9. СОПРЯЖЕНИЕ ЦИФРОВЫХ И АНАЛОГОВЫХ СХЕМ.

Цифро-аналоговый преобразователь

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) – преобразователь «код–сигнал», предназначен для преобразования цифрового (двоичного) кода в аналоговый сигнал. На вход ЦАП подается цифровой код *Q*вх, на выходе ЦАП образуется аналоговый сигнал *U*вых.



Рис. 9.1. Структурная схема ЦАП

Основная характеристика ЦАП – разрядность: (число разрядов входного двоичного кода) – *n*. Считаем, что *U*вых пропорционально зависит от *Q*вх, тогда (длина двоичного кода зависит от разрядности ЦАП):

*U*вых = *Umax* соответствует входному коду: 111 ⋯ 1.

*U*вых = *Umin* соответствует входному коду: 000 ⋯ 0.

Приращение выходного напряжения на каждую единицу входного кода, равное $\Delta U = Umax / 2^n$, называют «квантом». Очевидно, что погрешность квантования сигнала (т.е. дискретизации сигнала по уровню) не может быть меньше величины ΔU. При этом чем выше разрядность ЦАП, тем точнее оцифровка сигнала. Схема ЦАП с двоично-взвешенными разрядами приведена рис. 9.2.

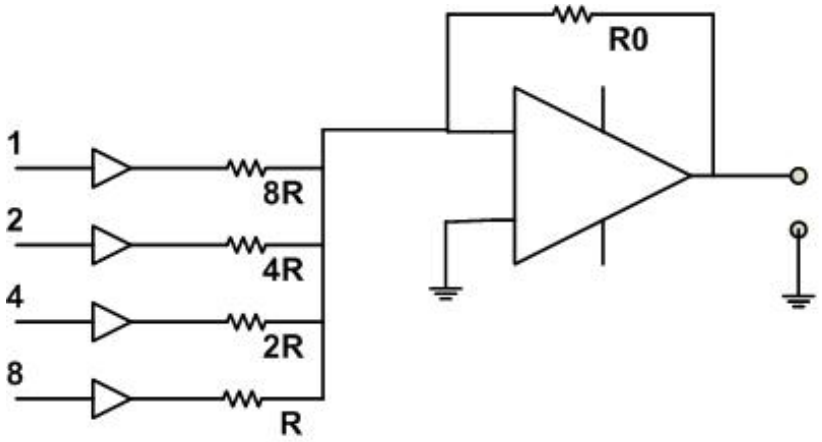


Рис. 9.2. Схема ЦАП с двоично-взвешенными разрядами

Входная кодовая комбинация в общем случае: a_{n-1}, a_{n-2} ,….,a_1, a_0.

Здесь $a_k = 1$ – высокий потенциал U^1, $a_k = 0$ – низкий уровень U^0.

Ток I во входной цепи, обусловленный потенциалом логической «1» в k-том разряде, согласно закону Ома будет равен:

$$I_k = a_k U^1/(2^{n-k-1}R).$$

Суммарный ток в узловой точке входа операционного усилителя будет равен сумме токов I_k :

$$\Sigma I_k = I_{n-1} + I_{n-2} + \quad + I_1 + I_0 =$$
$$= a_{n-1}U^1/(2^0R) + a_{n-2}U^1/(2^1R) + \ldots + + a_1U^1/(2^{n-2}R) + \ldots + a_0U^1/(2^{n-1}R)$$

Достоинство данного типа ЦАП – простая структура. Недостаток заключен в том, что данный ЦАП должен быть обеспечен высокой (прецизионной) точностью номиналов сопротивлений резисторов R.

Аналого-цифровой преобразователь

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) предназначен для преобразования аналогового сигнала в цифровой (двоичный) код.



Рис. 9.3. Структурная схема АЦП

На вход АЦП подается аналоговый сигнал Uвх , на выходе АЦП образуется цифровой код Qвых. Основная характеристика АЦП – разрядность (число разрядов выходного двоичного кода) – n.

Считаем, что Qвых линейно зависит от Uвх, тогда (длина двоичного кода зависит от разрядности АЦП) :

Uвх = $Umax$ соответствует выходному коду 111 ⋯ 1.

Uвх = $Umin$ соответствует выходному коду 000 ⋯ 0.

Схема АЦП последовательного счета приведена на рис. 9.4 (на схеме приведен пример работы 4-разрядного АЦП). Данная схема состоит из компаратора (обозначен как «=»), генератора импульсов (G), двоичного счеткика (Сч), блока ЦАП, а также логических элементов «И» (&) и инвертора.

Принцип действия АЦП состоит в следующем (временные диаграммы сигналов представлены на рис. 9.5):

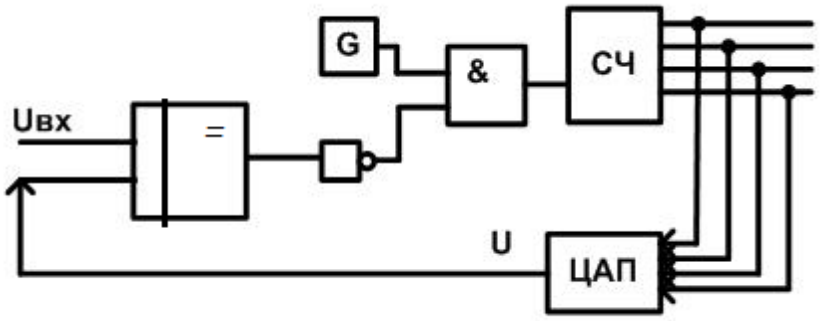


Рис. 9.4. Схема АЦП последовательного счета

1. Предварительно на один из входов компаратора подается некоторое напряжение *U*вх, которое необходимо преобразовать в цифровой код. Далее начинается цикл счета.

2. Счетные импульсы U_G с генератора счетных импульсов (G) поступают на вход двоичного счетчика (Сч), на выходе которого формируется 4-разрядный код с нарастающим «весом».

3. Этот двоичный код поступает на ЦАП, напряжение на выходе которого последовательно увеличивается после поступления каждого очередного импульса на счетчик (цикл преобразования начинается с обнуления счетчика). Это напряжение *U* поступает на второй вход компаратора.

4. Когда напряжение *U* сравняется с *U*вх, компаратор переключится и на его выходе появится логическая «1», которая в результате разъединит генератор *G* и счетчик Сч (см. схему на рис. 9.4).

5. В результате завершения данного цикла счета показания счетчика Сч (4-разрядный код) будут соответствовать цифровому эквиваленту входного сигнала *U*вх.

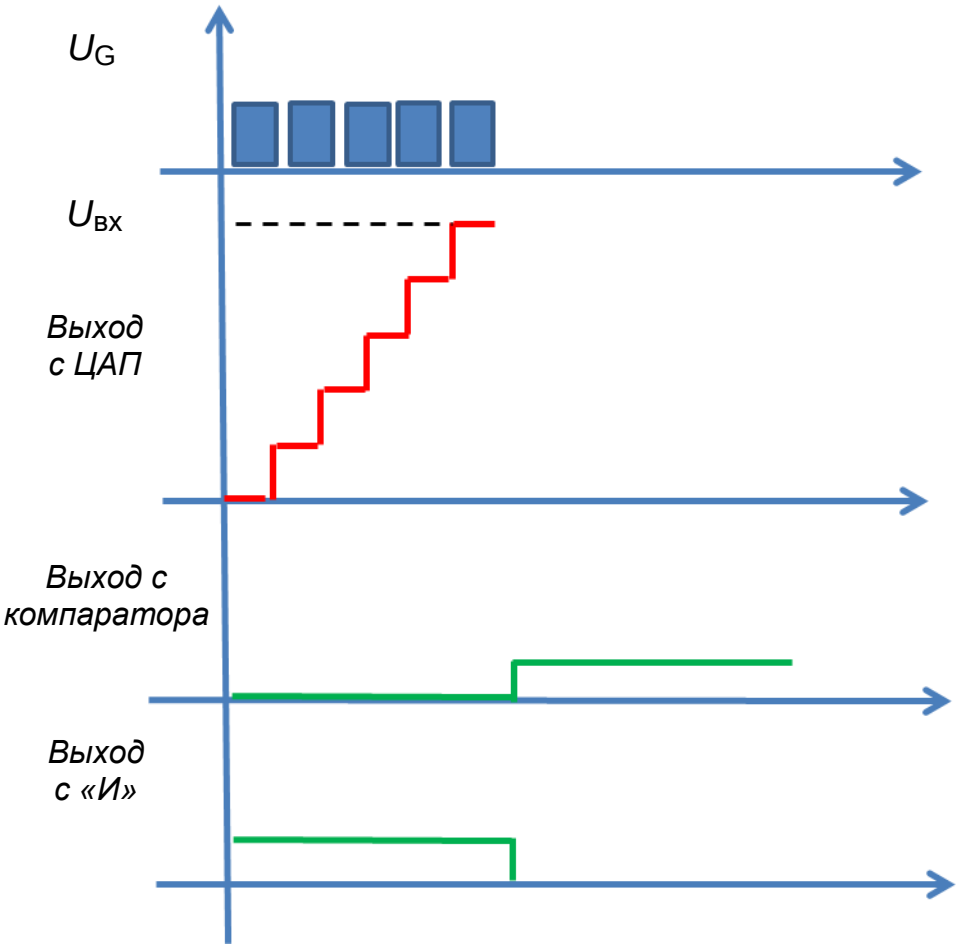


Рис. 9.5. Временная диаграмма работы АЦП последовательного счета

Контрольные вопросы

1. Что такое ЦАП и в чем его назначение?
2. Приведите схему ЦАП с двоично-взвешенными разрядами. Поясните его работу.
3. Что такое АЦП и в чем его назначение?
4. Приведите схему АЦП последовательного счета. Поясните его работу.