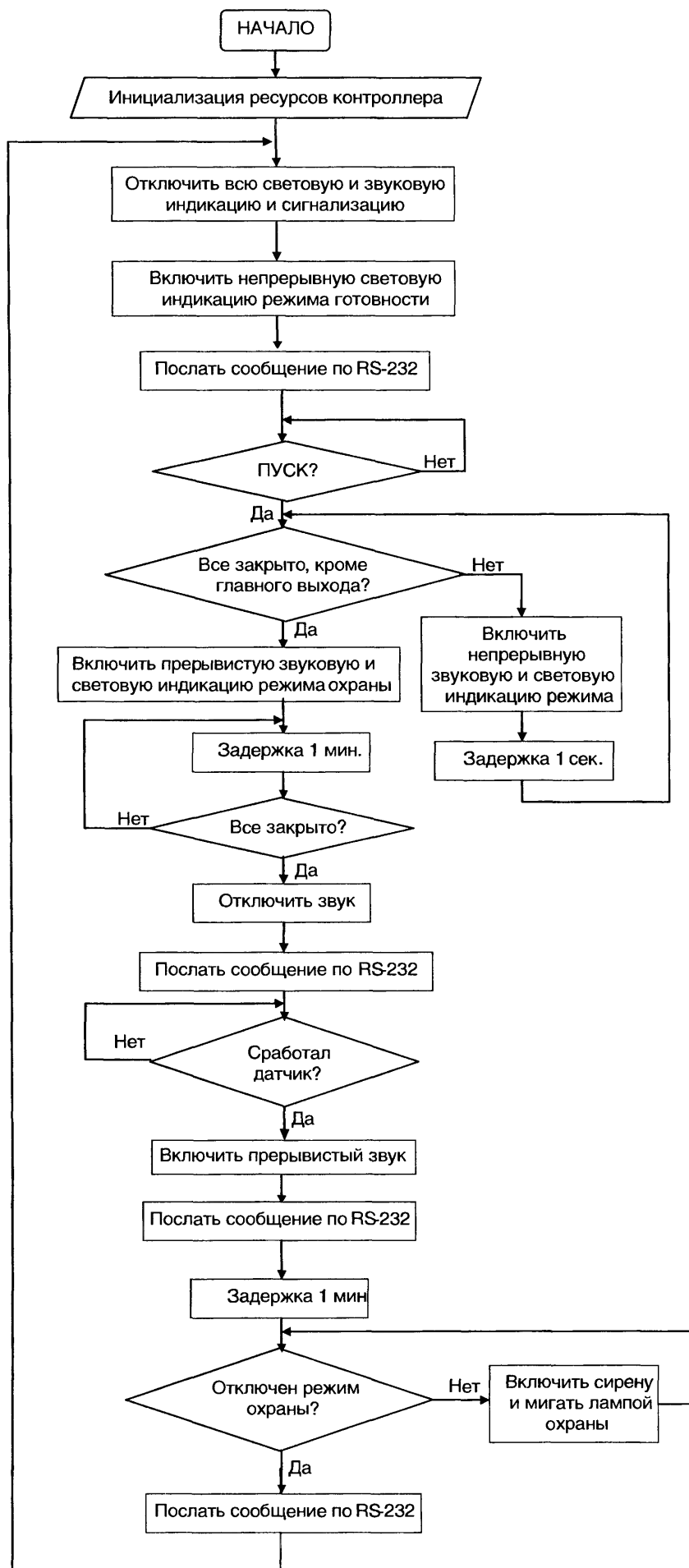


Рис. 1

Микроконтроллер работает под управлением рабочей программы, код которой программируется непосредственно в постоянное запоминающее устройство самого микроконтроллера.

Алгоритм работы программы приведен на рис. 4.

При необходимости этот алгоритм можно изменить, дополнить или упорядочить.

Программа написана на языке программирования C и отлажена в среде разработки Keil. Текст исходного кода программы приведен в листинге 1.

Поскольку постоянное запоминающее устройство может быть многократно стерто и вновь записано, программу можно изменять при необходимости. Для программирования микроконтроллера можно использовать любой подходящий програм-

Листинг 1

```

//*****
// Программа для микроконтроллера MCS51 системы охраны
// Версия: 1.0
//*****
// Подключение внешних библиотек и файлов
#include <REG51.h>
#include <stdio.h>
#include <bin.h> // Файл двоичных значений чисел

// Описание назначения ресурсов
#define POUT P0 // выходной порт управления сигнализацией
#define PINP P1 // входной порт для датчиков окон и дверей
#define PFI0 P3 // многофункциональный порт ввода-вывода

// Константы
// =====
// Назначение выводов портов
#define PUSK b10000000 // вывод включения системы
#define DOOR b01000000 // вывод датчика двери
#define LAMPA b00000001 // вывод включения лампы
#define SIREN b00000010 // вывод включения сирены
#define MOBIL b00000100 // вывод включения мобильного телефона
#define INDIK b00001000 // вывод индикатора
#define SOUND b00010000 // вывод звукового излучателя
// Режимы звукового излучателя
#define SM_FON 0x00 // Режим тишины
#define SM_TON 0x01 // Режим непрерывного сигнала
#define SM_BIP 0x02 // Режим прерывистого сигнала
#define NSEC 30 // Величина задержки в секундах

// Маска прерываний
// Timer0 - счетчик импульсов
// Timer1 - формирователь скорости UART
#define EINT b10000010;
// Бит Имя Назначение
// 7 EA глобальное разрешение прерываний 1=разр
0=запр.
// 6 не исп.
// 5 не исп.
// 4 ES бит разрешения прерываний UART
// 3 ET1 бит разрешения прерываний таймера 1
// 2 EX1 бит разрешения прерывания INT1
// 1 ET0 бит разрешения прерываний таймера 0
// 0 EX0 бит разрешения прерывания INTO

// Описание глобальных переменных
unsigned char p=0xff; // Переменная для отладки программы
unsigned char sm=SM_FON; // Режим звука
unsigned char im=0; // Режим индикатора
unsigned int ct=0; // Счетчик таймера
bit fase=0; // Фаза периода прерывистого сигнала

// Название и версия программы для прошивки
unsigned char code name[]="Program SYSTOHR v1.0";
// Подпрограммы и обработчики прерываний
// =====
// Обработчик прерывания 0
void inter0 (void) interrupt 0 using 2
{
    p=0;
}

// Обработчик прерывания таймера 0
void tim0 (void) interrupt 1 using 1
{
    p=1;
    TH0 = -15;
    ct++;
    if(ct==500)
    {
        fase = !fase;
        POUT ^= im; // Выход индикатора в соответствии с режимом
        ct=0;
    }

    if(sm==SM_FON)
        return;

    if(sm==SM_TON)
    {
        POUT ^= SOUND; // Инверсия выхода звука
        return;
    }

    if(sm==SM_BIP && fase)
    {
        POUT ^= SOUND; // Инверсия выхода звука
        return;
    }
}

// Обработчик прерывания 1
void inter1 (void) interrupt 2 using 2
{
    p=2;
}

// Обработчик прерывания таймера 1
void tim1 (void) interrupt 3 using 3
{
    p=3;
}

// Подпрограмма задержки на n миллисекунд
void delms(unsigned int n)
{
    unsigned char i; // локальная переменная цикла
//return; //отладка без задержки
PFI0 ^= b01000000; // Инверсия вывода -WR для отладки
while(n!=0)
{
    for(i=0;i<255;i++) continue;
    n--;
}
PFI0 ^= b01000000; // Инверсия вывода -WR для отладки
}

// Подпрограмма задержки на n секунд
void delsec (unsigned char n)
{
    unsigned char i; // локальная переменная цикла
//return; //отладка без задержки
while(n!=0)
{

```

```

        for(i=0;i<1000;i++) delms(1);
        n--;
    }

}

// Главная программа
// =====
void main (void)
{
    // Описание локальных переменных
    unsigned int n=0;
    IE = 0; // Запретить прерывания

    // Инициализация ресурсов контроллера
    // (портов ввода-вывода, таймеров и прерываний)
    PINP = 0xFF; // Настроить порт на ввод
    PFIO = b00111101; // Настроить порт на ввод=1 и вы-
вод=0
    //      |||||++- Rxd
    //      |||||+-- Txd
    //      |||||+--- -int0
    //      |||||+---- -int1
    //      |||+----- t0
    //      ||+----- t1
    //      |+----- wr
    //      +------ rd

    // Загрузить таймер 0
    TMO = -15;

    // Загрузить таймер 1
    TH1 = -3; // перегружаемая величина для таймера UART

    TMO0 = b00100000; // Установить режим работы таймера 0 и 1
    // 7 GATE управление блокировкой таймера 1 1=int&TR
    0=TR
    // 6 C/-T бит режима синхронимп. таймера 1 1=внешн.
    0=внутр
    // 5,4 режим работы таймера 1
    // M1,MO 00-8+5=13бит 01-16бит 10-8бит авто 11-T1стоп
    T0=8+8
    // 3 GATE управление блокировкой таймера 0 1=int&TR
    0=TR
    // 2 C/-T бит режима синхронимп. таймера 0 1=внешн.
    0=внутр
    // 1,0 режим работы таймера 0
    // M1,MO 00-8+5=13бит 01-16бит 10-8бит авто 11-T1стоп
    T0=8+8

    TCON = b01010000;
    // 7 TF1 флаг переполнения таймера 1
    // 6 TR1 бит управления таймера 1 (1=пуск 0=стоп)
    // 5 TF0 флаг переполнения таймера 0
    // 4 TR0 бит управления таймера 0 (1=пуск 0=стоп)
    // 3 IE1 флаг фронта прерывания 1
    // 2 IT1 бит управления типом прерывания 1 (1=фронт
    0=уровень)
    // 1 IE0 флаг фронта прерывания 0
    // 0 IT0 бит управления типом прерывания 0 (1=фронт
    0=уровень)

    // Настроить последовательный порт UART на 19200 бод для
    11,0592 МГц
    SC0N = b01010000; // UART в режим 1, 8-бит
    // 7,6 SMO,SM1 Режим работы UART от 0 до 3
    // 5 SM2 Управление приемом дополнительного бита UART
    // 4 REN Разрешение приема UART
    // 3 TB8 Дополнительный бит передатчика UART
    // 2 RB8 Дополнительный бит приемника UART
    // 1 TI Флаг прерывания передатчика UART
    // 0 RI Флаг прерывания приемника UART

```

```

    TI = 1; // Установить TI - готовность передатчика
    IE = EINT; // Разрешить прерывания

    while (1) // Главный цикл программы
    {
        n++; // Увеличить на единицу счетчик включений сис-
темы

        POUT = 0xFF; // Отключить индикатор, сирену и др.
устр.

        sm=SM_FON; // Отключить звук
        POUT ^= INDIK; // Включить индикатор системы сигнализа-
ции

        printf("Система охраны включена %d раз! \n",n); // Пос-
лать сообщение по RS-232
        while((PINP & PUSK) == PUSK) {} // Ожидать ПУСК системы
        while(PINP != 0) // Пока не все закрыто
        {
            sm=SM_TON; // Включить непрерывный звук
            delsec(1); // Задержка
        }
        // Теперь все закрыто
        sm=SM_BIP; // Включить прерывистый звук
        im=INDIK; // Включить режим мигания индикатором
        delsec(NSEC); // Задержка для выхода

        sm=SM_FON; // Отключить звук
        printf("Режим охраны включен.\n"); // Послать сообщение
по RS-232

        while(PINP == 0) {} // Ждать пока не сработал датчик

        sm=SM_BIP; // Включить прерывистый звук
        im=0; // Отключить режим мигания индикатором
        POUT &= ~INDIK; // Включить индикатор
        printf("Охраняемый объект открыт!\n"); // Послать сооб-
щение по RS-232
        printf("Код датчиков=0x%X.\n",PINP&0xFF);
        delsec(NSEC); // Задержка для отключения системы охраны
        while((PINP & PUSK) != PUSK) // Пока не отключена ох-
рана
        {
            printf("Сработала сигнализация!\n"); // Послать
сообщение по RS-232
            POUT &= ~MOBIL; // Послать сообщение или поз-
вонить по телефону
            POUT &= ~SIREN; // Включить сирену
            delms(500); // Задержка 0,5 сек.
            POUT ^= LAMPA; // Мигать лампой охраны
        }

        printf("Сигнализация отключена!\n"); // Послать сообщение
по RS-232
    }
}

```

Данная программа снабжена подробными комментариями, позволяющими понять выполняемые в ней операции и команды. В листинге 2 приведен код прошивки программы в формате Hex Intel.

Листинг 2. Код прошивки программы

```

:10042D00D1E8F1F2E5ECE020EEF5F0E0EDFB20E2B5
:10043D00EAEBF7E5EDE020256420F0E0E7212072
:10044D00A00D0E5E6E8EC20EEF5F0E0EDFB20E269
:10045D00EAEBF7E5ED2E0A00CEF5F0E0EDFFE557
:10046D00ECFBE920EEE1FAE5EAF220EEF2EAF0FB30
:10047D00F2210A00CAEEE420E4E0F2F7E8AE4EE247
:10048D003D307825582E0A00D1F0E0E1EEF2E0EB98
:10049D00E020F1E8E3EDE0EBE8E7E0F6E8FF210A24
:1004AD0000D1E8E3EDE0EBE8E7E0F6E8FF20EEF25F
:1004BD00EAEBF7E5EDE0210A0050726F6772611D

```

```

:0F04CD006D20535953544F48522076312E300032
:0F0694000126FF01250001220002230000C109F9
:020003000105F5
:04000500752600322A
:02000B00A1F65C
:1005F600C0E0C0D0752601758CF10524E524700293
:100606000523B4F411E523B4010CB209E522628096
:10061600752300752400E5256012E525B4010280E6
:1006260008E525B40206300903638010D0D0D0E077
:010636003291
:02001300010DDD
:04000D007526023220
:02001B000115CD
:040015007526033217
:10067C0063B040EF4E600DE4FD0DBDFFCFE1F704D
:07068C00F21E80EF63B04095
:010693002244
:02065E00AC07E7
:10066000EC6018E4FBECB394E87480948350097F3A
:0B067000017E00D17C0B80ED1C80E5BA
:01067B00225C
:10037900E4F508F509F5A87590FF75B03D758CF1A0
:10038900758DFD758920758850759850D29975A815
:10039900820509E509700205087580FFE4F5256302
:1003A90080087BFF7A04792D85080D85090E117F58
:1003B900E59020E7FBE59060097525017F01D15E95
:1003C90080F37525027522087F1ED15EE4F5257B31
:1003D900FF7A04794F117FE59060FC752502E4F5F9
:1003E900225380F77BFF7A047966117F7BFF7A04B9
:1003F9007981E590F50D117F7F1ED15EE59020E7AB
:10040900197BFF7A047995117F5380FB5380FD7F17
:10041900F47E01D17C63800180E27BFF7A0479AEAE
:04042900117F619A44
:0300000002056A8C
:0C056A00787FE4F6D8FD7581260205B10B
:10001D00E519240DF8E6051922780A300702780D46
:10002D00E475F0011205340204DC2000E87F2ED2C2
:10003D00008018EF540F249D0434404FF30040BBB
:10004D00EF248FB41A0050032461FFE51A600215B6
:10005D001A051DE51D7002051C30070D780AE475A3
:10006D00F001120534EF0205220206377403D207A0
:10007D008003E4C207F5198B0A8A0B890CE4F51A83
:10008D00F51CF51DE51A60077F2012005880F575E7
:10009D001BFFC201C200C202C203C205C206C208D2
:1000AD00120026FF700D3007057F00120069AF1D8D
:1000BD00AE1C22B4255FC2D5C204120026FF24D087
:1000CD00B40A00501A75F00A781A30D50508B6FF33
:1000DD000106C6A426F620D5047002D20380D924C9
:1000ED00CFB41A00EF5004C2E5D0204020269D20166
:1000FD0080C6D20080C0D20280BCD2D580BAD205D3
:10010D0080B47F201200582002077401B51A0040F8
:10011D00F112001DFF120058020091D208D2068084
:10012D009512001DFB12001DFA12001DF94A4B70AD
:10013D0006793A7A037BFF20022EE51A602A7E00AB
:10014D008E827583001204F560060EEE651B70F04D
:10015D00C2D5EBC0E0EAC0E0E9C0E0EE1202B0D0DB
:10016D00E0F9D0E0FAD0E0FB1204DCF60AAEBC0AE

```

```

:10017D00E0EAC0E0E9C0E0120058D0E02401F9D077
:10018D00E03400FAD0E0FBE51B0460DCD51BD98020
:10019D00877BFF7A0279ACD202809C79108002793C
:1001AD0008C206C2088008D2D5790A8004790AC22D
:1001BD00D5E51B047002F51BE4FAFDFF712001DD0
:1001CD00FC7B0820011312001DFD7B1030000A126C
:1001DD00001D0E12001DFF7B20EC3382D592D55001
:1001ED0013C3E43000069FFFE49FEFE42001039D4F
:1001FD00FDE49CFCE4CBF8C201EC700CCFCECDC71
:10020D00E824F8F870F38017C3EF33FFEE33FEEDFB
:10021D0033FDEC33FCEB33FB994002FB0FD8E9EBDC
:10022D00300105F8D0E0C448B201C0E00AEC4DAEF3
:10023D004F78207B0070C2EA851B0040BCC0E012B5
:10024D0002B2D0F0D0E0200104C4C0E0C4B201C0BD
:10025D00F0120041D0FD05F0EB02009112054401EF
:10026D002E5301A85800FF4C00FB4201AC4F01B4C6
:0F027D004401B44901144301BA55019E46019E44
:10028C0045019E47035A5001032D01072E012A2BCD
:10029C00010B2301282003432A00C348000001223C
:1002AC003F3F3F00790AA2D5200314300509B9104D
:1002BC00020404B9080104A2D5200602500104204E
:1002CC0002689202B51A005034C0E07F2030031946
:1002DC007F30A20272067205500F120309C202C2CD
:1002EC0006C205C2087F30800F300503E9C0E0125A
:1002FC000058300503D0E0F9D0E0B51ACC30051722
:10030C0007F30B9100C1200587F583004077F78806A
:10031C0003B908031200583002057F2D0200587FE4
:10032C00202008F87F2B2006F322920280CF286E23
:10033C00756C6C2900D20112001D3001F8C20178D5
:10034C001A3D050108F60200C32D5043495812004B
:10035C001D2403B405004001E49003559312004999
:0D036C00743A120049D203751A040201A868
:10057600020379E493A3F8E493A34003F68001F21F
:1005860008DFF48029E493A3F85407240CC8C33386
:10059600C4540F4420C8834004F456800146F6DF55
:1005A600E4800B0102040810204080900694E47E4B
:1005B600019360BCA3FF543F30E509541FFEE4934A
:1005C600A360010ECF54C025E060A840B8E493A311
:1005D600FAE493A3F8E493A3C8C582C8CAC583CA3C
:1005E600F0A3C8C582C8CAC583CADFE9DEE780BEF4
:0106A3000056
:1004DC00BB010689828A83E0225002E722BBFE021E
:0904EC00E32289828A83E4932251
:1004F500BB010CE58229F582E5833AF583E02250BC
:1005050006E92582F8E622BBFE06E92582F8E22205
:0D051500E58229F582E5833AF583E493221F
:10052200BB010689828A83F0225002F722BBFE01B8
:02053200F322B2
:10053400FAE6FB0808E6F925F0F618E6CA3AF622C8
:10054400D083D082F8E4937012740193700DA3A346
:1005540093F8740193F5828883E47374029368605A
:06056400EFA3A3A380DF5A
:10063700EFB40A07740D120642740A309811A8998C
:10064700B8130CC2983098FDA899C298B811F63023
:0706570099FDC299F59922FB
:00000001FF

```

матор. С целью обеспечения легкого съема и установки, на плате контроллера установлена панелька, в которую устанавливается микроконтроллер после программирования.

Данную систему охраны можно до-вольно просто переработать для ох-раны автомобиля. В этом случае роль источника бесперебойного питания

будет выполнять автомобильный ак-кумулятор, в качестве ламп охраны будут служить фары автомобиля, а клаксон заменит сирену. Блок пита-ния и зарядное устройство мобильно-го телефона при этом должны быть с входным питанием от постоянного напряжения 12 В.

Олег Вальпа
г. Миасс Челябинской обл.

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

РОССИЯ

Москва

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

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

«Чип и Дип», e-mail: sales@chipindustry.ru, http://www.chipindustry.ru
ул. Беговая, д. 2,
ул. Гиляровского, д. 39,
ул. Земляной Вал, д. 34,
ул. Космонавта Волкова, д. 10 (гарантийная мастерская), тел. 159-50-66.
Тел. единой справочной: розн. 780-95-09, опт. 780-95-00,
факс 671-31-45.

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». Время работы: 9.00—18.00. Выходной
день: понедельник.

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

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

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

Владивосток. «Электромаркет», e-mail: elektro@eastnet.febras.ru,
www.elektro.febras.ru
Партизанский проспект, д. 20, к. 314. Тел: (4232) 40-60-03,
факс: 26-17-27

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

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

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

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

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

Мурманск. «Радиоклуб», e-mail: rclub137@aspol.ru
ул. Папанина, д. 5. Тел: (8152) 45-62-91

Новокузнецк. «Дельта», e-mail: vic@nvkz.kuzbass.net,
http://www.delta-n.ru
ул. 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: stavtvt@mail.ru
ул. Доваторцев, д. 4а. Тел: (8652) 35-68-24

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

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

Тольятти. «Электронные компоненты», e-mail: impulse@infopac.ru
ул. Дзержинского, д. 70. Тел: (8482) 32-91-19

Томск. ООО «Элко», м-н «Радиодетали», e-mail: elco@tomsk.ru,
http://elco.tomsk.ru
пер. 1905 года, д. 18, оф. 205. Тел. (3822) 51-45-25

Тюмень. «Саша», e-mail: vissa@sibtel.ru
ул. Тульская, д. 11. Тел/факс: (3452) 32-20-04

Уфа. «Электроника», e-mail: bes@diaspro.com
пр. Октября, д. 108. Тел: (3472) 33-10-29, 33-11-39

Хабаровск. «ТВ Сервис», e-mail: tvservice@pop.redcom.ru
ул. Шеронова, д. 75, оф. 13. Тел: (4212) 30-43-89

БЕЛАРУСЬ

Минск. «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: service@imelcom.by.

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

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

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

УКРАИНА

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

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

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

«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.

Датчики для любых Ваших Решений

датчики расхода газа

датчики контраста

датчики давления

датчики угла

датчики положения объекта

датчики влажности

датчики температуры

датчики многого...

датчики цвета

www.sensorica.ru



Москва 1-й Щемилковский пер., д. 16, стр. 2

Тел./факс: 495 223 0038

E-mail: info@sensorica.ru

Обратный звонок:
оставьте на сайте ваши
координаты
и мы вам перезвоним
www.sensorica.ru/contact.html

Проходные LC-фильтры подавления ЭМП

Проходные фильтры электромагнитных помех **EMIFIL** содержат емкостной и индуктивные элементы. Конструкция устройства включает Т-образный электрод, интегрированный конденсатор с отличными частотными характеристиками и ферритовые чипы, которые минимизируют резонанс внешних цепей.

Помехоподавляющие фильтры NFE предназначены для работы в DC цепях при высоких токах 2/6 А. Фильтры имеют симметричную структуру и предназначены для поверхностного монтажа.

Диапазон частот помехоподавления 1 МГц – 2 ГГц.

Диапазон емкостей 22...4700 пФ.

Наименование	Емкость конденсатора, пФ	Номинальное напряжение, В	Рабочий ток, А	Сопротивление изоляции, МОм	Диапазон рабочих температур, °С
NFE31PT220R1E9	22 / +30%, -30%	25	6	1000	-40 to +85
NFE31PT470C1E9	47 / +50%, -20%	25	6	1000	-40 to +85
NFE31PT101C1E9	100 / +80%, -20%	25	6	1000	-40 to +85
NFE31PT221D1E9	220 / +50%, -20%	25	6	1000	-40 to +85
NFE31PT471F1E9	470 / +50%, -20%	25	6	1000	-40 to +85
NFE31PT152Z1E9	1500 / +50%, -20%	25	6	1000	-40 to +85
NFE31PT222Z1E9	2200 / +50%, -50%	25	6	1000	-40 to +85

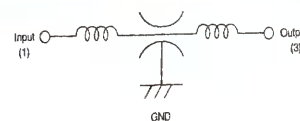
Наименование	Емкость конденсатора, пФ	Номинальное напряжение, В	Рабочий ток, А	Сопротивление изоляции, МОм	Диапазон рабочих температур, °С
NFE61PT330B1H9	33 / +30%, -30%	50	2	1000	-25 to +85
NFE61PT680B1H9	68 / +30%, -30%	50	2	1000	-25 to +85
NFE61PT101Z1H9	100 / +30%, -30%	50	2	1000	-25 to +85
NFE61PT181B1H9	180 / +30%, -30%	50	2	1000	-25 to +85
NFE61PT361B1H9	360 / +20%, -20%	50	2	1000	-25 to +85
NFE61PT681B1H9	680 / +30%, -30%	50	2	1000	-25 to +85
NFE61PT102E1H9	1000 / +80%, -20%	50	2	1000	-25 to +85
NFE61PT472C1H9	4700 / +80%, -20%	50	2	1000	-25 to +85

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Аппаратура СВЧ

**Развязка по высокой частоте
источников питания от нагрузки**

Цепи питания и управления

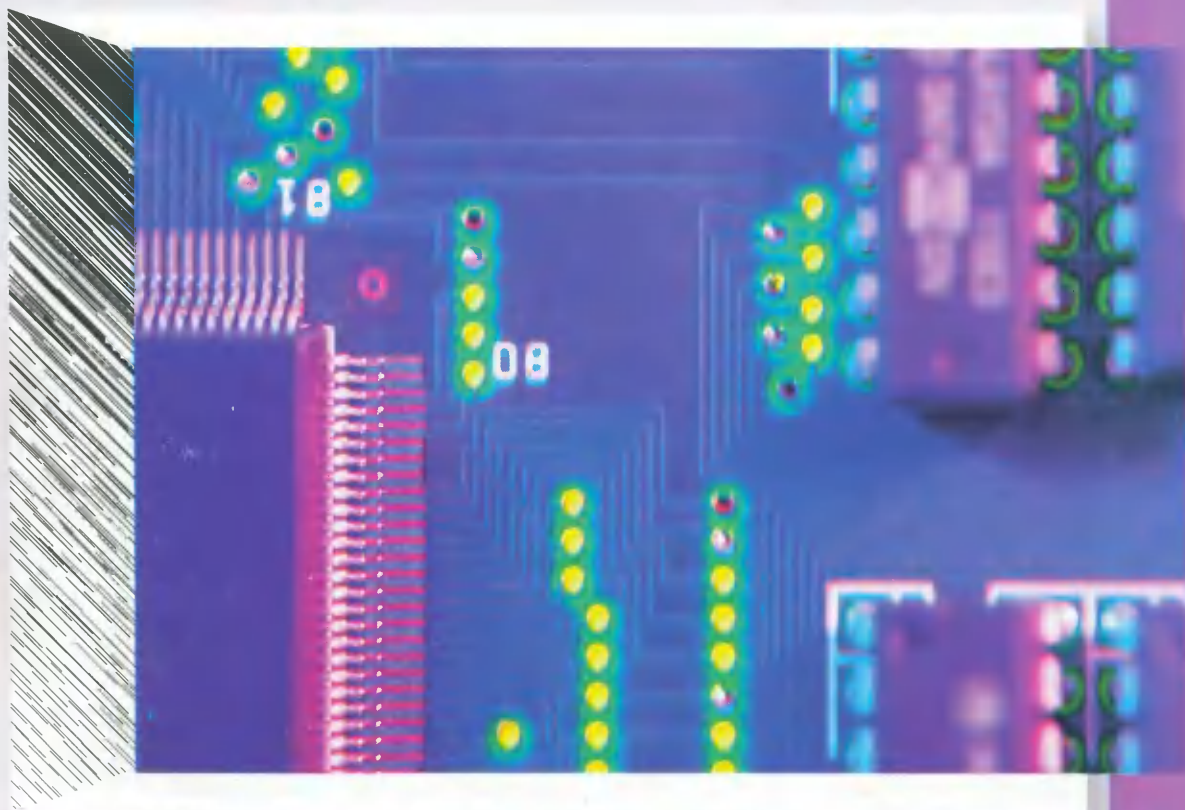


Офисы в Москве: м. Молодежная: ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495) 97-000-99, почта: 121351, Москва, а/я 100, e-mail: platan@aha.ru
м. Новослободская: 1-й Щемилковский пер., 16, стр.2 (495) 744-70-70, platan@platan.ru

Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232 88 36, 232 23 73, baltika@platan.spb.ru

Представительства: Воронеж: (4732) 59 75 57 Казань: (843) 292 18 06 Киев: (38044) 494 37 92 Новосибирск: (3832) 16 57 73 Омск: (3812) 24 69 03 Томск: (3822) 55 65 30 Ульяновск: (8422) 37 65 67 Уфа: (3472) 32 10 79

Региональные дилеры: Белгород: (4722) 31 30 84 Екатеринбург: (343) 353 75 16 Ижевск: (3412) 43 72 51 Йошкар-Ола: (8362) 45 17 45 Минск: (375 17) 287 28 60 Нижний Новгород: (8312) 30 32 33 Новосибирск: (3832) 17 39 43 Омск: (3812) 24 10 90 Пермь: (3422) 37 17 46, (3422) 12 54 00 Ростов-на-Дону: (8632) 44 34 48 Самара: (8462) 67 31 39 Санкт-Петербург: (812) 327 96 92 Саратов: (8452) 60 68 88 Тольятти: (8482) 70 91 03 Томск: (3822) 51 12 25 Тюмень: (3452) 75 11 17 Чебоксары: (8352) 28 81 57 Уфа: (3472) 35 63 73 Якутск: (4112) 36 38 51, 43 32 86



**Системы бесконтактной идентификации
для складских приложений и логистики**
Простая система безопасности с каналом сотовой связи
Потенциометры для регулировки контраста
Беспроводные соединения

