

# Микроконтроллеры и радиосвязь

Олег Вальпа (Челябинская обл.)

Описывается технология радиосвязи между микроконтроллерами на основе кода Манчестера. Описаны радиоприёмное и радиопередающее устройства на базе микроконтроллеров. Приведены библиотечные функции среды разработки mikroC для поддержки кода Манчестера и примеры программ на языке Си для установления связи между микроконтроллерами.

## ВВЕДЕНИЕ

В отличие от проводной связи, радиосвязь придаёт аппаратуре мобильность и независимость. Неслучайно появляется всё больше различных устройств с радиоканалом. Значительная роль в развитии таких устройств отводится микроконтроллерам. Благодаря своим малым размерам, они позволяют создавать самые миниатюрные устройства с радиоканалом. К числу

таких устройств можно отнести телефоны сотовой связи, различные устройства с интерфейсом Bluetooth и WiFi, устройства автомобильной сигнализации, радиоклавиатуры, радио-мыши и т.п.

## Код Манчестер-II

Рассмотрим один из самых простых примеров организации радиосвязи с помощью микроконтроллеров на основе кода Манчестер-II (далее КМ). Код Манчестер представляет собой самосинхронизирующийся код, где данные и синхронизация передаются в одном сигнале. Благодаря самосинхронизации, этот код часто используется в локальных сетях и радиосвязи.

Каждый бит данных в КМ кодируется переходом в середине битового интервала. Логическая единица кодируется нарастающим фронтом сигнала, а

логический ноль – спадающим фронтом сигнала (или наоборот), т.е. в первой половине битового интервала передаётся уровень, противоположный биту информации, а во второй половине интервала – соответствующий бит информации (см. рис. 1). Таким образом, КМ содержит всего две основные гармоники в сигнале – F и 2F.

В представленном формате, кроме информационных разрядов B0 – B7, присутствуют два стартовых бита St1 и St2, а также бит управления Ctr. Скорость передачи информации определяется периодом передачи одного бита. На рисунке 1 этот период составляет 2,4 мс, что соответствует скорости примерно 416 бод.

Благодаря такому формату, сигнал КМ обладает следующими преимуществами:

- узкой полосой частот;
- отсутствием постоянной составляющей;
- высокой устойчивостью синхронизации.

## Радиомодули

Для построения модуля передатчика и приёмника можно использовать микроконтроллеры любых семейств. Рассмотрим вариант построения таких модулей на базе микроконтроллеров семейства PIC компании microchip [1]. Схемы модулей передатчика и приёмника показаны на рисунках 2 и 3 соответственно. Модули построены на основе компонентов компании Telecontrolli [2], которая производит экономичные и миниатюрные устройства для беспроводной связи в диапазоне радиоволн, а также в ультразвуковом и инфракрасном диапазонах.

Радиопередающий модуль RT4-XXX (XXX – рабочая частота 315, 418 или 433,92 МГц) представляет собой гибридную схему с резонатором на поверхностных акустических волнах (ПАВ) и внешней антенной. Принципиальная электрическая схема модуля показана на рисунке 4, а внешний вид – на рисунке 5. В таблице 1 представлены технические характеристики данного модуля; в таблице 2 приведено назначение его выводов.

Радиоприёмный модуль RR4-XXX представляет собой гибридную схе-

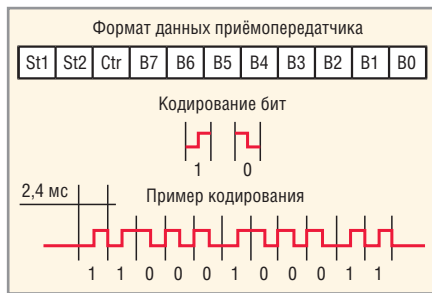


Рис. 1. Структура кода Манчестера

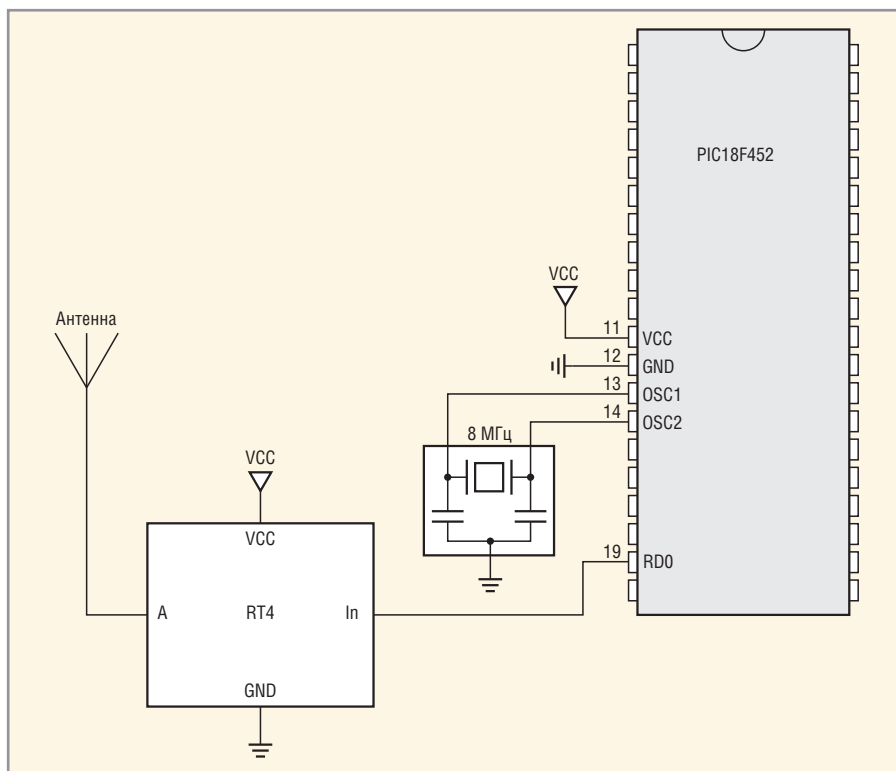


Рис. 2. Схема модуля передатчика

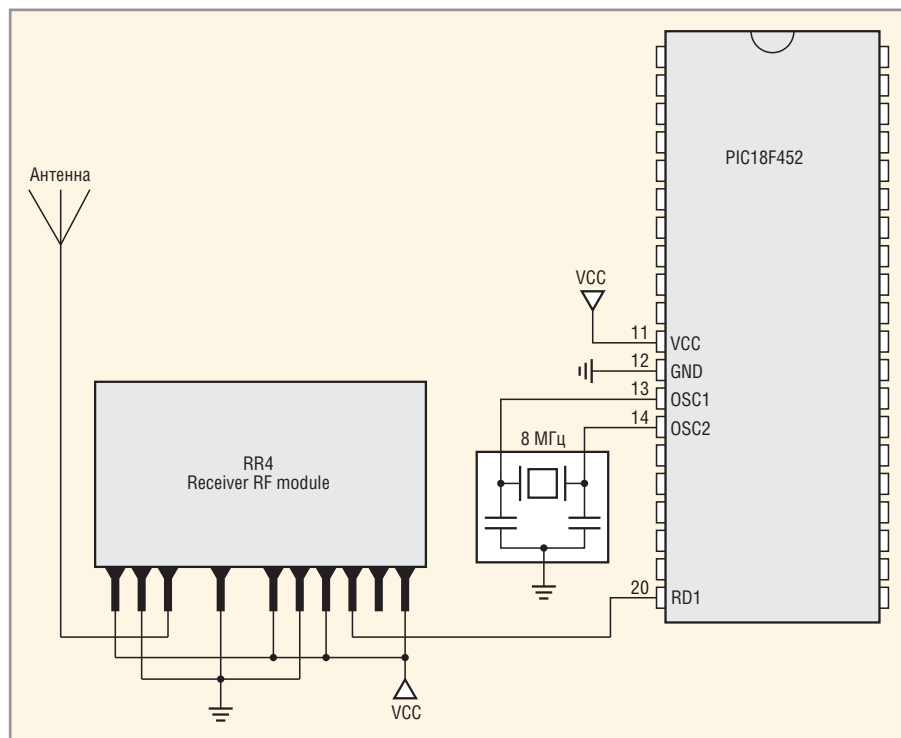


Рис. 3. Схема модуля приёмника

му сверхрегенеративного приёмника. Рабочая частота XXX, указываемая заказчиком, может находиться в диапазоне от 200 до 450 МГц. Приборы со стандартными европейскими и американскими частотами (315, 418 и 433,92 МГц) доступны на складе поставщика. Данный модуль сохраняет высокочастотную стабильность при механических колебаниях, транспортировке и в широком диапазоне температур. Высокая точность обеспечивается запатентован-

ным процессом лазерной подстройки частоты.

Структурная схема радиоприёмного модуля показана на рисунке 6, а его внешний вид – на рисунке 7. В таблице 3 представлены технические характеристики данного модуля; в таблице 4 приведено назначение его выводов.

Рассмотренные выше радиомодули поддерживают амплитудную модуляцию (АМ). Однако фирма Telecontrolli также производит и поставляет радиомодули с частотной модуляцией (ЧМ),

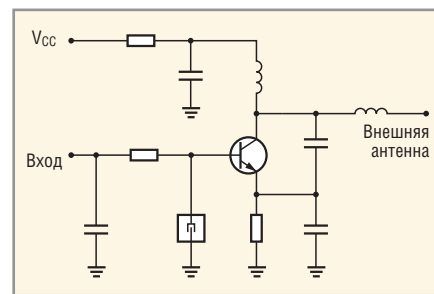


Рис. 4. Упрощённая схема радиопередающего модуля RT4-XXX

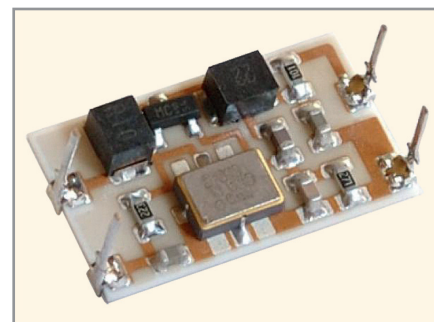


Рис. 5. Внешний вид радиопередающего модуля RT4-XXX

например, передающий RTFQ1-XX и приёмный RRFQ1-XXX. Схемы подключения данных модулей незначительно отличаются от рассмотренных выше.

### ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Рассмотрим примеры программ, которые «оживят» описанные выше микроконтроллерные устройства радиосвязи. Для разработки программ вновь воспользуемся библиотекой функций microC [3].

Таблица 1. Технические характеристики радиопередающего модуля RT4-XXX

Параметр	Название характеристики	Мин.	Тип.	Макс.	Единицы измерения
$V_{cc}$	Напряжение питания	2		14	В
$I_{раб}$	Потребляемый ток ( $V_{cc} = 5$ В, вход 1 кГц, меандр)	–	–	4	мА
$F_w$	Рабочая частота	303,8		433,92	МГц
$P_{вых}$	Высокочастотная выходная мощность на 50 Ом ( $V_{вх} = 5$ В, $V_{cc} = 12$ В)	–	7	10	дБм
Гармоническое паразитное излучение		–	–30	–	дБс
$V_{вх}$	Входное напряжение	2		$V_{cc}$	В
Максимальная частота передачи данных		–	–	4	кГц
$T_{раб}$	Диапазон рабочих температур	–25	–	80	°С

Таблица 2. Назначение выводов радиопередающего модуля RT4-XXX

Номер вывода	Обозначение	Назначение
1	$V_{cc}$	Напряжение питания
2	GND	Земля
3	IN	Вход модуляции
4	EA	Внешняя антенна

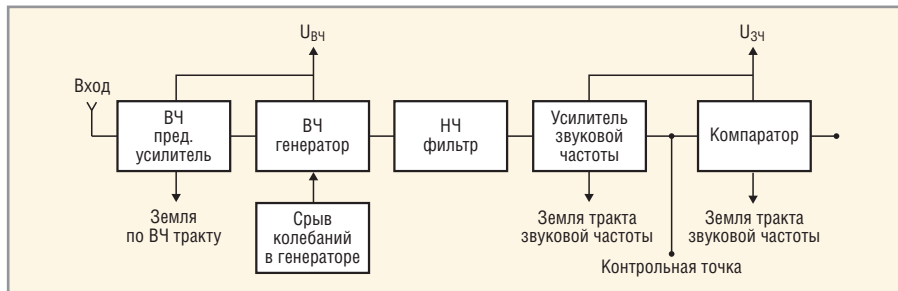


Рис. 6. Упрощённая схема радиоприёмного модуля RR4-XXX

### БИБЛИОТЕЧНЫЕ ФУНКЦИИ ДЛЯ РАБОТЫ С КМ

Среда разработки mikroC предоставляет библиотеку для манипулирования сигналами в коде Манчестер. Для работы с КМ используются следующие функции:

- Man\_Receive\_Config;
- Man\_Receive\_Init;
- Man\_Receive;
- Man\_Send\_Config;
- Man\_Send\_Init;
- Man\_Send;
- Man\_Synchro.

Вызовы функций приёма КМ (Man\_Receive\_Config, Man\_Receive\_Init, Man\_Receive) являются блокирующими, т.е. микроконтроллер будет

ожидать, пока действие (приём байта, синхронизация и т.п.) не будет выполнено. Функции приёма ограничены по скорости обмена на уровне 340...560 бод.

Детальное описание указанных функций представлено в таблицах 5 – 11 соответственно.

В листинге приведён текст программы для микроконтроллера радиопередающего модуля RT4-XXX, иллюстрирующий применение функции КМ для передачи данных.

```
void main() {
    Man_Send_Init(); // Инициализация передатчика
    while (1) { // Бесконечный цикл
```

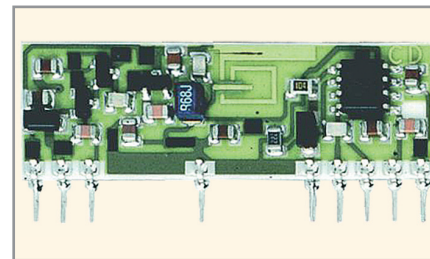


Рис. 7. Внешний вид радиоприёмного модуля RR4-XXX

```
    Man_Send(0x0B); // Передать стартовый байт
    Delay_ms(100); // Задержка на 100 мс
    character = s1[0]; // Взять первый символ из строки
    index = 0; // Инициализировать индекс символов
    while (character) { // Пока не нулевой (завершающий) символ
        Man_Send(character); // Передать символы
        Delay_ms(90); // Задержка на 90 мс
        index++; // Увеличить индекс
        character = s1[index]; // Взять очередной символ из строки
    }
    Man_Send(0x0E); // Передать стоповый байт
```

Таблица 3. Технические характеристики радиоприёмного модуля RR4-XXX

Параметр	Название характеристики	Мин.	Тип.	Макс.	Единицы измерения
$U_{вч}$	Напряжение питания по ВЧ	4,5	5	5,5	В
$U_{зч}$	Напряжение питания по ЗЧ	4,5	5	5,5	В
$I_s$	Ток потребления	–	2,5	3	мА
$F_w$	Рабочая частота	200	–	450	МГц
Точность настройки		–	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	МГц
$B_w$	Полоса пропускания по уровню –3 дБ	–	$\pm 1,5$	$\pm 2$	МГц
Частота передачи данных		–	–	2	кГц
Чувствительность по ВЧ (100% АМ)		–100	–105	–	дБм
Уровень излучаемого спектра		–	–70	–65	дБм
$U_{ol}$	Низкий уровень выходного напряжения	–	–	0,6	В
$U_{oh}$	Высокий уровень выходного напряжения	3,6	–	–	В
Ток	Диапазон рабочих температур	–25	–	80	°С

Таблица 4. Назначение выводов радиоприёмного модуля RR4-XXX

Номер вывода	Назначение вывода
1	+V (питание ВЧ-тракта)
2	Земля (ВЧ-тракт)
3	Вход
4	Не подключен
5	Не подключен
6	Не подключен
7	Земля (ВЧ-тракт)
8	Не подключен
9	Не подключен
10	Не подключен
11	Земля (тракт ЗЧ)
12	+V (питание тракта ЗЧ)
13	Контрольная точка
14	Выход
15	+V (питание тракта ЗЧ)

Таблица 5. Описание функции Man\_Receive\_Config

Прототип	void Man_Receive_Config(unsigned short *port, unsigned short rxpin);
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Функция подготавливает микроконтроллер к приёму сигнала. Необходимо задать порт port и вывод (разряд порта от 0 до 7) rxpin для входного сигнала. В случае множественных ошибок приёма следует вызвать функцию Man_Receive_Config ещё раз для восстановления синхронизации
Требования	Нет
Пример	Man_Receive_Config(&PORTD, 6);

**Таблица 6. Описание функции Man\_Receive\_Init**

Прототип	void Man_Receive_Init(unsigned short *port);
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Функция подготавливает микроконтроллер к приёму сигнала. Для неё необходимо задать только порт port, а вывод 6 (разряд порта) txpin для входного сигнала будет выбран по умолчанию. В случае множественных ошибок приёма следует вызвать функцию Man_Receive_Init ещё раз для восстановления синхронизации
Требования	Нет
Пример	Man_Receive_Init(&PORTD);

**Таблица 7. Описание функции Man\_Receive**

Прототип	unsigned short Man_Receive(unsigned short *error);
Возвращаемое значение	Принятый байт
Описание	Функция выделяет один байт из сигнала. Если формат сигнала не соответствует ожидаемому виду, аргументу error будет присвоено значение 255
Требования	Перед использованием данной функции необходимо подготовить микроконтроллер к приёму с помощью функции Man_Receive_Config или Man_Receive_Init
Пример	<pre> unsigned short temp = 0, error = 0; ... temp = Man_Receive(error); if (error == 255) { ... /* обработка ошибки */ }                     </pre>

**Таблица 8. Описание функции Man\_Send\_Config**

Прототип	void Man_Send_Config(unsigned short *port, unsigned short txpin);
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Данная функция подготавливает микроконтроллер к посылке сигнала. Для неё необходимо задать порт port и вывод (разряд порта от 0 до 7) txpin для выходного сигнала. Скорость передачи постоянна и равна 500 бод
Требования	Нет
Пример	Man_Send_Config(&PORTD, 0);

**Таблица 9. Описание функции Man\_Send\_Init**

Прототип	void Man_Send_Init(unsigned short *port);
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Данная функция подготавливает микроконтроллер к посылке сигнала. Для неё необходимо задать только порт port, а вывод 0 (разряд порта) txpin для выходного сигнала будет выбран по умолчанию. Скорость передачи постоянна и равна 500 бод
Требования	Нет
Пример	Man_Send_Init(&PORTD);

**Таблица 10. Описание функции Man\_Send**

Прототип	void Man_Send(unsigned short data);
Возвращаемое значение	Нет
Описание	Посылает один байт (data)
Требования	Перед использованием данной функции необходимо подготовить микроконтроллер к передаче с помощью функции Man_Send_Config или Man_Send_Init

**Таблица 11. Описание функции Man\_Synchro**

Прототип	unsigned short Man_Synchro(void);
Возвращаемое значение	Половина битового интервала, заданная количеством дискретных значений по 10 мкс
Описание	Функция измеряет половину битового интервала, который задаётся с шагом 10 мкс. Это означает, что один битовый интервал может продолжаться не более $255 \times 10 \text{ мкс} = 2550 \text{ мкс}$
Требования	Перед использованием данной функции необходимо подготовить микроконтроллер к приёму с помощью функции Man_Receive_Config или Man_Receive_Init
Пример	Man_len = Man_Synchro();

```

Delay_ms(1000); // Задержка на 1 с
}
}
                    
```

В листинге на сайте журнала приведён пример программы, осуществляющей приём сообщений в КМ для микроконтроллера радиоприёмного модуля RR4-XXX.

На основе приведённых выше программ можно решить задачу взаимодействия аппаратуры с радиоканалом на микроконтроллерах и других семейств. В частности, существует среда разработки mikroC for 8051 для поддержки микроконтроллеров семейства 8051 и mikroC for AVR для микроконтроллеров семейства AVR [4].

**ЛИТЕРАТУРА**

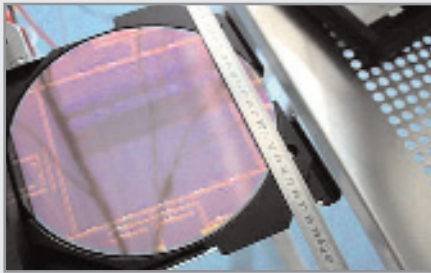
1. www.microchip.com.
2. http://www.telecontrolli.com/.
3. www.mikroe.com.
4. Вальна О. Современная среда разработки mikroC для программирования микроконтроллеров на языке высокого уровня Си. Современная электроника. 2010. № 6. С. 64.



Новости мира News of the World Новости мира

**Самый большой в мире КМОП-сенсор будет бороться с раком**

Созданный в недрах Университета Линкольна сенсор назвали DyNAMiTe, что расшифровывается как Dynamic range Adjustable for Medical Imaging Technology microchip (буквальный перевод звучит примерно так: настраиваемый микрочип с динамическим диапазоном, предназначенный для получения изображений в медицинских целях).

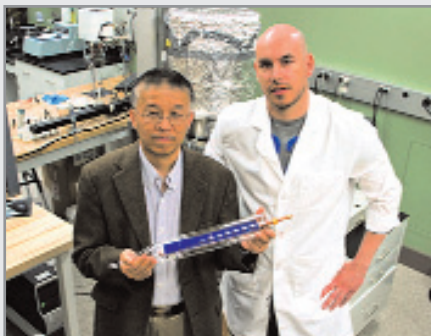


Действительно смешная шутка со стороны создателей – назвать этого монстра микрочипом, ведь он примерно в 200 раз больше тех, что используются в современных ПК. DyNAMiTe будет применяться отнюдь не для съёмки сверхдетализированных портретов и ландшафтов, а исключительно во врачебных целях. Разработчики заявляют, что огромное разрешение (и возможность снимать видео с частотой 90 кадров/с) изображений пригодится докторам для обнаружения рака на самых ранних стадиях, кроме того, сенсор устойчиво переносит радиационное облучение на протяжении нескольких лет. Это означает, что его можно использовать в задачах маммографии и радиотерапии.

<http://www.lincoln.ac.uk/>

**Учёные создали очередной генератор электричества из солнечной энергии**

Учёные Массачусетского технологического университета (MIT) разработали новый тип термоэлектрического генератора, который использует солнечную энергию. В отличие от большинства современных солнечных панелей, генератор использует теп-



ловую составляющую солнечного излучения, которая несёт в себе львиную долю энергии.

Группа исследователей опубликовала результаты своих трудов в журнале Nature. В статье описываются успехи, которых учёные достигли в создании специального наноструктурированного материала, который способен производить преобразование тепловой энергии в электричество значительно эффективнее, чем все существовавшие до этого термоэлектрические устройства.

Учёные полагают, что благодаря их разработке можно усовершенствовать существующие устройства для подогрева воды от солнца. Принцип, использованный исследователями, основан на том, что частицы наноматериала могут выступать как миниатюрные термоэлектрические генераторы, которые можно объединить в массив.

Устройства, производящие термоэлектрическое преобразование энергии, используются в технике достаточно широко. Тем не менее, разработка учёных из Массачусетского технологического университета позволит вывести эффективность такого преобразования на качественно новый уровень.

<http://www.cnet.com/>

**Передача данных со скоростью до 40 Гб/с**

Требования к максимальной скорости передачи данных в системах с различными шинными технологиями постоянно растут. Начало положили системы AdvancedTCA. Чипсеты для следующих поколений последовательных программных протоколов, например, 10 Gb/s Ethernet (10 G Base KR) или SRIO Gen2, либо уже доступны, либо в обозримом будущем поступят на рынок. Например, для PCI Express уже доступны драйверы к Gen2 со скоростью передачи данных 5 Гб/с на порт и скоро ожидается следующий шаг к Gen3 со скоростью 8 Гб/с.

Для протокола Serial-ATA, скорость передачи данных по которому сегодня составляет 3 Гб/с, также уже определена редакция 3.0, увеличивающая скорость вдвое, до 6 Гб/с. Разработка плат и переключателей для новых быстрых поколений программных протоколов продвигается очень быстро. И это не только на платформе AdvancedTCA, но и на основе всех других новых высокоскоростных стандартов, таких как VPX, CompactPCI Serial и MicroTCA.

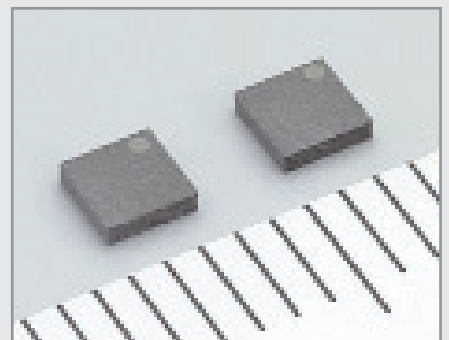
Также пользователям нужны системы, которые поддерживают ультрабыстрые новые протоколы. Это означает, что соответствующие объединительные платы, в свою очередь, должны быть рассчитаны на передачу данных с такой высокой скоростью. Инновационные разработки, проверенные тщательными испытаниями, позволяют сегодня компании Schroff изготавливать объединительные платы AdvancedTCA со скоростью передачи данных 40 Гб/с (10 G Base KR на четырёх параллельных портах).

Однако с учётом новых программных протоколов компания Schroff разработала и испытала также все другие новые объединительные платы и системы для VPX, CompactPCI Serial и MicroTCA. Кроме того, были приняты во внимание растущие требования к охлаждению и электропитанию. Благодаря этому компания Schroff уже сейчас может предложить системы самых разнообразных шинных технологий, поддерживающие все новые программные протоколы. Подробная информация об этом доступна на веб-сайте компании Schroff в размещённых там руководствах пользователя.

[www.schroff.ru](http://www.schroff.ru)

**Трёхосный геомагнитный датчик**

Фирма Alps Electric Europe предлагает HSCDTD004A, трёхосный геомагнитный датчик, сочетающий в корпусе поверхностного монтажа функции электронного компаса и регистратора угловых скоростей. Элемент размером 2,5 × 2,5 × 0,7 мм имеет диапазон измерений -1,2...+1,2 мТл, а также потребляемый ток 200 мкА. Разрешение на выходе составляет 0,3 мкТл/LSB.



Напряжения управления 2,4...3,6 В (аналоговое) и 1,7...3,6 В (цифровое). Для коммуникации с другими элементами служат такие интерфейсы, как I<sup>2</sup>C и SPI. HSCDTD004A работает в температурном диапазоне -30...+85°C.

<http://www.alps.com/e/>