

П.Є. Михаліченко, канд. техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.А. Лазаряна)

СХЕМОТЕХНІЧНА БАЗА СУЧАСНИХ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ КОМПЛЕКСІВ ЗАХИСТУ ФІДЕРІВ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

У попередньому номері даного видання автором було представлено структурну схему, основні вимоги та характеристики мікропроцесорної системи захисту фідерів 3,3 кВ тягової мережі постійного струму залізниць України. Подальшим етапом розробки подібних систем є вибір елементної бази. У процесі роботи на цьому етапі було залучено великий обсяг інформації мережі Internet, оглянуто номенклатуру продукції провідних світових фірм, що спеціалізуються на виготовленні сучасної цифрової техніки. Це пояснюється тим, що вимоги стосовно швидкодії, точності, ефективності, які були висунуті замовником (ДП «Придніпровська залізниця») при виготовленні даної системи, можна реалізувати тільки на сучасній елементній базі.

Одним з основних елементів системи, від якого залежить її швидкодія (основна вимога до подібних систем), є аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Як АЦП високовольтного обчислювального пристрою (ВОП) був вибраний кристал AD7656 фірми Analog Device, який має такі характеристики: біполярність для можливості вимірювання струму двох напрямів; 16 розрядів – для забезпечення точності вимірювання до 20 А при максимальних вимірюваних струмах від -5000A до $+5000\text{A}$; малий час перетворення (3,1 мкс), оскільки за 0,8 мс потрібно виконати 16 вимірів струму з часом обробки кожної вимірної величини; 6 – каналів, які поділені на 3 групи по 2 канали, оскільки, окрім струму, необхідно також вимірювати значення напруги і аналогового нуля. Канали, що входять до однієї групи, запускаються на перетворення одночасно. Запуск на перетворення здійснюється трьома входами CONVSTA, CONVSTB і CONVSTC. Усі канали також можна запустити на перетворення одночасно, якщо на три входи запуску подати активний сигнал; кожен аналоговий вхід має пристрій вибірки і зберігання (Track-and-Hold (Т/Н) – стеження і зберігання) для підвищення точності перетворення; обмін з мікроконтролером може проводитися за допомогою послідовного SPI-інтерфейсу, так і по 8-, 16-розрядного паралельного. Спосіб обміну вибирається налаштуванням виходів БІС. Також АЦП підтримує програмне налаштування своїх основних параметрів функціонування, у тому числі і кількість працюючих каналів, і межі значень вхідної аналогової напруги. В результаті дана система достатньо гнучка при переналагодженні роботи на фідер обслуговуючим персоналом тягової підстанції і працівниками ремонтно-ревізійного цеху (РРЦ) дистанції електропостачання дороги (ЕЧ). Внутрішня структура АЦП зображена на рис. 1 [1].

Як мікроконтролер ВОП було вибрано ХА-G49 фірми Philips з такими характеристиками: чотири 8-бітові порти вводу/виводу; підтримує частоту зовнішнього тактового сигналу 30 МГц; наявність 16-розрядного арифметико-логічного пристрою (АЛП), оскільки від АЦП поступатимуть 16-розрядні коди значень струму, напруги і аналогового нуля; два УАПП (UART) для того, щоб не використовувати додаткову зовнішню велику інтегральну схему (ВІС) синхронно-асинхронного передавача. Як видно із структурної схеми, один УАПП використовується для зв'язку з низьковольтним обчислювальним пристроєм (НОП), другий – для зв'язку з персональним комп'ютером (ПК); час виконання однієї 3-тактової команди при частоті 30 МГц складає 100 нс. Це особливо важливо, оскільки даний мікроконтролер повинен забезпечувати мінімальний час реакції на аварійні режими роботи тягової мережі при аналізі за максимальним струмовим захистом (МКСЗ) при виникненні близького короткого замикання; три таймери-лічильники і сторожовий таймер: один для відліку часу між запус-

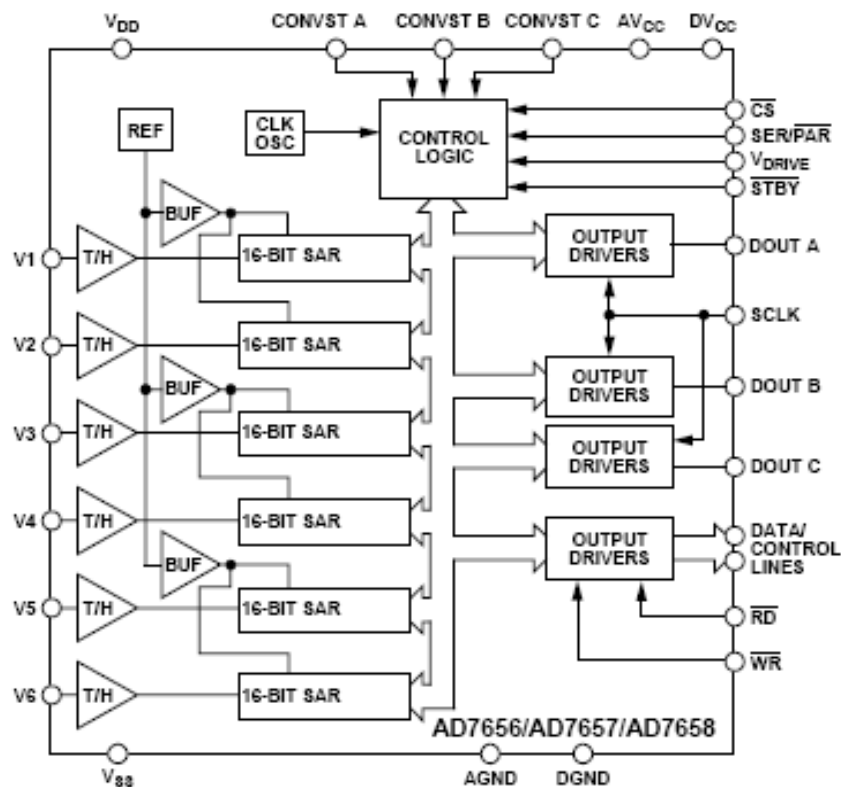


Рис. 1. Внутрішня структура АЦП AD7656

ками АЦП на перетворення, другий для задання частоти передачі по УАПП, третій для вимірювання триваліших інтервалів, таких як інтервали часу перед автоматичним повторним вмикання (АПВ); 64К флеш-пам'яті програм для табличного розміщення заданої захисної характеристики (ЗХ) для алгоритму захисту за приростом струму (імпульсний захист) (ЗПС); 2К RAM пам'яті; гнучка робота з перериваннями (підтримує 38 джерел переривання з 8 пріоритетами). Контролер підтримує ISP програмування через UART, що дозволяє перепрограмувати його, використовуючи звичайний ПК і програму WINISP. Ця функція дозволяє полегшити процеси перенастроювання уставок, часових інтервалів роботи АПВ, відліку часу. Внутрішня структура мікроконтролера зображена на рис. 2 [2].

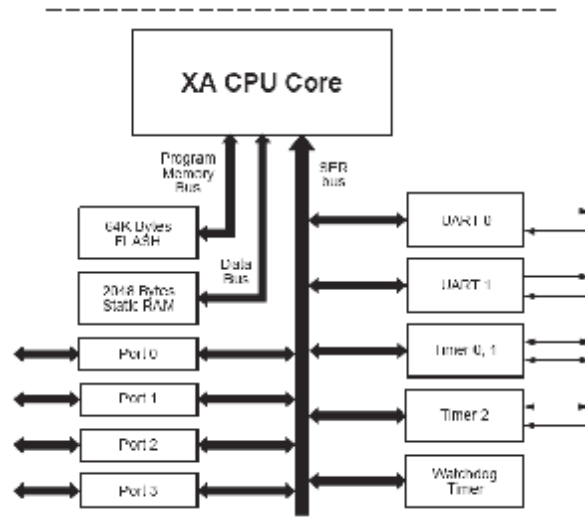


Рис. 2. Внутрішня структура мікроконтролера ВОП

Настроювання мікроконтролера ВОП здійснюється таким чином. При подачі живлення на вхід #RST подається імпульс тривалістю не менше 10 мс, внаслідок перехідного процесу через наявність RC-ланцюжка на цьому вході. Для цього ланцюжка найчастіше використовують опір 100 кОм і ємність 1мкФ. Якщо на вході #RST з'являється імпульс такої тривалості, то в мікроконтролері починається процес внутрішнього скидання, тобто керування передається вектору переривання Reset, що знаходиться за адресою 0000h-0003h. У цьому векторі повинна знаходитися: команда переходу до програми ініціалізації і значення слова стану (PSW). У цей момент значення байта PSWL не відіграє ніякої ролі, на відміну від PSWH, на значення якого необхідно звернути особливу увагу. Рекомендується тут привласнити йому значення 0x8F, щоб задати виконання коду ініціалізації в режимі системи з вищим пріоритетом. При здійсненні переходу до програми ініціалізації настроювання мікроконтролера слід виконувати у такій послідовності: настроїти системний регістр керування (SCR); ініціалізувати покажчик стека. Відразу після вмикання його значення дорівнює 0x100, що відповідає об'єму стека 64 байти. Покажчиком стека працює регістр R7. Вимкнення при переповненні стека відбувається тоді, коли значення покажчика переходить з 0x80 до 0x7E. В обробник цього переривання поміщена команда скидання мікроконтролера. Розмір стека приймається рівним 256 байт; далі виконується настроювання всіх периферійних пристроїв і зовнішніх БІС у наведеній вище послідовності. Після завершення настроювання пріоритет процесу зменшується до найнижчого (нульового) і виконується перехід до програми-фону; для забезпечення гальванічної розв'язки АЦП має бути з'єднаний через оптрони з джерелами аналогових вимірювальних сигналів (вимірювальним колом шунта та додаткового резистора).

Для опторозв'язки використовується оптрон HCNW4562 фірми Avago [3]. Його характеристики: ширина смуги пропускання складає 9 МГц; найбільший коефіцієнт підсилення напруги – 3; протягом хвилини витримує напругу 5000 В.

Основними функціями НОП є прийом від ВОП інформаційних повідомлень або значень струму і напруги та відображення даної інформації на індикаторах і світлодіодах.

Основною вимогою до індикації є те, що вона має бути створена на базі звичайних сегментних індикаторів (ЖКІ – монітори використовувати не можна) величиною не менше 2 см. Ця вимога ґрунтується на тому, що інформація має бути візуально представлена при поганому освітленні з відстані не менше 7 – 10 м. Основне, що має бути, – це 10 сегментних індикаторів (по 5 для відображення значень струму і напруги) і 32 діоди для відображення різних станів блокуючих сигналів, стану ШВ, стану ВОП тощо. Для виконання цих вимог використовується драйвер індикації MAX6954 фірми MAXIM. Він може керувати роботою до 16-ти 7-сегментних індикаторів або до 8-ми 16- і 14- сегментних індикаторів із загальним катодом або їх комбінацією, а також можна до нього приєднати світлодіоди замість керованих 7-сегментних індикаторів. Максимальна кількість світлодіодів, що приєднуються, – 128. Окрім індикації на даній БІС можна виконувати сканування клавіатури (максимум 32 кнопки). Для обміну інформацією з мікроконтролером використовується тільки SPI-інтерфейс. Внутрішня структура MAX6954 наведена на рис. 3 [4].

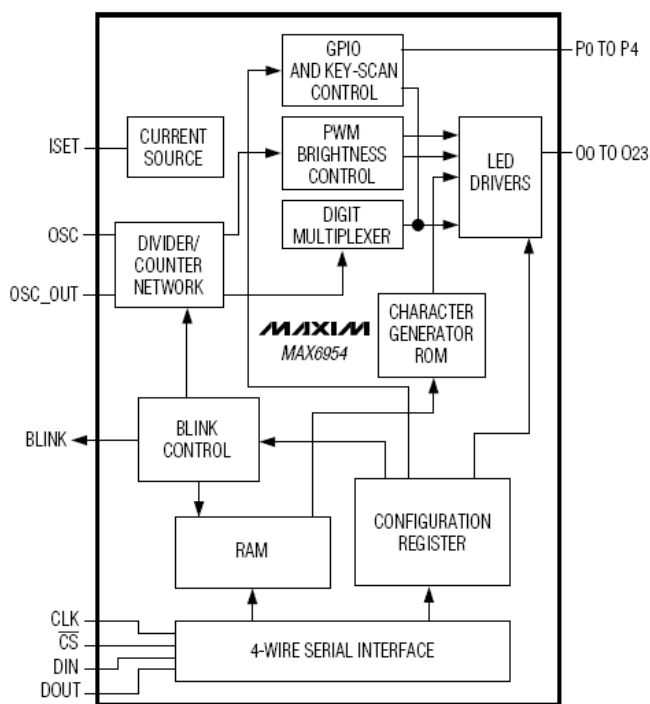


Рис. 3. Структурна схема MAX6954

Як 7-сегментний індикатор може використовуватися індикатор SC1021SRWA фірми Kingbright. Цей індикатор забезпечує яскраве свічення червоного кольору. Крім того, можна застосовувати 16-сегментний індикатор PSC08-12EWA [5, 6]. Споживаний струм кожного сегмента цих індикаторів складає 20 мА. Основні вимоги до мікроконтролера: повинен мати SPI-інтерфейс для обміну інформацією з MAX6954 і один УАПП для обміну з ВОП; повинен підтримувати таку саму швидкість обміну по УАПП, як і мікроконтролер ВОП, тобто мати зовнішню частоту генератора не менше 30 МГц.

Такі низькі вимоги пояснюються тим, що драйвер індикації MAX6954 виконує велику частку функцій з відображення інформації та введення параметрів.

Таким вимогам відповідає мікроконтролер архітектури 8052 – AT89C51RB2 фірми Atmel. Він підтримує частоту зовнішнього генератора до 40 МГц, має один SPI-інтерфейс і один УАПП, володіє чотирма 8-бітовими портами і трьома таймерами/лічильниками, сторожовим таймером, внутрішнім генератором частоти передачі по УАПП, а також має флеш-пам'ять програм 16К, 1024 байт RAM і підтримує внутрішньосистемне програмування через послідовний або паралельний інтерфейс. Структурна схема даного мікроконтролера зображена на рис. 4 [7].

Для введення параметрів використовується плівкова клавіатура СК-14, [8], вона приєднується до МАХ6954.

Обмін даними між ВОП і НОП виконується по УАПП. Оскільки швидкість обміну по двох УАПП у мікроконтролері ВОП однакова, то необхідно вибрати її такою, щоб вона підтримувалася стандартними СОМ-портами ПК. Максимальна швидкість з цього ряду підтримується обома мікроконтролерами –

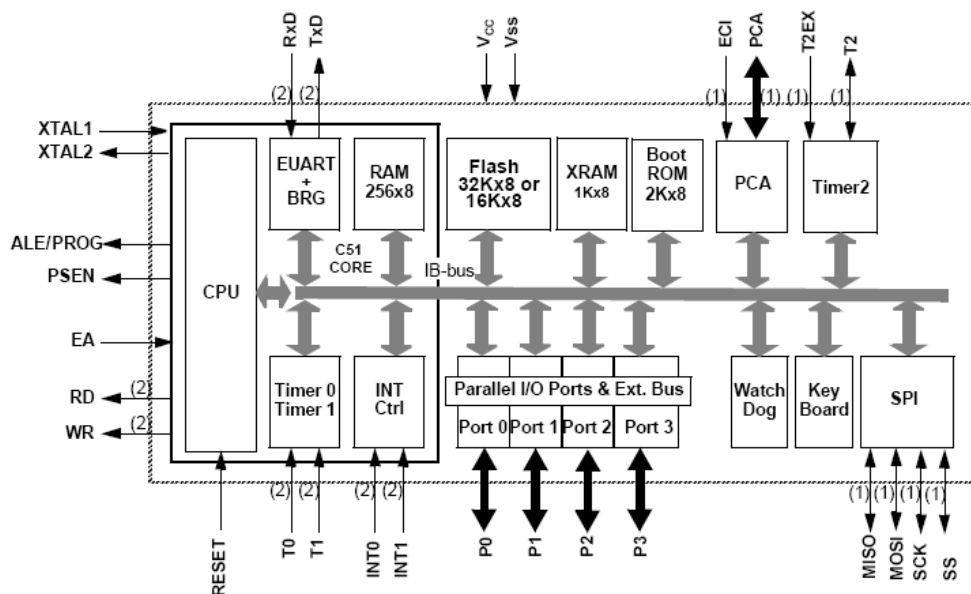


Рис. 4. Структурна схема мікроконтролера AT89C51RB2

115200 бит/с. Оскільки довжина дроту, по якому йтиме передача даних, може бути більше 10 м в умовах надзвичайних електромагнітних перешкод, то для підвищення надійності передачі використовується протокол RS-485. Для обміну з ПК також використовується цей протокол. Для конвертації сигналів звичайного УАПП в сигнал протоколу RS-485 використовується ВІС МАХ3160Е фірми МАХІМ. На стороні ПК можна використовувати цю саму ВІС для перетворення сигналу протоколу RS-485 в RS-232. Структурна схема в режимі RS-485, в якому вона використовується у ВОП і НОП, зображена на рис. 5 [9].

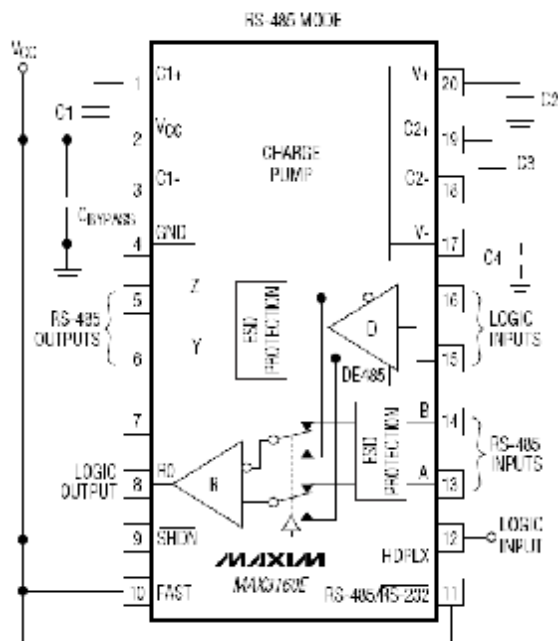


Рис. 5. Структурна схема БІС MAX3160E

Подальшим етапом розробки є написання програмного забезпечення, яке оживить сукупність цих БІС та дозволить системі виконувати покладені на неї функції захисту такої надзвичайно складної нелінійної динамічної системи, якою є система тягового електропостачання залізниць України.

Список літератури

1. AD7656_7657_7658_6_chan_16_bit. http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/AD7656_7657_7658.pdf.
2. XA-G49. XA 16-bit microcontroller family. http://www.nxp.com/acrobat_download/datasheets/XA-G49_5.pdf.
3. HCPL-4562. HCNW4562. High Bandwidth, Analog/Video Optocouplers. <http://www.avagotech.com/assets/downloadDocument.do?id=1723&Source=SearchResultPage>.
4. MAX6954. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX6954.pdf>.
5. PSA08-11EWA(Ver1189412730. [http://www.kingbright.com/manager/upload/pdf/SC08-11EWA\(Ver1189471303.11](http://www.kingbright.com/manager/upload/pdf/SC08-11EWA(Ver1189471303.11).
6. PSC08-12EWA(Ver1189412760. [http://www.kingbright.com/manager/upload/pdf/PSA08-12EWA\(Ver1189412760.8](http://www.kingbright.com/manager/upload/pdf/PSA08-12EWA(Ver1189412760.8).
7. AT89C51RE2. http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4180.pdf.
8. СК-14_ Пленочная клавиатура на полиэфирных пленках с тактильным эффектом. 18 кнопок (4x5). Размер 68x87 мм. <http://www.icmicro.ru/goodsspr11136.html>.
9. MAX3160E-MAX3162E. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX3160E-MAX3162E.pdf>.