



УКРАЇНА

UA (її) 32555 (із)  
C2

(51) 7 G01R19/25, G06F15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І  
НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

### (54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ (ВАРІАНТИ)

(21)94085722

(22)05.11.1992

(24) 15.02.2001

(31)839.182

(32)21.02.1992

(33) US

(86) PCT/US92/09631, 05.11.1992

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Мандей Марк Л. (US), Хеммінгер Родні К. (US)

(73) ЕЙ БІ БІ ПАУЕ ТІ ЕНД ДІ КОМПАНІ ІНК. (US)

(56) 1. Патент США № 4298839, 03.11.81.

2. Патент США № 4692874, 08.09.87.

3. Патент США № 4884021, 28.11.89, прототип.

(57) 1. Способ электронного измерения электро энергии, включающий выработку сигналов, характеризующих величины тока и напряжения электро энергии, и их индикацию, **отличающийся** тем, что в качестве характеризующих сигналов используют энергетический сигнал, формируемый первым процессором, причем энергетический сигнал посредством соединителя передают во второй процессор, который перерабатывает энергетический сигнал в сигнал индикации.

2. Устройство для электронного измерения электро энергии, содержащее первый процессор, вход которого соединен с источниками измеряемых напряжения и тока, а выход первого процессора соединен со входом второго процессора, формирующего сигнал индикации, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит соединитель, расположенный между выходом первого процессора и входом второго процессора и предназначенный для передачи энергетического сигнала, сформированного первым процессором, на второй процессор.

3. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что первый процессор содержит аналого-цифровой преобразователь для преобразования регистрируемых сигналов, характеризующих напряжение и ток, в цифровой сигнал.

4. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит блок питания, расположенный между первым процессором и соединителем и предназначенный для подачи дополнительного питания, зависящего от величины регистрируемого напряжения, на соединитель.

5. Устройство по п. 4, **отличающееся** тем, что блок питания содержит полурегулируемый источник питания, регулируемый источник питания и

энергонезависимый источник питания, а также соединение заземления, причем соединитель подключен ко всем источникам питания.

6. Устройство по п. 4, **отличающееся** тем, что первый процессор дополнительно содержит компаратор, к первому входу которого подключен дополнительный источник прецизионного напряжения, а ко второму входу подключен выход блока питания.

7. Устройство по п. 6, отличающееся тем, что выход компаратора подключен к соединителю.

8. Устройство по п. 7, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит схему сброса, соединенную с регулируемым и энергонезависимым источниками питания и вырабатывающую сигнал сравнения величин питания, вырабатываемого этими источниками, используемый в качестве сигнала сброса

9. Устройство по п. 8, **отличающееся** тем, что выход схемы сброса подключен к соединителю.

10. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит индикатор и кнопку состояния, которая соединена со вторым процессором.

11. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что второй процессор выполнен с возможностью выработки сигнала окончания потребления электро энергии, подаваемого на соединитель.

12. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что второй процессор выполнен с возможностью выработки сигнала KYZ, зависящего от величины энергетического сигнала и подаваемого на соединитель.

13. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что второй процессор выполнен с возможностью выработки и приема сигналов, подаваемых на соединитель.

14. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит индикатор, соединенный со вторым процессором.

15. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит источник питания процессоров.

16. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит программируемое постоянное запоминающее устройство, подключенное к процессорам.

17. Устройство по п. 16, **отличающееся** тем, что запоминающее устройство выполнено перепрограммируемым.

СМО

in  
ю  
СО  
СО

о)

18. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит оптический порт, подключенный ко второму процессору.
19. Устройство по п. 18, **отличающееся** тем, что второй процессор выполнен с возможностью принимать и вырабатывать сигналы связи через оптический порт, причем принимаемые и вырабатываемые сигналы со второго процессора поступают на соединитель.
20. Устройство по п. 18, **отличающееся** тем, что оптический порт подключен электрически к соединителю с обеспечением возможности управления подачи электрического сигнала на второй процессор.
21. Устройство по п. 18, **отличающееся** тем, что первый процессор обратимо соединен со вторым процессором с возможностью передачи вторым процессором первому управляющего сигнала, поступающего во второй процессор по оптическому порту и корректирующему процесс регистрации электроэнергии.
22. Устройство по п. 2, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит индикатор, соединенный со вторым процессором и соединителем таким образом, чтобы обеспечить возможность управления сигналом индикации.
23. Устройство для электронного измерения электроэнергии, содержащее первый и второй процессоры, **отличающееся** тем, что оно дополнительно

- содержит датчик напряжения и датчик тока, выходы которых подключены ко входам первого процессора, вырабатывающего энергетический сигнал, характеризующий количество электроэнергии, причем выход первого процессора подключен посредством соединителя ко входу второго процессора, выполненного с возможностью вырабатывания сигнала индикации.
24. Устройство по п. 23, **отличающееся** тем, что датчик тока содержит не менее одного трансформатора.
25. Устройство по п. 23, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит блок питания, соединенный с первым и вторым процессорами, индикатор, соединенный со вторым процессором, и печатную плату, причем процессоры, блок питания, соединитель и индикатор образуют узел электроники, смонтированный на печатной плате.
26. Устройство по п. 23, **отличающееся** тем, что оно дополнительно содержит делитель напряжения, расположенный между датчиком напряжения и входом первого процессора.
27. Устройство по п. 26, **отличающееся** тем, что в случае трехфазного тока делитель напряжения выполнен трехфазным.
28. Устройство по п. 27, **отличающееся** тем, что делитель напряжения для каждой фазы содержит резистор сопротивления 1 МОм для 0,5 Вт, после дательно соединенный с резистором 1 кОм.

Изобретение относится к области электротехники, а именно к области измерителей количества электроэнергии, и может быть использовано для измерения как активной, так и реактивной электроэнергии.

Хорошо известны измерители различных форм электроэнергии. Они могут быть разделены на три типа: электромеханические, чисто электронные и смешанные механоэлектронные. Измерители электромеханические создают выходной сигнал с использованием вращающегося диска. Чисто электронные измерители создают выходной сигнал с использованием электронной схемы без использования вращающихся частей. В измерителях смешанного типа так называемый электронный регистр совмещен, как правило, оптически с вращающимся диском. Для создания выходного сигнала используют импульсы, создаваемые вращающимся диском посредством отражения света от выполненного на диске зеркального пятна.

Как более надежные в последнее время получили наибольшее распространение измерители с использованием электронных компонентов. Кроме того, использование в качестве электронного компонента микропроцессора привело к повышению точности измерения электроэнергии относительно измерений другими типами измерителей. Эти преимущества измерителей электроэнергии с использованием микропроцессора привели к созданию значительного количества подобных устройств.

Известен, в частности, программируемый измеритель электроэнергии переменного тока,

имеющий чувствительный к излучению внешний интерфейс данных. Измеритель содержит логическую схему управления последовательностью измерений, которая в предпочтительном варианте выполнена на основе однокристалльного микропроцессора. Логическая схема управления вычисляет и накапливает информацию относительно потребляемой электроэнергии. Параметры, характеризующие ток и напряжение, поступают на логическую схему с преобразователя, который формирует информацию о токе и напряжении с частотой потребляемой электроэнергии. Преобразователь выполнен на основе вращающегося диска [1].

Известен также электронный измеритель электроэнергии, содержащий микропроцессор и устройство измерения электроэнергии. Устройство измерения электроэнергии содержит схему преобразования электроэнергии и делитель частоты. Схема преобразования создает выходной сигнал, частота которого изменяется делителем частоты, причем делитель частоты управляется вырабатываемым микропроцессором сигналом установки коэффициента деления частоты [2].

Наиболее близким аналогом настоящего изобретения можно признать измеритель электроэнергии многофазных источников питания, в котором периоды каждой фазы измеряют со своей степенью точности и преобразуют амплитуду измерения измеренного сигнала в двоичный код. Преобразование проводят в два этапа, на первом из которых преобразование проводят с учетом оценки измеренной амплитуды относительно одиннадцати заданных величин амплитуды или

масштабных коэффициентов. Эти величины запоминают, а измеренные величины усиливают в соответствии с требуемым кодом величины и подают на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Для обработки параметров, полученных при каждом измерении, используют цифровой процессор (ЦП) общего назначения, выход которого подключен к индикатору. Для управления электронным регистром использован обычный микропроцессор. Использование схемы преобразования Хеммонда приводит к тому, что компоненты измерения электроэнергии "аппаратно кодируются" конкретной измерительной системой, что усложняет вопросы адаптирования измерителя. Использование подобного измерителя в энергосистемах общего пользования для различных целей требует использования множества различных типов подобного измерителя или одного измерителя, в котором были бы учтены все возможные варианты реализации. Однако подобный измеритель будет слишком дорог [3].

Техническая задача, на решение которой направлено настоящее изобретение, состоит в разработке способа измерения электронной энергии, программируемого до такой степени, что основные измерительные функции измерения можно было легко изменять, что позволит легко адаптировать предлагаемый измеритель к различным областям применения.

Для решения указанной технической задачи предложено в способе электронного измерения электроэнергии, включающем выработку сигналов, характеризующих величины тока и напряжения электроэнергии, и их индикацию, использовать в качестве характеризующих сигналов энергетический сигнал, формируемый первым процессором, причем энергетический сигнал посредством соединителя передают на второй процессор, который вырабатывает на основании полученного энергетического сигнала сигнал индикации. Для реализации способа предложено использовать устройство для электронного измерения электроэнергии.

Согласно первому варианту реализации устройства оно содержит первый процессор, входы которого соединены с источниками измеряемых напряжений и тока, а выход соединен с входом второго процессора, причем выход первого процессора и вход второго процессора соединены посредством соединителя, предназначенного для передачи энергетического сигнала, сформированного первым процессором, на второй процессор. Предпочтительно первый процессор содержит АЦП для преобразования регистрирующих сигналов, характеризующих напряжение и ток, в цифровой сигнал. Устройство может дополнительно содержать блок питания, расположенный между первым процессором и соединителем и предназначенный для подачи дополнительного питания, величина которого зависит от величины регистрируемого напряжения, на соединитель. Указанный блок питания предпочтительно содержит полурегулируемый источник питания, регулируемый источник питания и энергонезависимый источник питания, а также соединение заземления, причем соединитель подключен ко всем источникам питания. При этом первый процессор может дополни-

тельно содержать компаратор, к первому входу которого подключен дополнительный источник прецизионного напряжения, а ко второму входу подключен выход блока питания, причем выход компаратора предпочтительно подключен к соединителю. В этом случае устройство может дополнительно содержать схему сброса, соединенную с регулируемым и энергонезависимым источниками питания и вырабатывающую сигнал сравнения величин питания, вырабатываемого этими источниками, причем сигнал сравнения используют в качестве сигнала сброса. Устройство может дополнительно содержать индикатор и кнопку состояния, соединенную со вторым процессором. Второй процессор может быть выполнен с возможностью выработки сигнала окончания потребления электроэнергии, подаваемого на соединитель. Второй процессор может быть также выполнен с возможностью выработки сигнала KYZ, зависящего от величины энергетического сигнала и подаваемого на соединитель. Кроме того, второй процессор может быть выполнен с возможностью выработки и приема сигналов, подаваемых на соединитель. Устройство может содержать индикатор, соединенный со вторым процессором. Желательно ввести в состав устройства источник питания обоих процессоров. К процессорам может быть подключено дополнительно программируемое постоянное запоминающее устройство, которое может быть выполнено перепрограммируемым. Устройство может дополнительно содержать оптический порт, подключенный ко второму процессору. В этом случае второй процессор может быть выполнен с возможностью приема и выработки сигналов связи через оптический порт, причем принимаемые и вырабатываемые сигналы со второго процессора поступают на соединитель. Оптический порт предпочтительно подключен электрически к соединителю с обеспечением возможности управления подачи энергетического сигнала на второй процессор.

Первый процессор может быть обратимо соединен со вторым процессором с возможностью передачи вторым процессором первому процессору управляющего сигнала, поступающего во второй процессор по оптическому порту и корректирующему процесс регистрации электроэнергии. Устройство может дополнительно содержать индикатор, соединенный со вторым процессором и соединителем с возможностью управления сигналом индикации.

Согласно второму варианту реализации устройства оно содержит первый и второй процессоры, а также дополнительно датчик напряжения и датчик тока, выходы которых подключены к входам первого процессора, вырабатывающего энергетический сигнал, характеризующий количество электричества, причем выход первого процессора подключен посредством соединителя ко входу второго процессора, выполненного с возможностью вырабатывания сигнала индикации. Желательно, чтобы датчик тока содержал не менее одного трансформатора. Устройство может дополнительно содержать блок питания, соединенный с первым и вторым процессорами, индикатор, соединенный со вторым процессором, и печатную плату, причем процессоры, блок пита-

ния, соединитель и индикатор образуют узел электроники, смонтированный на печатной плате. Устройство может дополнительно содержать делитель напряжения, установленный между датчиком напряжения и входом первого процессора, причем в случае измерения трехфазного тока делитель напряжения выполнен трехфазным. В этом случае делитель напряжения для каждой фазы содержит резистор сопротивлением 1 МОм для 0,5 Вт, последовательно соединенный с резистором 1 кОм.

В дальнейшем изобретение будет рассмотрено со ссылкой на иллюстративные материалы, где на фиг. 1 представлена блок-схема электронного измерителя, выполненного в соответствии с настоящим изобретением; на фиг. 2 представлена блок-схема процессора, указанного на фиг. 1, содержащего АЦП и ЦП; на фиг. 3А-Е представлена блок-схема алгоритма главной программы показанного на фиг. 1 микропроцессора; на фиг. 4 представлена блок-схема алгоритма программы загрузки микропроцессора; на фиг. 5 представлена принципиальная схема указанного на фиг. 1 оптического порта; на фиг. 6 представлена принципиальная схема резистивных делителей и эталона; на фиг. 7 представлена принципиальная схема для различных кнопочных переключателей, используемых микропроцессором.

Блок-схема разработанного измерителя, обозначаемого в дальнейшем позицией 10, приведена на фиг. 1.

Измеритель 10 содержит три резистивных делителя напряжения 12А, 12В и 12С, первый процессор - интегральную микросхему 14 аналого-цифрового преобразователя и процессора цифрового сигнала (АЦП и ЦП), второй процессор - микроконтроллер 16, три датчика тока 18А, 18В и 18С, соединенный с процессором 14 посредством соединителя (не показан) полурегулируемый источник питания 20, способный принимать входные напряжения от 96 до 528 В, регулируемый пяти-вольтовый источник питания 22, энергонезависимый источник питания 24, который подключается в случае выхода из рабочего состояния источника 22, источник прецизионного напряжения 2,5 В (эталон) 28, жидкокристаллический индикатор 30, генератор 32 с частотой 32,768 кГц, генератор 34 с частотой 6,2208 МГц, вырабатывающий сигналы хронирования для микросхемы 14, сигнал которого путем деления на 1,5 дает тактовый сигнал 4,1472 МГц для микроконтроллера 16, электрически программируемое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) 35 на два килобайта, линию 36 последовательной связи, дополнительный соединитель 38 и оптический порт 40, который может быть использован для считывания показаний измерителя.

Как известно, электроэнергию можно измерять как по току, так и по напряжению. Сигналы напряжения подаются на измеритель 10 через резистивные делители 12А-12С, а токовые сигналы наводятся в трансформаторе и шунтируются. Для определения количества электроэнергии используют выход комбинаций 18А-18С трансформатора тока и шунта.

Первый процессор 14 принимает сигналы напряжения и тока с делителей 12А-12С и шунтов

18А-18С. Как будет подробно показано ниже, процессор 14 преобразует измеренные сигналы тока и напряжения в цифровые сигналы, характеризующие ток и напряжение, а также вырабатывает энергетический сигнал, предназначенный для определения энергии. Процессор 14 постоянно создает сигналы, характеризующие вырабатываемые ватт-часы и потребляемые ватт-часы, и в зависимости от типа измеряемой электроэнергии сигналы, характеризующие вырабатываемые реактивные вольт-ампер-часы и потребляемые вольт-ампер-часы или вырабатываемые вольт-ампер-часы и потребляемые вольт-ампер-часы. В предпочтительном варианте реализации изобретения каждый переход на проводниках 42-48 (каждый переход с низкого логического уровня на высокий логический уровень и наоборот) характеризует измерение единицы энергии. Второй процессор 16 соединен с первым процессором 14. Как будет более подробно показано ниже, процессор 16 принимает энергетический сигнал (сигналы) и создает сигнал индикации, характеризующий энергетический сигнал (сигналы).

В соответствии с предпочтительным вариантом реализации изобретения токи и напряжения воспринимаются с использованием традиционных трансформаторов тока и резистивных делителей напряжения. Соответствующее умножение проводят в процессоре 14. По существу процессор 14 представляет собой программируемый процессор цифрового сигнала (ЦП) со встроенными аналого-цифровыми преобразователями (АЦП). Преобразователи могут одновременно измерять три входных канала с частотой 2400 Гц и разрешением 21 бит, после чего встроенный ЦП производит математическую обработку измеренных сигналов.

Измеритель 10 может быть использован и как измеритель потребления электроэнергии и как измеритель времени потребления электроэнергии. Измерители, выполненные с возможностью регистрации времени потребления, становятся особенно популярными в связи с дифференцированной оплатой за потребление электроэнергии. Как будет показано ниже, первый процессор 14 определяет единицы электроэнергии, в то время как процессор 16 определяет время потребления электроэнергии.

Все показатели и проверяемые признаки выводятся из измерителя 10 на жидкокристаллический индикатор 30 либо на оптический порт связи 40. Источник питания 20 представляет собой источник питания, подающий низкое напряжение на источник 22. Все это обеспечивает измерителю 10 широкий диапазон рабочих напряжений.

В предпочтительном варианте реализации изобретения так называемые стандартные компоненты и регистрирующая электроника первоначально располагались на одной печатной плате (не показана) с образованием узла электроники. Этот узел электроники содержал источники питания 20, 22, 24 и 28, резистивные делители 12А-12С для всех трех фаз, часть шунтирующих резисторов 18А-18С, генератор 34, процессор 14, процессор 16, схему сброса (показана на фиг. 7), ЭСППЗУ 35, генератор 32, компоненты оптического порта 40, жидкокристаллический индикатор 30 и дополнительную плату интерфейса 38. В случае

использования этого узла для контроля потребления данные для составления счетов за электроэнергию хранятся в ЭСППЗУ 35. Если использовать узел для измерений с учетом времени потребления, то необходимо дополнительно задействовать источник 26 и перепрограммировать ЭСППЗУ 35.

Рассмотрим более подробно некоторые компоненты измерителя 10. Первичный измеряемый ток воспринимают с использованием традиционных трансформаторов тока. Для ограничения факторов, влияющих на калибровку измерителя, предпочтительно, чтобы часть устройств 18А-18С имела жесткие номиналы частоты и сдвига фаз. Это позволит упростить перепрограммирование измерителя 10. Состоящая из шунтирующих резисторов часть устройств 18А-18С расположена в узле электроники и предпочтительно представляет собой металлопленочные резисторы с максимальным температурным коэффициентом порядка 20 частей на миллион на градус Цельсия.

Фазовые напряжения подают в узел электроники непосредственно, где резистивные делители 12А-12С масштабируют их для подачи на процессор 14. В предпочтительном варианте реализации измерения проводят относительно суммы линейных напряжений для трехпроводных систем, соединенных по треугольнику, или относительно земли для всех остальных систем. Резистивное деление используют таким образом, чтобы получить максимально линейаризованное напряжение с минимальным сдвигом фазы в широком динамическом диапазоне. Вместе с использованием полурегулированного источника напряжения это позволяет получить широкий диапазон рабочего напряжения.

Как показано на фиг. 6, каждый резистивный делитель содержит пару резисторов с сопротивлением 1 МОм, рассчитанных на 0,5 Вт (50, 52, 54, 56, 58 и 60) соответственно. Указанные резисторы использованы для снижения линейного напряжения на приемлемом уровне активных потерь. Каждая пара резисторов подключена соответственно к третьему резистору (62, 64 и 66). Указанные резисторы 62-66 представляют собой металлопленочные резисторы с максимальным температурным коэффициентом порядка 25 частей на миллион на градус Цельсия. Каждый из указанных резисторов 50-60 имеет номинальное среднеквадратичное рабочее напряжение порядка 300 В. Резисторы 62-66 масштабируют входное напряжение так, чтобы размах напряжения на процессоре 14 не превышал 1 В. Для гарантии подобного максимального размаха напряжения и поддержания максимального сигнала сопротивления резисторов 62-66 могут составлять от 100 Ом до 1 кОм.

В заземленных трехпроводных системах с соединением по треугольнику компоненты узла электроники, работающие на уровнях логических напряжений, могут оказывать под повышенным напряжением. В этом случае комбинация из двух резисторов с сопротивлением 1 МОм обеспечивает снижение тока до допустимого уровня.

Известно, что количество электроэнергии определяют путем перемножения величин напряжения на величины тока. Перемножение проводит

процессор 14 по схеме, приведенной на фиг. 2. В этом случае процессор включает АЦП 70 и программируемый цифровой процессор 72. Преобразователь 70 включает три трехканальных АЦП второго порядка с избыточной дискретизацией и схемой преобразования, показанные на схеме как 9-канальный - АЦП 74. Тактовый сигнал 6,2208 МГц делится на 3, так что каждый АЦП измеряет свой вход с частотой 2,0736 МГц. Каждый АЦП производит ослабление 96:1 или усреднение каждого входа, что приводит к эффективной частоте измерения 2,4 кГц на каждом из трех входов каждого преобразователя. Разрешение этих измерений эквивалентно 21 биту плюс знак. Известно, что подобная схема АЦП придает правильную сходимость каждому измерению каждого АЦП. Очевидно, что ширина полосы такой схемы преобразования сравнительно мала, хотя частота преобразуемых напряжений и тока также сравнительно мала.

В предпочтительном варианте реализации изобретения три входа напряжения  $V_a$ ,  $V_b$  и  $V_c$  измеряют одним АЦП, а три токовых входа  $I_a$ ,  $I_b$  и  $I_c$  - вторым АЦП. Третий АЦП используют для измерения входа напряжения или входа тока фазы В. Это делается потому, что так называемые 21/2 - элементные измерители требуют комбинирования тока фазы В с одним или двумя токами других фаз. Кроме того, так называемые 2-элементные измерители требуют комбинирования напряжения фазы В с напряжениями других фаз для получения линейного напряжения. Одновременное измерение третьим АЦП указанных величин повышает точность измерений, а также улучшает соотношение сигнал/шум в процессоре 14.

ЦП 72 представляет собой процессор с сокращенным набором команд, который по преобразованным величинам измеренных напряжения и тока вычисляет требуемые количества электроэнергии. ЦП 72 содержит оперативную память (ОЗУ) 76 емкостью 256 байт. Память 76 используют для хранения результатов вычисления и подпрограммы. Постоянная память (ПЗУ) 78 имеет объем 640 байт и используется для хранения общих для всех вычислений электроэнергии измерительных подпрограмм. Кроме того, имеется еще одно ОЗУ 80 объемом 256 байт, используемое для хранения основной линейной программы и специальных подпрограмм ЦП 72.

ЦП 72 содержит схему умножения 82 и накопитель 84 для обработки цифровых сигналов напряжения и тока и для создания информации об электроэнергии. Кроме того, между схемой умножения 82 и накопителем 84 включена схема арифметического вычитания 86.

Константы для калибровки каждой фазы и константы для линейаризации определенных потенциалов хранят в памяти 80. Запоминающие устройства 76 и 80 последовательно загружают из ЭСППЗУ 35 микроконтроллером 16 по включению питания измерителя 10.

Процессор 14 содержит также кварцевый генератор (не показан), последовательный интерфейс 88, схему обнаружения исчезновения питания 90 и потенциальные выходы В и С. Кварцевому генератору для функционирования необходим внешний генератор 34 с частотой 6,2208

МГц. Процессор 14 использует эту частоту прямо для возбуждения ЦП и косвенно для АЦП. Эту частоту также обрабатывает тактовый генератор 92, предназначенный для деления выхода генератора 34 (подаваемого на процессор 14 через контакты XIN и XOUT) на 1,5 для буферизации деленного тактового сигнала и для вывода деленного тактового сигнала через контакт СК в процессор 16 для использования в качестве тактового сигнала. Этот тактовый выход предназначен для выработки постоянного напряжения питания 2,0 В.

Последовательный интерфейс 88 является производным шины Signetics II C. Один последовательный адрес предназначен для процессора 14. Он обеспечивает доступ к одному из четырех регистров управления ЦП. Вся информация должна пройти через регистр данных ЦП 94 после записи в регистр адреса ЦП. Память, регистры и выходы процессора 14 считываются последовательно. Линия сигналов CS соединена с процессором 16 и управляется им.

Схема обнаружения исчезновения питания выполнена в виде компаратора, который сравнивает напряжение питания с прецизионным опорным напряжением. Выход компаратора на контакт А обеспечивает одновременно сигнал исчезновения питания и индикацию наличия напряжения фазы А. При исчезновении питания процессор 14 предпочтительно сбросить. В этой ситуации выходные контакты Whr, Whd и т.д. принудительно переводят на низкий логический уровень. Кроме того, процессор 14 переходит в режим пониженного потребления, что позволяет уменьшить протекание тока на источник питания 20. В этом режиме компаратор и генератор продолжают работать, а работа АЦП 72 прекращается.

Напряжение исчезновения питания PF получают делением питания с выхода источника 22, причем деление проводят таким образом, чтобы на выходе получить напряжение немногим больше 2,5 В. В предпочтительном варианте реализации PF создают резисторным делителем напряжения. Поскольку PF создают относительно напряжения фазы А (фиг. 1), то его наличие говорит также и о наличии напряжения фазы А.

Схема создания опорного напряжения раскрыта на фиг. 7. Выход 5 В источника 22 поступает на точку 96 (фиг. 6). Прецизионное опорное напряжение 2,5 В создают резистором 98 и диодом 100. Необходимо отметить, что все входы процессора 14 Va, Vb, Vc, Ia, Ib и Ic измеряют относительно этого опорного напряжения VREF.

Как показано на фиг. 2, выходы индикаторов потенциала фаз В и С на процессоре 14 управляются ЦП 72. Выход В обычно является выходом логического уровня. Выход С выполняет также функции временной базы линии электроснабжения. Для снижения шума в основной линии электроснабжения эта временная база обычно вдвое превышает ее.

Микроконтроллер 16 является традиционным 8-битным микропроцессором с расширенным набором команд для побитовой проверки и управления. Он имеет большие функциональные возможности, включая управление жидкокристаллическим индикатором, ПЗУ на 8 кбайтах, ОЗУ на 384 байтах, полностью дуплексный универсаль-

ный асинхронный приемопередатчик, 5 таймеров, двойные тактовые входы (32,768 кГц и до 8 МГц) и режим пониженного потребления.

При нормальной работе процессор 16 получает, как указано ранее, тактовый сигнал 4,1472 МГц с процессора 14. Этот тактовый сигнал превращается в сигнал 1,0368 МГц. При исчезновении питания процессор 16 переключается на генератор 32 с частотой 32,768 кГц. Это позволяет работать в пониженном режиме потребления с длительностью цикла 16,384 кГц. При отсутствии питания процессор 16 продолжает отслеживать время за счет счета секунд и перевода времени вперед. При переводе времени вперед процессором 16 реализуется команда WIT, которая переводит устройство в режим, при котором работает только генератор 32,768 кГц и таймеры. В этом режиме таймер установлен на пробуждение процессора 16 через каждые 32,786 циклов для отсчета секунды.

Рассмотрим принцип действия процессора 16 с использованием фиг. 3А-3Е и фиг. 4. На этапе 1000 на микроконтроллер 16 поступает сигнал сброса. Как следует из фиг. 5, цикл сброса проводится каждый раз, когда уровень напряжения Vdd составляет примерно 2,8 В. Это происходит при включении питания измерителя.

На этапе 1002 микроконтроллер 16 проводит операцию инициализации, в которой инициализируется указатель стека, внутреннее ОЗУ, тип жидкокристаллического индикатора, а также таймеры, требующие инициализации по включению питания. Следует отметить, что этап 1002 не требует проводить после каждого исчезновения питания; после исчезновения питания микроконтроллер 16 на этапе 1004 возвращается в основную программу в той точке, в которой питание уже восстановилось.

При первоначальном включении питания или после его повторного включения микроконтроллер 16 выполняет функцию восстановления. На этапе 1006 микроконтроллер 16 запрещает импульсы, передаваемые процессором 14. Эти импульсы запрещаются соответствующим битом восстановления сигнала. Наличие этого бита означает, что идет операция восстановления, и вырабатываемые при этом импульсы следует игнорировать. Выставив бит восстановления сигнала, микропроцессор 16 на этапе 1008 определяет, имеется ли сигнал прерывания питания. Если этот сигнал есть, то микроконтроллер 16 переходит на этапе 1010 к программе исчезновения питания. В этой программе в выходные порты микроконтроллера 16 записан низкий логический уровень, который находится там до тех пор, пока не будет выставлен бит восстановления. Если бит восстановления не установлен, данные в микроконтроллере 16 записываются в память.

Если сигнала исчезновения питания нет, то микроконтроллер 16 на этапе 1012 проверяет сегменты индикатора. Сегменты при этом включаются потенциалом фазы А. Следует помнить, что потенциал фазы А поступает на микроконтроллер 16 от процессора 14. На этапе 1014 иницируют порт универсального асинхронного приемопередатчика, на этапе 1016 разрешаются прерывания по исчезновении питания, таким образом, если на

выходе А процессора 14 будет обнаружен спадающий фронт, то произойдет прерывание, означающее исчезновение питания. Следует помнить также, что процессор 14 сравнивает опорное напряжение VREF с деленным напряжением источника питания 20. Как только напряжение источника питания упадет ниже опорного напряжения, так осуществится условие исчезновения питания.

На этапе 1018 производится загрузка измерительной интегральной микросхемы. Эта операция более подробно охарактеризована со ссылкой на фиг. 4. На этапе 1020 разрешены таймерные прерывания. Следует понимать, что задачи, решаемые микроконтроллером 16, зависят от времени. Задачи устанавливаются в зависимости от очередности их выполнения.

На этапе 1022 выполняются подпрограммы самопроверки, в частности, подпрограммы правильности воспроизведения данных на индикаторе. Кроме того, микропроцессор 16 сравнивает тактовый сигнал процессора 14 с тактовым сигналом времязадающего генератора 32, что позволяет определить наличие между ними соответствия.

После выполнения программ самопроверки на этапе 1024 ОЗУ повторно инициализируют. При этом из памяти ОЗУ стираются некоторые записанные константы. На этапе 1026 осуществляют планирование некоторых операций. Например, обновление индикации планируется выполнить так, чтобы сразу после окончания программы восстановления производился поиск данных и индикация обновляется. Аналогично оптическую связь планируют, если микроконтроллер определит, что к оптическому порту 40 подключено хотя бы одно устройство, требующее связи. На этапе 1028 вырабатывается сигнал, означающий окончание программы восстановления. Такой сигнал может включать в себя запрет бита сигнала восстановления. В этом случае ранее запрещающиеся импульсы будут разрешены. Микроконтроллер 16 переходит к основной программе.

На этапе 1030 микроконтроллер 16 вызывает подпрограмму обработки времени суток. В этой подпрограмме микроконтроллер 16 обращается лишь к одному второму биту и определяет, не нужно ли изменить время. Например, в начале и в конце времени экономии светлого времени суток часы переводят соответственно вперед или назад на один час. Кроме того, программа обработки времени суток выставляет флаги изменения минут и флаги изменения часов. Очевидно, эти флаги периодически проверяют и, пока они есть, процесс продолжается.

Как можно заметить, в микропроцессоре 16 запланированы еще два прерывания реального времени, не показанные на фиг. 3, а именно минутные и дневные прерывания. В начале каждой минуты должны выполняться определенные минутные задачи. В начале каждого дня должны выполняться определенные дневные задачи.

На этапе 1032 микроконтроллер 16 определяет, не запланирована ли программа самопрограммирования. Если она запрограммирована, то она вызывается на этапе 1034. Программа самопрограммирования обычно вводит новые тарифы за электроэнергию. В этом случае необходимо перезапустить индикатор. По окончании програм-

мы самопрограммирования микроконтроллер 16 возвращается к основной программе. Если на этапе 1032 определено, что программа самопрограммирования не запланирована, то микроконтроллер 16 проверяет, не запланированы ли на этапе 1036 какие-либо задачи на этот день. Если подобные задачи запланированы, то они вызываются на этапе 1038. Если подобные задачи не запланированы, то микроконтроллер проверяет, не запланированы ли какие-либо минутные задачи. В случае планирования минутных задач их вызывают на этапе 1042, если же они не запланированы, то на этапе 1044 проверяется, не запланированы ли тесты самопроверки. Если они запланированы, то они вызываются на этапе 1046. Если тесты самопроверки не запланированы, то на этапе 1048 микроконтроллер 16 определяет, не запланированы ли копирования данных счета за электроэнергию, вызванные изменением внешних условий. Если копирование запланировано, то эта программа вызывается на этапе 1050. Если подобная программа не запланирована, то микроконтроллер на этапе 1052 определяет, не запланирован ли сброс по самосчитыванию потребления. Если сброс по самосчитыванию потребления запланирован, то он вызывается на этапе 1054. Эта программа вынуждает микроконтроллер 16 произвести самосчитывание и сохранить считанную величину в памяти. В этом случае сброс по самосчитыванию сбрасывает информацию. Если подобный сброс не запланирован, то микроконтроллер 16 на этапе 1056 определяет, не запланирован ли сброс потребления по изменению сезона потребления. Если подобный сброс запланирован, то подобная программа вызывается на этапе 1058. В этой программе микроконтроллер 16 считывает сам себя и сбрасывает потребление.

На этапе 1060 микроконтроллер 16 определяет, не запланирован ли опрос кнопок. Схема соединения кнопок, которые должны быть установлены на передней панели измерителя 10, приведена на фиг. 7. Опрос кнопок должен производиться через каждые 8 мс. Следовательно, если по истечении периода в 8 мс микроконтроллер определяет, что запланирован опрос кнопок, то на этапе 1062 будет вызвана программа опроса кнопок.

Если опрос кнопок не запланирован, то микроконтроллер 16 на этапе 1064 определяет, не запланировано ли обнуление индикатора. Эта программа заставляет жидкокристаллический индикатор 30 показать новую величину. Программой определено, что смена показаний индикатора планируется через каждые 3-6 с. Если показания обновляются быстрее, то точное считывание затруднено. Если обновление показаний индикатора 30 запланировано, то на этапе 1066 вызывается программа обновления показаний индикатора 30.

Если обновление показаний индикатора не запланировано, микроконтроллер 16 на этапе 1068 определяет, не запланировано ли мигание сигнализаторов. Мигание обычно происходит через каждые 0,5 с. Если мигание сигнализаторов запланировано, то на этапе 1070 вызывается соответствующая программа. Если мигание не запланировано, то микроконтроллер 16 на этапе 1072 определяет, не запланирована ли оптическая связь. Отметим, что при этом каждые через каж-

дые 0,5 с микроконтроллер 16 определяет наличие какого-либо сигнала в оптическом порту. Если оптическая связь запланирована или в оптическом порту появился сигнал, то на этапе 1074 будет вызвана программа оптической связи. Она заставляет микроконтроллер 16 опросить оптический порт 40 на активность связи.

Если программа оптической связи не запланирована, микроконтроллер 16 на этапе 1076 определяет, не информирует ли процессор 14 об ошибке. При наличии подобного сигнала микроконтроллер 16 на этапе 1078 запрещает обнаружение импульса, вызывает программу загрузки и после ее выполнения повторно разрешает обнаружение импульса. Если процессор 14 не сигнализирует об ошибке, то микроконтроллер 16 на этапе 1080 определяет, не запланирована ли программа загрузки. Если она запланирована, то основная программа начинается с этапа 1078.

Если программа загрузки не запланирована или импульс был повторно разрешен, то микроконтроллер 16 на этапе 1082 определяет, не идет ли "горячий" запуск. В этом случае на этапе 1084 запрещается прерывание по исчезновению питания. Вызывается программа вычисления импульса, после отработки которой прерывания по исчезновению питания снова разрешаются. Отметим, что при "горячем" запуске данные обнуляются для обеспечения нового запуска измерителя. Программа вычисления импульса проводит необходимые вычисления для ранее измеренной энергии и помещает результат в соответствующее место в памяти. Если "горячего" запуска нет, то микроконтроллер 16 на этапе 1084 обнуляет реле. Обычно эти реле расположены на другой плате, отличной от платы узла электроники.

На фиг 4 приведена программа загрузки процессора 14. На этапе 1100 микроконтроллер 16 входит в программу. На этапе 1102 задание на загрузку стирается. На этапе 1104 микроконтроллер 16 инициализирует шину связи, которая в предпочтительном варианте реализации изобретения представляет собой шину INTB. На этапе 1106 микроконтроллер 16 сбрасывается и останавливает процесс посредством прерывателя на процессоре 14. Однако, если между микроконтроллером 16 и процессором 14 есть ошибка, то микроконтроллер 16 на этапе 1108 выставляет предупреждение и планирует загрузку процессора 14. После выполнения этапа 1108 программа загрузки заканчивается и микроконтроллер 16 возвращается к исходной программе.

На этапе 1110 микроконтроллер 16 считывает и сохраняет состояние импульсных линий. Следует помнить, что, когда процессор 14 определяет электроэнергию, каждая единица измеренной энергии может представляться логическим состоянием выходов 42-48 (фиг. 1). На этапе 1110 состояние каждого из выходов 42-48 сохраняется. На этапе 1112 микроконтроллер 16 инициализирует АЦП 74, а при ошибке связи микроконтроллер 16 переходит к этапу 1108. На этапе 1114 инициализируют регистры цифровой обработки сигнала 94. На этапе 1116 в память загружают данные из программной памяти 78. На этапе 1118 в память загружают данные из памяти данных 80. На этапе 1120 запускается процессор 14.

Если на любом из этапов 1114-1120 происходит ошибка связи, то микроконтроллер 16 возвращается на этап 1108. На этапе 1122 стираются любые предупредительные сообщения, выставленные на этапе 1108. На этапе 1124 микроконтроллер 16 возвращается к основной программе.

Все данные, которые для измерителя 10 считаются энергонезависимыми, хранятся в ЭСППЗУ 35 емкостью 2 кбайт, к ним относятся данные конфигурации (включая данные для памяти 76 и памяти 80), суммарные киловатт-часы, максимальное и полное потребление (потребление по тарифу в соответствующее время потребления), данные времени потребления, полное число сбросов, полное число перерывов подачи энергии и полное число изменяющих данные сеансов связи. Данные времени потребления для настоящего расчетного периода хранятся в ОЗУ процессора 16. До тех пор, пока процессор 16 имеет необходимое питание, содержимое ОЗУ и реальное время сохраняются, и микроконтроллер 16 не сбрасывается.

Рабочие константы хранят в ЭСППЗУ. Микроконтроллер 16 проверяет эти области памяти, добавляя обозначения классов к различным данным и сравнивая сумму с опорным числом. Рабочая константа состоит из калибровочных констант и исходных значений данных ОЗУ, вторичных  $K_e$  и  $K_h$  измерителя и информации, которую микроконтроллер должен использовать для обработки данных измерения.

Жидкокристаллический индикатор 30 позволяет визуально следить за составлением счетов за электроэнергию, а также за другими измерительными данными и состояниями. Температурная компенсация индикатора обеспечивается электроникой. Время отклика индикатора достаточно медленное, особенно при температуре ниже минус 30°C.

На фиг. 5 подробно показаны оптический порт 40 и схема сброса 108. При включении питания схема сброса 108 автоматически подает импульс сброса на процессор 16. В ходе работы схема 108 действует как компаратор, сравнивая часть напряжения, вырабатываемую источником питания 22, с напряжением энергонезависимого источника 24. Как только напряжение, вырабатываемое источником 22, становится отличным от напряжения источника 24, вырабатывается сигнал сброса.

Оптический порт 40 обеспечивает доступ к измерительной информации. Передатчик и приемник (110 и 112) являются чувствительными к инфракрасному диапазону оптического излучения (предпочтительно 590 нм) и расположены в узле электроники. Фототранзистор 110 и светодиод 112 являются элементами универсального асинхронного приемопередатчика микроконтроллера 16, причем скорость передачи информации (9600 бит в секунду) ограничена только временем отклика фототранзистора и светодиода. В режиме проверки оптический порт регистрирует импульсы ватт-часов, получаемых микроконтроллером 15 от светодиода 112. В режиме проверки микроконтроллер 16 следит за подачей команд по линии приема 114.



Дополнительным преимуществом указанной схемы является возможность использования ее для будущих условий. При этом ключевую роль будет играть дополнительный соединитель 38. Он обеспечивает (фиг. 1) связь процессора 16 с внешним миром. Через дополнительный соединитель (разъем) 38 можно контролировать передачу данных от процессора 16 в ЭСППЗУ 35 или в процессор 16. Как будет указано ниже, связь с процессором 16 возможна, поскольку разъем 38 прямо соединен с несколькими портами процессора 16. Таким образом, посредством дополнительного соединителя 38 возможно управление процессором 16. В частности, соединитель 38 может быть использован в комбинации с модемом для доступа к массиву данных или управления оптическим портом 40. Соединитель 38 может быть использован третьими лицами для обслуживания измерителя 10 или установки любого дополнительного оборудования.

Измеритель 10 обеспечивает следующие сигналы питания: V+ - выход источника 20; 5 V - выход источника 22; VDD - выход источника 24; Gnd (земля) - отрицательный опорный уровень.

В предпочтительном варианте реализации дополнительная плата потребляет общий ток от указанных трех источников до 50 мА. Во время отключения питания она может от конденсатора, находящегося в выходной части источника 20 и источника 26, через источник 24 потреблять до 100 мА, но это снижает срок работы элемента 26.

Согласно фиг. 1 измеритель 10 может подавать через соединитель следующие сигналы:

Pfail - предпочтительный низкий логический уровень (0), означающий отсутствие питания переменного тока;

MR - Master Reset (главный сброс) - низкий логический уровень (0), вырабатываемый схемой 108 и используемый для сброса микроконтроллера при исчезновении VDD;

Alt - эхо-сигнал или отклик о положении кнопки включения альтернативного индикатора;

Reset - эхо-сигнал или отклик о положении кнопки сброса потребления;

EOI - конец интервала усреднения измеренного потребления, вырабатываемый процессором 16 на этапе 1052 предпочтительно в виде сигнала высокого уровня в течение одной секунды в конце интервала усреднения;

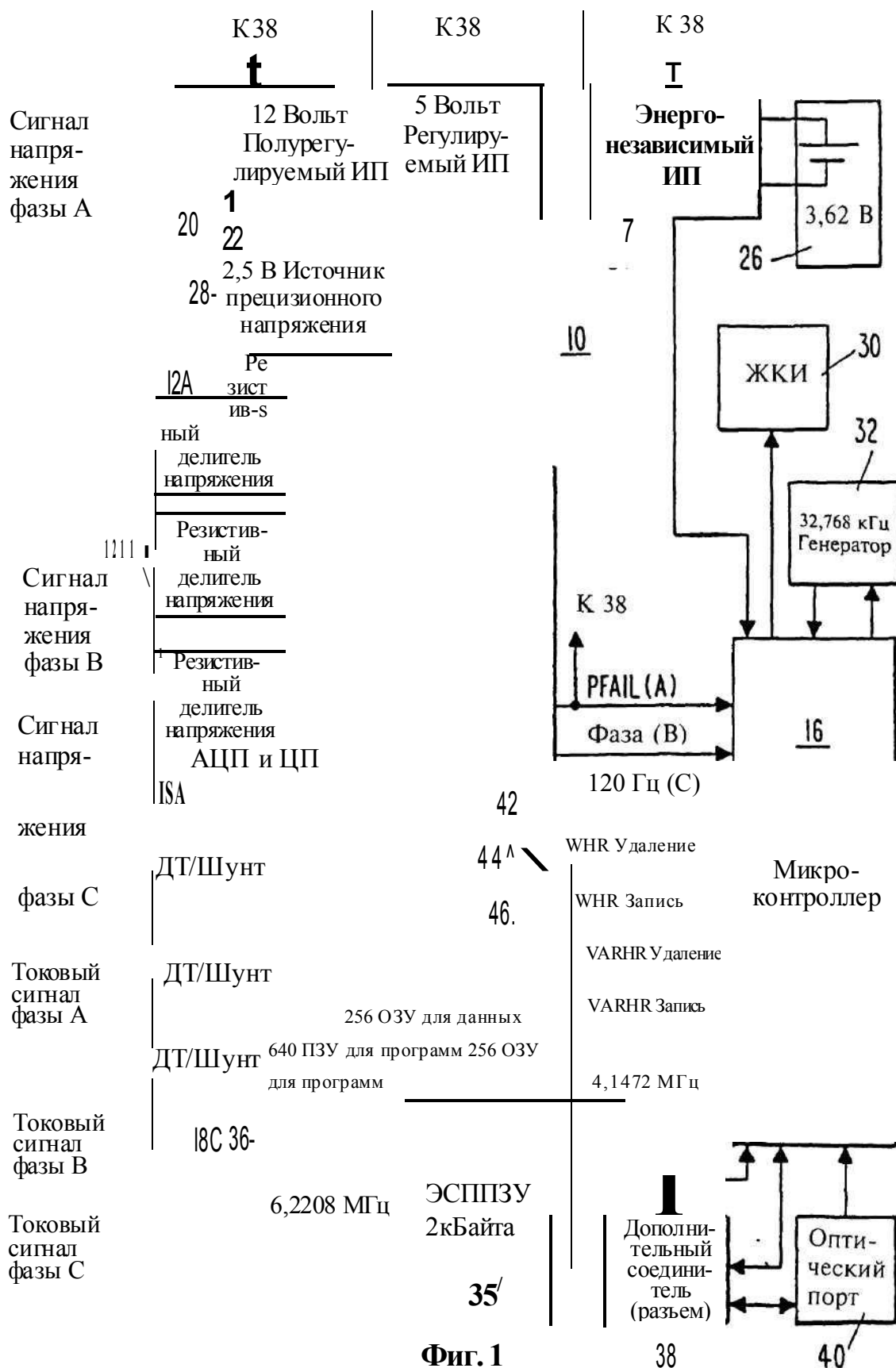
KYZ - сигнал для делителя частоты импульсов и определения накопления ватт-часов, причем определение накопления позволяет этому сигналу повторить импульсы выработанных ватт-часов или комбинацию выработанных и потребленных ватт-часов;

KYZ2 - сигнал на выходе из реактивных вольт-ампер-часов или вольт-ампер-часов для делителя частоты импульсов и определения накопления;

WHR - последовательность импульсов ватт-часов, получаемая от процессора 14;

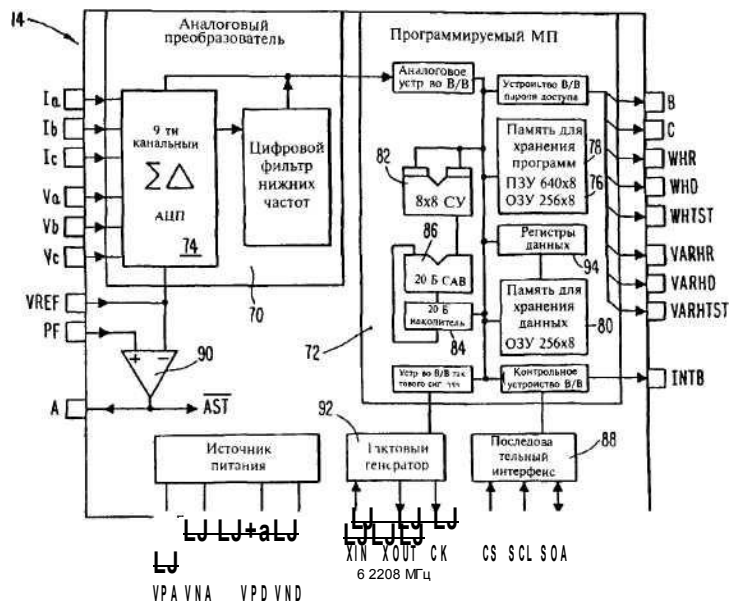
VARHR - последовательность импульсов реактивных вольт-ампер-часов, получаемых от процессора 14.

За счет подачи на дополнительный соединитель 38 сигнала Pfail можно определить исчезновение питания. Сигнал главного сброса может быть использован для сброса любого микропроцессора, соединенного с дополнительным разъемом 38, если он подключен к источнику Vdd. В противном случае, микропроцессор дополнительной платы может сбрасываться по временной задержке в линии Pfail. Сигналы KYZ, KYZ2, WHR и VARHR могут быть использованы для контроля различных измерений перетока мощности. Сигнал EOI может быть использован для связи между процессором 16 и микрокомпьютером, соединенным с дополнительным разъемом 38 для синхронизации интервалов усреднения потребления.

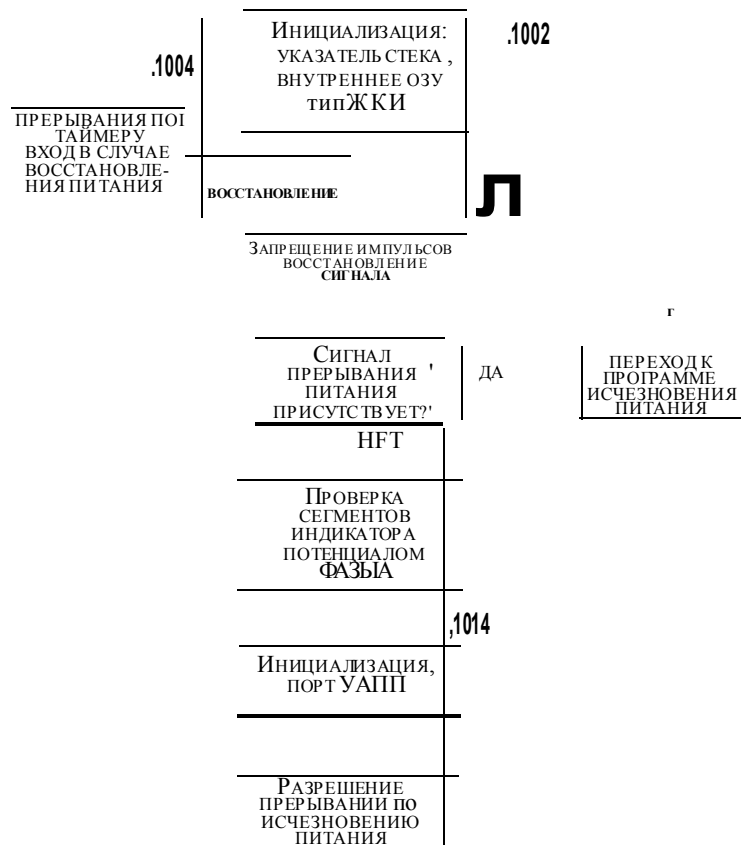


Фиг. 1

Генератор



Фиг. 2



Фиг. 3а

1018

ЗАГРУЗКА  
ИЗМЕРИТЕЛЬ-  
НОЙ ИМ

1020

РАЗРЕШЕНИЕ  
ТАЙМЕРНЫХ  
ПРЕРЫВАНИЙ

1022/

ВЫПОЛНЕНИЕ  
ПОДПРОГРАММЫ  
САМОПРОВЕРКИ

1024

ПОВТОРНАЯ  
ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ОЗУ:  
УДАЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ  
ЗАПИСАННЫХ КОНСТАНТ  
из ЭСППЗУ

.1026

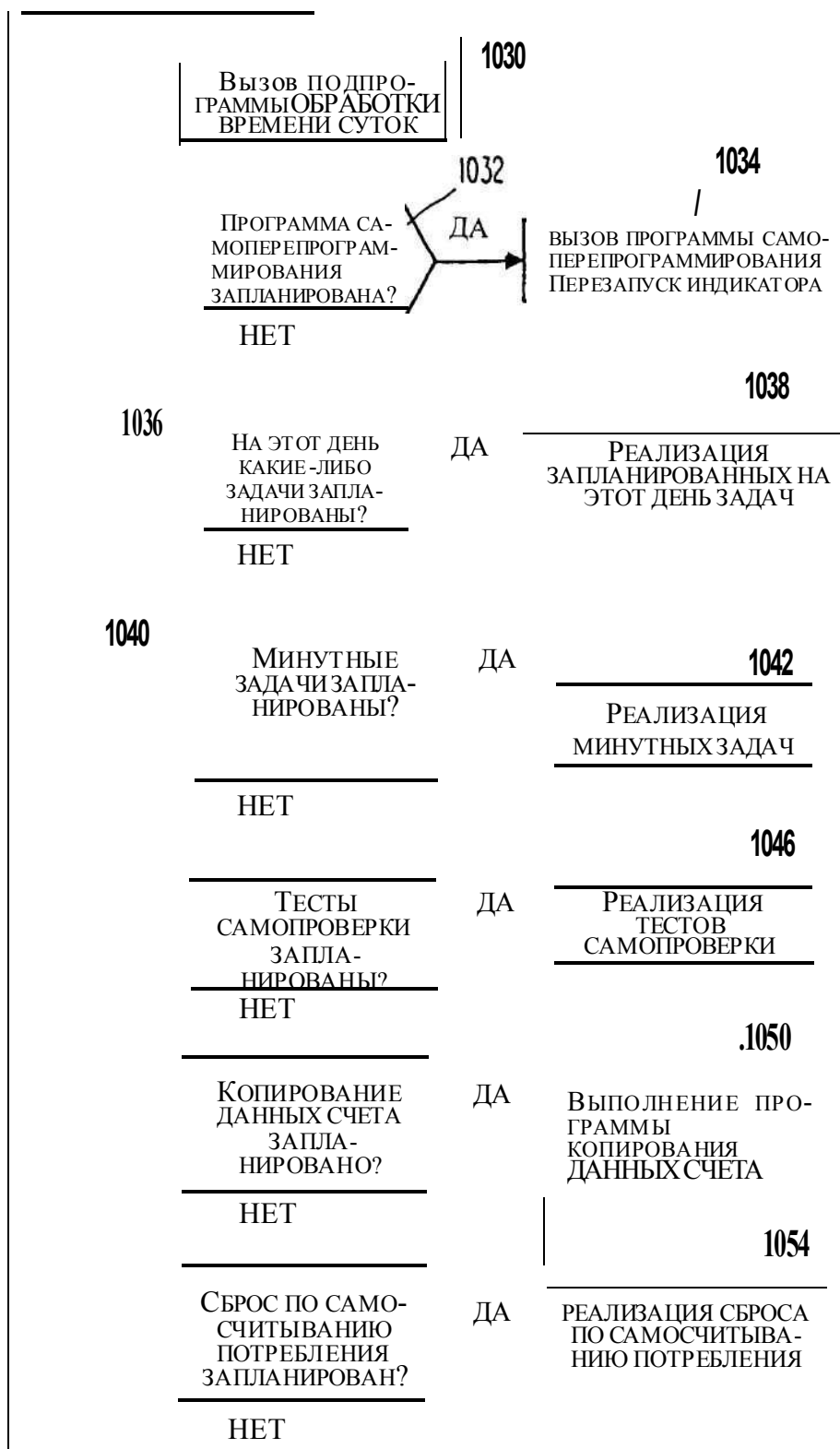
ПЛАНИРОВАНИЕ  
ОПЕРАЦИЙ ОБНОВЛЕНИЯ  
ИНДИКАЦИИ  
ОПТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

1028

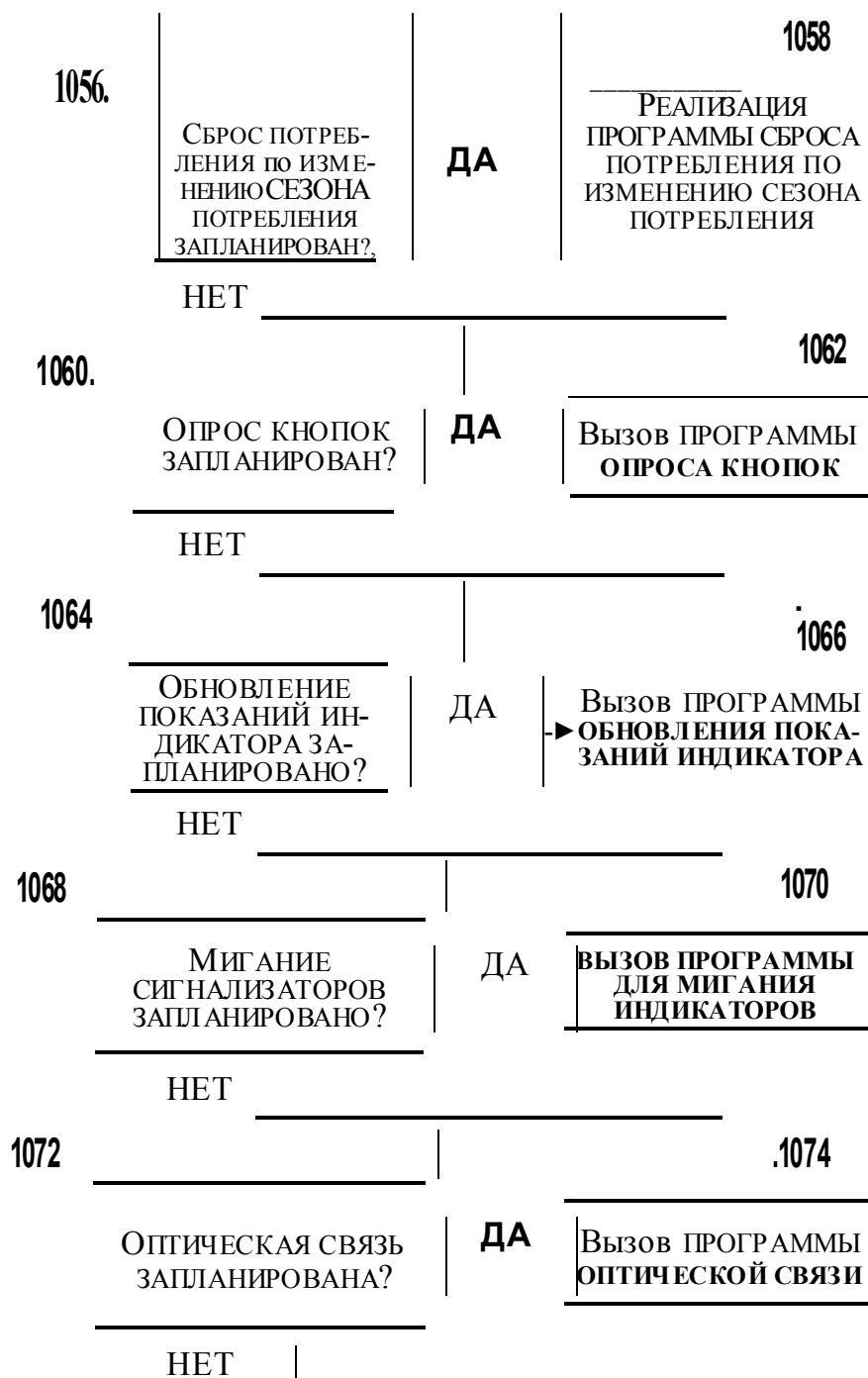
СИГНАЛ  
ОКОНЧАНИЯ  
ПРОГРАММЫ  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Фиг. 3б

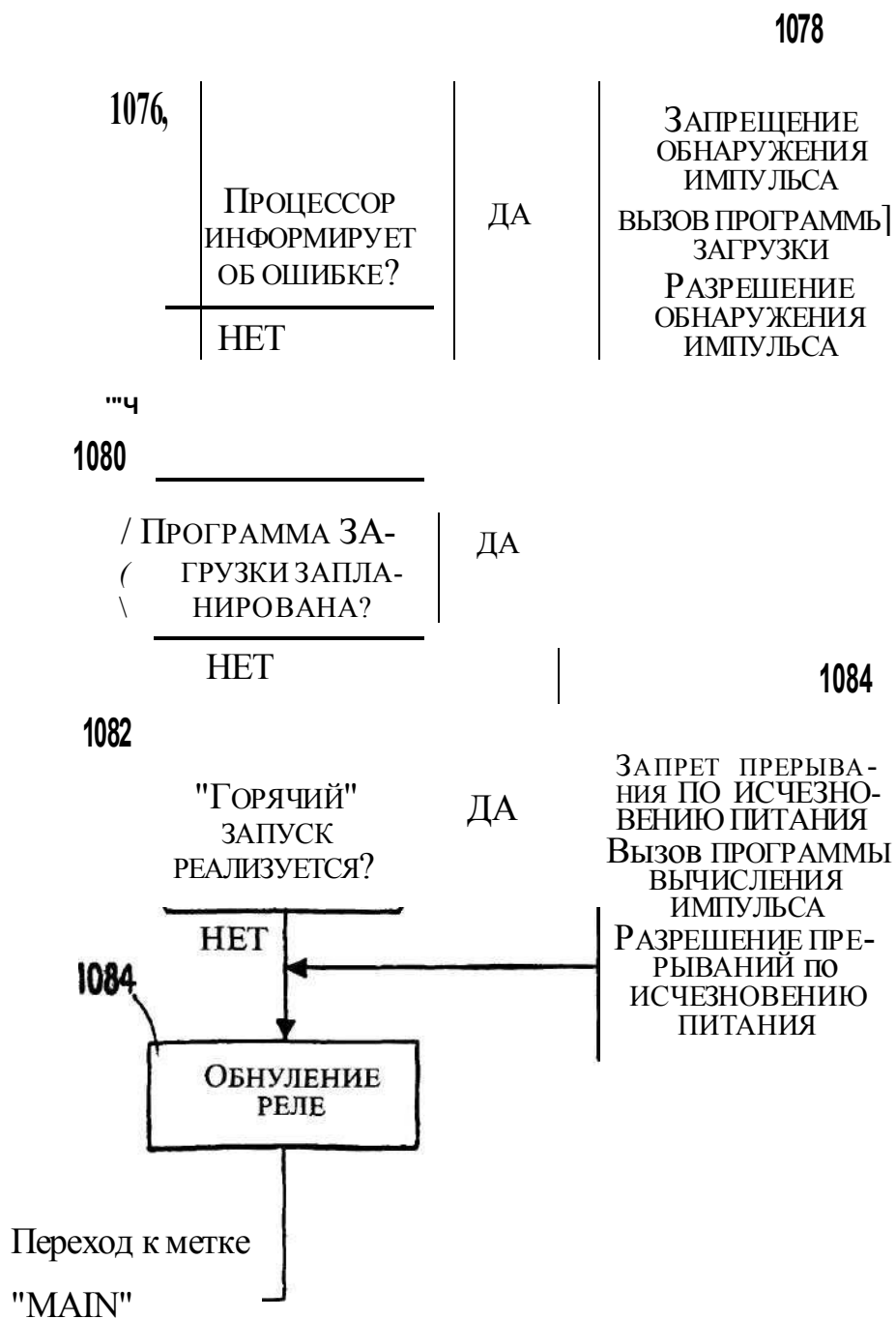
## Метка "MAIN"



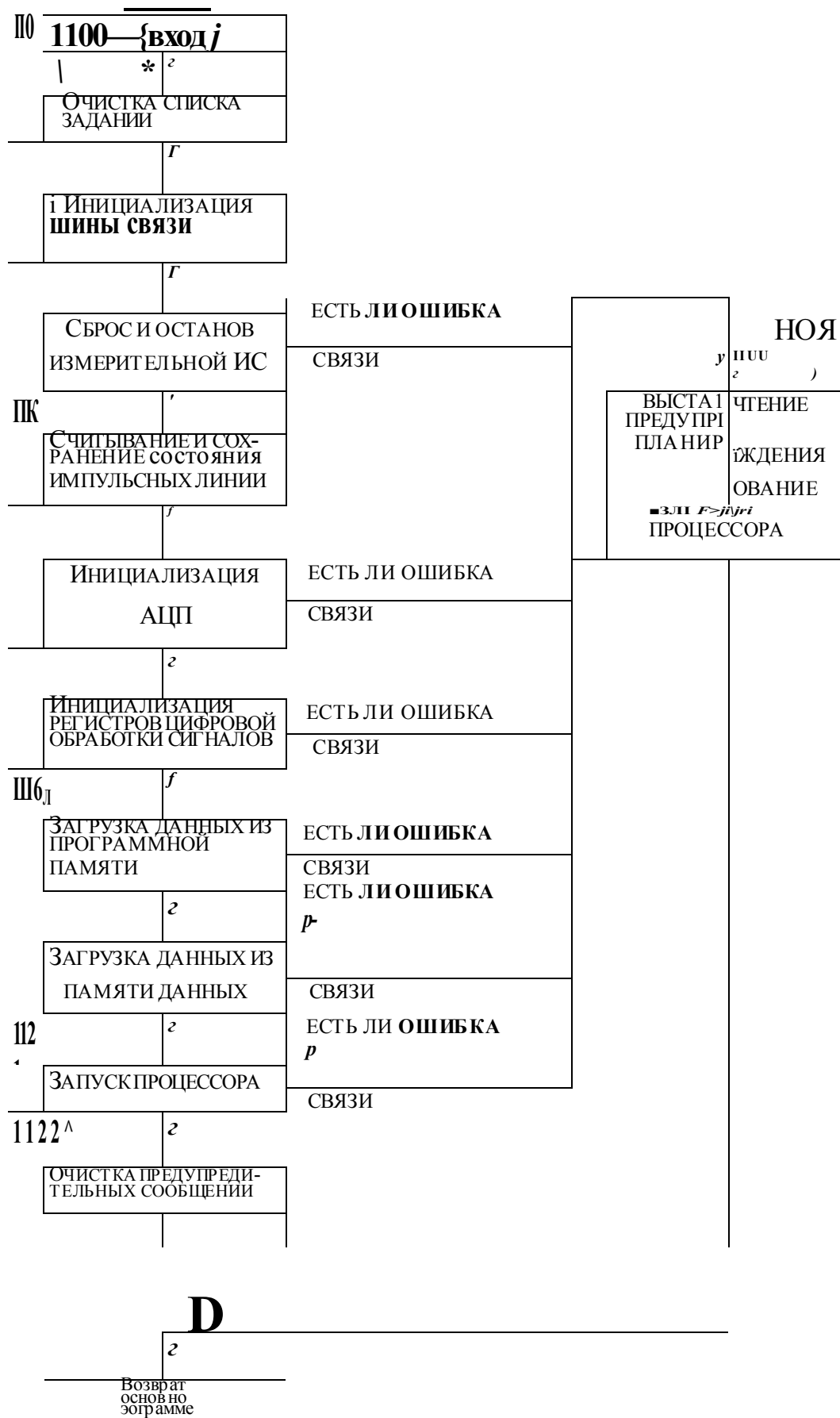
**Фиг. 3с**



Фиг. 3d



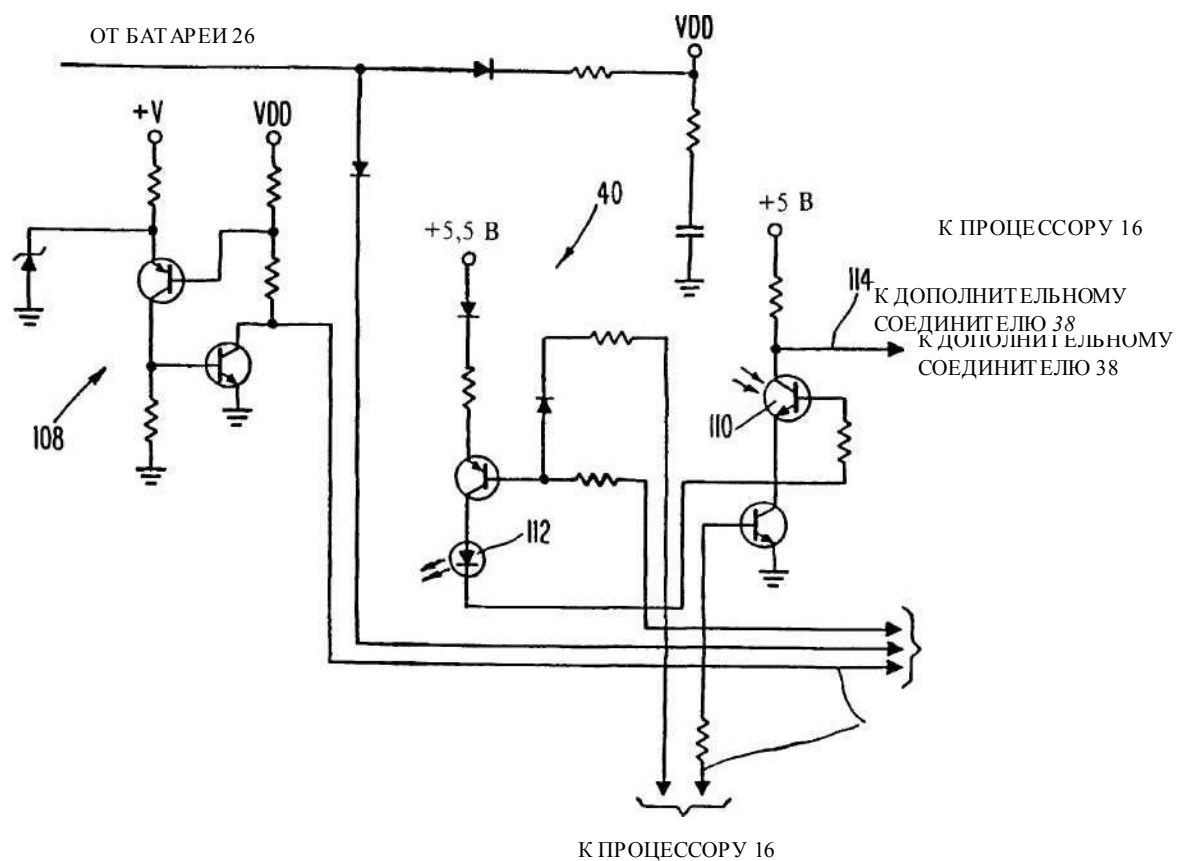
Фиг. 3е



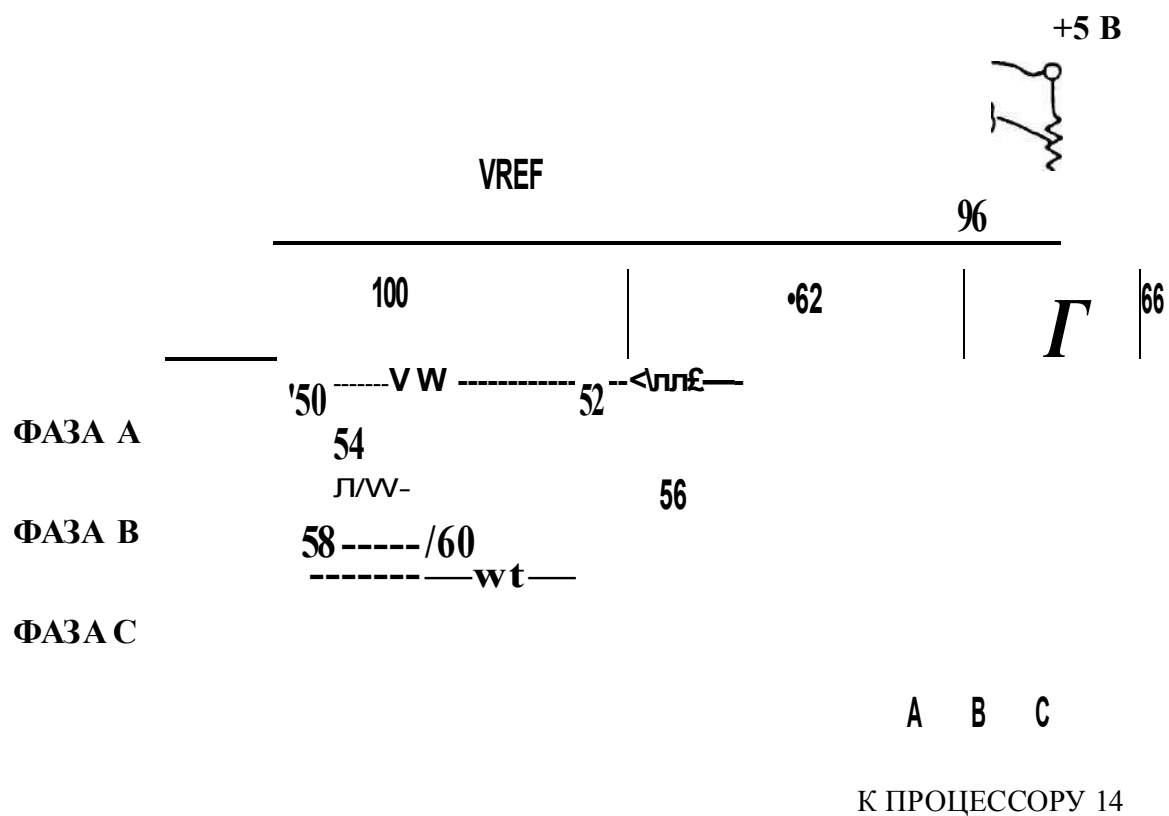
Фиг. 4



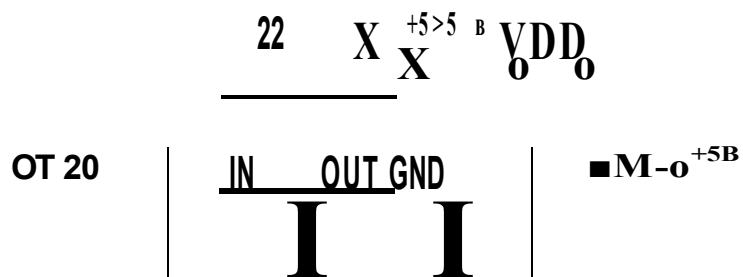




Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

Тираж 50 экз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»  
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101  
(03122) 3-72-89 (03122) 2-57-03



