Сироткин С.Л.
Sirotkin S.L.

*кандидат технических наук,
ведущий инженер-конструктор
Научно-конструкторского бюро
моделирующих и управляющих систем,
Южный федеральный университет,
г. Таганрог,
Российская Федерация*

Коньков А.Н.
Konkov A.N.

*начальник сектора
Научно-конструкторского бюро
моделирующих и управляющих систем,
Южный федеральный университет,
г. Таганрог,
Российская Федерация*

УДК 681.3

DOI:

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ДИАПАЗОНОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ ИМПУЛЬСОВ

В данной статье рассматриваются способы повышения точности преобразования средней частоты импульсов в код с помощью введения автоматического переключения диапазонов. Описываются преобразователи частоты в код, построенные на основе использования реверсивного счетчика и линии задержки. Преобразуемая частота поступает на суммирующий вход реверсивного счетчика, и она же, пройдя линию задержки, поступает на вычитающий вход реверсивного счетчика. Таким образом, реверсивный счетчик непрерывно отслеживает среднее значение частоты. Повышение точности преобразования достигается за счет разбиения диапазона изменения входной частоты на поддиапазоны. Рассматриваются предложенные способы автоматического переключения диапазонов, основанные на цифровом способе и на использовании аналоговых компараторов.

На описанные методы повышения точности преобразования получены авторские свидетельства СССР. Описанные методы автоматического переключения диапазонов построены на основе использования дискретных линий задержки (регистров сдвига) с большим числом разрядов. Реализация линий задержки с большим числом разрядов предлагается на основе использования программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Рекомендуется к использованию в системах управления и обработки информации.

Ключевые слова: реверсивный счетчик, средняя частота импульсов, дискретная линия задержки, диапазон преобразования, точность преобразования, регистр сдвига, аналоговый компаратор.

AUTOMATIC RANG SWITCHING WHEN MEASURING THE AVERAGE FREQUENCY OF THE PULSES

This article discusses ways to improve the accuracy of the formation of the average pulse frequency in the code by introducing automatic switching ranges. Frequency-to-code converters based on the use of a reversible counter and a delay line are described. The converted frequency is supplied to summing input reversible counter and she, after passing the delay line, is fed to

subtract total input of the reversible counter. Thus, the reversing counter continuously monitors the average frequency. Increasing the accuracy of pre-formation is achieved by dividing the range of changes in the input frequency into sub-bands. The proposed methods of automatic range switching based on the digital method and based on the use of analog Comparators are considered.

The author's certificates of the USSR are received on the described methods of increase of accuracy of transformation. The described methods of automatic range switching are based on the use of diskette delay lines (shift registers) with a large number of digits. The implementation of delay lines with a large number of bits is proposed based on the use of programmable logic integrated circuits (FPGAs). It is recommended for use in control and information processing systems.

Key words: reversible counter, the average frequency of the pulses, a discrete delay line, the range of conversion, accuracy of conversion, shift register, analog comparator.

Устройства на базе способа измерения частоты [1] имеют неширокий диапазон преобразования и, как следствие, имеют низкую точность преобразования [2]. В [3] предложены различные непрерывные способы преобразования частотных сигналов и их характеристик в код.

С целью повышения точности преобразования в [4] предложен преобразователь частоты в код с автоматическим переключением диапазонов. Структура такого устройства представлена на рисунке 1. Устройство работает следующим образом.

Рисунок 1. Структура устройства для измерения частоты импульсов с автоматическим переключением диапазонов с цифровым определением зон измерения

Перед началом работы преобразователь устанавливается в исходное состояние подачей сигнала на шину «Сброс». При этом через элемент ИЛИ устанавливается в ноль регистр сдвига, триггер, счетчик, элемент задержки и все разряды регистра, кроме

среднего. По шине «Частота» на второй вход первого синхронизатора и информационный вход элемента задержки поступают импульсы входной частоты. Первый и второй синхронизаторы разносят во времени моменты поступления импульсов входной частоты на

суммирующий и вычитающий входы реверсивного счетчика. На суммирующий вход реверсивного счетчика импульсы начинают поступать сразу после подачи входной частоты, а на вычитающий вход – спустя время, определяемое элементом задержки. Первым импульсом с выхода третьего синхронизатора устанавливается в единичное состояние триггер, нулевой потенциал с инверсного выхода которого открывает элемент И1, а сигналом с прямого выхода открывается элемент И2. За время, прошедшее между появлением первых импульсов на суммирующем и вычитающем входах реверсивного счетчика, в счетчике накопится число, прямо пропорциональное значению входной частоты. При неизменной входной частоте на шине «Частота» код в реверсивном счетчике будет также неизменным с точностью до младшего разряда. Это объясняется поочередным поступлением импульсов на вычитающий и суммирующий входы реверсивного счетчика. При изменении входной частоты пропорционально изменится содержимое реверсивного счетчика за счет инерционности управляемого элемента задержки. Начальное значение задержки определяется частотой импульсов, поступающих с выхода делителя частоты. При этом коэффициент деления определяется кодом, хранимым в регистре сдвига. Указанное справедливо при отсутствии переполнения реверсивного счетчика и при наличии хотя бы одного из m старших установленного в единицу разряда реверсивного счетчика, т.е. первая значащая цифра отлична от нуля. При переполнении реверсивного счетчика на его выходе появляется сигнал, который через элемент ИЛИ сбрасывает триггер и сдвигает содержимое регистра сдвига на m разрядов вправо (в сторону младших разрядов). При этом коэффициент деления делителя частоты уменьшается в $K=2^m$ раз, а частота импульсов на управляющем входе элемента задержки увеличивается в K раз. Преобразователь продолжает работать так, как после подачи сигнала «Сброс». Такой итерационный процесс продолжается до тех пор, пока старший разряд не станет равным нулю. При этом сигнал «Готовность» еще не появляется. Если в

результате счета импульсов входной частоты первые значащие (m разряды) равны нулю, то срабатывает элемент И2, анализирующий равенство нулю m разрядов реверсивного счетчика. Через элемент ИЛИ сбрасывается триггер, реверсивный счетчик, обнуляется цифровая линия задержки и производится сдвиг содержимого регистра на m разрядов (в сторону старших разрядов). При этом коэффициент деления делителя частоты увеличивается в K раз, частота импульсов на управляющем входе линии задержки уменьшается в K раз, следовательно, в K раз увеличивается величина задержки.

Такой процесс продолжается до тех пор, пока первая значащая цифра не станет отличной от нуля.

Мантисса кода снимается с шины «мантисса», а код порядка – с выхода шифратора в виде дополнительного двоичного кода. Сигналом об окончании преобразования и возможности считывания кода является сигнал «Готовность» на шине «Готовность», который выдается после окончания всех переходных процессов в преобразователе по импульсу с третьего выхода распределителя импульсов при наличии на первом входе элемента И2 единичного сигнала с выхода триггера.

Для обеспечения заданной точности преобразования частота импульсов на выходах распределителя импульсов равна:

$$f \geq 2 \cdot F_{\text{макс}},$$

где $F_{\text{макс}}$ – максимальное значение входной частоты на выходной шине.

Разрядность управляемого элемента задержки определяется выражением:

$$L_p = (2^n - 1) \cdot F_r / 2 \cdot F_{\text{макс}} - 1,$$

где n – разрядность мантиссы входного кода, бит;

P – разрядность порядка выходного кода, бит;

F_r – частота импульсов генератора, Гц.

В [5] предложен преобразователь частоты импульсов в код с автоматическим переключением диапазонов преобразования на базе использования аналоговых компараторов. Структура такого преобразователя представлена на рисунке 2.

Рисунок 2. Структура устройства измерения частоты импульсов с автоматическим переключением диапазонов с аналоговым определением зон измерения

Преобразователь работает следующим образом.

В начальный момент времени по сигналу «Сброс» по шине «Сброс» устанавливается в нулевое состояние триггер переполнения и обнуляется реверсивный счетчик, причем длительность сброса должна быть не меньше времени задержки в линии задержки для ее полной очистки. После снятия сигнала «Сброс» начинается преобразование частоты импульсов в код.

Входная последовательность импульсов с шины «Частота» через первый синхронизатор поступает на суммирующий вход реверсивного счетчика, который начинает сумми-

ровать входные импульсы. Так как первоначально на выходе реверсивного счетчика стоит нулевой код и, следовательно, на выходе преобразователя «код – нулевое напряжение», то это напряжение попадает в зону первого компаратора, определяющего первый диапазон преобразования. У этого компаратора нижний порог равен нулевому напряжению, а верхний является нижним порогом для следующего компаратора, определяющего второй диапазон преобразования. Сигнал с выхода первого компаратора включает первый коэффициент умножения на умножителе кода на один из N коэффициентов и поступает на первый управляющий

вход управляемого делителя частот, который формирует минимальную тактовую частоту, что обеспечивает максимальное время задержки в линии задержки. Таким образом, в начальный момент времени автоматически устанавливается нижний диапазон преобразования в код самой низкой частоты.

Через время задержки на линии задержки входные импульсы через второй синхронизатор начинают поступать на вычитающий вход реверсивного счетчика, и на нем складывается и вычитается одинаковое число импульсов, показания реверсивного счетчика перестают изменяться и соответствуют значению входной частоты.

Одновременно с поступлением входных импульсов начинает возрастать напряжение на выходе преобразователя «код – напряжение», т.к. возрастает код на выходе реверсивного счетчика. Если через время задержки напряжение на выходе преобразователя «код – напряжение» не превышает первого порогового уровня, то преобразователь работает в самом нижнем диапазоне, когда входная частота наименьшая.

Если же входная частота возрастает или же сразу через время задержки код на выходе реверсивного счетчика превышает значение нижнего предела преобразования, то напряжение на выходе преобразователя «код – напряжение» попадает в зону второго компаратора, и происходит переключение преобразователя на второй диапазон преобразования, т.е. управляемый делитель частоты вырабатывает вторую по величине тактовую частоту для линии задержки, величина задержки которой уменьшается на один шаг, при этом выходной код реверсивного счетчика умножается на второй коэффициент.

Если напряжение на выходе преобразователя «код – напряжение» попадает в зону третьего компаратора, то автоматически устанавливается третий диапазон преобразования,

и выходной код реверсивного счетчика умножается на третий коэффициент умножения и т.д.

При превышении входной частотой максимально допустимого значения происходит переполнение реверсивного счетчика, и сигнал с его выхода переполнения устанавливает триггер переполнения в единичное состояние, сигнал с выхода триггера переполнения поступает на шину «переполнение» и сигнализирует о том, что входная частота превышает максимальное значение, и одновременно с этим сигнал с выхода триггера переполнения закрывает элемент И1 для того, чтобы запретить в этом случае считывание информации с преобразователя.

Таким образом, при наличии сигнала на шине переполнения преобразователь не функционирует, и для его пуска необходимо снова осуществить «Сброс» описанным способом. Распределитель импульсов с помощью двух синхронизаторов и двух коммутаторов осуществляет разнесение во времени импульсов, поступающих на счетные входы реверсивного счетчика, моментов умножения выходного кода на один из коэффициентов и моментов считывания выходного кода.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Предложены преобразователи частоты импульсов в код с автоматическим переключением диапазонов, позволяющие разными способами повысить точность преобразования и расширить диапазон преобразования при сохранении непрерывности преобразования частоты в код.

2. Описанные способы автоматического переключения диапазонов можно использовать во всех известных преобразователях, построенных на основе линии задержки и реверсивного счетчика [1].

3. Можно использовать в измерительных системах, в системах обработки сигналов от частотных датчиков.

Список литературы

1. Авторское свидетельство СССР № 161417, МПК H03K 13/20 Способ измерения частоты / С.С. Бруфман. – БИ № 7. – 1984.
2. Новицкий П.В., Кнорринг Е.Г., Гутников В.С. Цифровые приборы с частотными датчиками. – Л.: Энергия, 1970. – 230 с.

3. Сироткин С.Л., Коньков А.Н. Методы непрерывной обработки информации от частотных датчиков // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2014. – № 3. – С. 90-97.

4. Авторское свидетельство СССР № 1305857, МПК H03K 1/60 Преобразователь

частоты в код / С.Л. Сироткин, А.Н. Коньков, Ю.А. Куликов, В.В. Клименко. – БИ № 15. – 1987.

5. Авторское свидетельство СССР № 1515368, МПК Н03М 1/60, 1/64 Преобразователь частота – код А.Н. / Коньков, С.Л. Сироткин, А.В. Бойченко, В.В. Клименко. – БИ № 38. – 1989.

References

1. Avtorskoye svidetel'stvo SSSR № 161417. MPK N03K 13/20 Sposob izmerenija chastoty / S.S. Brufman. – БИ № 7. – 1984.

2. Novitskiy P.V., Knorring E.G. Gutnikov V.S. Cifrovyye pribory s chastotnymi datchikami. – L.: Energija. 1970. – 230 s.

3. Sirotkin S.L., Konkov A.N. Metody nepreryvnoy obrabotki informacii ot chastotnyh datchikov // Elektrotekhnicheskiye i informatsionnyye komplekсы i sistemy. – 2014. – № 3. – S. 90-97.

4. Avtorskoye svidetel'stvo SSSR № 1305857. MPK N03K 1/60 Preobrazovatel' chastoty v kod / S.L. Sirotkin. A.N. Konkov. Yu.A. Kulikov. V.V. Klimenko. – БИ № 15. – 1987.

5. Avtorskoye svidetel'stvo SSSR № 1515368. MPK N03M 1/60. 1/64 Preobrazovatel' chastota – kod A.N. / Konkov. S.L. Sirotkin. A.V. Bojchenko. V.V. Klimenko. – БИ № 38. – 1989.