

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Суханюк М.С.

Науковий керівник –доц. Сайківська Л.Ф.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харьков, пр. Науки 14, кафедра МТС, тел. (057) 70-20-229)

E-mail: maksym.sukhaniuk@nure.ua

The paper presents the design features of microcontroller measuring devices. Special attention is paid to the importance of the choice of analog-to-digital converters in their development. The paper describes the main characteristics of analog-to-digital converters, basic operating modes. Shown how do they affect technical features analog-to-digital converters on their capabilities.

При розробці пристроїв з мікроконтролерним управлінням часто виникає потреба у вимірюванні зовнішньої величини, в використанні різних датчиків, наприклад, термоопору, датчика тиску, мікрофона, тощо, вихідною величиною яких є аналогова напруга. У таких випадках вдаються до використання аналого-цифрового перетворювача (далі АЦП), що перетворює аналоговий сигнал в цифровий. Тому при розробці мікроконтролерних вимірювальних пристроїв АЦП приділяється велика увага і великим пріоритетом у розробників користуються мікроконтролери (МК) з вбудованим АЦП. На сьогоднішній день промисловість випускає широкий спектр таких МК. У різних МК АЦП відрізняється за параметрами: кількістю АЦП в одному МК, розрядністю в бітах, частотою дискретизації Мвиб / сек, кількістю вхідних каналів, часом перетворення в мкс, похибкою перетворення молодшого значущого розряду.

Найпростіші АЦП могли розрізняти тільки наявність або відсутність сигналу на його вході і, відповідно, видавати на виході логічний 0 або 1. В даний час для більшості систем стандартним вважається 24-бітова роздільна здатність, а 12-16 біт вже вважається мінімальною. Якщо в пристрої є два або три незалежних АЦП, то існує можливість значно збільшити частоту дискретизації шляхом їх налаштування на змінну вибірку значень.

Сучасні АЦП зазвичай містять пристрій вибірки та зберігання (ПВЗ). АЦП в STM32 будуються за схемою врівноваження зарядів. Роль ємності ПВЗ виконує внутрішня матриця конденсаторів. Конденсатори матриці в процесі перетворення перезаряджаються. Точність перетворення залежить від часу заряду конденсаторів, вихідного опору джерела сигналу. Для забезпечення точності вимірювання АЦП час вибірки має бути не менше певного значення, що залежить від вихідного опору джерела сигналу.

Мікроконтролери STM32 мають до трьох вбудованих АЦП розрядністю 12 біт, частотою дискретизації до 2 Мвиб / сек в одиночному

режимі і з кількістю вхідних каналів до 24 в залежності від моделі. Регулярні канали АЦП STM32 зберігають результат перетворення шляхом перетворення через DMA-контролер. Для одного АЦП їх може бути до 18. Інжектвані канали мають власні регістри для зберігання результату. Залежно від розв'язуваної задачі розробник має можливість налаштувати роботу каналів АЦП в довільному порядку, використовувати зовнішні та програмні події для старту перетворення. Важливою особливістю АЦП сімейства STM32 є можливість встановити тривалість перетворення для кожного каналу. Для кожного каналу є вісім значень часу в діапазоні 1,5 ... 239,5 циклів тактування модуля АЦП.

Ще однією особливістю АЦП сімейства STM32 є різноманіття режимів як в одиночному, так і в парному режимах двох АЦП з різними конфігураціями регулярних і інжектваних каналів. При парній роботі розширюються можливості з оцифрування сигналу і додаються кілька більш просунутих режимів роботи.

У сімействі STM32 також існує варіант роботи АЦП як аналогового сторожового таймера, тобто задаються верхній і нижній пороги чутливості і відбувається відстеження сигналу в фактично створеному вікні. При виході сигналу за один з порогів генерується переривання. Це дозволяє уникнути роботи в небезпечному режимі, так як в разі виходу контрольованого параметра за допустимий інтервал система скидається і перезапускається.

Таким чином технічні характеристики сучасних АЦП дають розробнику широкі можливості. А вибір МК з вбудованими АЦП дають можливість спростити схемотехнічну частину, в результаті чого розроблювані пристрої виходять більш компактними, дешевими при цьому не втрачаючи в продуктивності.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Квашнін, В. О. Програмування та застосування мікроконтролерів STM32F4Discovery : монографія / В. О. Квашнін, А. В. Бабаш, В. В. Квашнін. – Краматорськ : ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 143 с.
2. ADC [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://blog.radiotech.kz/perevod/adc-perevod-iz-knigi-mastering-stm32/>
3. Сайковская, Л. Ф. Результаты исследования частотных характеристик зрительной системы с использованием автоматизированного прибора / Л. Ф. Сайковская // Бионика интеллекта. Информация. Язык. Интеллект : научно-технический журнал/ Мин-во образования и науки Украины.-ХНУРЭ.- Х .- 2008 .- №2(69).- С. 173-176.
4. STM32 Cortex®-M4 MCUs and MPUs programming manual / STMicroelectronics // Datasheet. 2020. 262 p. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://www.st.com/resource/en/programming\\_manual/dm00046982-stm32-cortex-m4-mcus-and-mpus-programming-manual-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/programming_manual/dm00046982-stm32-cortex-m4-mcus-and-mpus-programming-manual-stmicroelectronics.pdf)