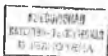




ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ  
ВЕДОМСТВО СССР  
(ГОСПАТЕНТ СССР)



# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

2

(21) 4923928/24

(22) 01.04.91

(46) 15.04.93, Бюл. № 14

(71) Винницкий политехнический институт  
(72) А.Н.Романск, В.Б.Фартунов, В.Ф.Пшеничный и Ж.В.Беседина

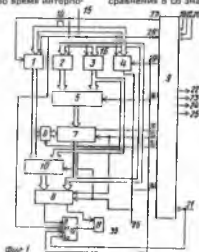
(56) Авторское свидетельство СССР  
№ 920836, кл. G 05 B 19/18, 1982.

Авторское свидетельство СССР  
№ 1413603, кл. G 05 B 19/415, 1988.

(54) ЛИНЕЙНЫЙ ИНТЕРПОЛЯТОР

(57) Изобретение относится к автоматике и вычислительной технике и предназначено для использования в системах числового программного управления, а также в системах отображения графической информации. Цель изобретения - повышение надежности за счет контроля работы во время интерпо-

ляционного цикла. Линейный интерполятор содержит сдвиговой регистр 1 координатного приращения, регистр 2 разности координатных приращений, регистр 3 координатного приращения, счетчик 4, первый мультипликсор 5, ключ 6, накапливающий сумматор 7, блок сравнения 8, блок 9 управления, второй мультипликсор 10, элемент И 11, триггер 12. В основу принципа контроля положено устройство, заключающееся в том, что в такте соответствующем выполнению комбинированного шагового приращения по обеим координатам, значение оценочной функции не меньше значения (-МП). При выполнении диагонального шагового приращения текущее значение оценочной функции, хранящимся в накапливающем сумматоре 7, сравнивается блоком сравнения 8 со значением (-МП), представ-



лением в дополнительном коде и хранящаяся в регистре 3 координатного приращения. Если ОФ < -МП, то имеет место сбой или неисправность в работе интерполятора, т.е. на выходе блока сравнения 8 устанавливается "0", который записывается в регистр 12. В противном случае на выходе блока срав-

нения 8 устанавливается "1", которая также записывается в триггер 12. Содержимое триггера 12 поступает в ЭВМ для анализа возникновения ошибки. Уровень "0" на выходе элемента И 11 указывает на неисправность интерполятора или на наличие сбоя в его работе 3 ил.

Изобретение относится к автоматике и вычислительной технике и предназначено для использования в системах числового программного управления, а также в системах отображения графической информации.

Цель изобретения — повышение надежности за счет контроля работы во время интерполяционного цикла.

В известных устройствах, осуществляющих контроль процессов интерполяции на основе анализа значения оценочной функции, процедура контроля реализуется по окончании процесса интерполяции. В предлагаемом устройстве за счет введения второго мультиплексора, схемы "И" и триггера достигнуто новое свойство — контроль процесса интерполяции во время интерполяционного цикла. Указанное существенно повышает надежность работы устройств.

На фиг. 1 приведена функциональная схема линейного интерполятора; на фиг. 2 — функциональная схема блока 8; на фиг. 3 — функциональная схема блока 12.

Линейный интерполятор содержит сдвиговой регистр 1 координатного приращения, регистр 2 разности координатных приращений, регистр 3 координатного приращения, счетчик импульсов 4, первый мультиплексор 5, ключ 6, накапливающий сумматор 7, блок сравнения 8, блок управления 9, второй мультиплексор 10, элемент И 11, триггер 12. Интерполятор имеет входы 14-16, выход 17, входы 18-21 и выходы 22-26.

Сдвиговой регистр 1 координатного приращения служит для хранения большего приращения БП, задающего исходный отрезок прямой. Значение БП поступает от внешнего устройства по входу 14, а запись в регистр 1 осуществляется передним фронтом сигнала записи, поступающего на вход 15 запуска интерполятора. Значение БП в исходный момент времени записывается также в счетчик 4, выполняющий функцию счетчика конца интерполяции отрезка прямой.

Регистр 2 разности координатных приращений служит для хранения разности большего и меньшего приращения, задающих отрезок прямой. Указанная разность поступает с накапливающего сумматора 7 и записывается в регистр 2 первым фронтом сигнала, поступающего с первого выхода 27 блока управления 9.

Регистр 3 координатного приращения служит для хранения дополнительного кода меньшего приращения МП, задающего отрезок аппроксимируемой прямой. Запись в регистр 3 осуществляется передним фронтом сигнала, поступающего с входа 15 интерполятора.

Вычитающий счетчик 4 предназначен для отсчета интерполяционных шагов и сигнализации об окончании интерполяционного цикла.

Мультиплексор 5 обеспечивает передачу на свой выход значение МП до от регистра 3 при наличии "0" на его управляющем входе. При наличии "1" на управляющем входе мультиплексора 5, последний осуществляет передачу значения регистра 2 на свой выход.

Ключ 6 при наличии "1" на его управляющем входе обеспечивает передачу инверсного значения БП со своего информационного входа на выход. Информационный вход ключа 6 подключен к паразитным выходам сдвигового регистра 1 координатного приращения, а выход к входам начальной установки накапливающего сумматора 7. Сумматор 7 представляет собой накапливающий сумматор, осуществляющий суммирование значения с его информационного входа со значением хранящимся в его внутреннем регистре. Вход переноса сумматора заземлен.

Блок сравнения 8 обеспечивает сопоставление текущего значения оценочной функции, хранящейся в накапливающем сумматоре 7, со значением операндов, коммутируемых блоком 10. Первый и второй входы блока 8 соединены с выходами мультиплексора 10 и сумматора 7 соответствен-

но. Первый управляющий вход блока В соединен с выходом переноса сумматора 7. Единичный уровень сигнала на этом входе разрешает выдачу сигнала "больше-равно" на первый выход блока В. Второй управляющий вход блока В соединен с выходом 26 счетчика 4. Нулевой уровень сигнала на этом входе разрешает выдачу сигнала "равно" на второй выход блока В.

Блок 9 управления осуществляет управление операционными узлами интерполлятора в соответствии с алгоритмом работы.

Мультиплексор 10 предназначен для коммутации на схему сравнения 8 содержимого регистра 1, если на управляющем входе 0 и регистра 3; если на управляющем входе 1.

Триггер 12 фиксирует результаты сравнения выделенных операндов. Элемент 11 И предназначен для формирования сигнала об "отсутствии ошибки". Нулевой уровень сигнала на выходе элемента 11 указывает о наличии сбоя или неисправности в работе интерполлятора.

Блок 8 содержит схему сравнения 36, первый и второй элементы ИЛИ 37, 38 (см. фиг. 2). Разрешение выдачи признака больше-равно с выходом схемы сравнения 36 на первый выход блока В разрешается единичным уровнем сигнала на выходе сумматора. Следует отметить, что признаке больше-равно формируется путем логического сложения признаков "больше" и "равно". Выдача признака "равно" на второй выход блока В разрешается по окончании процесса интерполирования, то есть нулевым уровнем сигнала на выходе 26.

Триггер 12 включает в себя D-триггер 39 и элемент И 40 (фиг. 3).

Интерполлятор работает следующим образом.

В качестве метода линейной интерполяции для предлагаемого линейного интерполлятора используется метод оценочной функции, согласно которому направление очередного шага направляется по закону специальной оценочной функции (ОФ), вычисляемой в процессе интерполяции. Интерполируемая прямая делит двумерное координатное пространство, в котором она расположена, на две области; область ОФ больше нуля под прямой и область ОФ меньше нуля под прямой. Самая прямая представляет собой область ОФ = 0. Интерполяция методом оценочной функции производится по следующему правилу: если промежуточная точка траектории находится в области ОФ  $\geq 0$ , то следующий шаг делается по оси X (при  $\Delta X = \text{БП}$ ,  $\Delta Y = \text{МП}$ ). Если

же промежуточная точка траектории находится в области ОФ < 0, то следующим выполняется комбинированный диагональный шаг. В описании прототипа показано, что при начальном значении оценочной функции, равном целой части половины большего приращения, задающего отрезок прямой, отклонения их идеальной прямой не превышает половины шага дискретизации. Поскольку принято начальное значение оценочной функции ОФ<sub>0</sub> = БП/2 ц.ч., а сама прямая представляет собой ОФ = 0, то очевидно, что в точках аппроксимирующего отрезка, совпадающих с идеальной прямой, оценочная функция принимает значение ОФ<sub>1</sub> = ОФ<sub>0</sub> = БП/2 ц.ч. В предлагаемом линейном интерполляторе обеспечивается точное попадание в конечную точку. Следовательно, значение оценочной функции в конечной точке равно БП/2 ц.ч., т.е. начальному значению оценочной функции. Последнее свойство использовано для контроля линейного интерполлятора в устройстве-прототипе.

Значение оценочной функции для предлагаемого интерполлятора определяется по следующим соотношениям: ОФ<sub>0</sub> = БП/1 ц.ч.  
1) ОФ<sub>н+1</sub> = ОФ<sub>н</sub> + (БП - МП) при ОФ < 0.  
2) ОФ<sub>н+1</sub> = ОФ<sub>н</sub> - МП при ОФ > 0.

При ОФ<sub>н</sub> < 0 выполняется комбинированный диагональный шаг, т.е. одновременные шаги по ведущей и ведомой координатам. При ОФ > 0 выполняется шаг по ведущей координате.

Из формулы (2) следует, что при выполнении шагового приращения по ведущей координате из текущего значения оценочной функции вычитается значение меньшего приращения. При этом очевидно, что минимальное положительное значение оценочной функции равно нулю. Следовательно, минимально возможное значение оценочной функции равно (-МП). Из вышеуказанного следует, что в такте, соответствующем выполнению комбинированного шагового приращения по обеим координатам, значение оценочной функции не меньше значения (-МП). Указанное свойство было использовано в предлагаемом устройстве для текущего контроля работы интерполлятора.

Контроль осуществляется в интерполяционном такте, соответствующем отрицательному значению оценочной функции, сопоставляется текущее значение оценочной функции, хранящееся в накапливающем сумматоре, со значением (-МП), представленном в дополнительном коде. Если ОФ < -МП,

то имеет место сбой или неисправность в работе интерполлятора.

При интерполяции отрезка от внешнего устройства поступают исходные операнды, определяющие заданный отрезок прямой и его направление. В сдвиговой регистр 1 координатного приращения и счетчик 4 по входу 14 передним фронтом сигнала записи на входе 15 интерполлятора записывается значение БП. Значение БП, записанное в счетчик 4, определяет число интерполяционных тактов. В регистр 3 координатного приращения передним фронтом сигнала на входе 15 интерполлятора записывается значение БП в дополнительном коде с входа 16 линейного интерполлятора. В блок 9 управления передним фронтом сигнала записи с входа 15 интерполлятора, соединенного с входом 28 блока 9, запоминаются значения признаков: определяющих ориентацию отрезка в двумерном координатном пространстве. На второй вход интерполлятора поступает значение "1" при  $\Delta X \geq 0$ , где  $\Delta X$  — значение приращения исходного отрезка прямой по оси абсцисс, и "0" при  $\Delta X < 0$ .

"1" на входе 19 интерполлятора определяет положительный знак приращения  $\Delta Y$ , где  $\Delta Y$  — значение приращения исходного отрезка прямой по оси ординат. При  $\Delta Y < 0$  на входе 19 интерполлятора выставляется значение "0". При  $\Delta X \geq \Delta Y$  на входе 20 интерполлятора выставляется уровень "1", а при  $\Delta X < \Delta Y$  — уровень "0".

Значение модулей приращения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ , а также их знаки полностью определяют отрезок аппроксимируемой прямой по отношению к координатным осям. Поскольку в исходный момент времени на выходе 33 блока 9 управления присутствует значение "1", то на выходе ключа 6 выставляется парафазный код БП. Под воздействием сигналов с выхода ключа 6 сумматор 7 принимает значение БП.

Таким образом, значение БП в исходный момент времени записано в сдвиговом регистре 1 координатного приращения, счетчик 5 и сумматор 7. В следующий тактовый момент времени на выходе 30 блока 9 управления устанавливается значение "1", обеспечивающей передачу на вход сумматора 7 дополнительного кода МП с выхода регистра 3 координатного приращения через мультиплексор 5. В сумматоре 7 находится значение выражения:

$$\Delta = \text{БП} - \text{МП}_{\text{дop}}$$

Значение  $\Delta$  запоминается в регистре 2 разности координатных приращений. Уровень сигнала, записанного в регистр 2, — положительный. В указанный тактовый момент вре-

мени осуществляется также сдвиг содержимого сдвигового регистра 1 координатного приращения в сторону младших разрядов. Поскольку до выполнения указанного действия в регистре 1 хранилось значение БП, то после выполнения указанной операции сдвига регистр 1 принимает значение БП/2 ч.ч.

В следующий тактовый момент времени на выходе 33 блока 9 управления устанавливается значение "1", что обеспечивает установку сумматора 7 в состояние БП/2 ч.ч. Указанные действия предшествуют собственно процессу интерполяции и образуют цикл подготовки. Причем в регистре 3 координатного приращения хранится значение МП, в счетчике 4 — значение БП, в регистре 2 разности координатных приращений — разность БП — МП, а в сумматоре 7 и регистре 1 координатного приращения — значение БП-2 ч.ч. Цикл подготовки занимает три тактовых момента времени.

В цикле интерполяции в первый тактовый момент времени из содержимого сумматора 7 вычитается значение МП, т.е. обеспечивается передача инверсного значения МП через мультиплексор 5 на информационный вход сумматора 7.

При отрицательном значении оценочной функции, хранящейся в сумматоре 7 к содержимому сумматора прибавляется значение БМ — МП, хранящееся в регистре 2. Передача значения БП — МП на информационный вход сумматора 7 достигается подачей на управляющий вход мультиплексора 5 "0". При положительном знаке оценочной функции, хранящейся в сумматоре 7 от содержимого последнего вычитается значение МП.

Указанные действия совершаются за тактовый момент времени, в каждом из которых формируется шагвое приращение. Значение шаговых приращений определяются значением знаков приращений  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ , соотношением приращений  $X$  и  $Y$ , а также знаком оценочной функции, хранящейся в сумматоре 7. При выполнении интерполяционного шага по двум координатам содержимое знакового разряда сумматора принимает значение "1". Указанным уровнем разрешается выдача на первый выход сравнения 8, признака "больше-равно" формируемого путем сравнения операндов, поступающих на блок 8. В противном случае на выходе элемента ИЛИ 37 устанавливается единичный уровень сигнала. В процессе интерполяционного цикла на выходе счетчика 4 удерживается сигнал "1". Указанный уровень удерживается на выходе элемента

ИЛИ 33 (см. фиг. 2) единичный уровень. Этот же сигнал поступает на управляющий вход мультиплексора 10, который по указанному сигналу осуществляет коммутацию содержимого регистра 3 на первый вход блока 8. На второй вход блока 8 поступает содержимое сумматора 7. В блоке 8 осуществляется сопоставление указанных значений и в случае, если содержимое сумматора 7 больше либо равно содержимому регистра 3, то на первом выходе блока 8 устанавливается "1", которая записывается в триггер 12 по переднему фронту сигнала. В противном случае на выходе устанавливается 0, который также записывается в триггер 12. Содержимое триггера 12 поступает через элемент И 11 в ЭВМ для анализа на возникновение ошибки. Нулевой уровень на выходе элемента 11 указывает на неисправность интерполятора, или наличие сбоя в его работе.

В цикле интерполяции с каждым шагом приращением по ведущей координате содержимое счетчика 4 уменьшается на единицу. При выдче числа шаговых приращений по ведущей координате, равного БП, на выходе счетчика 4 формируется уровень 0, сигнализирующий об окончании интерполяционного отрезка прямой. Указанным сигналом разрешается прохождение значения с выхода "равно" схемы сравнения 36 на выход элемента И 38 (см. фиг. 2). При равенстве содержимого сумматора 7 значению сдвигового регистра 1 на втором выходе блока 8 устанавливается уровень 1. В противном случае на выходе блока 8 устанавливается 0. Выше указанные сигналы со второго выхода блока 8 через элемент И 11 поступают в ЭВМ для анализа по возникновению ошибки.

В предлагаемом устройстве реализация блока управления не отличается от его реализации в устройстве прототипа. В устройстве прототипа контроль осуществляется только по окончании цикла интерполяции. В предлагаемом устройстве достигнуто повышение надежности работы за счет контроля как после окончания интерполяционного цикла так и во время интерполяционного цикла.

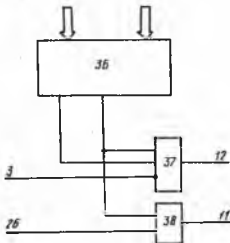
#### Формула изобретения

Линейный интерpolator, содержащий сдвиговой регистр координатного приращения, ключ, накапливающий сумматор, регистр разности координатных приращений, информационный вход которого соединен с информационным выходом накапливающего сумматора, вход начальной установки которого соединен с выходом ключа, информационный вход которого соединен с выходом сдвигового регистра координатно-

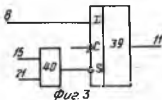
го приращения, регистр координаты приращения, счетчик импульсов, первый мультиплексор, блок сравнения и блок управления, информационные входы сдвигового регистра координатного приращения и счетчика импульсов соединены с входом значения большего приращения интерполятора, информационный вход регистра координатного приращения соединен с входом значения меньшего приращения интерполятора, выходы регистра разности координатных приращений и регистра координатного приращения соединены с первым и вторым информационными входами первого мультиплексора, выход которого соединен с информационным входом накапливающего сумматора, выход которого соединен с первым информационным входом блока сравнения, вход запуска интерполятора соединен с входами записи сдвигового регистра координатного приращения, регистра сдвигового приращения и счетчика и с входом запуска входа управления, первый выход которого соединен с входом записи регистра разности координатных приращений и входом управления сдвигом сдвигового регистра координатного приращения, второй выход блока управления соединен со счетным входом счетчика импульсов, выход признака нулевого состояния которого соединен с выходом признака "Конец интерполяции" интерполятора и с первым входом начальной установки блока управления, третий выход блока управления соединен с управляющим входом первого мультиплексора, выход знакового разряда накапливающего сумматора соединен с вторым входом блока управления, четвертый и пятый выходы блока управления соединены с входом синхронизации накапливающего сумматора и управляющим входом ключа соответственно, с вторым по четвертый входы блока управления являются входами знака приращения первой и второй координат и входом признака координаты с большим приращением интерполятора, выходы координатных приращений которого соединены с шестого по девятый выходы блока управления, второй вход начальной установки которого является входом начальной установки интерполятора, вход переноса накапливающего сумматора соединен с общей шиной, от которой с тем, что, с целью повышения надежности за счет контроля во время интерполяции, в него введены второй мультиплексор, элемент И, триггер, выход которого соединен с выходом признака "Отсутствие ошибки интерполятора", а первый вход — с первым выходом "Равно" блока

сравнения, выходы регистров координатного приращения и меньшего приращения соединены с первым и вторым информационными входами второго мультиплексора соответственно, выход которого соединен с вторым входом блока сравнения, первый вход которого соединен с выходом накапливающего сумматора, первый вход управления разрешения блока сравнения соединен с выходом переноса накапливающего сум-

матора, а второй вход управления - с выходом счетчика импульсов, первый и второй входы начальной установки триггера соединены с входом начальной установки интерполятора и входом запуска интерполятора соответственно, информационный вход триггера соединен с выходом "Больше-равно" блока сравнения, синхровход триггера соединен с вторым выходом блока управления.



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор

Составитель А. Романок  
Техред М. Моргентаг

Корректор М. Максимович

Заказ 1285

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

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