

ЛИНЕЙНЫЙ ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЙ ИНТЕРПОЛЯТОР

С. И. Червонный

Харьков

Известны интерполяторы цифрового [1], аналогового [2, 3] и цифро-аналогового [4] типа. Выбор алгоритма работы интерполятора существенно влияет на возможную скорость и точность траектории условной «подвижной точки», а также на степень соответствия материальных затрат достигаемым эффектам.

Предлагаемый линейный цифро-аналоговый интерполятор может

быть применен в устройствах, в которых выходными величинами цифро-аналогового преобразования являются токи или напряжения и возможны высокие скорости перемещения «подвижной точки». К ним могут быть отнесены устройства электронно-лучевой сварки, электронно-ионной технологии изготовления микросхем, устройства отобра-

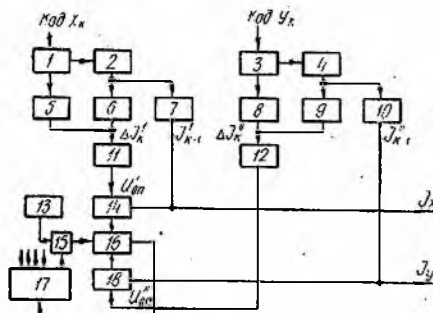


Рис. 1. Блок-схема линейного цифро-аналогового интерполятора:

1, 2 — регистры координат X; 3, 4 — регистры координат Y; 5, 7, 8, 10 — преобразователи код-ток; 6, 9 — преобразователи код-ток с противоположным направлением выходного тока; 11, 12 — аналоговые узлы для выработки опорного напряжения; 13 — генератор импульсов; 14, 18 — преобразователи код-ток с изменяемым опорным напряжением и двухполярными токовыми ключами; 15 — вентиль; 16 — двоичный счетчик; 17 — узел управления.

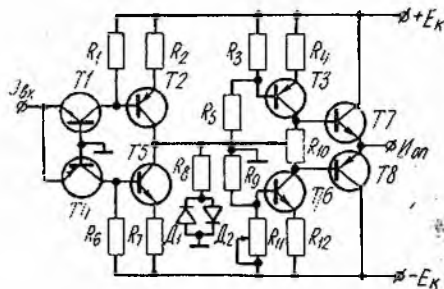


Рис. 2. Принципиальная схема аналогового узла (11, 12) для выработки опорного напряжения.

жения информации с электронно-лучевыми трубками и др.

Цифро-аналоговый интерполятор (рис. 1) содержит два узла для выделения приращений координат (блоки 1, 2, 5, 6 и 3, 4, 8, 9) в аналоговой форме, два узла (блоки 7, 10) для определения значений координат исходной опорной точки в аналоговой форме, два усилительных узла 11, 12 для получения опорных напряжений, пропорциональных приращениям координат, и узел интерполяции. В узел интерполяции входят импульсный генератор, импульсы которого через вентиль 15 могут поступать на вход двоичного счетчика 16, и преобразователи код-ток с изменяемым опорным напряжением и двухполярными токовыми ключами 14, 18. В узле интерполяции вырабатываются линейно изме-

няющиеся ступенчатые токи. Путем суммирования выходных токов преобразователей 7, 14 и 8, 10 вырабатываются аналоговые значения координат промежуточных точек, которые расположены на условной прямой линии, соединяющей исходную и конечную точки с координатами X_{k-1} , Y_{k-1} и X_k , Y_k .

В исходном состоянии коды в регистрах 1, 2 одинаковы и равны коду конечной опорной точки предыдущего цикла. Аналогично в регистрах 3, 4 содержится код Y_{k-1} . Узел управления 17 запрещает подачу сигналов генератора импульсов 13 на вход счетчика 16 и вырабатывает команду приема в регистры 1, 3 очередной пары кодов X_k и Y_k . После приема кодов вырабатываются токи приращений, пропорциональные $X_{k-1} - X_k$, $Y_{k-1} - Y_k$, и соответствующие опорные напряжения преобразователей 14, 18. Сигнал разрешения счета из устройства управления вызывает появление выходных сигналов тока

$$I_x = I'_{k-1} + \frac{I''_{k-1} - I'_k}{2^n - 1} \cdot c,$$

$$I_y = I''_{k-1} + \frac{I'_{k-1} - I''_k}{2^n - 1} \cdot c,$$

где I'_k , I''_k — токи, пропорциональные координатам X_k и Y_k конечной опорной точки соответственно;

I'_{k-1} , I''_{k-1} — токи, пропорциональные координатам X_{k-1} и Y_{k-1} исходной опорной точки соответственно;

n — число разрядов счетчика;

c — число, накопленное в счетнике.

По сигналу переполнения счетчика содержимое регистра 1 заносится в регистр 2. Аналогично содержимое регистра 3 заносится в регистр 4. Подача импульсов генератора 13 в счетчик до прихода кодов координат очередной опорной точки запрещается. При этом становятся равными нулю опорные напряжения преобразователей 14, 18 и на выходах интерполятора устанавливаются токи I'_k и I''_k .

Чтобы скорость «подвижной точки» была постоянной, достаточно при неизменной частоте генератора 13 выдерживать связь между значениями приращений координат опорных точек, выраженную соотношением

$$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \text{const.}$$

При выполнении такого соотношения траектория «подвижной точки» строится из отрезков одинаковой длины. Возможности интерполятора легко расширить, применив для построения траектории отрезки двух-трех фиксированных длин, пропорциональных степеням двойки. В этом случае потребуются дополнительные узлы для выполнения следующих операций:

а) прием от программного устройства кода, определяющего длину отрезка либо определение этого кода по значениям кодов координат;

б) использование признака длины отрезка для отключения соответствующего числа младших разрядов счетчика 16 и преобразователей 14, 18.

Интерполятор такого типа в отличие от многих типов цифровых и аналоговых устройств не имеет накапливающейся погрешности. Время перемещения «подвижной точки» в пределах интервала интерполяции может быть определено как

$$t = \frac{2^n}{f},$$

где f — частота следования импульсов генератора 13.

Уменьшение времени перемещения путем повышения частоты следования импульсов генератора ограничивается тем, что возрастают погрешность в токовых ключах преобразователей код—ток, вызываемая всплесками обратного тока при переключении диодов, и динамическая погрешность аналоговых узлов 11, 12, величина которой еще более существенна. Узлы 11, 12 могут быть выполнены по принципиальной схеме (рис. 2).

Схема содержит двухполярный управляемый источник тока с выходным током, пропорциональным входному. К выходу источника тока, собранного на транзисторах $T1, T2, T4, T5$, подключено последовательное соединение сопротивления $R8$ с диодами $D1, D2$, предназначенными для компенсации погрешностей, которые возникают в преобразователях код—ток при снижении опорного напряжения. Напряжение с выхода источника тока подключено ко входу эмиттерного повторителя, выполненного на транзисторах $T7, T8$ с цепями смещения $R10, T3, T6$, обеспечивающими необходимое постоянство входного и выходного сопротивлений повторителя при изменении входного напряжения.

Погрешности, возникающие в узлах 11, 12, 14, 18, лишают смысла увеличение числа разрядов счетчика 16 выше шести—семи, что соответствует максимальному числу шагов на интервале интерполяции, равному 64 или 128.

Макет цифро-аналогового интерполятора, построенный по изложенному способу, работал удовлетворительно. Использовался пятиразрядный счетчик, частота генератора составляла 200 кГц, аналоговые узлы были выполнены на транзисторах МП38А и МП39Б.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. К а р и б с к и й, А. В. Ч е р н ы ш е в. Цифровые интерполяторы для систем программного управления. ЦИТИ «Приборэлектронпром», М., 1962.
2. Strong G. D. A Practical Approach to Analog Computers. Instruments and Automation. April 1955, vol. 28.
3. А. Г. Д у б к о в с к а я. Интерполирующее устройство для системы программного управления фрезерным станком. «Станки и инструмент», 1959, № 6.
4. Smidt G. D. and oth. A Digital Analog Pulse Amplitude Interpolation Computer. «Proc. Nat. Electronics Conf.», v. 16. Chicago, 1960.