



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1591182** **A1**

(51)5 Н 03 М 1/26

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1
(21) 4604001/24-24
(22) 09.11.88
(46) 07.09.90. Бюл. № 33
(71) Специальное конструкторско-технологическое бюро "Модуль" Винницкого политехнического института
(72) Л.В.Крупельницкий, В.Я.Стейскал, А.Д.Азаров и В.И.Моисеев
(53) 681.325(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 1179533, кл. Н 03 М 1/26, 1985.

Шило В.Л. Функциональные аналоговые интегральные микросхемы. - М.: Радио и связь, 1982, с. 16-19, рис. 1.9.

(54) АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

(57) Изобретение относится к цифровой измерительной и вычислительной технике и может быть использовано для преобразования аналоговых сигналов в цифровые. Цель изобретения - уменьшение

2
аппаратурных затрат и потребляемой мощности. Цель достигается тем, что в аналого-цифровой преобразователь, содержащий блок сравнения токов, регистр последовательного приближения, преобразователь код - ток, введен генератор экспоненциального сигнала, вход которого соединен с шиной готовности, а выход соединен через узел суммирования токов с выходом преобразователя код - ток и первым входом блока сравнения. Преобразователь код - ток выполнен в избыточном измерительном коде "золотой" пропорции. Преобразование аналогового сигнала в цифровой код осуществляется методом поразрядного кодирования с введением дополнительного аналогового сигнала, увеличивающего быстродействие. Дополнительный аналоговый сигнал формируется генератором экспоненциального тока, который заменяет цифровые блоки известных устройств. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.

Изобретение относится к цифровой измерительной и вычислительной технике и может быть использовано для преобразования аналоговых величин в цифровые.

Цель изобретения - снижение потребляемой мощности.

На фиг. 1 показана структурная схема аналого-цифрового преобразователя (АЦП); на фиг. 2 - принципиальная схема генератора экспоненциального сигнала; на фиг. 3 - временная диаграмма работы генератора экспоненциального сигнала.

Устройство содержит потенциальный вход 1, токовый выход 2 преобразователя 3 напряжение - ток, узел 4 суммирования токов, преобразователь 5 код - ток, блок 6 сравнения токов, регистр 7 последовательного приближения, выходы данных 8 и готовности 9, тактовый вход 10 и генератор 11 экспоненциального сигнала.

Блок 5 преобразователя код - ток должен быть построен на основе избыточных измерительных кодов, к которым относятся, в частности, коды "золотой" пропорции.

(19) **SU** (11) **1591182** **A1**

Генератор 11 экспоненциального сигнала содержит первый 12, второй 13, третий 14 и четвертый 15 резисторы, конденсатор 16, диод 17, полевой транзистор 18, биполярный транзистор 19, шину 20 отрицательного питания и общую шину 21.

Устройство работает следующим образом.

Преобразование аналоговой величины $A_{вх}$ в код $K_{вых}$ начинается с приходом на тактовый вход первого синхроимпульса. На первом такте устанавливается в единичное состояние старший разряд регистра 7 последовательного приближения, на выходе преобразователя 5 код - ток появляется ток старшего разряда I_{n-1} . Одновременно сигнал готовности устройства (выход "Конец преобразования" регистра последовательного приближения 7) принимает единичное значение и запускает генератор экспоненциального сигнала. На выходе последнего к концу первого такта уравнивания воспроизводится значение тока

$$I_{доп\ n-1} = I_{огэт} e^{-\frac{t_T}{\tau}}, \quad (1)$$

где t_T - длительность каждого такта сравнения;

τ - постоянная времени экспоненциального процесса;

$I_{огэт}$ - значение выходного тока в начальный момент времени.

Выходной ток преобразователя 5 и генератора 11 экспоненциального сигнала суммируются в узле 4 и компенсирующий ток в момент сравнения в блоке 6 с входным сигналом равен

$$I_{k-1} = I_{M-1} + I_{огэт} e^{-\frac{t_T}{\tau}}. \quad (2)$$

Сравнение компенсирующего тока I_{k1} и входного напряжения, преобразованного в ток в преобразователе 3 аналогового сигнала $A_{вх}$, проводится с помощью блока 6 сравнения, причем выходной сигнал Y_j этого блока подчиняется следующему соотношению:

$$Y_j \in \{0, 1\} = \begin{cases} 0, & \text{если } A_{вх} \leq I_{kj}, \\ 1, & \text{если } A_{вх} > I_{kj}. \end{cases} \quad (3)$$

При этом, если на первом такте уравнивания $Y_1=0$, то старший разряд регистра 7 устанавливается в нулевое состояние, если $Y_1=1$, то он остается в единичном состоянии.

На втором такте аналого-цифрового преобразователя в регистре 7 последовательного приближения устанавливается в единичное состояние следующий за старшим разряд. Одновременно ток на выходе генератора экспоненциального сигнала по абсолютной величине к концу второго такта уменьшается в $\alpha = e^{-\frac{t_T}{\tau}}$ раз по сравнению с его значением в конце первого такта

$$I_{доп\ n-2} = I_0 \cdot e^{-\frac{2t_T}{\tau}}. \quad (4)$$

Компенсирующий ток к концу второго такта равен

$$I_{k2} = Y_{n-1} \cdot I_{n-1} + I_{n-2} + I_0 e^{-\frac{2t_T}{\tau}}. \quad (5)$$

В результате сравнения сигнала $A_{вх}$ и компенсирующего I_{k2} второй разряд либо устанавливается в нулевое состояние ($Y_2=0$), либо остается в единичном ($Y_2=1$),

Устройство на любом j -м такте работает аналогично.

Работа устройства заканчивается на $(n+1)$ -м такте поразрядного кодирования. При этом аналоговый сигнал $A_{вх}$ уравновешен компенсирующим сигналом преобразователя 5 с точностью до единицы его младшего (нулевого) разряда. Ток на выходе генератора экспоненциального сигнала составляет

$$I_{доп\ 1} = I_0 e^{-\frac{(n+1)t_T}{\tau}}. \quad (6)$$

Для кода "золотой" пропорции с соотношением весов $\alpha=1,618$ оптимальное

значение $I_{доп\ j} = \frac{\alpha^{-1}}{2} \cdot I_j \approx 0,309 I_j$.

Поэтому величина тока генератора экспоненциального сигнала к концу уравнивания меньше половины величины тока младшего разряда и на правильность кодирования не влияет.

Генератор 11 экспоненциального сигнала работает следующим образом.

При наличии на выходе устройства сигнала готовности нулевого уровня напряжения на затворах полевого транзистора 18 $U_{зат} \approx 0$, канал исток - сток находится в проводящем состоянии с малым сопротивлением. Ток через первый резистор в открытом состоянии транзистора 18 определяется номиналом первого резистора 12 и напряжением питания E

$$I_{откр} = \frac{E}{R_{кан} \parallel R_{12} + R_{13}}$$

где R_{12}, R_{10} - соответственно номиналы первого 12 и второго 10 резисторов.

Напряжение на базе биполярного транзистора 19

$$U_{\delta} = I_{откр} \cdot (R_{кэл} \parallel R_{13}).$$

При $R_{12} = 5,0$ кОм, $R_{13} = 10,0$ кОм, $E_n = 15$ В, $R_k = 100$ Ом, напряжение на базе биполярного транзистора 19 $U_{\delta} = 0,3$ В, что недостаточно для открывания перехода коллектор - эмиттер и напряжение на эмиттере транзистора 19 $U_{\epsilon} \approx 0$.

С приходом на вход сигнала положительной полярности полевой транзистор 18 закрывается и напряжение на базе биполярного транзистора 19

$$U_{\delta} = \frac{E_n \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13}}.$$

При указанных выше параметрах $U_{\delta} = 10$ В.

Напряжение эмиттера $U_{\epsilon} = U_{\delta} - U_{\delta\epsilon}$, поступающая на последовательную RC-цепочку из конденсатора 16 и четвертого резистора 15, вызывает в ней экспоненциальный ток заряда конденсатора. Напряжение на первом выводе резистора 15 представляет собой напряжение на выходе дифференцирующего звена

$$U_{12}(t) = (U_{\delta} - U_{\delta\epsilon}) \cdot e^{-\frac{t}{R_{15}C_{16}}}. \quad (7)$$

Поскольку второй вывод резистора 15 подключен к первому входу блока 6 сравнения, рассчитанного на прием тока от преобразователя 5 код - ток, то потенциал в этой точке представляет собой напряжение квази-нуля.

Выходной ток генератора экспоненциального тока, протекающий через четвертый резистор 15, равен

$$I_{доп}(t) = \frac{U_{\delta} - U_{\delta\epsilon}}{R_{15}} \cdot e^{-\frac{t}{R_{15}C_{16}}}. \quad (8)$$

Таким образом, формируется дополнительный ток, используемый в предлагаемом устройстве. Требуемые параметры тока устанавливаются выбором значений $U_{\delta}, R_{15}, C_{16}$. Постоянная времени экспоненциального процесса $\hat{c} = R_{15}C_{16}$ устанавливается исходя из времени одного такта кодирования и к концу каждого такта должна уменьшаться в α раз по сравнению с концом предыдущего

$$\begin{aligned} \frac{I_{доп}(t)}{I_{доп}(t+t_r)} &= \alpha, \\ e^{-\frac{t}{\hat{c}}} / e^{-\frac{t+t_r}{\hat{c}}} &= \alpha, \\ \alpha &= e^{-\frac{t_r}{\hat{c}}}, \quad \hat{c} = t_r / \ln \alpha. \end{aligned} \quad (9)$$

Номинал четвертого резистора R_{15} определяется исходя из требуемого значения тока к концу первого такта кодирования. Если вес первого разряда преобразователя 5 равен I_{n-1} , то значение добавки должно составлять

$$I_{доп n-1} = \frac{\alpha^{-1}}{2} \cdot I_{n-1}.$$

Амплитудное значение тока в первый момент времени

$$I_{доп}(t=0) = \frac{U_{\delta} - U_{\delta\epsilon}}{R_{15}}. \quad (10)$$

В конце первого такта должно выполняться условие

$$I_{доп n-1} = I_{доп}(t_r) = I_{доп}(t=0) \cdot e^{-\frac{t_r}{\hat{c}}},$$

откуда

$$I_{доп}(t=0) = \frac{\alpha^{-1}}{2} \cdot I_{n-1} \cdot e^{-\frac{t_r}{\hat{c}}}.$$

Таким образом

$$R_{15} = \frac{2(U_{\delta} - U_{\delta\epsilon})\alpha}{I_{n-1} e^{-\frac{t_r}{\hat{c}}}}. \quad (11)$$

Соотношения (9) и (11) полностью определяют расчетные соотношения между элементами схемы приводимого генератора экспоненциального тока.

Рассмотрим процессы, происходящие в описываемой схеме при появлении сигнала готовности нулевого уровня. Полевой транзистор 18 при этом открывается, а биполярный транзистор 19 закрывается, переводя таким образом цепочку из конденсатора 16, третьего 14, четвертого 15 резисторов и открытого диода 17 в состояние перезаряда, который протекает с разрядом конденсатора 16.

Процессы, протекающие в выходной цепи генератора экспоненциального тока, иллюстрируются на фиг. 3.

Отрицательная полярность формируемого дополнительного тока и вытекающий из этого пример реализации генератора экспоненциального тока 11 ориентированы на отрицательные значения токов преобразователя 5 код - ток, на наиболее распространенные в практике построения АЦП и ЦАП.

Средняя мощность, рассеиваемая генератором экспоненциального тока, определяется из выражения

$$P = \frac{E_n}{t_0 + t_1} \left(\frac{E_n}{R_{12}} t_0 + \frac{E_n}{R_{12} + R_{11}} t_1 \right) +$$

$$+ \int_0^{t_1} \frac{E_n \cdot R_{13}}{(R_{12} + R_{11}) R_{15}} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} dt + \frac{E_n \cdot R_{13}}{(R_{12} + R_{13}) \cdot R_{14}} \cdot t_1 \quad (12)$$

где t_0 , t_1 - временные характеристики импульса запуска. При $R = 5$ кОм, $R_{13} = 10$ кОм, $R_{14} = 10$ кОм, $R_{15} = 12$ кОм, $t_0 = 100$ нс, $t_1 = 10$ мкс. находят $P \approx 40$ мВт.

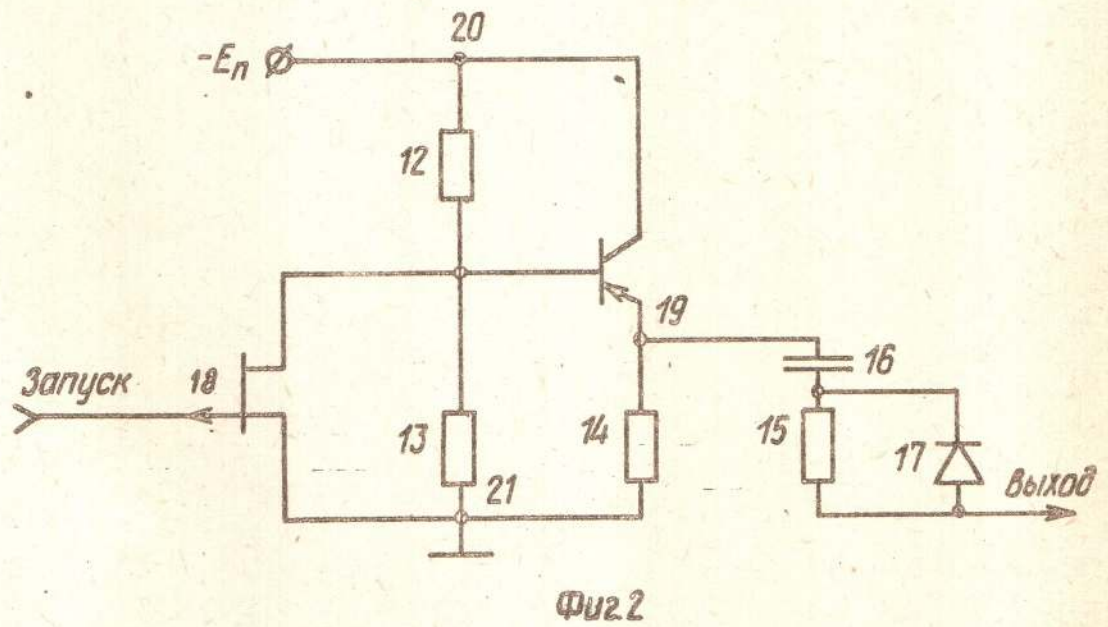
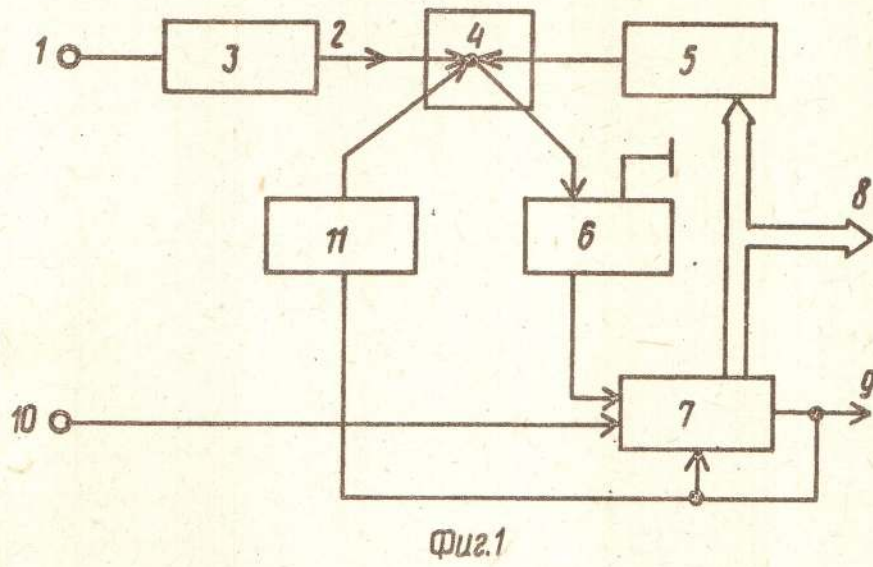
Если же принять среднюю мощность, расходуемую на работу одного базового элемента, равной 2 мВт (серии 555, 533 ТТЛШ), мощность, рассеиваемая в заменяемых известных цифровых устройствах, составит 1800 мВт.

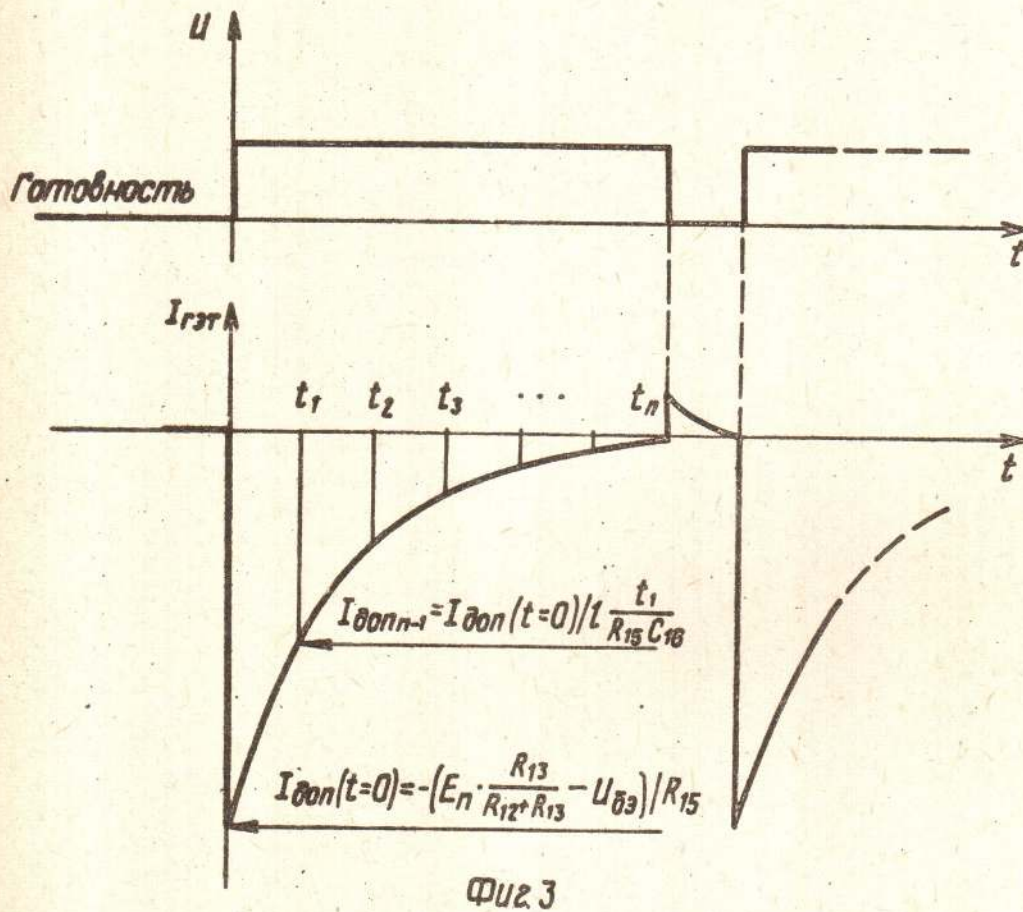
Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Аналого-цифровой преобразователь, содержащий преобразователь напряжение - ток, вход которого является входной шиной, преобразователь код - ток, выход которого и выход преобразователя напряжение - ток соединены соответственно с первым и вторым входами узла суммирования токов, выход которого подключен к первому входу блока сравнения токов, второй вход которого является шиной нулевого потенциала, а выход соединен с первым входом регистра последовательного приближения, второй вход которого является тактовой шиной, первые выходы соединены с соответствующими входами преобразователя код - ток и являются выходной шиной, а вто-

рой выход является шиной готовности, отличающийся тем, что, с целью снижения потребляемой мощности, в него введен генератор экспоненциального сигнала, вход которого объединен с третьим входом регистра последовательного приближения и подключен к шине готовности, а выход соединен с третьим входом узла суммирования токов.

2. Преобразователь по п.1, отличающийся тем, что генератор экспоненциального сигнала выполнен на четырех резисторах, конденсаторе, диоде, полевом и биполярном транзисторах, коллектор последнего из которых подключен к шине питания отрицательной полярности и к первому выводу первого резистора, второй вывод которого соединен с базой биполярного транзистора, с первым выводом второго резистора и стоком полевого транзистора, затвор которого является входом генератора экспоненциального сигнала, исток соединен с общей шиной вторым выводом второго резистора и первым выводом третьего резистора, второй вывод которого соединен с эмиттером биполярного транзистора и первым выводом конденсатора, второй вывод которого соединен с первым выводом четвертого резистора и с катодом диода, анод которого соединен с вторым выводом четвертого резистора и является выходом генератора экспоненциального сигнала.





Редактор А. Шандор Составитель В. Солодова Техред Л. Олийнык Корректор С. Черни

Заказ 2648 Тираж 669 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101