УДК 004.94

Родцевич П.Н.
Научный руководитель: к.т.н., доцент Хведчук В.И.

МОДЕЛЬ АЦП/ЦАП ДЛЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Введение

Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи находят широкое применение в различных областях современной науки и техники. Они являются неотъемлемой составной частью цифровых измерительных приборов, систем преобразования и отображения информации, программируемых источников питания, индикаторов на электронно-лучевых трубках, радиолокационных систем, установок для контроля элементов и микросхем, а также являются важными компонентами различных автоматических систем контроля и управления, устройств ввода-вывода информации ЭВМ. Главным образом применяются для сопряжения цифровых устройств и систем с внешними аналоговыми сигналами, с реальным миром. При этом АЦП преобразует аналоговые сигналы во входные цифровые сигналы, поступающие на цифровые устройства для дальнейшей обработки или хранения, а ЦАП преобразует выходные цифровые сигналы цифровых устройств в аналоговые сигналы.

Обзор задачи

Схемотехника цифро-аналоговых преобразователей весьма разнообразна [1,2]. На рис. 1 представлена классификационная схема ЦАП по схемотехническим признакам.

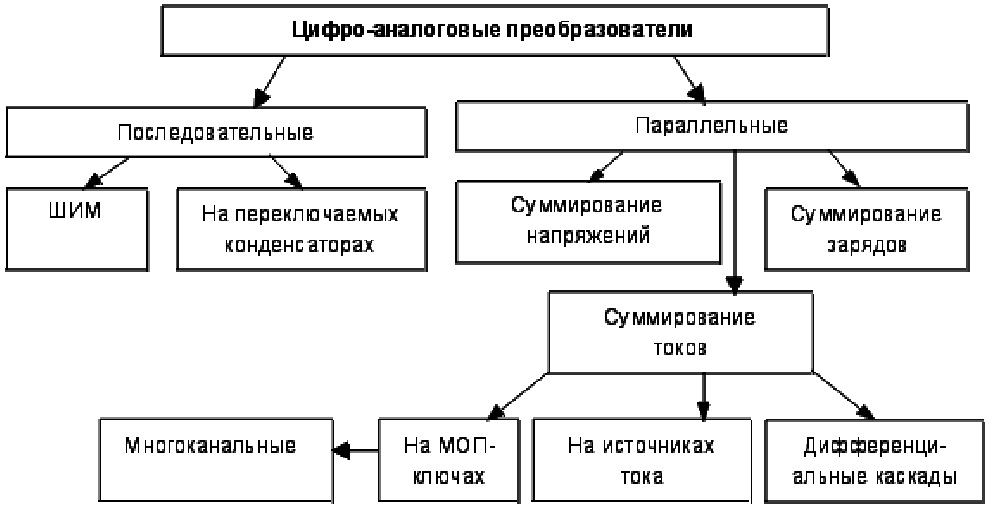

Рисунок 1 – Классификация ЦАП

Процедура аналого-цифрового преобразования непрерывных сигналов, которую реализуют с помощью АЦП, представляет собой преобразование непрерывной функции времени U(t), описывающей исходный сигнал, в последовательность чисел $\{U'(t_j)\}$, j = 0, 1, 2, :, отнесенных к некоторым фиксированным моментам времени. Эту процедуру можно разделить на две самостоятельные операции. Первая из них называется дискретизацией и состоит в преобразовании непрерывной функции времени U(t) в непрерывную последовательность $\{U(t_j)\}$. Вторая называется квантованием и состоит в преобразовании непрерывной последовательности в дискретную $\{U'(t_j)\}$.

В настоящее время известно большое число методов преобразования напряжение-код. Эти методы существенно отличаются друг от друга потенциальной точностью, скоростью преобразования и сложностью аппаратной реализации. На рисунке 2 представлена классификация АЦП по методам преобразования.

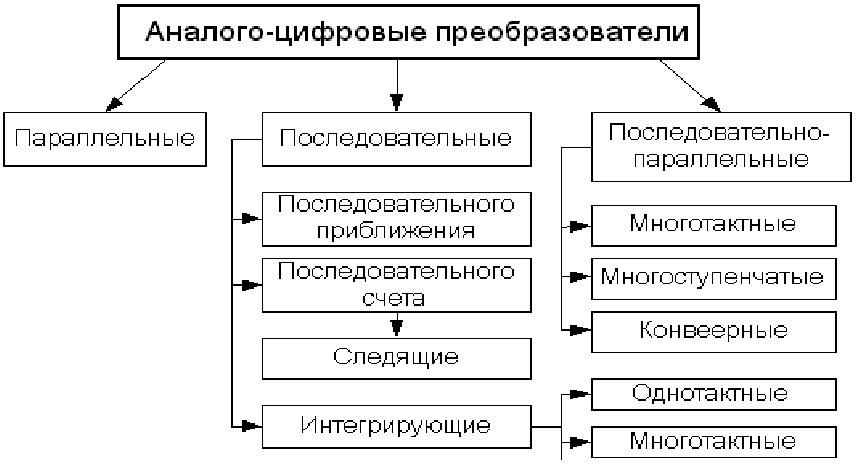

Рисунок 2 – Классификация АЦП

Модель. Схема, выбранная за основу ЦАП, представлена на рисунке 3. В качестве ключей здесь используются МОП-транзисторы.

В этой схеме задание весовых коэффициентов ступеней преобразователя осуществляют посредством последовательного деления опорного напряжения с помощью резистивной матрицы постоянного импеданса. Основной элемент такой матрицы представляет собой делитель напряжения (рисунок 4), который должен удовлетворять следующему условию: если он нагружен на сопротивление $R_Н$, то его входное сопротивление $R_{ВХ}$ также должно принимать значение $R_Н$. Коэффициент ослабления цепи $\alpha = U_2/U_1$ при этой нагрузке должен иметь заданное значение. При выполнении этих условий получаем следующие выражения для сопротивлений:

$$R_p = \frac{\alpha}{1-\alpha}\cdot R_н \qquad R_s = (1-\alpha)\cdot R_н \tag{1}$$

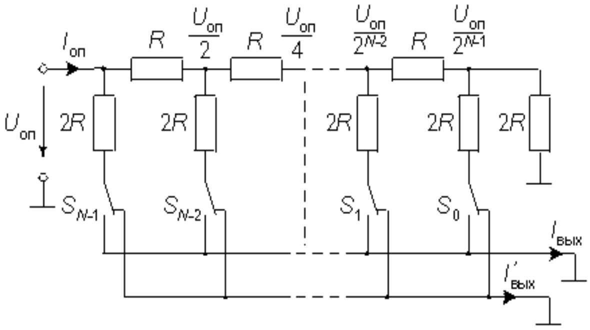

Рисунок 3 – Схема ЦАП с переключателями и матрицей R-2R

Согласно рисунку 3, выходные токи схемы определяются соотношениями

$$I_{вых} = \frac{U_{оп}}{R\cdot 2^N}\sum_{k=0}^{N-1} d_k\cdot 2^k = \frac{U_{оп}}{R\cdot 2^N}\cdot D \tag{2}$$

$$I_{вых} = \frac{U_{оп}}{R\cdot 2^N}\sum_{k=0}^{N-1} \overline{d}_k\cdot 2^k = \frac{U_{оп}}{R\cdot 2^N}\cdot \overline{D}$$

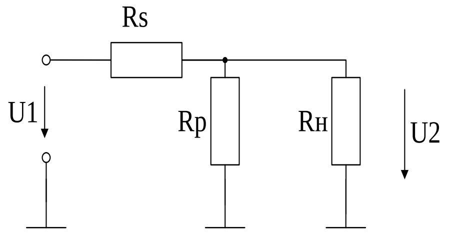

Рисунок 4 – Построение ступени матрицы R-2R

Поскольку в любом положении переключателей S_K они соединяют нижние выводы резисторов с общей шиной схемы, источник опорного напряжения нагружен на постоянное входное сопротивление R_{BX} = R. Это гарантирует неизменность опорного напряжения при любом входном коде ЦАП.

Процедура аналого-цифрового преобразования непрерывных сигналов, которую реализуют с помощью АЦП, представляет собой преобразование непрерывной функции времени U(t), описывающей исходный сигнал, в последовательность чисел $\{U'(t_j)\}$, j = 0, 1, 2, :, отнесенных к некоторым фиксированным моментам времени. Эту процедуру можно разделить на две самостоятельные операции. Первая из них называется дискретизацией и состоит в преобразовании непрерывной функции времени U(t) в непрерывную последовательность $\{U(t_j)\}$. Вторая называется квантованием и состоит в преобразовании непрерывной последовательности в дискретную $\{U'(t_j)\}$.

АЦП параллельного типа (рис. 5) осуществляют квантование сигнала одновременно с помощью набора компараторов, включенных параллельно источнику входного сигнала.

Преобразование полученной группы кодов в трехзначное двоичное число выполняет логическое устройство, называемое приоритетным шифратором, диаграмма состояний которого приведена в таблице 1.

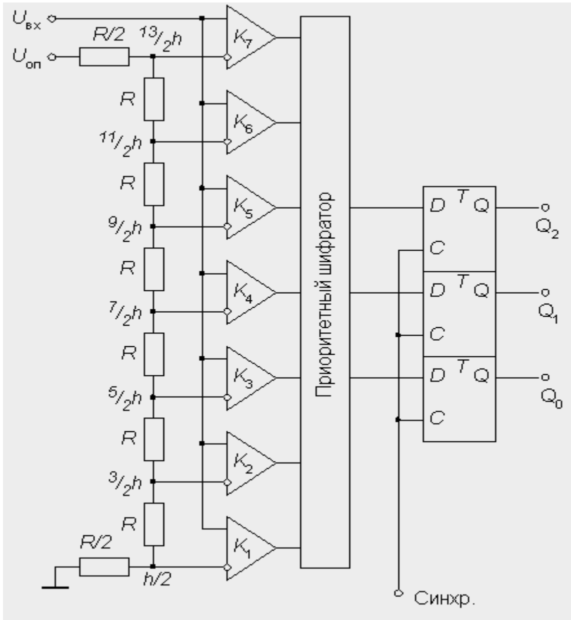

Рисунок 5 – Схема параллельного АЦП

Таблица 1 – Таблица состояний параллельного АЦП

Входное напряжение	Состояние компараторов							Выходы		
Uвх/h	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
3	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
4	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
5	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Заключение

Результаты работы могут быть использованы в учебных целях, позволяя строить модели на базе АЦП/ЦАП с различным исполнительным оборудованием, не прибегая к сборке реальных схем, а также отрабатывать алгоритмы управления промышленным оборудованием на базе специализированных логических контроллеров.

Список цитированных источников

1. Интегральные микросхемы. Микросхемы АЦП и ЦАП: справочник / Г.И. Волович, В.Б. Ежов. – М.: Додэка-XX, 2005. – 432 с.: ил.
2. Самый информативный сервер микроэлетроника [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/dac/index.htm – Дата доступа: 01.04.2014.

УДК 519.2

Липовцев А.П., Антоник И.А.

Научные руководители: к.т.н., доцент Махнист Л.П.,

к.ф.-м.н., доцент Каримова Т.И.

О МОМЕНТАХ БИНОМИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И НЕКОТОРЫХ ЦЕЛОЧИСЛЕННЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ

Биномиальное распределение (распределение Бернулли) (например, в [1]) – распределение вероятностей случайной величины *X*, принимающей целочисленные значения $k = 0, 1, 2, \ldots, n$ с вероятностями соответственно

$$P(X = k) = p_k(n, p) = C_n^k p^k (1 - p)^{n-k} = C_n^k p^k q^{n-k},$$

где $C_n^k = \dfrac{n!}{k!(n-k)!}$ – биномиальный коэффициент, $0 \le p \le 1$ – параметр биномиального распределения ($q = 1 - p$), называемый вероятностью положительного исхода.

Ряд распределения:

X	0	1	2	$\ldots$	k	$\ldots$	$n-2$	$n-1$	n
p_k	q^n	npq^{n-1}	$C_n^2 p^2 q^{n-2}$	$\ldots$	$C_n^k p^k q^{n-k}$	$\ldots$	$C_n^{n-2} p^{n-2} q^2$	$np^{n-1}q$	p^n

Начальным моментом n-го порядка ($n = 0, 1, 2, \ldots$) случайной величины называется $a_n = M\left(X^n\right)$. Отметим, что $a_0 = 1$, $a_1 = np$ – *математическое ожидание.*

Начальным факториальным моментом n-го порядка ($n = 0, 1, 2, \ldots$) случайной величины X называется $a_{[n]} = M\left(X^{[n]}\right) = M\left(X(X-1)\ldots(X-n+1)\right)$. Заметим, что $a_{[0]} = 1$, $a_{[1]} = np = M(X)$.

Найдем начальные факториальные моменты *m*-го порядка:

$$a_{[m]} = M\left(X^{[m]}\right) = M\left(X(X-1)\ldots(X-m+1)\right) = \sum_{k=0}^{n} k(k-1)\ldots(k-m+1) C_n^k p^k q^{n-k} =$$

$$= \sum_{k=m}^{n} k(k-1)\ldots(k-m+1)\frac{n!}{k!(n-k)!} p^k q^{n-k} = \sum_{k=m}^{n} n(n-1)\ldots(n-m+1)\frac{(n-m)!}{(k-m)!(n-k)!} p^k q^{n-k} =$$

$$= n^{[m]}\sum_{k=m}^{n} C_{n-m}^{k-m} p^k q^{n-k} = n^{[m]} p^m \sum_{k=m}^{n} C_{n-m}^{k-m} p^{k-m} q^{n-k} = n^{[m]} p^m \sum_{k=0}^{n-m} C_{n-m}^{k} p^k q^{n-m-k} = n^{[m]} p^m (p+q)^{n-m} = n^{[m]} p^m.$$