

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему **Динамические запоминающие устройства временных
интервалов**

Студент (ка)

С.Г. Ячевский

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.И. Чепелев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » 20 _____ г.

Тольятти 2017

Аннотация

Объем 56 с., 21 рис., 21 источник

В бакалаврской работе рассмотрены способы и средства запоминания временных интервалов рециркуляционного типа (простые и широкодиапазонные) и с преобразованием время – код – время на основе нониусных преобразователей время – код (ПВК) и код – время (ПКВ).

Электронный нониус позволяет повысить точность преобразования без увеличения требований к быстродействию элементов схемы.

При этом при широкой известности способа нониусного ПВК, способ нониусного ПКВ малоизвестен несмотря на то, что обеспечивает повышение точности преобразования.

Приводятся примеры нониусных ПКВ с применением ждущих и автоколебательных импульсных генераторов.

Применение автогенераторов импульсов предпочтительней в связи с тем, что они используются в установившемся режиме при максимальной стабильности частоты в отличие от ждущих генераторов, которые обладают большой нестабильностью частоты колебаний особенно на начальном этапе генерации.

В работе также рассмотрены специализированные интегральные микросхемы ПВК и ПКВ, пригодные для технической реализации ДЗУ с преобразованием время – код – время.

В бакалаврской работе также разработан ПКВ для ДЗУ с преобразованием время – код – время.

Содержание

Введение.....	4
1. Способы и средства запоминания временных интервалов рециркуляционного типа.....	6
1.1. Простые динамические запоминающие устройства временных интервалов рециркуляционного типа.....	6
1.2. Широкодиапазонные динамические запоминающие устройства временных интервалов.....	9
1.3. Динамические запоминающие устройства рециркуляционного типа на аналого – цифровых (реляторах) элементах.....	12
2. Динамические запоминающие устройства с преобразованием время – код – время.....	18
2. 1. Нониусные преобразователи время – код и код – время для динамических запоминающих устройств с преобразованием время – код – время.....	25
2.1.1 Нониусные преобразователи время – код.....	26
2. 1.2 Нониусные преобразователи код – время.....	29
2.1.3. Преобразователи код – время с многократной нониусной интерполяцией.....	36
2.1.4. Многоканальный универсальный нониусный преобразователь время – код – время.....	38
3. Специализированные интегральные ПВК и ПКВ.....	40
3.1. Интегральные микросхемы ПВК.....	40
3.2. Микросхема специализированного преобразователя кода во временной интервал (ПКВ).....	42
4. Разработка ПКВ для динамических запоминающих устройства с преобразованием время – код - время.....	49
Заключение.....	54
Список используемой литературы.....	55

Введение

В различных научно – технических областях, например радио и оптической локация, ядерной физики, а также информационно - вычислительной технике, требуется исследование временные параметров импульсных сигналов.

К ним относятся непосредственно длительность временных интервалов (ВИ) и длительности ВИ между импульсами входной последовательности и другие.

При этом часто требуется сохранение значений исходных ВИ и их последующее воспроизведение.

Устройства, которые позволяют сохранять и воспроизводить исходные временные интервалы принято называть динамическими запоминающими устройствами (ДЗУ).

Кроме перечисленных выше областей науки и техники ДЗУ ВИ широко используются в информационно – измерительных и вычислительных системах, а также в узлах цифрового кодирования, сохранения и формирования выходной информации в виде временных интервалов.

Таким образом, ДЗУ ВИ является устройством памяти, в котором сохраняется информация о длительности исходного ВИ.

При необходимости, которая предполагает извлечение (считывание) данной информации, формируется ВИ, который сохранялся в нем.

Одним из способов технической реализации ДЗУ ВИ является его сохранение во временном рециркуляторе за счет многократной рециркуляции.

При этом число рециркуляций исходного ВИ и период его рециркуляции определяют время запоминания.

Причем необходимо знать, что период рециркуляции должен быть больше значения запоминаемого временного интервала.

Другим способом реализации ДЗУ является преобразование информации о значении ВИ в код и сохранение его в цифровом ОЗУ, то есть с осуществлением промежуточного преобразования исходного ВИ в цифровой

код. Практически такие ДЗУ основываются на преобразовании время - код - время.

При необходимости, сохраненный код в ОЗУ, путем преобразования код – время преобразуется во ВИ, который будет равен исходному временному интервалу.

1. Способы и средства запоминания временных интервалов рециркуляционного типа

1.1. Простые динамические запоминающие устройства временных интервалов рециркуляционного типа

Данное устройство относится к простым динамическим запоминающим устройствам (ДЗУ), и может применяться в системах цифрового кодирования и сохранения в информационно - вычислительных устройствах [1].

На рисунке 1.1 приводится схема простого ДЗУ, а на рисунке 1.2 временные диаграммы (ВД) его работы.

В состав ДЗУ входят счетчики (СТ) импульсов 1 и 2, устройство 3 сравнения, триггер 4, схема И5, формирователи импульсов 6 и 7, линия задержки 8 и клемма управления 9 и функционирует в следующем порядке.

Импульсная последовательность $t_0 t_1 \dots t_n$, подлежащая хранению (где t_0 — реперный импульс, $t_1 \dots t_n$, - информационные импульсные сигналы), подаются на счетный вход СТ1 и одновременно на вход рециркулятора (устройства динамического хранения) через формирователь 7.

С данного момента времени все импульсы временных интервалов (ВИ) $t_0 t_1 \dots t_n$ рециркулируют в рециркуляторе с периодом рециркуляции (хранения)

$$T \approx t_{3\phi 1} + t_{3\phi 2} + t_{3\phi 3},$$

где $t_{3\phi 1}$, $t_{3\phi 2}$, $t_{3\phi 3}$ - времена задержки элементов рециркулятора: первого 6 и второго 8 формирователей и линии задержки 8 соответственно, причем

$$t_{3\phi 1} \gg t_{3\phi 1} + t_{3\phi 2}$$

Одновременно с записью входного потока $t_0 t_1 \dots, t_n$ в рециркуляторе, в СТ1 фиксируется количество импульсов $(n+1)$, равное числу импульсов в принятой реализации потока $t_0 t_1 \dots, t_n$.

При этом на. каждом периоде T , начиная с первого, осуществляется текущей степ импульсов хранимого потока $t_0 t_1 \dots, t_n$; с выхода рециркулятора (второй выход формирователя 7).

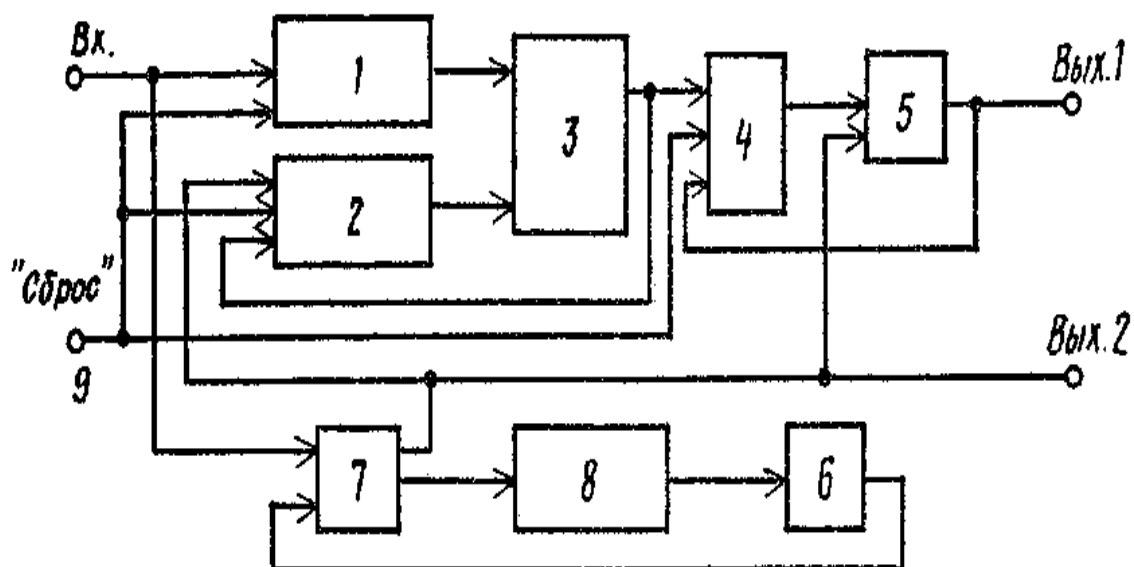


Рисунок 1.1 - Простое ДЗУ ВИ

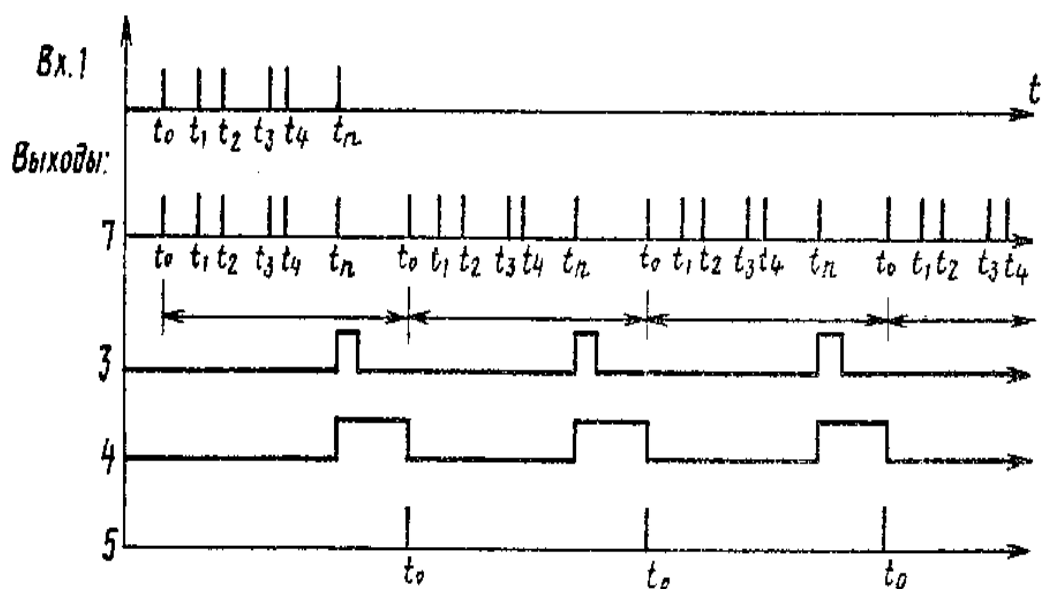


Рисунок 1.2 - ВД работы простого ДЗУ ВИ

В момент равенства кодов чисел СТ 1 и 2, что свидетельствует о завершении очередного полного цикла рециркуляции всех импульсов потоков $t_0, t_1, \dots, t_n$, на выходе устройства 3 сравнения кодов вырабатывается выходной сигнал, посредством которого сбрасывается в исходное состояние логический ноль СТ2 и одновременно переключает логическая единица триггер 4.

В результате триггер 4 разрешает селекцию схемой И5 ближайшего по временному расположению импульса рециркулирующего потока, которым, является реперный импульс t_0 .

При этом, импульс t_0 с выхода схемы И5 переключает триггер 4 в исходное положение и осуществляет блокировку схемы И5 до последующего равенства кодов чисел СТ 1 и 2 в очередном периоде рециркуляционного процесса.

Данная последовательность работы ДЗУ периодически повторяется в течение всего времени хранения информации $m \cdot T$ и обеспечивает синхронное выделение реперного импульса t_0 , в каждом периоде рециркуляции.

Проявление импульсного сигнала t_0 на первом выходе ДЗУ, а это выход схемы И5, означает его наличие, в то время как на втором выходе ДЗУ (второй выход формирователя 7) - его отсутствие.

Характер записи и хранения информации в данном ДЗУ обеспечивает по сравнению с известным повышение точности сохранения информации более пяти раз из – за полной идентичности параметров рециркулятора (контура хранения), как для реперного t_{03} так и для информационных $t_1, \dots, t_n$ импульсов путем хранения абсолютно идентичных реперного и информационных импульсов ВИ в одном и том же рециркуляторе.

1.2. Широкодиапазонные динамические запоминающие устройства временных интервалов

Широкодиапазонное ДЗУ в отличие от рассмотренного выше простого ДЗУ обладает большим динамическим диапазоном запоминания (хранения), за счет преобразования входного потока импульсов в поток перепадов посредством введенного Т-триггера 6 [1,2].

Такое новшество обеспечивает уменьшение ВИ между импульсами, путем исключения близко расположенных импульсов в потоке из-за искажений их передних фронтов в линии задержки 4 совпадут и будут оценены формирователем импульсов 1 как единый импульс.

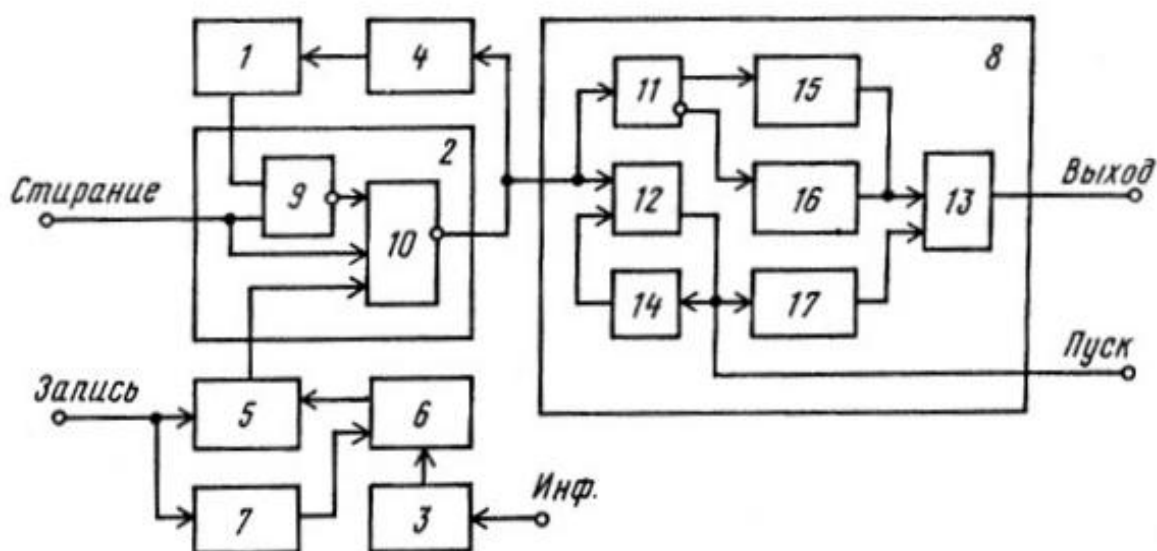


Рисунок 1.3 – Широкодиапазонное ДЗУ ВИ

На рисунке 1.3 приведена схема данного ДЗУ, а на рисунке 1.4 - ВД, отображающие его функционирование.

Широкодиапазонное ДЗУ имеет в своем составе формирователи 1-3 импульсов, линию 4 задержки, схему ИЛИ5, Т- триггер 6, одновибратор 7 и устройство селекции импульсов 8.

В свою очередь формирователь импульсов 2 имеет в своем составе: схемы И-НЕ 9 и 10, а устройство 8 селекции импульсов состоит из схем И 11-13 и одно-вибраторов 14-17.

Широкодиапазонное ДЗУ временных интервалов (ВИ) работает таким образом. В начальном состоянии рециркулятор, образованный линией задержки 4 и формирователями импульсов 1 и 2 обнулен таким образом, что на выходе формирователя 2 фиксируется состояние логический ноль путем подачи на вход «Стирание» ДЗУ логического нуля.

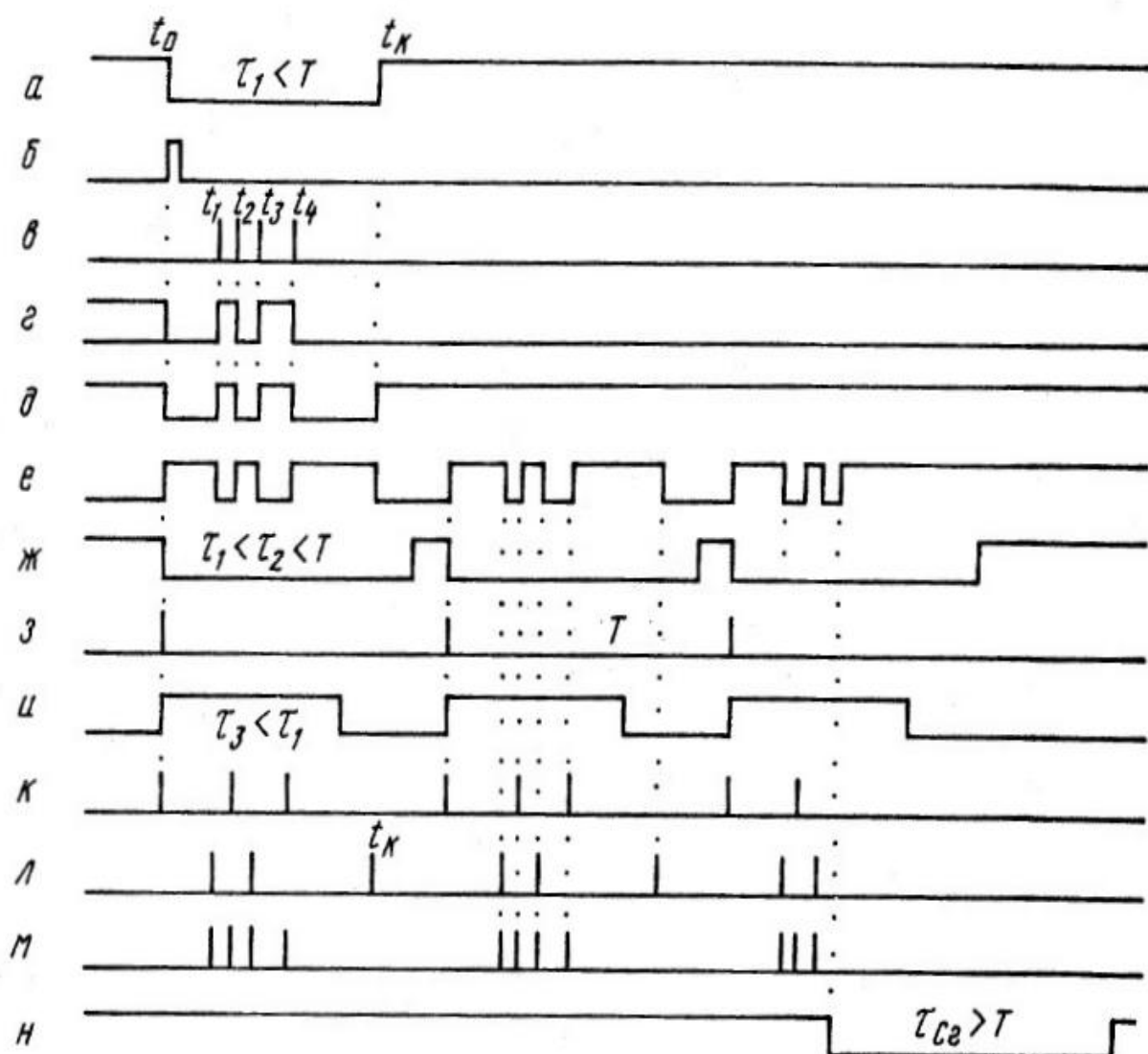


Рисунок 1.4 - ВД работы широкодиапазонного ДЗУ временных интервалов

Запись информационного потока ВИ импульсов, приходящих на клемму «Инф» ДЗУ в моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_m$ (рисунок 1.4,в), осуществляется поступлением на вход «Запись» импульса (рисунок 1.4. 2,а), длительность которого $\tau_1 < T$, где T - период рециркуляции импульсов в рециркуляторе состоящем из узлов 1,2,4.

Передним фронтом импульсного сигнала «Запись» включается одновибратор 7 (рисунок 1.4,б), переключающий триггер 6 в состояние логического нуля (рисунок 1.4,г).

Информационный поток импульсных сигналов подвергается стандартизации посредством формирователя 3 и преобразуется триггером 6 в поток перепадов (рисунок 1.4,г), который благодаря схеме ИЛИ5 дополняется перепадом в момент времени t_0 начала записи (рисунок 1.4,д).

Данный поток перепадов через схему И-НЕ 10 поступает в формирователь 2 и начинает рециркулировать в рециркуляторе с периодом T (рисунок 1.4,е).

Чтение записанного потока импульсных сигналов происходит посредством устройства селекции 8 в следующем порядке.

Первый перепад с выхода формирователя 2, схему И12, включает одновибратор 14, при этом импульс, сформированный им (рисунок 1.4,ж), имеет длительностью, которая удовлетворяет следующему соотношению

$$\tau_1 < \tau_2 < T.$$

Данный импульсный сигнал блокирует работу схемы И12 на время существования на выходе рециркулятора информационного потока перепадов, в том числе и перепад во временной момент t_k , который соответствует концу записи. На выходе схемы И12 сформировывается финитный импульс, который соответствует началу записи во временной времени t_0 (рисунок 1.4,з).

Данный импульс в каждом периоде рециркуляции подается на выход устройства «Пуск», фиксируя начальный момент считывания.

Этот же импульс одновременно включает одновибратор 17, создающий импульс длительностью τ_3 причем $\tau_1 < \tau$ (рисунок 1.4,и), который позволяет

проход через схему И13 записанного информационного потока на выход ДЗУ. Предварительный поток перепадов переводятся одновибраторами 15 и 16 в финитные импульсы (рисунок 1.4,к, л), которые далее складываются на выходе одновибраторов на схеме ИЛИ и поступают на выход ДЗУ в том же виде, в каком были на его вход при поступлении (рисунок 1.4,м).

Записываемый поток импульсов воспроизводится на выходе ДЗУ до момента времени, когда на входе «Стирание» не будет присутствовать импульсный сигнал длительностью более периода рециркуляции T (рисунок 1.4,н).

Предлагаемое ДЗУ за счет преобразования посредством Т-триггера импульсов малой длительности с информационного входа ДЗУ в поток перепадов обеспечивает понижение полосы частот сигнала, рециркулирующего в рециркуляторе, состоящем из линии задержки 4 и формирователей 1 и 2.

Таким образом, возможно уменьшить временной интервал (ВИ) между импульсами в записываемом входном потоке, не задумываясь, в отличие от простого ДЗУ, что два очень рядом расположенных импульсов в виду искажений в линии задержки 4 соединятся и восприняты формирователем 1 как единичный импульс.

1.3. Динамические запоминающие устройства рециркуляционного типа на аналого – цифровых (реляторах) элементах

В данном разделе рассматриваются аналоговые динамические запоминающие устройства рециркуляционного типа, выполненные в элементном базисе аналого – цифровых элементов (реляторов), в частности на кодо - управляемых одно - и двухканальных М -реляторах.

Предлагаемое построение обеспечивает повышение точности запоминания на один порядок при числе рециркуляций $n \leq 10$.

В [3,4] профессором Волгиным Л.И. рассмотрены теоретические и схемотехнические основы релейной схемотехники, являющиеся мощным инструментом для построения различных устройств электронных и вычислительных средств.

В данной разделе рассматриваются возможности построения динамических запоминающих устройств (ДЗУ) рециркуляционного типа в элементном базисе релейторов – аналоговых логических элементов, воспроизводящих базовые операции предикатной алгебры выбора и ряд других соответствующих элементарных операций и функций.

ДЗУ рециркуляционного типа представляют собой запоминающее устройство с запаздывающей положительной обратной связью – рециркулятор и содержит в своём составе сумматор, линию задержки ЛЗ с временем задержки t_p , усилитель-корректор УК и аналоговый ключ АК (рисунок 1.5).

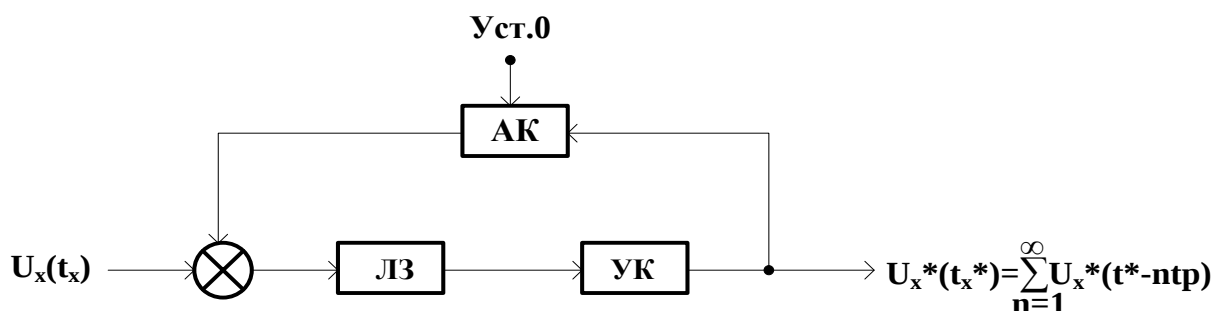


Рисунок 1.5 – Обобщенная структурная схема ДЗУ рециркуляционного типа

При подаче на вход такого устройства импульсного сигнала $U_x(t_x)$ последний начинает в нём рециркулировать n -ое количество раз с периодом $t_p > t_x$.

При этом усилитель – корректор УК служит для компенсации ослабления амплитуды и искажения формы импульсов $U_{x*}(t_{x*})$.

Для «стирания» рециркулирующего в рециркуляторе импульсного $U_{x*}(t_{x*})$ сигнала на аналоговый ключ АК подаётся управляющий сигнал.

Описанная выше схема ДЗУ рециркуляционного типа обладает рядом

недостатков и поэтому в реальных электронных и вычислительных средствах применяют более сложные по аппаратурной и алгоритмической реализации устройства.

Значительно уменьшить аппаратные затраты при построении ДЗУ рециркуляционного типа позволяет элементная база реляторов.

На рисунке 1.6 приведены две функциональные схемы ДЗУ рециркуляционного типа на основе кодоуправляемого одноканального М - релятора в случае его выполнения в дискретном (рисунок 1.6, а) и интегральном (рисунок 1.6,б) вариантах.

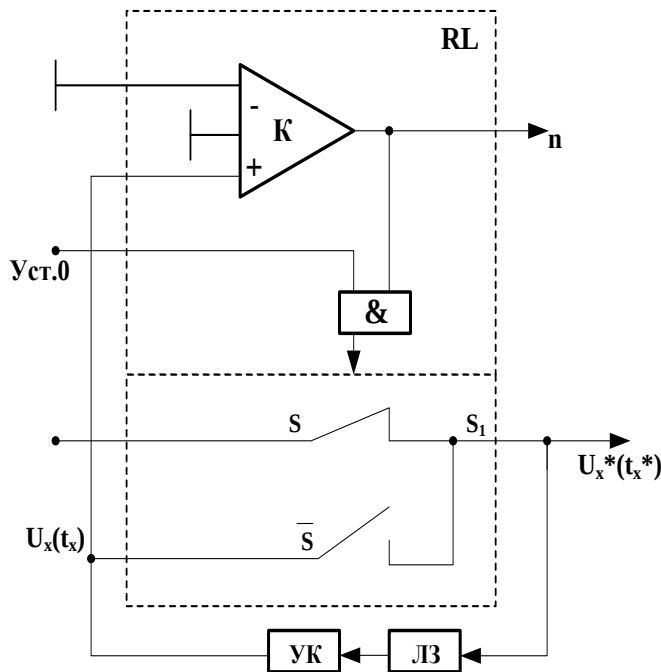


Рисунок 1.6,а.

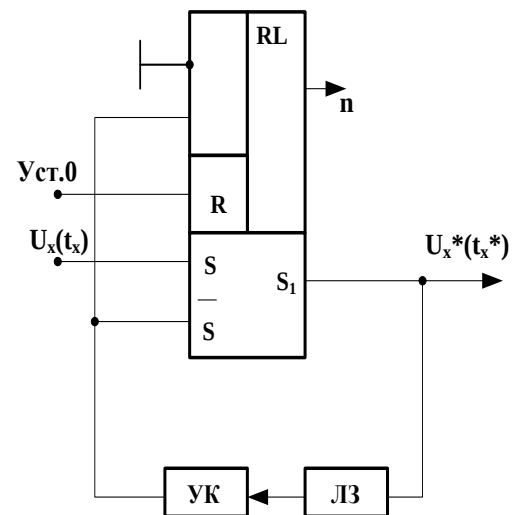


Рисунок 1.6,б.

Здесь дифференциальный компаратор K осуществляет при $U_x(t_x) \geq 0$ размыкание аналогового ключа S и замыкание аналогового ключа S_1 , а элемент $И$ – запись/стирание запоминаемого сигнала.

Как следует из анализа работы ДЗУ рециркуляционного типа на основе кодоуправляемого одноканального М - релятора, цепь запаздывающей ПОС в каждой из n рециркуляций включается только на время равное длительности рециркулирующего импульсного сигнала $U_x(t_x)$, что снижает влияние

нестационарных процессов в рециркуляторе на форму и амплитуду запоминаемого импульсного сигнала и позволяет повысить точность и время запоминания импульсного сигнала $U_x(t_x)$.

Для дальнейшего снижения влияния нестационарных процессов предлагается выполнять ДЗУ рециркуляционного типа на основе кодоуправляемого двухканального М - релятора рисунок 1.7.

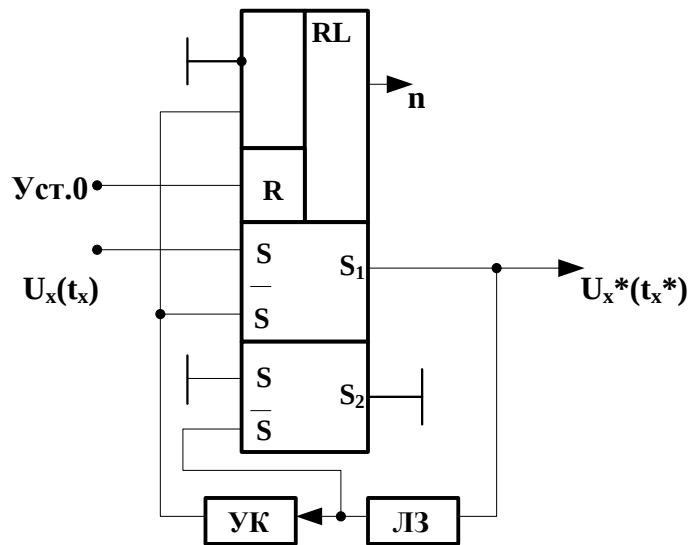


Рисунок 1.7 - ДЗУ рециркуляционного типа на основе кодоуправляемого двухканального М - релятора.3

В этом случае использование замыкающего аналогового ключа S второго канала $S2$ обеспечивая заземление выхода ЛЗ и входа усилителя - корректора и приводит к еще большему повышению точности запоминания импульсного сигнала $U_x(t_x)$.

В общем случае время запоминания описывается как

$$T_3 = nt_p.$$

Осуществляя подсчет числа рециркуляций n , можно осуществлять кодоуправляемую регулировку времени запоминания с дискретностью равной t_p .

В [5,6] относительная погрешность запоминаний ДЗУ рециркуляционного типа, представленного на рисунке 1.5, описывается выражением

$$\gamma = 1 - M(n) \cdot \Phi(n),$$

где $M(n)$ и $\Phi(n)$ функции, описывающие огибающие амплитуд импульсов на выходе идеализированного рециркулятора, то есть при

$$t_p/\tau \rightarrow \infty$$

(τ – длительность переднего фронта импульсного сигнала на выходе ЛЗ) и

$$K = 1.$$

Коэффициент передачи реального рециркулятора

$$K = K_{ЛЗ} K_{УК} K_{АК},$$

где $K_{ЛЗ}$, $K_{АК}$ – коэффициенты передачи соответственно ЛЗ и аналогового ключа, а $K_{УК}$ – коэффициент усиления усилителя – корректора. При

$$t_p/\tau \geq 40$$

и

$$n < 10$$

$$\Phi(n) = 1$$

с погрешностью менее 0,1%, в то время как

$$M(n) = K^n,$$

где

$$K < 1$$

необходимое условие работоспособности реального рециркулятора.

Следовательно, относительная погрешность запоминания

$$\gamma = 1 - K^n$$

определяется значением коэффициента передачи рециркулятора. ДЗУ рециркуляционного типа в элементном базисе рециркуляторов позволяют обеспечить значения $K = 1$.

Ввиду того, что запаздывающая положительная обратная связь (ПОС) в каждой из n рециркуляций действует только в течение длительности рециркулирующего импульса $U_x^*(t_n^*)$, а в случае рисунок 1.7 еще и тем, что выход линии задержки ЛЗ и вход усилителя – корректора УК заземляется на время длительности рециркулирующего импульса. В этом случае значение коэффициента усиления $K_{УК}$ усилителя корректора УК выбирается из условия

$$K_{ЛЗ} K_{УК} K_{АК} = 1.$$

При выполнении ДЗУ рециркуляционного типа в элементном базисе реляторов относительная погрешность запоминания будет определяться только функцией $\Phi(n)$, то есть

$$\gamma_p = 1 - \Phi(n).$$

Обеспечивая условие

$$\Phi(n) = 1,$$

а это согласно [5,6] достигается при

$$t_p/\tau \geq 40$$

и

$$n < 10,$$

следует ожидать

$$\gamma_p < 0,1\%.$$

То есть построение ДЗУ рециркуляционного типа в элементном базисе реляторов, позволяет повысить точность запоминания (сохранения) на один порядок при числе рециркуляции

$$n \leq 10.$$

2. Динамические запоминающие устройства с преобразованием время – код - время

ДЗУ с преобразованием время – код - время является устройством динамической памяти, в котором сохраняется информация о длительности временного интервала.

При необходимости считывания, на выходе такого ДЗУ формируется ВИ интервал, сохраненный в нем.

Одним из вариантов технической реализации данного ДЗУ является преобразование информации о значении ВИ в цифровой код и его сохранении в ОЗУ. А при запросе чтения, сохраненный цифровой код преобразуется в ВИ.

Непосредственно в процессе такого преобразования, информация о ВИ может быть считана с выхода устройства.

Рассматриваемое ДЗУ ВИ с преобразованием время – код – время представляется в виде некоего «ящика», имеющего четыре входа и один выход (рисунок 1.8). В то же время на рисунке 1.9 рассмотрена его структурная схема.

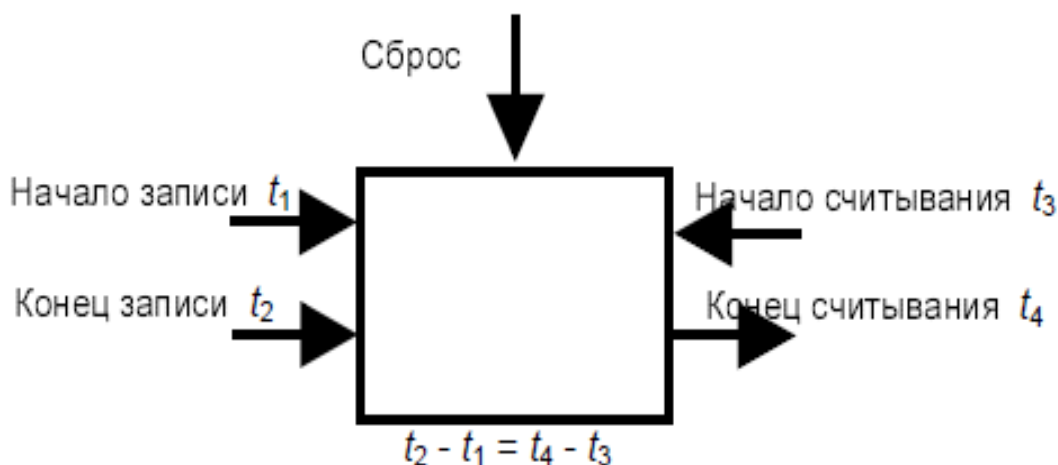


Рисунок 1.8 – ДЗУ с преобразованием время – код - время, отображенного в виде «ящика»

Начало и конец записи и чтения, а также и сброс, осуществляется передним фронтом импульсов, поступающих в ДЗУ или же генерируется в нем самом.

Передние фронты импульсов обозначены на рисунке 1.8 как начало (t_1 , t_3) и конец (t_2 , t_4) записываемого или воспроизводимого ВИ.

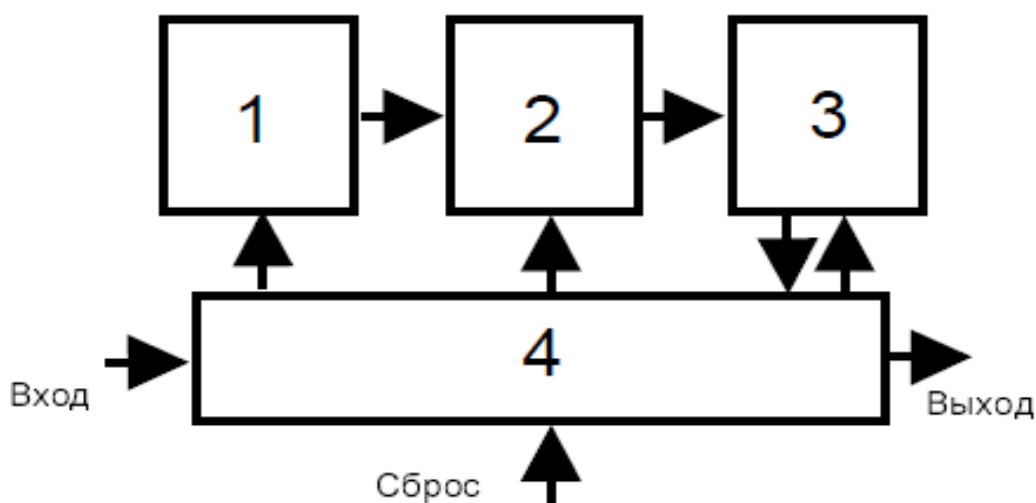


Рисунок 1.9 - Структурная схема ДЗУ ВИ
с преобразованием время – код - время

На рисунке 1.9:

- 1 - преобразователь время-код (ПВК);
- 2 – цифровое оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
- 3 - преобразователь код-время (ПКВ);
- 4 - устройство управления ДЗУ с преобразованием время – код – время.

Элементом памяти в ДЗУ служит триггер, а источником образцового ВИ – мультивибратор, создающий через заданные временные интервалы импульсы прямоугольной формы.

С целью осуществления кодирования поступающих от него импульсов в ОЗУ применены триггеры со счетными входами, причем каждый из них сохраняет информацию только об одном разряде двоичного числа.

При последовательном включении несколько триггеров со счетными входами, обеспечивается сохранение информации о числе поступивших с внутреннего генератора импульсов.

На основе знания частоты колебаний импульсов мультивибратора и знания о том сколько импульсов поступило, легко установить время в течение которого эти импульсы приходили.

В ДЗУ имеется ключ, который посредством импульсного сигнала t_1 разрешает прохождение импульсов от мультивибратора к триггерам со счетными входами, а по сигналу t_2 разрешение прекращается.

В течении временного интервала ($t_2 - t_1$) на триггеры со счетными входами, объединенные в многоразрядный счетчик импульсов (МСТ), поступит определенное число импульсов, которое и фиксируется и сохраняется в нем.

Триггеры со счетными входами, образующие МСТ, позволяет хранить информации в позиционном двоичном коде (ПДК), и практически служит в качестве ОЗУ. А МСТ, обладающий возможностью сохранять в ПДК зафиксированные импульсы, совместно с мультивибратором, образуют преобразователь время-код (ПВК).

С целью преобразования записанного в МСТ ПДК в ВИ используется то, что при применении инверсных выходов МСТ как основных выходов, он превращается по своим функциональным возможностям из суммирующего в вычитающий счетчик.

Во временной момент равный t_3 ключ открывается, и на вход вычитающего СТ, в котором сохранялась цифровая информация о значении ВИ в ПДК, начинают с мультивибратора приходить счетные импульсы.

Каждый импульс уменьшает состояние счетчика на единицу.

Как только состояние счетчика станет равным нулю, логическое устройство создаст импульсный сигнал, отображающий окончание ВИ, цифровое значение которого сохранялось в ДЗУ.

Это соответствует моменту времени t_4 . Затем ключ закрывается по сигналу «сброс».

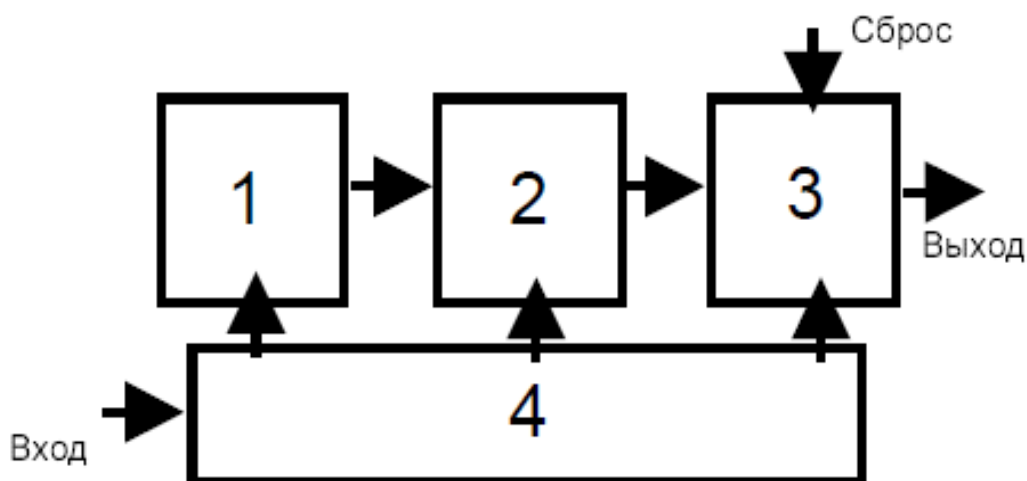


Рисунок 1.10 - Функциональная схема ДЗУ ВИ
с преобразованием время – код - время

Функциональная схема ДЗУ ВИ с преобразованием время – код – время (см. рисунок 1.10) содержит следующие функциональные узлы:

- 1 – мультивибратор;
- 2 – ключ;
- 3 – счетчик;
- 4 -устройство управления.

Мультивибратор (МВ) создает импульсы прямоугольной формы, которые формируются посредством положительной обратной связи через логическую схему.

В МВ частота, амплитуда и стабильность импульсов прямоугольной формы определяются характеристиками его активных элементов, то есть их напряжением питания, пороговыми уровнями переключения, быстродействием.

В данном устройстве автоколебательный МВ обладает периодом колебаний, равным $2RC$, а стабильность частоты определяется стабильностью порогового уровня ТТЛ – ИМС, применяемых его конструкции.

Ключ технически исполнен на основе логических схем и управляется сигналом устройства управления, который формируется под действием входных сигналов t_1 , t_2 , t_3 и «сброс».

В качестве МСТ применяются одна или несколько групп триггеров, выпускающихся промышленностью в интегральном исполнении.

Интегральные микросхемы (ИМС) обычно имеют четыре счетных триггера и, соответственно, такой МСТ обладает числом состояний равным шестнадцати.

Применение одного такого счетчика обеспечивает дискретизацию времени с шагом в $1/16$ всего ВИ, что соответствует 6%.

В виду того, что погрешность, возникающая в процессе дискретизации ВИ может быть большой, в данном ДЗУ применены два МСТ.

Их совместное использование позволяет обеспечить 256 состояний. Погрешность при этом не превышает 0,4%, что является допустимым значением.

Устройство управления (УУ), это логическое устройство, которое обеспечивает взаимодействие функциональных узлов посредством логических сигналов.

Одновременно УУ воспринимает и внешние сигналы и переформатирует их логические уровни напряжений и временные параметры до необходимого значения.

В качестве примера ниже рассматривается работа принципиальной схемы устройства управления ДЗУ ВИ с преобразованием время – код – время.

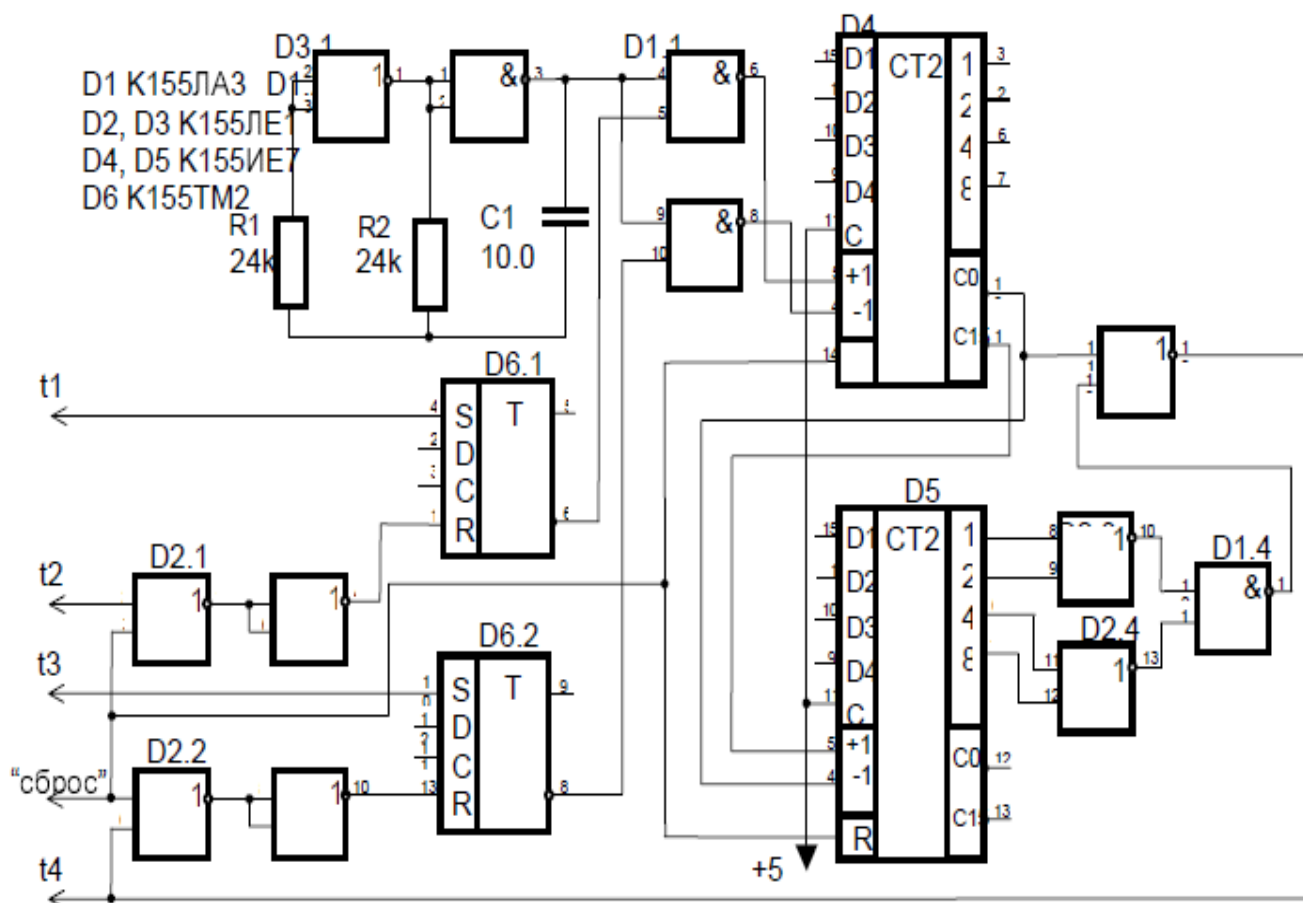


Рисунок 1.11 - Принципиальная схема устройства управления ДЗУ ВИ с преобразованием время – код – время.

Мультивибратор, формирующий импульсы прямоугольной формы, выполнен на следующих ИМС и резисторах и конденсаторах: D 3.1, D 1.1, R1, R2, C1.

При этом частота следования импульсов прямоугольной формы не превышает 4Гц. Данные импульсные сигналы , согласно тому, какой логический ключ открыт, подаются на суммирующий или на вычитающий вход СТ.

Логические ключи на ИМС D1.2 и D1.3 открываются при переключении триггеров D6.1, D6.2, которые в свою очередь срабатывают от импульсных сигналов t1 и t3.

В виду того, что информационной емкости четырехразрядного СТ не достаточно для обеспечения необходимой точности, применяются два СТ,

которые соединяются последовательно и вмещают 256 импульсов за время равное 64 сек.

С поступлением импульсного сигнала t_1 на выходе 6 триггера D6.1. образуется логическая единица, которая позволяет ключу D1.2 проводить импульсы от МВ на вход 5 СТ импульсов на ИМС D4.

Четырехразрядный СТ суммирует приходящие на него импульсы до того момента времени, пока не придет на входе t_2 импульсный сигнал. По приходу сигнала t_2 , триггер D6.1 перекидывается в противоположное логическое состояние, ключ D1.2 закрывается, и импульсы перестают поступать на четырехразрядный СТ.

Так как частота следования импульсов МВ равна 4Гц, по числу поступивших на четырехразрядный СТ импульсов, не трудно оценить ВИ равный t_1-t_2 . Чтобы воспроизвести данный ВИ подается сигнал t_3 , который через триггер D6.2 и ключ D1.3 разрешает прохождение импульсов от МВ на вычитающий вход 4 СТ на ИМС D4.

Возвращение в состояние логического нуля СТ занимает время равное (t_1-t_2) . Обеспечение состояния логического нуля СТ на ИМС D4, D5 устанавливается посредством ИМС D1.4, D2.3, D2.4, D3.4 и в виде сигнала t_4 подается на выход. В случае, если записанная информация не прочитана и осталась в СТ, то перед следующего циклом работы СТ следует обнулить. Что осуществляется подачей импульсного сигнала «сброс» на входы 14 (R) СТ и установкой триггеров D6.1, D6.2 в начальное состояние.

Так как входы предварительной установки состояний СТ - 15, 1, 10, 9 (D1-D4) не применяются, то на их входы 11 (C) подается логическая единица.

Таким образом, предложенное устройство позволяет хранить ВИ длительностью до 64 секунд с дискретностью 0,25 секунды. В случае потребности запоминания ВИ длительностью до 32 секунд, целесообразно повысить частоту следования импульсов мультивибратора (МВ) в два раза и этим понизить погрешность дискретности на небольших ВИ равных t_1-t_2 .

2.1. Нониусные преобразователи время – код и код – время для динамических запоминающих устройств с преобразованием время – код-время

К настоящему времени известен нониусный способ преобразования ВИ в код (ПВК) с однократной интерполяцией. Отличительной особенностью электронного нониуса является высокая точность преобразования при отсутствии высоких требований к быстродействию его элементной базы.

В настоящем разделе рассматривается нониусный способ преобразования кода во временной интервал (ПКВ), который малоизвестен, однако он также обеспечивает точности без предъявления высоких требований к быстродействию его элементной базы.

Причем использование в нем автогенераторов импульсов в качестве источников образцовой (опорной) и нониусной последовательностей предпочтительней в связи с тем, что они работают в установившемся режиме при наибольшей стабильности частоты в отличие от ждущих генераторов, которые обладают высоким значением нестабильность, особенно на начальном этапе процесса генерации.

Ниже рассматриваются также и ПКВ с многократной нониусной интерполяцией (ИП), которая обеспечивает многократное корректирование положения переднего фронта выходного ВИ. Такое уточнение уменьшает погрешность преобразования по сравнению со способом однократной нониусной ИП.

Рассматриваемые способы нониусного ПВК и ПКВ рекомендуются кроме применения в ДЗУ с преобразованием время – код – время и для использования в прецизионных информационно - измерительных устройствах, в контурах систем автоматического управления, а также и для технических реализаций прецизионных и управляемых линий задержки.

Следует заметить, что понятие «нониусный способ» впервые был применен для измерения линейных величин, к примеру, для измерения размеров с помощью штангенциркуля [8]. При этом нониусный способ ПВК и ПКВ основывается на сравнении двух измерительных (преобразовательных) шкал, цена делений которых отличаются на необходимую дискретность (ступень) дискретизации.

2.1.1 Нониусные преобразователи время – код

На рисунке 2.1 проиллюстрирован нониусный ПВК, а на рисунке 2.2 - ВД его работы [8].

Импульсом «Начало интервала» включается образцовый генератор импульсов (ГО) и RS - триггер Т1 переходит в логическое состояние, которое разрешает схеме И1 пропуск импульсов от ГО на счетный вход основного счетчика импульсов (СТО).

При этом СТО начинает фиксировать импульсы от ГО до момента времени поступления импульса «Конец интервала».

Импульсом «Конец интервала» включается нониусный генератор (ГН) и RS - триггер Т1 переходит в состояние логическая единица и закрывает схему И1, а СТО останавливается, образуя старшие разряды общего результата преобразования.

Одновременно импульсом «Конец интервала» открывается схема И2 и импульсные сигналы с ГН фиксируются в нониусном счетчике импульсов (СТН).

При фазовом совпадении импульсов ГО и ГН включается схема ИЗ и перебрасывает RS - триггер Т2 в противоположное логическое состояние, а схема И2 закрывается, СТН прекращает счет и формирует на своем выходе младшие разряды общего результата преобразования.

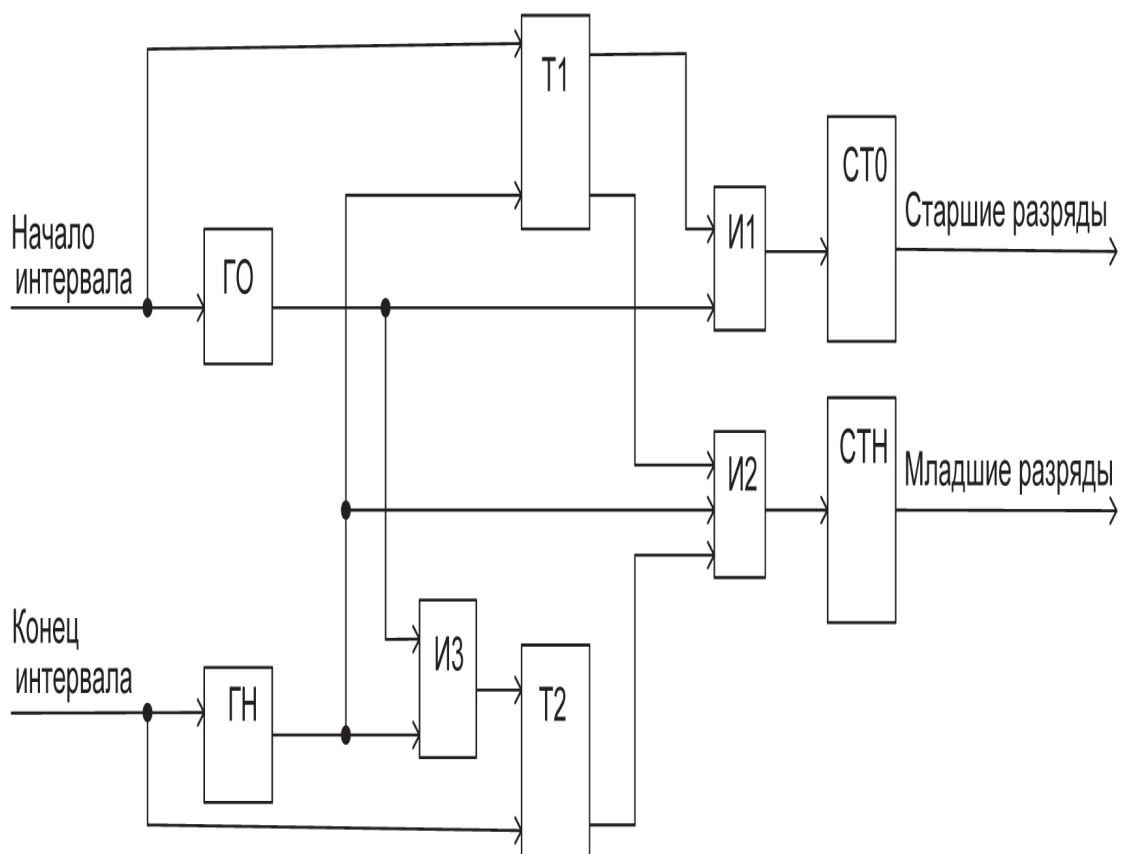


Рисунок 2.1 - Нониусный ПВК

Общий результат преобразования определяется совокупностью чисел зафиксированных как в СТО, так и в СТН.

Отсюда следует вывод, что электронный нониус позволяет повысить точности ПВК без высоких требований к быстродействию узлом схемы ПВК, так как частоты колебаний ГО и ГН отличаются на незначительную величину дискретности преобразования.

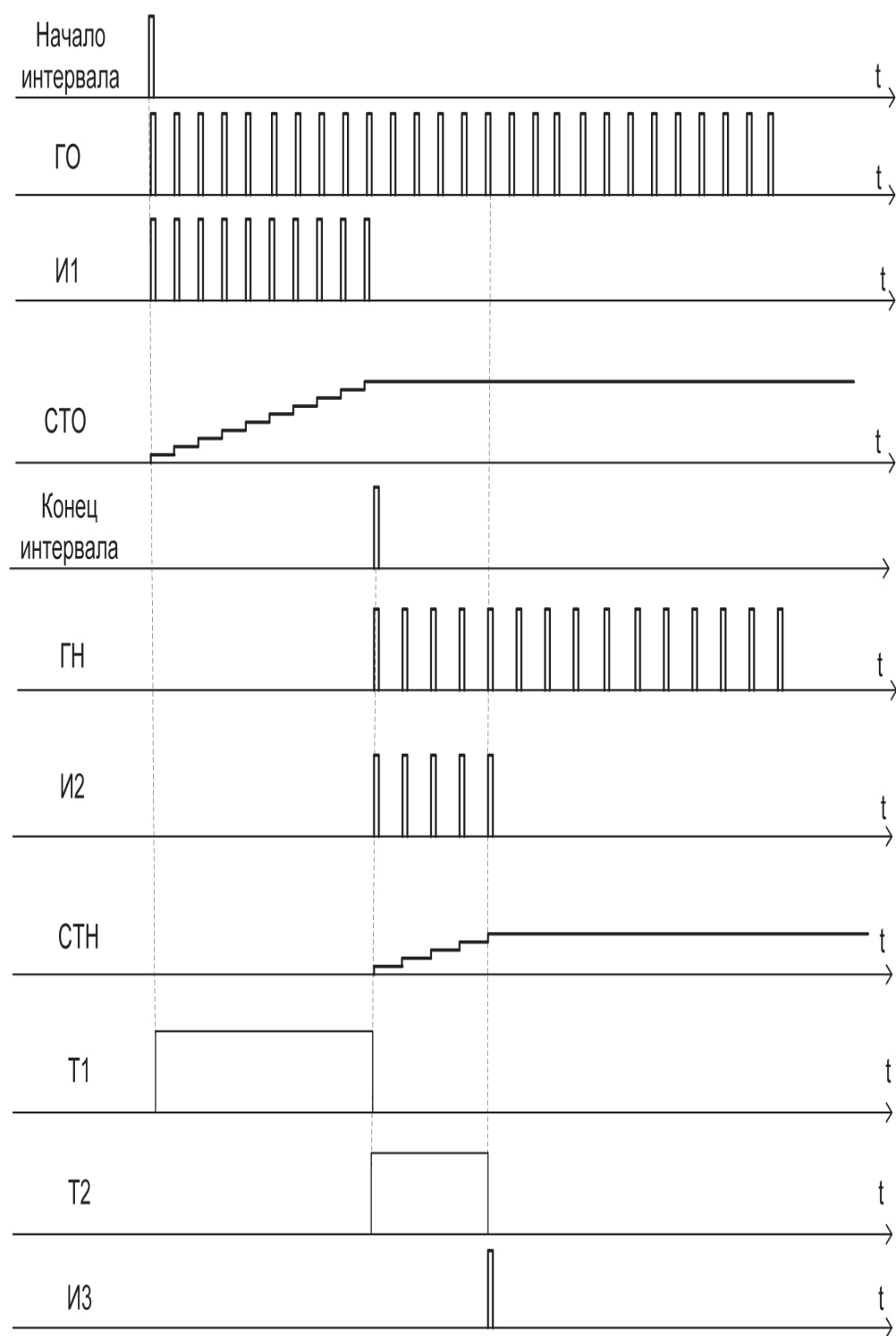


Рисунок 2.2. – ВД работы нониусного ПВК

2.1.2. Нониусные преобразователи код - время

В отличие от нониусных ПВК, нониусные ПКВ в настоящее время встречается гораздо реже. В данном разделе анализируются нониусные ПКВ, которые обеспечивают повышение точности преобразования без использования в его составе быстродействующих элементов [9–12].

На рисунке 2.3 представлен нониусный ПКВ, а на рисунке 2.4 – его временная диаграмма работы [9].

Импульсным сигналом «Начальная установка» RS - триггеры T1 и T2 фиксируются в логическом состоянии, которое разрешает работу нониусного ПКВ.

При этом входной цифровой код, подлежащий преобразованию во временной интервал, разбивается на группу старших и группу младших разрядов.

Импульсом «Запись» инверсное значение кода группы старших разрядов фиксируется в СТО, а группа младших разрядов входного цифрового кода в прямом виде заносится в СТН.

Импульсным сигналом «Пуск» RS - триггер T1 переключается и одновременно включает генераторы ГО и ГН. При этом начинается процесс вычитания импульсов в СТН.

В это же время вычитающий вход СТО закрыт схемой И.

При обнулении СТН, импульс с его выхода переключает RS - триггер T2 и на клемме «Выход» формируется начало выходного ВИ.

После этого процесса на вычитающий вход СТО начинают поступать импульсные сигналы.

При обнулении СТО, его импульс обнуления посредством схемы ИЛИ переключит RS - триггер T2 и на шине «Выход» сформируется окончание выходного ВИ. Таким образом, с помощью нониусного способа происходит уточнение временного положения переднего фронта выходного ВИ, то есть погрешность преобразования уменьшается.

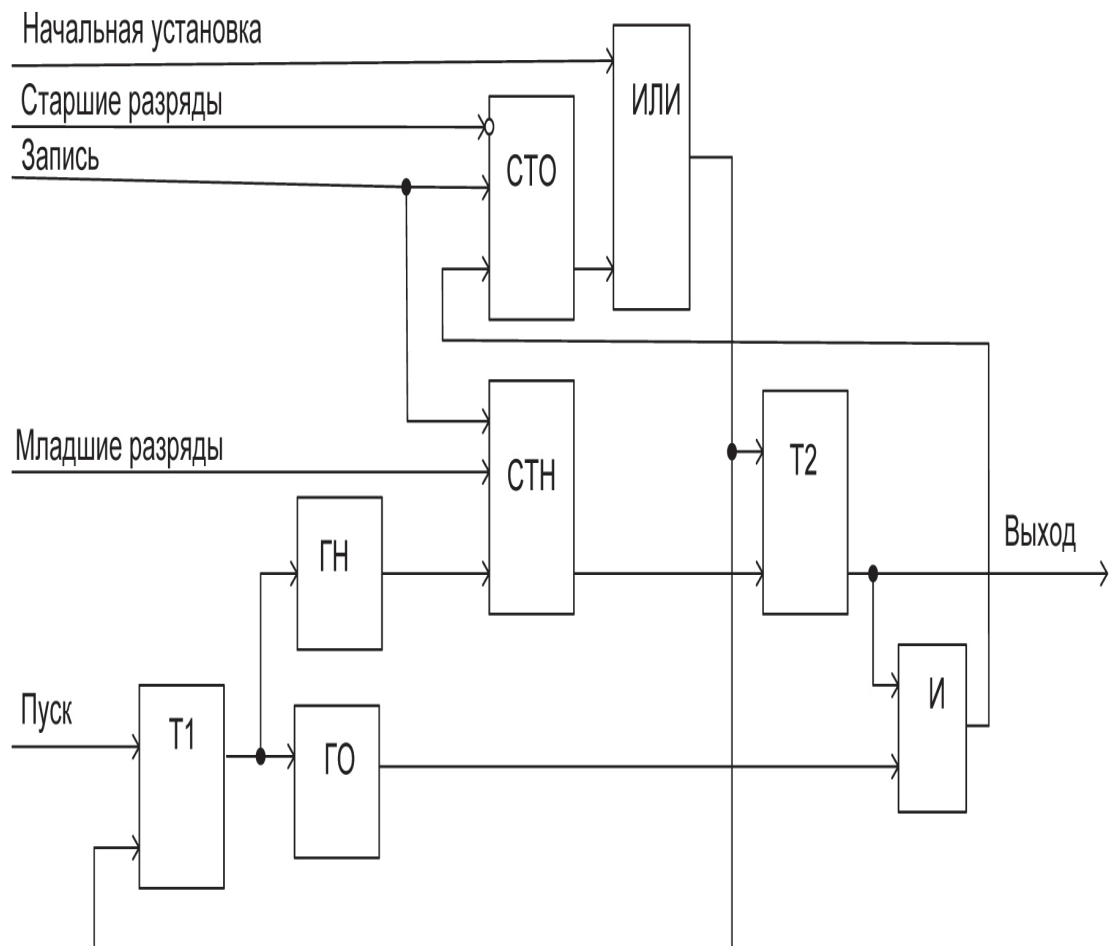


Рисунок 2.3 - Нониусный преобразователь кода во временной интервал

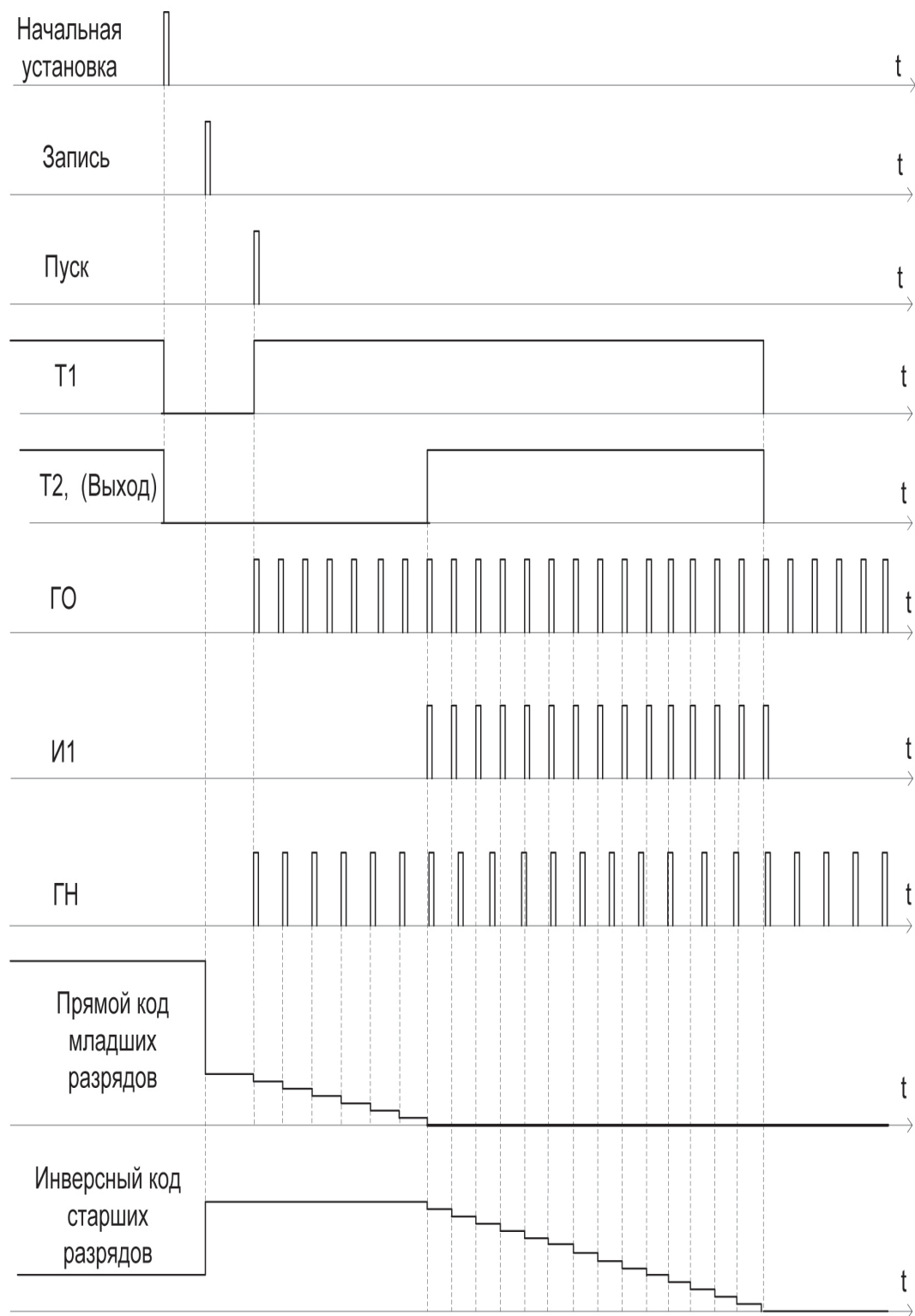


Рисунок 2.4 - Временные диаграммы работы нониусного ПКВ

Уточнение значения длительности сформированного ВИ осуществляется благодаря тому, что периоды следования импульсов нониусной и опорной последовательностей, соответственно T_n и T_o различаются на цену деления младшего разряда цифрового эквивалента разности Δt_x между длительностью формируемого ВИ и суммарной длительностью периодов опорной последовательности T_o , число которых было записано опорным счетчиком импульсов СТО.

Функция преобразования нониусного ПКВ имеет вид

$$t_x = t_o + \Delta t_x = T_o [N_o + h^{-\alpha} (N_{n.\max} - N_n)],$$

где N_o – количество импульсов, поступивших в СТН до момента времени его обнуления;

$N_{n.\max}$ – максимальное количество импульсов, зафиксированных СТН;

h – основание системы счисления;

α – число младших разрядов входного кода, которое выделено для процесса нониусной интерполяции.

Недостаток данного способа заключен в том, что здесь используется начальный этап работы ждущих генераторов G_o и G_n .

Однако на этом этапе стабильность генерации небольшая, а приводит к снижению точности преобразования.

С целью устранения данного недостатка используются автоколебательные генераторы (автогенераторы) для формирования опорной и нониусной частот колебаний, которые вырабатывают стабильную установившуюся частоту [10].

Данное применение автогенераторов приводит к увеличению времени преобразования, в виду того, что добавляется время ожидания совпадения импульсов опорного и нониусного автогенераторов.

Однако при этом повышается точность преобразования за счет применения нониусного способа.

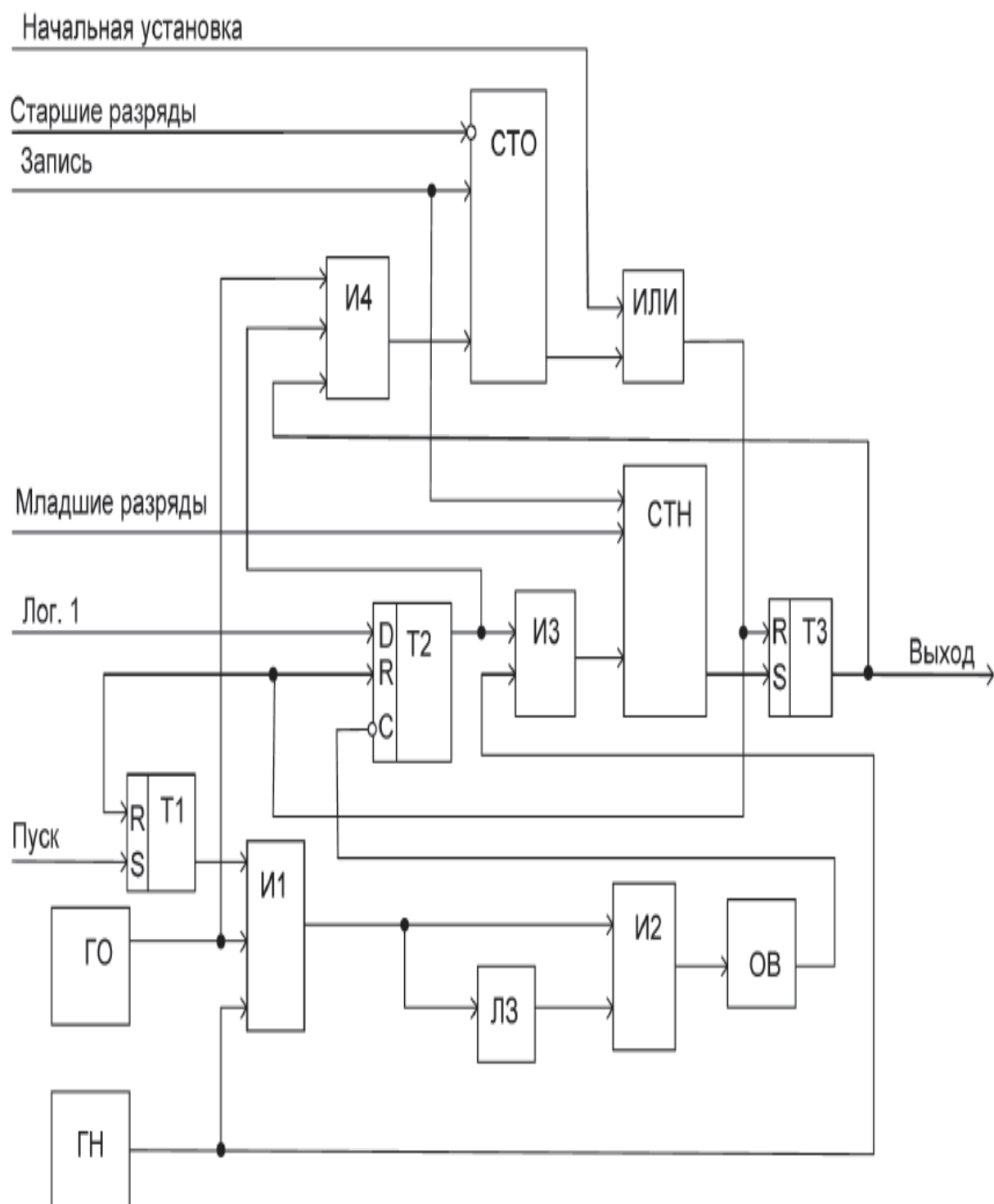


Рисунок 2.5 - Нониусный ПКВ на основе автогенераторов

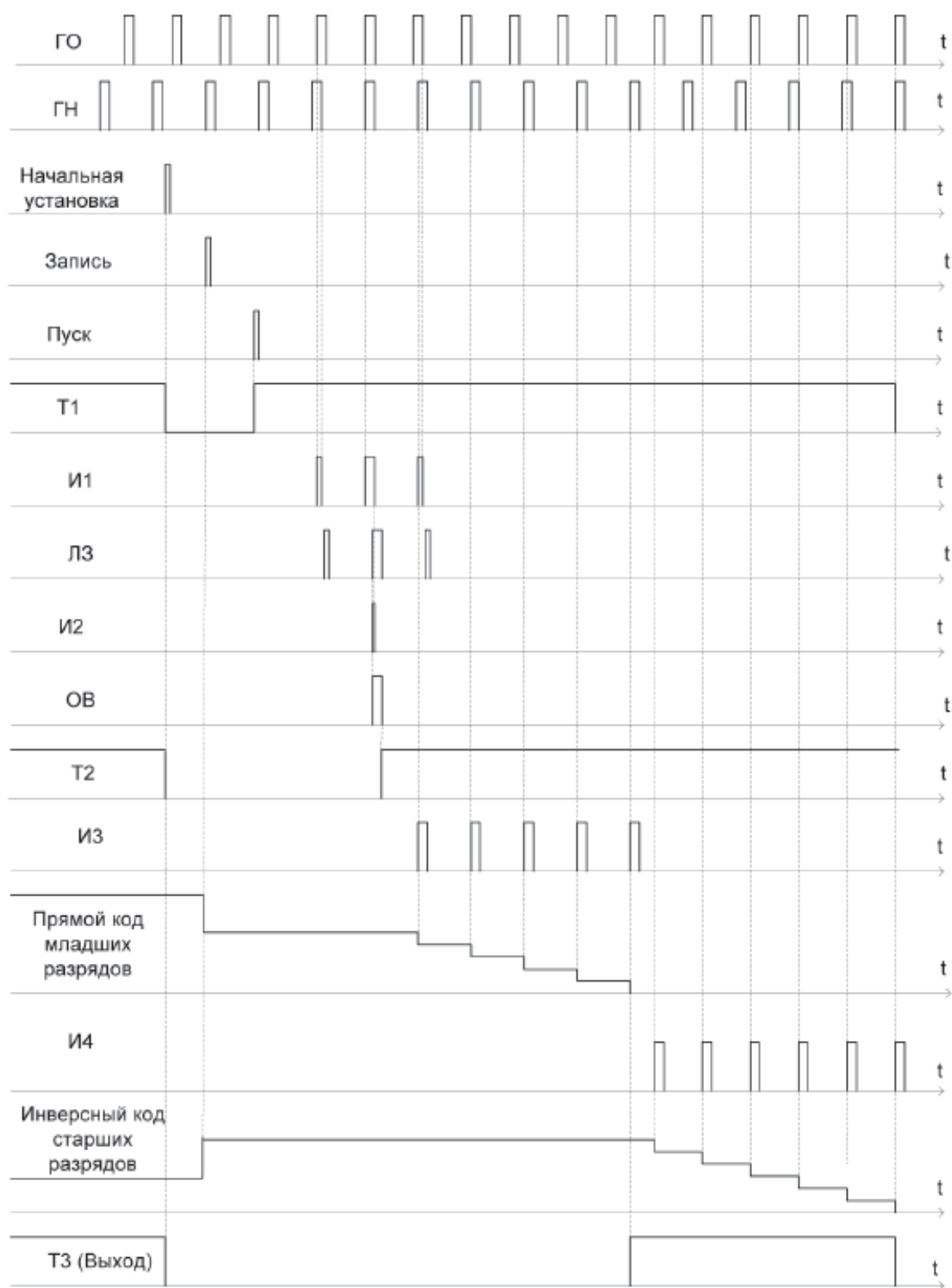


Рисунок 2.6 - Временные диаграммы работы нониусного ПКВ на основе автогенераторов

На рисунке 2.5 приведена функциональная схема нониусного ПКВ на основе применения автогенераторов, а на рисунке 2.6 - временная диаграмма его работы.

Перед началом работы нониусного ПКВ с автогенераторами осуществляется запись инверсного значения группы старших разрядов в СТО и прямого кода группы младших разрядов входного кода в СТН.

По импульсному сигналу «Начальная установка» устанавливаются в исходное состояние RS – триггеры T1 и T3 и D – триггер 2, то есть и ПКВ подготовлен для работы и автогенераторы ГО и ГН вырабатывают стабильные установившиеся частоты.

Импульсом «Пуск» RS – триггер T1 переключается и открывает схему И1.

В случае когда фазы колебаний автогенераторов ГО и ГН не полностью совпадают, схема И1 формирует короткие импульсы, которые задерживаются в линии задержки (ЛЗ).

Если же длительность импульса на выходе И1 меньше длительности импульсов автогенераторов ГО и ГН и в тоже время задержка ЛЗ равна длительности импульсов автогенераторов, то схема И2 не работает.

Если фазы колебаний обоих автогенераторов полностью совпадают, то схема И2 срабатывает и включает одновибратор (ОВ), который в свою очередь формирует импульсный сигнал определенной длительности.

От заднего фронта импульсного сигнала ОВ срабатывает D – триггер T2 и открывает схему И3 и импульсы ГН начинают вычитаться в СТН.

Импульс обнуления СТН переключает RS – триггеры T3, который сформировывает на клемме «Выход» начало выходного ВИ.

Одновременно при этом открывается схема И4 и происходит в СТО вычитание импульсов ГО.

Импульс обнуления СТО осуществляет переключение логического состояния RS – триггер T3 и на его выходе, то есть клемме «Выход» формируется окончание выходного ВИ.

2.1.3. Преобразователи код – время с многократной нониусной интерполяцией

В [8,11] предложено применять многократную нониусную интерполяцию для преобразователя кода в ВИ.

На рисунке 2.7 приведена функциональная схема ПКВ с многократной нониусной интерполяцией, выполненная на основе ждущих генераторов.

В этом случае входной код разбивается на следующие группы разрядов: группа основного кода и на N групп нониусного кода.

Функционирование данного ПКВ аналогична работе ПКВ с однократной нониусной интерполяцией. Однако уточнение положения переднего фронта выходного ВИ осуществляется многократно путем применения N нониусных шкал и, соответственно, N ждущих нониусных генераторов ($ГН1 \dots ГНN$).

Недостатком ПКВ, представленного на рисунке 2.7, также является нестабильность частот ждущих генераторов на начальном этапе их генерации.

Однако устранение этого недостатка возможно за счет применения автогенераторов, но при этом следует учитывать, что быстродействие преобразования уменьшается.

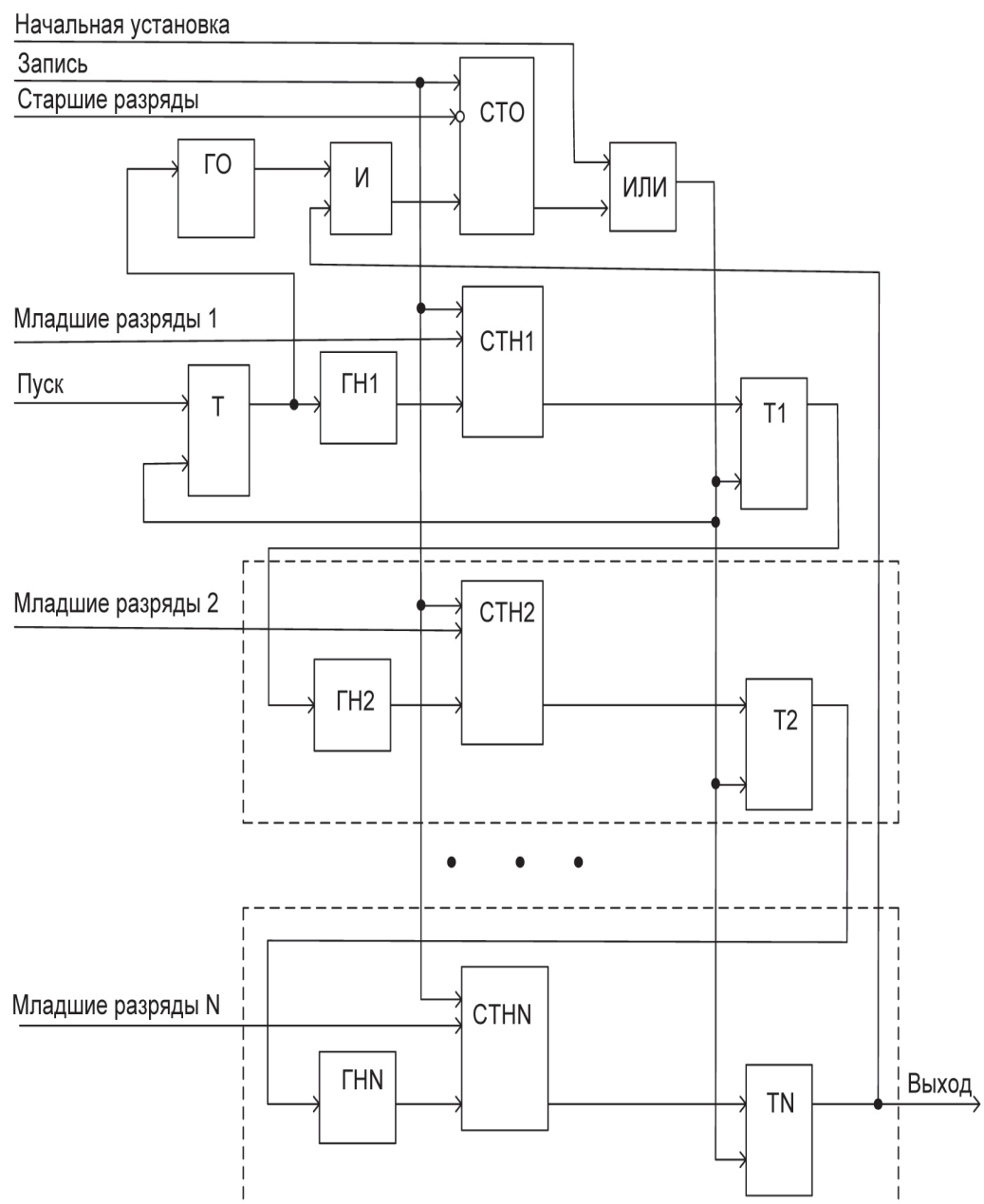


Рисунок 2.7 - ПКВ с многократной нониусной интерполяцией

2.1.4. Многоканальный универсальный нониусный преобразователь время – код - время

Применение автогенераторов для ПВК (прямое преобразование) и ПКВ (обратное преобразование) более эффективно, при многоканальном преобразовании, так как для всех каналов прямого и обратного преобразования используются один и тот же узел, фиксирующий совпадение фаз автогенераторов. Недостатком такого преобразователя также является нестабильность частот генераторов на начальном участке генерации. Кроме того, в режиме нониусного ПВК в каждом канале счетчики импульсов СТО и СТН заполняются тактовой частотой, в два раза большей частоты одного генератора, что дает возможность в два раза повысить точность преобразования. Функциональная схема многоканального универсального нониусного преобразователя время – код – время приводится на рисунке 2.8 [12]. Импульсным сигналом «Интервал-код» преобразователь функционирует в режиме многоканального ПВК, а по импульсному сигналу «Код - интервал» – в режиме многоканального нониусного ПКВ.

Учитывая выше изложенное следует сделать следующее заключение:

- нониусный способ повышает точность преобразования без повышения требований к быстродействию элементов его схемы как при ПВК, так и при ПКВ;
- многократный «нониус» обеспечивает повышение точность преобразования в сравнении с однократным «нониусом», так как использует в одном преобразователе несколько взаимосвязанных нониусных шкал;
- применение автогенераторов основательно уменьшает погрешность преобразования и особенно при применении многократной нониусной интерполяции;
- нониусный способ ПВК и ПКВ следует рекомендовать для уменьшения погрешности преобразования и других способов преобразования время – код и код – время.

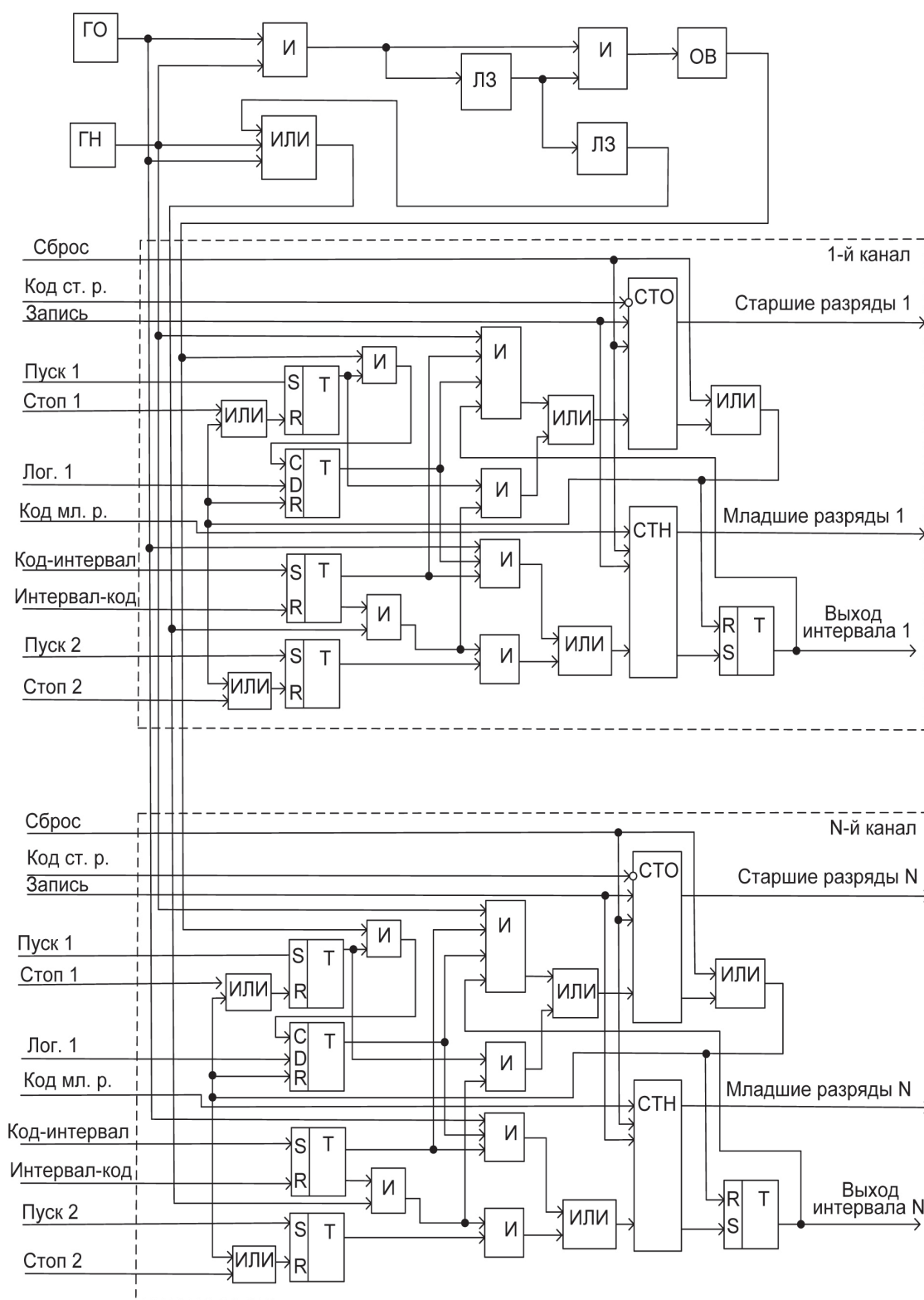


Рисунок 2.8 - Многоканальный универсальный нониусный преобразователь
время – код – время

3. Специализированные интегральные ПВК и ПКВ

3.1. Интегральные микросхемы ПВК

Интегральные микросхемы (ИМС) преобразователей время-код (ПВК), а за рубежом они называются «время - цифровые преобразователи» (ВЦП), в настоящее время выпускает фирма АСАМ (Германия), например TDC-GP21,22 имеют дискретность преобразования — десятки пикосекунд.

Их используют в ЦЕРНе на БАК и в системах ПРО США.

Выпускаются также ИМС фирмы ALTERA HP TDC 3,1; 2,1; 1,3 с дискретностью преобразования (t) соответственно – 3,1 нс; 2,1нс; 1,3нс.

Отечественные ИМС (ОАО «Сапфир») ПВК 1523ХП1;152ХП2;Б582А, Б имеют $t = 33,3\text{нс}$ (ХП1)и $13,3\text{нс}$ (ХП2 и Б582).

Все приведенные зарубежные ВЦП работают в реальном времени (практически не требуют дополнительных временных затрат на преобразование) и выполняются по интерполяционному принципу, в котором вначале преобразование осуществляется «грубо», посредством счетно-импульсного метода с дискретностью преобразования равной периоду счетной последовательности

$$T = (12,5 \div 40) \text{ нс} \quad (1)$$

или частотой

$$f = (25 \div 80) \text{ МГц},$$

а затем «точно» с помощью интерполятора.

Обычно это интерполятор хронотронного типа, представляющий собой время - цифровой преобразователь с информационной емкостью $n = 5 \div 10$ разрядов позиционного двоичного кода, выполненный по методу задержанных совпадений, где в качестве источника m - фазной дискретной задержки применяют цифровые линии задержки (ЦЛЗ) с дискретностью задержки

$$t = T/m,$$

причем

$$m = 2^n .$$

С учетом равенства (1)

$$t = (12,5 \div 40) \text{ пс} \quad (2)$$

Максимально достижимая дискретность преобразования в ВЦП с интерполяторами хронотронного типа в настоящее время может достигать значения $(2 \div 3)$ пикосекунды и определяется только временем задержки логического вентеля.

На последовательной цепи таких вентелей строятся ЦЛЗ, например в TDC-GRXX число логических вентелей равно 1024.

При этом верхняя граница преобразуемых ВИ ограничивается только информационной емкостью счетчика импульсов, фиксирующего счетную последовательность с периодом T и может достигать 30 бит, что учитывая (2) составляет $(12,5 \div 40)$ мкс.

Недостатком ВЦП с интерполяторами хронотронного типа является сложность устранения погрешности связанной с неопределенностью поступления переднего фронта (начала) преобразуемого временного интервала относительно счетной последовательности с периодом T , причем максимальное значение этой погрешности равно T .

Рециркуляционные ВЦП и их разновидности, рассмотренные выше в [6], позволяют достаточно просто полностью устранить эту погрешность, за счет жесткой привязки счетной последовательности с периодом T к началу преобразуемого временного интервала.

3.2. Микросхема специализированного преобразователя кода во временной интервал (ПКВ)

Интегральная микросхема (ИМС) ПКВ 5861АИ2У применяется для целей создания по длительности импульсных последовательностей с кодо управляемыми параметрами.

Технические параметры ИМС:

Частота колебаний (максимальная)

сигнала синхронизации, МГц.....90

Минимальное амплитудное значение аналогового

сигнала на входе CLKSIN, мВ.....300

Напряжение электропитания, В.....+5±10%

Температурный режим работы, 0С.....-60 ÷ +125

Конструктивное исполнение.....Н18.64-1В

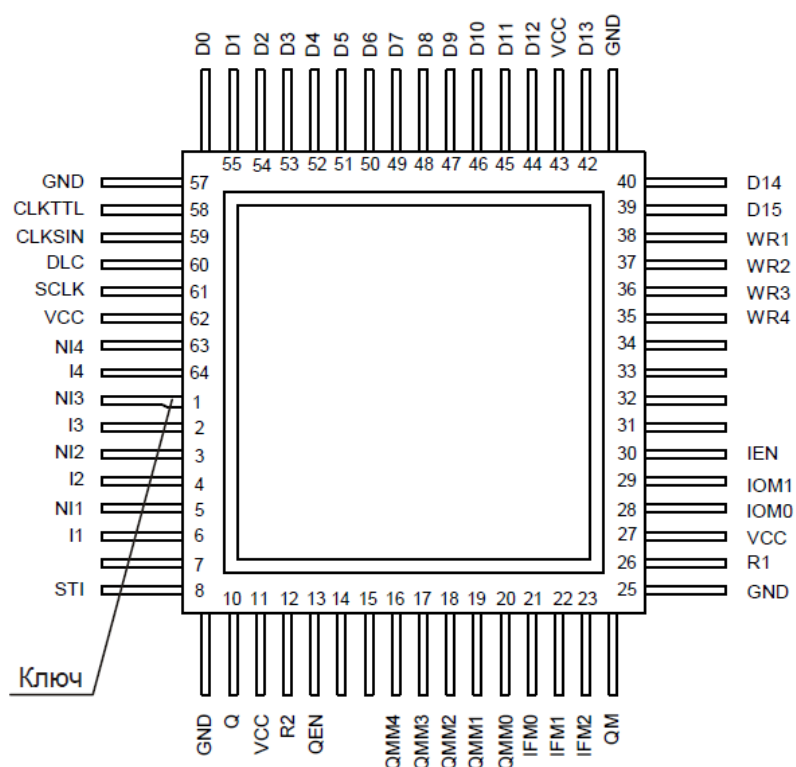


Рисунок 3.1 - Внешний ИМС ПКВ 5861АИ2У

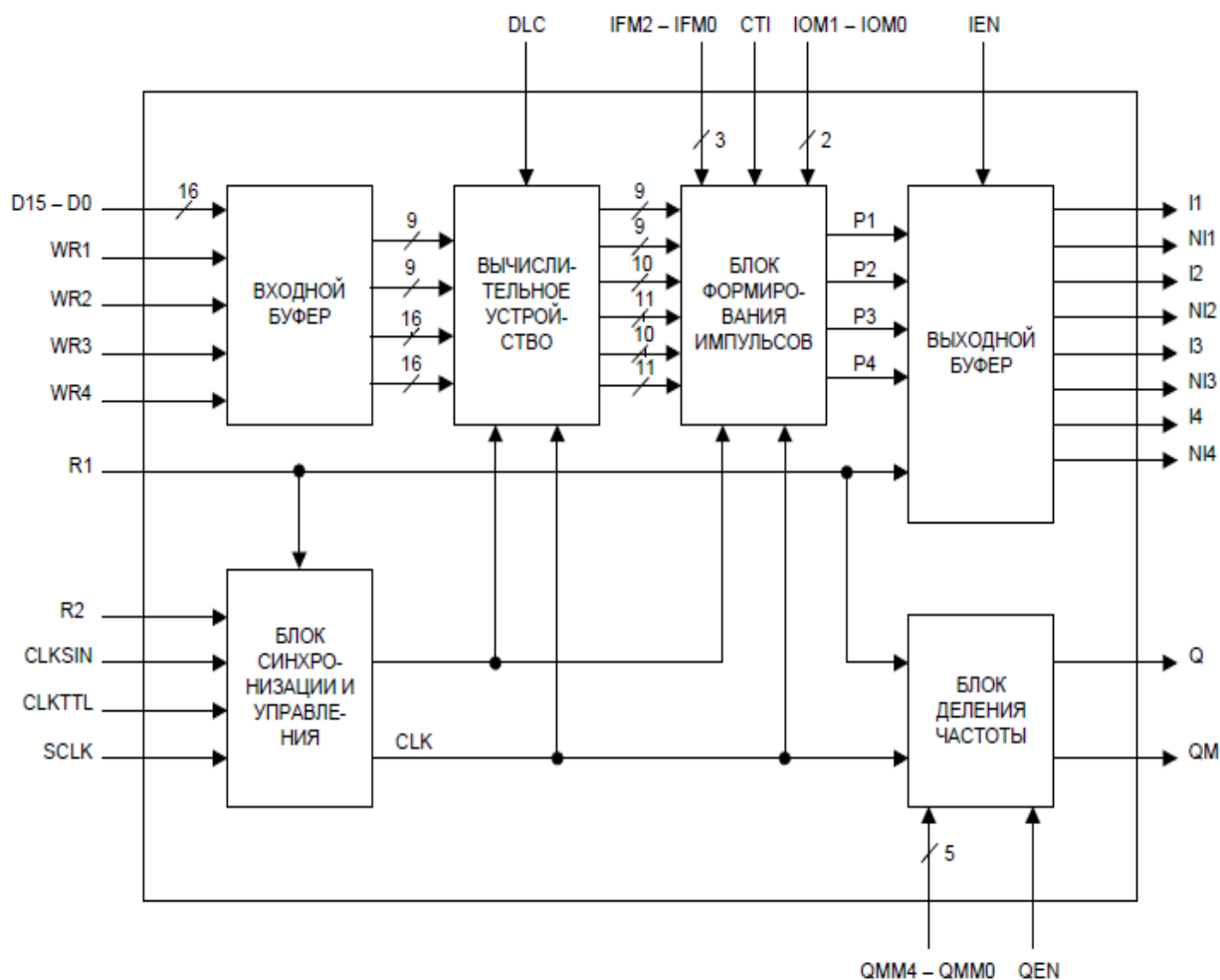


Рисунок 3.2 - Структурная схема ИМС ПКВ 5861AI2У

Выводы ИМС 5861AI2У и их назначение

D - Входная шина данных

WR1 - Вход сигнала записи первого слова данных

WR2 - Вход сигнала записи второго слова данных

WR3 - Вход сигнала записи третьего слова данных

WR4 - Вход сигнала записи четвертого слова данных

STI - вход стартового сигнала

DLC - Вход сигнала управления темпом вычислений

IOM - Входная шина кода управления последовательностями

I1 – I4

IFM - Входная шина кода управления скважностью последовательностей I1 – I4

IEN - Вход сигнала разрешения выдачи последовательностей I1 – I4

QMM - Входная шина кода коэффициента деления последовательности QM

QEN - Вход сигнала разрешения выдачи последовательности на выход Q

CLKTTL - Вход сигнала синхронизации цифровой

CLKSIN - Вход сигнала синхронизации аналоговый

SCLK - Вход сигнала выбора источника синхронизации
R1 - Вход асинхронного сброса
R2 - Вход асинхронного сброса
I1 - Выход последовательности I1 прямой
NI1 - Выход последовательности I1 инверсный
I2 - Выход последовательности I2 прямой
NI2 - Выход последовательности I2 инверсный
I3 - Выход последовательности I3 прямой
NI3 - Выход последовательности I3 инверсный
I4 - Выход последовательности I4 прямой
NI4 - Выход последовательности I4 инверсный
Q - Выход последовательности Q
QM - Выход последовательности QM

Работа ИМС ПКВ 5861АИ2У

Синхронизация работы ИМС производится по цифровому входу CLKTTTL или по аналоговому входу CLKSIN, на который должен подаваться синусоидальный сигнал синусоидальной формы и амплитудным значением более 0,3В.

Выбор входа синхронизации технически выполняется посредством сигнала SCLK, то есть при $SCLK = 0$ – вход CLKTTTL, а при $SCLK = 1$ – вход CLKSIN.

Из входных сигналов синхронизации формируется внутренний синхросигнал CLK, который далее поступает на узлы ИМС.

На входную шину D ИМС заводятся цифровые данные, которые задают параметры формируемых импульсных последовательностей I1–I4.

Входной буфер

Входной буфер содержит 9 - разрядные регистры памяти RG1, RG2, а также и 16 - разрядные регистры памяти RG3, RG4.

Фиксирование данных в перечисленные регистры памяти проводится по положительному фронту соответствующими сигналами записи WR1–WR4.

Структура входных данных

Регистр	разряды слов входных данных (шина D)															
	5	4	3	2	1	10	9	8	7	6		4		2	1	0
RG1								Код длительности «нулевой» части импульсов последовательности I1(K1)								
								7	6		4	3	2	1		0
RG2								Код длительности «единичной» части импульсов последовательности I1(K2)								
								7	6		4	3	2	1		0
RG3	Код сдвига заднего фронта импульсов последовательности I2 относительно импульсов последовательности I1 (RG3H)							Код сдвига переднего фронта импульсов последовательности I2 относительно импульсов последовательности I1 (RG3L)								
	7							7	6			3	2	1		0
RG4	Код сдвига заднего фронта импульсов последовательностей I3,I4 относительно импульсов последовательности I2 (RG4H)							Код сдвига переднего фронта импульсов последовательностей I3,I4 относительно импульсов последовательности I2 (RG4L)								
	7							7	6		4	3	2	1		0

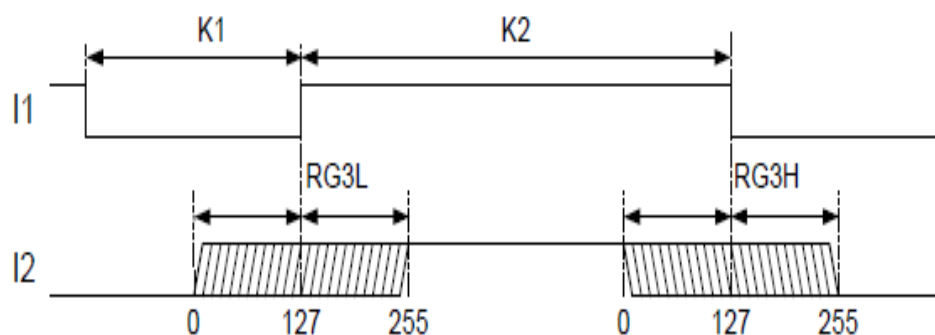


Рисунок 3.3 – Очередность создания импульсных последовательностей I1 и I2

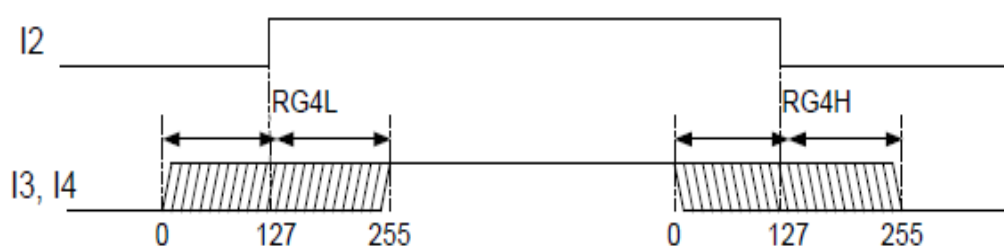


Рисунок 3.4 – Очередность создания импульсов последовательностей I3 и I4

Сдвиг передних фронтов импульсов проводится с дискретностью, равной периоду следования синхросигнала CLK.

Вычислительное устройство осуществляет вычисление вспомогательных величин, которые необходимы для создания последовательностей I1 – I4. Вычисления инициируются при записи новых данных в любой из регистров RG1 – RG4 входного буфера.

Продолжительность процесса вычисления равно девяти тактам синхросигнала CLK при условии $DLC = 0$ и двадцать девять тактов синхросигнала CLK при $DLC=1$.

Блок формирования импульсов используется для создания импульсов положительной полярности P1 – P4 согласно значениям, установленным в вычислительном устройстве, а также и кодом управления IOM:

Вход	Выходы			
ИОМ	P1	P2	P3	P4
00				
01	0	1	1	0
10	0	1	0	0
11	0	0	0	0

Формирование импульсов производится при наличии на входе STI положительного импульса длительностью более одного периода синхросигнала CLK.

При наличии на входе STI единичного импульса на выходах P1–P4 блока формирования образуются также единичные импульсы.

При присутствии на вход STI сигнала равного значению логической единицы на выходах P1–P4 блока формирования создаются непрерывные последовательности импульсов.

Импульсы могут быть выданы на выходы блока формирования с задержкой, устанавливаемой кодом, поступающего на входную шину IFM.

Этим обеспечивается изменение значения скважности выходных импульсных последовательностей (рисунок 3.5):

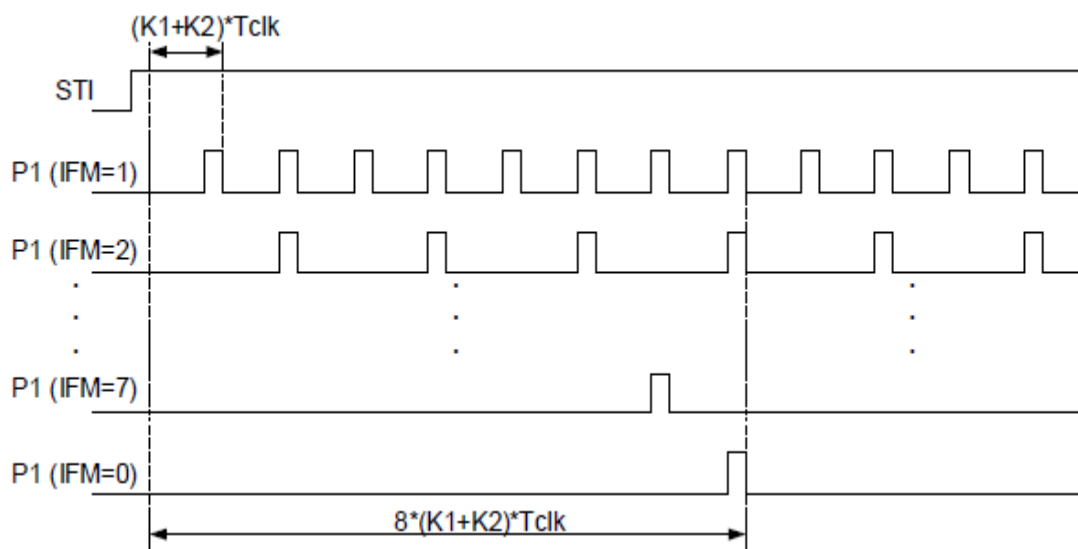


Рисунок 3.5

Выходной буфер создает из импульсов P1 – P4 парафазные сигналы I1, NI1 – I4, NI4.

Импульсные сигналы IEN и R1 производят управление подачей импульсных последовательностей на выходы I1, NI1 – I4, NI4:

Входы		Выходы							
R1	IEN	I1	NI1	I2	NI2	I3	NI3	I4	NI4
0	X	0	1	1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
1	1	P1	$\overline{P1}$	P2	$\overline{P2}$	P3	$\overline{P3}$	P4	$\overline{P4}$

X - безразличное состояние на входе.

Блок деления частоты создает из синхросигнала CLK последовательности Q и QM.

При $R = 0$ на выходах Q и QM образуются сигналы соответствующие логическому нулю.

В случае $R = 1$ на выходе Q образуется импульсная последовательность с частотой колебаний равной $f_{CLK}/2$ и скважностью равной двум.

Импульсный сигнал QEN используется с целью блокировки поступления сигнала на выход Q, то есть только (при $QEN = 0$ на выходе Q формируется сигнал логического нуля).

При $R = 1$ на выходе QM формируется импульсная последовательность, в которой частота колебаний импульсов f и их скважность q устанавливается кодом, поступающим на входную шину QMM.

4. Разработка ПКВ для динамического запоминающего устройства с преобразованием время – код - время

Основой цифровых управляющих устройств высокой точности, работающих по заданной временной программе, обычно используются, одноканальные линейные формирователи временных интервалов – ПКВ [13,15].

При этом требования к точности и быстродействию ПКВ регулярно ужесточаются.

Здесь необходимо заметить, что ПКВ формируют большие и средние ВИ с невысокой точностью в виду большой динамической погрешности, возникающая в момент преобразования значения кода во фронт или окончание ВИ.

Значение данной погрешности определяется длительностью переходного процесса канала формирования фронта ВИ. При этом тракт формирования обычно состоит из 4-х и более последовательно включенных блоков.

Особенностью функциональной схемы разработанного ниже ПКВ, является как алгоритм его функционирования, так и усовершенствование схемы сравнения кодов (ССК), к выходу которой подключается двойная память, состоящая из последовательно включенных Т - триггера и Д - триггера с динамическим входом синхронизации (синхро - вход).

При этом динамический синхро - вход Д-триггера включен в цепь «выход БС — вход счетчика» [14,15].

Представленный ниже прецизионный линейный ПКВ больших и средних ВИ исполнен по способу суммирования единичных временных приращений [14].

Также ниже приводится функциональная схема разработанного прецизионного

одноканального ПКВ (рисунок 4.1) и временные диаграммы его работы (рисунок 4.2).

Одноканальный ПКВ содержит:

- кварцевый генератор тактовых импульсов (ГТИ),
- блок синхронизации (БС),
- двоичный счетчик импульсов,
- адресное оперативное запоминающее устройство (ОЗУ),
- схему сравнения двоичных кодов (ССК),
- Т- триггер,
- Д - триггер с динамическим синхро - входом.

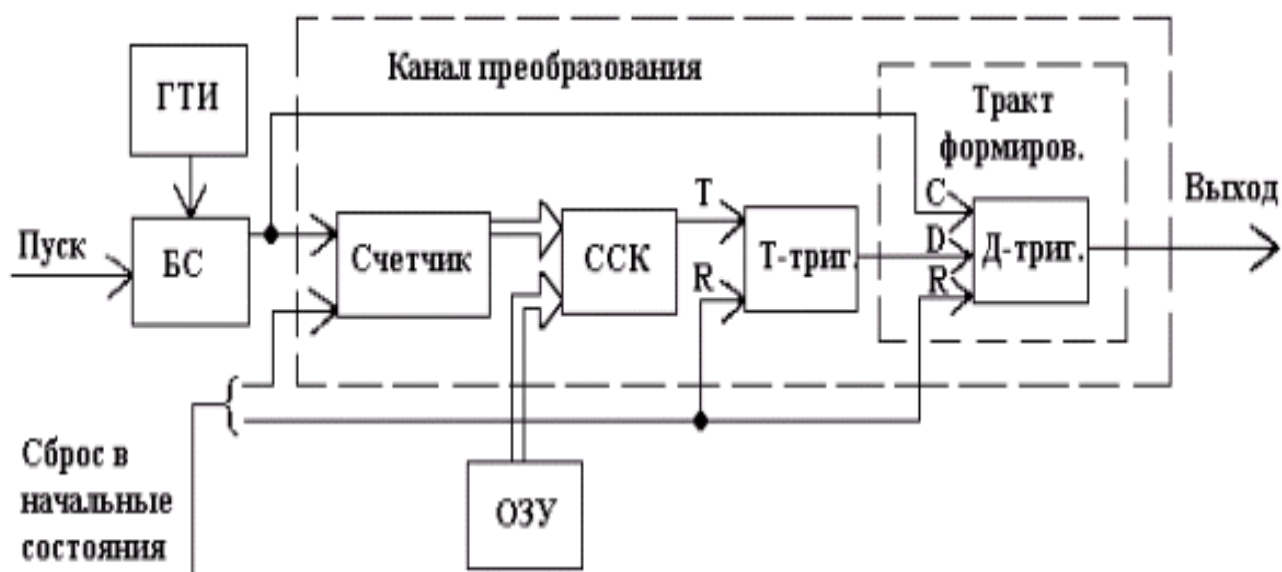


Рисунок 4.1 – ПКВ больших и средних ВИ

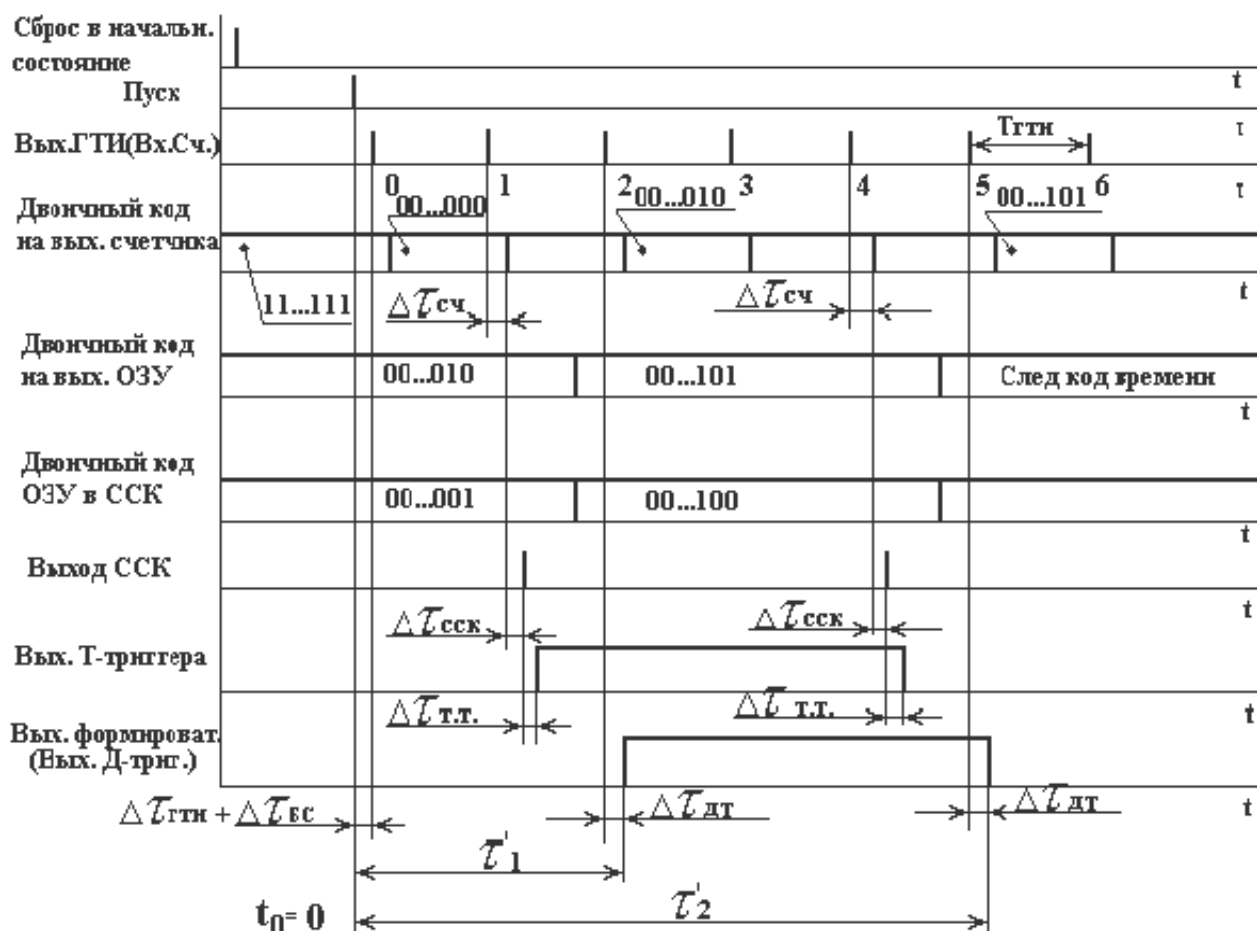


Рисунок 4.2 - Временные диаграммы работы ПКВ больших и средних ВИ

Импульсный сигнал «Пуск», фиксирующий начало формирования ВИ ПКВ, подается на вход БС, который обеспечивает синфазность передних фронтов импульсных сигналов «Пуск» и ГТИ, а также подачу импульсов с ГТИ на суммирующий вход счетчика импульсов, который в свою очередь переводит числоимпульсный код ГТИ в позиционный двоичный код (ПДК) [16,17,18].

При равенстве кодов, то есть при равенстве реального времени, формируемого на выходах счетчика импульсов и находящегося в ССК, результат сравнения, зафиксированный ССК, подается в первый Т-триггер двойной памяти.

Одновременно при этом в Т-триггер записывается кода времени, уменьшенный на единицу и отвечающий предшествующему тактовому импульсу с ГТИ.

Как следует из функциональной схемы, последующий тактовый импульс от ГТИ, соответствующий исходному коду времени, поступая на счетный вход счетчика импульсов, одновременно подается и на динамический синхро - вход Д-триггера (рисунок 4.2). При этом информация, сохраняемая в Т-триггере, переносится в Д-триггер и одновременно при этом формируется окончание ВИ на выходе ПКВ.

Известно, что величина динамической погрешности вычисляется по формуле [15, 19-21]

$$\Delta\tau_{ni} = \tau_{ni} - \tau_{ni}^{(OZY)}, \quad (1)$$

где τ_{ni} — реальное значение окончания ВИ; $\tau_{ni}^{(OZY)}$ — идеальное значение окончания ВИ, сохраняющегося в виде кода времени в ОЗУ.

Сравним величины динамических погрешностей, образующихся в момент времени формирования окончания ВИ в известном и разработанном формирователях ПКВ.

Динамической погрешности $\Delta\tau_{ni}$ широко известного ПКВ равна

$$\Delta\tau_{ni} = \Delta\tau_{ГТИ} + \Delta\tau_{БС} + \Delta\tau_{СЧ} + \Delta\tau_{ССК}. \quad (2)$$

В то время как динамическая погрешность $\Delta\tau_{ni}$ разработанного ПКВ описывается как

$$\Delta\tau'_{ni} = \Delta\tau_{ГТИ} + \Delta\tau_{БС} + \Delta\tau_{ДТ}, \quad (3)$$

где $\Delta\tau_{ГТИ}$, $\Delta\tau_{БС}$, $\Delta\tau_{СЧ}$, $\Delta\tau_{ССК}$, $\Delta\tau_{ДТ}$ — случайные величины динамических погрешностей узлов ГТИ, БС, счетчика, ССК, Д-триггера. При этом следует заметить, что сравнение величин $\Delta\tau_{ni}$ и $\Delta\tau'_{ni}$ правомочно, если известный и разработанный ПКВ выполнены на одной и той же элементной базе.

Из сравнения выражений (2) и (3), видно, что они имеют одинаковые составляющие $\Delta\tau_{ГТИ}$, $\Delta\tau_{БС}$, а $\Delta\tau_{Сч} > \Delta\tau_{ДТ}$.

При этом величина $\Delta\tau'_{ni}$ разработанного ПКВ уменьшена в сравнении с известным, к примеру, $\Delta\tau_{ni}$ известного ПКВ с такими же функциональными возможностями больше, чем на величину погрешности $\Delta\tau_{ССК}$.

Разработанный прецизионный ПКВ больших и средних ВИ рекомендуется к применению в различных областях вычислительной, измерительной, преобразовательной техники, в качестве ПКВ при построении ДЗУ с преобразованием время – код – время.

Заключение

В бакалаврской работе рассмотрены рециркуляционные (простые и широкодиапазонные) способы и средства запоминания ВИ, а также способы и средства ДЗУ с преобразованием время – код – время на основе нониусных преобразователей время – код (ПВК) и код – время (ПКВ).

Отличительной особенностью электронного нониуса является то, что он позволяет повысить точность преобразования без использования быстродействующей элементной базы.

Приводятся примеры нониусных ПВК и ПКВ с применением ждущих и автоколебательных импульсных генераторов основной и нониусной последовательностей.

Показано, что использование автоколебательных генераторов импульсов предпочтительней в связи с тем, что они используются в установившемся режиме при максимальной стабильности частоты, в отличие от ждущих (ударных) генераторов, которые обладают большой нестабильностью частоты колебаний особенно на начальном этапе генерации.

В бакалаврской работе также рассмотрены отечественные и зарубежные специализированные интегральные микросхемы ПВК и ПКВ, пригодные для технической реализации ДЗУ с преобразованием вида время – код – время.

Кроме того разработан ПКВ с повышенной точностью для ДЗУ с преобразованием вида время – код – время.

Список используемой литературы

1. Авторское свидетельство СССР № 1233216, кл. G11 C.21/00. 1984.
2. Губский В.И, Малевич И.А. Система динамических элементов памяти. - Приборы и техника эксперимента, 1976, №3, с. 86-90.
3. Волгин, Л.И. Элементный базис реляторной схемотехники. – Тольятти: ПТИС, 1999. -71с.
4. Волгин, Л.И., Зарукин, А.И. Развитие элементного базиса реляторной схематехники // Датчики и системы. -2002. -№3. –С.2-8
5. Моругин, Л.А. Импульсные устройства с запаздывающей обратной связью. М.: Советское радио, 1961. -208с.
6. Абрамов, Г.Н. Преобразователи аналог-аналог, аналог-код и код аналог рециркуляционного типа. Тольятти: Поволжский технологический институт сервиса, 1998. -36с.
7. Абрамов, Г.Н. Рециркуляционные модели динамической памяти нейронных сетей. Труды международной научно-технической конференции «Нейронные, реляторные и непрерывно-логические сети и модели». Ульяновск: УлГТУ, 1998. -Т1. –с.82-87.
8. Богородицкий А.А. Нониусные аналого - цифровые преобразователи [Текст]/ А.А. Богородицкий, А.Г.Рыжевский. – М.: Энергия, 1975. – 120 с.
9. Авторское свидетельство СССР №1034174, кл. H03K 13/20. Нониусный преобразователь кода во временной интервал [Текст]/С.Л.Сироткин, В.В.Клименко, В.А. Гаманко. – БИ № 29. – 1983.
10. Авторское свидетельство СССР №1275770, кл. H03M1/50. Нониусный преобразователь кода во временной интервал [Текст]/С.Л.Сироткин, В.В. Клименко, В.А. Гаманко, В.Г. Шаповал.–БИ №45.– 1986.
11. Авторское свидетельство СССР №1238242, кл. H03M1/82. Нониусный преобразователь кода во временной интервал [Текст]/С.Л.Сироткин, А.Н.Коньков, В.В.Клименко, Ю.А.Куликов.– БИ №22.– 1986.

12. Авторское свидетельство СССР №1637024, кл. H03M1/82. Нониусный преобразователь кода во временной интервал [Текст]/С.Л.Сироткин. – БИ № 11. – 1991.
13. Гитис Э.И., Пискулов Е.А. Аналого-цифровые преобразователи: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1981.
14. Овчаренко Н.И. Аналоговые и цифровые элементы автоматических устройств энергосистем. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
15. Шполянский В.А., Курицкий А.М. Программно-временные задатчики. - М.: Машиностроение, 1984.
16. Мелешко Е.А., Митин А.А. Измерительные генераторы в ядерной электронике. М.: Атомиздат, 1981.
17. Мелешко Е.А. Интегральные схемы в наносекундной ядерной электронике. М.: Атомиздат, 1978.
18. Мелешко Е.А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. М.: Энергоатомиздат, 1987.
19. Потапов А.В., Чернявский А.Ф. Статистические методы измерений в экспериментальной ядерной физике /Под ред. А.Ф. Чернявского. М.: Атомиздат, 1980.
20. Мелешко Е.А. Быстродействующая импульсная электроника. – М.: Физматлит. 2007.
21. Богородицкий А. А., Рыжевский А. Г. Нониусные аналого-цифровые преобразователи. - М.: Энергия. 1975.