

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЕ — КОД ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В. М. ТАНАСЕИЧУК, Я. И. КАПИЦКИЙ, В. М. РАЗИН,
Н. П. БАЙДА

Кодоимпульсные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) получили наибольшее распространение в системах автоматического контроля (САК) [1—3]. Для получения необходимого быстродействия и точности в САК чаще всего применяются кодоимпульсные АЦП, в цепь обратной связи которых включен цифроаналоговый преобразователь (ЦАП). Компенсирующее напряжение U_k отрабатывается цифро-аналоговым преобразователем по заданной программе. При включении каждого разряда ЦАП компенсирующее напряжение увеличивается на величину, равную «весу» этого разряда в примененном коде. Наиболее распространенными являются коды 2421, 4221, 5221.

В процессе преобразования последовательно включаются все разряды ЦАП. При $U_k > U_x$ последний разряд отключается и включается следующий. Обычно отработка U_k начинается со старшего разряда.

При известном пределе измерения $U_{\max}$ и выбранном значении единицы младшего разряда (шаге квантования по уровню U_k) число разрядов АЦП, а соответственно, и число тактов преобразования определяется по формуле:

$$n = \log_2 U_{\max}. \quad (1)$$

При двоично-десятичном кодировании соотношение (1) имеет вид

$$n = 4N, \quad (1a)$$

где N — число двоично-десятичных декад.

Кодоимпульсные АЦП наиболее полно удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к АЦП, которые должны применяться в САК. Недостаток таких АЦП заключается в сравнительной сложности их реализации по сравнению с импульсными АЦП. Распределитель для задания программы отработки U_k резко увеличивает количество оборудования. При реализации распределителя на счетчике с дешифратором для числа разрядов счетчика должно выполняться условие

$$\begin{aligned} \text{а) } m &\geq \log_2 n; \\ \text{б) } m &\geq 4N; \end{aligned} \quad (2)$$

а — при двоичном кодировании;

б — при двоично-десятичном кодировании.

Возможно построение АЦП без распределителя. В этом случае U_k начинает обрабатываться от 0 и в каждом такте увеличивается на шаг квантования по уровню. Однако при этом время преобразования резко увеличивается. Для преобразования напряжения U_x необходимо $\frac{U_x}{U_{кв}}$ тактов, где $U_{кв}$ — напряжение, равное шагу квантования.

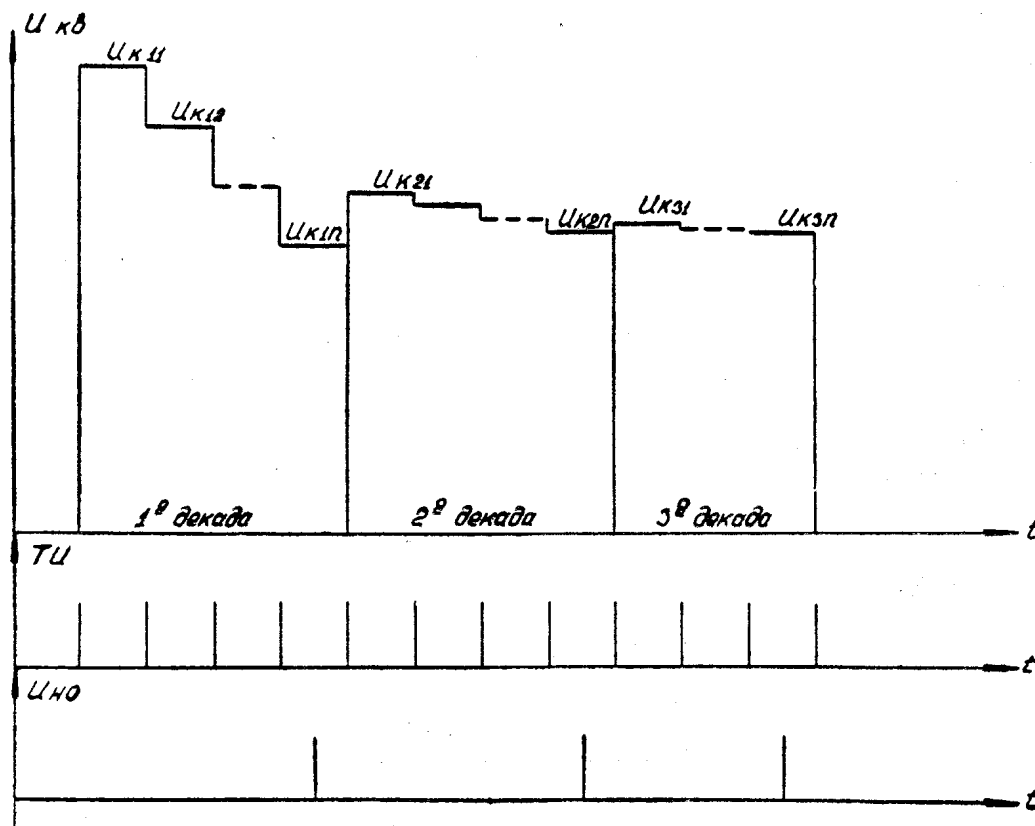


Рис. 1. График обработки U_k

Возможно некоторое видоизменение кодоимпульсного метода аналого-цифрового преобразования, которое значительно упрощает общую схему АЦП, сохраняя при этом высокое быстродействие.

Обработка компенсирующего напряжения начинается со старшей декады и осуществляется в каждой декаде по десятичному закону, начиная с максимального значения, равными ступеньками в сторону уменьшения. Число тактов для обработки компенсирующего напряжения определится по формуле:

$$n = \sum_{\substack{i=0 \div 9 \\ j=0 \div m}} (10 - \alpha_{ij}) + 1, \quad (3)$$

где

n — число тактов,

i — разрядная цифра, записанная в j -ной декаде,

j — номер декады,

m — число декад.

График обработки U_k представлен на рис. 1, где

U_k — компенсирующее напряжение,

TU — тактовые импульсы,

$U_{но}$ — импульсы с нуля-органа.

Работа преобразователя начинается с отработки компенсирующего напряжения старшей декады. U_k изменяется в следующем порядке.

$$U_{k1} = Q_1 \cdot \alpha_9; U_{k2} = Q_1 \cdot \alpha_8; U_{k3} = Q_1 \cdot \alpha_7; \dots$$

$$U_{kn} = Q_1 \cdot \alpha_{10-n_1},$$

где Q_1 — «вес» единицы младшего разряда для старшей декады, α_{10-n_1} — разрядная цифра при числе тактов, равном n_1 .

При $U_k > U_x$ сигнал с нуля-органа отключает от дальнейшей работы первую декаду и включает в отработку компенсирующего напряжения вторую декаду, которая обрабатывает компенсирующее напряжение аналогично первой декаде.

При $U_k > U_x$ подключается третья декада и т. д.

Напряжение U_k после отработки всеми тремя декадами будет равно:

$$U_k = Q_1 \cdot \alpha_{10-n_1} + Q_2 \cdot \alpha_{10-n_2} + Q_3 \cdot \alpha_{10-n_3}, \quad (4)$$

где

Q_1 — «вес» единицы младшего разряда 1-й декады;

Q_2 — «вес» единицы младшего разряда 2-й декады;

Q_3 — «вес» единицы младшего разряда 3-й декады;

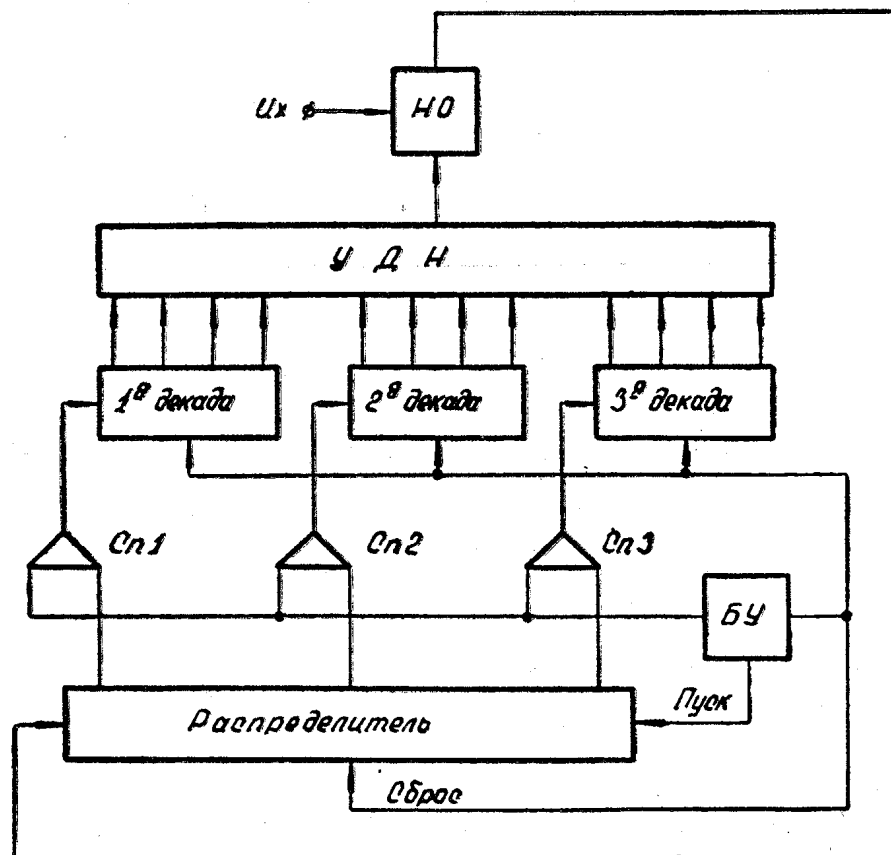


Рис. 2. Блок-схема АЦП

α_{10-n_1} — разрядная цифра, записанная в 1-й декаде при числе рабочих тактов n_1 ;

α_{10-n_2} — разрядная цифра, записанная во 2-й декаде при числе рабочих тактов n_2 ;

α_{10-n_3} — разрядная цифра, записанная в 3-й декаде при числе рабочих тактов n_3 .

Блок-схема АЦП показана на рис. 2.

Преобразователь состоит из управляемого делителя напряжения, 3-х счетных декад, работающих в режиме вычитания, распределителя на три входа, нуля-органа и блока управления.

Тактовые импульсы на вход счетных декад подаются через схемы совпадения C_{n_1} , C_{n_2} , C_{n_3} , каждая из которых управляется соответствующим выходом распределителя.

Схема работает следующим образом.

В начальном состоянии все триггеры счетных декад установлены в состояние «О», при этом напряжение компенсации равно нулю. Сигнал «пуск» устанавливает распределитель в состояние, при котором открывается схема совпадения C_{n_1} . Начинает работать 1-я счетная декада. Напряжение U_k изменяется в следующем порядке: 0,9 в, 0,8 в и т. д. При $U_k < U_x$ импульс с НО устанавливает распределитель в такое состояние, при котором закрывается C_{n_1} и открывается C_{n_2} . Начинает работать 2-я счетная декада. При этом аналогично описанному выше отрабатывается второй разряд компенсирующего напряжения, т. е. начиная со старшего разряда. При $U_k < U_x$ сигнал с нуля-органа закрывает вторую схему совпадений и открывает третью. Третья декада работает аналогично двум первым.

Пример измерения $U_x = 7,63$ в.

Таблица 1

Такты	Отработка	Сигнал управления с НО
1	2	3
	1-я декада	
1	9	
2	8	
3	7	Сигнал с НО. Переход ко второй декаде.
	2-я декада	
4	7,9	
5	7,8	
6	7,7	
7	7,6	Сигнал с НО. Переход к третьей декаде.
	3-я декада	
8	7,69	
9	7,68	
10	7,67	
11	7,66	
12	7,65	
13	7,64	
14	7,63	
15	7,62	Сигнал с НО. Конец измерения.

Описанный выше АЦП имеет значительно меньшее число элементов, чем обычно применяемые кодоимпульсные АЦП, поскольку требуется распределитель, содержащий только по одному выходу на каждую декаду.

Среднее быстродействие АЦП (считая возможность появления в каждой декаде любой из 10 цифр равновероятной) равно

$$t_{cp} = N \cdot \frac{t_{max} + t_{min}}{2} = 5N \text{ тактов.} \quad (5)$$

Сравнивая полученное значение с формулой (1а), можно отметить, что на отработку каждой декады в предложенном АЦП требуется на 1 такт больше, чем в обычном кодоимпульсном АЦП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. А. Дроздов, А. П. Пятибратов. Автоматическое преобразование и кодирование информации. «Советское радио», М., 1964.
2. К. А. Нетребенко. Цифровые автоматические компенсаторы. Госэнергоиздат, 1961.
3. Е. И. Кондюкова, Б. Е. Редькин. Аналого-цифровые преобразователи систем автоматического контроля. Энергия, М., 1967.