

23. Цифро-аналоговый преобразователь

1. Собрать схему четырехразрядного (для гр. 1) или пятиразрядного (для гр. 2) цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), построенного на основе цепочки R - $2R$.

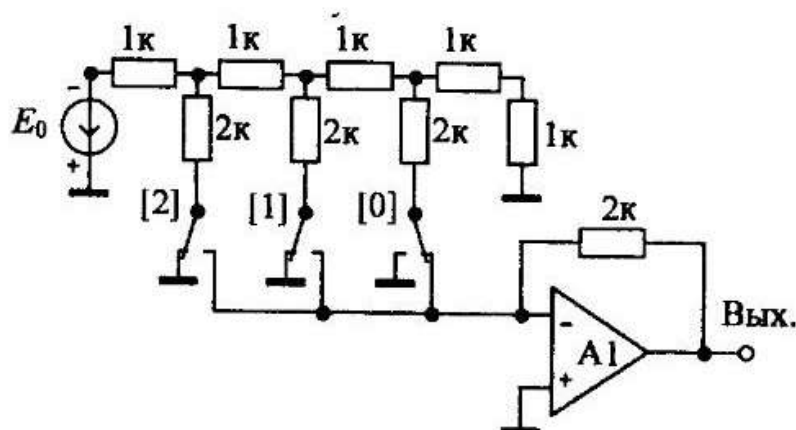


Рис. 1

Например, схема трехразрядного ЦАП показана на рис. 1. Три входных двоичных сигнала управляют переключателями 0, 1, 2. Положение переключателей, показанное на схеме, соответствует подаче на усилитель напряжения, соответствующего шагу квантования Δ . Сопротивление резистора (2 кОм) в цепи обратной связи операцион-

ного усилителя (ОУ) равно сопротивлению в поперечной ветви цепочки $R-2R$. Поэтому коэффициент передачи усилителя равен 1 и выходное напряжение ЦАП будет также равно шагу квантования Δ . Величина шага квантования зависит от опорного напряжения E_0 и от числа звеньев в цепочке $R-2R$. Шаг квантования равен $\Delta = 40\text{ мВ}$ для гр. 1 и $\Delta = 20\text{ мВ}$ для гр. 2. Рассчитать и установить опорное напряжение E_0 .

2. Подключая на выходе ЦАП осциллограф (или мультиметр) и коммутируя переключатели, измерить величину шага квантования Δ , и максимальную величину выходного напряжения ЦАП U_{max} . Проверить равенства $\Delta = \Delta_0$ и $U_{\text{max}} = (2^4 - 1)\Delta$ (гр. 1) или $U_{\text{max}} = (2^5 - 1)\Delta$ (гр. 2). Занести в таблицу увеличивающиеся по величине входные двоичные коды и соответствующие им выходные напряжения (измерить первые 5...6 значений, начиная с нулевого напряжения, и 2...3 значения меньших или равных U_{max}). Построить ступенчатый график зависимости выходного напряжения от входного кода (от 0 до U_{max}).

3. Для измерения быстродействия ЦАП включить в схему вместо идеального ОУ реальный ОУ, например, LM741 из библиотеки lm7xx. Установить все переключатели так, чтобы на вход ОУ напряжение не поступало. Заменить переключатель 0 на переключатель с задержкой времени (Time-Delay Switch), установив для последнего время включения состояния (Time on) 1,5...2 мкс и время выключенного состояния (Time off) 0,5 мкс. Измерить и зарисовать возникающий на выходе ЦАП искаженный импульс напряжения. Определить и записать длительность переднего фронта импульса. Эта длительность примерно равна основному динамическому параметру ЦАП — времени установления выходного напряжения $t_{\text{уст}}$. В исследуемой схеме время $t_{\text{уст}}$ в основном определяется быстродействием операционного усилителя.

4*. Исследовать влияние погрешности изготовления резисторов цепочки $R-2R$ и других элементов ЦАП на шаг квантования.

4.1*. Расчет методом Монте-Карло. Восстановить схему ЦАП: включить в схему обычный переключатель. Установить все переключатели схемы в положение, при котором на выходе ЦАП возникает наибольшее напряжение. Используя меню Analysis / Monte Carlo, получить статистику, описывающую разброс значений выходного напряжения. При этом число испытаний (Number of runs) установить не менее 10, разброс параметров элементов (Tolerance) задать равным 5%

(такая погрешность задается для элементов современной аппаратуры на интегральных микросхемах), выбрать гауссовское распределение и правильно указать номер выходного узла ЦАП. Расчет провести в режиме DC. Максимальное значение погрешности выходного напряжения определяет один из параметров ЦАП — абсолютную погрешность.

4.2*. Расчет на наихудший случай. Установить на выходе ЦАП напряжение, равное шагу квантования. Используя меню Analysis / Worst Case, получить наименьшее и наибольшее значение шага квантования. При этом разброс параметров элементов (Tolerance) задать равным 5%, выбрать расчет на максимум, а затем на минимум значения и правильно указать номер выходного узла ЦАП. Расчет провести в режиме DC. Разность между максимальной и минимальной величиной напряжения часто определяет другой параметр ЦАП — его дифференциальную нелинейность.

5*. Подключить параллельно резистору в цепи обратной связи ОУ конденсатор. В этом случае усилитель одновременно является фильтром низких частот (активный фильтр). Определить минимальную емкость конденсатора, при которой в выходном сигнале при изменении входного кода будут практически отсутствовать ступеньки напряжения.

6*. Заменяя каждый переключатель в схеме рис. 1 двумя переключателями, управляемыми напряжениями, составить новую схему ЦАП с управлением сигналами, поступающими от генератора логических уровней. Получить на выходе ЦАП пилообразное (треугольное) напряжение.

24. Аналого-цифровой преобразователь

1. Собрать схему простейшего параллельного двухразрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), показанную на рис. 1. Такие АЦП часто используются при обнаружении импульсных сигналов, так как для обнаружения такого сигнала большое число разрядов не требуется. В АЦП используются 3 компаратора (UCOMP) с включенными на их выходах повторителями логических сигналов, комбинационная схема — шифратор (CD), источник опорного напряжения E_0 , и три прецизионных резистора с сопротивлениями 1 кОм. Шифратор CD выполнен в виде подсхемы.

Шаг квантования равен $\Delta = 55\text{ мВ}$ для группы 1 и $\Delta = 45\text{ мВ}$ для группы 2. Шаг квантования в схеме устанавливается выбором опорного напряжения E_0 .

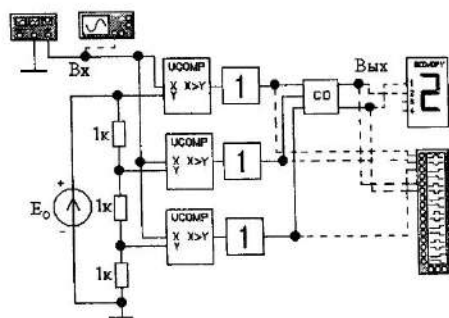


Рис 1

2. Шифратор CD с тремя входами и двумя выходами проектируется с помощью логического преобразователя (Logic Converter) программы EWB. Предварительно необходимо записать две логические функции для младшего и старшего разряда шины данных в совершенной нормальной дизъюнктивной форме. Логическое отрицание переменной вводится одновременным нажатием клавиш Shift и стрелка вправо. Логические функции после оптимизации необходимо конвертировать в схему шифратора. Выделяя входы и выходы шифратора, преобразовать его в подсхему и включить в состав АЦП.

3. Подключая к входу АЦП генератор треугольных импульсов с очень низкой частотой 0,1 Гц и амплитудой положительных импульсов, несколько превышающей E_0 (при этом параметры: Amplitude $> E_0/2$, Offset $> E_0/2$), убедиться в правильной работе АЦП, наблюдая последовательную смену показаний семисегментного индикатора, изменение логических уровней на выходе АЦП и согласованные изменения входного сигнала.

Примечание. По умолчанию в программе EWB установлено слишком большое значение параметра Input offset voltage компаратора, равное 0,7 В. При таком напряжении смещения компаратора АЦП работает неправильно. Для обеспечения правильной работы АЦП установите напряжение Input offset voltage компаратора равным нулю.

4. Включить на входе АЦП источник постоянного напряжения. Увеличивая (от нуля) напряжение на входе АЦП, получить зависимость кода на выходе от входного напряжения. Проверить величину шага квантования Δ и найти максимальное входное напряжение $U_{\text{max}} = (2^2 - 1)\Delta$ АЦП. Занести в таблицу увеличивающиеся по величине двоичные коды и соответствующие им входные напряжения. Построить ступенчатый график зависимости выходного кода от входного напряжения.

5*. Подключить на входе АЦП генератор гармонического сигнала с амплитудой, превышающей E_0 . Увеличивая частоту колебаний, получить сбои в работе АЦП. Найти частоты, при которых возникают сбои в показаниях семисегментного индикатора, сбои в выходных данных и сбои в работе компараторов. Оценить быстродействие АЦП.

Используя генератор положительных треугольных импульсов, оценить при какой скорости нарастания входного сигнала возникают сбои в работе АЦП.

Определить, какой из элементов АЦП вносит основной вклад в снижение его быстродействия.

Изменяя параметры повторителей (или шифратора), добиться того, чтобы повторители (шифратор) определяли быстродействие АЦП.

6*. Исключить из схемы АЦП повторители уровней. Что изменилось в работе схемы?

7*. Включить в схему АЦП вместо компараторов операционные усилители (ОУ). Добиться правильного функционирования схемы АЦП при использовании ОУ. Оценить быстродействие АЦП с ОУ.