

ОДНОПОЛЯРНЫЕ ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

Рассматривается использование модифицированных однополярных цифро-аналоговых преобразователей для увеличения точности. Полученная точность и диапазон выходной переменной увеличены в 2 раза.

The subject of the article is using of modified unipolar D/A Converters for increasing accuracy. The resulting accuracy and range of the output variable are raised in 2 times.

Ключові слова: цифро-аналоговий преобразователь, переключатели напряжения, переключатели тока, преобразователь код-ток, преобразователь код-напряжение.

Однополярный ПКН с использованием биполярных переключателей напряжения SWTU

Преобразователь код-напряжение – это цифро-аналоговый преобразователь, который используется, для моделирования операции декодирования и строится на основе декодирующей сетки. Декодирующая сетка для ПКН – это сумматор напряжения, у которого коэффициенты передач k_i ($i = \overline{1, n}$) пропорциональны весам разрядов g_i ($i = \overline{1, n}$) декодируемого числа. Известная схема однополярного ПКН с использованием однополярных переключателей напряжения $SWTU_i$ ($i = \overline{1, n}$) изображена на рис. 1.

Для приведенной схемы (рис.1) выходная переменная $U_{\text{вых}}$ будет равна

$$U_{\text{вых}} = U_d = m_d U_{\text{ref}} A,$$

где m_d – масштаб декодирования; $U_{\text{ref}} = \text{const}$.

Учитывая, что при использовании однополярных переключателей напряжения SWTU

$$U_i = a_i U_{\text{ref}}, (i = \overline{1, n})$$

и

$$A = \sum_{i=1}^n a_i g_i,$$

получаем

$$U_{\text{вых}} = U_d = m_d \sum_{i=1}^n g_i U_i = m_d \sum_{i=1}^n g_i a_i U_{\text{ref}},$$

где a_i ($i = \overline{1, n}$) – значение i -го разряда числа A , g_i ($i = \overline{1, n}$) – вес i -го разряда числа A .

Если использовать биполярные переключатели напряжения SWU_i ($i = \overline{1, n}$) и другую формулу для определения величины числа A

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [g_i + (a_i - \bar{a}_i) * g_i],$$

то напряжение U_d будет равно

$$U_d = \frac{1}{2} m_d \left[U_{\text{ref}} + g_n (-U_{\text{ref}}) + \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a}_i) g_i U_{\text{ref}} \right].$$

Если представить данное уравнение в виде эквивалентной системы, получаем

$$\begin{cases} U_i = (a_i - \bar{a}_i) U_{\text{ref}}, (i = \overline{1, n}) \\ U_0 = U_{\text{ref}} \\ U_{n+1} = -U_{\text{ref}} \\ U_d = \frac{1}{2} m_d * \left[U_0 + g_n * U_{n+1} + \sum_{i=1}^n g_i U_i \right] \end{cases}$$

Соответствующая схема однополярного ПКН с использованием биполярных переключателей напряжения SWTU приведена на рис. 2.

В данной схеме (рис.2) однополярного ПКН используется декодирующая сетка, у которой

$$k_i = \frac{1}{2} m_d * g_i (i = \overline{1, n}), \text{ а } k_{n+1} = \frac{1}{2} m_d * g_n.$$

Если использовать такую же декодирующую сетку, как в известной схеме (рис. 1), т.е. такую у которой $k_i = m_d * g_i (i = \overline{1, n})$, а $k_{n+1} = m_d * g_n$, то выходная переменная $U_{\text{вых}} = 2U_d$, т.е. для приведенной схемы (рис. 3) выходной диапазон в 2 раза больше, чем в известной схеме (рис. 1).

Таким образом, относительно известной схемы (рис. 1) при использовании таких же эталонных напряжений и такой же декодирующей сетки, диапазон выходного

напряжения увеличивается в 2 раза. Отсюда следует, что точность практически Абсолютные значения погрешностей, увеличивается в 2 раза (без учета погрешностей обусловленные неидеальностью параметров U_0 и U_{n+1}).
 переключателей напряжения и резисторов декодирующей сетки, остаются такими же.

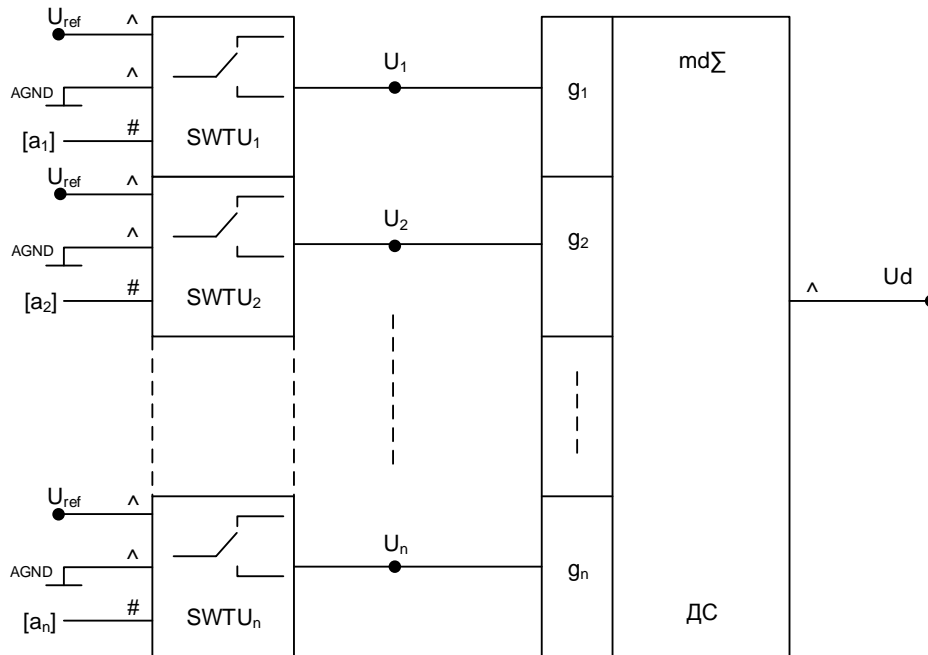


Рисунок 1. Однополярный ПКН

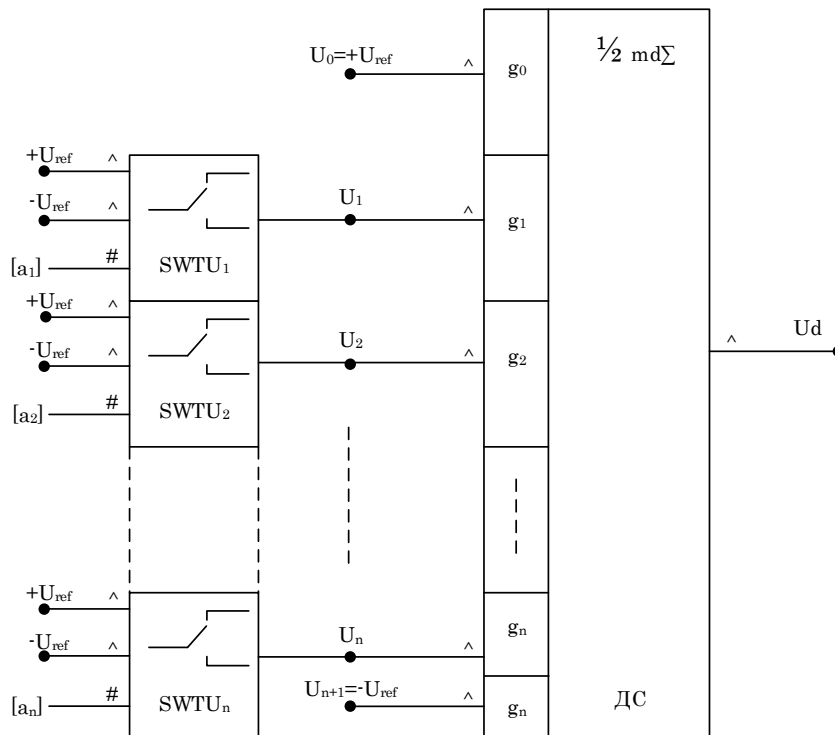


Рисунок 2. Однополярный ПКН с использованием биполярных переключателей SWTU

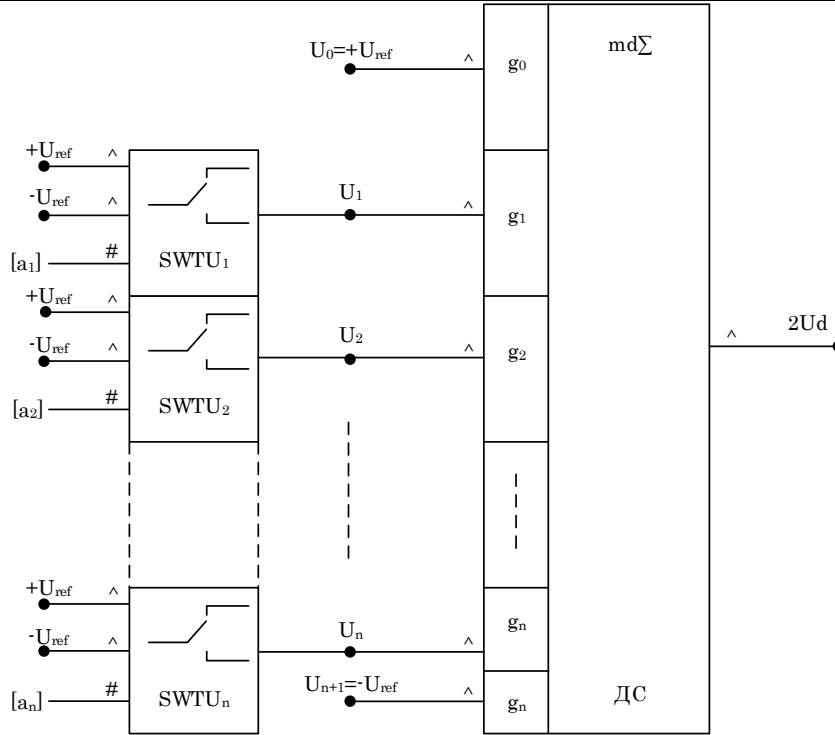


Рисунок 3. Однополярный ПКН с использованием биполярных переключателей SWTU и такими же токами, как и в схеме (рис.1)

**Однополярный ПКТ с использованием
обоих выходов SWTC**

Преобразователь код-ток - это цифро-аналоговый преобразователь, который используется для моделирования операции декодирования и строится на основе инверсной резистивной матрицы. Схема однополярного ПКТ приведена на рис. 4.

Для приведенной схемы ПКТ ток I_d равен

$$I_d = m_d I_{ref} A,$$

а выходное напряжение $U_{вых}$ будет равно

$$U_{вых} = -R m_d I_{ref} A,$$

где

$$A = \sum_{i=1}^n a_i g_i.$$

Уравнение для I_d можно представить в виде эквивалентной системы, получаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{ref_i} = m_d g_i I_{ref}, (i = \overline{1, n}) \\ I_i = a_i I_{ref_i}, (i = \overline{1, n}) \\ I_d = \sum_{i=1}^n I_i, \end{array} \right.$$

и тогда схема изображенная на рис. 4 соответствует данной эквивалентной системе.

Если использовать оба выхода переключателей токов SWTC и другую формулу для определения величины числа A

$$A = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n g_i + \sum_{i=1}^n a_i g_i - \sum_{i=1}^n \bar{a}_i g_i \right],$$

то выходная переменная I_d будет равна

$$I_d = m_d I_{ref} A = \frac{1}{2} m_d \left[\sum_{i=1}^n g_i I_{ref} + \sum_{i=1}^n a_i g_i I_{ref} - \sum_{i=1}^n \bar{a}_i g_i I_{ref} \right].$$

Представим уравнение в виде эквивалентной системы

$$\left\{ \begin{array}{l} I'_{ref_0} = \frac{1}{2} m_d I'_{ref} \left(\sum_{i=1}^n g_i + g_n \right), (i = \overline{1, n}) \\ I_{ref_i}' = \frac{1}{2} m_d g_i I'_{ref}, (i = \overline{1, n}) \\ I'_i = a_i I'_{ref_i}, (i = \overline{1, n}) \\ \bar{I}'_i = \bar{a}_i I'_{ref_i}, (i = \overline{1, n}) \\ I'_{ref_{n+1}} = \frac{1}{2} m_d g_n I'_{ref}, (i = \overline{1, n}) \\ I_{d1} = I'_{ref_0} + \sum_{i=1}^n I'_i + I'_{ref_{n+1}} \\ I_{d2} = \sum_{i=1}^n \bar{I}'_i \\ I_d = I_{d1} + (-1) I_{d2}. \end{array} \right.$$

Приведенной системе соответствует схема однополярного ПКТ, которая изображена на рис. 5.

Если использовать такие же эталонные токи, как в известной схеме (рис. 1), то выходная переменная $U_{\text{ВЫХ}} = -R * 2I_d$, т.е. для приведенной схемы (рис. 6) выходной диапазон в 2 раза больше, чем в известной схеме (рис. 4).

При этом

$$U_{\text{ВЫХ}} = -2Rm_d I_{\text{ref}} A.$$

В таком случае получаем схему, изображенную на рис. 6.

То есть относительно известной схемы, приведенной на рис. 4, при использовании таких же эталонных токов, выходное напряжение увеличивается в 2 раза. Абсолютные погрешности ИРМ и SWTC остаются такими же. Таким образом точность практически увеличивается в 2 раза (без учета погрешностей $I_{\text{ref}0}$ и $I_{\text{ref}n+1}$).

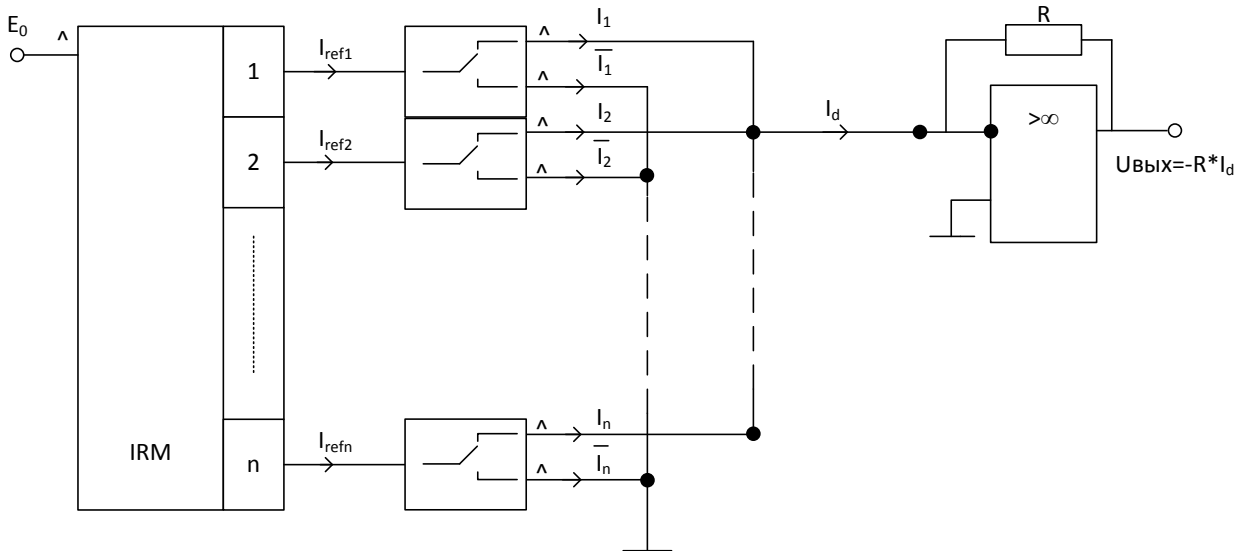


Рисунок 4. Однополярный ПКТ

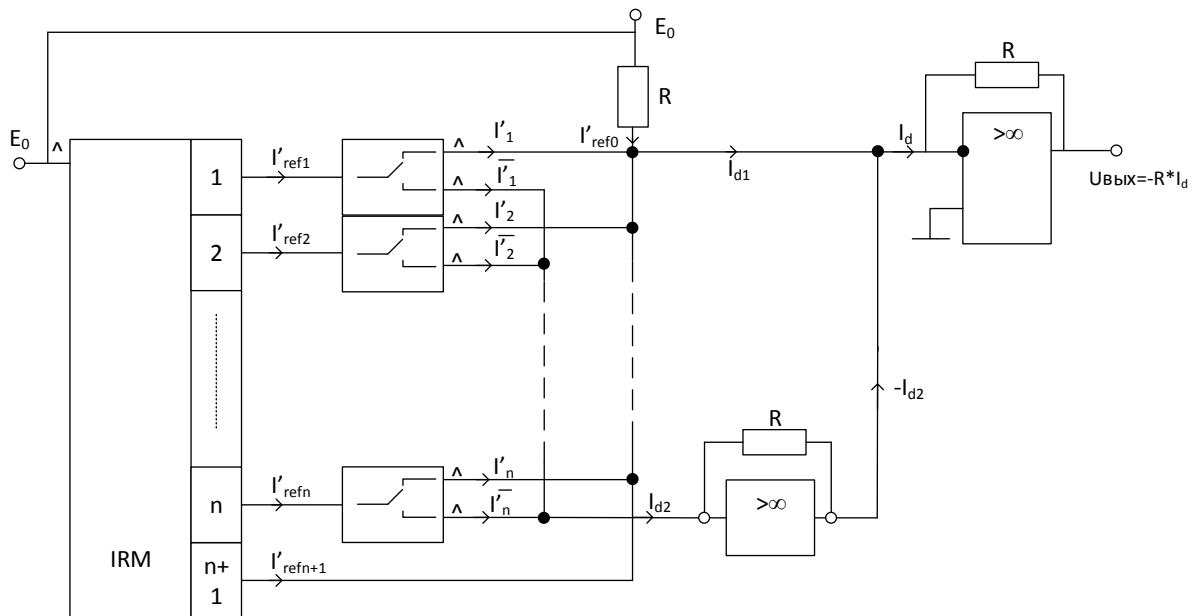


Рисунок 5. Однополярный ПКТ с использованием обеих выходов SWTC

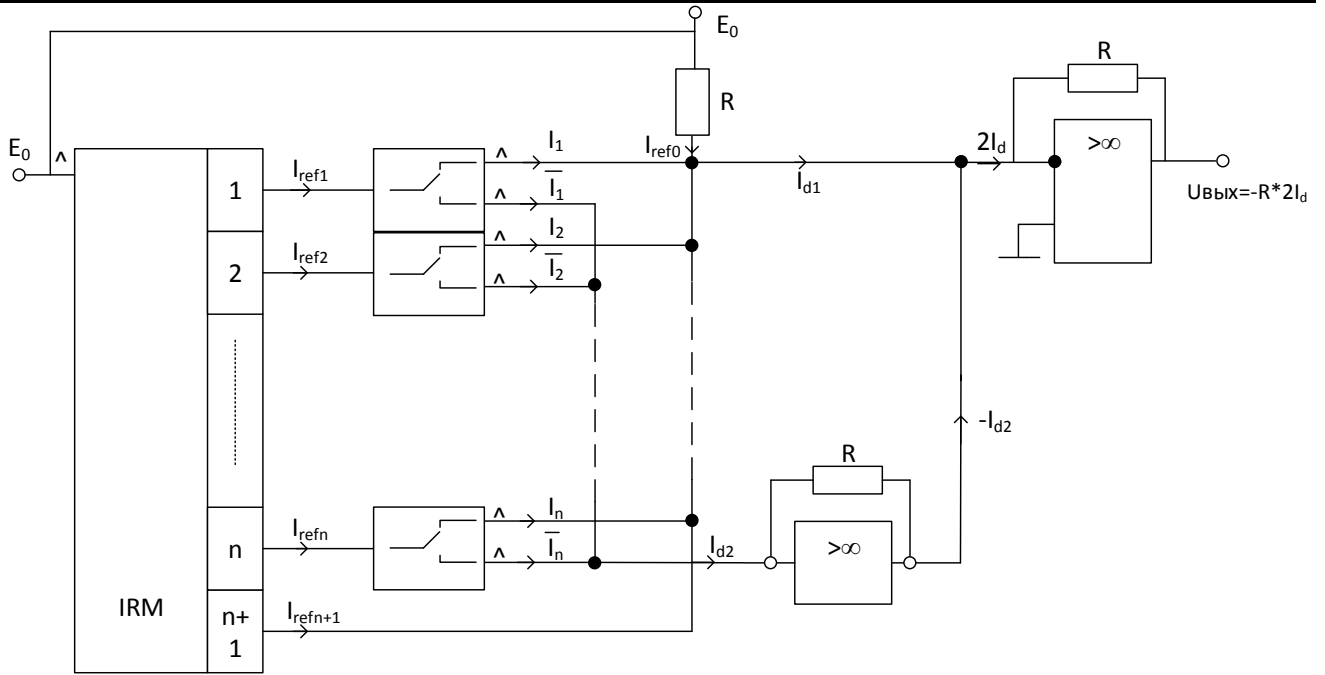


Рисунок 6. Однополярный ПКТ с использованием обоих выходов SWTC и такими же токами, как и в схеме (рис.4)

Выводы

При использовании биполярных переключателей в схеме однополярного ПКН, с такими же по величине эталонными напряжениями $U_{ref_i} (i = \overline{1, n})$, как и схема ПКН с использованием однополярных переключателей напряжений, а также использовании обоих выходов в схеме однополярного ПКТ, которая использует в качестве формирователя токов инверсную резистивную матрицу и формируются такие же

по величине эталонные токи $I_{ref_i} (i = \overline{1, n})$, как и схема ПКТ с использованием одного выхода переключателя токов диапазон выходной переменной увеличивается в 2 раза. Абсолютные значения погрешностей, обусловленные неидеальностью параметров переключателей напряжения и резисторов ДС, и погрешностей ИРМ и SWTC остаются такими же. Следовательно, точность практически увеличивается в 2 раза (без учета погрешностей U_0, U_{n+1} и I_{ref0}, I_{refn+1}).

Список литературы

1. Никамин В.А. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. – Санкт-Петербург:Корона принт, 2012.
2. Raj Kamal. Digital Systems Principles and Design. – Pearson Education India, 2007. – 524с.
3. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и цифро-аналоговых электронных устройств. – Москва: Додэка-XXI, 2005. – 528 с.