

МИКРОПРОЦЕСОРЕН АНАЛОГО-ЦИФРОВ ЛОГАРИТМИЧЕН И ЕКСПОНЕНЦИАЛЕН ПРЕОРАЗУВАТЕЛ С ПОВИШЕНА ТОЧНОСТ

Доц.г-рКатя Кръстева Стефанова,зл.ас.Бека Хенрих Коен,зл.ас.Бойко Баев
Петров - ТУ,филиалПловдив

Abstract: In the paper a microprocessor system for AD conversion by the method of segment-line linearisation with correctig function is described.The X or Y axis (according to the convertig function) is devided evenly in sections.The values of the functions and the corrections for every section are saved in the ROM of system. For the realisation of the system is used PCB80C552 microprocessor with a 10-bit linear ADC.

The described system allows the logarithmic function to be calculated at a base, selected by the user.

The accuracy analysis showed that the error of the sysytem depends on the error of the ADC(in the case 0.09%). The converting time for the logarithmic function is 1761 μ s and for the exponential function - 1779 μ s.

At the end a comparison of the converting time with the different microprocessor is done.

Разработването на апаратура за преобразуване и измерване на физични величини от датчици с нелинейни характеристики (логаритмичен и експоненциален закони) е актуална задача в измервателната техника. Най-често това е необходимо при измерване на рН и криогенни температури с повишена точност.

При разработването на апаратура е необходимо да се избере подходящ метод за преобразуване, който да удовлетворява техническите изисквания за точност, шумоустойчивост, бързодействие и универсалност.

Така например, за апроксимиране на характеристиките на датчиците за криогенни температури се използва логаритмичния полином:

$$T = \sum_{j=1}^k \sum_{i=0}^n a_{ij} \left(\lg \frac{R_x}{R_{0j}} \right)^i,$$

където R_x е съпротивлението на датчика, k - броя диапазони за измерване (един диапазон съответства на изменението на R_x с една декада), n - степен на полинома, a_{ij} - коефициенти на апроксимиращия полином,, R_{0j} - начало съпротивление на датчика в j - тия диапазон.Увеличаване на броя на диапазоните на измерване (k) или степента на апроксимиращия полином (n) води до рязко

нарастване на инструменталната съставка на грешката и усложняване на проектирането.

С използването на микропроцесорната техника е възможно линеаризирането на градуировъчната характеристика на датчик в даден диапазон, изчисляването на логаритмични и показателни функции, както и извършването на допълнителни аритметични операции и преобразувания на изходния код при зададена необходимата точност и бърздействие.

Описание на използвания метод за интерполация

От известните методи за интерполиране на логаритмичната и експоненциална функции е избран метод с паралелна корекция на резултата. С него се постига достатъчна точност и бърздействие [1]. В интервала $x \in [1; 2]$ с достъпна точност може да се приеме, че $\log_2 x = x - 1$. Графиката на така получената зависимост е представена на фиг. 1 а.

В дадения случай мантисата на функцията се приема равна на аргумента, т.е. в качеството на апроксимираща се използва линейна функция с единичен наклон. Допусканата грешка се определя като разлика между изходната функция и нейното приближение:

$$\Delta y(x) = \log_2 x - (x - 1)$$

Графиката на $\Delta y(x)$ е показана на фиг. 1 б. В дадения пример грешката, допускана при интерполирането без използване на коригираща функция не надхвърля 0.086%, а при използване на коригираща функция, изчислена за 512 точки грешката не надминава 0.095%.

Промяна на основата на логаритъма

Методът на Митчел е приложим за измерване на двоичен логаритъм $\log_2 x$. За практически цели по-достъпни са датчици, чиято предавателна функция се изменя по закона $\lg x$ или $\ln x$. За преминаването от двоичен логаритъм към натурален или десетичен се използват основните свойства на логаритмичните функции.

Приложената програма за пресмятане на логаритъм проверява основата на логаритъма по задание (чрез един от бутоните S1 или S2) и съответно осъществява операция умножение по един от изразите:

$$\begin{aligned} \lg x &= \lg 2 \cdot \log_2 x \\ \ln x &= \ln 2 \cdot \log_2 x \end{aligned}$$

Константите $\lg x$ и $\ln x$ са представени като числа с плаваща запетая и се съхраняват в клетки от постоянната памет. По

алгоритъма за умножение на две числа с плаваща запетая се отчита крайния резултат, който след това се извежда на индикация.

Приложение на метода на секущите за изчисляване на експоненциална функция

На фиг 2 е показана графика на функцията $y = e^x$. Методът на секущите е директно приложим за $x \in [0, 1]$, а входната величина x се изменя в интервала $[0, 2]$. За да се използва този метод и при $x \in [1, 2]$ е необходимо превеждане на входната величина, т.е. кода, получен от ADC в интервала $[0, 1]$.

Програмата за пресмятане на експонента проверява старшия разряд от мантисата на аргумента. Ако той е нула, това означава, че измерваната стойност за x е в интервала $[0, 1]$, и методът се прилага директно. Ако този разряд е 1 следва, че $x \in [1, 2]$ и е необходимо превеждане на мантисата на аргумента в интервала $[0, 1]$. За целта от нея се изважда числото 1.000. Програмата изчислява израза:

$$y = e^x = e \cdot e^{x-1} = e \cdot [1 + \Delta Y(x-1)], \quad x \in [1, 2]$$

В този израз $\Delta Y(x-1)$ е стойността на поправката, която е представена като число с плаваща запетая и се извлича от паметта на системата. Достъпът до точния адрес на необходимата поправка се осъществява по кода от ADC.

Интервалът $x \in [0, 1]$ е разделен на 512 равни участъка, като за всеки един от тях е запомнена поправка съгласно израза:

$$\Delta Y(x) = e^x - 1, \quad x \in [0, 1]$$

Ако номерът на поправката надвишава 256 се търси отместен т.е. коригиран адрес. Към извлечената поправка се прибавя кода на числото 1.00. След това резултатът се умножава с константата e .

Реализация на описания алгоритъм

За реализацията на описания алгоритъм е разработена микропроцесорна система на основата на микропроцесор РСВ 80С552 на Philips, притежаващ вътрешен 10-битов АЦП. Блоквата схема на микропроцесорната система е показана на фиг. 3.

Измервателният усилвател представлява прецизен усилвател изпълнен с три операционни усилвателя тип LM224А. Осигурява усиление на сигналите, получени от датчиците в границите $400 \div 15000$ пъти; има симетричен вход, което позволява включване на измервателен мост, в едно от рамената на който е датчикът. За да се съгласува с входа на ADC, изходът на усилвателя е

несиметричен. Единственото изискване за постигане на голям коефициент на потискане на синфазните сигнали ($CMRR \approx 120dB$) е да се използват резистори с голяма точност - 0.1% [2].

ADC и захранване за него. Използван е вграден в микропроцесора 10-битов ADC, работещ по метода на последователното приближение. При тактова честота 12MHz времето за преобразуване е 50 μ s, като има и индикация за край на преобразуването.

ADC се нуждае от външен източник на опорно напрежение, която е изпълнена чрез LM336Z-2.5 $U_{cm} = 2.5V$. За осигуряване на необходимите напрежения служи делител, изпълнен с точни резистори.

Микропроцесор и свързване. Основните аритметични операции на функционалното преобразуване се извършват от микропроцесора.

Микропроцесорът осъществява обмен на информация с паметта и индикаторния панел. Данните и младшата част на адресите се мултиплексират. За разделянето им е използвана схема с 8-разрядни тригери *min latch* с изходни буфери с три състояния (74НСТ373).

Микропроцесорът няма вътрешна програмна памет, затова програмата е записана във външна памет EPROM 27C128. Архитектурата на системи с '552 е подобна на Intel 8031 (микропроцесорът генерира отделни сигнали за четене от програмната памет и паметта за данни), което дава възможност, в текущото приложение на изводът СЕ да се подаде активна константа 0.

Индикация. LCD модулът LTN111R-10 има схема за вътрешен RESET при включване на захранването. Модулът има вградени команди за: преместване на маркера надясно; преместване на цялото съдържание на дисплея наляво или надясно и др. Инструкциите се възприемат като 10-битов код, подаван от микропроцесора. Преди всеки пореден запис се извършва проверка на флага на готовност BF.

Избор на режим. Системата има три режима на работа - "e^x", "ln x", "lg x", които се избират със съответни бутони.

Сумарната грешка на логаритмичния преобразувател може да бъде представена във вида:

$$\gamma_{\Sigma} = k \cdot \gamma_{ВП} + \gamma_{\nu}$$

където $\gamma_{ВП}$ е грешката, внасяна от входния ADC, а γ_{ν} е грешката от изчисления. Грешката, внасяна от ADC зависи от неговата разрядност - при 10-разрядно ADC грешката от дискретизация е

$\approx 0.09\%$. Входната величина се променя от 0 до 2V т.е абсолютната грешка от дискретизация е 0.002V. Грешката от изчисленията може да се пренебрегне, тъй като мантисата се представя в два байта и порядъка в един байт..

Бърздействието на преобразувателя зависи от времето на преобразуване на входната величина t_{ADC} и времето за функционално преобразуване $t_{ФП}$.

$t_{ФП}$ е равно на времето за изчисляване на стойността на функциите

$y = e^x$, $y = \ln x$, $y = \lg x$ плюс времето за извеждане на резултата на индикаторния панел.

Програмната реализация на описания алгоритъм е направена на Асемблер.

Получените при реализацията на метода времена за еднократно отчитане на логаритмичната и експоненциална функции са показани в табл.1.

Функция	Време за отчитане на резултата, μs
$\ln x$	1761
$\lg x$	1761
e^x	1779

Табл.1.

Възможност за използване на други микроконтролери

Реализацията на описания алгоритъм е възможно да бъде осъществена и на основата на други микроконтролери. Необходимо е те да притежават памет за запомняне на таблицата от константи и инструкции за извършване на операция умножение и деление на цели числа. Липсата на тези инструкции довежда до необходимостта от тяхното симулиране (както бе направено в настоящата реализация), а от там и до увеличаване на времето за функционално преобразуване. Възможностите на по-разпространените микроконтролери за реализация на описания алгоритъм са показани в табл.2.

модел	фирма	памет за табл.	mul & div	време за 1 инструкция
68HC11	Motorola	да	да	различно (0.5-20.5 μs)
PIC16Cxx	Microchip	външна, серийна	не	фиксирано 1 μs (4MHz)
AT90Sxxx	Atmel	външна, вътрешна	не	фиксирано 0.1 μs (20MHz)

Табл.2.

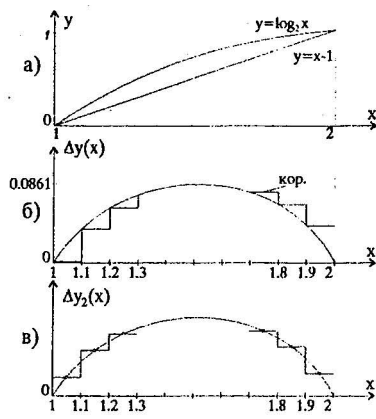
Както се вижда от табл.2, липсата на вътрешна памет за таблицата на константите, налага включването на външна памет със серийен достъп (SPI, I²C и др.). Това налага извличането на необходимата константа от паметта да се извърши на няколко

микрощеорни цикъла, което води до увеличаване на времето за функционално преобразуване.

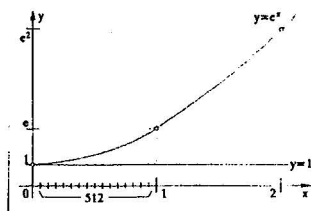
Поради своята RISC архитектура, висока работна честота и въградения SPI интерфейс, моделите AVR AT90Sxxxx на Atmel, въпреки, че не притежават инструкции за умножение и деление, са най-перспективни за въграждане на описания алгоритъм в устройството за линеаризация. Въграденият SPI интерфейс дава възможност за бърз достъп до външни ADC и памет с различна точност на преобразуване и обем.

Литература

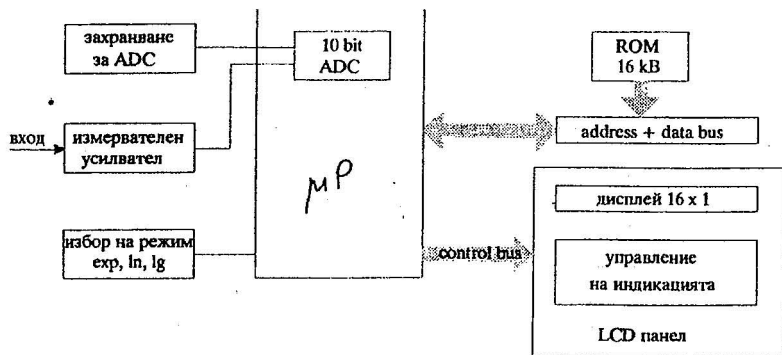
1. Стефанова К.К, Власев З. Изследване точността и бързодействието на компютърна система за събиране и обработка на данни в реално време. Сп. Е+Е, София, 1998.
2. Златаров В, Донева Л, Стаменов Д. Електронни аналогови схеми и устройства, Техника, София, 1994.
3. Philips - Single-Chip 8-bit Microcontrollers PCB 82C552 User Manual - 1988
4. Motorola - MC68HC11 User Manual - 1991
5. Microchip - PIC16/17 Microcontroller Data Book - 1995/1996
6. Atmel - AVR Enhanced Risc Microcontroller Data Book - May 1997.



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3