

В. С. КУЗЕМКО,  
Л. С. СИТНИКОВ, С. Е. ТОКОВЕНКО  
(Киев)

### ДИНАМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ В ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

В современных цифровых измерительных приборах устройства для вывода информации занимают порядка 20—30% оборудования, веса, стоимости и габаритов. В связи с явно выраженной тенденцией к улучшению основных технико-экономических параметров приборов, в частности, путем использования микроминиатюризации весьма актуальной становится задача создания простых и экономичных устройств цифровой индикации. Однако использование широко распространенных статических принципов индикации затрудняет решение указанной задачи, что обусловлено наличием сложного дешифратора и выходных формирователей. Так, например, законченная счетная декада с индикацией известной приборостроительной фирмы «Рошар» (Франция), рекламируемая как полностью твердотельная, в действительности содержит четыре интегральных триггера и около семидесяти навесных компонентов дешифратора и выходных формирователей. В результате обеспечивается лишь трехкратный выигрыш в габаритах и весе.

Указанные ограничения явились одной из причин повышенного интереса к разнообразным динамическим методам вывода информации, в частности для визуальной цифровой индикации.

К настоящему времени наиболее полно динамические методы индикации разработаны в применении к фазоимпульсным многустойчивым элементам, информация в которых представлена временным сдвигом (фазой) выходных импульсов относительно импульсов опорной последовательности [1—3].

В применении к триггерным счетным декадам наиболее очевидным методом динамической индикации является метод досчета [4], при котором по окончании процесса счета (измерения) счетные декады переводятся в режим индикации. При этом на входы всех декад одновременно поступают импульсы досчета, а сигналы переноса с выходов декад после соответствующего формирования подаются на аноды газоразрядных индикаторов. Одноименные катоды ламп соединены параллельно и подключены к соответствующим выходам электронного коммутатора, последовательно во времени возбуждающего цифровые катоды. При совпадении во времени импульса на аноде лампы с импульсом на одном из катодов загорается соответствующая цифра, индицируя состояние счетной декады.

В режиме индикации связи между декадами разрываются. Количество импульсов досчета, поступающих на входы декад и электронного коммутатора, для сохранения информации в каждой декаде должно быть кратным десяти.

Существенным недостатком описанного метода динамической индикации является необходимость разделения во времени режима счета и режима индикации, что не позволяет использовать его в интегрирующих счетчиках, быстродействующих преобразователях и т. п.

В данной работе рассматривается метод динамической индикации состояний триггерных декад, основанный на преобразовании потенциального двоично-десятичного представления информации в десятичное фазоимпульсное и позволяющий совместить режимы счета и индикации. Блок-схема и временные диаграммы работы устройства динамической индикации представлены на рис. 1, а, б.

Устройство включает газоразрядные индикаторные лампы, генератор таких импульсов ГТ, генератор чисел ГЧ, анодные высоковольтные формирователи Ф и преобразователи потенциального двоично-де-

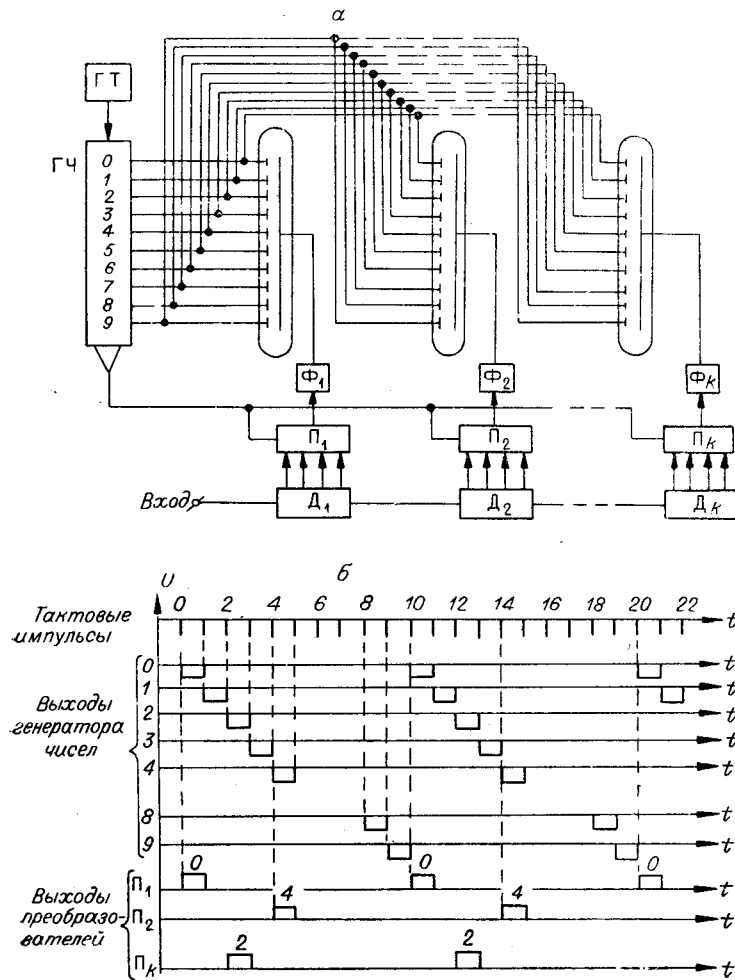


Рис. 1.

сятичного кода в фазоимпульсный  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_k$ . В зависимости от состояния каждой декады импульсы на выходе соответствующего преобразователя различаются сдвигом во времени относительно импульсов опорной последовательности с нулевого выхода генератора чисел. Так, если в декаде было записано число «4», то импульсы на выходе преобразователя этой декады запаздывают на 4 такта относительно нулевых (см. рис. 1, б) и т. д. Дешифратор фазоимпульсного кода состоит из генератора чисел и десяти схем совпадения на каждую декаду. В рассмотренном случае схемы совпадения выполнены непосредственно на цифровых газоразрядных индикаторных лампах. В качестве генератора чисел используется электронный коммутатор на 10 выходов, например триггерная пересчетная декада с дешифратором и высоковольтными формирователями. Одноименные катоды цифровых индикаторных ламп соединены параллельно и подключены к соответствующим выходам генератора чисел. Аноды ламп через высоковольтные формирователи подключены к выходам преобразователей каждого разряда.

Тактовые импульсы поступают на генератор чисел, на каждом из выходов которого появляется последовательность импульсов, сдвинутая во времени на один период тактовой частоты относительно импульсов с соседнего выхода (см. рис. 1, б). Если принять последовательность на одном из выходов за опорную, или нулевую, то последовательности на других выходах генератора чисел будут представлять в фазоимпульсном коде числа 1, 2, . . . , 8, 9. Как было показано выше, временной сдвиг импульсов на выходе каждого преобразователя относительно импульсов с нулевого выхода генератора чисел несет информацию о состоянии соответствующей триггерной декады. Очевидно, что если декада находится в состоянии «4», то упомянутые импульсы будут совпадать во времени с импульсами на четвертом выходе генератора чисел. Таким образом, на анод и четвертый катод цифровой газоразрядной лампы одновременно поступают высоковольтные импульсы, зажигая разряд в газовом промежутке «анод — четвертый катод». Амплитуда импульсов выбирается такой, чтобы она не превышала напряжения горения лампы; в то же время сумма амплитуд двух импульсов должна быть больше напряжения зажигания лампы. Для исключения ложного подсвета цифр длительность импульсов не должна превышать длительности промежутка между тактовыми импульсами.

В качестве преобразователя потенциального двоично-десятичного кода в фазоимпульсный можно использовать классический диодный дешифратор (рис. 2). Дополнительные входы схем совпадения 0—9 дешифратора подключены к одноименным выходам генератора чисел, а их выходы — к схеме объединения 10.

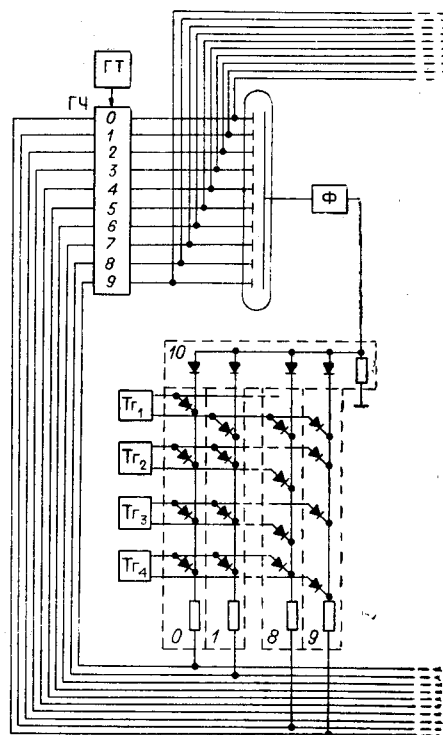


Рис. 2.

Предположим, что в процессе счета триггеры  $T_{Г1}—T_{Г4}$  одной из декад (связи между триггерами не показаны) установились в положение 0000, что соответствует нулевому состоянию декады. В этом случае потенциальное разрешение с триггеров декады поступает только на входы 0 диодной схемы совпадения 0. На второй вход схемы совпадения 0 поступают импульсы с нулевого выхода генератора чисел. Поскольку остальные схемы совпадения рассчитаны на другие кодовые комбинации, то очевидно, что при положении триггеров 0000 на выходе схемы объединения 10 появятся только импульсы нулевой последовательности. С выхода схемы объединения 10 импульсы подаются через высоковольтный формирователь на анод индикаторной лампы. Следует отметить, что формирования импульсов по длительности такая схема не требует, так как со стороны триггеров поступает потенциальное разрешение, а длительность импульсов на выходах генератора чисел определяется частотой тактовых импульсов.

Используя двоично-кодированные константы с генератора чисел (опорной декады), можно значительно упростить преобразователь кодов. Действительно, на выходах триггеров такого генератора чисел последовательно появляются кодовые комбинации, соответствующие всем возможным состояниям пересчетных декад. Фиксируя момент равенства кодовых комбинаций опорной и пересчетных декад, получим в фазоимпульсном коде информацию о состоянии пересчетных декад. Блок-схема такого преобразователя представлена на рис. 3, а. Сигналы с триггеров генератора чисел поступают на схему сравнения кодов С, а на другие входы схемы сравнения кодов поступают сигналы с триггеров пересчетной декады.

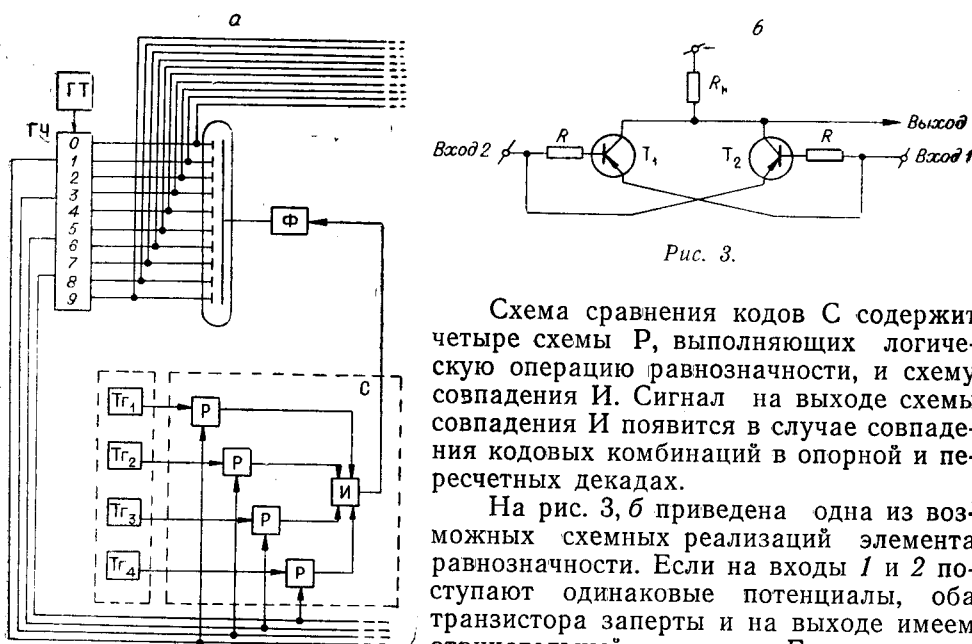


Рис. 3.

Схема сравнения кодов С содержит четыре схемы Р, выполняющих логическую операцию равнозначности, и схему совпадения И. Сигнал на выходе схемы совпадения И появится в случае совпадения кодовых комбинаций в опорной и пересчетных декадах.

На рис. 3, б приведена одна из возможных схемных реализаций элемента равнозначности. Если на входы 1 и 2 поступают одинаковые потенциалы, оба транзистора заперты и на выходе имеем отрицательный потенциал. Если же входные сигналы имеют разные уровни, один

из транзисторов откроется и на выходе появится положительный потенциал. Очевидно, что выделение момента совпадения отрицательных сигналов на выходах всех схем равнозначности можно осуществить путем подсоединения всех коллекторов транзисторов к общей нагрузке  $R_k$ .

Необходимо учитывать, что допустимое обратное напряжение  $U_{эб}$  для транзисторов, используемых в схеме равнозначности, должно быть большим или равным  $E_k$ .

Достаточно простой преобразователь потенциального двоичного кода в фазоимпульсный можно построить по схеме код — аналог — код. Схема такого преобразователя представлена на рис. 4, а, где  $D_1$  —  $D_2$  — пересчетные декады, преобразователь код — аналог выполнен на сопротивлениях  $R_1$  —  $R_5$ . Компараторы  $K_1$ ,  $K_2$  выполняют задачу преобразования аналогового напряжения в фазоимпульсный код путем

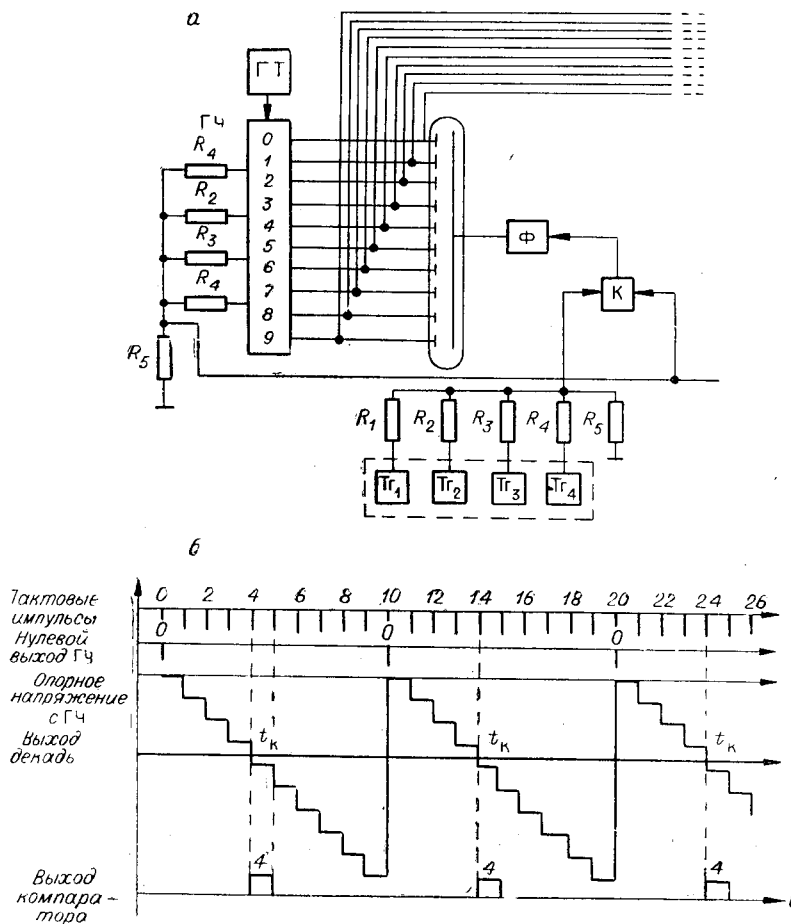


Рис. 4.

сравнения его с опорным ступенчатым напряжением. Величина напряжения на  $R_5$  определяется кодовой комбинацией в пересчетной декаде; это соответствие устанавливается выбором величин весовых сопротивлений  $R_1$  —  $R_5$ . Эталонное напряжение ступенчатой формы вырабатывается генератором чисел. Так как моменты приращения опорного ступенчатого напряжения будут соответствовать константам 0, 1, 2, ..., 9 в фазоимпульсном коде (см. рис. 4, б), то момент сравнения  $t_k$  опорного ступенчатого напряжения с выходным напряжением код — аналог однозначно определяет состояние триггерной декады в фазоимпульсном

коде. С выхода компаратора через высоковольтный формирователь импульсы поступают на анод газоразрядной лампы.

Основным достоинством описанных схем динамической индикации является значительная экономия оборудования. Так, для индикации декады требуется только один высоковольтный формирователь. Генератор тактовых импульсов и генератор чисел являются общими для всех декад. Нетрудно заметить, что расход деталей на индикацию одного разряда уменьшается с возрастанием количества разрядов.

Для сравнения укажем, что при индикации триггерных декад обычными методами требуется 12—17 транзисторов [5]. В то же время для индикации одной декады по схеме, указанной на рис. 2, требуется (с учетом генератора чисел) 4 транзистора. Гораздо проще получается дешифратор и все устройство в целом при индикации по методу сравнения кодов на схемах логической равнозначности (см. рис. 3). В этом случае для индикации одной декады требуется 2 высоковольтных транзистора. Преобразователи кодов на диодном дешифраторе, а также на схемах равнозначности могут быть реализованы, как и триггеры декад, в твердотельном исполнении. При использовании навесных деталей наиболее целесообразно применять третью схему (см. рис. 4), работающую по принципу код — аналог — код, требующую минимального схемного обеспечения. На индикацию одной декады с учетом генератора чисел требуется 4 транзистора, в том числе 2 высоковольтных.

Значительная экономия оборудования, уменьшение количества высоковольтных формирователей и числа внешних выводов обуславливает перспективность применения схем динамической индикации в цифровых измерительных приборах, особенно при твердотельном исполнении счетных декад. Дополнительным преимуществом устройств динамической индикации является импульсный режим работы ламп, значительно повышающий срок их службы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Кудельский, Л. С. Ситников, С. Е. Токовенко, Л. Л. Утяков. Экономичный декадный счетчик импульсов Ф568.— Передовой научно-технический и производственный опыт. М., ГОСИНТИ, 1967.
2. В. С. Куземко, Л. С. Ситников. Устройство цифровой индикации на газоразрядных лампах.— Приборы и системы управления, 1968, № 1.
3. А. С. Когутенко, В. С. Куземко. Автоматическое цифropечатающее устройство.— Специализированные электронные моделирующие машины и устройства. Труды семинаров Института кибернетики АН УССР, вып. 1. Киев, 1968.
4. Мак-Дугал. Применение ламп с холодным катодом, ч. I.— Электроника, 1965, № 6.
5. Б. И. Швецкий. Электронные измерительные приборы с цифровым отсчетом. Киев, «Техника», 1964.

*Поступила в редакцию  
15 августа 1968 г.*