

3-БАЙТОВО АНАЛОГО-ЦИФРОВО ПРЕОБРАЗУВАНЕ

ст.и.с I ст. д.т.и. Иван Асенов Доцниски

и.с. I ст. к.т.и. Ивайло Иванов Христов

ЦЛЕМА - Медицинска академия

Всяко аналого-цифрово преобразуване с разредност по-голяма от 12 бита създава технически и финансови затруднения. Известен е методът на остатъчното преобразуване. Той включва два цикъла и използва аналого-цифров преобразувател (АЦП) и цифро-аналогов преобразувател (ЦАП). По време на първия цикъл входното напрежение се пропуска през атенватор и се превръща от АЦП в числов код. През втория цикъл кодът се трансформира от ЦАП в напрежение, което се изважда от номиналното входно напрежение. Получената разлика се усилва и преобразува в друг числов код. Двата кода представляват старша и младша част на числовия еквивалент на входното напрежение, но съдържат припокриващи се разреди, броят на които се определя от коефициентите на атенвация и усилване. Това трябва да се вземе предвид при сумиране на кодовете. Общата грешка на аналого-цифровото преобразуване зависи от грешките на атенватора, усилвателя, АЦП и особено много от грешката на ЦАП, която се умножава с коефициента на усилване. Един от начините за нейното намаляване се състои в сумиране на входния код на ЦАП с друг, който се изменя по случаен закон [1]. За едно и също входно напрежение се правят няколко преобразувания. Изходните числови кодове на АЦП се получават при различни състояния на резисторните матрици на ЦАП и АЦП. Те се усредняват, при което се очаква грешките от преобразуване да клонят към нула. Накрая от получения резултат трябва да се извади средната стойност на разпределението на случайния код в случаите, когато тя е отлична от нула. Очевиден недостатък на описания начин е големия брой преобразувания, чрез които се получава един числов еквивалент.

Ако се приемат коефициенти на атенвация и усилване равни на 1, общата грешка на преобразуването ще съдържа само грешките на АЦП и ЦАП и генераторът на случайни кодове не е необходим. За съжаление в този вариант разредността се увеличава само с един бит.

Често пъти входно напрежение, което може да заема стойности в много голям диапазон, има сравнително бавни еднопосочни изменения и остава в границите на няколко последователни обхвата на 8- или 12-битово преобразуване дори при продължително измерване с висока разделителна способност. Примери за такива напрежения са температурата от 0°K до 300°K, електрокардиографските, електроенцефалографски и електронмографски сигнали, чийто амплитуди от 1 μ V до 8 mV се наслагват с електродни потенциали между -300 mV и +300 mV и др. За тези случаи е разработено аналого-цифрово преобразуване, принципната схема на което е показана на фигурата.

АЦП и ЦАП са 12-битови и се управляват от микропроцесорната система μ P. Обхватът на входното напрежение $U_{вх}$ не трябва да превишава обхватите на АЦП и ЦАП. Преобразуването е коректно, когато входното напрежение на диференциалния усилвател А е по-малко от обхвата на АЦП, разделен с коефициента на усиление m . Това изискване се поддържа, като на ЦАП се подава подходящ числов код.

$$U_{АЦП} = m(U_{вх} - U_{ЦАП}), \text{ откъдето}$$

$$U_{вх} = U_{ЦАП} + U_{АЦП}/m, \text{ т.е.}$$

входното напрежение се представя със стойност, която се получава, като числото в ЦАП се сумира с разделеното на m число в АЦП. Влиянието на ЦАП върху общата грешка ще бъде m пъти по-голямо от това на АЦП. Затова всички $U_{ЦАП}$, съответстващи на използвани входни числови кодове на ЦАП, трябва да се познават с номиналната точност на АЦП. Измерванията се извършват при инициализиране на системата или през определен интервал от време. Използват се стробиращо-запомнящата схема СЗС; електронния комутатор К и алгоритъм, състоящ се в преобразуване на усилените аналогови разлики между всеки два съседни кода на ЦАП. Получените числа се запаметяват. Те служат за въвеждане на корекции при формиране на числовия еквивалент.

Аналоговите разлики се образуват по следния начин. На ЦАП се подава входен код. Схемата СЗС остава свързана с ЦАП, докато напрежението върху запомнящия я кондензатор се изравни с $U_{ЦАП}$. Ако времеконстантата на СЗС е τ , а грешките на ЦАП и АЦП са

$$\delta_{ЦАП} = \delta_{АЦП} = \delta = 1/2 \text{ bit, то}$$

$$t = \tau \ln(4096/\delta) > 4\tau \text{ [s]}$$

е необходимото време за постигане на добра точност. След това

връзката между ЦАП и СЭС се прекъсва, входният код на ЦАП се изменя с една стъпка и АЦП измерва отново аналоговата разлика.

При определени условия аналоговите грешки от усилвателя, стробиращо-запомнящата схема и комутатора биха могли да станат достатъчно малки. Тогава общата грешка ще се влияе предимно от дискретната δD , която е сума от номиналните грешки на АЦП и ЦАП.

$$\delta D = \delta_{\text{АЦП}} + \delta_{\text{ЦАП}} = 2\delta.$$

Разредността на преобразуването е произведение от обхвата на АЦП и коефициента на усилване m на диференциалния усилвател А. Максималната стойност на m е $2^{12} = 4096$, с което е възможно до 24-битово преобразуване. Трябва да се има предвид, че с нарастване на разредността се очаква и увеличаване на броя n на използваните входни кодове на ЦАП. Тогава абсолютната дискретна грешка на преобразуване на $U_{\text{вх}}$ по време на цялото измерване ще бъде

$$\delta D_A = n(\delta_{\text{ЦАП}} + \delta_{\text{АЦП}}).$$

Заедно с това намалява и вероятността да се получават числови еквиваленти с едно единствено преобразуване (без промяна на $U_{\text{ЦАП}}$).

Разработеното аналого-цифрово преобразуване беше реализирано за измерване на температури на хистологични проби в диапазон от 0°K до 300°K с номинална разрешителна способност $0,01^\circ\text{K}$. Използувани са българските 12-битови АЦП и ЦАП - СМ 757 и СМ 758-2. Коефициентът на усилване m е равен на 10, а преобразуването е 16-битово. Общата грешка (включително и аналоговите ѝ компоненти) в интервал от 80°K е от порядъка на $0,02^\circ\text{K}$. Най-силно влияние оказват вариациите на захранващото напрежение на преобразувателя. Температурната стабилност на СМ 757 и СМ 758-2 е достатъчно добра. Стойностите на измерените аналогови разлики не се променят извън посочената грешка, дори за много дълги периоди от време от 24 и повече часа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. EPSTEIN S. J. et al. (1984) Hardware design for a dynamic signal analyzer. Hewlett-Packard Journal, Dec. 1984, Vol. 35, Nr 12, 12-17.

