

FSK-МОДЕМЫ ДЛЯ PLC-СВЯЗИ: СТАНДАРТЫ, ПРОИЗВОДИТЕЛИ, КОМПОНЕНТЫ

ВИКТОР ОХРИМЕНКО, техн. консультант, НПФ VDMAIS

В статье дан обзор существующих спецификаций узкополосной PLC-технологии, а также рассмотрены их особенности. Кроме того, приведена информация о компонентах, предназначенных для создания PLC-модемов с использованием частотной модуляции. Этот вид модуляции обеспечивает скорость передачи данных 0,3...10 Кбит/с. В последние годы благодаря применению более эффективных видов модуляции сигнала, подтвердивших свою надежность в других проводных и беспроводных технологиях, удалось повысить скорость передачи до 128...576 Кбит/с.

ВВЕДЕНИЕ

Первые попытки использования силовых линий электроснабжения для передачи сигналов были приняты еще в начале XX в. вскоре после того, как электросети получили широкое распространение. В 1930 гг. передача данных по линиям электропередач основывалась на технологии под названием RCS (Ripple Carrier Signaling). В ней использовалась модуляция сигнала вида ASK (Amplitude Shift Keying — амплитудная манипуляция), а передача сигналов осуществлялась в полосе частот 125...3000 Гц. Скорость передачи данных была сравнительно небольшой (всего несколько бит в секунду), однако этого было вполне достаточно для дистанцион-

ного управления устройствами сети и ее реконфигурации. В последние годы все большее распространение, в т.ч. для высокоскоростного обмена информацией в офисных и промышленных зданиях и сооружениях, находит широкополосная технология передачи данных по электрическим сетям, обеспечивающая скорость передачи до 200 Мбит/с. В системах автоматического считывания показаний разного рода датчиков и в других приложениях находит применение узкополосная PLC-технология, которая обеспечивает скорость передачи до 128 Кбит/с и более в полосе частот 42...89 кГц (CENELEC A) и до 576 Кбит/с в полосе 9...500 кГц (FCC) [1–6].

На диаграмме, приведенной на рисунке 1, показаны виды модуляции сигнала, используемые в узкополосной PLC-технологии. Каждая из них имеет свои недостатки и преимущества, однако модуляция с расширением спектра S-FSK и DCSK (Differential Code Shift Keying — дифференциальная кодовая манипуляция) обеспечивает более надежную передачу данных в условиях нестабильности параметров канала связи. Поэтому системы, созданные на их базе, широко применяются в сетях типа AMR (Automatic Meter Reading — автоматическое считывание показаний счетчиков). Использование в узкополосной PLC-технологии модуляции вида FSK, S-FSK и DCSK обеспечивает приемлемую достоверность информации, однако недостаток этих видов модуляции — пока еще сравнительно невысокая скорость передачи данных. В последние годы пристальный интерес и повышенное внимание обращено к технологии на основе OFDM (Orthogonal Frequency

Division Multiplexing — мультиплексирование с ортогональным частотным разделением), использование которой позволяет существенно увеличить пропускную способность канала связи, поскольку расширение функциональности автоматизированных систем типа AMR/AMI/AMM требует, соответственно, увеличения скорости передачи данных.

СТАНДАРТЫ И СПЕЦИФИКАЦИИ

В PLC-технологии для передачи информационного сигнала используется та же электропроводка, по которой осуществляется энергоснабжение. Как правило, частота информационного сигнала значительно выше частоты промышленных электросетей переменного тока (50/60 Гц), а напряжение сигнала во много раз ниже, чем 110/200/220/380 В. Упрощенно принцип передачи PLC-сигнала по силовым линиям электросетей частотой 50 Гц иллюстрирует рисунок 2. Выделение информационного сигнала обычно осуществляется с помощью ВЧ-фильтров, а созданные на их базе устройства, в общем случае, служат в качестве согласующего аппаратного интерфейса (coupling interface).

Поскольку провода электросети одновременно являются физической средой передачи информационного сигнала, при выборе рабочей полосы частот необходимо принимать во внимание следующие факторы.

Во-первых, необходимо учитывать затухание сигнала при его распространении по электропроводке. Затухание имеет сильно выраженную зависимость от частоты сигнала и длины линии, что приводит, в конечном счете, к существенному ухудшению отношения сигнал/помеха.

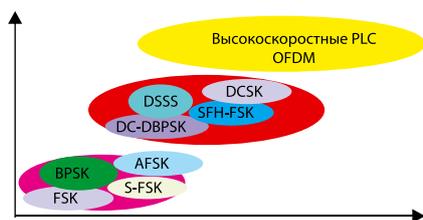


Рис. 1. Виды модуляции, используемые в узкополосной PLC-технологии

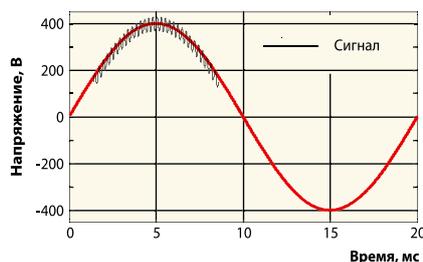


Рис. 2. Принцип передачи PLC-сигнала по силовым линиям (50 Гц)



Космические технологии по земным ценам в Ваших руках!
Программируемая логика для коммерческого, промышленного и авиационно-космического применений

- Микросхемы Actel слишком дорогие???

- Нет, это не так!

SMARTFUSION™

- микросхема A2F200M3F-FG256 - 1190 руб*

ProASIC™^{1B}

/ - микросхема A3P030-VQ100 - 390 руб*



- микросхема AGLN020V5-QNG68 - 350 руб*

* - цена указана за одну единицу, при заказе партий микросхем для серийного производства цена может быть ещё меньше
 - позвоните нам и узнайте условия

- | | |
|--|--|
| Минимальное энергопотребление | Защита от несанкционированного копирования |
| Энергонезависимость | Высочайшая надежность |
| Готовность к работе по включению питания | Выгодное соотношение цены и качества |

Представительство Actel в России и Украине:

196066, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 212 Тел./факс: +7 (812) 740 62 09 www.actel.ru
 Бесплатный звонок со всех мобильных и стационарных телефонов: 8-800-100-62-09

Во-вторых, при выборе частотного диапазона для обеспечения электромагнитной совместимости оборудования следует также учитывать требования существующих нормативных ограничительных документов. В США действует стандарт FCC, в Европе — CENELEC. В этих стандартах для передачи данных по электросетям определены уровни напряжений PLC-сигнала и разрешенные диапазоны частот (см. рис. 3) в полосе 3...148,5 кГц (CENELEC) или 3...500 кГц (FCC). Нормы на допустимые уровни высокочастотных электромагнитных излучений приведены в соответствующих стандартах — FCC Part15 subpart B/C, EN/IEC 61131-2, EN 55011 и др.

В стандарте IEC 61334, который был утвержден в конце 1990-х гг., даны общие требования к системам автоматики с распределенными каналами связи, в которых в качестве физической среды для передачи данных используются электросети среднего и низкого напряжения. В настоящее время имеют силу следующие технические спецификации и стандарты МЭК (IEC — International Electrotechnical Commission) для узкополосной PLC-технологии [1]:

– IEC 61334-5-1: The spread frequency shift keying (S-FSK) profile (частотная манипуляция с расширением спектра);

– IEC 61334-5-2: Frequency shift keying (FSK) profile (частотная манипуляция);

– IEC 61334-5-3: Spread spectrum adaptive wideband (SS-AW) profile (адаптивный широкополосный профиль с расширенным спектром);

– IEC 61334-5-4: Multi-carrier modulation (MCM) profile (модуляция с несколькими несущими);

– IEC 61334-5-5: Spread spectrum-fast frequency hopping (SS-FFH) profile (профиль быстрого скачкообразного изменения частоты).

При частотной манипуляции (FSK) значениями 0 и 1 информационной последовательности соответствуют определенные частоты синусоидального сигнала с постоянной амплитудой.

По сравнению с амплитудной манипуляцией ASK, модуляция типа FSK обеспечивает лучшую помехоустойчивость, поскольку помехи, как правило, вносят искажения амплитуды, а не частоты сигнала. Спецификации физического уровня (PHY), а также канального подуровня MAC (Media Access Control) для PLC-систем, в которых для передачи данных используется модуляция вида S-FSK, приведены в стандарте IEC 61334-5-1. Основное отличие между FSK и S-FSK заключается в том, что при модуляции типа S-FSK разность частот F(0) и F(1), кодирующих 0 и 1 информационной последовательности, существенно больше, чем при модуляции FSK. В системах с использованием модуляции с расширением спектра

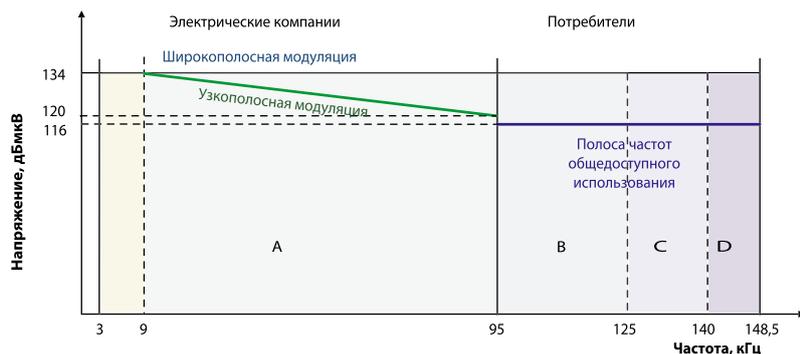


Рис. 3. Распределение частот в стандарте CENELEC

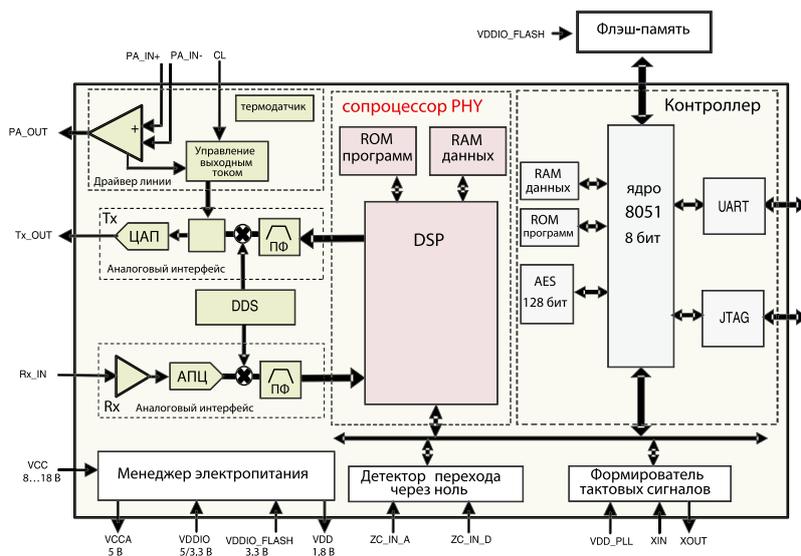


Рис. 4. Структурная схема PLC-модема ST7570

вида S-FSK разнос частот составляет 10 кГц и не зависит от скорости передачи [1, 2, 6]. В системах S-FSK, по сути, на физическом уровне используется та же бинарная частотная манипуляция, что и в FSK-системах. При этом больший разнос частот позволяет увеличить помехоустойчивость при наличии узкополосных помех и вместе с тем сохранить простоту реализации метода. В стандарте IEC 61334-5-1 не регламентируются значения частот

F(0) и F(1), т.к. они должны выбираться в соответствии с рекомендациями CENELEC. Предусматриваются две скорости передачи данных: 600 или 1200 бит/с, допускается также скорость передачи 2400 бит/с.

В технических спецификациях IEC 61334-5-4 описаны требования к системам, в которых для передачи данных применяется модуляция с несколькими несущими (Multi-Carrier Modulation — MCM). На физическом

уровне предусматривается использование одного из видов MCM-модуляции, а именно, модуляции OFDM. Частоты поднесущих и их количество выбираются в соответствии с рекомендациями спецификаций IEC 61334-5-4, причем разнос частот поднесущих составляет 4,5 кГц. Для модуляции поднесущих рекомендуется применять относительную фазовую манипуляцию (Differential Phase-Shift Keying — DPSK). Чтобы увеличить надежность передачи при ухудшении параметров канала связи, в спецификациях IEC 61334-5-4 предусматривается возможность использования сверточного кодирования, что приводит, соответственно, к снижению в два раза скорости передачи данных. Для сохранения целостности данных рекомендуется применять CRC-коды, а использование специальной преамбулы гарантирует надежную синхронизацию даже в случае резкого ухудшения условий приема/передачи. Количество поднесущих (J) выбирается из соотношения $1 \leq J \leq N/2 - 1$, где $N = 64$. Максимальная частота поднесущей — 139,5 кГц. Следует отметить, что в отличие от стандарта IEC 61334-5-1, MCM-спецификации не являются полноценным международным стандартом, а относятся к классу технических спецификаций. В этих спецификациях отсутствует множество требований, и поэтому они нуждаются в существенной доработке и уточнениях.

Таблица 1. Основные параметры микросхем ST7540/ST7570

Наименование	ST7540	ST7570
Стандарты	EN50065 (CENELEC)	EN50065 (CENELEC), FCC part 15
Скорость передачи данных, бит/с	4800	2400
Модуляция	FSK	S-FSK
Аппаратный ускоритель	—	AES (128 бит)
Процессорное ядро	нет данных	DSP + 8051
Встроенный протокол	—	IEC 61334-5-1 (PHY, MAC)
Интерфейсы	UART, SPI	
Напряжение питания, В	7,5...13,5/3,3/5,0	
Диапазон рабочих температур, °С	-40...85	
Кол. выводов и тип корпуса (размеры, мм)	HTSSOP-28 (9,7×6,4)	QFN-48 (7×7)

Таблица 2. Основные параметры PLC-модемов AMIS-30585/49587

Наименование	AMIS-49587	AMIS-30585
Стандарты	EN50065 (CENELEC), IEC 61334-4-32, IEC 61334-5-1	
Скорость передачи данных, бит/с	2400/2880	1200/1440
Модуляция	S-FSK	
Полоса частот, кГц	9...95 (CENELEC A)	
Процессорное ядро	ARM7 TDMI (16 бит)	
Интерфейс	SCI	
Напряжение питания, В	3,3	
Диапазон рабочих температур, °С	-25...70	-40...85
Кол-во выводов и тип корпуса (размеры, мм)	PLCC-28 (12,4×12,4)	

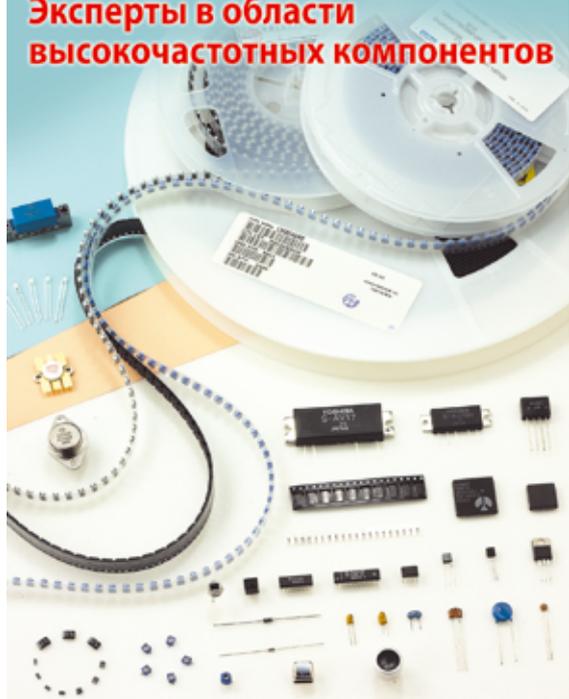
ПРОИЗВОДИТЕЛИ

Ниже приведена информация о компонентах, разработанных для передачи данных в узкополосных PLC-сетях с использованием манипуляции типов FSK, S-FSK и BPSK. Ведущая роль в разработке и производстве однокристалльных PLC-модемов принадлежит компаниям STMicroelectronics, ON Semiconductor и Advanced Digital Design S.A.

Компания STMicroelectronics (www.st.com) начала производство первых микросхем PLC-приемопередатчиков еще в 1990 гг. Для кодирования данных в них использовался метод частотной манипуляции (FSK), и они имели скорость передачи данных 1,2/2,4 Кбит/с. В последние годы компания предлагает микросхему PLC-модема ST7538Q и усовершенствованную модель ST7540 со скоростью передачи до 4,8 Кбит/с. ST7538Q и ST7540 — полудуплексные синхронно-асинхронные FSK-приемопередатчики, разработанные для передачи данных через силовые линии электропередачи. Микросхемы предназначены для использования в системах управления средствами автоматизации зданий, в т.ч. в системах

Приобретайте нужные Вам компоненты в кратчайшие сроки!

**Эксперты в области
высокочастотных компонентов**



Огромный запас танталовых конденсаторов

Мы поставляем электронные компоненты на мировой рынок более 24 лет. Обращайтесь к нам за срочной поставкой с нашего склада объемом более 10 млн. долларов

- Микроконтроллеры и микропроцессоры (MCU/MPU)
- Подстроечные конденсаторы, чип-резисторы (0402, 0603, 0805, 1206...)
- Катушки индуктивности
- Танталовые конденсаторы (Radial & S.M.D.)
- Все типы диодов (PЧ, подстроечные,...)
- Все типы транзисторов (To-92, To-220, To-3, силовые СВЧ,...)
- Силовые СВЧ модули и сборки, МОСФЕТы,...
- Модули памяти SDRAM, DRAM, EPROM...
- Разнообразные микросхемы (оптические, линейные, связные, для обработки голосовых сигналов...)
- Тиристоры
- Фильтры, резонаторы, варисторы, кварцевые резонаторы,...
- Подстроечные и двухслойные конденсаторы
- Резисторы, RLC, датчики Холла
- Аккумуляторные батарейки, светодиоды, коннекторы
- Много других компонентов

Мы специализируемся на разнообразных PЧ устройствах (диоды, транзисторы, ИМС, модули,...), которые используются на рынке беспроводных устройств, противоугонных систем и системах охраны помещений

Наша линия поставок: NEC, MITSUBISHI, NXP, FREESCALE, TI, UMC, SAMSUNG, OKI, AVAGO, RENESAS, NS, STM ON, IR, LTC, PANASONIC, INTERSIL, ATMEL, MURATA, MAXIM, MAXIM, ROHM, MICROCHIP, HOLTEK, AVX, QTC, VISHAY, SPANSION, JRC, FAIRCHILD, EPCOS, KEMET, JAE, NICERA,....



UP TEKS CO., LTD

RM. B. 6F, Won-Tai Commercial Bldg., NO. 24 Chi-Lin Rd., Taipei, Taiwan
TEL:886-2-25672183 FAX:886-2-25232762
http://upteks.com E-Mail:paul@upteks.com.tw



безопасности и контроля температуры и освещенности, системах дистанционного управления уличным освещением, автоматизированных системах контроля и учета электроэнергии [4, 5]. В модемах ST7538Q/ST7540 предусмотрено использование следующих несущих частот: 60/66/72/76/82,05/86/110/132,5 кГц. Выбор частот осуществляется на программном уровне.

Значения частот $F(0)$ и $F(1)$, кодирующих 0 и 1 информационной последовательности, вычисляются из следующих соотношений [4]:

$$F(0) = F_{\text{несущей}} + (\Delta F)/2;$$

$$F(1) = F_{\text{несущей}} - (\Delta F)/2,$$

где ΔF — частотная девиация равная 1хскорость передачи или 0,5хскорость передачи. Таким образом, при скорости передачи 2400 бит/с частотная девиация может составлять 2400 или 1200 Гц.

Микросхема ST7538Q функционально совместима с выпущенной ранее ST7537 и изготавливается в корпусе TQFP-44, а ИС ST7540 — в корпусе HTSSOP-28.

В конце 2009 г. компания STMicroelectronics расширила семейство микросхем (ST7538Q/ST7540), ориентированных на использование в узкополосных PLC-сетях, выпустив новую

микросхему PLC-модема ST7570 по технологии 0,18 мкм. Микросхема ST7570 представляет собой полудуплексный модем, в котором для передачи данных используется модуляция с расширением спектра S-FSK. Для формирования несущих применяется метод прямого цифрового синтеза (Direct Digital Synthesizer — DDS). PLC-модем ST7570 предназначен для передачи данных по электрическим сетям низкого напряжения и соответствует требованиям стандартов EN50065 (CENELEC) и FCC part 15. Модем ST7570 содержит процессорное ядро 8051, а, кроме того, DSP-ядро. Связь с хост-контроллером поддерживается через интерфейс UART или SPI. Основные параметры микросхем ST7540/ST7570 даны в таблице 1, структурная схема PLC-модема ST7570 приведена на рисунке 4.

Одна из ведущих компаний по производству интегральных микросхем — компания ON Semiconductor (www.onsemi.com) — после приобретения компании AMI Semiconductor (www.amis.com), прежде хорошо известной как разработчик компонентов для узкополосной PLC-технологии, приступила к массовому выпуску однокристалльных PLC-модемов. Микросхему PLC-модема AMIS-30585 компания AMI Semiconductor анон-

сировала еще в 2005 г. В настоящее время компания ON Semiconductor для организации низкоскоростных PLC-сетей предлагает полудуплексные модемы AMIS-30585/49587, предназначенные для передачи данных по линиям электропередач с низким и средним напряжением. Области применения модемов AMIS-30585/49587 следующие: автоматизированные системы удаленного считывания показаний датчиков, системы управления уличным освещением, устройства домашней автоматизации, а также системы охранной/пожарной и иной сигнализации. Основные параметры PLC-модемов AMIS-30585/49587 приведены в таблице 2.

Предназначенный для работы в расширенном диапазоне температур новый модем AMIS-49587 был анонсирован в конце 2009 г. Он обеспечивает скорость передачи данных до 2400 или 2880 бит/с, соответственно, при частоте сети 50 или 60 Гц. Кроме того, предусмотрена возможность работы со скоростью 300/600/1200 бит/с. Для кодирования данных используется модуляция вида S-FSK (IEC 61334-5-1). Значения частот $F(0)$ и $F(1)$, выбираются из диапазона частот 9...95 кГц (полоса CENELEC A), разность частот $F(0)$ и $F(1)$ составляет 10 кГц. В новом модеме AMIS-49587 реализованы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные стандарты и спецификации далеко не единственные из существующих. На практике, кроме перечисленных, наибольшее распространение в настоящее время получили спецификации HomePlug C&C [3], продвигаемые альянсом HomePlug Powerline Alliance, а также спецификации, предложенные европейским альянсом PRIME. В спецификациях HomePlug C&C предусмотрено использование модуляции с расширением спектра типа DCSK, обеспечивающей скорость передачи данных до 7,5 Кбит/с. Альянс PRIME для узкополосной PLC-технологии разработал требования к системам, в которых используется OFDM-модуляция с возможностью адаптации к параметрам физической среды передачи. Применение этого метода позволило в полосе частот 42...89 кГц (CENELEC A) поднять скорость передачи данных до 128 Кбит/с.

Европейский парламент принял декрет, в котором провозглашается, что в странах членах Европейского Союза к 2022 году все потребители электричества должны быть снабжены интеллектуальными электронными электросчетчиками. В докладе американской Федеральной комиссии по регулированию в области энергетики FERC (Federal Energy Regulatory Commission) констатируется, что интеллектуальные электросчетчики составляют примерно 5% от общего их количества. В Китае инвестируются большие средства в проекты создания автоматизированных сетей с целью ужесточения контроля потребления электроэнергии. Несомненно, что вместе с развитием и повсеместным внедрением автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии большие перспективы имеет и сопутствующая им PLC-технология.

Более полную информацию об узкополосной PLC-технологии, существующих стандартах и ИМС PLC-модемов можно найти в [1–6].

ЛИТЕРАТУРА

1. *State-of-the-art Technologies & Protocols.D2.1/part 4.* — OPEN Meter, 2009 (www.openmeter.com).
2. *Description of the state-of-the-art PLC-based access technology. D2.1/part 2.* — OPEN Meter, 2009 (www.openmeter.com).
3. *HomePlug Command & Control (C&C). Overview. White Paper.* — HomePlug Powerline Alliance, 2008 (www.homeplug.org).
4. *ST7538Q. FSK power line transceiver.* — STM, 2006 (www.st.com).
5. *ST7570. S-FSK power line networking system-on-chip.* — STM, 2009 (www.st.com).
6. *AMIS-49587. Power Line Carrier Modem. Product Review.* — ON Semiconductor, 2009 (www.onsemi.com).

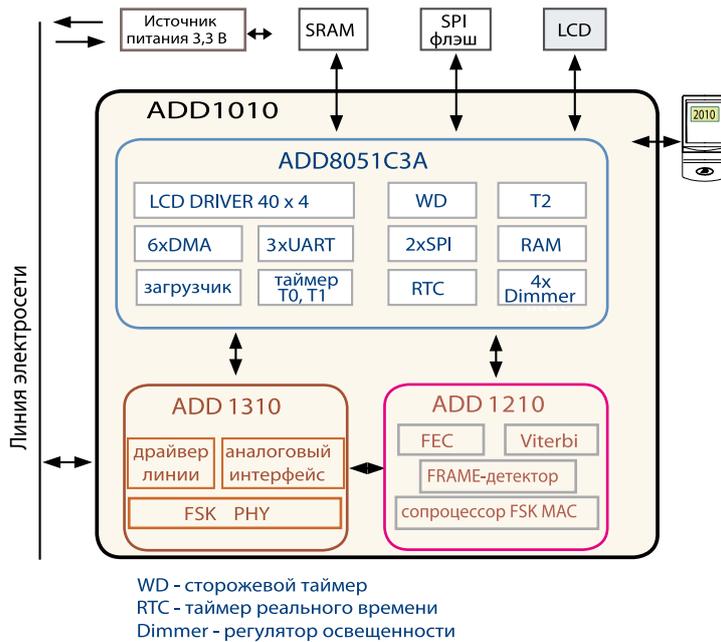


Рис. 5. Структурная схема PLC-модема ADD1010

также требования спецификаций раздела IEC 61334-4-32 LLC (Logical Link Control). При динамическом диапазоне сигнала 40 дБ гарантируется частота появления ошибочных кадров (Frame Error Rate — FER) на уровне 0%. При динамическом диапазоне 80 дБ FER составляет уже 8% [6]. Длина кадра — 288 бит. Чувствительность приемника 0,4 мВ. Встроенная система ФАПЧ синхронизирована с частотой электросети (50/60 Гц) и используется для синхронизации передачи данных на скоростях 300/600/1200/2400 бит/с. В качестве вычислительного ядра используется 16-разрядное процессорное ядро ARM 7TDMI. Для связи с хост-контроллером реализован асинхронный двухпроводный интерфейс (TxD, RxD). Микросхемы AMIS-30585/49587 выпускаются в корпусе PLCC-28 и совместимы между собой по расположению выводов.

Испанская компания Advanced Digital Design S.A. (ADD) со штаб-квартирой в Сарагосе — одна из ведущих компаний по разработке IP-ядер, заказных микросхем ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) и систем на кристалле (System-on-a-Chip — SoC). Для PLC-коммуникаций компания ADD (www.addsemi.com) предлагает для использования в автоматизированных системах управления/контроля AMM (Automated Meter Management) и системах удаленного считывания показаний датчиков типа AMR (Automatic Meter Reading) ряд законченных решений для создания интеллектуальных узлов сети. Среди них система на кристалле ADD1000B (с поддержкой протокола KNX), а также функционально-законченный

PLC-модем ADD1010, содержащий стандартное 8-разрядное процессорное ядро 8051, контроллер MAC-уровня ADD1210 и собственно PLC-модем ADD1310. Структурная схема ADD1010 приведена на рисунке 5. Для передачи данных в модеме используется модуляция FSK и S-FSK в соответствии с требованиями спецификаций IEC61334-5-2 и IEC61334-5-1. На MAC-уровне ADD1010 поддерживает протоколы EHS, KNX и IEC61334-4-32. Скорость передачи данных находится в диапазоне 0,6...4,8 Кбит/с, частота несущей — 60...132,5 кГц. В реализованных в модеме протоколах предусмотрено также использование CRC- и FEC-кодов. Напряжение питания модема 3,3 В. Кроме того, компания ADD разработала и предлагает ряд других решений на базе программируемой логики Xilinx (XC4000XLA и Virtex E).

В PLC-оборудовании, например компании ZIV Medida или Echelon Corp., для передачи данных используется модуляция типа BPSK (Binary Phase Shift Keying — двоичная фазовая манипуляция). Системы, построенные на базе BPSK, в сравнении с системами, в которых используется модуляция типа ASK или FSK, обеспечивают более низкую вероятность ошибок при приеме/передаче данных [1, 3]. Для реализации технологии LonWorks при построении сетей с использованием электропроводки компания Echelon Corp. (www.echelon.com) выпускает приемопередатчики серии Power Line Smart Transceivers — PL 3120/3150/3170, содержащие 8-разрядное процессорное ядро Neuron с тактовой частотой 10...20 МГц.

25 октября
2010 г.
ЦВК «Экспоцентр»

Третий Всероссийский Форум
«ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ»

ChipEXPO



электроника
медиагруппа

Издательский дом «Электроника» проводит Третий Всероссийский Форум
«ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ в РОССИИ-2010».

Форум будет организован в дни Российской Недели Электроники в преддверии
выставки «ЧипЭКСПО», г. Москва.

Конференция предназначена для практикующих технологов и руководителей производств и призвана показать, как российские производственные компании преодолевают последствия кризиса. В число приоритетных тем, которые будут рассмотрены и проанализированы на конференции, войдут:

- использование международных стандартов на каждом этапе производства — от планирования производства и приемки комплектующих до сдачи готовой продукции;
- усиление кооперации при производстве электроники, налаживание прочных связей между разработчиками и производителями;
- локализация производства продаваемой в России электроники на примере разворачивания производств крупнейших международных компаний;
- рост бизнеса отечественных заказчиков и появление новых нишевых продуктов.

Дополнительную информацию о программе конференции, условиях участия и возможности выступления с докладом Вам предоставят по запросу в оргкомитете конференции.

Контактное лицо: **Динара Бараева,**

Тел./факс (495)741-7701, доб. 2233

E-mail: conf@ecomp.ru