

В. А. БЕЛОМЕСТНЫХ, А. Н. КАСПЕРОВИЧ, Н. В. ЛИТВИНОВ
(Новосибирск)

ЭЛЕМЕНТЫ УСТРОЙСТВА ВЫБОРКИ И ХРАНЕНИЯ ДЛЯ КОНВЕЙЕРНОГО АЦП

В [1] описан аналого-цифровой преобразователь (АЦП) конвейерного типа, в котором в качестве запоминающего элемента вместо линий задержки используются двухтактные устройства выборки и хранения (УВХ), что позволило существенно улучшить параметры этого АЦП. Ниже будут рассмотрены особенности работы и конкретная реализация основных элементов этого УВХ, поскольку принцип работы, достоинства и недостатки, а также анализ погрешностей таких УВХ изложены в [2]. Заметим, что к УВХ в конвейерном преобразователе предъявляются более жесткие требования по статической погрешности, так как в этом случае несколько УВХ включаются последовательно.

Разработанное УВХ построено по разомкнутой двухтактной схеме. Оно содержит два обычных УВХ (каждый из которых состоит из накопительного конденсатора, ключа и буферного каскада), двухканальный коммутатор, а также входной буферный усилитель. Управление ключами УВХ и коммутатора осуществляется в противофазе. Спроектированное УВХ отличается от предложенного в [2] отсутствием на выходе буферного усилителя (БК), поскольку в АЦП, для которого предназначено это УВХ, используются пороговые элементы со сравнением напряжений, имеющие большое входное сопротивление. С целью уменьшения времени выборки значение накапливающих емкостей выбрано равным 120 пФ.

Схема усилителя, по которой выполнены все три БК, приведена на рис. 1. Усилитель представляет собой модификацию повторителя, описанного в [3]. Эта схема выбрана потому, что по сравнению со схемой [2] имеет меньшую статическую погрешность при работе на пассивную нагрузку. Недостаток повторителя [3] — большая погрешность коэффициента передачи, вызываемая изменением напряжения на переходе коллектор-база выходного транзистора при изменении входного сигнала. Использование следящего за входным сигналом напряжения коллектора выходного транзистора устранило это явление и позволило получить погрешность коэффициента передачи менее 0,1%. Выходное сопротивление БК определяется током, протекающим через T_4 , и составляет 3–5 Ом. Пропускать большие токи для уменьшения выходного сопротивления не имеет смысла, поскольку ключи, стоящие за этими усилителями, имеют сопротивление в открытом состоянии порядка 30–50 Ом. Переменный резистор в эмиттере T_1 служит для установки нуля и устранения разницы между каналами. Отметим, что ре-

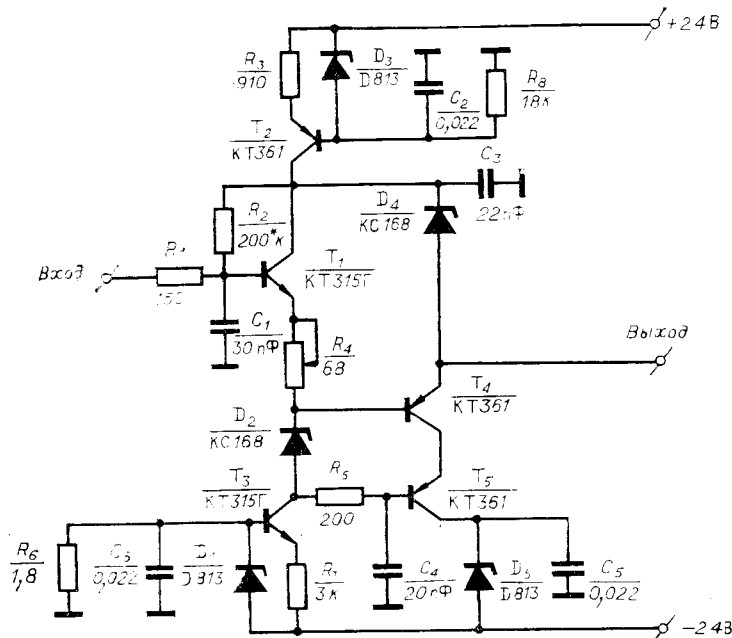


Рис. 1.

зисторы R_1 и R_5 , емкости C_1 , C_4 включены для срыва самовозбуждения каскада. Резистор R_2 предназначен для компенсации входного тока. В случае когда время хранения заряда накапливающей емкости должно быть больше 100—150 нс, следует принимать специальные меры по уменьшению входного тока БК, например, путем введения дополнительного каскада на полевом транзисторе.

Все четыре ключа УВХ выполнены по мостовой диодной схеме, поскольку они по сравнению с ключами на МОП-транзисторах позволяют иметь меньшие по амплитуде управляющие напряжения (на величину напряжения отсечки). Недостатком известных схем мостовых ключей [4, 5] являются трудности формирования перепадов напряжения, превышающих диапазон переключаемых напряжений, необходимых для управления ключами. Для устранения этого недостатка диодные ответвители тока заменены переключателями тока на транзисторах. На рис. 2 представлена схема разработанного двухканального коммутатора на двух диодных мостах, управляемых от одних и тех же переключателей тока, коммутирующих ток либо через один мост, либо через другой, что позволило заметно упростить схему устройства. В мостовой схеме использованы диоды типа КД512. Управление осуществляется противофазными напряжениями, подаваемыми на входы V_1 и V_2 с микросхем 137 серии уровнями $-0,7 \div -1,5$ В. Стабилитроны КС139 в коллекторных цепях переключателей тока служат для создания запирающих напряжений, когда ключ разомкнут, чем предотвращается разряд накапливающей емкости при изменении входного напряжения. Источники тока в эмиттерных цепях переключателей тока задают ток постоянной величины, протекающий через диодные мосты, что улучшает метрологические характеристики ключа.

Работа ключа происходит следующим образом. При подаче на входы V_2 и V_1 управляющих сигналов (для определенности считаем, что $V_2 = -1,5$ В, $V_1 = -0,7$ В) транзисторы T_2 и T_5 открываются, а транзисторы T_3 , T_4 закрываются и ток источников тока (на транзисторах T_1 и T_6) будет протекать через D_7 , через диодный мост $D_{13} \div D_{16}$, далее через D_8 и T_5 . При этом падение напряжения на диодах D_7 , D_8 служат запирающими потенциалами для второго диодного моста $D_9 \div D_{12}$. При подаче управляющего сигнала другой фазы ($V_1 = -0,7$; $V_2 = -1,5$ В) открываются транзисторы T_3 , T_4 и ток источников тока протекает уже через диодный мост $D_9 \div D_{12}$. Для надежного запираения ключей и предотвращения разряда накапливающей емкости падение напряжения на диодах D_7 , D_8 должно быть не меньше $A \approx 0,7$ В (где A — диапазон коммутируемого сигнала). Токи через диоды моста выбраны порядка 8—10 мА, при этом ключи имеют со-

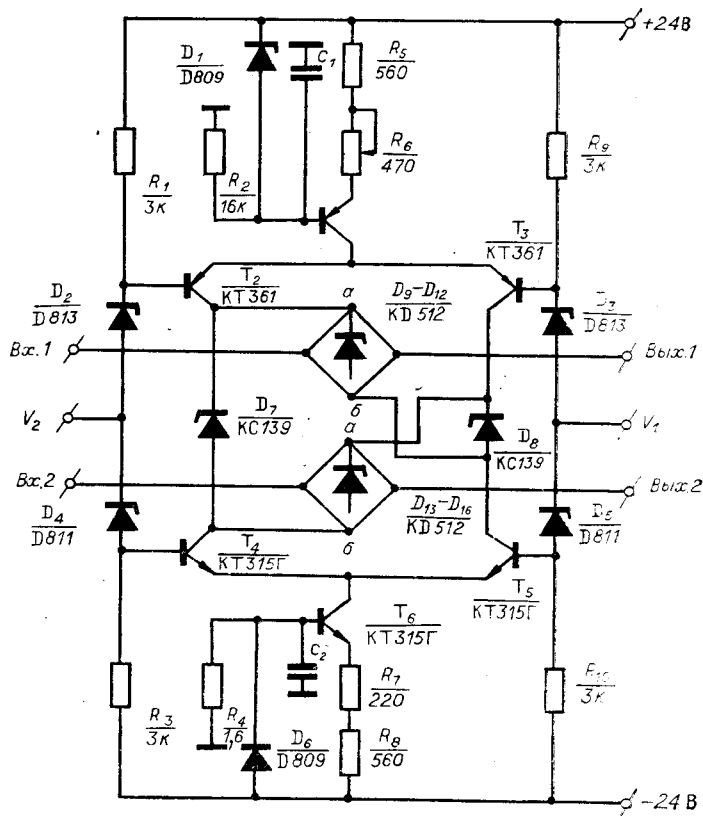


Рис. 2.

противление около 50 Ом, что определяет время выборки при заряде накапливающего конденсатора порядка 25—35 нс) и ограничивает точность коэффициента передачи при коммутации каналов.

Проанализируем, как быстро может диодно-мостовой ключ отключать входной сигнал от накапливающей емкости. Так как диоды KD512 имеют сами по себе достаточно хорошие параметры (емкость 1 пФ, время восстановления обратного сопротивления 1 нс), то быстродействие такого ключа определяется в первую очередь внешними по отношению к ключу характеристиками: фронтами управляющих напряжений, токами источников тока, монтажными емкостями и коллекторными емкостями транзисторов.

Заряд коллекторной емкости транзисторов переключателей тока и перезаряд монтажной емкости точек *a* и *b* диодно-мостового ключа требуют времени. Длительность фронта управляющего напряжения определяется выражением $\Delta T = \frac{\Delta V C \Sigma}{I_0}$. Если поло-

жить монтажную емкость точек *a* и *b* равной 20—25 пФ, коллекторную емкость равной 5 пФ, то при токе $I_0 = 8—10$ мА длительность фронта импульса напряжения ΔV , равного по величине диапазону переключаемых сигналов 5 В, составит около 15 нс. Однако переход ключа в состояние «Разомкнуто» происходит за меньшее время, которое необходимо для такого изменения потенциалов точек *a* и *b*, при которых диоды запираются. Обычно принято считать, что для запираания диодов достаточно изменить потенциал на 0,7 В. При этом переход ключа в состояние «Разомкнуто» будет длиться 2 нс. Переход ключа в состояние «Замкнуто», напротив, происходит не сразу после включения ключа, а лишь после того момента, как напряжение в точке *a* достигнет величины $A = 0,7$ В, т. е. с задержкой порядка 12 нс. Вследствие этого на выходе ключей, работающих на общую нагрузку, возникает квазиколебательный переходный процесс, вызываемый неодновременным воздействием управляющих ключами сигналов. Практически следует иметь в виду, что изменение потенциала точек *a* и *b*, необходимое для реального перехода ключа в состояние «Разомкнуто», составляет менее 0,3 В, так как при изменении падения напряжения на диоде на 0,3 В его сопротивление изменяется более чем в 50 000 раз. Таким образом, можно полагать, что ключ переходит в состояние «Разомкнуто» не за 2 нс, а за время менее 1 нс.

Весьма важным для работы УВХ является то, что поскольку потенциал отключения диодного моста всегда следит за входным сигналом, поэтому требуется всегда одно и то же время с момента подачи команды на отключение до ее фактического выполнения. Так как влияние постоянной задержки легко устраняется соответствующей датировкой отсчета, то апертурная погрешность УВХ будет определяться лишь разбросом моментов отключения накапливающего конденсатора от входного сигнала. При этом, следуя [2], можно считать, что апертурное время будет меньше 0,5 нс.

Отметим, далее, что в данной схеме ключа удачно решается вопрос об устранении «пролезания» управляющего сигнала на накапливающую емкость. Так как изменения потенциалов точек *a* и *b* каждого моста одинаковы по величине и противоположны по знаку, то на накапливающей емкости обеспечивается взаимная компенсация помех от управляющих сигналов.

Общая статическая точность УВХ по каждому каналу не хуже 0,2%. Диапазон входных сигналов ± 3 В. «Пролезание» измеряемого сигнала через ключ, находящийся в состоянии «Разомкнуто», составляет около 20 мВ при входном сигнале 2 В. УВХ было использовано в шестиразрядном конвейерном АЦП. Частота выдачи кодов была приблизительно 20 МГц при погрешности измерений порядка 2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Беломестных и др. Конвейерный аналого-цифровой преобразователь.— *Автометрия*, 1975, № 1.
2. А. Н. Касперович, Н. В. Литвинов. О целесообразности использования двухтактных устройств выборки и хранения.— *Автометрия*, 1973, № 3.
3. В. М. Белов, В. А. Буровцев, И. Ф. Клисторин, А. Е. Подзин. Широкополосный управляемый делитель напряжения на полевых транзисторах.— *Автометрия*, 1970, № 2.
4. Л. Ондриш, С. В. Мухин и др. Линейные ворота наносекундного диапазона.— *ПТЭ*, 1970, № 6.
5. К. Г. Родионов, Хен Еси Гынь. Линейная схема пропускания микросекундных импульсов.— *ПТЭ*, 1967, № 4.

Поступило в редакцию 17 июля 1974 г.