



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013139407/07, 23.08.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.08.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.08.2013

(45) Опубликовано: 27.04.2014 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

308023, г. Белгород, ул. Промышленная, 4, ЗАО
НПП "СПЕЦ-РАДИО", Генеральному
директору, Дормидонтову Александру
Георгиевичу

(72) Автор(ы):

Антонов Павел Васильевич (RU),
Горюнов Владимир Владимирович (RU),
Дормидонтов Александр Георгиевич (RU),
Полухин Игорь Фёдорович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Закрытое Акционерное Общество "Научно-
производственное предприятие "СПЕЦ-
РАДИО" (ЗАО НПП "СПЕЦ-РАДИО") (RU)

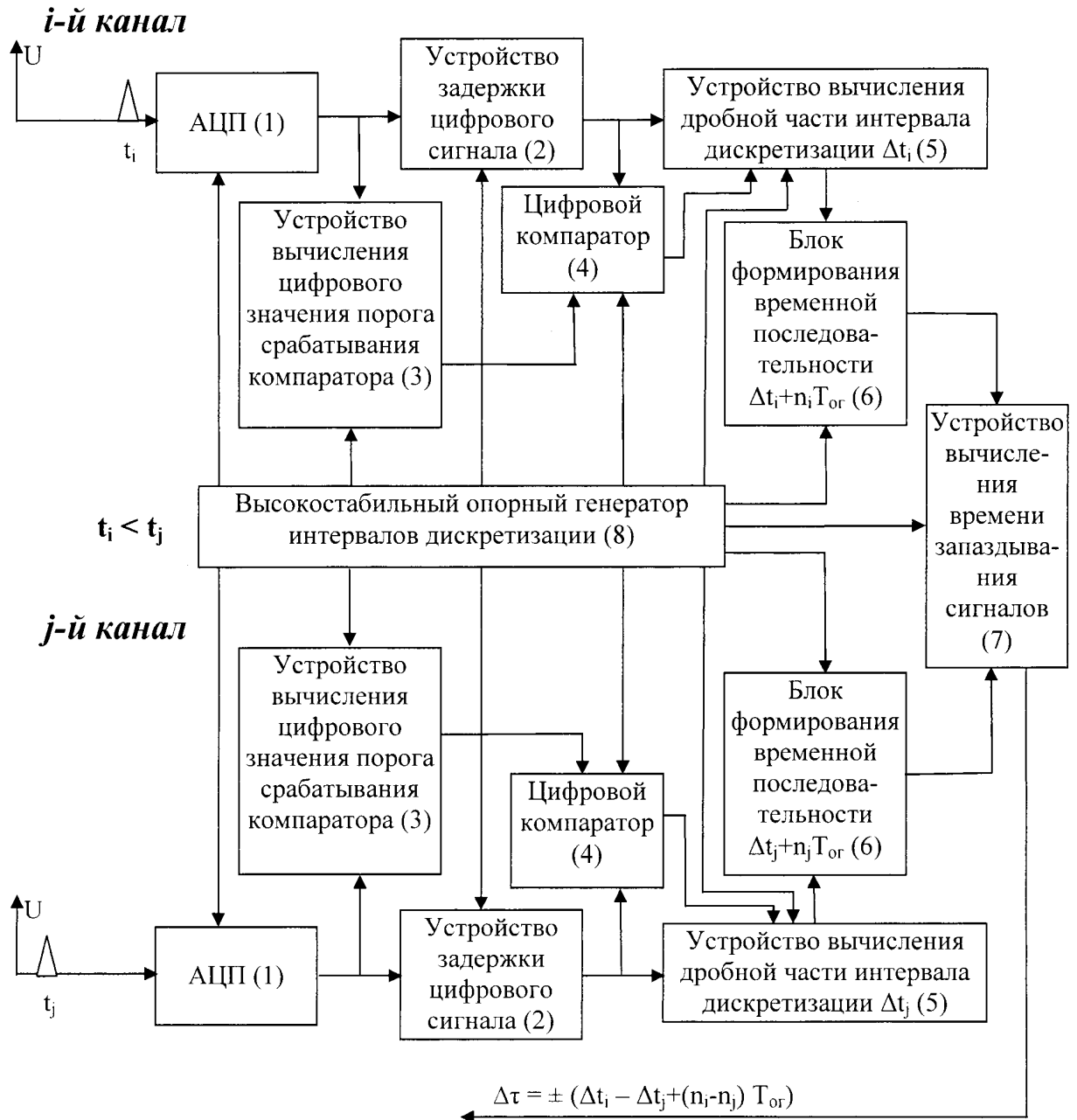
(54) УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ СИГНАЛОВ МЕЖДУ ПРИЁМНЫМИ КАНАЛАМИ

Формула полезной модели

Устройство измерения времени запаздывания сигналов между приемными каналами, содержащее генератор и средство вычисления времени запаздывания сигналов, отличающееся тем, что устройство содержит два приемных канала, а каждый приемный канал включает свой аналого-цифровой преобразователь, цифровой выход которого подключен к своему устройству задержки цифрового сигнала и параллельно к своему устройству вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора, электрически связанного с его первым входом, а второй вход компаратора и вход устройства вычисления дробной части интервала дискретизации соединены электрически с выходом устройства задержки цифрового сигнала на время, необходимое для вычисления в устройстве вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора, в свою очередь, выход компаратора связан с входом устройства вычисления дробной части интервала дискретизации, выход которого подключен к входу блока формирования временной последовательности, а выход этого блока подключен к одному из входов средства вычисления времени запаздывания сигналов, являющегося общим для обоих приемных каналов, при этом высокостабильный опорный генератор интервалов дискретизации подключен ко всем элементам устройств и блоков обоих приемных каналов.

RU 139864 U1

RU 139864 U1



RU 139864 U1

RU 139864 U1

Заявленное техническое решение относится к измерительной технике и может быть использовано в станциях радиотехнического мониторинга и многопозиционной локации.

Из существующего уровня техники известны два метода определения времени запаздывания сигналов или разности их хода при приеме разными пунктами. Это хронометрический и корреляционный методы.

При хронометрическом методе измеряют время между приходом прямого и запаздывающего импульсов. Наилучшие точностные показатели этого метода достигаются при измерении временных интервалов с «крутыми» фронтами импульсов в аналоговом виде, а в цифровом - прямо пропорциональны тактовой частоте опорного генератора, заполняющего измеряемый временной интервал. Примеры использования таких устройств представлены, например, в патентах РФ №775714, №938248, №1262443, №1774308, №1308974, №2032924, №2379824, №2467371, №2451962, №2429515, №2414736, №2379824, №2241246, №2260830, №2255366, №2162243, US №8229057 и др.

Корреляционный метод основан на вычислении взаимно-корреляционной функции прямого и запаздывающего импульсов, максимальное значение которой на оси времени будет характеризовать величину искомого временного интервала. Соответствующие примеры использования таких устройств представлены, например, в патентах РФ №2456632, №2251791, №2445690, №24319201, №2229157, №2067316, №2293997 и др.

При применении этих методов для обработки реальных радиосигналов, которые вследствие прохождения через атмосферу и различные имеющиеся природные факторы (снег, дождь, туман и т.д.) будут иметь, как правило, амплитудные и фазовые флюктуации, поэтому даже в условиях адаптивного их приема не могут обеспечить точность измерения интервалов времени менее единиц наносекунд.

Для измерения времени запаздывания сигналов между приемными каналами в настоящее время используют различные измерительные устройства, с различной степенью точности определяющие этот интервал.

Наиболее точные результаты получают при использовании цифровых устройств.

Задача, на решение которой направлено заявленное техническое решение заключается в повышении точности измерения временных интервалов между принимаемыми прямым и запаздывающим сигналами практически на порядок, т.е. до десятых-сотых долей значений наносекунд (1. С. Зайцев Цифровые методы время-частотных измерений. СТА-ПРЕСС «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА», 2009, №2. 2. Т.С. Ратхор Цифровые измерения. Методы и схемотехника. Пер. с англ. Ю. Заболотной. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2004. 3. Измеритель времени субнаносекундного диапазона GP-1. ООО «НПО Марс». 4. Патент РФ №2054707. Двухшкальный нониусный способ измерения временных интервалов.)

В качестве прототипа, обладающего такими высокими точностями измерений временных интервалов выбрано устройство, реализующее нониусный способ измерения временных интервалов (патент РФ №2054707, МПК⁶ G04F 10/04, опубл. 20.02.1997), в котором, на стр.3 описания для реализации способа излагается описание устройства с его блок-схемой на фиг.3 и имеющего генератор образцовой частоты (в нашей заявке - высокостабильный опорный генератор) и средство вычисления времени запаздывания сигналов. Вместе с тем основным недостатком таких устройств является наличие обратно пропорциональной зависимости между точностью измерений, величиной измеряемых интервалов времени и величиной времени процесса измерений в целом. Этот недостаток устраняется при помощи предлагаемого устройства измерения времени запаздывания сигналов между двумя приемными каналами.

Данная задача достигается за счет того, что устройство измерения времени

запаздывания сигналов между двумя приемными каналами имеет средство вычисления времени запаздывания между сигналами, а каждый приемный канал включает аналого-цифровой преобразователь (АЦП), устройство задержки цифрового сигнала, устройство вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора, собственно цифровой компаратор, устройство вычисления дробной части интервала дискретизации и блок формирования временной последовательности. Все эти устройства связаны между собой и подключены к высокостабильному опорному генератору интервалов дискретизации, общему для обоих приемных каналов. Средство вычисления времени запаздывания сигналов на основании значений цифровых временных последовательностей одного и другого каналов выдает их разницу, характеризующую время интервала запаздывания сигнала.

Приведенная на фиг.1 структурно-функциональная схема поясняет описание устройства.

На схеме показано устройство измерения времени запаздывания сигнала, каждый приемный канал которого включает аналого-цифровой преобразователь 1, цифровой выход которого подключен к устройству задержки цифрового сигнала 2 и, параллельно, к устройству вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3, электрически связанного с его первым входом, а второй вход компаратора 4 и вход устройства вычисления дробной части интервала дискретизации 5 соединены электрически с выходом устройства задержки цифрового сигнала 2, на время, необходимое для вычисления в устройстве вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3, в свою очередь, выход компаратора 4 связан с входом устройства вычисления дробной части интервала дискретизации 5, выход которого подключен к входу блока формирования цифровой временной последовательности 6, а выход этого блока подключен к одному из входов устройства вычисления времени запаздывания сигналов 7, являющегося общим для обоих приемных каналов, высокостабильный опорный генератор интервалов дискретизации 8, подключенный ко всем элементам устройств и блоков обоих каналов устройства. При сформировании аналогичной цифровой временной последовательности запаздывающего сигнала в другом приемном канале, формируется сигнал готовности данных этого канала и, на «фоне» поступающих синхроимпульсов опорного генератора, происходит вычитание временной последовательности одного приемного канала из временной последовательности другого приемного канала с сохранением знака разности (Фиг.1).

Техническим результатом, получаемым приведенной совокупностью признаков, является достижение высокой точности вычисления дробной части интервала дискретизации, реализуемой формированием нижней и верхней границ интервала квантованных значений сигнала, соответствующих границам данного интервала дискретизации, и содержащим внутри себя пороговое значение напряжения срабатывания компаратора, что равносильно увеличению частоты дискретизации в величину, равную отношению интервала дискретизации к количеству младших значащих разрядов (единичных уровней квантования), определяемому на основе разности верхней и нижней границ интервала квантованных значений сигнала.

Устройство работает следующим образом. Входной сигнал на i -й

(один приемный) канал поступает раньше, чем на j -й (другой) приемный канал. В аналого-цифровом преобразователе 1 с видеосигналом происходит дискретизация по времени и квантование по уровням и дальнейшее кодирование значений амплитуд в виде двоичных последовательностей, следующих через интервалы дискретизации. Необходимо отметить, что работа устройства осуществляется при соотношении уровней

напряжений входных видеосигналов к шуму не менее 11 дБ и максимальной амплитуде, равной полному диапазону изменений входных аналоговых сигналов используемого АЦП. С выхода АЦП коды последовательностей поступают на устройство вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3 и на устройство задержки цифрового сигнала 2.

Устройство задержки цифрового сигнала 2 задерживает сигнал на время, необходимое для вычисления в устройстве вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3, которое определяется временем нарастания фронта видеоимпульса. После задержки сигнал подается на вход устройства вычисления дробной части интервала дискретизации 5 и на второй вход компаратора 4. На первый вход компаратора 4 подается, после соответствующих вычислений в устройстве вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3, величина порога его срабатывания. При превышении цифрового значения напряжения сигнала над пороговым цифровым значением срабатывает компаратор 4 и на его выходе формируется выходной сигнал с адресом интервала дискретизации и порогового цифрового значения. В устройстве вычисления дробной части интервала дискретизации Δt_i , 5 благодаря пришедшему из компаратора выходному сигналу, обеспечивается цифровое вычисление верхней и нижней границ интервала в виде квантованных его уровней напряжений сигнала, содержащим внутри себя цифровое значение порогового уровня на данном интервале дискретизации, адрес которого был передан из компаратора 4.

Необходимо отметить, что во время всего процесса высокостабильный опорный генератор 8 создает шкалу времени с периодом дискретности, равным периоду дискретности АЦП. Высокостабильными синхроимпульсами охвачены все устройства и блоки полезной модели, связанные с формированием временных последовательностей.

Таким образом, дробная часть какого-то интервала дискретизации, в течение которого пришел сигнал, вычисляется следующим образом:

$$\Delta t_i = \left(1 - \frac{A_p - A_n}{A_m - A_n} \right) \cdot T_d, \quad (1)$$

где

A_p - пороговое значение срабатывания компаратора (действующее значение амплитуды напряжения);

A_m - значение напряжения амплитуды сигнала верхней границы интервала, содержащего A_p , в пределах одной дискреты;

A_n - значение напряжения амплитуды сигнала нижней границы интервала, содержащего A_p , в пределах одной временной дискреты;

T_d - значение периода дискретизации. В рассматриваемом устройстве величина T_d выбирается равной $T_{ог}$.

Необходимо отметить, что точность определения дробной части интервала дискретизации зависит от количества уровней квантования, уместяющихся в величине разности $A_m - A_n$.

Высокоточные измерения временных интервалов в устройстве обеспечиваются моментом пересечения порога A_p нарастающим напряжением сигнала в компараторе на длительности одной временной дискреты T_d и при разности границ интервала входных напряжений $A_m - A_n$, значительно превосходящих величину напряжения младшего

значащего разряда (одного кванта). Это достигается при соблюдении соответствующих значений крутизны фронта видеоимпульса.

Вычисленная дробная часть поступает в блок формирования временной последовательности i -го (одного приемного) канала, где в соответствии с текущим дискретным временем к ней добавляются целые дискреты, т.е. получают временную последовательность вида $\Delta t_i + n_i T_d$ где $n=0,1,2,\dots$. При этом, как только будет сформирована данная последовательность в виде ее дробной части (Δt_i), она появляется на первом входе устройства вычисления времени запаздывания сигналов. До тех пор, пока не сформируется сигнал готовности данных j -го (другого приемного) канала, никаких вычислений времени запаздывания происходить не будет. Только будет наращиваться временная последовательность i -го (одного приемного) канала каждым шагом временной дискретизации за счет прибавления целых частей T_d .

При прошествии времени запаздывания сигнала, в j -м (приемном) канале, по аналогии с i -м (другим приемным) каналом, осуществляются аналогичные вычислительные операции, вплоть, до момента формирования временной последовательности вида $\Delta t_j + n_j T_d$, где $n_j=0,1,2,\dots$. Как только по сигналу готовности данных появится соответствующая временная последовательность на втором входе устройства вычисления времени запаздывания сигналов, происходит вычитание временной последовательности одного канала из временной последовательности другого канала с сохранением знака разности.

В настоящее время на предприятии разработан и изготовлен макет устройства устройство измерения времени запаздывания сигнала. Основу макета составляют два 16-ти разрядных АЦП, с частотой дискретизации 80 МГц и входным диапазоном напряжения сигнала от 0 до 2,0 В. В качестве опорного генератора был использован кварцевый генератор с кратковременной нестабильностью 10^{-10} с за секунду и частотой следования синхроимпульсов 80 МГц. Остальные устройства и блоки устройства измерения времени запаздывания сигналов между приемными каналами «защиты» в ПЛИСе типа «Циклон-3» фирмы «Альтера».

Результаты, полученные в ходе проведения экспериментов, показали, что максимальная длительность фронта импульса, обеспечивающая приемлемую точностную оценку, по среднеквадратической ошибке, порядка 0,3 нс, достигается при его значении 20,5 мкс, чем обеспечивается разность границ интервала входных напряжений на интервале одной дискретности, равной 1,22 мВ, что в 40 раз больше величины одного младшего значащего разряда (единичного уровня квантования).

Из описания следует, что схема расположения (компоновка) и взаимодействие устройств, предлагаемых в настоящем техническом решении позволяет значительно увеличить точность измерения времени запаздывания сигнала между приемными каналами.

Таким образом, задача, стоящая перед полезной моделью решена.

Источники информации:

1. С. Зайцев Цифровые методы время-частотных измерений. СТА-ПРЕСС «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА», 2009, №6.
2. Т.С. Ратхор Цифровые измерения. Методы и схемотехника. Пер. с англ. Ю. Заболотной. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2004.
3. Измеритель времени субнаносекундного диапазона GP-1. ООО «НПО Марс».
4. Патент РФ №2054707. Двухканальный нониусный способ измерения временных интервалов.

(57) Реферат

Устройство измерения времени запаздывания сигналов между приемными каналами относится к измерительной технике и может быть использовано в станциях радиотехнического мониторинга и многопозиционной локации. Сущность заявленного технического решения заключается в высокоточном определении интервалов времени запаздывания между сигналами при приеме их различными приемными каналами, характеризующимся значениями среднеквадратических ошибок порядка сотен... десятков пикосекунд в зависимости от крутизны фронтов принимаемых сигналов.

Данная задача достигается за счет того, что устройство измерения времени запаздывания сигналов между двумя приемными каналами имеет средство вычисления времени запаздывания между сигналами, а каждый приемный канал включает аналого-цифровой преобразователь (АЦП), устройство задержки цифрового сигнала, устройство вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора, собственно цифровой компаратор, устройство вычисления дробной части интервала дискретизации и блок формирования временной последовательности. Все эти устройства связаны между собой и подключены к высокостабильному опорному генератору интервалов дискретизации, общему для обоих приемных каналов. Средство вычисления времени запаздывания сигналов на основании значений цифровых временных последовательностей одного и другого каналов выдает их разницу, характеризующую время интервала запаздывания сигнала. Техническим результатом, получаемым приведенной совокупностью признаков устройства, является достижение высокой точности вычисления дробной части интервала дискретизации, реализуемой формированием нижней и верхней границ интервала квантованных значений сигнала, соответствующих границам данного интервала дискретизации, и содержащим внутри себя пороговое значение напряжения срабатывания компаратора, что равносильно увеличению частоты дискретизации в величину, равную отношению интервала дискретизации к количеству младших значащих разрядов (единичных уровней квантования), определяемому на основе разности верхней и нижней границ интервала квантованных значений сигнала.

35

40

45

*Защита диссертации к заводу
№ 2013 139 407*

РЕФЕРАТ

Устройство измерения времени запаздывания сигналов между приёмными каналами относится к измерительной технике и может быть использовано в станциях радиотехнического мониторинга и многопозиционной локации. Сущность заявленного технического решения заключается в высокоточном определении интервалов времени запаздывания между сигналами при приёме их различными приёмными каналами, характеризующимся значениями среднеквадратических ошибок порядка сотен...десятков пикосекунд в зависимости от крутизны фронтов принимаемых сигналов. Данная задача достигается за счёт того, что устройство измерения времени запаздывания сигналов между двумя приёмными каналами имеет средство вычисления времени запаздывания между сигналами, а каждый приёмный канал включает аналого-цифровой преобразователь (АЦП), устройство задержки цифрового сигнала, устройство вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора, собственно цифровой компаратор, устройство вычисления дробной части интервала дискретизации и блок формирования временной последовательности. Все эти устройства связаны между собой и подключены к высокостабильному опорному генератору интервалов дискретизации, общему для обоих приёмных каналов. Средство вычисления времени запаздывания сигналов на основании значений цифровых временных последовательностей одного и другого каналов выдаёт их разницу, характеризующую время интервала запаздывания сигнала. Техническим результатом, получаемым при приведённой совокупности признаков устройства, является достижение высокой точности вычисления дробной части интервала дискретизации, реализуемой формированием нижней и верхней границ интервала квантованных значений сигнала, соответствующих границам данного интервала дискретизации, и содержащим внутри себя пороговое значение напряжения срабатывания компаратора, что равносильно увеличению частоты дискретизации в величину, равную отношению интервала дискретизации к количеству младших значащих разрядов (единичных уровней квантования), определяемому на основе разности верхней и нижней границ интервала квантованных значений сигнала.



УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ СИГНАЛОВ МЕЖДУ ПРИЁМНЫМИ КАНАЛАМИ

Заявленное техническое решение относится к измерительной технике и может быть использовано в станциях радиотехнического мониторинга и многопозиционной локации.

Из существующего уровня техники известны два метода определения времени запаздывания сигналов или разности их хода при приёме разными пунктами. Это хронометрический и корреляционный методы.

При хронометрическом методе измеряют время между приходом прямого и запаздывающего импульсов. Наилучшие точностные показатели этого метода достигаются при измерении временных интервалов с «крутыми» фронтами импульсов в аналоговом виде, а в цифровом – прямо пропорциональны тактовой частоте опорного генератора, заполняющего измеряемый временной интервал. Примеры использования таких устройств представлены, например, в патентах РФ № 775714, № 938248, № 1262443, № 1774308, № 1308974, № 2032924, № 2379824, № 2467371, № 2451962, № 2429515, № 2414736, № 2379824, № 2241246, № 2260830, № 2255366, № 2162243, US № 8229057 и др.

Корреляционный метод основан на вычислении взаимно-корреляционной функции прямого и запаздывающего импульсов, максимальное значение которой на оси времени будет характеризовать величину искомого временного интервала. Соответствующие примеры использования таких устройств представлены, например, в патентах РФ № 2456632, № 2251791, № 2445690, № 24319201, № 2229157, № 2067316, № 2293997 и др.

При применении этих методов для обработки реальных радиосигналов, которые вследствие прохождения через атмосферу и различные имеющиеся природные факторы (снег, дождь, туман и т.д.) будут иметь, как правило, амплитудные и фазовые флуктуации, поэтому даже в условиях адаптивного их приёма не могут обеспечить точность измерения интервалов времени менее единиц наносекунд.

Для измерения времени запаздывания сигналов между приемными каналами в настоящее время используют различные измерительные устройства, с различной степенью точности определяющие этот интервал.

Наиболее точные результаты получают при использовании цифровых устройств.

Задача, на решение которой направлено заявленное техническое решение заключается в повышении точности измерения временных интервалов между

принимаемыми прямым и запаздывающим сигналами практически на порядок, т. е. до десятых-сотых долей значений наносекунд (1. С. Зайцев Цифровые методы время-частотных измерений. СТА-ПРЕСС «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА», 2009, № 2. 2. Т.С. Ратхор Цифровые измерения. Методы и схемотехника. Пер. с англ. Ю. Заболотной. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2004. 3. Измеритель времени субнаносекундного диапазона GP-1. ООО «НПО Марс». 4. Патент РФ № 2054707. Двухшкальный нониусный способ измерения временных интервалов.)

В качестве прототипа, обладающего такими высокими точностями измерений временных интервалов выбрано устройство, реализующее нониусный способ измерения временных интервалов (патент РФ № 2054707, МПК⁶ G04F 10/04, опубл. 20.02.1997), в котором, на стр. 3 описания для реализации способа излагается описание устройства с его блок-схемой на фиг. 3 и имеющего генератор образцовой частоты (в нашей заявке – высокостабильный опорный генератор) и средство вычисления времени запаздывания сигналов. Вместе с тем основным недостатком таких устройств является наличие обратно пропорциональной зависимости между точностью измерений, величиной измеряемых интервалов времени и величиной времени процесса измерений в целом. Этот недостаток устраняется при помощи предлагаемого устройства измерения времени запаздывания сигналов между двумя приёмными каналами.

Данная задача достигается за счёт того, что устройство измерения времени запаздывания сигналов между двумя приёмными каналами имеет средство вычисления времени запаздывания между сигналами, а каждый приёмный канал включает аналого-цифровой преобразователь (АЦП), устройство задержки цифрового сигнала, устройство вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора, собственно цифровой компаратор, устройство вычисления дробной части интервала дискретизации и блок формирования временной последовательности. Все эти устройства связаны между собой и подключены к высокостабильному опорному генератору интервалов дискретизации, общему для обоих приемных каналов. Средство вычисления времени запаздывания сигналов на основании значений цифровых временных последовательностей одного и другого каналов выдает их разницу, характеризующую время интервала запаздывания сигнала.

Приведенная на фиг. 1 структурно-функциональная схема поясняет описание устройства.

На схеме показано устройство измерения времени запаздывания сигнала, **каждый приёмный канал** которого включает аналого-цифровой преобразователь 1, цифровой выход которого подключён к устройству задержки цифрового сигнала 2 и, параллельно, к

устройству вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3, электрически связанного с его первым входом, а второй вход компаратора 4 и вход устройства вычисления дробной части интервала дискретизации 5 соединены электрически с выходом устройства задержки цифрового сигнала 2, на время, необходимое для вычисления в устройстве вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3, в свою очередь, выход компаратора 4 связан с входом устройства вычисления дробной части интервала дискретизации 5, выход которого подключён к входу блока формирования цифровой временной последовательности 6, а выход этого блока подключён к одному из входов устройства вычисления времени запаздывания сигналов 7, являющегося общим для обоих приёмных каналов, высокостабильный опорный генератор интервалов дискретизации 8, подключённый ко всем элементам устройств и блоков обоих каналов устройства. При сформировании аналогичной цифровой временной последовательности запаздывающего сигнала в **другом приёмном канале**, формируется сигнал готовности данных этого канала и, на «фоне» поступающих синхроимпульсов опорного генератора, происходит вычитание временной последовательности одного приемного канала из временной последовательности другого приемного канала с сохранением знака разности (Фиг. 1).

Техническим результатом, получающимся приведенной совокупностью признаков, является достижение высокой точности вычисления **дробной** части интервала дискретизации, реализуемой формированием нижней и верхней границ интервала квантованных значений сигнала, соответствующих границам данного интервала дискретизации, и содержащим внутри себя пороговое значение напряжения срабатывания компаратора, что равносильно увеличению частоты дискретизации в величину, равную отношению интервала дискретизации к количеству младших значащих разрядов (единичных уровней квантования), определяемому на основе разности верхней и нижней границ интервала квантованных значений сигнала.

Устройство работает следующим образом. Входной сигнал на i -й

(*один приёмный*) канал поступает раньше, чем на j -й (другой) приёмный канал. В аналого-цифровом преобразователе 1 с видеосигналом происходит дискретизация по времени и квантование по уровням и дальнейшее кодирование значений амплитуд в виде двоичных последовательностей, следующих через интервалы дискретизации. Необходимо отметить, что работа устройства осуществляется при соотношении уровней напряжений входных видеосигналов к шуму не менее 11 дБ и максимальной амплитуде, равной полному диапазону изменений входных аналоговых сигналов используемого АЦП. С выхода АЦП коды последовательностей поступают на устройство вычисления цифрового

значения порога срабатывания компаратора 3 и на устройство задержки цифрового сигнала 2.

Устройство задержки цифрового сигнала 2 задерживает сигнал на время, необходимое для вычисления в устройстве вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3, которое определяется временем нарастания фронта видеоимпульса. После задержки сигнал подаётся на вход устройства вычисления дробной части интервала дискретизации 5 и на второй вход компаратора 4. На первый вход компаратора 4 подается, после соответствующих вычислений в устройстве вычисления цифрового значения порога срабатывания компаратора 3, величина порога его срабатывания. При превышении цифрового значения напряжения сигнала над пороговым цифровым значением срабатывает компаратор 4 и на его выходе формируется выходной сигнал с адресом интервала дискретизации и порогового цифрового значения. В устройстве вычисления дробной части интервала дискретизации Δt_i , 5 благодаря пришедшему из компаратора выходному сигналу, обеспечивается цифровое вычисление верхней и нижней границ интервала в виде квантованных его уровней напряжений сигнала, содержащим внутри себя цифровое значение порогового уровня на данном интервале дискретизации, адрес которого был передан из компаратора 4.

Необходимо отметить, что во время всего процесса высокостабильный опорный генератор 8 создаёт шкалу времени с периодом дискретности, равным периоду дискретности АЦП. Высокостабильными синхроимпульсами охвачены все устройства и блоки полезной модели, связанные с формированием временных последовательностей.

Таким образом, дробная часть какого-то интервала дискретизации, в течение которого пришёл сигнал, вычисляется следующим образом:

$$\Delta t_i = \left(1 - \frac{A_p - A_n}{A_m - A_n} \right) \cdot T_d, \quad (1)$$

где

A_p – пороговое значение срабатывания компаратора (действующее значение амплитуды напряжения);

A_m – значение напряжения амплитуды сигнала верхней границы интервала, содержащего A_p , в пределах одной дискретности;

A_n – значение напряжения амплитуды сигнала нижней границы интервала, содержащего A_p , в пределах одной временной дискретности;

T_d – значение периода дискретизации. В рассматриваемом устройстве величина T_d выбирается равной $T_{ос}$.

Необходимо отметить, что точность определения дробной части интервала дискретизации зависит от количества уровней квантования, уместающихся в величине разности $A_m - A_n$.

Высокоточные измерения временных интервалов в устройстве обеспечиваются моментом пересечения порога A_p нарастающим напряжением сигнала в компараторе на длительности одной временной дискретности T_d и при разности границ интервала входных напряжений $A_m - A_n$, значительно превосходящих величину напряжения младшего значащего разряда (одного кванта). Это достигается при соблюдении соответствующих значений крутизны фронта видеопульса.

Вычисленная дробная часть поступает в блок формирования временной последовательности i -го (одного приемного) канала, где в соответствии с текущим дискретным временем к ней добавляются целые дискретности, т. е. получают временную последовательность вида $\Delta t_i + n_i T_d$, где $n_i = 0, 1, 2, \dots$. При этом, как только будет сформирована данная последовательность в виде её дробной части (Δt_i), она появляется на первом входе устройства вычисления времени запаздывания сигналов. До тех пор, пока не сформируется сигнал готовности данных j -го (другого приемного) канала, никаких вычислений времени запаздывания происходить не будет. Только будет наращиваться временная последовательность i -го (одного приемного) канала каждым шагом временной дискретизации за счёт прибавления целых частей T_d .

При прошествии времени запаздывания сигнала, в j -м (приемном) канале, по аналогии с i -м (другим приемным) каналом, осуществляются аналогичные вычислительные операции, вплоть до момента формирования временной последовательности вида $\Delta t_j + n_j T_d$, где $n_j = 0, 1, 2, \dots$. Как только по сигналу готовности данных появится соответствующая временная последовательность на втором входе устройства вычисления времени запаздывания сигналов, происходит вычитание временной последовательности одного канала из временной последовательности другого канала с сохранением знака разности.

В настоящее время на предприятии разработан и изготовлен макет устройства устройства измерения времени запаздывания сигнала. Основу макета составляют два 16-ти разрядных АЦП, с частотой дискретизации 80 МГц и входным диапазоном напряжения сигнала от 0 до 2,0 В. В качестве опорного генератора был использован кварцевый генератор с кратковременной нестабильностью 10^{-10} с за секунду и частотой следования синхроимпульсов 80 МГц. Остальные устройства и блоки устройства измерения времени запаздывания сигналов между приёмными каналами «защиты» в ПЛИСе типа «Циклон-3» фирмы «Альтера».

Результаты, полученные в ходе проведения экспериментов, показали, что максимальная длительность фронта импульса, обеспечивающая приемлемую точностную оценку, по среднеквадратической ошибке, порядка 0,3 нс, достигается при его значении 20,5 мкс, чем обеспечивается разность границ интервала входных напряжений на интервале одной дискреты, равной 1,22 мВ, что в 40 раз больше величины одного младшего значащего разряда (единичного уровня квантования).

Из описания следует, что схема расположения (компоновка) и взаимодействие устройств, предлагаемых в настоящем техническом решении позволяет значительно увеличить точность измерения времени запаздывания сигнала между приёмными каналами.

Таким образом, задача, стоящая перед полезной моделью решена.

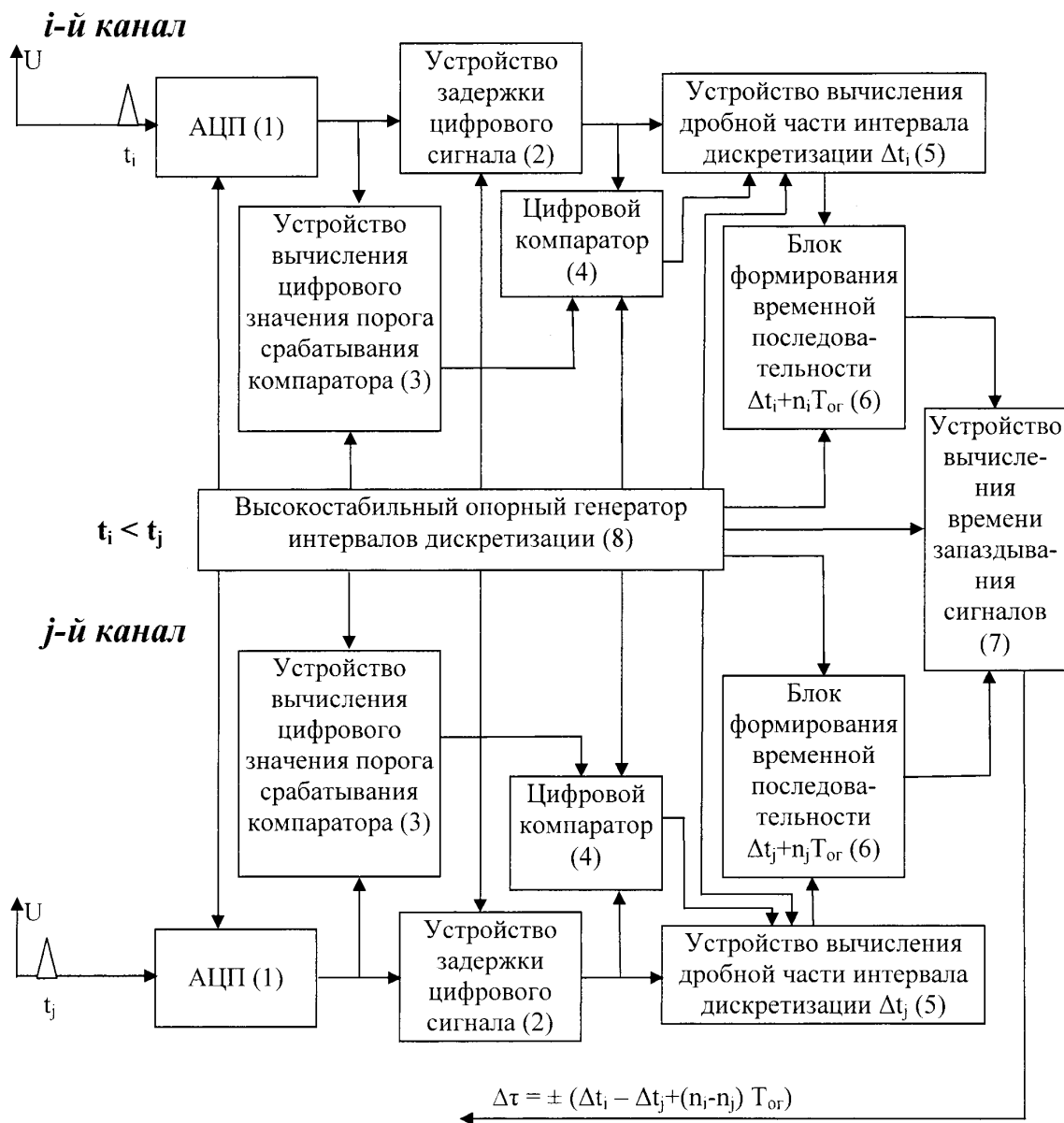
Источники информации:

1. С. Зайцев Цифровые методы время-частотных измерений. СТА-ПРЕСС «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА», 2009, № 6.
2. Т.С. Ратхор Цифровые измерения. Методы и схемотехника. Пер. с англ. Ю. Заболотной. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2004.
3. Измеритель времени субнаносекундного диапазона GP-1. ООО «НПО Марс».
4. Патент РФ № 2054707. Двухканальный нониусный способ измерения временных интервалов.

РР



УСТРОЙСТВО
ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ
СИГНАЛОВ МЕЖДУ ПРИЁМНЫМИ КАНАЛАМИ



Фиг. 1 – Структурно-функциональная схема устройства измерения времени запаздывания сигналов между *i*-м и *j*-м приёмными каналами.