

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

УДК 681.325

А. Н. КАСПЕРОВИЧ, Н. В. ЛИТВИНОВ, Ю. А. ПОПОВ,  
В. И. ПРОКОПЕНКО, В. И. СОЛОНЕНКО, В. А. СЛУЕВ

(Новосибирск)

### КРЕЙТ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ В СТАНДАРТЕ САМАС

Один из наиболее перспективных путей автоматизации научных исследований — использование унифицированных программно-управляемых магистральных модульных систем сбора и обработки данных, в которых обеспечивается конструктивная, электрическая и логическая совместимость узлов этих систем. Построение подобных измерительных систем удобно осуществлять в соответствии с хорошо разработанным и достаточно широко распространенным при проведении сложных научных экспериментов стандартом САМАС [1].

В Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР в течение ряда лет проводятся работы по созданию аппаратуры, удовлетворяющей требованиям этого стандарта. В настоящем сообщении описывается структура системы сбора данных, предназначенной для автоматизации экспериментов импульсного типа, и разработанные для нее измерительные аналого-цифровые модули. Система может быть собрана в одном крейте.

При разработке системы особое внимание обращалось на обеспечение возможности быстрого автоматического (от ЭВМ) и ручного (с передней панели) контроля работоспособности системы и модулей. В связи с этим все модули могут работать в режимах "on line" и "off line". Недостатком этого решения является необходимость загромождения передней панели модуля различными переключателями и другими управляющими элементами. Высшим приоритетом обладает оператор, работающий с крейтом.

Принцип действия разработанной системы ясен из блок-схемы, представленной на рис. 1. Система содержит предварительные развязывающие усилители (У), аналоговые запоминающие устройства (АЗУ), коммутаторы сигналов низкого уровня (КНУ), коммутаторы сигналов высокого уровня (КВУ) первой и второй ступеней, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и цифроаналоговый преобразователь (ЦАП).

Связь модулей с магистралью осуществляется через интерфейсные платы согласования с унифицированными цепями передачи служебных сигналов.

**1. Предварительный усилитель.** Этот усилитель предназначен для усиления сравнительно коротких сигналов ( $t_{\text{дл}} = 100$  мкс) низкого уровня ( $U = 100$  мВ) в высокоомных цепях полупроводниковых болометров ( $R_{\text{д}} = 100$  кОм) и для их передачи по согласованному кабелю в крейт. Такие усилители для минимизации влияния емкостей линии связи на ди-

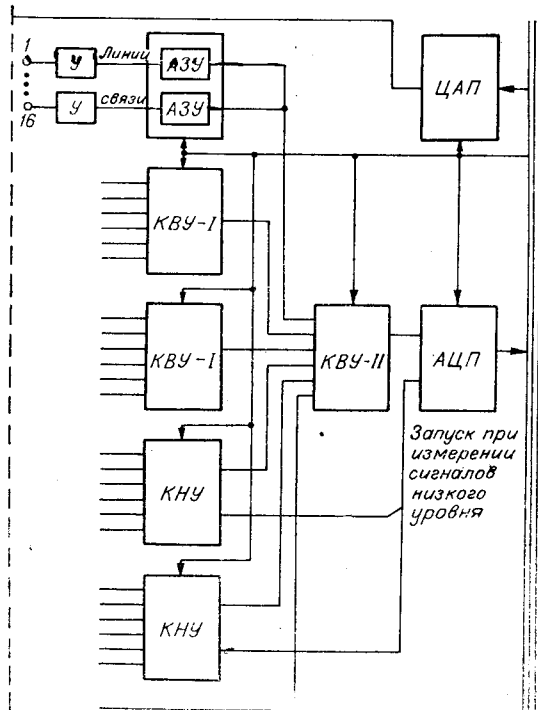


Рис. 1.

намику канала передачи данных должны размещаться непосредственно около датчиков.

Упрощенная принципиальная схема усилителя с датчиком представлена на рис. 2. Датчик  $R_d$  включен в плечо мостовой схемы  $R_1, R_2, R_3$ . Операционный усилитель (ОУ) К2УТ841Б подключен к диагонали моста. Подобная схема обеспечивает пропорциональность выходного сигнала изменению сопротивления датчика. Выходной сигнал усилителя при невозбуждаемом датчике равен нулю. Для того чтобы выход усилителя можно было нагружать на согласованный кабель, на выходе размещен добавочный эмиттерный повторитель на транзисторах разной проводимости, способный отдавать ток 35 мА.

Питание усилителя осуществляется от крейта. В усилителе постоянное напряжение 24 В преобразуется в переменное и через трансформатор на короткозамкнутом витке вводится внутрь являющегося экраном корпуса усилителя.

Усилитель обладает следующими характеристиками: статическая погрешность 0,1%; скорость отслеживания 2,5 В/мкс; коэффициент усиления 50.

**2. Модуль аналоговых запоминающих устройств (МАЗУ).** Это устройство предназначено для решения двух важных задач: 1) измерений формы одиночных импульсов; 2) одновременного измерения мгновенных значений сигналов в нескольких каналах.

Упрощенная блок-схема МАЗУ изображена на рис. 3. Здесь используются следующие обозначения: У — буферные усилители, К — ключи, П — шеремычка для переключения входов и режимов работы АЗУ, БУ — блок управления МАЗУ.

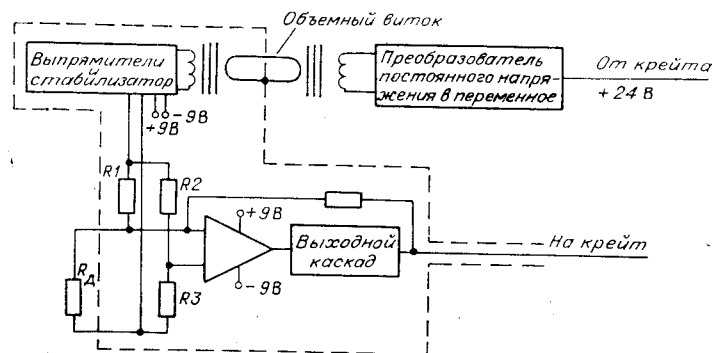


Рис. 2.

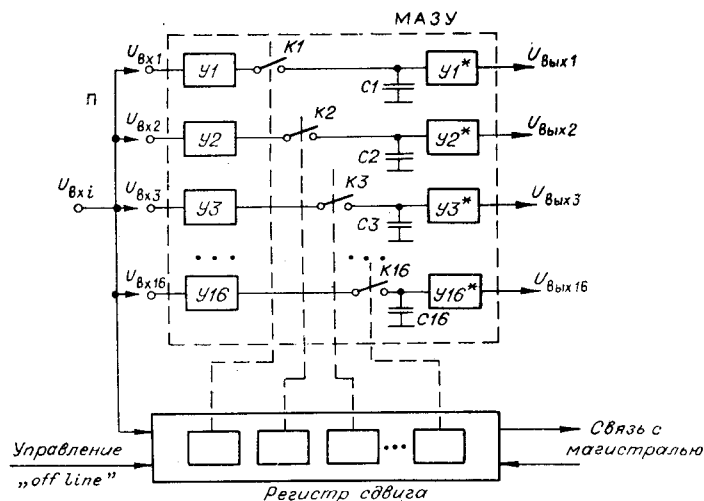


Рис. 3.

МАЗУ содержит 16 одинаковых аналоговых запоминающих устройств, регистр сдвига, триггеры которого управляют режимом работы АЗУ, и устройство связи с магистралью. Схема одного АЗУ приведена на рис. 4. (Источники питания  $+9$  В общие для всех АЗУ.) Каждое МАЗУ содержит накапливающий конденсатор  $C_n$ , ключ на полевом транзисторе  $T1$  с цепью управления  $T2—T5$ , входной и выходной развязывающие буферные усилители  $K2UT841Б$ . У этих усилителей входной каскад построен на полевых транзисторах. Это позволяет получить приемлемое время хранения при малых значениях емкости накапливающего конденсатора. Выходной каскад выполнен на транзисторах разной проводимости, поэтому усилитель хорошо работает на емкостную нагрузку. С целью расширения полосы частот, пропускаемых ОУ, и сокращения времени выборки в схеме повторителя применена двухзвенная коррекция на элементах  $R2, R4, C1, C2$ .

Остановимся на некоторых вопросах, связанных с выбором значения емкости накапливающего конденсатора. При малых значениях накапливающей емкости, необходимых для получения малого времени выборки, в АЗУ становится заметной погрешность, вызываемая прямым прохождением фронта управляющего напряжения через емкость «затвор — исток» ключа [2]. Для уменьшения этой погрешности было разработано устройство управления. В этом устройстве потенциалы отпирания и запираания ключа  $T1$  следят за изменениями входного сигнала. Следящий потенциал отпирания ключа обеспечивает постоянство его сопротивления в состоянии «Замкнуто», а следящий потенциал запираания делает погрешность скачка постоянной по диапазону. Компенсация погрешности скачка осуществляется подачей на накапливающий конденсатор скачка напряжения противоположной полярности через подстроечный конденсатор  $C3$ .

Устройство управления работает следующим образом. Напряжение преобразуемого сигнала  $U_{вх i}$  с выходного ОУ через два эмиттерных повторителя ( $T4, T5$ ), резистор  $R7$  прикладывается к затвору ключа  $T1$ . Если транзистор  $T3$  заперт, потенциал истока равен потенциалу затвора, что обеспечивает состояние ключа «Замкнуто». При подаче на управляющий вход потенциала  $+3$  В ток генератора  $T3$  протекает через резистор  $R7$ , вследствие чего напряжение на затворе  $T1$  независимо от значения входного сигнала отличается от напряжения на истоке на

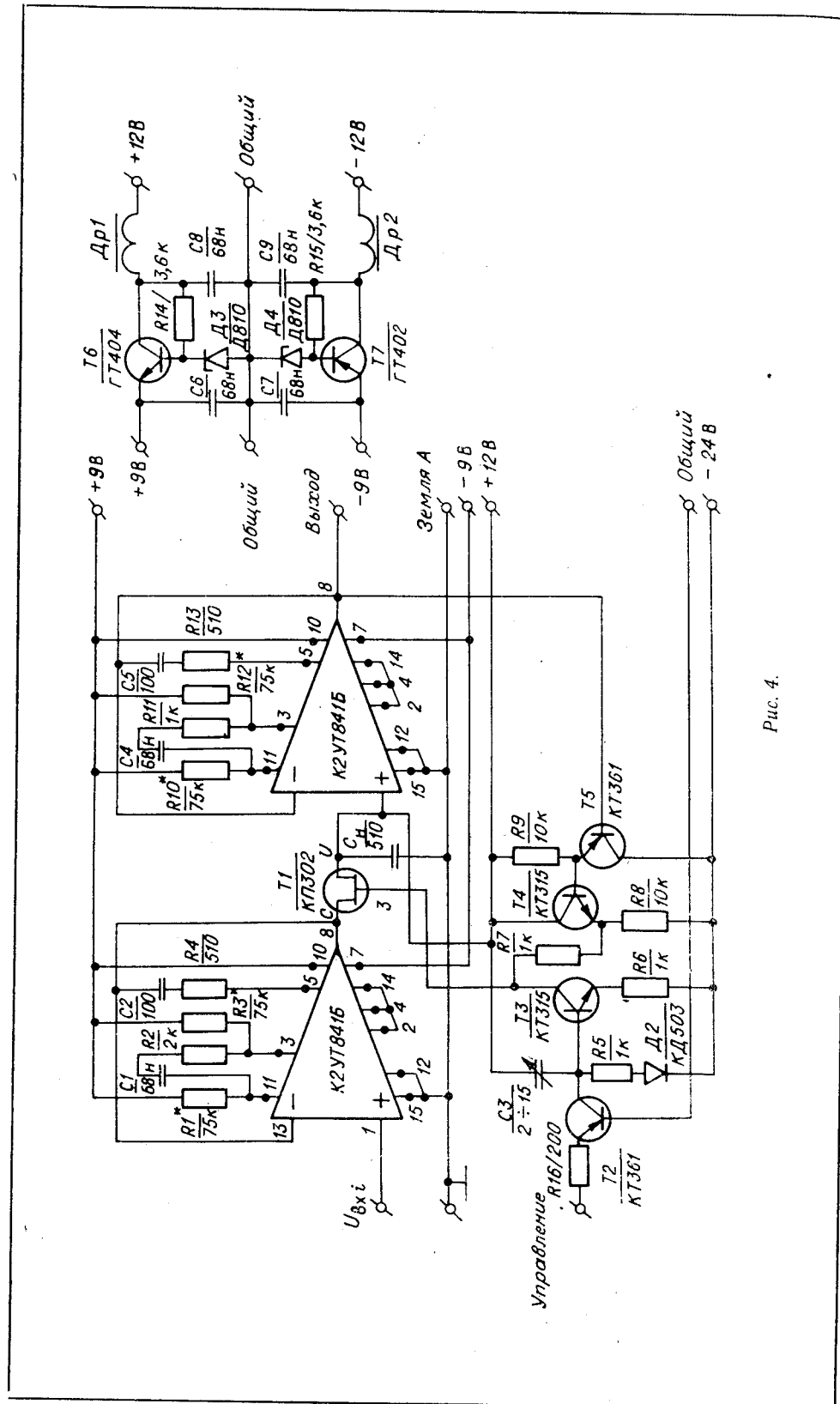


Рис. 4.

—9÷—10 В, что вполне достаточно для надежного перехода ключа в состояние «Разомкнуто».

Специфичным для описываемого устройства управления является то, что потенциал слежения подается с выхода второго буферного усилителя (а не с выхода первого ОУ, как это было обычно принято). Вызвано это тем, что если отслеживаемое напряжение берется с выхода первого ОУ, то в режиме хранения потенциал затвора будет следить за изменением входного сигнала. При этом приращения входного сигнала будут проходить на накапливающий конденсатор не только через малую емкость «сток — исток» ( $C_{си}$ ) ключа (для КП302  $C_{си} \leq 0,5$  пФ), но и через большую емкость «затвор — исток» ( $C_{зи}$ ). По этой причине погрешность прямого прохождения сигнала могла бы составлять в описываемом устройстве около 2%. Использование для слежения выходного напряжения второго буферного усилителя исключает эту погрешность.

Рассмотрим теперь работу МАЗУ в разных режимах. При измерении формы импульса все входы МАЗУ объединяются (с помощью перемычки), а тактовые импульсы (или сигналы от магистрали) подаются на вход регистра сдвига. При этом триггеры регистра поочередно изменяют свое состояние, а АЗУ переходят в режим хранения. При измерении сечения процесса на каждое АЗУ подается сигнал со своего канала (перемычка удалена). Внешний тактовый импульс одновременно изменяет состояние всех триггеров регистра сдвига (по установочному входу) и тем самым одновременно переводит все АЗУ в режим хранения. Перевод в режим выборки в обоих случаях осуществляется одновременно во всех АЗУ по сигналу сброса.

АЗУ имеют следующие характеристики: диапазон входных сигналов  $\pm 5$  В; входной ток  $10^{-9}$  А; выходное сопротивление (статическое)  $2 \cdot 10^{-2}$  Ом; время выборки 3,5 мкс; максимальная скорость слежения 1,5 В/мкс; постоянная времени заряда в режиме малого сигнала 500 нс; апертурное время 7÷10 нс; общая погрешность 0,1%.

Конструктивно МАЗУ выполнен в модуле САМАС тройной ширины на двух платах — аналоговой (собственно АЗУ) и цифровой (управление и связь с магистралью). Входы АЗУ выведены на переднюю панель через коаксиальные разъемы, а выходы — через 22-контактный разъем. Коммутация входов АЗУ с помощью перемычки осуществляется через другой 22-контактный разъем.

**3. Модуль коммутатора напряжения низкого уровня (КНУ).** Этот модуль предназначен для относительно быстрой коммутации сигналов от датчиков напряжения низкого уровня (термопар) с защитой от помех общего вида.

В описываемом модуле защита от помех реализована путем бестрансформаторной гальванической развязки измерительных цепей на уровне коммутатора, осуществляемой за счет переноса напряжения датчика к измерительному устройству с помощью запоминающего конденсатора [3]. Этот метод прост в конструктивном отношении, не требует дифференциального входа и гальванической развязки измерительного устройства и может обеспечить достаточно высокое значение коэффициента подавления помех общего вида ( $K_p$ ).

Модуль КНУ (рис. 5) состоит из 32 ячеек ключей, нормирующего усилителя (НУ) и устройства управления и связи с магистралью (УУ). В коммутаторе во всех каналах происходит заряд конденсаторов до напряжений, генерируемых датчиками. При опросе выбранного датчика по командам УУ соответствующий конденсатор отключается от датчика и подключается на время преобразования к нормирующему усилителю, осуществляющему усиление сигналов до стандартного уровня (+5 В). Одновременно выдается импульс для запуска АЦП. При этом напряжение помех общего вида ( $U_{по}$ ) прикладывается к элементам измерительной цепи через сопротивление ключей ячейки, находящихся в состоянии

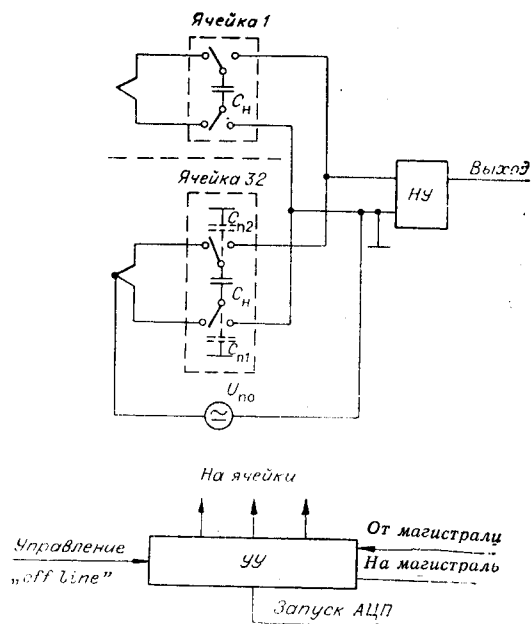


Рис. 5.

«Разомкнуто». Быстродействие коммутатора и степень подавления помех нормального вида определяются постоянной времени заряда конденсатора ( $\tau_{зар}$ ), а степень подавления помех общего вида — качеством используемых переключателей.

Остановимся кратко на некоторых особенностях работы этого коммутатора. Основным фактором, определяющим значение коэффициента подавления помех общего вида, являются паразитные емкости. Они складываются из емкостей между обкладками конденсатора и окружающими деталями, из монтажных и межэлектродных емкостей МОП-транзисторов, используемых в качестве ключей. Эти паразитные емкости  $C_{п1}$  и  $C_{п2}$  (см. рис. 5) заряжаются до потенциала  $U_{по}$ . При

подключении запоминающего конденсатора  $C_n$  к нормирующему усилителю емкость  $C_{п1}$  разряжается через заземляющий ключ ячейки, а емкость  $C_{п2}$  подключается параллельно запоминающему конденсатору. Заряд на последнем изменяется, создавая погрешность, пропорциональную отношению  $C_{п2}/C_n$ . Нейтрализация паразитных емкостей усложняет конструкцию коммутатора и малоэффективна при использовании бесконтактных ключей. Для получения требуемого значения  $K_p$  проще обеспечить нужное отношение  $C_{п2}/C_n$  выбором соответствующего значения емкости конденсатора  $C_n$ .

Значение  $K_p$  обусловлено также токами и проводимостями утечек (в том числе защитных диодов ключей микросхем на подложку). Их влияние может быть снижено как путем симметрирования входных цепей, так и путем использования ключей с высоким значением отношения сопротивления ключей в состояниях «Разомкнуто» и «Замкнуто».

Для снижения погрешности, возникающей из-за разряда запоминающего конденсатора, необходимо либо уменьшать время, в течение которого  $C_n$  подключен к нормирующему усилителю, либо увеличивать значение емкости  $C_n$ , что приводит к увеличению  $\tau_{зар}$ . В многоточечных системах последняя возможность оказывается более приемлемой, поскольку ограничивает быстродействие только при постоянном опросе одного и того же датчика.

Специфика работы МОП-транзисторов в рассматриваемом коммутаторе заключается в том, что ключ работает на емкостную нагрузку, а потенциалы электродов определяются уровнями входных и выходных напряжений, в частности помехой общего вида, значение которой неопределенно и непостоянно. Расчеты (относящиеся к наихудшему случаю) показывают, что при уровнях помехи общего вида  $\pm 5$  В переходные процессы в ячейках коммутатора пренебрежимо малы и вполне приемлемы для коммутатора напряжения низкого уровня, работающего обычно на частотах в несколько килогерц.

Существенной в рассматриваемом коммутаторе может быть погрешность, возникающая за счет протекания сквозного тока помехи через одновременно замкнутые ключи ячейки. Для исключения этого эф-

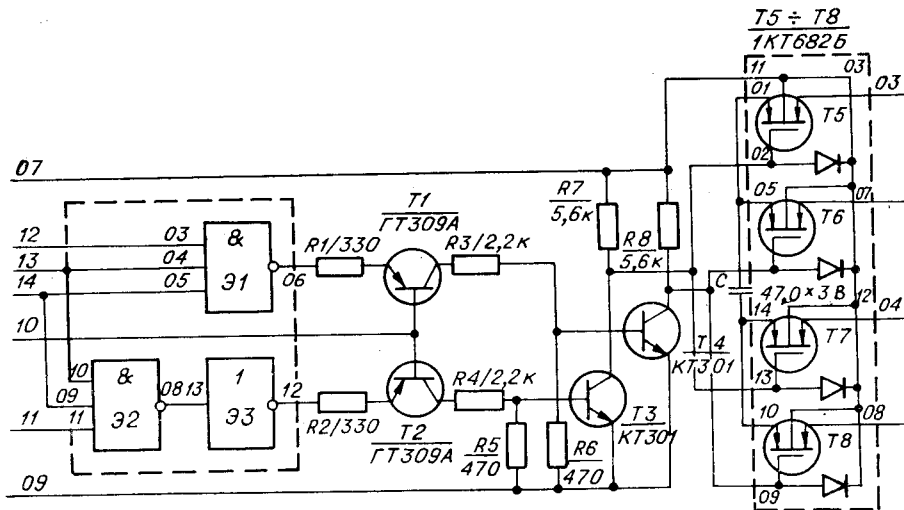


Рис. 6.

фекта процессы коммутации разнесены во времени так, чтобы измерительная цепь оставалась всегда разомкнутой для тока помехи.

На рис. 6 изображена принципиальная схема одной ячейки ключей коммутатора, в которой необходимая последовательность срабатывания ключей задается управляющими сигналами, формируемыми устройством управления коммутатора. На входы 13 и 14 поступают с дешифратора сигналы выбора канала, а на входы 11 и 12 — импульсные сигналы управления ключами. Выходы 03 и 04 всех ячеек подключены ко входу нормирующего усилителя с коэффициентом усиления, равным 200. Принципиальная схема этого усилителя изображена на рис. 7. Компенсация аддитивной составляющей погрешности осуществляется с помощью аналоговой коррекции. Для коррекции используется один из каналов коммутатора, замкнутый для этого на землю. Собственно усилитель выполнен на микросхеме К2УТ841Б, имеющей высокое входное сопротивление, необходимое для согласования с запоминающим

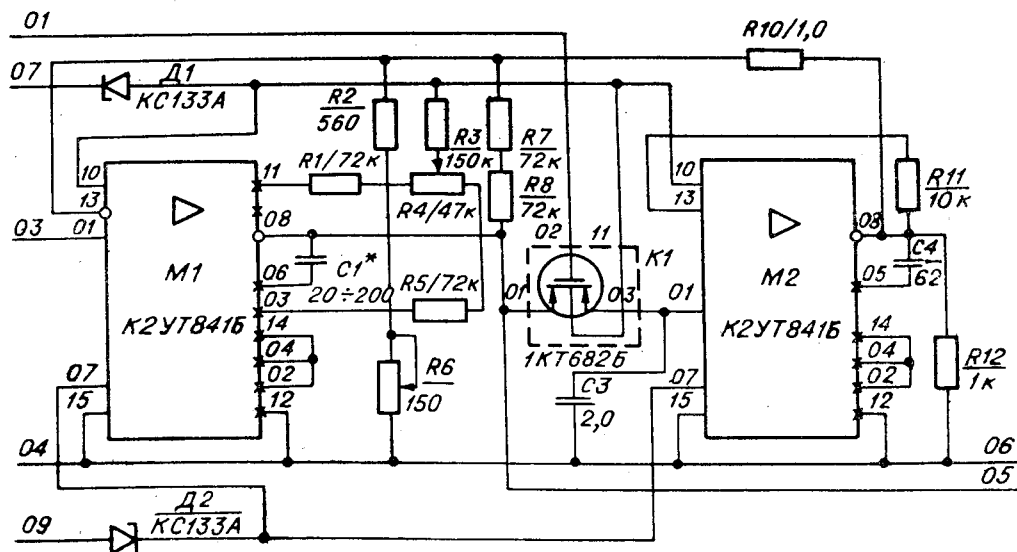


Рис. 7.

конденсатором. Второй усилитель на такой же микросхеме совместно с конденсатором СЗ и ключом К1 является АЗУ сигнала коррекции. Коммутатор непрерывно находится в режиме коррекции, который выключается только на время опроса и аналого-цифрового преобразования.

Технические характеристики коммутатора напряжений низкого уровня: число каналов 32; полное время обращения к выбранному каналу 120 мкс; время, отводимое для аналого-цифрового преобразования выходного сигнала, 25 мкс; постоянная времени входной цепи 20 мс; максимальная частота обращения к одному и тому же каналу, при которой не возникает дополнительной погрешности, 1000 Гц; диапазон коммутируемых напряжений  $\pm 25$  мВ; коэффициент передачи 200; погрешность измерения: основная  $\Delta = 0,02\% U_x \pm 50$  мкВ, дополнительная  $\Delta = 0,001\% U_x$ ; коэффициент подавления помехи общего вида для помех постоянного тока и частоты 50 Гц — 100 дБ.

Конструктивно коммутатор расположен в модуле САМАС тройной ширины. Ячейки коммутатора, каждая из которых выполнена на отдельной плате, укрепляются на общей кроссировочной плате.

На переднюю панель модуля выведены органы ручного управления и индикации, позволяющие осуществлять автономный выбор каналов, а также входные и выходные разъемы и разъемы синхронизации и внешнего запуска.

#### 4. Модуль коммутатора напряжений стандартного уровня (КВУ).

Этот модуль предназначен для точной коммутации напряжений стандартного уровня. При его разработке использованы принципы, описанные в [4]. Упрощенная схема коммутатора, на которой показаны только четыре канала, приведена на рис. 8. В коммутаторе использован такой же операционный усилитель, как и в АЦП, описанном ниже (отличие состоит лишь в применении цепи регулировки смещения). Управляющий каскад (УК) выполнен по схеме с общей базой.

Характеристики коммутатора: число каналов 32; диапазон коммутируемых напряжений  $\pm 5$  В; коэффициент передачи 1; погрешность

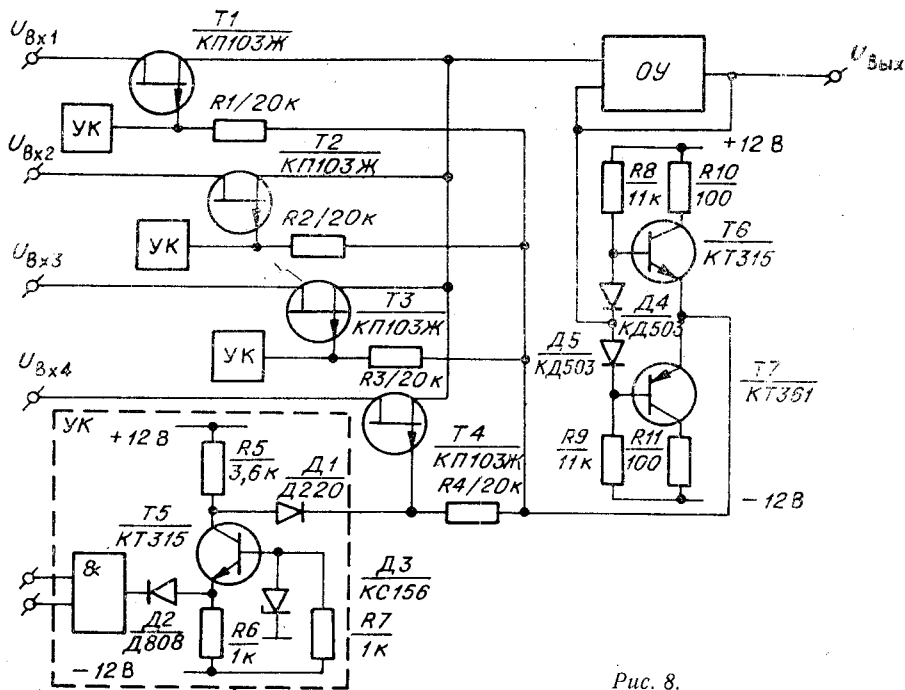


Рис. 8.



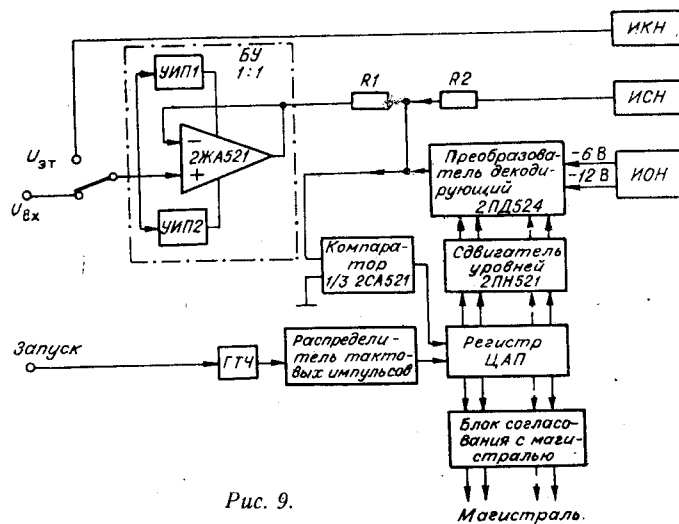


Рис. 9.

коэффициента передачи  $\Delta = 0,002\% U_x \pm 50$  мкВ; время установления на уровне  $0,95 - 3$  мкс; входное сопротивление  $> 100$  МОм; входной ток меньше  $50$  нА.

**5. Модуль аналого-цифрового преобразователя.** Он предназначен для выполнения аналого-цифрового преобразователя со средними точностью и быстродействием. При разработке этого модуля была поставлена задача максимального использования аналоговых микросхем повышенной степени интеграции (серия 252). В цифровой части АЦП использованы микросхемы серии 155.

Блок-схема АЦП поразрядного уравнивания представлена на рис. 9. Остановимся кратко на особенностях этого АЦП. Операционный усилитель на микросхеме серии 252 не может обеспечить диапазона входных напряжений, принятых в САМАС ( $\pm 5$  В). Поэтому входной усилитель выполнен по схеме с управляемыми источниками питания (УИП1, УИП2) [4]. Такой усилитель (рис. 10) имеет малые погрешности передачи ( $0,01\%$  в диапазоне  $\pm 5$  В) и улучшенные динамические свойства, так как основная часть изменения входного сигнала проходит на выход через низкоомные цепи управляемого (плавающего) питания, минуя усилительные каскады; при этом любые паразитные емкости в процессе работы не перезаряжаются и поэтому мало влияют на динамику. Увеличение входного диапазона потребовало увеличения номинала резистора  $R1$ , преобразующего входное напряжение в ток (за счет установки внешнего добавочного резистора). Поскольку ЦАП на микросхеме 2ПД524 формирует однополярный ток, то для измерения входных напряжений обеих полярностей пришлось использовать добавочный источник тока смещения ( $R2$  и ИСН). Цепи управления регистром ЦАП организованы так, что сброс триггеров осуществляется коротким импульсом, формируемым за счет задержек в логических микросхемах, этот импульс привязан к концу текущего такта, а его длительность остается постоянной при изменении частоты тактового генератора (ГТЧ). Принципиальная схема двух разрядов регистра АЦП и распределителя тактов (РТ), иллюстрирующая формирование импульсов сброса компараторов, представлена на рис. 11.

Источники опорного и смещающего напряжений, а также источники  $-6$  и  $-12$  В выполнены на операционных усилителях серии 252.

Исследование ЦАП на микросхеме серии 252 показало, что его быстродействие ограничено задержкой включения 9-го и 10-го разрядов главным образом, по-видимому, из-за необходимости перезаряда паразитных емкостей ключей малыми рабочими токами.

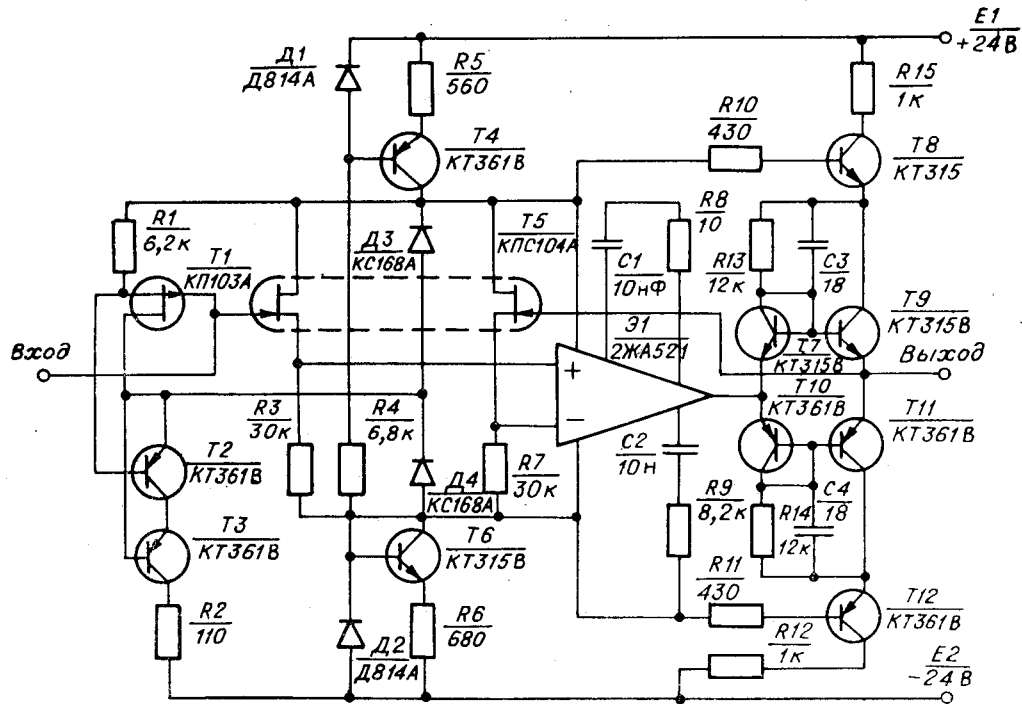


Рис. 10.

Для обеспечения контроля за работой АЦП он снабжен цепью калибровки (при включении которой на вход АЦП подается калибровочное напряжение) и цепью контроля исправности источников питания АЦП (когда цепи питания исправны, светодиод индикации светится).

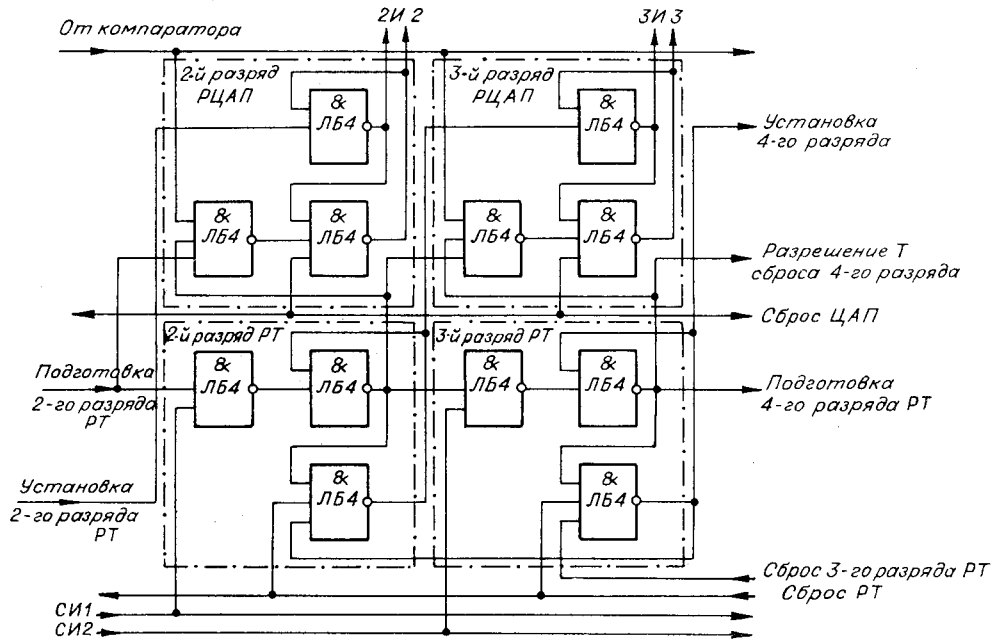


Рис. 11.

Принципиальная схема этой цепи приведена на рис. 12.

Технические характеристики АЦП: диапазон  $\pm 5$  В; время преобразования 25 мкс; погрешность  $0,1\% U_x \pm 1$  квант; входное сопротивление 100 МОм.

Конструктивно АЦП выполнен в модуле САМАС двойной ширины и содержит две платы — собственно АЦП и плату согласования с магистралью.

На переднюю панель выведены тумблеры управления «работа — контроль» и «on line — off line», а также индикация.

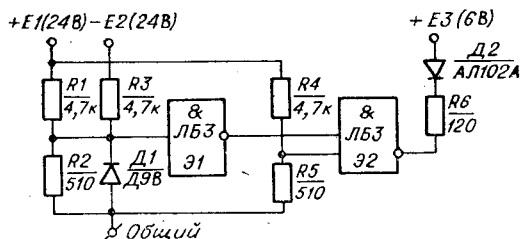


Рис. 12.

**6. Цифроаналоговый преобразователь.** ЦАП предназначен для генерирования сигналов, служащих для проверки по командам с ЭВМ линий связи, компараторов, аналого-цифровых преобразователей, устройств выборки и хранения. Для того чтобы уменьшить длину линии, по которой передается калибровочный сигнал, и тем самым уменьшить влияние помех, ЦАП выполняется в виде выносного блока с гальванической развязкой цепей питания и управления. Управление ЦАП осуществляется последовательным кодом, передаваемым по одножильному коаксиальному кабелю. Плата согласования с магистралью размещается в крейте. Питание ЦАП осуществляется аналогично питанию предварительного усилителя, описанного выше. Цифроаналоговый преобразователь связан с крейтом всего двумя одножильными коаксиальными кабелями.

Преобразование параллельного кода в последовательный и обратно осуществляется на регистрах сдвига. В крейте импульсы последовательного кода собираются с импульсом начала пачки и синхроимпульсами, необходимыми для преобразования последовательного кода в параллельный. Импульс начала пачки отличается от импульсов кодовой комбинации длительностью, а синхроимпульсы — от импульса пачки — полярностью.

Выносной ЦАП сначала разделяет три вида импульсов: начала пачки, кодовой комбинации и синхроимпульсы. Импульс начала пачки используется для сброса счетчика в исходное состояние, импульсы кода поступают на вход регистра сдвига, а синхроимпульсы используются для переноса информации по регистру сдвига.

Импульс начала пачки позволяет повысить помехоустойчивость по синхроимпульсам; при его наличии лишний или недостающий синхроимпульс может привести к сбою только в одной кодовой комбинации.

Аналоговые узлы ЦАП выполнены на микросхемах серии 252. Для обеспечения выходного напряжения  $\pm 5$  В к операционному усилителю добавлен усилительный каскад на дискретных транзисторах.

Характеристики ЦАП: число разрядов 10; выходное напряжение  $\pm 5$  В; тактовая частота передачи последовательного кода 1 МГц.

Перечисленные выше измерительные модули содержат стандартизованные платы согласования с магистралью крейта. Разработка этих плат выполнена в соответствии с [5]. Использование принципов, предложенных в [5], конечно, усложнило платы согласования, но позволило упростить программирование и управление системами, собранными из разработанных модулей, а также дало возможность обеспечить контроль работоспособности модулей.

Использование стандартизованных плат согласования оказывается удобным при создании новых модулей, так как при этом уменьшаются затраты времени на разводку, изготовление и наладку (поиск неисправностей) плат индивидуального назначения.

При проектировании плат согласования была выделена общая часть платы, обеспечивающая работу модуля независимо от его функций и содержащая дешифраторы команд, формирователи сигналов  $L$ ,  $X$  и  $Q$ , сервисный ( $SR$ ) регистр (для служебной информации) и т. п., и специфическая часть, например, регистр данных ( $DR$ ); счетчик (Сч), управляющий коммутатором; регистр сдвига, управляющий набором АЗУ.

Сервисный регистр содержит управляющий модулем триггер, два триггера запросов (которые могут возникать по разным причинам) и два триггера масок, разрешающие появление запросов, триггеры статуса и другие.

Блок-схема стандартизованной платы согласования представлена на рис. 13. В регистр сервиса управляющая информация может заноситься с магистрали по следующим шинам записи: шина  $W1$  — управ-

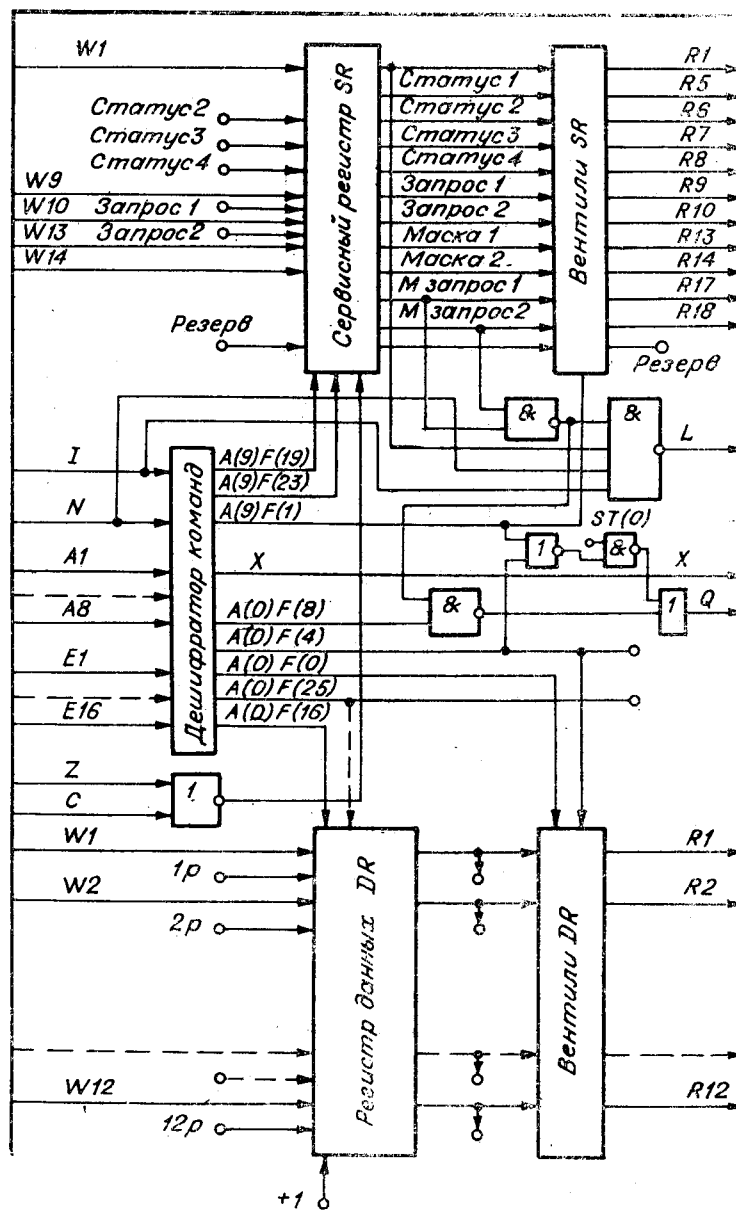


Рис. 13.

ляющий триггер  $MT$ ;  $W5$ — $W8$  — триггеры статуса;  $W9$ — $W10$  — триггеры источников запросов,  $W13$  —  $W14$  — маски запросов.

Для чтения сервисного регистра использованы шины  $R$ , номера которых соответствуют номерам шин  $W$ , используемых для записи в соответствующие триггеры.

Плата согласования имеет индивидуальную шину запроса  $L$  и сквозные шины ответа  $X$  и  $Q$ . Сигнал запроса образуется на индивидуальной шине  $L$  при появлении любого из двух маскируемых запросов при следующих условиях: если нет обращения к данному модулю (контроллер не генерирует сигнал  $N_i$ ), нет запрета  $J$  на крейт, а также не запрещена работа модуля. По шине  $X$  идет сигнал «1», если любая команда, адресованная к данному модулю, дешифрируется.

По сигналам  $Z$  либо  $C$  устанавливаются в нулевое состояние все триггеры  $SR$ , имеющие связь с шинами  $W$ .

Для управления модулями были выбраны команды по субадресу  $A(0)$ :  $F(0)$  — чтение регистра данных,  $F(4)$  — нестандартная команда, выполняющая операции чтения регистра данных по строб-импульсу  $S1$  и исполнения — по  $S2$ ,  $F(8)$  — проверка запросов,  $F(16)$  — запись в регистр данных,  $F(25)$  — исполнение; по субадресу  $A(9)$ :  $F(1)$  — чтение сервисного регистра,  $F(19)$  — селективная установка разрядов сервисного регистра и  $F(23)$  — селективный сброс разрядов сервисного регистра.

На шине  $Q$  логическая «1» появляется в том случае, когда проходит команда  $A(0) F(8)$  и есть маскированный запрос, а также когда поступает команда  $A(0) F(4)$ , а измерительная операция в модуле завершена.  $A(9)F(1)$  и все разряды статуса в  $SR$  находятся в состоянии логического «0». По сигналу  $Q$ , таким образом, можно обнаружить модуль, выставивший запрос, а также легко проверить исходное состояние модуля и организовать групповую передачу данных.

При проектировании первого образца стандартизированной платы согласования в качестве специфического узла был использован универсальный 12-разрядный регистр данных ( $DR$ ). Информация в этот регистр может заноситься как с магистрали, так и от измерительной части модуля и может быть считана из  $DR$  на магистраль. Регистр снабжен добавочными вентилями, что позволяет подключать светодиоды для индикации состояния регистра. Для записи в  $DR$  использована одна команда —  $F(16)$ .

Разводка платы выполнена так, что специфическая часть устройства размещена на краю платы. Соединение регистра  $DR$  с основной частью осуществляется параллельными отрезками провода, что уменьшает возможность ошибок монтажа. В случае необходимости регистр может быть заменен другим устройством (в данное время рассматривается возможность использования регистров сдвига и счетчиков-регистров).

**Заключение.** Описанные выше измерительные модули являются устройствами широкого назначения и могут быть использованы в качестве стандартных. Помимо перечисленных, в настоящее время разрабатывается и ряд других модулей, в частности, двухканальный 5-разрядный АЦП (время измерения порядка 20 нс) с модулем памяти емкостью 64 слова, таймер с разрешением 10 нс, АЦП с малой дифференциальной нелинейностью и т. п.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. EUR 4100 e, CAMAC. A modular instrumentation system for data handling revised description and specification. — ESONE Committee. 1972.
2. А. Н. Касперович, Н. В. Литвинов. О целесообразности использования двухтактных устройств выборки и хранения. — «Автоматрия», 1973, № 3.
3. А. Н. Касперович, Ю. А. Попов. Многоточечный АЦП с коммутатором напряжений низкого уровня на МОП-транзисторах. — В кн.: Коммутация и преобразование малых сигналов. (Материалы семинара.) Л., ЛДНТП, 1972.

4. В. А. Беломестных, В. Н. Вьюхин, А. Н. Касперович, Ю. А. Попов, В. И. Прокопенко, В. И. Солоненко. Многоточечная измерительная система с коммутатором на полевых транзисторах.— «Автометрия», 1970, № 2.
5. О. З. Гусев, Ю. Н. Золотухин, З. А. Лившиц, Ю. К. Постоенко, В. С. Якушев. Специфика управления в САМАС.— «Автометрия», 1973, № 2.

Поступила в редакцию 1 сентября 1975г.

УДК 681.3

Ю. Н. ЗОЛОТУХИН, А. П. ЯН

(Новосибирск)

### КОНТРОЛЛЕР КРЕЙТА, РАБОТАЮЩИЙ С ЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА-100»

Описываемый контроллер предназначен для управления системами сбора данных, разработанными в соответствии со стандартом САМАС [1], от ЭВМ семейства «Электроника-100»: «Саратов», «Электроника-100И» и т. п. Такие контроллеры используются в Институте автоматизации и электротехники СО АН СССР в ряде систем сбора информации, а также в составе автоматизированного рабочего места для наладки и тестирования модулей САМАС.

В связи с необходимостью подключения к ЭВМ, как правило, нескольких внешних устройств разработан модуль (в конструктивах САМАС), обеспечивающий как согласование сигнальных уровней канала ввода — вывода, так и возможность включения до 10 периферийных устройств. Отмеченное обстоятельство позволило несколько сократить объем контроллера; описываемый вариант представляет собой модуль шириной 2М.

Ниже приводятся краткое описание контроллера, его функциональная схема, перечень команд ЭВМ, предназначенных для управления контроллером, форматы представления информации.

В настоящее время известен целый ряд контроллеров для ЭВМ семейства «Электроника-100» (см., например, [2—4]). Структура описываемого контроллера и перечень команд обращения к нему выбран так, чтобы предоставить максимальные удобства программисту, занимающемуся созданием математического обеспечения системы; кроме того, постоянно имелась в виду необходимость достижения высокого быстродействия.

Функциональная схема контроллера изображена на рис. 1. Обмен информацией между ЭВМ и контроллером ведется через накопительный регистр (НР) вычислительной машины. Для управления контроллером используются команды ввода — вывода, поступающие через буферный регистр ЭВМ (БР). Синхронизация основана на применении импульсов ввода — вывода (ВВИ 1—4). Кроме того, использованы сигналы «Прерывание», «Пропуск» и «Очистка по питанию». Как уже было отмечено, все сигналы преобразуются к нужным уровням в модуле «Преобразователь уровней сигналов».

Управляющая информация загружается в регистр  $CR$  с полями  $M$ ,  $A$  и  $F$  для номера позиции, субадреса и кода операции соответственно. Форматы представления управляющей информации показаны на рис. 2.

Для приема и хранения данных предназначен полудуплексный регистр данных ( $DR$ ), имеющий входы и выходы как со стороны ЭВМ,