

ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ



• ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ •

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Лабораторные работы для студентов дневного и заочного отделений
специальностей 210200, 072000

Тамбов
• Издательство ТГТУ •
2002

ББК 681.12(046)
УДК 3221я73
Д534

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т

Доктор технических наук, профессор ТГТУ

С. В. Фролов

Д534 Информационно-измерительные системы: Лабораторные работы / Авт.-сост.: О. С. Дмитриев, И. С. Касатонов, С. В. Мищенко. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 32 с.

Кратко изложены теоретические основы построения информационно-измерительных систем, дано подробное описание лабораторных стендов, рассмотрены структурные схемы соответствующих модулей КАМАК, принципы их работы и взаимодействия с программным обеспечением, приведены их основные технические характеристики.

Предназначены для студентов дневного и заочного отделений специальностей 210200, 072000.

ББК 681.12(046)

УДК 621.73

© Тамбовский государственный

технический университет (ТГТУ), 2002

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Лабораторные работы

Авторы-составители:

ДМИТРИЕВ Олег Сергеевич,
КАСАТОНОВ Илья Сергеевич,
МИЩЕНКО Сергей Владимирович

Редактор Т. М. Г л и н к и н а

Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Р ы ж к о в а

Подписано в печать 09.07.2002

Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84 / 16

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 1,8 уч.-изд. л.

Тираж 150 экз. С. 466

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ РЕЛЕЙНОГО МУЛЬТИПЛЕКСОРА ТИПА 753 ИНТЕРФЕЙСА КАМАК

Цель работы: Ознакомиться с принципом действия и работой релейного мультиплексора типа 753. Изучить правила пользования.

Задание:

- 1 При подготовке к лабораторной работе изучить принцип действия релейного мультиплексора типа 753.
- 2 Изучить устройство крейта КАМАК, программное обеспечение и принцип взаимодействия программной и аппаратной части. Усвоить порядок выполнения работы.
- 3 В ходе экспериментальной части работы произвести переключение каналов мультиплексора и измерения напряжения постоянного тока.
- 4 Занести результаты измерений в таблицу и произвести их сравнение.

1 НАЗНАЧЕНИЕ

Модуль релейного мультиплексора состоит из блока управления и релейных блоков. Управляющий блок мультиплексора типа 753 служит для управления релейными блоками типа 753-1 или 753-2, обеспечивающими выбор любого из 256 каналов, устанавливая в каждом канале мгновенное гальваническое соединение между двумя точками измерительной схемы. Посылка сигнала может осуществляться по трем изолированным от массы (земли) линиям.

Релейный мультиплексор типа 753 является стандартным устройством в системе аппаратуры КАМАК.

Кроме стандартного разъема для магистрали КАМАК, в верхней части задней панели блока установлен 26 контактный кромочный разъем для питания и управления блоками 753-2 или 753-1. На передней панели установлены два тройных и одно одиночное круглые гнезда типа LEMO, к которым подаются сигналы, обеспечивающие автоматическое изменение канала аналого-цифровым преобразователем, а также обеспечивающие возможность работы в крупных мультиплексорных комплексах, в которых имеется несколько блоков типа 753.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Максимальное число переключаемых каналов – 256.

Число управляемых блоков – 8 блоков типа 753-1 или 4 блока типа 753-2.

Максимальная частота переключения входов – 100 вх./с.

3 ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Блок-схема модуля управления мультиплексора типа 753 представлена на рис. 1.

Управление модуля типа 753 осуществляется по командам, передаваемым по магистрали КАМАК. По магистральным линиям F1 ... F16 передается выполняемая функция. По линиям A1 ... A16 передаются внутренние адреса. В дешифраторе команд КАМАК осуществляется дешифрирование функции и внутренних адресов, необходимых для работы блока.

Все команды, перечисленные в табл. 1, подаются промежуточными схемами. В адресный регистр можно записывать очередные адреса с шин W1 ... W8, а также прибавлять к содержимому адресного регистра при помощи команд с магистрали КАМАК, или прибавлять единицу при помощи сигнала SKAN + 1 с аналого-цифрового преобразователя. В дешифраторе адреса выделяются 5 младших адресных разрядов, которые передаются параллельно ко всем подсоединенным блокам типа 753-2 или типа 753-1.

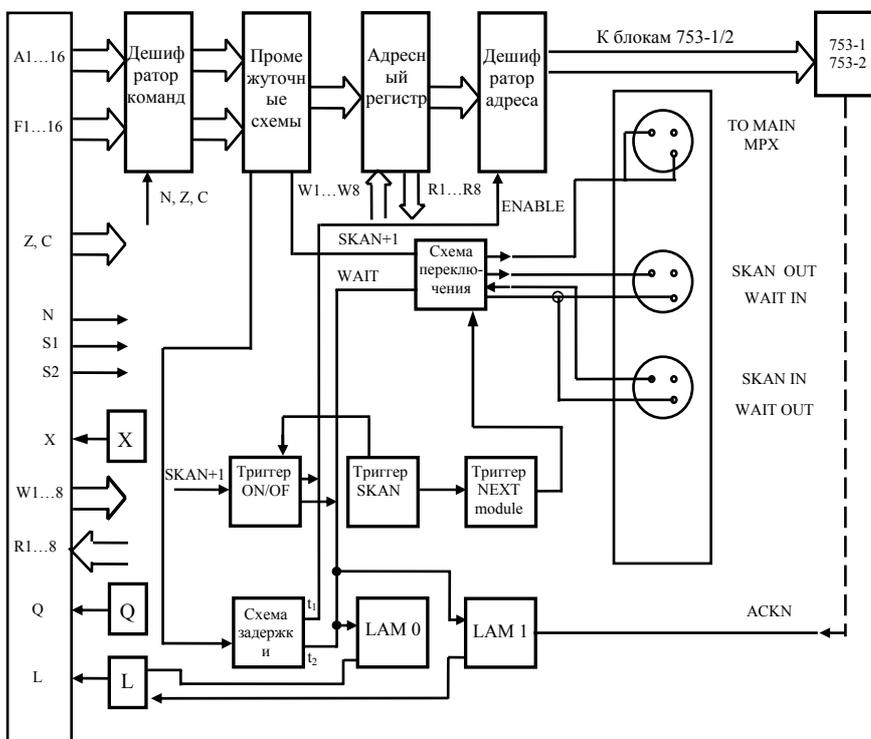


Рис. 1 Блок-схема модуля управления 753 мультиплексорами 753-1/2

Таблица 1

№	Функция	Адрес	Действие	Ответ
1	F/1/	A/0/	Чтение состояния адресного регистра на шины R1 ... R8	Q = 0
2	F/11/	A/0/	Сброс адресного регистра, сброс триггера "NEXT MODULE" и "ON/OFF", а также блокировка LAM 0 и LAM 1	Q = 0
3	F/17/	A/0/	Запись в адресный регистр с шин W1 ... W8, C, сброс триггера "ON/OFF", а также сброс триггера "NEXT MODULE"	Q = 0
4	F/25/	A/0/	Прибавление t_1 к содержимому адресного регистра, установка триггера ON/OFF"	Q = 0
5	F/26/	A/0/	Деблокировка LAM 0	Q = 0
6	F/26/	A/1/	Деблокировка LAM 1	Q = 0
7	F/26/	A/2/	Установка триггера ON/OFF (подсоединение аналогового выхода)	Q = 0
8	F/26/	A/3/	Установка триггера "NEXT MODULE" (исключение воздействия блока на сигнал "SCAN + 1")	Q = 0
9	F/26/	A/4/	Установка режима работы "SCAN"	Q = 0

Триггер ON/OFF предназначен для включения определенного аналогового канала, обусловленного установкой адреса, путем послышки сигнала ENABLE к адресному дешифратору, а также обеспечивает задержку преобразования аналого-цифровым преобразователем (с выхода схемы задержки подается сигнал WAIN).

Триггер ON/OFF устанавливается определенными командами, а также сигналом SCAN + 1, тогда как сбрасывается другими командами и сигналами Z и C. Сбрасывается также в том случае, когда устанавливается режим работы "SCAN" и мультиплексор обслужит свой последний (256-й) канал с выходом NEXT MODULE .

Триггер NEXT MODULE предназначен для исключения чувствительности мультиплексора на сигнал SCAN + 1.

Триггер NEXT MODULE устанавливается в момент, когда устанавливается режим работы "SCAN", мультиплексор обслужит свой последний (256-й) аналоговый канал и возвращается (после очередного сигнала SCAN + 1) на первый канал.

В результате установки триггера NEXT MODULE сигнал SCAN + 1 посылается к очередному мультиплексору через схему переключения.

Схема задержки по времени предохраняет от включения двух аналоговых каналов одновременно.

Постоянная времени t_1 (выход -Q) определяет время разъединения одного канала (отсутствие сигнала ENABLE), тогда как постоянная времени t_2 (выход Q) обеспечивает правильное соединение следующего аналогового канала до начала преобразования аналого-цифрового преобразователя (сигнал WAIT).

Схема LAM 0 состоит из двух триггеров, один из которых является источником сигнала LAM 0, тогда как другой предназначен для блокировки этого сигнала. Сигнал LAM 0 возникает в момент, когда контакты одного реле (канала) правильно соединены (конец сигнала WAIT).

Сигнал LAM 1 генерируется в двух случаях:

а) если адрес включенного канала соответствует установленному числу каналов на 8-сегментном переключателе по бинарному коду (см. табл. 2);

б) если сигнал ENABLE, посылаемый к какому-либо блоку типа 753-1 или 753-2, не подтверждается сигналом ACKN (отсутствие блока, перерыв в соединении или отсутствие разъема на входе аналогового сигнала) сигналы LAM 0 и LAM 1 суммируются и посылаются на магистраль КАМАК в качестве сигнала L.

4 ОПИСАНИЕ БЛОКОВ 753-1 и 753-2

Блоки типа 753-1 и 753-2 предназначены для передачи аналогового сигнала с выбранного входа на общий выход. Эти блоки управляются и питаются с блоков типа 753 посредством разъемов, установленных на задних панелях.

Ввиду этого блоки 753-1 и 753-2 составляют интегральный комплекс с блоками 753, которые определяют возможные режимы работы.

Блоки 753-1 и 753-2 не имеют соединений с магистралью крейта КАМАК и соединяются только с управляющим блоком 753.

5 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Число переключаемых каналов для блока 753-1

для 753-2	64
Уровень коммутируемых сигналов	от 0 до 10 В
Число коммутируемых, изолированных от массы линий для одного входа	3
Сопротивление перехода (между замкнутыми контактами), менее	1,5 Ом
Сопротивление изоляции (между разомкнутыми контактами), более	100 МОм;
Частота переключения входов, не менее	100 вх./с
(при частоте переключения от 100 до 200 вх./с возникает дребезг)	
Допускаемый ток, протекающий через контакт	0,125 А
Долговечность контакта, свыше	10 ⁷ положений
Питание блока, для	
753-1	+6 В; 0,25 А
753-2	+6 В; 0,5 А
753-1	+24 В; 0,02 А
753-2	+24 В; 0,04 А

6 ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ БЛОКОВ 753-1 и 753-2

6.1 Блок-схема

Релейный мультиплексор типа 753-2 состоит из двух одинаковых плат. Блок-схема платы показана на рис. 2. Релейный мультиплексор типа 753-1 имеет лишь одну плату.

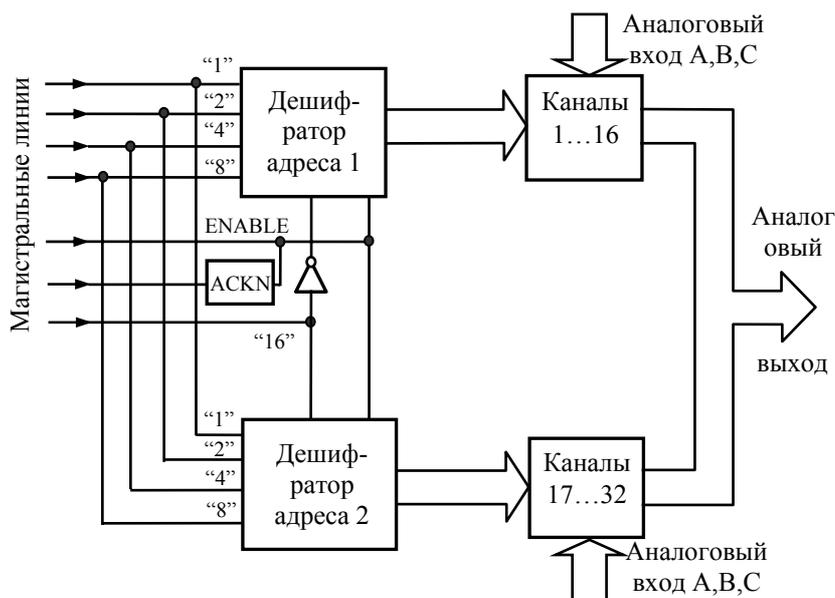


Рис. 2 Блок-схема платы релейного мультиплексора типа 753-1

В случае применения большого количества блоков 753-1 или 753-2 их можно устанавливать в отдельном крейте КАМАК без блока питания, поскольку эти блоки не снабжены разъемами к магистрали КАМАК.

В блоках имеется возможность подключать между линиями В и С высокостабильные резисторы, обеспечивающие преобразование токового сигнала в сигнал напряжения.

6.2 Описание схемы

Адресные дешифраторы 1 и 2 обслуживают по 16 каналов. Первые четыре младших адресных разряда выбирают один из 16 каналов, тогда как пятый адресный разряд "16" выбирает один из двух дешифраторов адреса. При помощи адресного разряда "16" осуществляется выбор дешифратора адреса. Остальные 4 адресных разряда подсоединяются параллельно на входы дешифраторов адреса. Отключение какого-либо сигнала осуществляется в момент подачи сигнала ENABLE. Блок подтверждает включение этого сигнала, посылая к блоку 753 сигнал ACKN.

Выбранный канал (один из 32-х) включается в момент получения блоком 753-2 или 753-1 сигнала ENABLE. Разъединение канала осуществляется после исчезновения сигнала ENABLE. Релейный мультиплексор типа 753-1 или 753-2 подтверждает получение сигнала ENABLE, посылая к блоку 753 сигнал ACKN.

Дешифраторы адреса управляют контактными реле при помощи микросхемы S7407. Напряжение питания реле 24 В, питание микросхемы 5 В.

Входные коммутируемые сигналы подключаются к релейному мультиплексору через клеммные 50-контактные разъемы, установленные на лицевой панели блока. На блоке 753-1 установлено два разъема, на блоке 753-2 расположено четыре разъема. Входы имеют обозначение А – корпус, В и С – сигнальные входы. Все линии каналов после реле подсоединяются на общий выход, который представляет собой два параллельно соединенных гнезда типа LEMO. Выходной разъем обычно подключается к АЦП.

В табл. 2 приведен пример адресования каналов.

Таблица 2

ENABLE	Адресный разряд					Номер канала
	"16"	"8"	"4"	"2"	"1"	
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	1	1	1	16
1	1	0	0	0	0	17
1	1	1	1	1	1	32
2	1	1	1	1	1	64

Примечание: ENABLE 2 – означает управление второй платой в блоке 753-2; "0" – означает высокий уровень на входе дешифратора адреса.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка включает в свой состав:

- 1 Компьютер IBM PC.
- 2 Интерфейс КАМАК с вентиляционной панелью.
- 3 Модуль релейного мультиплексора, состоящего из двух блоков – блока управления типа 753 и блока реле типа 753-1.
- 4 Регулируемый источник питания типа Б5-8 или Б5-48.
- 5 Цифровой вольтметр типа В7-40/5 или Щ-300.
- 6 Осциллограф типа С1-68 или С1-73.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Изучить принцип действия релейного мультиплексора типа 753.
- 2 Изучить программное обеспечение управления релейного мультиплексора в системе КАМАК.
- 3 Дописать и ввести в программу управления мультиплексором фрагмент программы последовательного подключения контактов мультиплексора, чтобы напряжение на цифровом вольтметре ступенчато увеличивалось с паузой коммутации в 1 с.
- 4 Подключить источник питания к входному разъему релейного мультиплексора типа 753-1, а выходные разъемы подключить к цифровому вольтметру.
- 5 Включить вентиляционную панель, источник питания и цифровой вольтметр. Установить на блоке питания напряжение 10 В и соответствующий предел измерения на цифровом вольтметре.
- 6 Запустить на компьютере из каталога D:\ASNI\ASK программу mul.pas управления работой релейного мультиплексора.
- 7 Последовательно вводя номера каналов мультиплексора и выполняя подсоединение аналоговых входов, зарегистрировать напряжение цифрового вольтметра. Результаты измерений занести в табл. 3. При выполнении коммутации следить за состоянием магистрального индикатора и записывать в таблицу двоичный код выполняемой функции, убедиться в его соответствии коду и номеру канала и номеру канала на экране компьютера.
- 8 Упорядочив полученные данные по убыванию, выяснить схему подключения мультиплексора и написать полученные номера контактов на схеме (рис. 3).
- 9 Запустить программу и наблюдать на цифровом вольтметре правильность выполнения коммутации. Запустить повторно программу по шагам, нажав кнопку F8, и наблюдать за состоянием магистрального индикатора при работе мультиплексора.
- 10 Уменьшая программно паузу коммутации контактов, определить максимальную частоту переключения входов мультиплексора с помощью осциллографа. Записать и сравнить с известной полученную величину. Продемонстрировать преподавателю работоспособность модернизированной программы и затем вернуть программу в первоначальное состояние, удалив введенный фрагмент. Убедиться в работоспособности программы.
- 11 Составить отчет о проделанной работе.

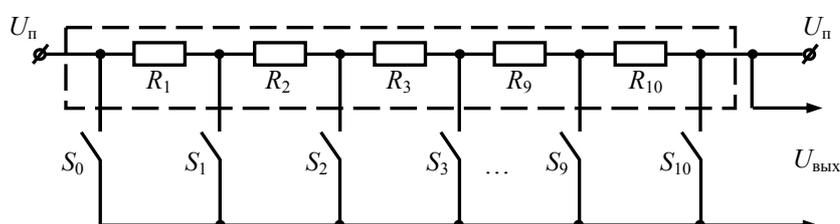


Рис. 3 Схема входного разъема релейного мультиплексора
(обведено пунктирной линией)

Таблица 3

Номер канала	Напряжение, В	Код номера канала	Код выполняемой функции	Код адреса

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1 Название, цель работы и задания.
- 2 Основные технические данные.
- 3 Таблица основных функций работы релейного мультиплексора.
- 4 Блок-схема, поясняющая принцип действия релейного мультиплексора и взаимодействия его с интерфейсом КАМАК.
- 5 Результаты измерений напряжений, номера каналов и коды каналов и функций.
- 6 Схема коммутации входного разъема релейного мультиплексора с номерами контактов.
- 7 Фрагмент программы последовательного подключения контактов мультиплексора.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Назначение и возможности релейного мультиплексора типа 753.
- 2 Основные технические данные.
- 3 Основные функции работы релейного мультиплексора типа 753.
- 4 Пояснить назначение блоков релейного мультиплексора.
- 5 Пояснить принцип действия релейного мультиплексора и его взаимодействия с интерфейсом КАМАК.
- 6 Зачем нужен триггер NEXT MODULE?
- 7 Почему нельзя превышать допустимый ток, протекающий через контакт.
- 8 Почему ограничены напряжения и ток коммутируемых сигналов?
- 9 Пояснить работу управляющей программы.
- 10 Что необходимо указать в управляющей программе, чтобы коммутировать сигналы, подключенные к нижнему разъему на блоке 753-1?
- 11 Какие дополнительные возможности появляются при использовании мультиплексора 753-2?
- 12 С какой максимальной частотой можно коммутировать сигналы с помощью мультиплексора 753, и что мешает ее увеличению?
- 13 Пояснить порядок выполнения работы и результаты измерений.

Текст компьютерной программы управления мультиплексором

Uses Crt, CAMAC;

Var

NK,i,j,k : Integer;
ss : Longint;
ch : Char;

Const

Mul = 4; {753-1 – MUL }

Begin

ClrScr;
CAMAC_init;
NAFWrite(Mul, 0, 11, 0); {сброс адресного регистр, сброс триггера}

Repeat

Writeln;
Repeat
Write('Введите номер канала (0-31), N= ');
Readln(NK);
Until (Nk <= 31) And (NK >= 0);
NAFWrite(Mul, 0, 17, NK); {запись в адресный регистр с шин}
NAFWrite(Mul, 2, 26, 0); {подсоединение аналогового входа}
SS:= NAFRead(Mul, 0, 1);
Writeln(#10,#13, 'На входе канал ', NK, ' ', SS);
Write('Выйти – Esc, продолжить – любая другая.');
Ch:= ReadKey;
Until Ch = #27;

End.

Литература [1, 3, 4, 7]

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРИРУЮЩЕГО АНАЛОГОВО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТИПА 701А ИНТЕРФЕЙСА КАМАК

Цель работы: Ознакомиться с принципом действия и работой интегрирующего аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) типа 701А. Изучить правила пользования.

Задание:

- 1 При подготовке к лабораторной работе изучить принцип действия интегрирующего аналогово-цифрового преобразователя типа 701А.
- 2 Изучить устройство крейта КАМАК, программное обеспечение и принцип взаимодействия программной и аппаратной части. Усвоить порядок выполнения работы.
- 3 В ходе экспериментальной части работы произвести измерения напряжения постоянного тока и поверку АЦП.
- 4 Занести результаты измерений в таблицу и произвести их сравнение.

1 НАЗНАЧЕНИЕ

Интегрирующий аналогово-цифровой преобразователь предназначен для измерения сигналов в широком диапазоне измеряемых напряжений путем преобразования входного сигнала напряжения в цифровой код.

Работа преобразователя основана на использовании принципа двойного интегрирования, обеспечивающего подавление периодических помех (особенно промышленной частоты 50 Гц), накладывающихся на преобразуемый сигнал, путем усреднения этих помех в период преобразования. Эти свойства обеспечивают возможность использования прибора в промышленных системах автоматизации и измерений.

Преобразователь имеет схему, синхронизирующую время преобразования с периодом напряжения электросети, которая обеспечивает значительную независимость результата от изменений частоты электросети 50 Гц. Возможна также работа преобразователя с постоянным установленным периодом преобразования.

Гальваническая изоляция аналоговой части преобразователя от цифровой части обеспечивает полное предохранение измерительной системы от внешних воздействий и тем самым значительно расширяет пределы использования прибора.

Преобразователь 701А предназначен для установки в типовом крейте КАМАК, от которого его цифровая часть питается постоянным напряжением. Гальванически изолированная аналоговая часть питается от отдельного блока питания, установленного в отдельном корпусе.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Пределы преобразуемого напряжения	± 50 мВ, ± 100 мВ, ± 500 мВ, ± 1 В, ± 5 В, ± 10 В
Выбор диапазона	программный по шине W1...W3
Разрешающая способность	2048 уровней – 11 разрядов, плюс 12-й разряд знак
Интегральная нелинейность	$\leq \pm 0,05$ %
Входное сопротивление	≥ 100 МОм
Затухание сигналов	50 Гц \Rightarrow 60 дБ
Максимальная длительность преобразования	40 мс
Температурная нестабильность усиления	≤ 25 ppm/°C

В приборе предусмотрены:

- возможность программного включения фильтра по шине W4, W5;
- возможность программной задержки запуска преобразования по шине W6, W7;
- возможность работы с корректировкой погрешности из-за изменений частоты электросети;
- световая сигнализация занятости блока;
- блокировка результата при превышении предела измерения.

Сигналы состояния:

X = 1 – если блок распознал и принял команду (для всех команд, перечисленных в табл. 4)

Q = 1 – для команд F/1/ A/0/, F/26/ A/0/, F/24/ A/0/;

➤ для F/8/ A/0/, если L = 1, т.е. правильное преобразование закончено и L деблокируется F/26/ A/0/;

➤ для F/27/ A/1/, если правильное преобразование закончено (отсутствие превышения предела);

➤ для F/27/ A/2/, F/25/ A/0/, F/17/ A/0/, F/10/ A/0/, если преобразователь свободен и отсутствует превышение предела измерения, а также для остальных команд, перечисленных в табл. 4.

LAM = 1 указывает, что преобразование закончено при условии, что сигнал L деблокирован F/26/ A/0/.

LAM = 0, если преобразование запущено, или при выполнении команды чтения результата /S2/.

Сигнал общего управления Z /S2/ – устанавливает регистр результата на ноль, сбрасывает и блокирует сигнал L или LAM (Look at me), устанавливает управляющий регистр на минимальный предел, отключает фильтр и задержку.

Таблица 4

№	Функция	Адрес	Действие	Сигнал отклика
---	---------	-------	----------	----------------

1	F/0/	A/0/	Чтение результата преобразования /S1/ на шинах R1 ... R12. Сброс LAM /S2/	Q = 1
2	F/1/	A/0/	Чтение содержимого управляющего регистра /S1/	Q = 1
3	F/2/	A/0/	Чтение результата преобразования /S1/ на шинах R1 ... R12. Сброс LAM. Установка регистра результата на ноль. Запуск нового преобразования /S2/	Q = 1
4	F/2/	A/1/	Чтение результата преобразования /S1/ на шинах R1 ... R12. Сброс LAM. Установка регистра результата на ноль. Запуск нового преобразования /S2/ Генерирование сигнала SCAN/S1/	Q = 1
5	F/8/	A/0/	Проверка запроса L	Q = L
6	F/17/	A/0/	Запись в управляющий регистр /S1/	Q = 1
7	F/26/	A/0/	Деблокировка /LAM=1/ запроса L при стробе S1	Q = 1
8	F/27/	A/1/	Проверка правильности преобразования	Q = 1
9	F/27/	A/2/	Проверка занятости преобразователя	Q = 1 (свободный)

Сигналы, управляющие работой преобразователя. Запись в управляющий регистр данных, касающихся предела измерения, включения фильтра и задержки, осуществляется на шинах W1 ... W7, чтение – на шинах R1 ... R5. Данные, касающиеся предела измерения, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Предел	Логическое состояние на шинах W/R		
	W3/R3	W2/R2	W1/R1
10 В	1	1	1
5 В	1	1	0
1 В	1	0	1
0,5 В	1	0	0
100 мВ	0	1	1
50 мВ	0	1	0

3 ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ

В интегрирующем аналогово-цифровом преобразователе типа 701А можно выделить две части: аналоговую и цифровую (рис. 4).

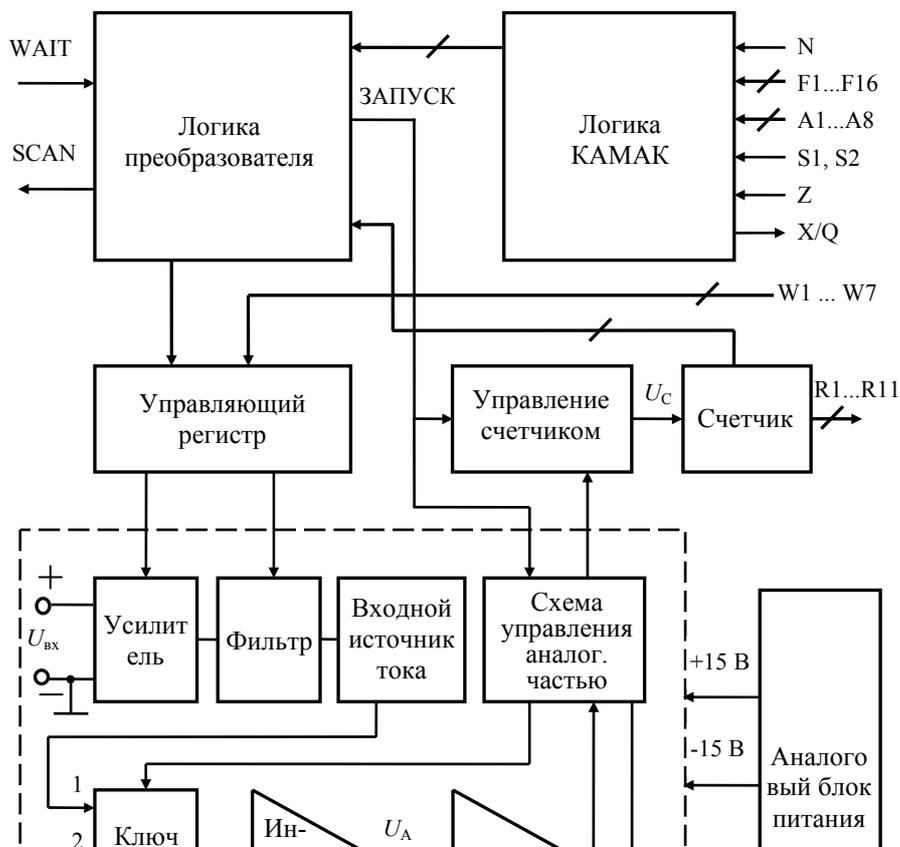


Рис. 4 Блок-схема аналогово-цифрового преобразователя 701А

Аналоговая часть изолирована от цифровой части схемы, взаимодействие между которыми осуществляется при помощи оптронов (свето- и фотодиод) и реле. Аналоговая часть питается от отдельного блока питания, установленного в экранированном корпусе. В аналоговой части преобразователя можно выделить следующие основные блоки (рис. 4):

- *усилитель*, характеризующийся низким коэффициентом шумов, высоким входным сопротивлением, симметричным входом, асимметричным выходом. Усилитель располагает возможностью цифрового выбора шести пределов измерения при помощи коммутации управляющим регистром через реле соответствующих делителей на входе усилителя;
- *фильтр* представляет собой активный фильтр нижних частот с положительной обратной связью. Фильтр может включаться или отключаться цифровым методом через реле;
- *входной источник тока* генерирует ток, пропорциональный входному напряжению. Источник потребляет ток в случае подачи на его вход положительного напряжения. Имеет высокое входное сопротивление;
- *ключ* обеспечивает подключение к входу интегратора входного источника тока или источника опорного тока в такт сигнала со схемы управления аналоговой частью;
- *источники опорного тока* "+" и "-" выдают и потребляют постоянный ток, определенный опорным напряжением, получаемый в схеме со стабилизацией тока;
- *интегратор* интегрирует ток, подаваемый на его вход. На выходе интегратора формируется сигнал пилообразной формы, нарастающий или ниспадающий (в зависимости от полярности $U_{вх}$) в первый период интегрирования. Наклон пилообразной характеристики является пропорциональным входному напряжению. После отсоединения входа и подключения источника опорного тока с противоположной полярностью, начинается период второго интегрирования, т.е. спуска или нарастания пилообразного сигнала с постоянным наклоном, определенный опорным напряжением;
- *детектор нуля* обеспечивает на выходе изменение напряжения в момент превышения нулевого потенциала пилообразного сигнала, полученного на выходе интегратора;
- *схема управления аналоговой частью* принимает сигнал запуска преобразования и устанавливает ключ в положение 1. В зависимости от полярности входного напряжения подключает соответствующий источник опорного тока "+" или "-" к входу интегратора. Принимает сигнал детектора нуля и посылает сигнал конца преобразования;
- *аналоговый блок питания* генерирует все напряжения, питающие аналоговую часть, а именно: +15 В, -15 В, +5 В из переменного напряжения электросети 220 В. Он генерирует также сигнал сравнения (50 Гц) для контрольной схемы частоты электросети. Блок питания установлен снаружи экранированной аналоговой части. Трансформатор вместе с выпрямителем установлен в отдельном корпусе и монтируется вне крейта.

В цифровой части преобразователя можно выделить следующие основные блоки (рис. 4):

- *логика КАМАК* дешифрирующая направляемые к блоку команды, генерирует сигнал отклика Q и X и соответствующие сигналы для логики преобразователя и для управляющего регистра;
- *логика преобразователя* обеспечивает генерирование соответствующих сигналов для всех схем преобразователя;
- *управляющий регистр* принимает данные, появляющиеся на шинах W1 ... W7 и под действием команды F/17/ A/0/ устанавливает соответствующий предел, включает или отключает фильтр. Под действием команд F/17/ F/0/ устанавливает соответствующий предел;
- *управление счетчиком* – схема принимает сигнал запуска и конца преобразования, а также, в зависимости от полярности преобразовываемого напряжения, направляет тактовые импульсы на один из двух выходов;
- *счетчик* насчитывает тактовые импульсы "вперед" и "назад" в зависимости от входа счетчика, к которому они подведены посредством схемы управления. Генерирует результат счисления на шинах R1 ... R12 в случае неперевышения предела и подачи соответствующей команды.

Основные временные характеристики, поясняющие принцип преобразования с двукратным интегрированием, приведены на рис. 5.

В момент направления к преобразователю команды запуска преобразования, логика КАМАК, а затем логика преобразователя генерируют сигнал запуска преобразования, который запускает счетчик и подключает входное напряжение U_x к интегратору.

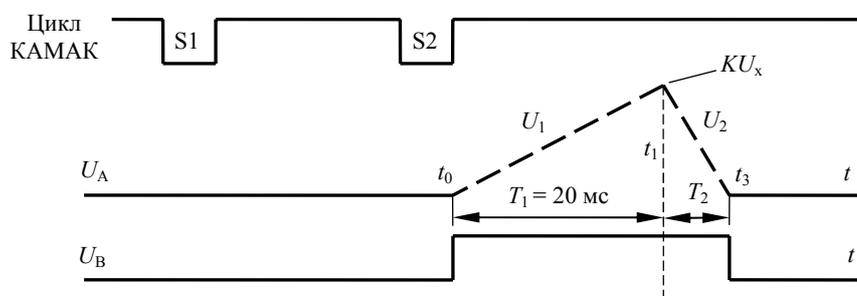


Рис. 5 Временная диаграмма работы АЦП

На выходе интегратора появляется линейно нарастающее напряжение U_1 (U_A , рис. 5), которое в момент t_1 достигает определенного уровня, пропорционального значению входного напряжения U_x . Момент t_1 определяется счетчиком, который спустя $T_1 = 20$ мс сигнализирует переполнение (т.е. переход из состояния 1111111111 в состояние 0000000000).

Заканчивается первое интегрирование и, одновременно, отсоединяется (ключом) входное напряжение и подключается опорное напряжение U_0 (с противоположной по отношению к U_x полярностью), а также, после перехода состояния счетчика через ноль, счисляются, или отчисляются (в зависимости от полярности) дальнейшие импульсы генератора тактовых импульсов.

В это время под действием опорного напряжения U_0 обеспечивается на выходе интегратора линейный спад напряжения U_2 , которое в момент t_2 достигает начального значения. Этот момент сигнализирует детектор нуля, который прерывает числение тактовых импульсов и отсоединяет опорный источник от входа интегратора.

Результат преобразования, по коду – знак + двоичное дополнение, может выставиться на шинах R1 ... R12 по одной из команд чтения результата. В случае преобразования напряжения, превышающего предел преобразователя, вторая фаза преобразователя будет длиться более 20 мс, что вызовет посылку сигнала превышения предела от логики преобразователя, который блокирует чтение результата на шинах R и посылает ответ $Q = 0$.

Такое же положение возникнет тогда, когда команда чтения поступит в течение преобразования.

При помощи команды F/8/ A/0/ /Q = LAM/, ожидая LAM, можно проверить отсутствие превышения предела.

Если результат больше нуля и меньше значения предела, устанавливается запрос LAM (если запрос деблокирован) после завершения преобразования.

В результате можно произвести обслуживание преобразователя, прочитывая содержимое регистра на шинах R1 ... R12 с учетом знака по коду двоичного дополнения.

Каждая команда запуска преобразования сигналом S2 устанавливает на ноль преобразователь перед циклом преобразования. Преобразователь имеет управляющий регистр, благодаря которому можно цифровым методом устанавливать измеряемый предел, включать или отключать фильтр или задержку запуска преобразования. Данные управления записываются в управляющий регистр по команде F/17/ A/0/ в момент поступления строба S1.

Сигнал WAIT блокирует запуск преобразования, а после его завершения запускается унвивibrator задержки 200 мс (если включена задержка запуска преобразования). Эта задержка исключает зависимость работы преобразователя от помех, вызванных коммутированием каналов мультиплексора. Каждая запись предела, или состояния фильтра вызывает запуск стробом S1 унвивibratorа 3 мс, задерживающего запуск преобразования на время процесса переключения контактных реле мультиплексора (для устранения "дребезга" контактов мультиплексора). Состояние управляющего регистра можно прочитать с помощью команды F/1/ A/0/ на шинах R1 ... R5.

Сигналы Z S2 вызывают отключение задержки регистра, а также установку низшего предела измерения. После завершения преобразования запускается унвивibrator 3 мкс мертвого времени, который блокирует запуск следующего преобразования на время установления характеристик в петле установки интегратора на ноль. В случае незанятости преобразователя и получения команды F/2/ A/1/ унвивibrator генерирует выходной сигнал SCAN длительностью 1 мкс, который обычно применяется для управления работой мультиплексоров.

Для исключения зависимости результата преобразования от изменения частоты электросети, от которой посредством аналогового блока питания питается аналоговая часть преобразователя, прибор снабжен контрольной схемой частоты электросети.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка включает в свой состав:

- 1 Компьютер IBM PC.
- 2 Интерфейс КАМАК с вентиляционной панелью.
- 3 Модуль АЦП типа 701А.
- 4 Регулируемый источник питания типа Б5-8 или Б5-48.
- 5 Цифровой вольтметр типа В7-40/5 или Щ-300.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Изучить принцип действия АЦП типа 701А.
- 2 Изучить программное обеспечение управления АЦП в системе КАМАК.
- 3 Соединить отключенный источник питания параллельно с аналоговым входом АЦП и входом цифрового вольтметра.
- 4 Включить последовательно сначала вентиляционную панель, затем тумблер блока питания АЦП. Отключение АЦП производится в обратном порядке (блок питания затем вентиляционная панель).
- 5 Запустить на компьютере из каталога D:\ASNI\ASK программу asr.pas управления работой АЦП.
- 6 Проверить работу АЦП на различных пределах при изменении напряжения от 0 до +10 В и до -10 В.

7 Ввести коррекцию в показания АЦП на пределах измерения 1 В, 5 В, 10 В, используя цифровой вольтметр как образцовый прибор.

7.1 Исключить аддитивную погрешность, для чего закоротить входы АЦП и сравнить полученный результат с "0". При устойчивом отклонении в 1 ... 2 кванта внести коррекцию в программу

$$U = U_{\text{изм}} + \Delta U, \text{ где } \Delta U - \text{ погрешность с обратным знаком.}$$

7.2 Исключить мультипликативную погрешность, для чего на вход АЦП подать напряжение, близкое к максимальному в данном пределе измерения (например 0,9 В; 4,9 В; 9,9 В), и сравнить напряжение на цифровом вольтметре U_0 с напряжением на экране компьютера $U_{\text{изм}}$. Рассчитать мультипликативную поправку по формуле $K = U_0 / U_{\text{изм}}$ и внести коррекцию в программу в соответствующий предел измерения: $U = U_{\text{изм}} K$.

8 Произвести поверку АЦП. Результаты занести в табл. 6. При поверке одновременно выписать код с экрана компьютера и двоичный код с магистрального индикатора типа 081 и убедиться в их соответствии. Обратит внимание на переключение магистрального индикатора при работе АЦП.

9 Рассчитать абсолютную и относительную погрешности АЦП типа 701А и сравнить с техническими данными. Сделать заключение.

10 Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 6

Показания образцового прибора В7-40, В	Показания с экрана ЭВМ, В	Код на экране ЭВМ (десятичн.)	Код на магистральном индикаторе (двоичный)	Погрешность	
				абсолютная, В	относительная, %

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1 Название, цель работы и задания.
- 2 Основные технические данные.
- 3 Таблица основных функций работы АЦП.
- 4 Блок-схема, поясняющая принцип действия АЦП и взаимодействия его с интерфейсом КАМАК.
- 5 Результаты измерений, расчетов поправок, погрешности и сравнений кодов в шине данных.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Назначение и возможности АЦП типа 701А.
- 2 Основные технические данные.
- 3 Основные функции работы АЦП типа 701А.
- 4 Пояснить назначение блоков АЦП.
- 5 Пояснить принцип действия аналоговой части АЦП.
- 6 Пояснить принцип действия цифровой части АЦП и его взаимодействия с интерфейсом КАМАК.
- 7 Почему аналоговый блок питания вынесен из корпуса АЦП?
- 8 Зачем нужен сигнал SCAN?
- 9 Пояснить работу управляющей программы.
- 10 Пояснить принцип пересчета кода в напряжение.
- 11 Как в управляющей программе переключить предел измерения АЦП?
- 12 Пояснить порядок выполнения работы и результаты измерений.
- 13 Как устранить систематическую погрешность в результатах измерения?
- 14 Как устранить случайную погрешность в результатах измерения?

Текст компьютерной программы управления АЦП

```
Uses Crt, CAMAC;
Var
  K           : Integer;
  SS, i       : Longint;
  P           : Array[ 1..10 ] Of Real;
  Popr        : Array[ 1..2, 1..3 ] Of Real;
  U           : Real;
Const ACP = 6;           {701А – АЦП, 6 – позиция крейта}
Procedure IZM;           {инициализация АЦП}
Begin
  NAFWrite( ACP, 0, 17, i ); {установка предела измерения}
  NAFWrite( ACP, 0, 2, 0 );  {сброс LAM, запуск нового}
  Repeat                   {преобразования}
  NAFWrite( ACP, 0, 8, 0 ); {проверка запроса L}
  Until wasQ;              {проверка сигнала отклика}
```

```

    NAFWrite( ACP, 1, 27, 0 );      {проверка правильности}
End;                               {преобразования}
Procedure NAPR;
Var Ch : Char;
Begin
    IZM;
    If wasQ Then Begin
        SS:= NAFRead( ACP, 0, 0 ); {чтение результата преобразования}
        If SS > 2047 Then           {нормирование результата}
            SS:= -4096 + SS;
        U:= SS * P[I] / 2048;
        U:= U + 0.00049 * P[I]; {коррекция аддитивной погрешности}
        If U > 0 Then
            U:= U * Popr[1, I-4]; {коррекция мультипликативной погрешн.}
        If U < 0 Then
            U:= U * Popr[2, I-4];
        Writeln(' U = ', U:8:5, ' B', ' --- CODE : ', SS,
            ' Предел = ', P[I]:3:1 );
        If KeyPressed Then         {пауза при нажатии}
            Begin                 {любой клавиши}
                Ch:= ReadKey; If Ch = #27 Then Halt; {если нажата Esc-}
                Ch:= ReadKey; If Ch = #27 Then Halt; {остановка программы}
            End;
        End;
        End;
        End;
        Begin
            P[2]:=0.05; P[3]:=0.1; P[4]:=0.5; P[5]:=1; P[6]:=5; P[7]:=10; {существующие пределы измерения}
            {Положительные Отрицательные Поправка}
            Popr[1,1]:= 1.0; Popr[2,1]:= 1.0; {для предела 0-1В}
            Popr[1,2]:= 1.0; Popr[2,2]:= 1.0; { 1-5В}
            Popr[1,3]:= 1.0; Popr[2,3]:= 1.0; { 5-10В}
            ClrScr;
            CAMAC_init;
            NAFWrite(ACP,0,26,0); {деблокировка запроса L при стробе S1}
            I:= 5;
            Repeat
                IZM; {выбор предела измерения}
                If wasQ Then Begin
                    NAPR;
                    I:= 5;
                End
            Else Begin
                If I < 7 Then
                    Inc( I )
                Else Begin
                    Writeln('ПРЕВЫШЕНИЕ ВСЕХ ПРЕДЕЛОВ' );
                    Sound( 520 ); Delay( 200 ); NoSound;
                    I:= 5;
                End;
            End;
            Until False;
        End.

```

Литература [1, 3, 4, 8]

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННОГО ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТИПА 722 ИНТЕРФЕЙСА КАМАК

Цель работы: Ознакомиться с принципом действия и работой изолированного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) типа 722. Изучить правила пользования.

Задание:

- 1 При подготовке к лабораторной работе изучить принцип действия изолированного цифро-аналогового преобразователя типа 722.
- 2 Изучить устройство крейта КАМАК, программное обеспечение и принцип взаимодействия программной и аппаратной части. Усвоить порядок выполнения работы.
- 3 В ходе экспериментальной части работы произвести измерения напряжения постоянного тока, выдаваемого цифро-аналоговым преобразователем.
- 4 Занести результаты измерений в таблицу и произвести их сравнение.

1 НАЗНАЧЕНИЕ

Преобразователь представляет собой источник четырех напряжений или токов с цифровым управлением посредством команд от магистрали КАМАК, гальванически изолированных от магистрали.

Он предназначен для использования в электронной, контрольно-измерительной промышленной аппаратуре. Преобразователь имеет выходы по напряжению или току с диапазонами напряжений или токов, типичными для перечисленных применений. В случае если гальваническая изоляция не используется, то требуется присоединение одного изолированного источника напряжения питания с возможностью питания от магистрали КАМАК.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Выход напряжения:	
диапазон	от +1 до +4,999 В
максимальный выходной ток	10 мА
максимальный ток короткого замыкания	100 мА
Выход тока:	
диапазон	от 4 до 19,996 мА
максимальное выходное напряжение	8 В
максимальное напряжение размыкания	15 В
Точность преобразования:	
разрешающая способность	12 разрядов
дифференциальная нелинейность максимальная ..	±3 по младшему двоичному разряду
Тепловая нестабильность выхода по напряжению:	
дрейф уровня 4,999	max. ±0,1 мВ /°С
Тепловая нестабильность выхода тока:	
дрейф уровня 19,996 мА	max. ±1 мкА /°С
Время преобразования	max. 100 мкс
Прочность гальванической изоляции между корпусом и входными цепями, выходными цепями	
	1500 В
Разъемы на лицевой панели и задней стенке	
	кромочный 50-контактный разъем на лицевой панели

3 УСТАНОВКА УСТРОЙСТВА

Преобразователь Ц/А типа 722 приспособлен к работе в крейте КАМАК, от которого питаются его входные цепи; выходные цепи нужно питать от внешнего питающего устройства с входным напряжением +24 В +20 % и допустимой нагрузкой не менее чем 0,25 А. Также имеется возможность питания выходных цепей от магистрали КАМАК.

4 КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

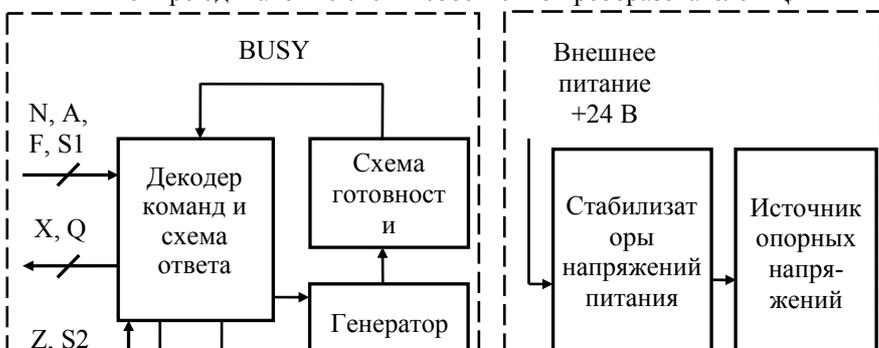
4.1 Блок-схема преобразователя

Преобразователь состоит из входной части, гальванической изоляции и выходной части. Входная часть гальванически соединена с магистралью КАМАК и охватывает почти все цифровые схемы блока (рис. 6):

- декодер команд со схемой ответа;
- генератор цикла записи;
- схему триггеров готовности;
- регистр и декодер подадресов;
- регистр данных.

Гальваническая изоляция охватывает 16 оптронов, из которых 12 предназначены для передачи данных, а 4 – для передачи сигналов записи четырех каналов преобразователя. Выходная часть изолирована от магистрали КАМАК, питается от внешнего источника, охватывает схему формирования импульсов записи и все аналоговые схемы блока:

- стабилизаторы питающих напряжений;
- источник опорного напряжения;
- четыре одинаковые схемы собственно преобразователей Ц/А (с конверторами напряжение – ток).



4.2 Декодер команд, схема ответа и схема готовности

Запись команд в блок осуществляется синхронным и асинхронным способом (см. табл. 7). При синхронной работе, предназначенной к передаче с повторением, состояние триггера готовности подается на шину Q (рис. 6). В случае неготовности блока к выполнению команды записи он не дает положительного ответа Q, причем состояние этого ответа может измениться лишь в начале следующей команды.

Таблица 7

Команды КАМАК

F	A	Действие	Ответ Q
16	0	Запись в регистр канала 1	Q = BUSY
16	1	Запись в регистр канала 2	Q = BUSY
16	2	Запись в регистр канала 3	Q = BUSY
16	3	Запись в регистр канала 4	Q = BUSY

При асинхронной работе, предназначенной для взаимодействия с контроллерами типов 131 и 180, блок дает положительный ответ Q на каждую команду записи, а в случае неготовности, пересылает сигнал с триггера в контроллер, что вызывает приостановку контроллером крейта командного цикла еще перед стробом S1. Окончание предыдущей операции вызывает сброс триггера, что позволяет контроллеру продолжить командный цикл.

Реакция блока на безадресную команду установки нуля не зависит от состояния схемы готовности и установка нуля произойдет всегда, если только блок не выполняет уже операций установки нуля.

Генератор цикла записи синхронизирует прием информации с шин КАМАК и ее передачу к элементам преобразователя.

4.3 Аналоговая часть

Изолированная часть блока питается напряжениями +5 В и +15 В, получаемыми от внешнего источника напряжения +24 В при помощи стабилизаторов. Напряжение +5 В питает выходные цепи оптоизоляции, входные буферы интегральных преобразователей микросхемы К572ПА2А, а также схему, формирующую сигнал записи (рис. 6).

Напряжение +15 В питает собственно аналоговую часть, т.е. операционный усилитель (ОУ) DA2. Интегральный ЦАП DA1 типа K572ПА2А содержит двухкаскадный, 12-разрядный регистр типа "защелка", который управляет 12-ю аналоговыми переключателями, присоединенными к резисторной матрице "R-2R". Для упрощения схемы использована только первая часть регистра, а записывающий вход второй части (Запись 2) соединен с питанием (+ 5 В), благодаря чему эта часть "прозрачна" для цифровых данных (см. схему работы преобразователя на рис. 7).

Присоединение к резисторной матрице опорного напряжения вызывает прохождение токов от отдельных ее ветвей к одному из двух выходов, в зависимости от положения аналогового переключателя в данной ветви. В типовом применении вход "+" DA2 соединен с массой (землей), выход DA2 с инвертирующим входом усилителя через R_{oc} , в результате чего на входе "-" ОУ DA2 задается напряжение, равное напряжению на входе "+" ОУ DA2, т.е. массе или "0". При равных напряжениях входов "+" и "-" ОУ DA2 токи, проходящие через отдельные ветви матрицы, не зависят от положения переключателей и составляют $I_n = \frac{1}{2^n} \frac{U_{опор}}{R}$, т.е. обладают весами, соответствующими очередным битам цифровых входов.

Если данный переключатель находится в правом положении (рис. 7), что соответствует биту цифровых данных, равному нулю, тогда ток его ветви проходит на вход "+" ОУ DA2 и на массу. Если переключатель находится в левом положении, что соответствует единице на соответствующем бите, тогда ток данной ветви проходит практически полностью через резистор обратной связи R_{oc} на выход усилителя.

Выходное напряжение равно падению напряжения на этом резисторе и составляет

$$U_{вых} = -U_{опор} \frac{N}{4096},$$

где N – является числом, записанным в регистр преобразователя ($N = 0 \dots 4096$).

Диапазон выходных напряжений начинается от нуля, в результате чего усилитель требует биполярного питания (± 15 В). Выходные напряжения имеют знак обратный, чем $U_{опор}$. Напряжению $U_{опор} = +4$ В соответствует выходное напряжение $U_{вых} = 0 \dots -3,999$ В.

Для схемы справедливы следующие соотношения:

$$U_n = \frac{1}{2^{n-1}} U_{опор}; \quad I_n = \frac{1}{2^n} \frac{U_{опор}}{R}.$$

Чтобы создать возможность питания усилителя одним напряжением и при этом получить требуемый диапазон выходных напряжений (+4,999 В ... +1 В вместо 0 ... -3,999 В), уровни напряжений сдвинуты до 4,999 В вверх. К контакту $U_{опор}$ присоединено +8,999 В (вместо +4 В), а к контакту "+" ОУ присоединено второе напряжение $U_{опор2} +4,999$ В (вместо массы).

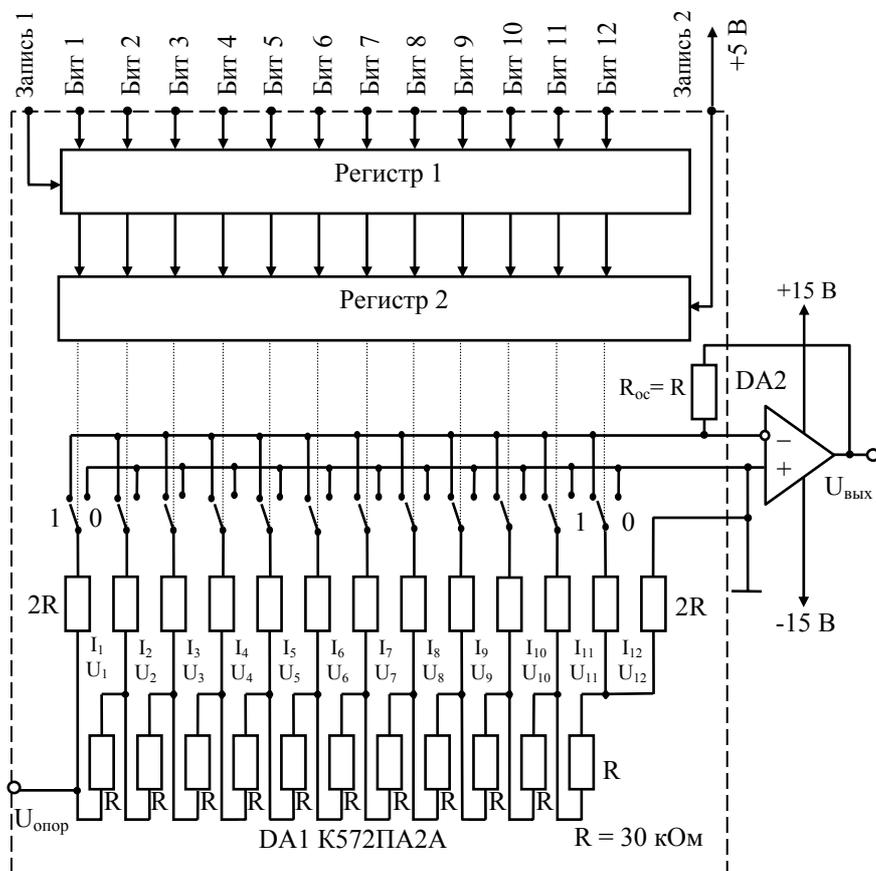


Рис. 7 Основная схема работы преобразователя K572ПА2А

На выходе усилителя находится диод, смещающий выходное напряжение таким образом, чтобы усилитель работал правильно для выходных напряжений схемы +1 В без отрицательного питания, а также транзисторы, выполняющие в

режиме выхода по напряжению роль повторителя напряжения, а в режиме выхода по току роль преобразователя напряжение-ток. Перечисленные элементы находятся внутри обратной связи и, следовательно, изменения напряжений на их переходах не имеют существенного влияния на точность преобразователя.

Источник опорного напряжения использует диод с напряжением около 8,9 В для получения вторых опорных напряжений $U_{\text{опор1}} = 9 \text{ В}$ и $U_{\text{опор2}} = 5 \text{ В}$.

Примененная схема источников напряжений с усилителями ограничивает влияние дрейфа резисторных делителей на результирующий дрейф преобразователя, однако, требует определенной очередности регулировки. Во время каждой настройки схемы необходимо сначала регулировать напряжение $U_{\text{опор2}}$, а затем напряжение $U_{\text{опор1}}$.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка включает в свой состав:

- 1 Компьютер IBM PC.
- 2 Интерфейс КАМАК с вентиляционной панелью.
- 3 Модуль ЦАП типа 722.
- 4 Цифровой вольтметр типа В7-40/5 или Щ-300.
- 5 Осциллограф типа С1-68 или С1-73.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Изучить принцип действия ЦАП типа 722.
- 2 Изучить программное обеспечение управления ЦАП в системе КАМАК.
- 3 Дописать к программе управления ЦАП фрагмент программы вывода на выход ЦАП пилообразного (треугольного, трапецеидального, синусоидального или комбинированного) напряжения.
- 4 Соединить вход цифрового вольтметра с выходом одного из каналов ЦАП через переходную панель.
- 5 Запустить на компьютере из каталога D:\ASNI\ASK программу sar.pas управления работой ЦАП.
- 6 Проверить работу каналов ЦАП на различных выходных напряжениях.
- 7 Ввести коррекцию в выходное напряжение ЦАП, используя цифровой вольтметр как образцовый прибор, для этого:
 - 7.1 Установить последовательно на ЦАП заданное напряжение $U_3 = 1 \text{ В}, 2 \text{ В}, 3 \text{ В}, 4 \text{ В}, 4,999 \text{ В}$ и сравнить с показанием цифрового прибора $U_{\text{изм}}$.
 - 7.2 Рассчитать поправку по формуле $K = U_3 / U_{\text{изм}}$ и внести коррекцию в программу управления работой ЦАП.
- 8 Произвести поверку ЦАП. Результаты занести в таблицу. При поверке одновременно выписать код с экрана компьютера и двоичный код с магистрального индикатора типа 081 и убедиться в их соответствии. Обратит внимание на переключение магистрального индикатора при работе ЦАП.
- 9 Рассчитать абсолютную и относительную погрешности ЦАП типа 722 и сравнить с техническими данными. Сделать заключение.
- 10 Подключить к ЦАП осциллограф.
- 11 Ввести в программу дописанный фрагмент и запустить программу. Наблюдать на осциллографе за формой кривой. Оператором задержки изменять сигнал. Зарисовать полученную кривую. Продемонстрировать работоспособность модернизированной программы преподавателю и затем удалить введенный фрагмент. Убедиться в работоспособности программы.
- 12 Составить отчет о проделанной работе (табл. 8).

Таблица 8

Введенное напряжение, В	Показание прибора В7-40, В	Погрешности		Код на экране ЭВМ	Код на магистральном индикаторе (двоичный)	Код номера канала	Код функции
		абсолютная, В	относительная, %				

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 1 Название, цель работы и задания.
- 2 Основные технические данные.
- 3 Таблица основных функций работы ЦАП.
- 4 Блок-схема, поясняющая принцип действия ЦАП и взаимодействия его с интерфейсом КАМАК.
- 5 Результаты измерений, расчетов поправок, погрешности и сравнений кодов в шине данных.
- 6 Фрагмент программы формирования сигнала специальной формы.
- 7 Рисунок полученной кривой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Назначение и возможности ЦАП типа 722.
- 2 Основные технические данные.
- 3 Основные функции работы ЦАП типа 722.

- 4 Пояснить принцип действия ЦАП и его взаимодействия с интерфейсом КАМАК.
- 5 Пояснить принцип действия аналоговой части ЦАП.
- 6 Как с помощью ЦАП получить аналоговый сигнал специальной формы?
- 7 Какую максимальную частоту сигнала специальной формы можно достичь?
- 8 Пояснить порядок пересчета напряжения в код.
- 9 В чем отличие синхронного и асинхронного способов записи команд в ЦАП?
- 10 Каков алгоритм расчета коррекции?
- 11 Почему в ЦАП типа 722 предусмотрено изменение напряжения выше 1 В?
- 12 Как получить напряжение менее 1 В?
- 13 Пояснить работу управляющей программы.
- 14 Пояснить порядок выполнения работы и результаты измерений.

Текст компьютерной программы управления ЦАП

```

Uses Crt, CAMAC;
  Var
    NK, i, j           : Integer;
    SS                 : Longint;
    U, x               : Real;
    Ch                 : Char;
  Const
    CAP = 2;           {2 – позиция ЦАП-722 в крейте}
Begin
  ClrScr;
  CAMAC_init;
  Repeat
  Writeln;
  Repeat
  Write( 'Введите номер канала (0-3), N= ' );
  Readln( NK );
  Until (NK < 4) And (NK >= 0);
  Repeat
  Write( 'Введите напряжение (1.000 – 4.999) канала U= ' );
  Readln( U );
  Until (U >= 1) And (U < 5);
  SS:= Round((U-1) * 4095 / 3.999*0.9975); {последнее число-}
                                         {коррекция}
  Nafwrite(Cap,NK,16,SS);
  Writeln( 'Установлен код -> ', SS );
  Writeln( 'На выходе канала ', NK, ' напряжение ', U );
  Write( 'Выйти – Esc, продолжить – любая другая.' );
  Ch:=ReadKey;
  Until Ch = #27;
  {***** Дописать фрагмент программы *****)
End.

```

Литература [1, 3, 4, 9]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Цапенко Н. П. Измерительные информационные системы: структуры и алгоритмы. Учеб. пособие. М., 1985.
- 2 Алиев Т. М., Тер-Хачатуров А. А. Измерительная техника. Учеб. пособие. М., 1991.
- 3 Виноградов В. Н. Информационно-вычислительные системы. М., 1986.
- 4 Демиденко С. Н., Апанасенко Л. С. и др. Модульные КАМАК-системы автоматизации эксперимента. Минск, 1990.
- 5 Мячев А. А. Интерфейсы средств вычислительной техники, энциклопедический справочник. М., 1993.
- 6 Науман Г., Мейсланг В., Щербина А. Стандартные интерфейсы для измерительной техники. М.: Мир, 1982.
- 7 Релейный мультимплексор 753: Инструкция по эксплуатации. Варшава, Польша, 1986.
- 8 Интегрирующий аналогово-цифровой преобразователь 701А: Инструкция по эксплуатации. Варшава, Польша, 1986.
- 9 Изолированный цифро-аналоговый преобразователь 722А: Инструкция по эксплуатации. Варшава, Польша, 1986.