

Л. С. СИТНИКОВ, Л. Л. УТЯКОВ

(Киев)

СЧЕТЧИКОВЫЕ СТРУКТУРЫ С ФАЗОИМПУЛЬСНЫМ КОДИРОВАНИЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

К основным путям улучшения технико-экономических параметров радиоэлектронной аппаратуры можно отнести, во-первых, развитие новых направлений в конструировании и технологии ее изготовления (микроэлектроника) и, во-вторых, совершенствование структурной организации на самых различных уровнях — от больших систем (системотехника) до электрических схем отдельных функциональных узлов типа триггера, сумматора, счетчика (схемотехника).

Примером эффективного применения достижений схемотехники в цифровой измерительной аппаратуре может служить направление, заключающееся в разработке цифровых узлов приборов на основе многоустойчивых элементов с фазоимпульсным представлением десятичной информации.

В настоящее время это направление достаточно широко известно [1—3], а его эффективность подтверждена промышленным выпуском ряда приборов, основные технико-экономические показатели которых улучшены в 2—3 раза введением фазоимпульсного режима работы.

Однако достаточно очевидно, что наибольший эффект может быть обеспечен только при совместном использовании достижений микроэлектроники и схемотехники. В данном случае этого можно достичь, по-видимому, либо переводом фазоимпульсных многоустойчивых элементов на микроэлектронную основу, либо использованием фазоимпульсного принципа представления информации на основе существующих двоичных интегральных схем. В настоящее время успешно развиваются оба указанных направления.

В статье показываются преимущества фазоимпульсного представления информации в счетных декадах на серийных интегральных схемах (ИС), а также целесообразность его использования при разработке специализированных модулей счетных декад.

Основной частью цифровых измерительных приборов частотно-временной группы (частотомеры, интеграторы числа импульсов, измерители и задатчики временных интервалов, вольтметры и многочисленные измерители электрических и неэлектрических параметров с преобразованием в частоту или время) является счетчик импульсов с блоком индикации. В наиболее распространенном варианте триггерного счетчика с двоично-десятичным кодированием триггеры объединяются в группы

по четыре и охватываются дополнительными связями, обеспечивающими десятичный коэффициент пересчета. Полученные таким образом декады соединяются последовательно, образуя собственно счетчик, а кодовые выходы каждой декады через дешифратор и выходные формирователи подключаются к цифровым индикаторам.

В варианте десятичного счетчика с фазоимпульсным кодированием (рис. 1) применены такие же триггерные декады, но для вывода на индикацию не нужен дешифратор, а вместо десяти выходных формирователей используется только один.

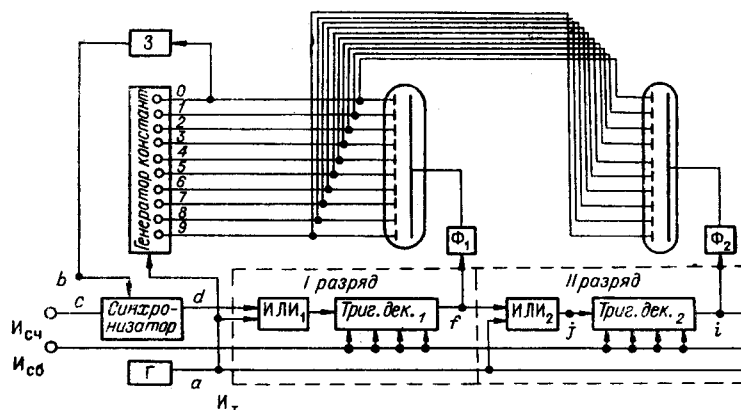


Рис. 1.

Генератор тактовых импульсов и генератор констант являются общими для всех декад. В качестве генератора констант может быть использована триггерная декада с дешифратором, обеспечивающая выдачу на каждом из десяти выходов образцовой последовательности импульсов соответствующей фазовой константы (от 0 до 9).

Для нормальной работы многоразрядного счетчика необходимо, чтобы в процессе счета в момент перехода каждой предыдущей декады из конечного состояния в начальное на последующую декаду поступал импульс переноса. В обычных счетчиках импульс на выходе декады появляется только в момент перехода декады из конечного состояния в начальное в результате воздействия очередного счетного импульса. Этот импульс используется в качестве сигнала переноса.

При фазоимпульсном кодировании на выходе каждой декады всегда имеются импульсы той или иной фазы, даже при отсутствии счетных импульсов на ее входе [1]. Следовательно, выходные импульсы одноразрядного счетчика не могут быть использованы непосредственно в качестве сигналов переноса на следующую декаду.

На рис. 2 представлены временные диаграммы напряжений в точках блок-схемы рис. 1, обозначенных соответствующими буквами латинского алфавита (k — шкала состояний, e, h — условные уровни от 0 до 9, указывающие количество счетных $I_{сч}$ и тактовых I_T импульсов (по модулю 10), поступивших на входы первой и второй декад соответственно).

Рассмотрим работу счетчика в режиме, когда счетные импульсы на его входе c отсутствуют. Импульсы с выхода a генератора Γ через схемы ИЛИ постулают на все декады счетчика.

Для того чтобы фазовые состояния декад не менялись под воздействием тактовых импульсов, на вход каждой из них должно поступать

такое же количество импульсов, что и на вход генератора фазовых констант. При отсутствии счетных импульсов это условие выполняется, несмотря на то, что на входы первой декады и генератора констант поступают только тактовые импульсы, а на вход каждой последующей декады через соответствующую схему ИЛИ, кроме тактовых, поступают выходные импульсы предыдущей декады. Из временных диаграмм видно, что благодаря совпадению во времени на схеме ИЛИ₂ два импульса сливаются и на вход второй декады они поступают как один импульс. То же самое происходит на входах всех остальных декад.

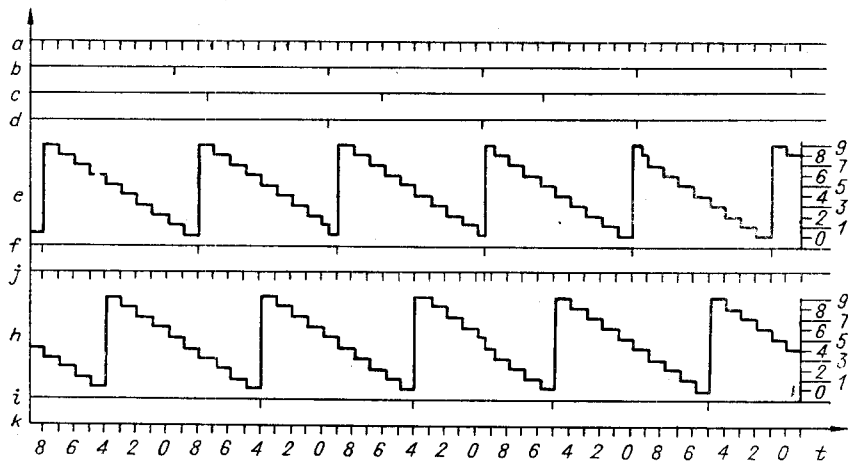


Рис. 2.

Таким образом, несмотря на наличие связей между декадами, при отсутствии счетных импульсов на вход каждой из них действуют только тактовые импульсы, а сигналы переноса отсутствуют. В результате этого обеспечивается режим хранения информации, представленной фазой выходных импульсов каждой декады относительно опорной последовательности 0.

Счетные импульсы «привязываются» синхронизатором к задержанным импульсам опорной последовательности, поступающим с выхода 0 генератора констант через схему задержки З. Этим исключаются сбои в случае, когда счетный импульс приходит одновременно с очередным тактовым.

Импульс с выхода синхронизатора через схему ИЛИ₁ поступает на вход первой декады, изменяя на единицу ее состояние (см. e, f на рис. 2).

Выделение сигналов переноса достигается методом фазовой селекции: каждый десятый импульс счета вызывает появление импульса на выходе первой декады счетчика, не совпадающего ни с одним из тактовых, что обеспечивает перевод последующей декады в соседнее состояние.

Индикация состояния счетчика осуществляется путем сравнения фазы выходных импульсов каждого разряда с серией образцовых последовательностей импульсов, снимаемых с генератора констант. Выходные импульсы разрядов и образцовые импульсы с генератора констант после усиления высоковольтными формирователями поступают на электроды цифровых газоразрядных индикаторов. При совпадении во времени импульсов на электродах в соответствующем газовом промежутке возни-

кает разряд и свечение одной из цифр свидетельствует о состоянии индицируемой декады.

Очевидно, что быстродействие описанного счетчика снижается из-за воздействия на входы триггерных декад тактовых импульсов I_T . На рис. 3 представлена блок-схема счетчика, быстродействие которого ограничено только разрешающей способностью первой декады. Здесь $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ — преобразователи потенциального двоично-десятичного кода в фазоимпульсный. В зависимости от состояния каждой декады

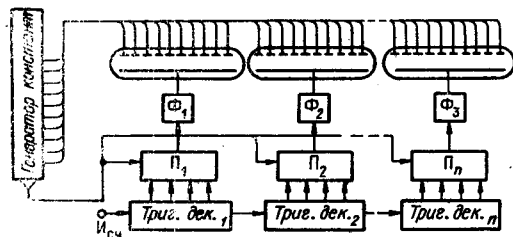


Рис. 3.

импульсы на выходе соответствующего преобразователя различаются сдвигом во времени относительно импульсов опорной последовательности с нулевого выхода генератора чисел. Несколько вариантов преобразователя кодов достаточно подробно описаны в [3]. Во всех вариантах для индикации состояния декады требуется только один высоковольтный формирователь.

Использование фазоимпульсного принципа представления информации при реализации ряда схем на существующих интегральных схемах позволяет уже сейчас получить значительный экономический эффект, в первую очередь в устройствах, имеющих выход на цифровую индикацию и цифropечатающие механизмы. Структура устройств упрощается. Во-первых, отпадает необходимость в разрядных дешифраторах, преобразующих двоично-десятичный код триггерных декад в десятичный пространственный код цифровых устройств индикации и печати. Во-вторых, благодаря фазоимпульсному принципу записи чисел исключаются семь (из восьми) ключевых схем на входах четырех триггеров декады.

В табл. 1 приведены сравнительные технические характеристики выпускаемой в настоящее время фирмой «Маркони» триггерной двоично-десятичной декады А5-TNS, в которой используются интегральные схемы ST620, ST616A, ST680A, и декады, работающей в фазоимпульсном коде, построенной на отечественных интегральных схемах серии ДЗ372. Кроме того, приведены аналогичные характеристики двоично-десятичной и фазоимпульсной декад на основе гибридных схем серии «Тропа».

Как видно из таблицы, введение фазоимпульсного режима работы триггерной декады позволяет в 2—3 раза улучшить все технические ха-

Таблица 1

Сравнительные технические характеристики декад	Декада фирмы «Маркони»	Фазоимпульсная декада (ДЗ372)	Двоично-десятичная декада («Тропа»)	Фазоимпульсная декада («Тропа»)
Число деталей	46	17	68	25
в том числе:				
навесных транзисторов	12	2	11	2
интегральных схем	11	4	13	8
Потребляемая мощность, <i>вт</i>	0,2	0,1	0,25	0,12
Объем, <i>см³</i>	106	50	120	80
Вес, <i>г</i>	70	30	65	42
Число паянных контактов	275	78	292	135
Надежность (в относительных единицах)	0,9	3,2	0,85	1,8

рактические, включая число деталей, потребляемую мощность, габариты и надежность.

Двоично-десятичная декада на 1МДЗ содержит четыре триггера (восемь ИС), классический дешифратор (четыре ИС) и модуль логической обратной связи (одна ИС). Фазоимпульсная декада включает только четыре триггера и не требует дешифратора. Высоковольтные формирователи в обоих вариантах выполнены на навесных транзисторах (10 шт. в двоично-десятичном варианте, 2 шт. — в фазоимпульсном).

Кроме декад рассмотренного вида, в измерительной технике применяются также более сложные декады, включающие индикационный регистр памяти; применение таких схем позволяет совместить режим измерения с режимом индикации предыдущего результата и тем самым значительно сократить цикл измерения приборов частотно-временной группы.

Технические характеристики таких декад сведены в табл. 2. В первой графе приведены данные декады AP-82 7399-760 фирмы «Grundig» ФРГ, в которой используется интегральная схема SN7490N фирмы «Texas Instr.», представляющая собой счетную триггерную декаду, собранную в одном модуле. Во второй графе таблицы даны характеристики счетной декады с дополнительным запоминающим регистром в фазоимпульсном режиме. В последующих графах представлены данные декад на отечественных интегральных схемах серии «Тропа», работающих в двоично-десятичном и фазоимпульсном кодах.

Из табл. 2 следует, что преимущества фазоимпульсного представления существенно возрастают в более сложных декадах. То же самое справедливо и относительно числа декад в счетчике: предложенные решения нецелесообразны в 2—3-разрядных приборах и обеспечивают выигрыш оборудования (начиная с 4-го разряда) тем больший, чем выше разрядность прибора.

Таблица 2

Сравнительные технические характеристики декад	Декада фирмы ФРГ	Фазоимпульсная декада (SN7490N)	Двоично-десятичная декада («Тропа»)	Фазоимпульсная декада («Тропа»)
Число деталей	91	29	76	43
в том числе:				
транзисторов	25	4	11	4
интегральных схем	1	2	21	16
Потребляемая мощность, вт	0,4	0,1	0,35	0,25
Объем, см ³	140	50	170	120
Вес, г	75	25	85	65
Число паянных контактов	248	86	384	192
Надежность (в относительных единицах)	1	2,9	0,65	1,3

Достижения в области интеграции радиосхем выдвинули в разряд первоочередных задачу минимизации функциональных связей и межсхемных соединений. Это обусловлено прежде всего тем, что надежность узлов на ИС в отличие от узлов на дискретных компонентах мало зависит от их сложности и определяется в основном качеством сборки и количеством межсхемных соединений. Известно, что количество внешних выводов в корпусах, используемых для упаковки ИС, ограничено технологическими соображениями. Этот фактор является ограничивающим при конструировании модулей на ИС и, в первую очередь, со структурой МОП.

Так, например, американская фирма «Texas Instr.» выпускает серийно модуль счетчика типа SN7490N, в котором число выводов сокращено за счет того, что индикацию состояния декады осуществляют по четырем, а не по восьми плечам триггеров. Это приводит к значительному усложнению схемы дешифратора, поскольку возникает необходимость в дополнительных инверторах, но зато обеспечивает уменьшение числа выводов на четыре как в модуле декадного счетчика, так и в модуле дешифратора (SN7441N).

Фазоимпульсный режим работы триггерных декад дает возможность существенно уменьшить количество связей между модулями, поскольку позволяет судить о состоянии каждой декады по фазе импульсов на единственном выходе и осуществлять запись в декаду по одному входу. Соответственно в одном 16-штырьковом корпусе можно разместить (если исходить из того, что ограничения определяются числом выводов) до десяти декад счетчика прямого или реверсивного счета и до пяти-шести декад регистра или счетчика с предустановкой. При потенциальном кодировании в одном 16-штырьковом корпусе принципиально невозможно разместить более одной декады регистра или счетчика с предустановкой.

К настоящему времени освоен серийный выпуск ИС декад, предназначенных только для прямого счета. Между тем, перевод триггерных декад в фазоимпульсный режим позволяет использовать их для построения как реверсивных, так и предустанавливаемых счетчиков, поскольку при фазоимпульсном режиме прямой счет достигается добавлением счетных импульсов к тактовым, а обратный счет — запретом тактовых импульсов импульсами обратного счета. Операция предустановки может быть осуществлена подачей на вход сброса декады импульса соответствующей фазы.

В заключение необходимо отметить целесообразность разработки интегрального модуля фазоимпульсной триггерной счетной декады, а также перспективность применения фазоимпульсного многопозиционного кодирования не только в счетчиковых, но и в запоминающих и логических структурах. В настоящее время разработана функционально полная система фазоимпульсных логических элементов, осуществляемых на серийно выпускаемых ИС.

ВЫВОДЫ

Использование фазоимпульсного принципа представления информации на базе существующих интегральных схем позволяет уже сейчас улучшить основные технико-экономические характеристики (надежность, стоимость, потребляемую мощность, степень интеграции) счетчиковых структур. В дальнейшем целесообразна разработка законченного интегрального модуля фазоимпульсной триггерной счетной декады.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Кудельский, Л. С. Ситников, С. Е. Токовенко, Л. Л. Утяков. Экономичный декадный счетчик импульсов Ф568.— ПНТПО, № 4-67-745/39. М., ГОСИНТИ, 1967.
2. L. S. Sitnikov, L. L. Utiakov. Denär arbeitende Zählgeräte.— Elektronik, 1968, № 10.
3. В. С. Куземко, Л. С. Ситников, С. Е. Токовенко. Динамическая индикация в цифровых измерительных приборах.— Автометрия, 1969, № 2.

*Поступила в редакцию
10 октября 1969 г.,
окончательный вариант —
19 декабря 1969 г.*