

Висновки. У результаті виконаних робіт було розроблено метод прямої корекції помилок для радіомодемів CYPRESS WirelessUSB. Використання запропонованого методу повинно збільшувати достовірність прийнятих даних і надійність роботи радіосистеми. Це завдяки кодуванню є надлишковим, що веде до зменшення пропускну здатності радіоканалу вдвічі. Розроблене програмне забезпечення, дало змогу отримати стабільну передачу корисної інформації на швидкості близько 450 байт/с. Використовуючи запропоноване кодування, вдається відновити 100 % одинарних помилок, 93 % – подвійних і 64 % – потрійних. Загалом код дає змогу виправляти 27 % помилково прийнятих слів від усіх можливих. Не можна забувати, що метод не захищений від помилок корелятора внаслідок наявності інтерференції у радіоканалі, але ймовірність такого випадку мізерно мала. Цей метод зручно застосовувати у низькошвидкісних застосуваннях з симплексним режимом роботи.

1. Скляр Б. *Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение.* – М., 2003.
2. CYPRESS. *WirelessUSB™ LS 2.4-GHz DSSS Radio SoC. CYWUSB6932/ CYWUSB6934.* 3. CYPRESS. *WirelessUSB™ LS Theory of Operation.* 4. Cypress MicroSystems, *PSoC™ Mixed Signal Array CY8C29x66, CY8C27x66, CY8C27x43, CY8C24x23, and CY8C22x13 Technical Reference Manual.* 5. *WirelessUSB™ LS 1-Way HID Networks.* 6. *WirelessUSB™ LS 2-Way HID Systems.* 7. *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г.Олифер, Н.А.Олифер.* – СПб., 2001.

УДК 681.3

В.Т. Кремінь, А.С. Сметана

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин

МЕРЕЖА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ДАВАЧІВ НА БАЗІ PSoC

© Кремінь В.Т., Сметана А.С., 2005

Пропонується реалізація провідної мережі давачів із централізованим керуванням для використання в побутовій і офісній автоматичній, у промисловості, для сигналізації в пожежних і охоронних системах, для віддаленого керування освітленням та іншими застосуваннями, що потребують низькошвидкісного двостороннього обміну інформацією. Підкреслено переваги мікроконтролерів PSoC для виконання апаратної частини проекту, у результаті чого кінцева реалізація мережі має низьку вартість.

The implementation of wired sensor network with centralized direction is proposed. It can be used for home/office automation, remote technological process monitoring and control, in various security/alarm system, remote light controlling and other applications which require the low-cost, low-speed bidirectional data communication. The PSoC's advantages are marked in the hardware project's side, which reflexes on the economical aspects of system utilization.

Вступ. Нині – в епоху стрімкого прогресу мікроелектронної техніки і її впровадження практично в усі сфери людської діяльності (як на побутовому, так і на професійному рівнях), інженерам-розробникам необхідно створювати системи, які могли б спростити користування людини продуктами нових досягнень, та й просто заощадити час і людський ресурс там, де це можливо. Наприклад, присутність людини намагаються скоротити у багатьох виробничих циклах, замінюючи його автоматичними установками. Часто така ротація веде до підвищення продуктивності й загальної надійності роботи системи. Подібно й у побуті, особливо це застосовно до тенденції створення “розумних будинків”.

Отже, насиченість простору мікроелектронними вузлами (давачами, електронними кнопками тощо) повинна привести до створення центральних диспетчерських вузлів, які займалися б

збиранням і обробкою даних, виступали в ролі пульта керування віддаленими механізмами, тобто здійснювали моніторинг всієї системи.

Огляд відомих підходів до побудови провідних та безпроводних мереж. Вирішенням цієї проблеми є об'єднання мікроелектронних вузлів автоматики в єдину мережу із централізованим керуванням. Перші подібні рішення з'явилися вже в сімдесятих роках ХХ століття, наприклад, X10 – мережа для керування побутовими приладами, підключеними до мережі змінного струму, лінії якої є середовищем передачі інформації.

У наші дні усе популярнішими стають мережі на базі бездротових технологій (Wi-Fi, ZigBee, BlueTooth, IrDA, WirelessUSB і інші), але кабельні мережі продовжують існувати й розвиватися. Основним слабким місцем бездротових мереж є їхнє енергопостачання, тому що вони повинні бути заживлені від автономних джерел (наприклад, акумуляторних батарей), які час від часу необхідно замінювати. Відзначимо, що середовищем передавання інформації в такому разі є радіоканал, що за своєю фізичною природою є найменш завадостійким. Особливо ці мережі незастосовні до тих аплікацій, де необхідна активна робота вузлів (наприклад, відстеження поточного стану технологічних параметрів і їхня постійна трансляція на центральний пульт), це призводить до швидкого виснаження заряду батарей. Головна перевага бездротових мереж проявляється у швидкості її монтажу, мобільності її вузлів, а також економічних аспектах, не пов'язаних із придбанням і прокладанням кабелів. На мій погляд, такі мережі зручно застосовувати під час одного циклу експлуатації системи (до першої заміни батарей), наприклад, для дослідження параметрів якого-небудь середовища мобільними вузлами, де важко прокласти кабельні мережі або економічно недоцільно для “одноразового” їхнього використання. Уразливими місцями кабельних мереж є можливі обриви лінії, які можуть вивести з ладу всю мережу або окремі її сегменти, а також час монтажних робіт з її встановлення. Але якщо мережа експлуатується тривалий час, вона дає вигреш у її обслуговуванні (не треба замінювати елементи харчування).

Тому, зважаючи на вищевикладене, була розроблена кабельна мережа давачів. Незважаючи на існування багатьох реалізацій подібних систем (Profibus, Modbus, CAN, LIN, X10, Linet, Ethernet), їм властивий хоча б один з таких недоліків:

- необхідні порівняно дорогі чіпи для узгодження вузлів з лінією;
- мережні протоколи можуть бути порівняно складними, що вимагає дорогих мікроконтролерів для обробки цих протоколів;
- живлення вузла повинне забезпечуватися по окремих лініях, які вимагають додаткових засобів із встановлення й обслуговування;
- мережні протоколи не можуть гарантувати передвіщений час доставки даних, і продуктивність мережі залежить від її трафіка;
- мережа може випромінювати електромагнітний шум у широкому діапазоні частот, що може спричинити проблеми з електромагнітною сумісністю або вимагати більше дорогих екранувальних кабелів.

Постановка задачі. Метою цих досліджень є створення такої мережі інтелектуальних давачів, яка значною мірою усувала недоліки вищезгаданих мереж

Принципи організації мережі. В основі розробленої мережі лежить принцип ведучого-веденого. Тобто є один хост-вузол (ведучий) і необхідна кількість ведених вузлів, які виконують задані функції. Структурна схема мережі наведена на рис. 1.

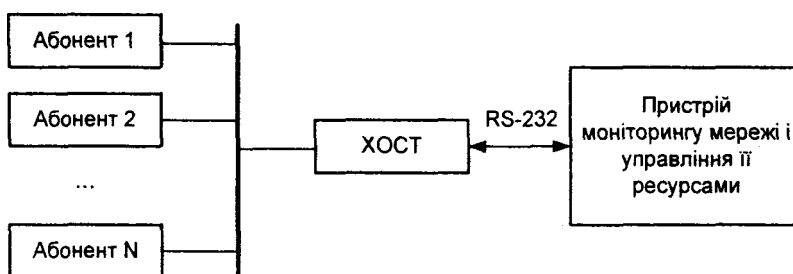


Рис. 1. Структура мережі давачів

Топологія мережі – загальна шина, де як середовище передачі може використовуватися скручена пара (екранована) або коаксіальний кабель. До складу мережі входять такі типи пристроїв:

- один вузол-хост. У його функції входить організація протоколу мережі на каналному рівні (тобто обмін інформацією між абонентами мережі й пристроєм моніторингу мережі) і контроль параметрів фізичного рівня;

- вузли кінцевих пристроїв – ці пристрої є абонентами мережі, на які покладені обов’язки, які пояснюються специфікою застосування мережі. Серед таких вузлів можуть бути: вузли-давачі для вимірювання фізичних параметрів навколишнього середовища; виконавчі механізми, які забезпечують керування силовими установками, системами освітлення тощо;

- пристрій керування ресурсами мережі, що під’єднаний безпосередньо до хоста. Таким пристроєм може виступати персональний комп’ютер з відповідною програмою або інша система з можливостями введення–виведення інформації.

Канальний рівень

Далі опишемо протокол мережі на каналному рівні.

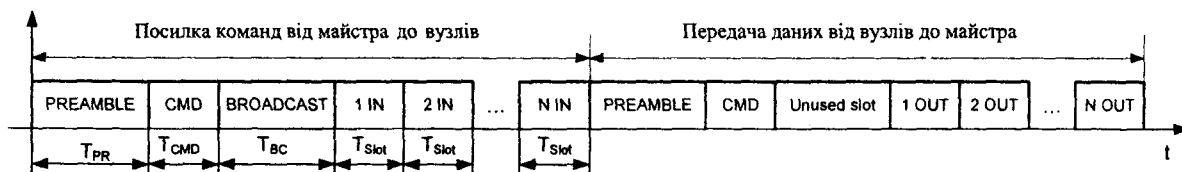


Рис. 2. Часова діаграма роботи протоколу

Протокол обміну даними в мережі оснований на принципі розподілу часу доступу до середовища передачі інформації, так званий Time Triggered Protocol. В один момент часу доступ до каналу має тільки один пристрій, що передає дані, всі інші пристрої можуть тільки слухати ефір.

Рис. 2 відображає часову діаграму роботи мережі на періоді. Пояснимо вжиті позначення:

PREAMBULE – преамбула, необхідна для синхронізації вузлів з майстром;

CMD – ідентифікатор команд, визначає цикл читання або запису даних на майстер;

BROADCAST – широкомовне повідомлення, передає майстер вузлам;

1 IN, 2 IN, ..., N IN – часові слоти (адреси пристроїв), під час яких слухають команди від майстра вузли з адресами відповідно *1, 2, ..., N...*

1 OUT, 2 OUT, ..., N OUT – часові слоти (адреси пристроїв), під час яких вузли передають інформацію на майстер.

Unused slot – невикористовуваний 0-й адрес в циклі приймання даних хостом, якому відповідає *BROADCAST* слот у циклі передачі.

Період роботи протоколу ділиться на дві частини:

- на першому етапі хост виконує посилання широкомовного повідомлення й команди вузлам;
- у другому – вузли відповідають майстрові.

Отже, хост у першій частині періоду працює на передавання даних, а в другій на прийом. Такий вільний від колізій протокол однаковою мірою гарантує кожному вузлу доступ до фізичного каналу для двостороннього обміну інформацією.

Фізичний рівень

Хост – контролер мережі генерує амплітудно-модульовану постійну частоту несучої. Позитивна півхвиля сигналу забезпечує електроживлення вузлів, а негативна слугує для двосторонньої комунікації. Рис. 3 ілюструє часові діаграми запропонованої мережі (масштаб по осі *U* не витриманий), упродовж преамбули й передавання декількох бітів даних.

Кожний період несучої частоти використовують для передавання одного біта даних. Різні амплітуди негативної півхвилі використовують для кодування інформації. Логічна “1” кодується низьким значенням амплітуди (за абсолютним значенням), а логічний “0” – високим. Частоту несучої вибирають вищою від аудіочастот, але значно нижчою від радіочастотного діапазону хвиль, що гарантує низьке електромагнітне випромінювання й виключає можливі інтерференції з іншими системами.

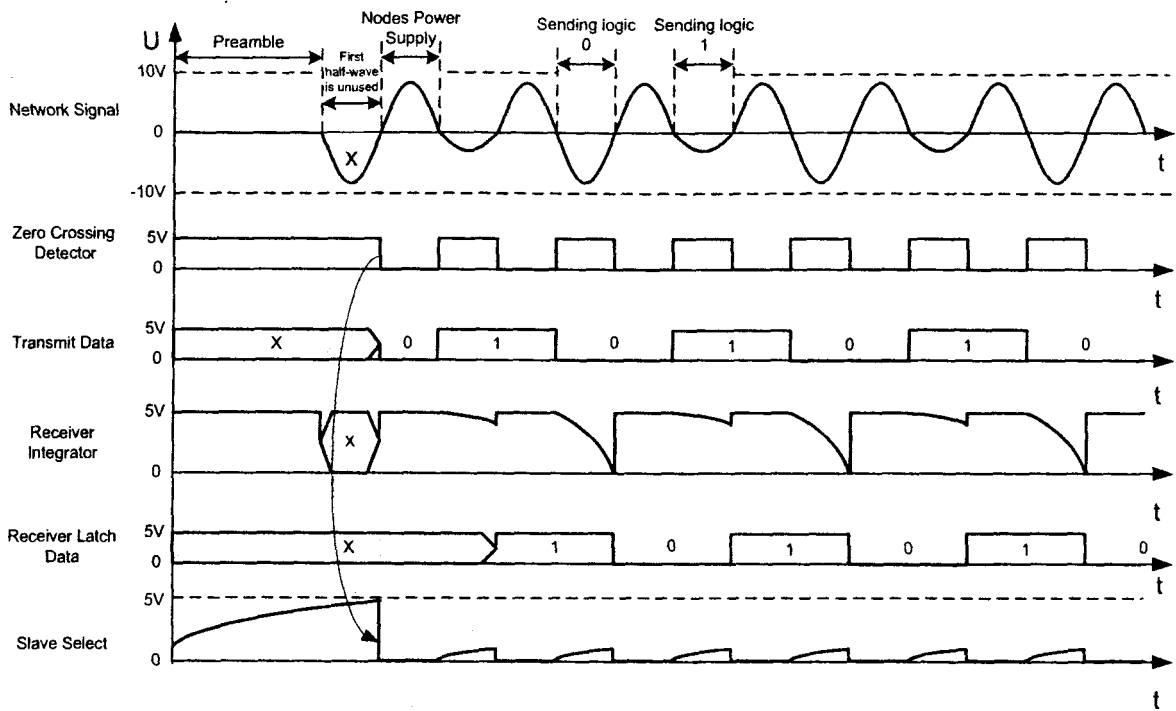


Рис. 3. Часова діаграма роботи мережі на фізичному рівні (фрагмент)

Реалізація прийому/передачі даних пристроями мережі виконана на байт-байт-орієнтованому рівні. Тобто мінімальною одиницею інформації, якою програма вузла може обмінюватися з мережею, є 1 байт (8 біт). Конвертування байта в послідовне подання для трансляції в канал і одержання його зворотно здійснюється апаратними модулями прийомопередавачів. Трансивери виконані у вигляді SPI Slave апаратних блоків PSoC. Такий підхід дає витончене рішення тракту узгодження між програмою й лінією мережі.

Як видно на рис. 3, преамбула представляється відсутністю сигналу в лінії. За цей час відбувається встановлення входу SS у модулі SPIS у логічну "1", що призводить до скидання трансивера абонента мережі й дає можливість програмі підготувати пристрій для роботи в наступному півперіоді протоколу. Час преамбули не повинен бути занадто великим, щоб конденсатори живлення вузлів не встигли розрядитися до рівня напруги, за якого відбудеться скидання мікроконтролера. Далі, після закінчення преамбули, починається активна фаза роботи протоколу. Трансивер видає біт даних у лінію по початку негативної напівхвилі, а читає дані з каналу в регістр-засувку (RX) по початку позитивної. Перший півперіод несучої не використовують, тому що до його початку не ініціалізується SPIS-модуль, він запускається тільки по зрізу сигналу SS. А зріз SS здійснюється по першій позитивній півхвилі мережі, у цей самий момент відбувається видача першого біта в лінію на передачу. По наступній негативній півхвилі видається черговий біт на передачу. У цей самий момент часу передається один біт даних з регістра-засувки лінії (RX) у регістр зсуву SPIS. Але цей біт невідомий на цей момент, тобто перший прийнятий біт буде завжди невизначеним. Тому в реалізації протоколу перший отриманий байт із мережі не аналізується, а всі наступні враховуються.

Концепція пакетів мережі

Всі транзакції мережі здійснюються за допомогою пакетів постійної довжини. Структура пакета має вигляд, зображений на рис. 4.

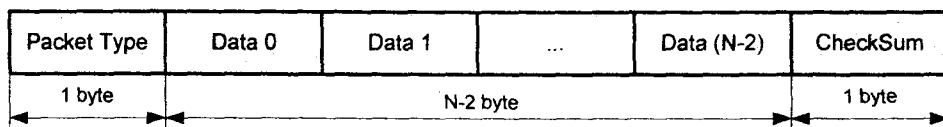


Рис. 4. Структура пакета мережі

Перший байт пакета визначає його тип. Останній байт містить контрольну суму всіх попередніх байтів пакета. Всі інші байти є даними. Типи пакетів можуть бути службовими – для налаштування мережі, її конфігурації; пакети даних – використовуються на прикладному рівні. Широкомовні повідомлення не мають окремої ознаки типу пакета. Ці пакети передаються за 0-ю адресою, тому не потрібно призначати окремий тип для їхнього визначення. Загалом ці пакети мають таку саму структуру, як на рис. 4. Вони також можуть використовуватися для службових потреб протоколу, так і на прикладному рівні. Довжина пакета може задаватися користувачем залежно від специфіки застосування мережі. Необхідні типи пакетів також можуть визначатися у файлах конфігурації мережі.

Розрахунок періоду мережі

Після того, як мережа була сконфігурована, тобто визначена кількість її вузлів, довжина пакета, частота несучої, виникає питання про період опитування пристроїв мережі хостом. Далі наведено співвідношення для розрахунку періоду мережі:

$$T = 2 \cdot T_1$$

$$T_1 = \left[(PL \cdot (NC + 1) + 6) \cdot 8 + Preamble \right] \cdot \frac{1}{f_c}$$

де T – повний період опитування пристроїв; T_1 – один півперіод роботи протоколу (цикл читання або запису на рис. 2); PL – довжина пакета в байтах; NC – кількість адрес (без урахування широкомовного слоту); $Preamble$ – довжина преамбули (виміряна в періодах несучої); b – кількість додаткових службових байтів, необхідних для нормальної роботи протоколу (зв'язано зі специфікою роботи SPIS-модуля); 8 – кількість біт у байті; f_c – частота несучої.

Отже, характеристика T визначає максимальну затримку доставки інформації від вузла до хосту й у зворотному напрямку.

Запропонована мережа позбавлена цих недоліків і характеризується такими перевагами:

- необхідно тільки дві лінії для двостороннього обміну даними й забезпечення вузла живленням;
- квазігармонічна постійна частота сигналу мережі позбавляє від електромагнітної сумісності й питань сертифікації;

– вузли й хост мережі не використовують додаткових чипів для погодження з лінією, що дає змогу одержати інтелектуальний сенсор мережі за прийнятною ціною.

Розроблена мережа має такі характеристики:

Характеристики	Дані
Частота несучої	20 кГц
Спосіб передачі даних	Кожний період роботи мережі використовується для передачі/прийому одного біта даних
Довжина пакета інформації (PL)	Довжина пакета й максимальна кількість вузлів пов'язані співвідношенням: $1536 = (NC + 1) \times PL$, де $PL = [3...768]$ байт, $NC = [1..511]$ вузлів
Кількість вузлів (NC)	
Живлення мережі	12V AC, 4 A максимум

Хост мережі

Блок-схема головного вузла мережі зображена на рис. 5.

Зважаючи на наявні апаратні можливості мікроконтролера PSoC, а також характеристики протоколу було запропоновано елегантне вирішення трансиверів мережі. Центральним елементом як хоста, так і веденого вузла мережі є SPI slave модуль, що на апаратному рівні забезпечує побайтовий інтерфейс обміну інформацією з лінією. Тобто програма починає працювати тільки тоді, коли прийнятий цілий байт із лінії для його обробки, або коли необхідно передати байт у канал. Виділення бітів і їхня передача повністю покладені на апаратури. Отже, заощаджуватиметься процесорний час, що дає можливість вивести робочу частоту мережі за межі звукового діапазону. Таке рішення необхідне для забезпечення електрорадіосумісності мережі з електроустаткуванням, встановленим у

приміщенні (подавлена можливість створення радіоперешкод, що спостерігалося б під час роботи на нижчих частотах). У цій реалізації частота несучої встановлена такою, що дорівнює 20 кГц. Отже, модуль SPIS є узгоджувальним мостом між каналом даних і програмою їхньої обробки (Protocol Engine), що реалізує групування байтів у пакети, фільтрацію пакетів за адресною ознакою, розбір пакетів за типами (службові, дані, ширококомовні тощо), перевірка цілісності пакетів тощо.

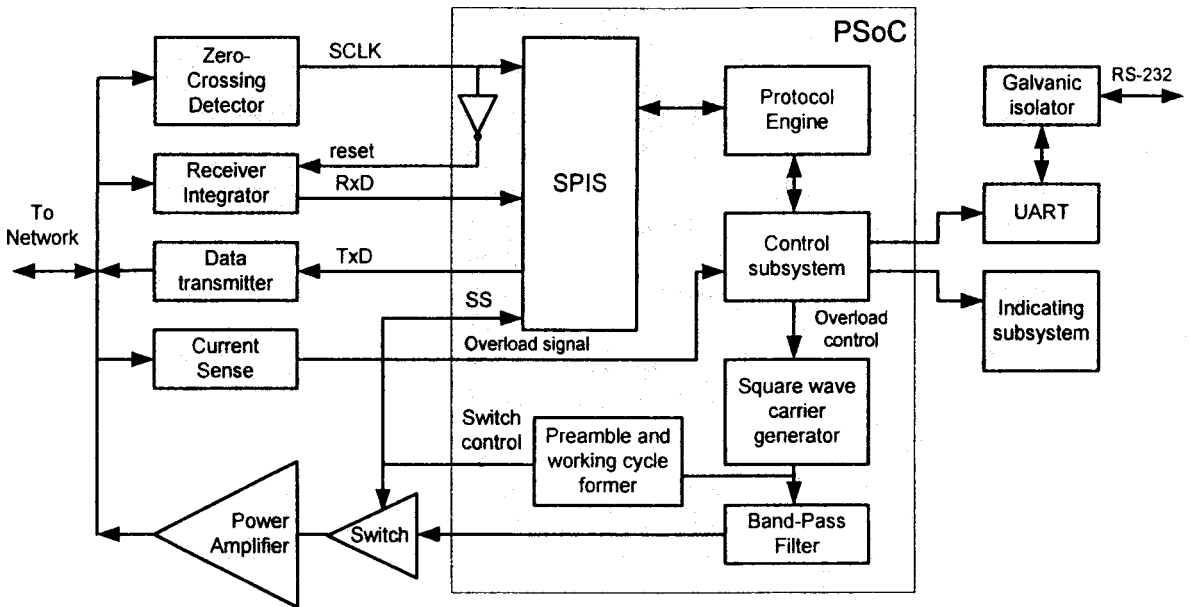


Рис. 5. Структурна схема хоста мережі

Тісно пов'язана із програмою протоколу підсистема контролю (Control Subsystem), що також реалізована на програмному рівні. Вона забезпечує початкову ініціалізацію всіх підсистем хоста, здійснює моніторинг мережі на виникнення позаштатних ситуацій і їхнє блокування, забезпечує світлову індикацію поточного стану системи, реалізує протокол зв'язку по інтерфейсу RS-232 із пристроєм керування мережею. Фактично підсистема контролю є ланкою, що координує всю роботу. Для забезпечення електричної безпеки при сполученні з іншими пристроями через UART, була додана гальванічна розв'язка (Galvanic Isolator), що ізолює сигнальні лінії пристроїв. Відзначимо, що у функції хоста не входить аналіз вмісту пакетів, що циркулюють у каналі. Він є тільки засобом ретрансляції пакетів між вузлами мережі й пристроїв керування мережею (наприклад, ПК).

Вузол мережі

Блок-схема рядового вузла мережі зображена на рис. 6.

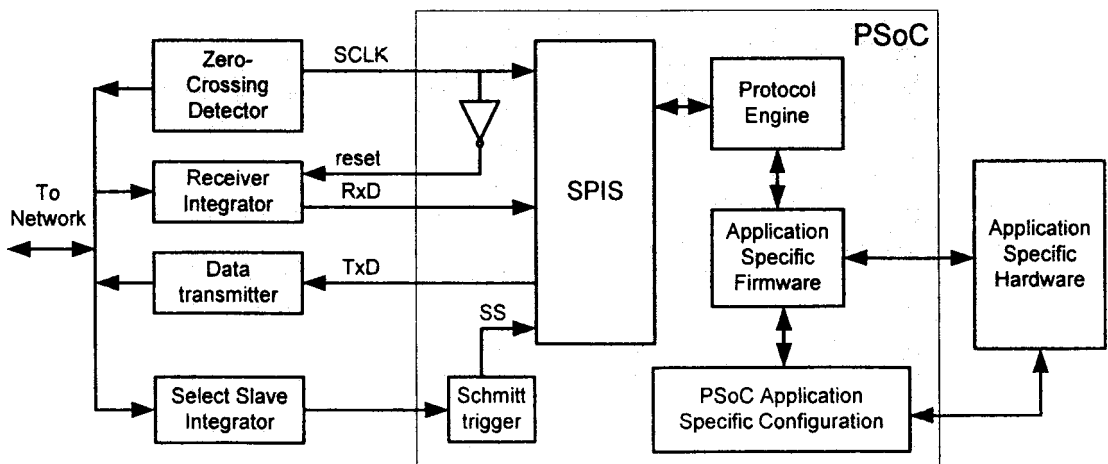


Рис. 6. Структурна схема функціонального вузла мережі

Реалізація апаратної частини вузла більше нагадує схему прийомопередавача хоста. Тобто вузол має практично аналогічну структуру тракту трансивера на рівні апаратури. Відмінність полягає тільки в тому, що сигнал SS вибору SPIS модуля тут формується зовнішньою схемою інтегратора. У разі відсутності несучої інтегратор розряджається, внаслідок чого спрацьовує сигнал переривання, що реініціалізує програму протоколу (Protocol Engine) до наступного циклу роботи.

Для того, щоб забезпечити зручний користувацький інтерфейс для обміну пакетами даних з мережею, були реалізовані високорівневі API-функції. Вони доступні в програмі користувача (Application Specific Firmware) і є засобом взаємодії програми з мережею.

Відзначимо, що ці функції є не блокуючими, тобто якщо викликано функцію посилення даних, то вона копіює пакет у внутрішній буфер і передає керування в основну програму. Далі за допомогою реалізації протоколу засобами механізму переривань цей пакет поступово транслюється в мережу.

Внутрішньоконтролерний блок Application Specific Configuration і Application Specific Hardware характеризують уже конкретну функцію вузла, відповідно на рівні конфігурації PSoC і на зовнішньокomпонентному рівні. Серед таких функцій були успішно розроблені й випробувані – давач температури, система керування освітленням (або іншими видами навантажень), інфрачервоний давач руху. Цей ряд може бути доповнений і більшою кількістю різноманітних застосувань.

Відзначимо також, що вузол має вбудований стабілізатор напруги на 5 В, що живиться позитивними півхвилями несучої.

Висновки. Запропоновано адресну мережу інтелектуальних давачів для широкого кола кінцевих аплікацій. Вона може бути використана в промисловій експлуатації, для побутових потреб, системах сигналізації й віддаленого керування тощо. Перераховані відмінні переваги реалізації мережі, як на логічному рівні проектування, так і на етапі практичного виконання. Еспериментальні дослідження дослідного взірця мережі підтвердили отримані результати.

1 *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы* / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб., 2001. 2. *Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение.* – М., 2003. 3 *Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник* / В.Я. Баранов, Т.Х. Безновская, В.А. Бек и др.; Под общ. ред. В.В. Черенкова. Л. 1987. 4. *Cypress Microsystems, PSoC™ Mixed Signal Array CY8C29x66, CY8C27x66, CY8C27x43, CY8C24x23, and CY8C22x13 Technical Reference Manual.* 5. *Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник* / За ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. – К., 1999.

УДК 681.3

А.О. Мельник, А. М. Сало
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин

МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНОГО ПРОЦЕСОРА НА ОСНОВІ ПАМ'ЯТІ З ДЕТЕРМІНОВАНОЮ ВИБІРКОЮ

© Мельник А.О., Сало А. М., 2005

Запропонована методика проектування паралельного процесора на основі пам'яті з детермінованою вибіркою. Розглядаються етапи пошуку оптимальних параметрів процесора для заданого мовою С алгоритму.

Designing methodology for determined memory access processor is being offered. Processor's optimal parameters search stages for algorithm, given in C language, are introduced.

Вступ. Існує велике коло задач обробки інтенсивних потоків даних в реальному масштабі часу. Для розв'язання таких задач створюють спеціалізовані комп'ютерні системи, орієнтовані на виконання конкретних алгоритмів. Особливостями проектування спеціалізованих комп'ютерних