

2. С. В. Новиков, В. А. Самсоненко, Л. П. Елисеев. Синтезаторы для формирования сетки частот с высокой надежностью.—Труды СЗПИ, № 23. Л., 1972, с. 36—38.
3. В. С. Котов. Синтезаторы частоты, основанные на сложении импульсных последовательностей.—«Радиотехника», т. 26, № 5, с. 64—68.

*Поступила в редакцию
15 апреля 1975 г.;
окончательный вариант —
6 июля 1975 г.*

УДК 681.325.5

**И. Ц. ГРОСС, В. В. ЕФРЕМОВ, Л. К. ЗОЛОТКОВ,
Ю. К. РОМАНОВ, А. С. ЧАБАН**

(Львов)

УСТРОЙСТВО ДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА НА ЧИСЛО

Для преобразования сигналов из аналоговой в дискретную форму представления применяются аналого-цифровые преобразователи (АЦП). При этом АЦП вносит погрешность, значительный вес которой приходится на мультипликативную составляющую. Один из наиболее эффективных способов ее устранения — применение операции деления [1], когда происходит соотношение кода получаемой при преобразовании измеряемой величины X с кодом опорной величины X_0 . При этом результат записывается в виде

$$Y_{\text{отн}} = [X_i K(1+\gamma)] : [X_0 K(1+\gamma)] = X_i / X_0, \quad (1)$$

где γ — мультипликативная погрешность, K — крутизна преобразования. Таким образом, устройство деления в сочетании с АЦП может служить для устранения мультипликативной составляющей погрешности. Реализация операции деления в измерительном приборе требует аппаратных затрат, которые могут составить значительную долю. Этим объясняется то, что при реализации мультипликативных методов повышения точности стремятся избегать операции прямого деления числа на число. Существует алгоритм деления, дающий возможность свести основное оборудование устройства деления к двум счетчикам [2].

Пусть требуется получить частное P от деления числа X на число y в форме

$$P = N(x/y), \quad (2)$$

где N — постоянный множитель.

Представим делитель в форме

$$y = y_0 \pm y', \quad (3)$$

где y_0 — некоторое постоянное число. Выберем $y_0 = N$, тогда выражение (2) можно представить в виде

$$P = x \pm P(y'/N). \quad (4)$$

Здесь $y' = \pm(N - y)$.

В случае сложения в (4) число y' является дополнением до N и диапазон чисел делимого y лежит в пределах $1 - N$, а в случае вычитания — в пределах $N - 2N$. Второе слагаемое в выражении (4) реализуется известным двоичным умножителем емкостью N , если в регистре памяти устанавливать y' , а на вход подавать последовательность импульсов P . Дополнив двоичный умножитель сумматором (вычитателем) для суммирования (вычитания) числа импульсов последовательности x

с числом импульсов последовательности с выхода двоичного умножителя и подключив выход сумматора (вычитателя) ко входу двоичного умножителя, получим устройство деления, реализующее алгоритм по выражению (4).

На рисунке изображено устройство деления, являющееся наиболее простым из известных устройств, состоящее из двух n -разрядных счетчиков, импульсно-потенциальных вентилей и схемы сборки. Выход схемы сборки соединен со входом одного из счетчиков. Выходы каждого триггера счетчиков соединены со входами импульсно-потенциальных элементов, а выходы этих элементов связаны со входами схемы сборки. Вход 1 схемы сборки — вход делимого. В счетчике Э1...Э n установка счетчика У1...У n и подадим на вход 2 счетчика Э1...Э n последовательность импульсов. На выходе схемы сборки получим число импульсов

$$z = z_1 + z_2 + \dots + z_{n-1} + z_n,$$

где

$$z_1 = (y/2^1)P_n; z_2 = (y/2^2)P_{n-1} \dots z_{n-1} = (y/2^{n-1})P_2; z_n = (y/2^n)P_1.$$

Отсюда

$$z = y/2^n (P_n 2^{n-1} + P_{n-1} 2^{n-2} + \dots + P_2 2^1 + P_1 2^0),$$

где P_i равно 0 или 1. С разомкнутой обратной связью устройство работает как двоичный умножитель [3]. Если замкнуть выход схемы сборки со входом счетчика У1...У n и подавать на схему сборки число импульсов x , соответствующее делимому, а в счетчике Э1...Э n записать число y , то получим $x+z=P$; $(x+y/2^n)P=P$. Отсюда $P(1-y/2^n)=x$; $P=2^n x/(2^n-y)$.

Перед началом подачи x освобождаем счетчик У1...У n и число P в режиме деления становится переменным. Таким образом, в счетчике У1...У n получается частное от деления x на дополнительный код числа y . Обозначая $2^n-y=y'$

и введя в счетчик Э1...Э n число $2^n-y'$, в результате деления получим $P=2^n(x/y)$. Если вместо схемы сборки использовать схему вычитания, то

$$z-x=P;$$

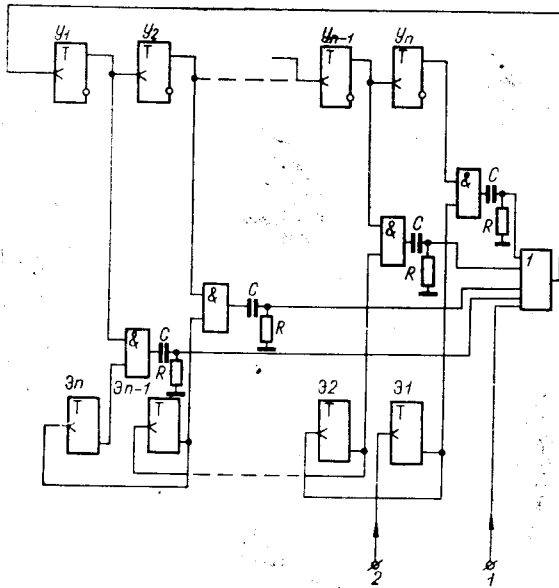
$$(y/2^n)P-x=P;$$

$$P=2^n x/(y+2^n).$$

Быстродействие устройства характеризуется минимальным периодом следования импульсов делимого, который находится из соотношения

$$T_{\min} \geq (t+t_3)2^n,$$

где t — длительность им-



пульсов последовательности z ; t_3 — время задержки, требуемое для исключения перекрытия импульсов последовательности z .

Длительность импульсов последовательности z определяется быстродействием применяемых элементов (для элементов серии 217: $t \leq \leq 0,5$ мкс). Задержка импульсов может осуществляться с помощью нескольких инверторов, включенных последовательно (на рисунке не показано).

Точность данного устройства при стробировании поступающей информации до входа схемы сборки (вычитания) определяется только точностью задания делимого и делителя, т. е. разрядностью счетчиков. Для автоматической калибровки АЦП путем деления кода преобразуемой величины на код, соответствующий эталонному значению, описанное устройство желательно применять совместно с время-импульсными и частотными преобразователями. Получаемая относительная величина является результатом преобразования без мультипликативной составляющей погрешности и может использоваться для дальнейшей обработки и анализа измеряемой величины. Введя промежуточное устройство для преобразования позиционного кода в число-импульсный, можно использовать его совместно с другими типами АЦП.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. П. Орнатский. Автоматические измерения и приборы. Киев, «Высшая школа», 1973.
2. М. К. Золотков. Устройство для деления чисел.— Авт. свид-во № 484519, Бюл. изобрет., 1975, № 34.
3. В. В. Костырев, Ю. С. Плискин, В. М. Разумихин, Ю. С. Сучков, А. А. Хризолитов. Функциональные узлы дискретных преобразователей частоты.— В кн.: Регистрирующая аппаратура для вибрационно-частотных датчиков. Ч. II. М., ОНТИПРИБОР, 1967.

*Поступила в редакцию
25 января 1975 г.;
окончательный вариант —
25 апреля 1975 г.*

УДК 681.325.53

Ю. А. ИВАНОВ, В. Г. ЧУЛОШНИКОВ

(Ленинград)

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДВОИЧНОГО КОДА УГЛА ПОВОРОТА ВАЛА В ДВОИЧНО-ДЕСЯТИЧНЫЙ КОД ГРАДУСОВ И МИНУТ

При автоматизации производственных процессов возникает необходимость разработки устройств, обеспечивающих автоматический перевод чисел из одной системы счисления в другую. Для решения поставленной задачи можно выделить два варианта построения преобразователей. По первому варианту преобразование предполагается проводить с помощью дешифраторов, но в этом случае устройства обладают существенными недостатками: они громоздки и неэкономичны. Преобразование по второму варианту осуществляется в два этапа. Вначале код числа преобразуется в последовательность импульсов. Затем эта последовательность подсчитывается счетчиком, включенным на выходе масштабирующего устройства. Таким может быть, например, частотно-импульсное управляющее устройство или реверсивный счетчик. К по-