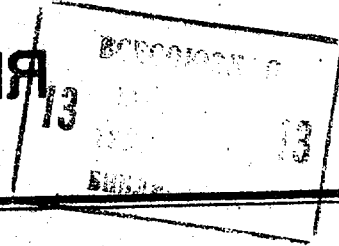




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3546854/18-24
 (22) 27.01.83
 (46) 30.04.84. Бюл. № 16
 (72) Ю.И.Торжашев
 (71) Минский радиотехнический институт
 (53) 621.503.55 (088.8)
 (56) 1. Авторское свидетельство СССР № 875343, кл. G 05 B 19/415, 1981.
 2. Авторское свидетельство СССР № 798729, кл. G 05 B 19/415, 1981 (прототип).
 (54) (57) ИНТЕРПОЛЯТОР, содержащий первый и второй реверсивные счетчики импульсов, подключенные прямыми выходами каждого разряда соответственно к первым и вторым входам сумматора, отличающийся тем, что, с целью упрощения интерполятора, он содержит генератор импульсов, пять элементов ИЛИ, элемент НЕ, восемь элементов И и триггер, подключенный нулевым входом к шине "Установка исходного состояния", инверсным выходом - к суммирующим входам первого и второго реверсивных счетчиков импульсов, а прямым выходом - к вычитающим входам первого и второго реверсивных счетчиков импульсов, соединенных счетными входами соответственно с первым и вторым управляющими входами сумматора, подключенного инверсным выходом каждого информационного разряда к входам первого элемента И, прямым выходом знакового разряда - к первым входам второго и третьего элементов И и первого элемента ИЛИ, а инверсным выходом знако-

вого разряда - к первому входу четвертого элемента И, соединенного вторым входом с выходом второго элемента ИЛИ, а выходом - с первым входом третьего элемента ИЛИ, подключенного выходом к счетному входу второго реверсивного счетчика импульсов, а вторым входом - к первому входу четвертого элемента ИЛИ и выходу третьего элемента И, связанного вторым входом с первым входом второго элемента ИЛИ, подключенного вторым входом к выходу пятого элемента И и к второму входу второго элемента И, соединенного выходом с первым входом пятого элемента ИЛИ, подключенного выходом к счетному входу первого реверсивного счетчика импульсов, вторым входом - к выходу шестого элемента И, а третьим входом - к второму входу четвертого элемента ИЛИ и к выходу седьмого элемента И, соединенного первым входом с выходом элемента НЕ, а вторым входом - с первым входом шестого элемента И, подключенного вторым входом к входу элемента НЕ и к выходу первого элемента ИЛИ, соединенного вторым входом с выходом первого элемента И, причем инверсные выходы каждого разряда первого и второго реверсивных счетчиков импульсов подключены соответственно к первым и вторым входам восьмого элемента И, соединенного выходом с единичным входом триггера, а первый и второй входы пятого элемента И подключены соответственно к выходу генератора импульсов и прямому выходу триггера.

(19) **SU** (11) **1089551** A

Изобретение относится к автоматике и вычислительной технике и может быть использовано в устройствах вывода графической информации и для формирования шаговых траекторий исполнительных органов в системах числового программного управления, в системах ввода графической информации в режиме следящего преобразования с целью компактного представления информации, и для подготовки исходной числовой информации для управляющих устройств в системах числового программного управления.

Известно устройство, содержащее счетчики, подключенные к блоку вычисления разности и коммутатору, блок управления и сумматор 1.

Недостатком известного устройства является то, что оно не обеспечивает выполнения обратного процесса интерполяции, т.е. расчета координат опорных точек по заданной последовательности узловых точек, и поэтому они не могут быть использованы для подготовки управляющих программ для устройства с числовым программным управлением.

Наиболее близким к предлагаемому является интерполятор, содержащий счетчики, соединенные с входами сумматора, блок элементов задержки и элемент И-НЕ [2].

Недостатком такого интерполятора заключается в сложности.

Цель изобретения - упрощение интерполятора.

Поставленная цель достигается тем, что интерполятор, включающий первый и второй реверсивные счетчики импульсов, подключенные прямыми входами каждого разряда соответственно к первым и вторым входам сумматора, содержит генератор импульсов, пять элементов ИЛИ, элемент НЕ, восемь элементов И и триггер, подключенный нулевым входом к шине "Установка исходного состояния", инверсным выходом - к суммирующим входам первого и второго реверсивных счетчиков импульсов, а прямым выходом - к вычитающим входам первого и второго реверсивных счетчиков импульсов, соединенных счетными входами соответственно с первым и вторым управляющими входами сумматора, подключенного инверсным выходом каждого информационного разряда к входам первого элемента И, прямым выходом знакового разряда - к первым входам второго и третьего элементов И и первого элемента ИЛИ, а инверсным выходом знакового разряда - к первому входу четвертого элемента И, соединенного вторым входом с выходом второго элемента ИЛИ, а выходом - с первым входом третьего элемента ИЛИ, подключен-

ного выходом к счетному входу второго реверсивного счетчика импульсов, а вторым входом - к первому входу четвертого элемента ИЛИ и выходу третьего элемента И, связанного вторым входом с первым входом второго элемента ИЛИ, подключенного вторым входом к выходу пятого элемента И и к второму входу второго элемента И, соединенного выходом с первым входом пятого элемента ИЛИ, подключенного к счетному входу первого реверсивного счетчика импульсов, вторым входом - к выходу шестого элемента И, а третьим входом - к второму входу четвертого элемента ИЛИ и выходу седьмого элемента И, соединенного первым входом с выходом элемента НЕ, а вторым входом - с первым входом шестого элемента И, подключенного вторым входом к входу элемента НЕ и выходу первого элемента ИЛИ, соединенного вторым входом с выходом первого элемента И, причем инверсные выходы каждого разряда первого и второго реверсивных счетчиков импульсов подключены соответственно к первым и вторым входам восьмого элемента И, соединенного выходом с единственным входом триггера, а первый и второй входы пятого элемента И подключены соответственно к выходу генератора импульсов и прямому выходу триггера.

На фиг. 1 представлена блок-схема интерполятора; на фиг. 2 - пример линейной интерполяции, выполненный с помощью интерполятора; на фиг. 3 - пример работы интерполятора в режиме аппроксимации; на фиг. 4 и 5 - таблицы работы интерполятора в режиме линейной интерполяции и режиме аппроксимации соответственно.

Интерполятор содержит первый 1 и второй 2 реверсивные счетчики импульсов, сумматор 3, второй элемент И 4, четвертый элемент И 5, второй элемент ИЛИ 6, третий элемент ИЛИ 7, пятый элемент ИЛИ 8, пятый элемент И 9, генератор 10 импульсов, триггер 11, первый элемент И 12, первый элемент ИЛИ 13, элемент НЕ 14, шестой элемент И 15, седьмой элемент И 16, четвертый элемент ИЛИ 17, третий элемент И 18, восьмой элемент И 19, шину "Установки исходного состояния".

Счетчики 1 и 2 служат для подсчета приращений координат в режиме прямой и обратной интерполяции, а их первые и вторые управляющие входы - для управления сложением и вычитанием.

Сумматор 3 служит для подсчета оценочной функции. Первый и второй входы (информационные) сумматора являются входами поступления первого и второго операндов, находящихся соответственно в счетчиках 1 и 2. Вто-

рой и первый управляющие входы, соединенные соответственно со счетными входами второго и первого счетчиков 2 и 1, являются соответственно входом управления вычитанием и сложением операндов, находящихся соответственно в счетчиках 1 и 2. Прямой и инверсный выходы знакового разряда сумматора являются индикаторами отрицательного и положительного числа, находящегося в сумматоре.

Элементы И 4 и 5 служат для формирования на своих выходах счетных импульсов, подсчитываемых соответственно счетчиками 1 и 2, являющихся одновременно и сигналами управления соответственно суммированием содержимого второго счетчика 2 и вычитанием содержимого первого счетчика 1. Элемент И 4 вырабатывает сигналы только в режиме интерполирования, а элемент И 5 - в обоих режимах.

Элементы ИЛИ 6, 7 и 8 служат для сборки сигналов, поступающих на их входы.

Элемент И 9 служит для формирования тактовых импульсов в течение кадра интерполирования, генератор 10 импульсов - для формирования тактовых импульсов, необходимых для работы устройства в режиме интерполирования, а триггер 11 - для выбора режима работы устройства (интерполирования и аппроксимации).

Элемент И 12 является нуль-органом, его входы соединены с инверсными выходами сумматора 2. Сигнал на выходе элемента вырабатывается в том случае, если содержимое сумматора равно нулю, т.е. когда все сигналы на инверсных выходах сумматора равны 1.

Элемент ИЛИ 13 служит для сборки сигналов, появляющихся на его выходе, если содержимое сумматора 3 либо отрицательно, либо равно нулю, элемент НЕ 14 - для инвертирования сигнала, поступающего с выхода элемента ИЛИ 13. Сигнал на выходе элемента НЕ появляется, если содержимое сумматора 2 положительно и не равно нулю, т.е. инверсно по отношению к сигналу с выхода элемента ИЛИ 13.

Элементы И 14, 15 и 16 служат для формирования управляющих сигналов в режиме аппроксимации, а элемент ИЛИ 17 - для сборки сигналов. Сигнал на его выходе появляется в том случае, если очередное поступившее на вход устройства приращение лежит на конце сформированного отрезка. Этот сигнал является сигналом признака "Конец отрезка".

Элемент И 19 является индикатором нуля и вырабатывает на своем выходе сигнал, если содержимое счетчиков 1 и 2 равно нулю, для этого его входы

соединены с инверсными выходами счетчиков.

Шина "Установка исходного состояния" 20, служит для установки триггера, что обеспечивает переключение на режим интерполирования.

Интерполятор работает следующим образом.

Интерполируемая прямая делит плоскость XU на две области: область, где $F > 0$, находится под прямой, область, где $F < 0$, расположена над прямой и $F = 0$ для точек, расположенных на прямой линии (фиг. 2).

Значение оценочной функции в любой промежуточной точке определяется выражением

$$F_{ij} = \sum_{0 \leq i < j} Y_k \Delta X_i - \sum_{0 \leq j < i} X_k \Delta Y_j, \quad (1)$$

где X_k, Y_k - координаты конечной точки (координаты начальной точки совпадают с началом координат);

X_i, Y_j - координаты текущих точек. Если промежуточная точка траектории с учетом смещения, определяемого начальным значением оценочной функции, находится в области $F \geq 0$, то шаг делается по оси Y , если в области $F < 0$, то по оси X . Каждому шагу вдоль одной из осей соответствует согласно выражению (1) свое значение оценочной функции. Начальное значение оценочной функции $F_{00} = Y_k - X_k$.

При обработке траектории по каждой из осей координат должно быть сделано заданное число шагов. Чтобы упростить процедуру расчета, учет количества шагов ведется одновременно с интерполяцией путем последовательного вычитания отработанного числа шагов из заданного. Точность интерполирования при этом не ухудшается, но уменьшается объем оборудования, так как подсчет числа шагов осуществляется самим интерполятором.

С учетом сказанного значение оценочной функции будет определяться выражением

$$F_{ij} = F_{00} + \sum_{0 \leq i < j} (Y_k - Y_j) \Delta X_i - \sum_{0 \leq j < i} (X_k - X_i) \Delta Y_j. \quad (2)$$

Вычисления заканчиваются, когда по каждой из осей координат будет отработано заданное число шагов, т.е. когда будет выполнено условие

$$Y_k - Y_j = 0 \quad \text{и} \quad X_k - X_i = 0.$$

В этом случае значения текущих координат точки будут равны своим конечным значениям, т.е. $Y_j = Y_k$ и $X_i = X_k$.

Разность между текущими значениями координат точки и конечными значениями (2) подсчитывается счетчиками 2 и 1 интерполятора, а момент достижения конечных значений координат

фиксируется элементом И 19. Тем самым на одном и том же оборудовании реализуется одновременно два процесса: интерполяция и отсчет количества сделанных шагов. Раньше для этой цели использовался большой объем оборудования.

Процесс обратной интерполяции во многом сходен с процессом прямой интерполяции. Начальное и текущее значения оценочной функции определяются так же, как и раньше, в зависимости от расположения координат текущей точки относительно формируемого отрезка.

В процессе обратной интерполяции происходит накопление приращений, а не их убывание - выражение в круглых скобках в (2). Обозначим $Y_k - Y_j = Y_j^1$ и $X_k - X_j = X_j^1$. Подставив эти значения в выражение (2) получим выражение оценочной функции для режима обратной интерполяции,

$$F_{ij}^1 = \sum_{1 \leq i \leq j} Y_j^1 \Delta X_i - \sum_{1 \leq j \leq i} X_i^1 \Delta Y_j$$

где $Y_j^1 = \sum_{1 \leq j \leq i} \Delta Y_j$ и $X_i^1 = \sum_{1 \leq i \leq j} \Delta X_i$ значения текущих координат формируемого отрезка, подсчитываемые соответственно счетчиками 2 и 1.

Будем считать, что текущее единичное приращение ΔY_{j+1} принадлежит формируемому отрезку, если $F_{ij} \geq 0$ и, соответственно, текущее единичное приращение ΔX_{i+1} принадлежит формируемому отрезку, если $F_{ij} < 0$.

При нарушении этого условия считаем, что отрезок сформирован, а накопленные к этому времени значения текущих координат являются координатами конечной точки этого отрезка (координаты начальной точки при этом совпадают с началом координат).

Указанные логические условия реализуются с помощью введенных в устройство дополнительных элементов и связей.

В исходном состоянии счетчики 1 и 2, сумматор 3 и триггер 11 обнулены, а счетчики включены на режим работы суммирования.

В режиме интерполирования устройство работает следующим образом.

Перед началом работы счетчики 1 и 2 содержат значения конечных координат отрезков X_k и Y (начальные координаты совпадают с началом системы координат), а сумматор - начальное значение оценочной функции $F_{00} = Y - X$. Затем сигналом по входу 20 триггер 11 переводится в единичное состояние, в результате чего счетчики 1 и 2 переводятся в режим вычитания, а импульсы генератора 10 импульсов через элемент И 9 поступают на входы элементов И 4

и ИЛИ 6. С выхода последнего импульсы поступают на вход элемента И 5.

Если содержимое сумматора отрицательно, разрешающий потенциал с выхода знакового разряда сумматора прикладывается к входу элемента И 4 и импульсы с его второго входа будут проходить на выход этого элемента и через элемент ИЛИ 8 на входы сумматора 3, включая режим сложения содержимого счетчика 2 с содержимым сумматора, при этом содержимое сумматора изменяется и станет равным

$$F_{i+1,j} = F_{i,j} + Y_j \Delta X_{i+1} = F_{i,j} + Y_j$$

а содержимое счетчика 1 уменьшится на 1 единицу и станет равным

$$X_{i+1} = X_k - \Delta X_i = X_k - 1$$

Подобный процесс продолжается до тех пор, пока содержимое сумматора не изменит свой знак на противоположный или не станет равным нулю. При этом содержимое счетчика 2 останется неизменным, а содержимое счетчика 1 изменяется с приходом каждого импульса в соответствии с выражением

$$X_{i+1} = X_k - \Delta X_{i+1} = X_k - \sum_{1 \leq i \leq k} \Delta X_{i+1} = X_k - \sum_{1 \leq i \leq k} 1$$

При изменении знака содержимого сумматора на противоположный или при равенстве нулю содержимого сумматора разрешающий потенциал с выхода знакового разряда сумматора прикладывается к входу элемента И 5. В результате этого импульсы, поступающие с выхода этого элемента на входы сумматора 3 и счетчика 2, изменяют их содержимое. Содержимое счетчика 2 изменяется в соответствии с выражением

$$Y_{j+1} = Y_j - \Delta Y_{j+1} = Y_k - \sum_{1 \leq j \leq Y_k} \Delta Y_{j+1} = Y_k - \sum_{1 \leq j \leq Y_k} 1$$

а содержимое сумматора изменяется в соответствии с выражением

$$F_{i,j+1} = F_{i,j} - X_i \Delta Y_{j+1} = F_{i,j} - X_i$$

Этот процесс продолжается до тех пор, пока содержимое сумматора не изменит свой знак на противоположный.

Последовательность описанных автоколебательных процессов продолжается до тех пор, пока содержимое счетчиков 1 и 2 не станет равным нулю. Это будет свидетельствовать о том, что заданное число шагов по обоим осям системы координат обработано. При этом наличие на всех инверсных выходах счетчиков, а следовательно, и на входах элемента И 19 сигналов приведет к появлению на выходе этого элемента сигнала,

устанавливающее триггер 11 в исходное состояние. С переводом триггера 11 в исходное состояние разрешающий потенциал на входе элемента И 9 исчезает и устройство прекращает свою работу. При этом счетчики оказываются в исходном нулевом состоянии, сумматор 3 очищается (связь от выхода элемента И 19 на нулевой установочный вход сумматора на фиг. 1 не показана) и устройство готово к приему очередного кадра информации. Импульсы, появляющиеся на выходах элементов ИЛИ 7 и 8, являются сигналами управления перемещением исполнительного органа по координатным осям Y и X соответственно.

Принцип работы устройства в режиме прямого интерполирования поясняется примером, приведенным на фиг. 2 и 4.

В режиме обратного интерполирования триггер 11 находится в исходном состоянии и счетчики 1 и 2 включены на режим суммирования.

В процессе работы содержимое изменяет свой знак. И если содержимое сумматора 3 положительно или равно нулю, то разрешающий потенциал с инверсного выхода знакового разряда сумматора прикладывается к управляющему входу элемента И 5. Если содержимое сумматора оказывается равным нулю, то разрешающий потенциал с выхода элемента И 12, на входах которого в это время присутствуют все разрешающие единичные сигналы, через элемент ИЛИ 14 поступает на вход элемента И 15.

Если содержимое сумматора отрицательно, то разрешающий потенциал с прямого выхода знакового разряда сумматора прикладывается к управляющему входу элемента И 18, и через элемент ИЛИ 13 к входу элемента И 15.

Если содержимое сумматора не равно нулю и положительно, то разрешающий потенциал после инвертирования сигнала с выхода элемента ИЛИ 13 элементом И 14 прикладывается к входу элемента И 16.

Если содержимое сумматора в процессе работы равно нулю или отрицательно, то элемент И 15 открыт и поступающие на другой его вход импульсы проходят на выход элемента и через элемент ИЛИ 8 поступают на управляющий вход сумматора 3, разрешая суммирование содержимого счетчика 2 с содержимым сумматора, и на вход счетчика 1, изменяя его содержимое на единицу.

Значения содержимого сумматора и счетчика 2 при этом будут определяться соответственно выражениями

$$F_{i+1,j} = F_{i,j} + Y_j \Delta X_{i+1} = F_{i,j} + Y_j$$

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i+1} = \sum_{1 \leq i \leq X_k} \Delta X_{i+1} = \sum_{1 \leq i \leq X_k} 1_{i+1}$$

Если содержимое сумматора в процессе работы равно нулю или положительно, то элемент И 15 открыт и поступающие с второго входа элемента ИЛИ 6 импульсы проходят на его выход и через элемент ИЛИ 7 поступают на управляющий вход сумматора 3, разрешая вычитание из его содержимого содержимое счетчика 1. Импульсы с выхода элемента ИЛИ 7, поступающие на вход счетчика 2, изменяют его содержимое на единицу в соответствии с выражением.

$$Y_{j+1} = Y_j + \Delta Y_{j+1} = \sum_{1 \leq j \leq Y_k} \Delta Y_{j+1} = \sum_{1 \leq j \leq Y_k} 1_{j+1}$$

Содержимое сумматора изменяется при этом в соответствии с выражением

$$F_{i,j+1} = F_{i,j} - X_i \Delta Y_{j+1} = F_{i,j} - X_i$$

Если содержимое сумматора не равно нулю и положительно или отрицательно, то разрешающие потенциалы приложены соответственно к первым входам элементов И 16 и 18. Если в это время на вторых их входах появится импульс, то он проходит на выход соответствующего элемента И и на вход одного из элементов ИЛИ 8 и 7, изменяя содержимое одного из счетчиков и сумматора, аналогично тому, как если бы импульсы поступали с выходов элементов И 15 и 5. Одновременно с этим импульс с выхода одного из элементов И 16 или И 18 поступает на вход элемента ИЛИ 17 и проходит на его выход. При появлении этого сигнала разрешается считывание содержимого счетчиков 1 и 2, представляющего значения координат конечной точки прямолинейного отрезка. После считывания информации и установки счетчиков 1 и 2 и сумматора 3 в состояние "нуль" (на фиг. 1 связь не показана) устройство готово к обработке следующей порции информации. Аналогичным образом происходит считывание информации и установка счетчиков и сумматора в исходное состояние при поступлении извне сигнала "Конец сообщения".

Принцип работы устройства в режиме обратного интерполирования поясняется примером, приведенным на фиг. 3 и 5.

Работа устройства в режиме обратного интерполирования осуществляется без задержек и поэтому обеспечивает обработку быстропротекающих процессов в реальном времени.

Реализация двух процессов на одном и том же устройстве расширяет

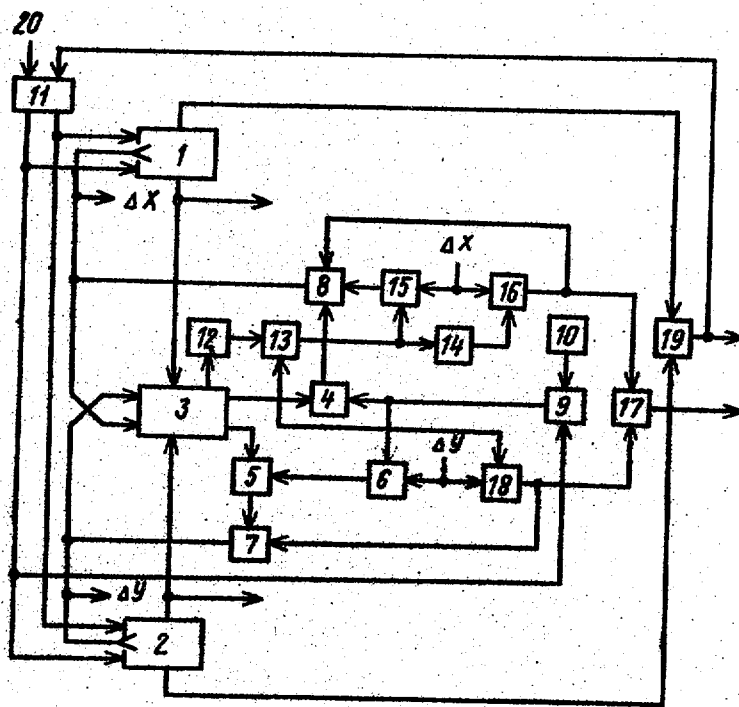
его функциональные возможности и повышает коэффициент использования оборудования.

Использование устройства в режиме обратного интерполирования позволяет уплотнить информацию за счет устранения избыточных компонентов и тем самым уменьшить загрузку каналов связи при передаче информации на расстояние, уменьшить объемы памяти, требуемые для хранения информации, и уменьшить процессорное время, затрачиваемое на автоматизированную обработку информации.

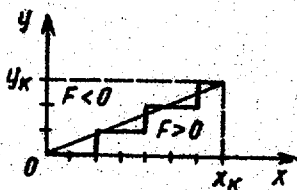
Упрощение предлагаемого устройства достигнуто за счет того, что для

обратного процесса интерполяции получены сходные с прямым процессом интерполяции соотношения, которые позволяют реализовать на одной и той же структуре эти вычисления.

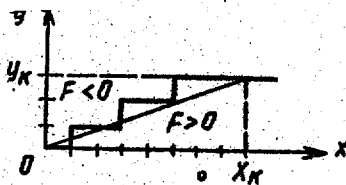
- 5 Кроме того, в известных устройствах определение конца обработки траектории при интерполировании осуществляется с использованием дополнительного оборудования. В предлагаемом
- 10 устройстве процесс определения конца траектории осуществляется в самом интерполаторе за счет введения обратного счета числа отработанных шагов и не требует дополнительных затрат
- 15 оборудования.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Содержимое			Выходы элементов			
1	2	3	И4	И5	Т11	И19
		$-7+3=-4$			0	
$7-1=6$		$-4+3=-1$	1		1	
$6-1=5$		$-1+3=2$	1		1	
	$3-1=2$	$2-5=-3$		1	1	
$5-1=4$		$-3+2=-1$	1		1	
$4-1=3$		$-1+2=1$	1		1	
	$2-1=1$	$1-3=-2$		1	1	
		$-2+1=-1$	1		1	
$2-1=1$		$-1+1=0$	1		1	
	$1-1=0$	$0-1=-1$		1	1	
$1-1=0$		$-1+0=-1$	1		1	1
					0	

Фиг. 4

Содержимое			Входы			Выходы			
1	2	3	15	5,18	16	15	5	16	17
$0+1=1$		$0+0=0$	1		1	1			
	$0+1=1$	$0-1=-1$		1			1		
$1+1=2$		$-1+1=0$	1		1	1			
$2+1=3$		$0+1=1$	1		1	1			
	$1+1=2$	$1-3=-2$		1			1		
$3+1=4$		$-2+2=0$	1		1	1			
$4+1=5$		$0+2=2$	1		1	1			
	$2+1=3$	$2-5=-3$		1			1		
$5+1=6$		$-3+3=0$	1		1	1			
$6+1=7$		$0+3=3$	1		1	1			
$7+1=8$		$3+3=6$	1		1			1	1

Фиг. 5

Редактор Н. Безродная Составитель Н. Горбунова Корректор И. Эрдейи
 Техред Ж. Кастелевич

Заказ 2932/44 Тираж 842 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4