

Модул за домашна автоматизация с PLC модем

Жейно Жейнов, Сава Иванов

Home Automation module with PLC modem: *The paper proposes a design of an educational module for Home Automation with a programmable PLC modem. The goal of the system, build by several modules of such kind, is control of the electrical household appliances. The module implements a low-speed narrow-band standard for Power Line Communication using the power lines as a media for communication. This will be helpful for introducing the students from the "Computer Systems and Technologies" degree course into programming of the low-level communication protocols of the devices for Home Automation, connected in a home net. The testing of the module under control of an educational microprocessor KIT will teach the students into the principle of programming control of devices for Home Automation.*

Key words: Power Line Communication, Home Automation, PLC modem.

ВЪВЕДЕНИЕ

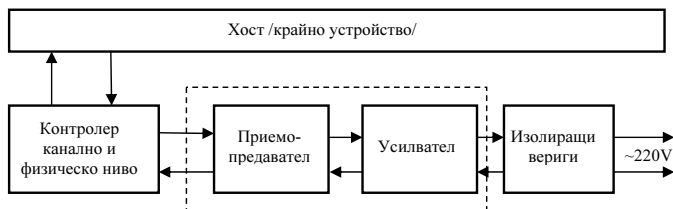
В последно време се наблюдава рязко нарастване на интереса към средствата за предаване на данни през електропреносната мрежа. Това се дължи на увеличаващото се търсене на телекомуникационни съоръжения в световен мащаб и у нас. Системите за контрол и мониторинг в индустрията, транспорта, медицината, енергетиката, системите за охрана на околната среда и други човешки дейности, стават по-интелигентни и се разпространяват все по-широко. Едновременно с това значително нараства обмена на нови видове на информация – при автоматизация на дома, автоматизация на малкия и домашния офис (SOHO), в разпределени системи, системи за сигурност и други аларми, които се нуждаят от добре развита инфраструктура за комуникация. В този случай решаваща роля играят икономическите фактори. Средствата за обмен на информация като инструмент за комуникация трябва да бъдат евтини и широко разпространени. Проучванията в ЕС показват, че жилищният и обслужващият сектор са отговорни за 40% от крайното енергийно потребление и този процент расте постоянно. Внедряването на системи за сградна автоматизация би могло да доведе до намаляване на енергийните разходи до 30%, като същевременно оптимизира функционирането на сградните инсталации. Производителите на системи за домашна автоматизация в света са много. Техните продукти се различават по функционалност, размер, тегло, топология на инсталацията, материали, консумиран ток, дизайн и др.. По-голямата част от системите за автоматизация, особено в Европа, използват специален кабел-шина за обмен на данни между модулите за по-надеждна връзка. В последно време се използва радио комуникация, но радиомодулите са по-скъпи. Приложението им е ограничено от невъзможността на сигнала да достига до всички желани точки. Макар че повечето съвременни безжични мрежови протоколи и технологии при антените намаляват този проблем, в случаите, когато не достига безжично покритие или то е прекалено слабо, електрическата мрежа може да се използва като добавка към WLAN (Wireless Local Area Network) и по този начин да се постигне по-висока ефективност на цялостната мрежа. Предимство на връзката посредством електрическа мрежа е, че скоростта на обмен е по-стабилна. Няма допълнителни разходи за инсталиране на десетки метри жици, къртене на стени и ремонтни дейности на дома, смущения от други устройства (като при радио комуникацията), или отражение на други източници (както е при IR връзката). Може да се поставят модули на всяко място, където наблизо има електрически контакт и няма нужда от допълнителен източник на енергия. Комуникации по електрозахранващата мрежа (Power Line Communications - PLC) се ползват понастоящем при пренос на данни, на звукови и видеосигнали, телефонни разговори, управление на електроуреди, мониторинг и дистанционно измерване на енергийната им консумация, управление на системите за сигурност и др. Комуникационната система се състои от модули,

обменящи цифрова информация. Преобразуването и в аналогов сигнал, годен за предаване по електрозахранващите кабели, става с помощта на PLC модем, който е съставна част на всеки модул за комуникация по електрозахранващата мрежа.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Предаването на данни по електрическата мрежа е опит да се получи максимално евтин канал за предаване на информация. От гледна точка на теорията за комуникацията електрозахранващата линия представлява несиметричен кабел, което определя скоростта на предаване на информация. В абонатните участъци с напрежения под 400 V разстоянията са малки, затихването по електрическия кабел е сравнително ниско, нивото и спектъра на разпределение на смущенията са предсказуеми, което позволява скорости до няколко десетки Mbit/s [1]. В тази област действуват много и широко известни стандарти и регламентиращи организации, включително и комерсиални. Те провеждат многобройни изследвания по интерференцията на сигналите от различни източници влиянието на външните смущения. Резултат от тях са технологии за предаване на данни по електрозахранващите кабели. Повечето от тях ползват FSK модулация и OFDM модулация с адаптация към физическата среда, като избора на работните канали зависи от поставените ограничения и работния спектър на сигнала. В повечето съвременни стандарти се комбинира OFDM с възможностите за честотно и временно разделение на канала. Първият единен стандарт за PLC Home Plug 1.0 е създаден през 2001 г. от отворения альянс HomePlug Powerline Alliance на мощни фирми от индустрията за телекомуникация. Спецификациите му са добре приспособени към реалните условия заради оптимизирания алгоритъм на модулация и демодулация. Те осигуряват покритие на цялата жилищна площ и лесно създаване на мрежа със скорости на работа до 10 Mbit/s. Устройствата, които го поддържат, продължават да се произвеждат от известни фирми. От създаването му до днес са автоматизирани хиляди домове във САЩ и Европа, които използват PLC оборудване. Нискоскоростната версия на стандарта Home Plug Command Control е създадена през 2007 г. и е ориентирана към управлението на осветлението, климатичната система, системата за сигнализация и др. уреди в рамките на концепцията за „Умен дом“ [4].

С цел изследване на възможностите за приложение на PLC устройства бе разработен модул за управление на осветлението и отоплението в рамките на проста система за сградна автоматизация. Системата се състои от типови модули, всеки един от които включва управляващ микроконтролер и PLC модем. Модулите се разполагат в близост до контакт на електрозахранващата мрежа и управляваните консуматори. Включват се с двупроводен кабел в контакта и разполагат с интерфейс за връзка с терминал или РС. Структурата на създаваната мрежа се определя от топологията на електроинсталацията в сградата и може да бъде произволна. Модулът за PLC комуникация има блокова схема, показана на фиг. 1.



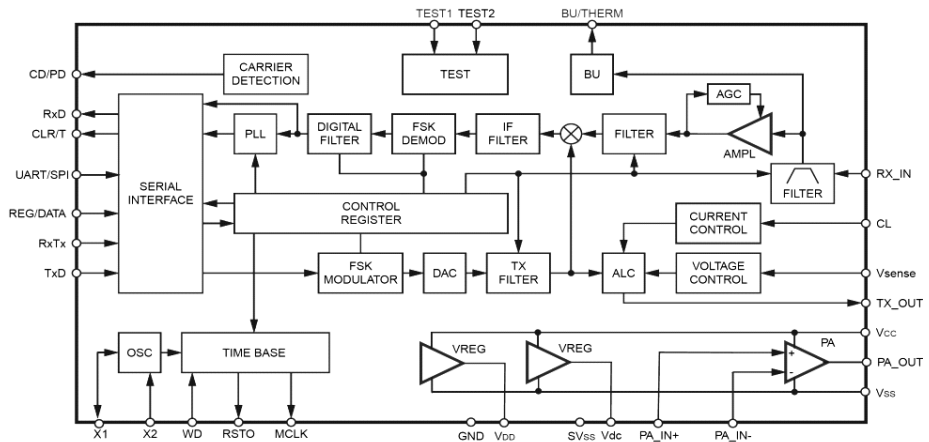
Фиг. 1. Блок-схема на PLC модул

Ядро на комуникационния възел е контролерът за канално и физическо ниво. В литературата обикновено се нарича трансивър или приемопредавател. По правило тези компоненти се реализират на базата на универсални или специализирани микропроцесори и често се предлагат като набор интегрални схеми. Изолиращите вериги отделят комуникационните блокове на апаратурата от захранващата мрежа и разделят информацияния сигнал от захранващото напрежение. Обикновено този блок се реализира с дискретни компоненти. Някои фирми предлагат и отделни интегрални схеми като усилватели на мощност за постигане на предаване на големи разстояния. На фигурата с пунктир са означени блоковете, съставлящи PLC модема.

В описания модул модемът е реализиран с интегралната схема ST7540 на фирмата STMicroelectronics. Ролята на контролер за канално и физическо ниво се изпълнява от макет за лабораторни упражнения /лабораторен KIT/. Макетът включва микроконтролер PIC18F452 с 32 kB Flash с възможност за ICSP програмиране чрез стандартен програматор, свързан към USB порт на PC, работещ под управлението на Microchip MPLAB® IDE. Част от входно/изходните крачета на микроконтролера са изведени на съединители и могат да се ползват за директно управление на нестандартна периферия. Други пък направо или чрез драйверни схеми управляват модул с разнообразна периферия: цифрови входове и изходи, двуредов LCD дисплей, RS232 порт, клавиатура, релета, температурен датчик и т.н..

Тази отворена архитектура на макета позволява той да получава данни за околната температура от включения температурен сензор. Релейните изходи могат да задействуват битови консуматори, лампи, нагреватели и др.. Освен това има достатъчно свободни крачета за управление на модема с SPI интерфейс и комуникация с управляващ терминал чрез RS232 порта.

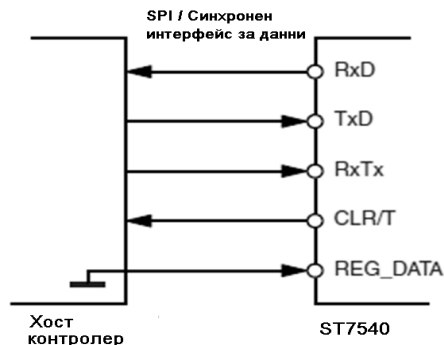
Функционалната схема на FSK модема ST7540 е показана на фиг. 2.



Фиг. 2. Функционална схема на модема

На нея се вижда, че отдясно са изводите към захранващата мрежа на аналогов сигнал от предавателя TX_IN и на приемника RX_IN. Предвиден е вграден допълнителен мощен усилвател за предавания сигнал с изход PA_OUT и входове PA_IN+, PA_IN-. Захранването на чипа Vcc=12V се получава от понижаващ мрежов трансформатор, изправител и стабилизатор. Вграденият генератор изисква външен кварцов кристал. Фирмата-производител предлага реализация на активни и пасивни триполюсни RC филтри чрез външни пасивни елементи, свързвани към изводите на приемника, предавателя и допълнителния усилвател. Реализирана е предложената

схема за работа на централна честота 132.5 kHz в [2], която формира специална форма на АЧХ на филтрите с разнесени максимуми за предавателя и приемника. Приемникът и предавателят на модема се свързват чрез феритен трансформатор и кондензатори към захранващата мрежа. Импулсни напрежения над 12 Vpp се отрязват с бързодействащи ограничителни диоди с цел да бъде предпазена от повреда интегралната схема. Цифровите изводи за управление на чипа от външен микроконтролер са показани отляво на блоковата схема. На фиг. 3 е показано управлението на модема с външен микроконтролер [3].



Фиг. 3. Управление на модема с микроконтролер

Програмирането на модема става чрез контролен регистър и регистър за данни. Записът на данни в контролния регистър, достъпът до който става само чрез синхронен сериен интерфейс, променя настройките на централна честота (60-132.5 kHz), скорост на трансфер (600-4800 bit/s), девиация, интерфейсен режим, начин на откриване на носещата честота, дължина и стойност на рамковия хедър /frame header/ и др. [3]. Необходима е еднаква инициализация на всички модеми в модулите, за да се получи сигурен обмен с минимално количество грешки.

Софтуерът за управление на модулите се пише на С и транслира до машинен код чрез MPLAB IDE. С програматора се зарежда във Flash паметта.

Терминалното приложение има за цел задаване на настройки за работа на съответните управлявани уреди (температура, режим на работа включен/изключен) и позволява мониторинг на параметрите на модулите през мрежата.

След стартиране на потребителското (управляващото) приложение, изпълняващо се на независим терминал (напр. PC), се установява връзка с модула посредством RS232, като в цикъл се подава заявка за идентификация на свързаните устройства. На всяко устройство се присвоява идентификационен номер, който се записва в списък. Цикълът се изпълнява докато всички устройства върнат собствените си идентификационни номера. По този начин се създава карта на мрежата на наличните включени устройства. Номерът на адресируемите устройства е дълг 1 байт. Самото предаване в захранващата мрежа е от тип broadcast, като на зададената заявка за идентификация отговаря само устройството със съответстващия му адрес. Устройствата игнорират заявката, ако тя не е предназначена за тях. Изключение от това правило е устройството, към което е включен терминала с управляващата програма. Когато то получи заявка с несъответстващ адрес на получател, то преминава в т. нар. bridge mode, предава получената заявка в мрежата и очаква отговор, който да бъде адресиран към терминала.

Комуникацията се осъществява с помощта на системата за прекъсвания на

микроконтролера, като при получаване на синхробайта устройството, разпознало своя адрес, се заключва с цел предпазване от вмешателства в получаваните данни. След записа на цялото съобщение от 9 байта, то се освобождава. Това помага за намаляване на грешките и предпазва системата от блокиране. В даден момент само едно устройство може да има връзка с терминала.

Командното съобщение се състои от 9 байта:

- Първият байт е синхронизиращ. Неговата стойност е 0xA3. Когато устройство получи тази стойност, преминава в режим на запис и попълва този и следващите 8 байта в своята EEPROM памет.

- Вторият байт е адрес на получателя. Възможните номера на устройствата са от 0 до 255.

- Третият байт е адрес на терминала (на изпращача). За адрес на изпращача е избрана стойността 0xFF.

- В четвъртия байт е записана желаната за изпълнение команда. Тя се дефинира свободно и може да има от един до четири аргумента. За техните стойности са запазени следващите четири байта. Големината на аргументите може да е от тип byte, word, doubleword.

- Деветият байт е предназначен за проверка на съобщението. Реализираната контролната сума се изчислява като функция побитово XOR на предходните 8 байта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическото използване на създадения модул за домашна автоматизация в момента е насочено към обучение на студентите. Възможностите на тестовия софтуер, който бе създаден с цел тестване на модулите, са твърде ограничени. Неговото усъвършенстване ще позволи провеждането на редица експерименти за установяване на оптималните настройки на модема за сградата. Множество интересни проблеми представляват експерименти с други протоколи на канално ниво, различни от описания, с цел постигане максимална скорост на предаване при минимален коефициент на грешките. Друг проблем е изследване на влиянието на различни видове шум върху коефициента на грешките, както и влиянието на разстоянието между модулите върху сигурността на управление.

Във всички случаи обаче технологията PLC е перспективна и е необходимо нейното изучаване и прилагане. Това е невъзможно да бъде направено само с предлаганите фирмени развойни средства.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Klaus Dostert, Possibilities and Limitations of Using Electrical Power Distribution Grids for Communication Purposes. Institute of Industrial Information Systems, University of Karlsruhe (TH), 2007.

[2] ST7540 FSK power line transceiver design guide for AMR, STMicroelectronics, 2005.

[3] FSK power line transceiver Datasheet, STMicroelectronics, 2005.

[4] Гололобов В.Н., „Умный дом” своими руками. Москва, ИТ Пресс, 2007.

За контакти:

Гл. ас. Жейно Жейнов, Катедра “Компютърни системи и технологии”,
Технически университет - Варна, тел.: 052-383 260, e-mail: zh_viv@abv.bg

Доц. д-р Сава Иванов, Катедра “Компютърни системи и технологии”,
Технически университет - Варна, тел.: 052-383 260, e-mail: Ivanovski@abv.bg

Докладът е рецензиран.