

**Универсальные
измерительные платы
аналогового
и
цифрового
ввода/вывода
ЛА-7**

ВКФУ.411619.007РП

Руководство пользователя

МОСКВА

1999

Техническое описание и инструкция по эксплуатации
платы
аналогового ввода и цифрового ввода/вывода
ЛА-7
для ПЭВМ типа IBM PC-AT с шиной ISA-16

Параметры аналогово-цифрового канала:

- FIFO на 512 слов данных;
- 16 однополюсных или 8 дифференциальных каналов;
- диапазоны входных аналоговых каналов..... $\pm 10\text{В}$
- входное сопротивление более 100 МОм;
- число разрядов в регистре данных АЦП..... 16;
- время преобразования для ЛА-7..... 7 мкс
- максимальная частота выборки 140 кГц (83 для многоканального режима)
- поддержка работы по прерываниям, по ПДП, по сигналу готовности АЦП;
- внутренний 16 разрядный таймер на 3 канала;
- кварцевый генератор 10 МГц,
- стабильность частоты в диапазоне температур $0 \div +70^\circ\text{C}$ $1 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-5}$
- сигнал/шум 72 дБ@5 кГц@5В
- коэффициент гармоник -85 дБ@1 [кГц@0,5В](#)
- коэффициент усиления..... 1, 10 и пользовательский
- гальваническая изоляция между аналоговым каналом и ПЭВМ..... 4 кВ
- нет программируемого усилителя
- число эффективных разрядов при частоте дискретизации 140 кГц, входной частоте 5 кГц и входном напряжении $\pm 4,98\text{ В}$ 13,8
- пределы допускаемой приведённой систематической составляющей основной погрешности в статическом режиме на диапазоне $\pm 5\text{В}$ $\pm 0,012\%$ (0,5 МЗР)
- СКО случайной составляющей основной погрешности в статическом режиме на диапазоне $\pm 5\text{В}$ при частоте дискретизации 140 кГц..... $0,2 \pm 0,2\text{ МЗР}$
- защита по напряжению входных каналов..... $\pm 15\text{В}$
- дифференциальная нелинейность..... $\pm 0,25\text{ МЗР}$
- интегральная нелинейность..... $\pm 0,1\text{ МЗР}$

1. Оглавление

1.....	Оглавление	3
--------	------------	---

2.....	ЗАО «Руднев-Шиляев»	6
3.....	Функциональная схема платы ЛА-7	7
3.1.....	Описание функциональной схемы	7
4.....	Схема расположения переключателей платы ЛА-7	10
4.1.....	Выдача +5В на разъем XP1	11
4.2.....	(SA1) Выбор режима работы инструментального усилителя	11
4.3.....	(SA2) Выдача сигнала таймера O2 на внешний разъем XP1	11
4.4.....	(SA3) Выбор режима запуска АЦП и таймера платы	12
4.5.....	Примеры использования таймера ЛА-7 для запуска АЦП	12
4.6.....	(SA4) Выбор базового адреса	16
4.7.....	(SA5) Выбор линии прерывания IRQ	17
4.8.....	(SA6) Выбор канала ПДП IBM PC	18
4.9.(SA7)	Статусная информация о дифференциальном/однополюсном режимах	19
4.10.....	(SA8) Коэффициент усиления инструментального усилителя	19
4.11.....	(SA9) Выбор входного диапазона АЦП	20
5.....	Описание внешних разъемов платы ЛА-7	20
5.1.....	Разъем XP2	20
5.2.....	Описание сигналов	21
5.3.....	Профилактика помех	21
5.4.....	Разъем XP1	21
5.5.....	Описание сигналов	22
6.....	Регистры платы	23
6.1.....	Регистр FIFO данных (Б.А.+0)	23
6.2.....	Регистр младшего аналогового канала (Б.А.+1)	24
6.3.....	Регистр количества каналов (Б.А.+2)	25
6.4.....	Регистр сброса FIFO данных (Б.А.+3)	26
6.5.....	Регистры таймера (Б.А.+4÷7)	26
6.6.....	Статусный регистр (Б.А.+8)	28
6.7.....	Сброс прерываний (Б.А.+8)	28
6.8.....	Управляющий регистр (Б.А.+9)	29
6.9.....	Регистр цифрового порта ввода/вывода (Б.А.+10)	29
7.....	Техника безопасности	30
8.....	Подготовка к работе	30
8.1.....	Общие положения	30
8.1.1.....	Заземление	30
8.1.2.....	Питание	30
8.1.3.....	Сигналы	30
8.2.....	Установка платы	31
8.2.1.....	Подготовка	31
9.....	Порядок работы	31
9.1.....	Указания по подключению сигналов	31
9.1.1.....	Общие замечания	31
9.2.....	Библиотеки IntProc.dll и Dma.dll	37
9.3.....	Тесты и примеры	37
9.4.....	Непрерывный сбор	37
9.5.....	Спектроанализатор	38
10.....	Программирование	38
10.1.....	Программа TMR	38
11.....	Характеристики платы ЛА-7	39
12.....	Комплект поставки	40
13.....	Технические условия на плату ЛА-7	40
14.....	Приложение I. Результаты калибровки платы	41
15.....	Приложение II. Динамические параметры АЦК	41
15.1.....	Регламентирующие документы	41

15.2.....	Особенности реальных измерений	42
15.3.....	Статические параметры АЦП	43
15.4.....	Динамические параметры АЦК	45
15.5.....	Динамические параметры АЦК платы ЛА-7.	47
16.....	Приложение III. Программируемый счетчик-таймер KP580ВИ53 (P82C54)	50
16.1.....	Состав	50
16.2.....	Параметры	50
16.3.....	Режимы счета	50
16.4.....	Режим 0 (прерывание терминального счёта)	50
16.5.....	Режим 1 (ждущий мультивибратор)	51
16.6.....	Режим 2 (генератор частоты)	51
16.7.....	Режим 3 (генератор меандра)	52
16.8.....	Режим 4 (счетчик событий)	52
16.9.....	Режим 5 (счетчик событий с автозагрузкой)	53
16.10.....	Работа со счетчиками	53
16.10.1.....	Операции чтения/записи	53
16.10.2.....	Чтение статуса счетчиков	54
16.10.3.....	Чтение значения отдельного счетчика	54
17.....	Приложение IV. Примерное распределение адресного пространства IBM PC/AT	55
18.....	Приложение V. Система прерываний IBM PC	56
19.....	Приложение VI. Числовые соотношения	58
20.....	Приложение VII. Словарь сокращений	60
20.1.....	Английские сокращения	60
20.2.....	Русские сокращения	60
21.....	Приложение VIII. Словарь терминов	61
22.....	Гарантийные обязательства	63

2. ЗАО «Руднев-Шиляев»

ЗАО "Руднев-Шиляев" сформировалось на базе известного Института радиотехники и электроники Российской Академии наук (ИРЭ РАН) и занимается проблемами аналогово-цифрового преобразования (АЦП) и последующей обработкой сигналов. Научно-технический потенциал специалистов фирмы позволил за короткий срок разработать и представить на Российский рынок платы сбора данных (ПСД) с нормированными метрологическими характеристиками. Вся выпускаемая продукция фирмы подвергается тщательной предпродажной поверке. По желанию заказчика каждая плата АЦП или ЦАП (цифро-аналогового преобразования) сопровождается индивидуальным метрологическим паспортом с указанием результатов калибровки по параметрам согласно ГОСТ 24736-81 "Преобразователи интегральные. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые. Основные параметры.", ГОСТ 8.009-84 "Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерений". Центр АЦП ЗАО "Руднев-Шиляев" использует как известные и общепринятые методики, так и оригинальные, разработанные специалистами Центра для калибровки аналогово-цифровых каналов в реальных условиях его применения по динамическим параметрам: отношение сигнал/шум, коэффициент гармонических искажений, реальный динамический диапазон и число эффективных разрядов в зависимости от частоты входного воздействия на АЦП. Знания этих характеристик позволяют более корректно решать задачу применения АЦП в реальных условиях и дают возможность до эксперимента оценить погрешности, вносимые всем аналогово-цифровым каналом в конечный результат измерения. Таким образом можно сравнивать изделия Центра АЦП с аналогичной западной продукцией по указанным параметрам, так как там динамические параметры являются общепринятыми. Более подробно об этом см. публикации Центра АЦП:

Руднев П., Шиляев С. Платы сбора данных - Мир ПК, 1993, N3.

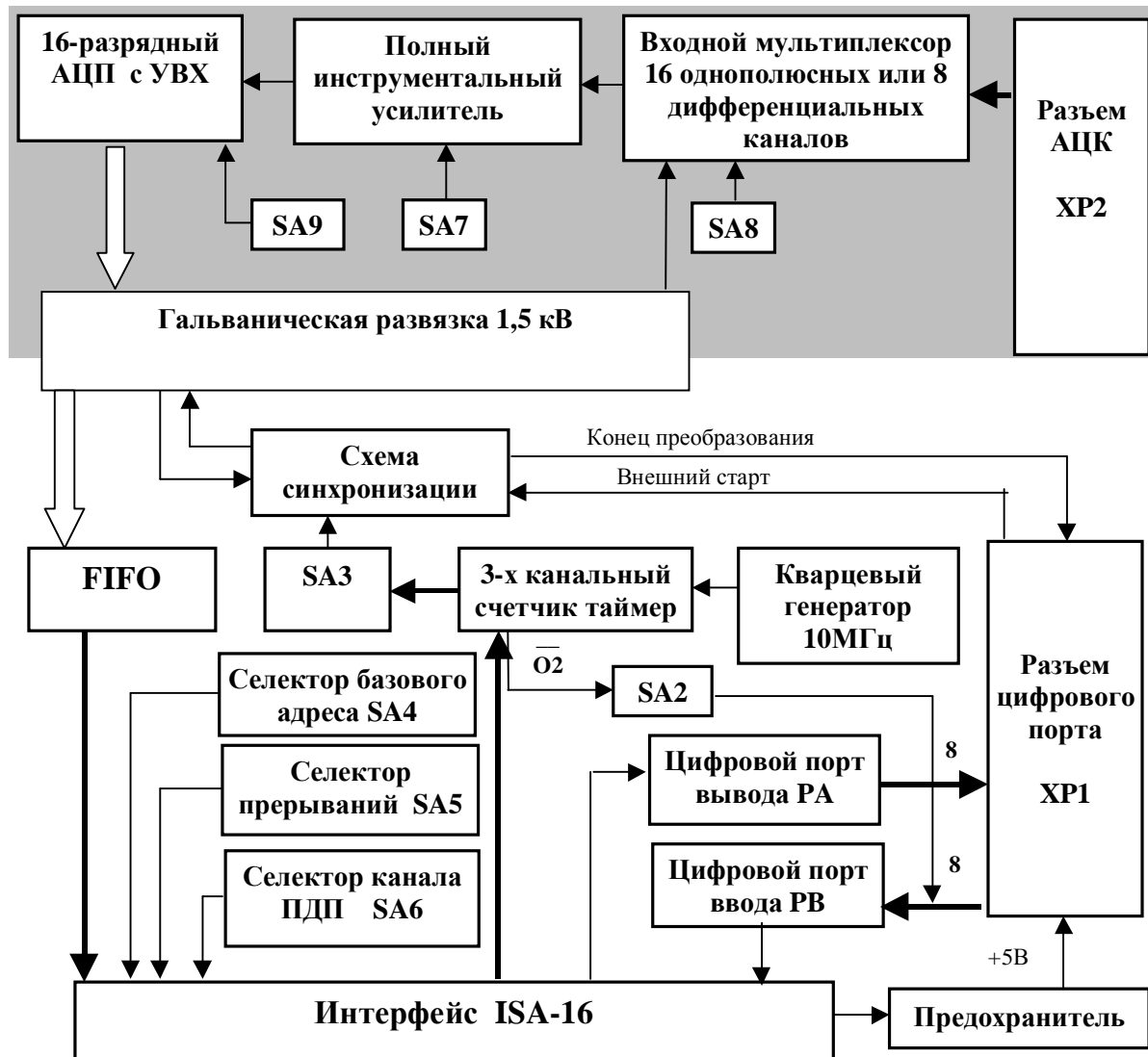
Шиляев С. и др. Динамические параметры аналогово-цифрового канала в реальных условиях его применения -: Метрология, приложение к журналу Измерительная техника, 1993, N5.

Руднев П. и др. Динамические параметры аналогово-цифровых преобразователей и методы их измерений - Радиотехника и электроника, 1993, вып. 10, с. 144.

Шиляев С. и др. Динамические параметры аналогово-цифровых преобразователей -: Машиностроение, 1994, N2, а так же ряд статей в журнале "Электронные компоненты".

Широкий спектр плат позволяет пользователю гибко подойти к решению своей задачи. От простых, но высококачественных плат, позволяющих производить мониторинг технологических процессов до высокоточных измерительных плат, являющихся средством измерения. Большой спектр функционально совместимых устройств, выпускаемых Центром АЦП позволяет создавать комплексы обработки сигналов на базе персонального компьютера IBM PC с применением расширителей шины ISA-16 (ЛА-УДЛ11 и ЛА-УДЛ7 см. Продукцию Центра АЦП). Такие системы с использованием плат Центра АЦП ЗАО "Руднев-Шиляев" используются как метрологические средства измерений для калибровки микросхем АЦП на этапе разработки и при выходном контроле; для калибровки радиоканалов по динамическим параметрам; для анализа сложных быстропротекающих процессов в различных областях научно-производственной деятельности. Нашими заказчиками являются: ЛИИ (г. Жуковский), ЦАГИ, ВНИИФТРИ, ВНИИМС, ИРЭ РАН, НИИИТ, ИГД им. Скочинского, ОКБ МЭИ, ЦИАМ, НИИТП, ВНИИЖТ, МИФИ, МГУ, МЭИ, МАИ и многие другие.

3. Функциональная схема платы ЛА-7



3.1. Описание функциональной схемы

Плата ЛА-7 содержит следующие независимые узлы: аналогово-цифровой канал (АЦК), трехканальный счетчик/таймер, цифровой порт ввода/вывода и интерфейс ввода/вывода для IBM PC. Плата управляется от IBM PC и получает от компьютера только питание +5В (потребление 375 мА).

АЦК платы ЛА-7 состоит из входного мультиплексора, полного инструментального усилителя с изменяемым коэффициентом усиления, и собственно 16 разрядного АЦП с выборкой хранения. С помощью переключателя SA1 выбирают режим - 8 дифференциальных или 16 однополюсных каналов. С помощью SA8 может быть задан коэффициент усиления инструментального усилителя - 1, 10 или любой в диапазоне 2..100 по выбору пользователя. (Для этого необходимо запаять резистор на предусмотренное место, рядом с SA8). Далее следует 16 разрядный **аналогово-цифровой преобразователь** (АЦП) последовательного приближения с временем преобразования 7 мкс. Этот же АЦП содержит **устройство выборки-хранения** (УВХ). Система УВХ-

АЦП работает так: пока идет преобразование, УВХ находится в режиме хранения, в режиме выборки она находится остальное время. Переход в режим хранения происходит по заднему фронту импульса запуска АЦП. В зависимости от коэффициента усиления время установления может возрасти до 30 мкс. Используемый преобразователь имеет два переключаемых диапазона входных напряжений - $\pm 5\text{В}$ и $\pm 10\text{В}$. Необходимый диапазон можно изменить переключателем SA9. Таким образом, выбирая с помощью SA8 коэффициент усиления инструментального усилителя 1 или 10 и с помощью SA9 входной диапазон АЦП, можно получить четыре диапазона входных напряжений: $\pm 0,5\text{В}$ и $\pm 1\text{В}$ (при коэффициенте усиления инструментального усилителя 10) и $\pm 5\text{В}$ и $\pm 10\text{В}$ (при коэффициенте усиления инструментального усилителя 1). У инструментального усилителя может быть задан пользователем необходимый коэффициент усиления. Для этого нужно запасть на предусмотренное место резистор. Тогда добавятся еще два диапазона входных напряжений, которые будут выбраны Вами. Основные метрологические характеристики платы обеспечиваются на диапазоне $\pm 5\text{В}$, что отражено в разделе Характеристики платы ЛА-7.

Подробнее порядок расчета описан в разделе (SA7) Статусная информация о дифференциальном/однополюсном режимах



Определение статусной информации, о дифференциальном/однополюсном режимах

Дифференциальный

Однополюсный

SA7

В дифференциальном режиме переключатель SA7 замыкается перемычкой, а в однополюсном режиме перемычка с него снимается. Этот переключатель необходимо переключать одновременно с SA1, если Вам требуется, чтобы программа определяла режим работы инструментального усилителя платы. Информация о нем содержится в статусном регистре БА+5 платы, в 5 бите.

(SA8) Коэффициент усиления инструментального усилителя

На плате ЛА-7 введена гальваническая изоляция между аналогово-цифровым каналом и схемой управления и передачи данных АЦП в ПЭВМ. Применение изоляции позволяет снизить уровень цифровых помех в АЦК, повысить надёжность эксплуатации платы АЦП при работе с заземляемыми датчиками, а также применять плату для медицинских измерений, когда датчики укрепляются на теле человека. Однако цепи входа внешнего запуска АЦП EXT_ST, выхода готовности данных после аналогово-цифрового преобразования ИКП (SS_BUSY), входа внешнего прерывания EEX_INT для ввода его в ПК - не имеют гальванической развязки от ПК. Они выведены не на аналоговый разъём XP2, а на разъём цифрового порта XP1 и подаются относительно цифровой земли DGND.

Введён дополнительный переключатель SA7, определяющий результат чтения информации о режиме работы инструментального усилителя. В дифференциальном режиме переключатель SA7 замыкается перемычкой, а в однополюсном режиме перемычка с него снимается. Этот переключатель необходимо переключать одновременно

с SA1, если Вам требуется, чтобы программа определяла режим работы инструментального усилителя платы. Информация о нем содержится в статусном регистре платы.

Если Вы до применения ЛА-7 не сталкивались с АЦК полезно будет ознакомиться с Приложением I (Динамические параметры АЦК).

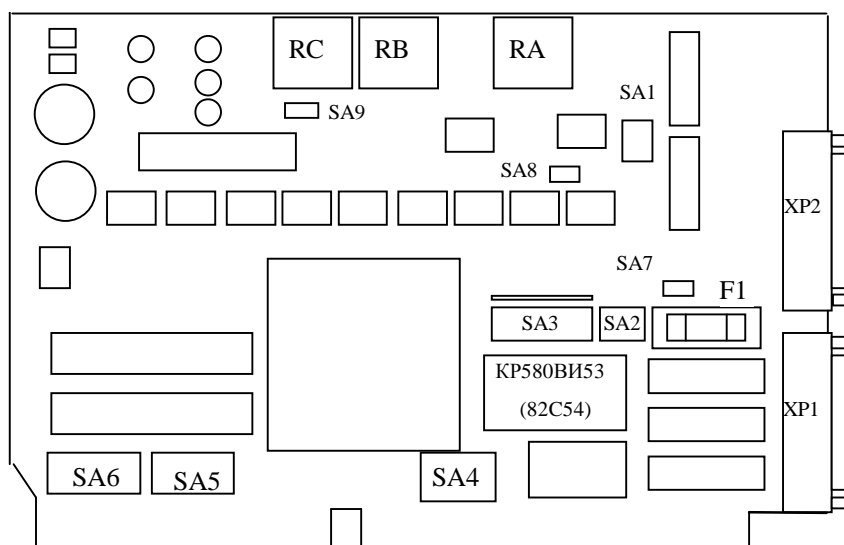
Трехканальный счетчик/таймер реализован на микросхеме P82C54. Его сигналы выведены на SA3 и их можно использовать для запуска АЦП, а также, например, для реализации функции частотомера или периодомера. На вход C0 (нулевой канал таймера) всегда подана тактовая частота с кварцевого генератора 10 МГц. Это необходимо учитывать при использовании каналов таймера. Наличие высокостабильного кварцевого генератора на ЛА-7 с погрешностью не хуже 3×10^{-4} в диапазоне температур $+5 \div +60$ °С позволяет задавать калиброванные, заранее известные, интервалы, которые можно использовать не только для запуска АЦП, но и через переключатель SA3 для Ваших задач вне компьютера. Таймер может работать в режиме ждущего мультивибратора, генератора частоты и импульсов, счетчика событий. Режим выбирается программно от IBM PC. Если Вы до применения ЛА-7 не использовали таймер будет полезно ознакомиться с Приложением II (Программируемый счетчик/таймер P82C54).

Цифровой порт содержит 16 цифровых линий - 8 линий на вывод (порт PA) и 8 линий на ввод (порт PB). Линии ввода и вывода независимы. Можно стробировать входную информацию по сигналу STR_DIO. Запись в порт осуществляется уровнем логического нуля. На этом же разъеме XP1, на который выведены линии цифрового порта, имеется сигнал EXT_INT - внешнее прерывание для IBM PC. Он подан на схему обработки прерываний для ввода в IBM PC. Для работы с внешними устройствами удобно использовать возможности каналов таймера. На 12 контакт XP1 (PB0 - входная линия цифрового порта) выведен через переключатель SA2 инвертированный выходной сигнал второго канала таймера - O2. Его можно использовать для стробирования цифрового порта на ввод, для синхронизации внешних устройств. При использовании совместно с платой восьмиканальных фильтров низких частот ЛА-ФНЧ8 этот сигнал используется для задания частоты среза фильтров.

На разъеме XP1 может быть подано питание +5В непосредственно с IBM PC через предохранитель.

Общеупотребительные и специальные термины, используемые в этом описании расшифрованы в Приложение VII. Словарь сокращений, и в Приложение VIII. Словарь терминов Вообще, ознакомление со всеми приложениями позволит Вам быстрее освоить применяемую в этой области измерений терминологию и ускорит освоение принципов использования АЦК в Вашей конкретной задаче. Знание параметров АЦП позволит использовать ЛА-7 с максимальной пользой. Таким образом, теперь решение стоящих перед Вами задач в Ваших руках.

4. Схема расположения переключателей платы ЛА-7



SA1 - переключатель выбора режимов работы полного инструментального усилителя платы (однополюсный или дифференциальный);

SA2 - переключатель, который вместо входа цифрового порта PB0 на 12 контакт XP1 подключает прямой или инвертированный выход второго таймера O2. Этот сигнал может использоваться для синхронизации внешних устройств, в частности для синхронного запуска нескольких устройств ЛА-7 или для задания частоты среза фильтров низких частот серийного устройства ЛА-ФНЧ8, при этом вход PB0 цифрового порта не отключается;

SA3 - переключатель выбора режимов запуска АЦП и режимов работы таймера платы ЛА-7;

SA4 - переключатель, выбирает базовый адрес платы (используется шестнадцатеричная система для номера);

SA5 - переключатель, выбирает номер используемого прерывания IRQ (может принимать значения 10,11,12,14,15);

SA6 - переключатель, выбирает номер используемого канала ПДП, задается двумя вертикальными переключателями попарно (может принимать три значения 5,6 и 7);

SA7 - переключатель, определяющий статусную информацию о режиме дифференциальный/однополюсный инструментального усилителя АЦК. Должен переключаться одновременно с SA1.

SA8 - переключатель коэффициента усиления инструментального усилителя (может быть равен 1,10 или при установке пользователем соответствующего резистора на предусмотренное место можно задать любым в диапазоне 2...100);

SA9 - переключатель, выбирает входной диапазон напряжений АЦП $\pm 5V$ или $\pm 10V$.

4.1. Выдача +5В на разъем ХР1

Через предохранитель F1 на разъем ХР1 платы ЛА-7 подается напряжение +5В непосредственно с шины IBM PC.

Не следует подключать к 1 контакту разъема ХР1 (+5В) устройства, потребляющие более 400 мА. Если Вы не используете напряжение +5В через ХР1, то желательно вынуть предохранитель, чтобы напряжение +5В не выдавалось на внешний разъем:

4.2. (SA1) Выбор режима работы инструментального усилителя

Для выбора дифференциального или однополюсного включения входного инструментального усилителя служат перемычки переключателя SA1.

Перемычки для выбора режимов устанавливаются так:



Любая другая конфигурация перемычек не имеет смысла, но не приводит к неисправностям в аналоговом канале!

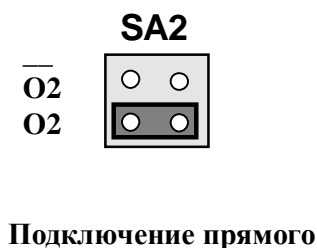
В однополюсном режиме число входных каналов - 16, в дифференциальном - 8 пар парафазных входов, то есть каждый имеет два входа: инвертирующий (-) и неинвертирующий (+).

На входном разъеме ХР2 это соответствует:

инвертирующие входы	1,2,3,4,5,6,7,8
неинвертирующие входы	10,11,12,13,14,15,16,17

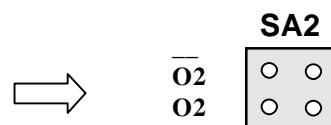
4.3. (SA2) Выдача сигнала таймера О2 на внешний разъем ХР1

Переключатель SA2 может подключить на 12 контакт внешнего разъема ХР1 платы ЛА-7 прямой или инвертированный выход второго канала таймера, при этом вход цифрового порта РВО от разъема не отсоединяется.



выхода (О2) к РВ0

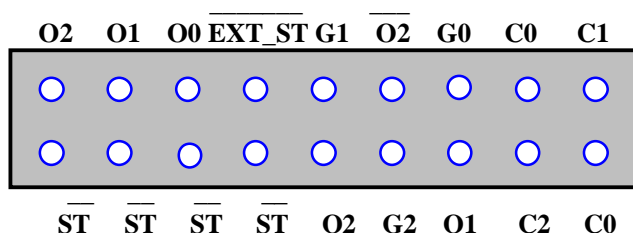
Если Вы не используете сигнал О2, то необходимо снять перемычку с переключателя SA2 (как это показано ниже), чтобы сигнал О2 не препятствовал нормальной работе цифрового порта:



4.4. (SA3) Выбор режима запуска АЦП и таймера платы

Переключатель SA3 выбирает источник запуска АЦП. На плате ЛА-7 имеется три шестнадцатиразрядных счетчика/таймера P82C54-2. Выходы счетчиков можно сконфигурировать для запуска АЦП, для сложного многоканального кадрового сбора, а также для прикладных задач, например, для реализации функции цифрового частотомера или периодомера и многих других применений. На вход C0 таймера подана тактовая частота с кварцевого генератора 10 МГц. Это необходимо учитывать при программировании таймера для запуска АЦП. При запуске от таймера может быть использован выход любого канала (O0, O1 или O2) таймера P82C54-2. На АЦП для запуска может быть подан внешний сигнал от стороннего источника - EXT_ST. Этот сигнал выведен на 20 контакт разъема XP2. Возможен также программный запуск АЦП от IBM PC.

SA3



EXT_ST - внешний старт АЦП (см. внешний разъем XP2);

C0,C1,C2 - тактовые входы каналов счетчиков/таймеров; на C0 всегда подана тактовая частота с задающего кварцевого генератора 10 МГц.

G0,G1,G2 - входы управления каналов счетчиков/таймеров;

O0,O1,O2 - выходы каналов счетчиков/таймеров;

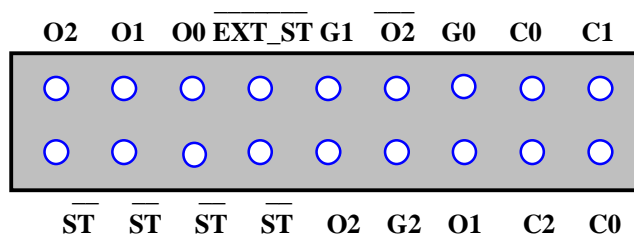
ST - сигнал запуска аналогово-цифрового преобразования.

4.5. Примеры использования таймера ЛА-7 для запуска АЦП

Пример 1

Наиболее употребляемый способ использования таймера для запуска АЦП следующий. Установить перемычку для подачи сигнала с выхода нулевого канала таймера O0 на вход запуска АЦП ST.

SA3

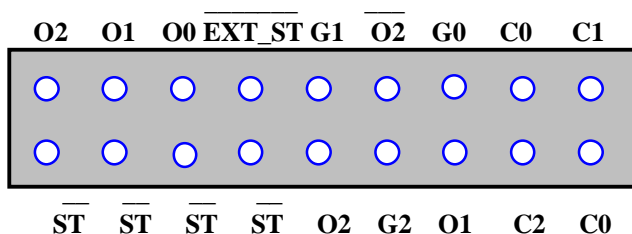


Запрограммировать нулевой канал во второй режим (Приложение III. Программируемый счетчик-таймер КР580ВИ53 (P82C54)) с необходимой частотой запуска. Записать в управляющий регистр платы разрешение старта АЦП по таймеру. При этом минимальная частота запуска для ЛА-7 составит
 $10 \text{ МГц}/65536=152,6 \text{ Гц}$.

Пример 2

Другой способ использования таймера позволяет инициировать сбор от внешнего строба. Необходимо на SA3 установить переключки так:

SA3



Для запуска АЦП используется первый канал таймера. На его вход подается частота с кварцевого генератора (соединение C0 и C1). Вход G1 - управляет выходом первого канала таймера O1, соединенного со входом запуска АЦП ST. На SA3 для удобства использования G1 соединен с EXT_ST, который выведен на внешний разъем ХР2 (см. п. Описание внешних разъемов платы ЛА-7).

Необходимо запрограммировать 1 канал таймера во 2 режим и записать управляющий байт, соответствующий выбранной конфигурации запуска АЦП от таймера. Сбор с АЦП начнется при появлении на контакте SA3 - G1 (EXT_ST на 20 контакте ХР2) уровня логической единицы. То есть, по внешнему стробу происходит управление стартами АЦП (количеством собираемой информации).

В этих двух примерах при программировании АЦП в многоканальном режиме, импульсы запуска АЦП по каналам расположены эквидистантно (интервалы между запусками АЦП по каналам одинаковы).

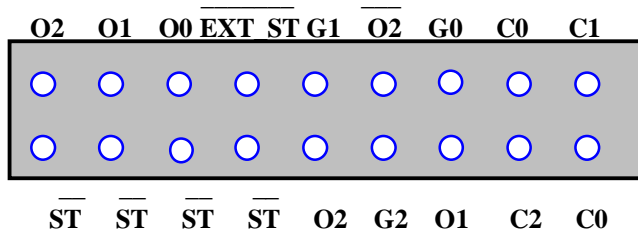
Пример 3

В этом примере описан удобный способ использования двух каналов таймера 0 и 1 для попеременного запуска, то от одного, то от другого канала. Необходимо на SA3 установить переключки

A diagram showing a 2x8 grid of nodes, represented by blue circles. The nodes are arranged in two rows and eight columns. Above the grid, labels are placed for each column: O2, O1, O0, EXT, ST, G1, O2, G0, C0, C1. Below the grid, labels are placed for each column: ST, ST, ST, ST, O2, G2, O1, C2, C0. The labels O0, EXT, ST, G1, O2, G0, C0, and C1 are underlined. The labels ST, ST, ST, ST, O2, G2, O1, C2, and C0 are overlined.

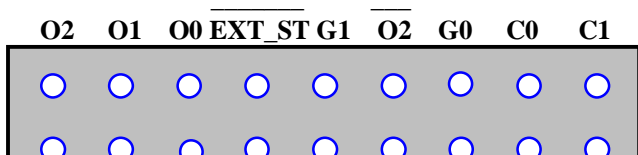
Пример 4

SA3



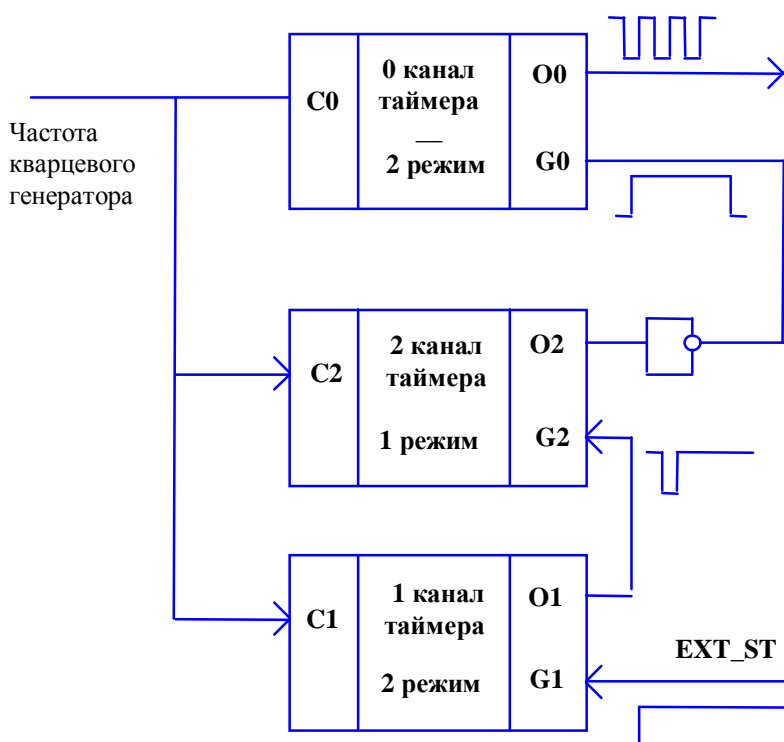
Пример 5

SA3



Тактовая частота с кварцевого генератора подается на входы всех трех каналов таймера. Нулевой и первый каналы таймера программируются во второй режим. Второй канал необходимо запрограммировать в первый режим.

Функциональная схема соединения каналов таймера для этого режима такова:



Нулевой канал таймера программируется на частоту запуска по каналам, то есть задается интервал между стартами АЦП по каналам ЛА-7 в каждом кадре. Второй канал таймера, запрограммированный в 1 режим (ждущий мультивибратор), задает длительность пачки опроса каналов ЛА-7. Эта длительность определяется необходимым числом кана-

лов в последовательности, входящей в пачку. Число, записываемое во 2 канал таймера должно быть в N раз больше числа, записанного в 0 канал таймера, где N - число каналов в последовательности, входящей в пачку. На эпюрах показан малый интервал запуска между каналами, предположим - 4 мкс. Тогда число, записываемое в 0 канал таймера для ЛА-7 - $10 \text{ МГц} / 0,25 \text{ МГц} (4 \text{ мкс}) = 40$. При этом, для задания последовательности чередования 4 каналов, например, 3;2;1;0, во второй канал таймера записывается:

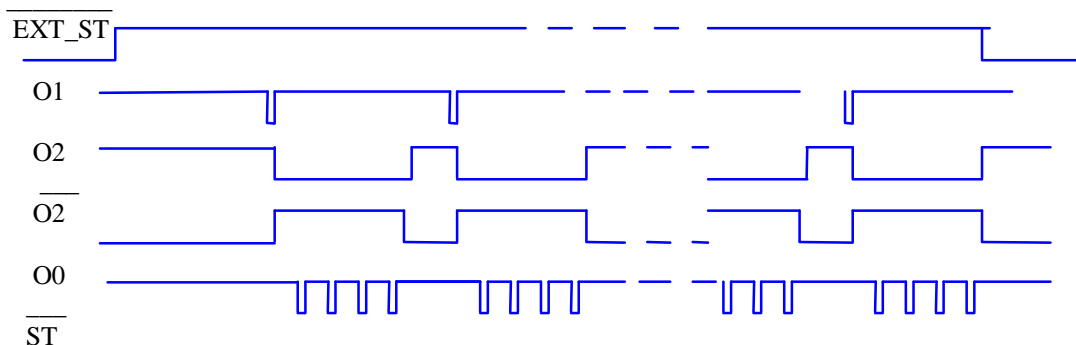
$$(10 \text{ МГц} / (0,25 \text{ МГц} (4 \text{ мкс})) / (N=4)) + 1 = 11.$$

Добавление единицы в правой части формулы необходимо для того, чтобы полностью сформировался последний (четвертый в этом примере) импульс. При этом частота запуска АЦП по каналам составит - 255,680 кГц. Четыре импульса определяют

пачку опрашиваемых каналов ЛА-7. Теперь необходимо запрограммировать первый канал таймера, который задает интервал между пачками. Передним фронтом выходного импульса 1 канала, поданного на вход G2 второго канала, на выходе 2 канала таймера начинается формирование импульса пачки.

Внешний строб EXT_ST, поданный на 20 контакт разъема XP2, уровнем логической единицы разрешает кадровый сбор АЦП по группе выбранных каналов.

Временные диаграммы работы в кадровом режиме запуска АЦП выглядят так:

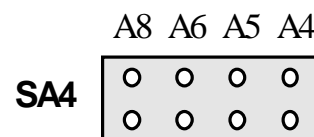


Режимы таймера с временными диаграммами и способами программирования описаны в Приложение III. Программируемый счетчик-таймер КР580ВИ53 (P82C54)

4.6. (SA4) Выбор базового адреса

Плата имеет базовые адреса (B), которые выбираются переключателем SA4 с помощью вертикальных перемычек, размещенных на печатной плате модуля. Шесть старших адресов используется для дешифрации базового адреса, четыре младшие адресные линии A0, A1, A2 и A3 применяются непосредственно для адресации внутренних регистров модуля и выполнения управляющих команд. На контакты перемычек выведены четыре шины селектора адреса, соответствующие адресной магистрали персонального компьютера (PC): A4, A5, A6, A8, а A9=1; A7=0 - жестко сконфигурированы.

При этом, если перемычка замкнута - соответствующая ей адресная линия имеет уровень логического "0" (вкл), при разомкнутой перемычке - уровень логической "1" (выкл). В таблице приведены возможные комбинации базовых адресов:



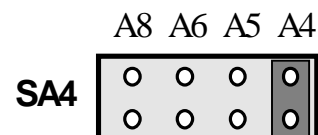
БА	A8	A6	A5	A4
200h (200-20A)	ВКЛ	ВКЛ	ВКЛ	ВКЛ
210h (210-21A)	ВКЛ	ВКЛ	ВКЛ	ОТКЛ
220h (220-22A)	ВКЛ	ВКЛ	ОТКЛ	ВКЛ
230h (230-23A)	ВКЛ	ВКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ
240h (240-24A)	ВКЛ	ОТКЛ	ВКЛ	ВКЛ
250h (250-25A)	ВКЛ	ОТКЛ	ВКЛ	ОТКЛ
260h (260-26A)	ВКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ	ВКЛ
270h (270-27A)	ВКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ

300h (300-30A)	ОТКЛ	ВКЛ	ВКЛ	ВКЛ
310h (310-31A)	ОТКЛ	ВКЛ	ВКЛ	ОТКЛ
320h (320-32A)	ОТКЛ	ВКЛ	ОТКЛ	ВКЛ
330h (330-33A)	ОТКЛ	ВКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ
340h (340-34A)	ОТКЛ	ОТКЛ	ВКЛ	ВКЛ
350h (350-35A)	ОТКЛ	ОТКЛ	ВКЛ	ОТКЛ
360h (360-36A)	ОТКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ	ВКЛ
370h (370-37A)	ОТКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ	ОТКЛ

Пример. Установленные перемычки для всех разрядов (A4,A5,A6,A8) соответствуют базовому адресу (В) модуля - 200Н, а обращение к его внутренним регистрам будет производиться в пространстве адресов 200Н -20ВН.

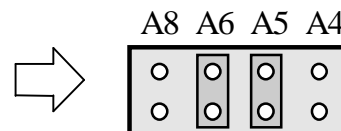
В - 360Н будет соответствовать перемычка в разряде селектора адреса для A4, а сам модуль займет адресное пространство от 360Н до 36ВН.

Все базовые адреса приведены в шестнадцатеричной системе счисления или в гексакодах (Hex). В качестве примера приведем рисунок для установленного базового адреса 360 (Hex):



Базовый адрес платы необходимо устанавливать так, чтобы она не занимала адреса портов уже вставленных плат в компьютер и не возникало конфликтов с другими устройствами.

Установка базового адреса ЛА-7 - на производстве - 310 (hex).



Для примера приведем примерное распределение адресного пространства IBM PC/AT.

1F0 ..1F8	НЖМД (винчестер)
278 .. 28F	параллельный порт LPT2
2F8 .. 2FF	последовательный порт COM2
370 .. 386	параллельный порт LPT1
3B0 .. 3BF	монохромный дисплей
3C0 .. 3CF	EGA,VGA
3D0 .. 3DF	графический адаптер, VGA
3F0 .. 3F7	контроллер дискового
3F8 .. 3FF	последовательный порт COM1

4.7. (SA5) Выбор линии прерывания IRQ

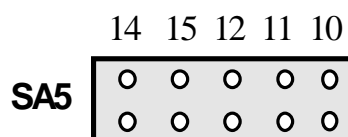
В ЛА-7 имеются возможности генерации прерывания:

- по окончанию преобразования АЦП,
- по внешнему сигналу,
- по сигналу IBM PC TC при окончании цикла ПДП.

Например, когда плата передаст необходимое количество данных в ПЭВМ по каналу прямого доступа к памяти, она вырабатывает сигнал TC. Он будет означать, что запрограммированное количество данных передано в ПЭВМ. После этого, по такому сигналу IBM PC, плата ЛА-7 выставит прерывание IRQ, которое укажет на окончание передачи данных по каналу ПДП.

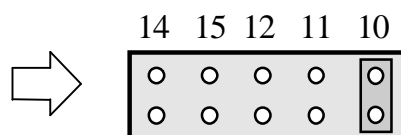
Уровень запроса на системное обслуживание прерывания (IRQ), вырабатываемого платой ЛА-7, может быть выбран пользователем по желанию из следующего ряда: IRQ10, IRQ11, IRQ12, IRQ14, IRQ15.

Делается это с помощью установки перемычек (переключатель SA5) на плате. Установленная перемычка означает соответствующий выбор уровня запроса. Линию прерывания IRQ IBM PC можно выбрать с помощью перемычек переключателя SA5.



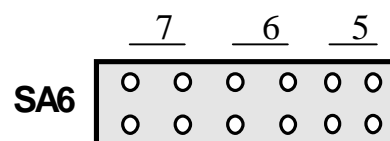
Необходимо выбирать для работы номер прерывания IRQ неиспользуемый другими устройствами в IBM PC. Это предотвратит конфликты при совместной работе разных плат в Вашем компьютере.

Плата ЛА-7 поставляется с установленным прерыванием IRQ10:

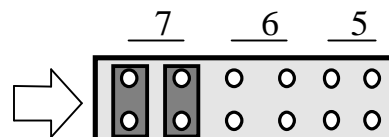


4.8. (SA6) Выбор канала ПДП IBM PC

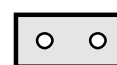
Для более эффективной работы ЛА-7 в IBM PC в асинхронном режиме предусмотрен режим с прямым доступом к памяти (ПДП). Выбрать нужный канал ПДП можно с помощью переключателя SA6. На нем необходимо ставить перемычки попарно (запрос и ответ от контроллера ПДП).



Здесь показаны перемычки, устанавливаемые на производстве для седьмого канала ПДП.



4.9. (SA7) Статусная информация о дифференциальном/однополюсном режимах



Определение статусной информации, о дифференциальном/однополюсном режимах

Дифференциальный

Однополюсный

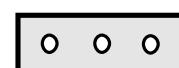
SA7

В дифференциальном режиме переключатель SA7 замыкается перемычкой, а в однополюсном режиме перемычка с него снимается. Этот переключатель необходимо переключать одновременно с SA1, если Вам требуется, чтобы программа определяла режим работы инструментального усилителя платы. Информация о нем содержится в статусном регистре БА+5 платы, в 5 бите.

4.10. (SA8) Коэффициент усиления инструментального усилителя

Коэффициент усиления (K) полного инструментального усилителя может быть задан перемычками SA8.

Перемычки для выбора коэффициента усиления устанавливаются так:



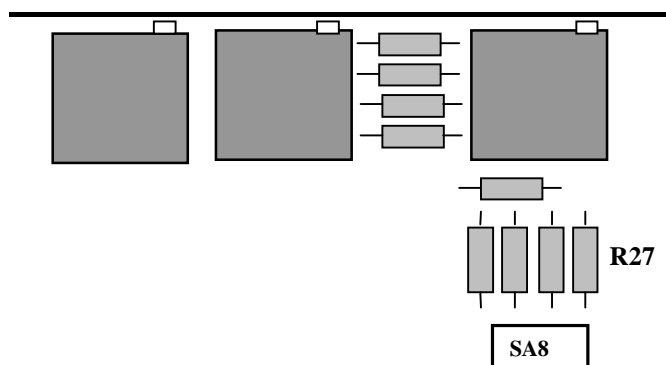
Коэффициент усиления, задаваемый пользователем

K=10

K=1

SA8

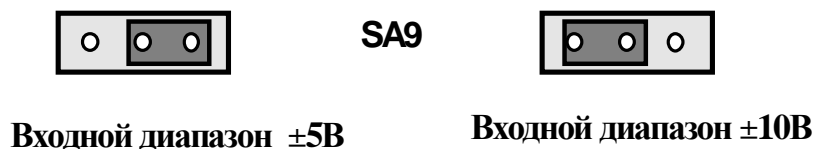
Для первого изображенного выше режима коэффициент усиления может быть задан Вами самостоятельно. При этом необходимо установить (впаять) резистор на свободное место R27 на плате:



Его значение вычисляется по такой формуле: $K = 1 + 20/R27$ где $R27$ в кОм.

4.11. (SA9) Выбор входного диапазона АЦП

На плате ЛА-7 установлен АЦП с возможностью выбора входного диапазона напряжений $\pm 5V$ или $\pm 10V$. Выбор осуществляется переключателями на переключателе SA9.



Выбор того или иного диапазона входных напряжений приводит к тому, что полному использованию характеристики преобразования будет соответствовать диапазон входного сигнала $\pm 5V$ или $\pm 10V$, в зависимости от положения переключателя SA9. При этом, увеличив коэффициент усиления инструментального усилителя в 10 или K раз, пользователь получает входные диапазоны напряжений для всего АЦК платы ЛА-7: $\pm 0,5; \pm 1V; \pm 5V; \pm 10V$. Если вы используете собственный коэффициент усиления K инструментального усилителя, то два дополнительных входных диапазона можно рассчитать так: $\pm 5V/K$ и $\pm 10V/K$.

Предположим для примера, что Вы хотите задать диапазоны входного напряжения $\pm 0,05V$ и $\pm 0,1V$. Расчет необходимого сопротивления $R27$ производится так: необходимо минимальный диапазон входных напряжений АЦП $\pm 5V$ разделить на минимальный нужный Вам диапазон - $\pm 5V/\pm 0,05V = 100$. При этом получена искомая величина K - коэффициент усиления инструментального усилителя. Теперь необходимо преобразовать формулу для расчета K , приведенную в предыдущем параграфе к виду, удобному для расчета искомого сопротивления $R27$.

$$K = 1 + 20/R27; \quad K - 1 = 20/R27 \quad \text{и} \quad R27 = 20/(K - 1).$$

Произведем расчет $R27 = 20/99 = 0,202$ кОм или 202 Ом.

5. Описание внешних разъемов платы ЛА-7

5.1. Разъем ХР2

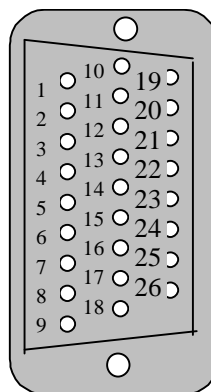
Разъём ХР2 предназначен для ввода аналоговых сигналов АЦП, вывода аналогового сигнала ЦАП и для сигналов управления.

Применяемый тип разъёма предназначен для обеспечения разъёмных соединений. Монтаж соединителей осуществляется с проводом пайкой.

Технические характеристики, гарантируемые изготовителем :

- максимальный рабочий ток – **5 А** на контакт;
- максимальное рабочее напряжение – **1000 В**;
- сопротивление изолятора – 1000 МОм;
- сопротивление контактов – 10 мОм.

AIN0
AIN1
AIN2
AIN3
AIN4
AIN5
AIN6
AIN7
+15 В



AGND
AGND
AGND
AGND
AGND
AGND
AGND
AGND
AGND

10 - AIN8
11 - AIN9
12 - AIN10
13 - AIN11
14 - AIN12
15 - AIN13
16 - AIN14
17 - AIN15
18 - -15 В

Вид на разъем XP2 со стороны лицевой панели

5.2. Описание сигналов

AIN0, AIN15 – аналоговые входы каналов 1, 16 для синфазного режима.

В дифференциальном режиме контакты 1÷8 – **инвертирующие** входы, контакты 10÷17 – **неинвертирующие** входы каналов 1÷8 инструментального усилителя. То есть канал 6: вход «-» – контакт 6 (AIN5), вход «+» - контакт 15 (AIN13) разъёма XP2.

***Дополнительно.** Максимальная амплитуда входного сигнала для аналоговых входов – ± 12 В.*

AGND – аналоговая земля.

DGND – цифровая земля.

***Внимание!** Для сигналов AIN, необходимо использовать аналоговую землю.*

5.3. Профилактика помех

В случае, если используются не все аналоговые каналы платы ЛА-7, неиспользуемые каналы необходимо заземлить (соединить с аналоговой землей AGND). Это устранил наводку помех со стороны свободных каналов. Если их оставить незаземленными, то из-за большого входного сопротивления инструментального усилителя и проникания сигнала через мультиплексор на входе АЦП будет дополнительный шум, дающий ухудшение отношения С/Ш и, как следствие, приводящий к уменьшению числа эффективных разрядов для сигналов в используемых каналах. Эти помехи зависят от конкретных условий применения платы и не всегда они будут велики по величине. Тем не менее, лучше всегда следовать предлагаемому выше правилу, чтобы измерять только полезные сигналы используемых каналов.

Совет. Сигнальные линии неиспользуемых каналов желательно присоединять к земле вблизи разъёма XP2.

5.4. Разъем XP1

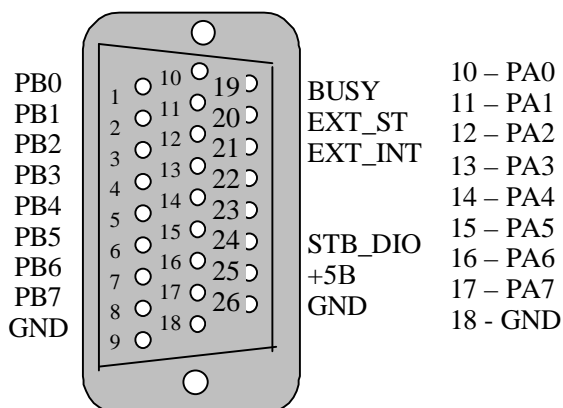
Разъём XP1 предназначен для сигналов цифрового порта. По техническому исполнению и техническим характеристикам он полностью идентичен разъёму XP2.

5.5. Описание сигналов

PA0, PA7 – порт вывода, цифровые выходы .

PB0, PB7 – порт вывода, цифровые входы.

STB_DIO –. стробирующий импульс ввода, который уровнем логического нуля записывает байт цифровых данных во входной регистр порта PB. Таким образом, сначала должны быть поданы на порт ввода данные, а на STB_DIO уровень логической единицы. После подачи на STB_DIO низкого уровня порт ввода становится нечувствительным к изменениям на своих входах и командой чтения можно считать с него данные.



Вид на разъем XP1 со стороны лицевой панели

Примечание. При наличии логической единицы на входе STB_DIO (24-й контакт разъёма XP3) из порта PB в IBM PC будут прочитаны данные, имеющиеся на нем в момент самого чтения. Если STB_DIO лог. 0, то данные защёлкиваются в порту, и их можно считать позднее.

EXT_INT – внешнее прерывание, инициализирующееся по переднему фронту импульса (переход из уровня логического нуля на уровень логической единицы; минимальная длительность – 200 нс).

EXT_ST - внешний старт АЦП - ТТЛ совместимый импульс отрицательной полярности .

BUSY - импульс отрицательной полярности (длительность 60-100 нс) вырабатывается по окончании каждого цикла преобразования АЦП (соединен с сигналом BUSY разъёма XP2).

DGND – цифровая земля.

+5 В – питание, транслируемое с шины IBM PC через предохранитель F1.

Внимание! При использовании этого напряжения будьте внимательны, так как +5 В выведено на разъём **непосредственно с шины IBM PC!** Перед присоединением кабеля к разъёму убедитесь в отсутствии замыкания +5 В на землю в подсоединяемом кабеле разъёма, даже при отсутствии видимых замыканий на подключаемых устройствах. Пренебрежение этим правилом может привести к существенному повреждению платы, поскольку выходной ток источника IBM PC вполне достаточен для этого.

Не следует подключать к 25-му контакту разъёма XP2 устройства, потребляющие более 400 мА.

6. Регистры платы

	Чтение	Запись
B+0	Регистр FIFO данных	Программный запуск АЦП
B+1	Младший аналоговый канал	Младший аналоговый канал
B+2	Количество каналов	Количество каналов
B+3	Не используется	Сброс FIFO данных
B+4	0 канал таймера	0 канал таймера
B+5	1 канал таймера	1 канал таймера
B+6	2 канал таймера	2 канал таймера
B+7	не используется	Управляющий регистр таймера
B+8	Статусный регистр	Сброс прерываний
B+9	Управляющий регистр	Управляющий регистр
B+10	Цифровой порт ввода	Цифровой порт вывода

6.1. Регистр FIFO данных (Б.А.+0)

ЧТЕНИЕ

FIFO данных ёмкостью 512 16-разрядных слов предназначено для временного хранения данных аналого-цифрового преобразования и позволяет выровнять потоки данных записи и чтения.

Формат регистра FIFO данных АЦП:

BASE+0								чтение							
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CH3	CH2	CH1	CH0

В верхней строке таблицы - биты шины данных ПЭВМ, в нижней D11÷D0 - биты данных АЦП со старшего по младший, CH0÷CH3 - биты номера канала со старшего по младший. Например, 0000 - нулевой канал, 0001 - первый канал,....., 1111 - пятнадцатый канал. Для дифференциального режима значение CH3 при записи безразлично, а CH2÷CH0 - задаёт первые восемь комбинаций, определяющие номер канала с нулевого по восьмой.

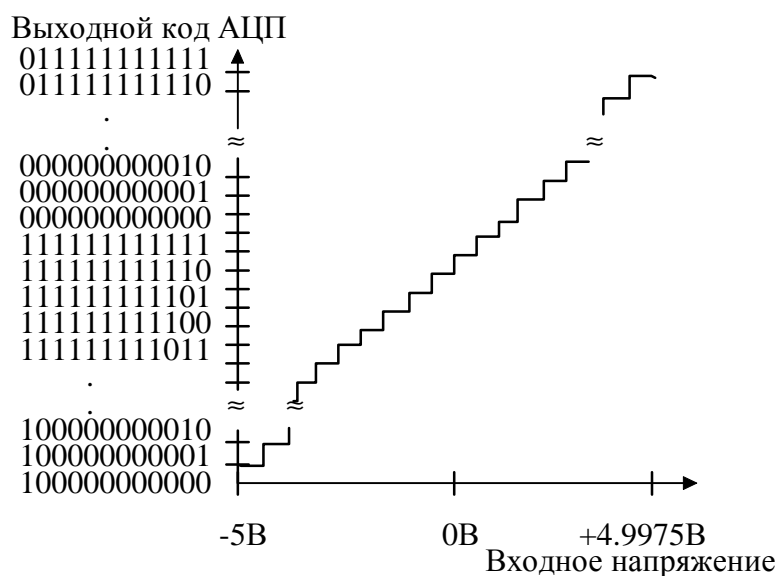
Результат А-Ц преобразования содержится в 16 старших разрядах.

FIFO имеет три статусных сигнала:

- **RDY** – есть данные с АЦП;
- **HF** – FIFO заполнено наполовину;
- **FF** – FIFO переполнено.

Эти сигналы читаются в статусном регистре в битах D0, D6, D7 соответственно.

Характеристика преобразования АЦП для диапазона $\pm 5V$ выглядит следующим образом:



При этом младший значащий разряд (МЗР) имеет значение 2,44 мВ. Для диапазона АЦП $\pm 10В$ МЗР=4,88 мВ.

ЗАПИСЬ по адресу Base +0 любого слова производит программный запуск А-Ц преобразования.

6.2. Регистр младшего аналогового канала (Б.А.+1)

(доступен только для записи)

ЧТЕНИЕ - не используется.

ЗАПИСЬ

Данный регистр указывает, до какого канала (CH) в автосканирующем режиме будет производиться сканирование. Доступен только для записи по адресу Base+1.

Формат регистра младшего аналогового канала:

Base +1 Запись

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	CH3	CH2	CH1	CH0

В сканирующем режиме в данный регистр записывается номер канала, который будет последним в цикле сканирования. Сканирование начинается со старшего канала по младший. Соответствие битов регистра младшего аналогового канала самому каналу мультиплексора приведено в таблице:

CH3	CH2	CH1	CH0	Номер канала при однополюсном режиме платы	Номер канала при дифференциальном режиме платы
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6

0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	0
1	0	0	1	9	1
1	0	1	0	10 (А)	2
1	0	1	1	11 (В)	3
1	1	0	0	12 (С)	4
1	1	0	1	13 (D)	5
1	1	1	0	14 (Е)	6
1	1	1	1	15 (F)	7

В дифференциальном режиме каждый канал платы имеет два входа: инвертирующий и неинвертирующий, поэтому число каналов в два раза меньше, чем в однополюсном режиме (см. п. Описание внешних разъемов платы ЛА-7)

6.3. Регистр количества каналов (Б.А.+2)

(доступен только для записи)

Чтение НЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ

BASE+2				ЗАПИСЬ			
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	CN3	CN2	CN1	CN0

Этот регистр задаёт число каналов, участвующих в режиме автосканирования (CN). В силу того, что имеется нулевой канал, в регистр необходимо записывать на единицу меньшее число каналов, которые нужны, т. е. число CN-1. Сканирование будет начинаться с канала СНМ, вычисленного по формуле: $CHM = CH + (CN - 1)$. Например, Вы должны использовать три канала - 5,6,7. Значит, Вы в регистр младшего аналогового канала запишете число 5. Всего три канала, следовательно в регистр количества каналов запишете число 2. Сканирование всегда происходит последовательно по всем каналам со старшего по младший, которые заданы как указано выше. Образуется последовательность чередования каналов 7,6,5,7,6,5 и т. д.

Соответствие битов регистра количества каналов количеству каналов мультиметра приведено в таблице:

CH3	CH2	CH1	CH0	Число каналов при однополюсном режиме платы	Число каналов при дифференциальном режиме платы
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	2	2
0	0	1	0	3	3
0	0	1	1	4	4
0	1	0	0	5	5
0	1	0	1	6	6
0	1	1	0	7	7
0	1	1	1	8	8
1	0	0	0	9	1
1	0	0	1	10	2

1	0	1	0	11	3
1	0	1	1	12	4
1	1	0	0	13	5
1	1	0	1	14	6
1	1	1	0	15	7
1	1	1	1	16	8

6.4. Регистр сброса FIFO данных (Б.А.+3)

(только запись)

Base+3 Запись

Записью любого числа в этот регистр обнуляется всё FIFO данных. (512 слов)

6.5. Регистры таймера (БА+4, 7)

(доступны для записи и чтения)

Плата имеет таймер/счётчик, состоящий из трёх независимых шестнадцатиразрядных счётчиков, находящихся по адресам BASE+4, BASE+6, BASE+7, используемых для программирования таймера.

Три регистра данных (БА+4÷6) и регистр управления (БА+7) позволяют индивидуально запрограммировать три 16-разрядных счётчика таймера (см. Приложение III. Программируемый счетчик-таймер КР580ВИ53 (P82C54) в один из 6 режимов.

BASE+4	счётчик 0	Чтение/запись
BASE+5	счётчик1	Чтение/запись
BASE+6	счётчик2	Чтение/запись
BASE+7	контрольный регистр	Запись

Внутренняя структура таймера/счётчика является 16 разрядной, а внешний интерфейс 8 разрядный.

Ниже приведено краткое описание регистров таймера Intel 8254 и их формата.

Формат данных контрольного регистра:

BASE+7 только запись

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SC1	SC0	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD

SC1 и SC0 выбирают счётчик:

SC1	SC0	назначение
0	0	Счётчик 0
0	1	Счётчик 1
1	0	Счётчик 2
1	1	Команда чтения статуса

RW1 и RW0 выбор операции чтения/записи

RW1	RW0	назначение
0	0	Защёлкивание счётчика
0	1	Чтение/запись младшего байта
1	0	Чтение/запись старшего байта
1	1	Чтение/запись сначала младшего, а затем старшего байта

M2, M1, M0 - выбор режима работы счётчика:

M2	M1	M0	№	Описание режима
0	0	0	0	Прерывание терминального счёта
0	0	1	1	Ждущий мультивибратор
x	1	0	2	Генератор частоты
x	1	1	3	Генератор меандра
1	0	0	4	Счётчик событий
1	0	1	5	Счётчик событий с внешней загрузкой

BCD - выбор способа кодирования счётчика:

BCD	Способ кодирования
0	Двоичный
1	Двоично-десятичный

Если установлен двоичный (0), то может быть счёт любого числа в диапазоне от 0 до 65535, если двоично-десятичный - от 0 до 9999.

Если SCL0 и SCL1 установлены в 1, то происходит операция считывания статусного слова. Формат данных контрольного регистра при этом становится следующим:

BASE+7 Только ЗАПИСЬ							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	CNT	STA	C2	C1	C0	X

CNT=0 - считывание текущего значения счёта выбранного счётчика;

STA=0 - считывание текущего режима счётчика;

C2, C1, C0 - выбор счётчика для операции считывания выбранного статусного слова:

C2=1	выбрать счётчик 2
C1=1	выбрать счётчик 1
C0=1	выбрать счётчик 0

Если SC1 и SC0 установлены в 1, а STA =0, происходит считывание статусного слова для счётчика 2, 1, или 0.

Формат данных статусного слова:

BASE+4/5/6 Только ЧТЕНИЕ							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

OUT	NC	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD
-----	----	-----	-----	----	----	----	-----

OUT - текущее состояние выхода выбранного канала

NC=0 - если последнее записанное шестнадцатиразрядное слово для счёта уже перезагружено в читающий элемент после выполнения прошлого счёта.

Для более детального изучения программирования таймера/счётчика 580ВИ53 можно обратиться к справочнику «Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем», т.1.: М. Радио и связь, 1988 г.

6.6. Статусный регистр (Б.А.+8)

(ТОЛЬКО ЧТЕНИЕ)

Статусный регистр позволяет определить источник прерывания и состояние FIFO данных (значение сигналов RDY, HF и FF). По сигналам RDY, HF, FF оценивается состояние FIFO и предпринимаются меры по считыванию данных. Назначение битов регистра следующее.

Бит	Назначение
D0	Сигнал «готовность данных» АЦП - RDY : 1 – есть непрочитанные данные, 0 - нет готовности АЦП
D1	Прерывание по сигналу ТС в режиме ПДП 1 - есть ТС по окончании ПДП, 0 - нет сигнала ТС
D2	Прерывание по внешнему сигналу прерывания 1 - есть внешнее прерывание, 0 -нет
D3	Прерывание по заполнению половины FIFO 1 - есть прерывание
D4	Прерывание по переполнению FIFO 1 - ЕСТЬ прерывание
D5	1 –однополюсный режим, 0 – дифференциальный режим
D6	Сигнал «заполнение половины FIFO данных» HF 1 – записано более половины FIFO
D7	Сигнал «переполнение FIFO» FF 1 – FIFO переполнено

6.7. Сброс прерываний (Б.А.+8)

(ТОЛЬКО ЗАПИСЬ)

Запись любого числа по этому адресу сбрасывает триггеры прерываний:

по сигналу ТС и от внешнего сигнала прерывания;

Дополнительно. В отличие от перечисленных прерываний, сброс прерывания по готовности данных происходит:

1. При считывании всех данных из FIFO данных.
2. По освобождению половины FIFO данных, т.е. при считывании из памяти FIFO такого количества данных, что она становится заполненной менее, чем наполовину (содержит меньше 256 слов).

6.8. Управляющий регистр (Б.А.+9)

Назначение разрядов управляющего регистра следующее.

Разряд	Назначение
D0	1 - разрешение прерываний по концу преобразования или ТС, 0 – разрешение прерываний по концу преобразования
D1	1 – разрешение ПДП, 0 – запрещение ПДП
D2	1 – разрешение внешнего прерывания 0 – запрещение внешнего прерывания
D3,D4	Определяют источник запуска АЦП: xxx00xxx (0h) – программный запуск; xxx01δδδ (8h) – запуск от канала <u>счетчика/таймера</u> , определяемого переключателем SA3 на контакте ST; xxx10xxx (10h) – внешний запуск по сигналу EXT_ST с 25 контакта переключателя SA2 платы;
D5	1 - режим переключения мультиплексора по старту АЦП 0 – режим переключения мультиплексора по концу преобразования
D6	Разрешение прерывания по заполнению половины FIFO
D7	Разрешение прерывания по переполнению FIFO

6.9. Регистр цифрового порта ввода/вывода (Б.А.+10)

Предназначен для байтового обмена (запись/чтение) через цифровой порт ввода/вывода.

Формат регистров цифрового ввода/вывода:

BASE+10 Только ЧТЕНИЕ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DI7	DI6	DI5	DI4	DI3	DI2	DI1	DI0

BASE+4/5/6 Только ЗАПИСЬ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
DO7	DO6	DO5	DO4	DO3	DO2	DO1	DO0

DI0÷DI7 - цифровые биты регистра ввода, DI7 - старший бит, DI0 - младший.

DO0÷DO7 - цифровые биты регистра вывода, DO7 - старший бит, DO1 - младший.

На внешний цифровой разъём ХР1 все биты цифрового порта выведены независимым образом. Т. о. при записи в этот регистр бита данных он появляется на битах РА7÷РА0 разъёма ХР1. А при чтении из регистра в IBM PC вводится байт данных с ХР1 - биты РВ0÷РВ7. Т. е. регистры чтения и записи имеют разные контакты на разъёме ХР1.

7. Техника безопасности

Плата ЛА-7 содержат лишь цепи безопасного сверхнизкого напряжения и, согласно ГОСТ 25861-83 (СТ СЭВ 3743-82) п.2.1.2 примечание, не требует специальной защиты персонала от случайного соприкосновения со вторичными цепями платы.

Правила безопасной эксплуатации платы изложены на стр. 30 в р.8.1 Общие положения и на стр.31 в р. 9 Порядок работы.

8. Подготовка к работе

8.1. Общие положения

8.1.1. Заземление

Для платы ЛА-7 общее заземление не требуется, т. к. аналогово-цифровой канал гальванически развязан от цифровой части и ПЭВМ, и источники сигналов при включении не будут связаны с ПЭВМ.

Напоминание! Все используемые в конфигурации аналоговые и цифровые сигналы должны иметь общее заземление!

8.1.2. Питание

Желательно, чтобы все устройства с сетевым питанием использовали одну и ту же фазу (или фазы при трёхфазном питании) питающего напряжения. Это обеспечит одинаковый потенциал у земляного провода устройств, что устранит эффект уравнивания зарядов при присоединении кабелей устройств друг к другу. Этот эффект опасен кратковременным протеканием больших токов даже при обесточенной аппаратуре из-за малого сопротивления земляной шины. Полностью избежать его разрушительного влияния можно, лишь следуя сформулированному выше правилу, т.е. подключая аппаратуру к одной и той же фазе (фазам)

Совет. Попросту говоря, включайте все используемые в одной системе устройства: компьютеры, генераторы, измерительные приборы и т.д. – в один и тот же сетевой "тройник", и тогда не придется испытывать разочарование от отказа системы при "непонятных" обстоятельствах

8.1.3. Сигналы

При эксплуатации платы во избежании выхода её из строя необходимо использовать источники сигналов только с известными выходными характеристиками, не превышающими предельно допустимых значений.

Внимание! Максимальное неразрушающее входное напряжение для платы ЛА-7 – **18 В**, а для мультиплексоров **FULL PROTECTION** - **30 В**. Максимальное рабочее напряжение **12 В**.

8.2. Установка платы

Плата рассчитана для установки в один из слотов IBM PC, от которой она получает питание по цепи +5 В. Потребление по питанию +5 В – не более 800 мА.

8.2.1. Подготовка

Перед установкой платы необходимо выключить компьютер и все периферийные устройства (такие, например, как принтер и монитор), определить местоположение каждой платы в IBM PC и освободить место для вставляемой.

Предварительно необходимо также определить свободное от других устройств адресное пространство ПК, которое может быть отведено для регистров платы, и выбрать в соответствии с этим подходящий для нее базовый адрес (см.стр.16).

Дополнительно. Перед каждой установкой платы необходимо протереть разъём, вставляемый в слот IBM PC, слегка увлажнённой спиртом хлопчатобумажной тканью. Расход спирта на каждую операцию – 0,05 см³.

Установка.

- Переустановите переключатель SA4 согласно выбранного БА. Переустановите также, если необходимо, другие переключатели (IRQ, DMA).
- Установите плату в свободный слот ПК.
- Закрепите плату винтом за верхнюю часть крепёжно-установочного кронштейна на задней панели ПК.
- Закройте крышку компьютера и закрепите ее винтами.
- К разъёмам XP1, XP2 присоедините разъёмы с кабелями, соединяющими плату с периферийными устройствами - источниками аналоговых и цифровых сигналов.

Примечание. В комплект поставки входят только ответные части разъёмов. Разумеется, перед сборкой системы их нужно соответствующим образом дополнить кабелями. Назначение контактов разъёмов описано в р. Описание внешних разъёмов платы ЛА-7.

На этом аппаратная часть установки платы завершена.

9. Порядок работы

9.1. Указания по подключению сигналов

9.1.1. Общие замечания

Если для измерений аналоговых сигналов выбран дифференциальный режим, то определяется разность напряжений между двумя входами соответствующего канала. В большинстве случаев, когда нет необходимости в дифференциальном включении, необходимо заземлять инвертирующий вход, при этом очень важно соединять именно инвертирующий вход канала непосредственно с землей вблизи источника сигнала, в

противном случае неизбежно присутствие высокого уровня шума (более подробно о способах подключения см. ниже).

При использовании дифференциальных каналов платы, каждый источник сигнала подключается к соответствующему каналу АЦП ДВУМЯ проводами (не считая общего провода, роль которого может выполнять шина заземления). Неинвертирующий вход АЦП подключается к выходной клемме источника сигнала, а инвертирующий вход АЦП соединяется с другой клеммой источника сигнала, имеющей противоположный знак (фазу) выходного напряжения (источник дифференциальный), либо заземляется непосредственно на корпусе источника сигнала, если таковой клеммы нет (однополюсный источник сигнала).

При таком включении существует ограничение на максимально-допустимое напряжение, прикладываемое к инвертирующему «-» (AIN0÷AIN7) и неинвертирующему «+» (AIN8÷AIN15) входам платы относительно аналоговой земли AGND. Это напряжение называется максимальным входным синфазным напряжением (т. е. возникающим одновременно на инвертирующем и неинвертирующем входах - «синфазно»). Если по цепи заземления протекают большие токи, то они могут привести к точке заземления платы напряжение, превышающее предельно допустимое для платы. Максимальное входное рабочее напряжение платы составляет $\pm 12\text{В}$. Если учесть, что на входы подается дифференциальное входное напряжение (измеряемый сигнал), то ограничение на синфазную наводку будет более строгим:

$$|U_{\text{синф.макс}}| = |U_{\text{вх.макс}}| - |U_{\text{дифф}}| = 12\text{В} - |U_{\text{дифф}}|$$

Для однополюсных источников вместо синфазного напряжения возникает просто помеха, складывающаяся с входным измеряемым сигналом, часто приводящая к сильному зашумлению и невозможности каких-либо измерений. В таком случае переходят к методу включения однополюсных источников в дифференциальном режиме платы (см. далее).

Если число используемых Вами каналов менее восьми, желательно использовать всегда дифференциальное включение. Однополюсный режим платы ЛА-7 позволяет использовать максимальное число входных аналоговых каналов - 16. Если Вы используете не все каналы, то неиспользуемые необходимо заземлить - присоединить их входы к аналоговой земле платы AGND - см. п. Описание внешних разъемов платы ЛА-7. Этот режим должен применяться при использовании более 8 каналов, для неудаленных (не более 1,5 м) источников сигналов. При этом схема соединения с источником должна быть такой:

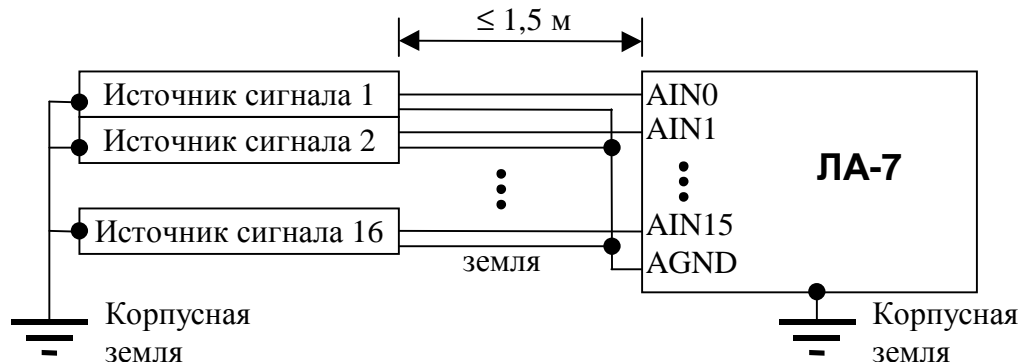


Рисунок 1

То есть, земляной провод источника сигнала соединяется с землей AGND ЛА-7, но не соединяется с корпусом источника сигнала. Такое соединение максимально выравнивает потенциал провода земли источника сигнала и ЛА-7 даже при удаленном источнике.

Использование дифференциального режима приводит к уменьшению числа входов до 8. Этот режим необходим при удаленных источниках сигналов (более 1,5 м). В этом режиме синфазная помеха, наводимая в длинных проводах соединения компенсируется в полном инструментальном усилителе до величины, не влияющей на результат измерения (-80 дБ и менее). При этом схема соединения ЛА-7 с источником сигнала должна быть такой:

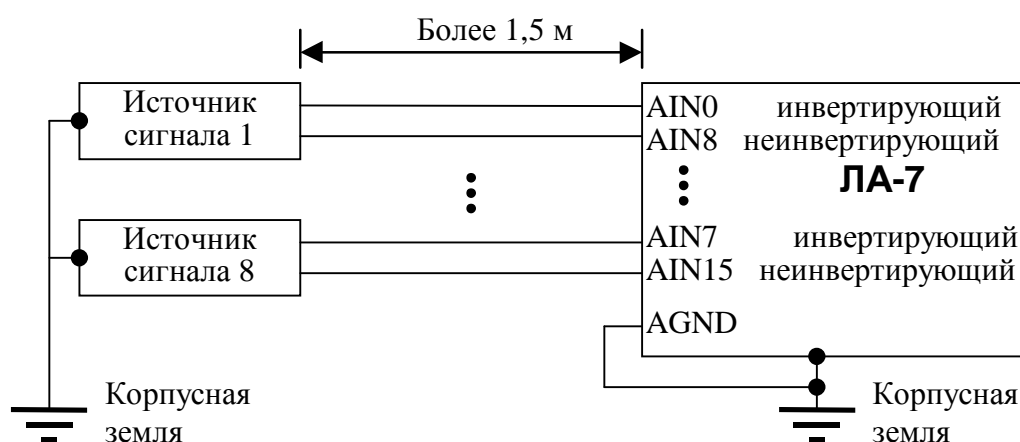


Рисунок 2

Обратите внимание на то, что земли источника сигнала и ЛА-7 не соединяются. При такой схеме источник сигнала должен иметь дифференциальный выход.

Дифференциальный режим можно использовать и для обычных однополюсных источников сигнала, удаленных от ЛА-7 более, чем на 1,5 м. Источник сигнала имеет прямую связь общего провода и клеммы заземления.

При этом схема соединения должна быть такой:

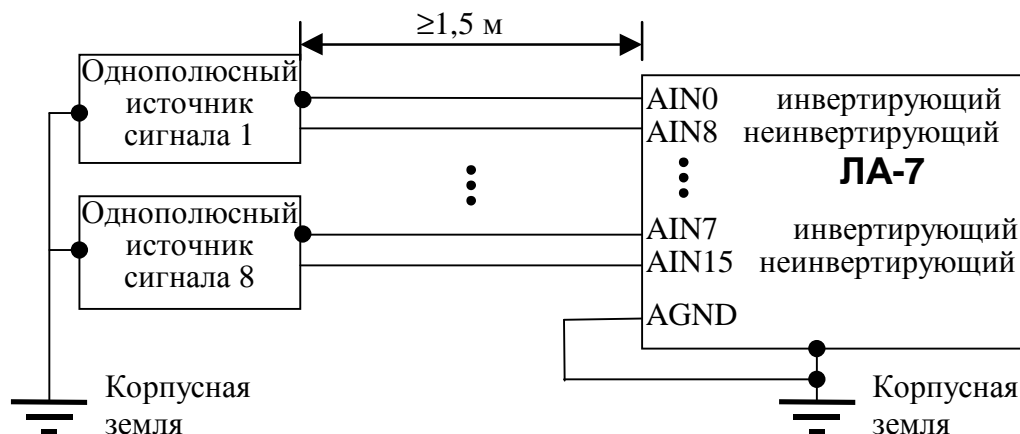


Рисунок 3

В большинстве случаев может потребоваться экранировка сигнальных проводов с подключением экрана к земле на плате или на источнике сигнала, как указано ниже. Обратите внимание на то, что инвертирующие входы ЛА-7 присоединены к земле источника сигнала на нем же. При этом земля ЛА-7 и источника не соединяются. А собственно сам сигнал подается на неинвертирующие входы ЛА-7.

Однополюсный источник, не связанный с землёй

В случае применения однополюсного источника без вывода заземления или в случае, когда источник сигнала гальванически развязан с клеммой заземления, для повышения помехоустойчивости используйте дифференциальный режим входа платы. Схема соединения (Рисунок 4):

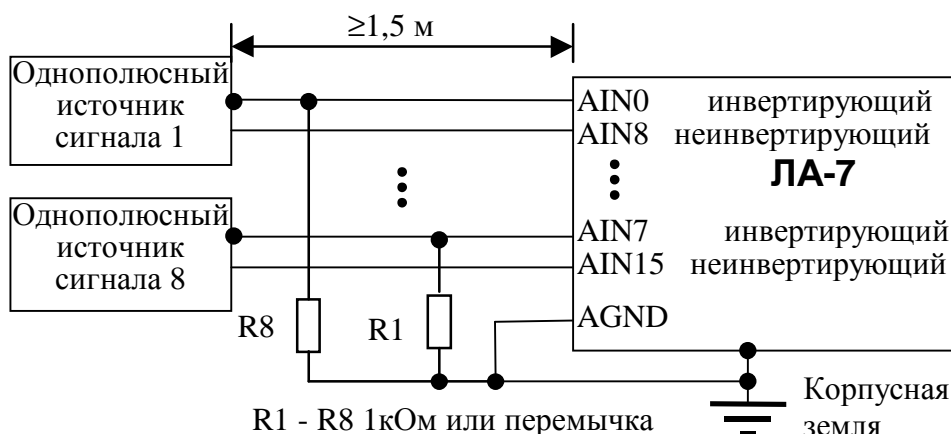


Рисунок 4

В особых случаях может потребоваться экранировка сигнальных проводов с подключением экрана к земле на плате.

Резисторы в этом случае необходимы, чтобы исключить натекание заряда на входах платы и вывод входов за пределы допустимых синфазных напряжений. Опытным путём определите, что лучше: резисторы или перемычки.

При использовании в этом включении платы ЛА-7 имеющей гальваническую изоляцию, не следует соединять аналоговую землю платы AGND с корпус-

ной землёй ПЭВМ. Это позволяет, во-первых, уменьшить уровень шумов с корпусной земли, а во-вторых, позволяет проводить измерения человека и устройств, чувствительных к возможному воздействию напряжений 220 или 380В. Это свойство ЛА-7 позволяет её использовать в медицинской аппаратуре.

Следует обратить внимание – инвертирующие входы платы присоединяются к общему проводу источника сигнала вблизи платы - на разъёме. Сам же сигнал подаётся на неинвертирующие входы платы.

Подводя итог описанным способам соединения, отметим, что универсального нет, и каждый из способов может быть применим для самых разных источников с тем или иным успехом, в зависимости от условий задачи и необходимой точности результата измерения. Но, все же, первый способ (Рисунок 1) применим для многоканальных систем (до 16) при удалённом источнике до 1,5 м и однополюсном сигнале. Второй способ (Рисунок 2) применим для удалённых, вплоть до 1 км источниках дифференциального сигнала для уменьшения синфазных помех. Этот способ необходим для режима усиления инструментального усилителя более 10.

Для дифференциального режима при использовании двухжильного экранированного кабеля, точку присоединения экрана нужно выбирать опытным путем по наименьшему уровню помех. Возможны следующие варианты:

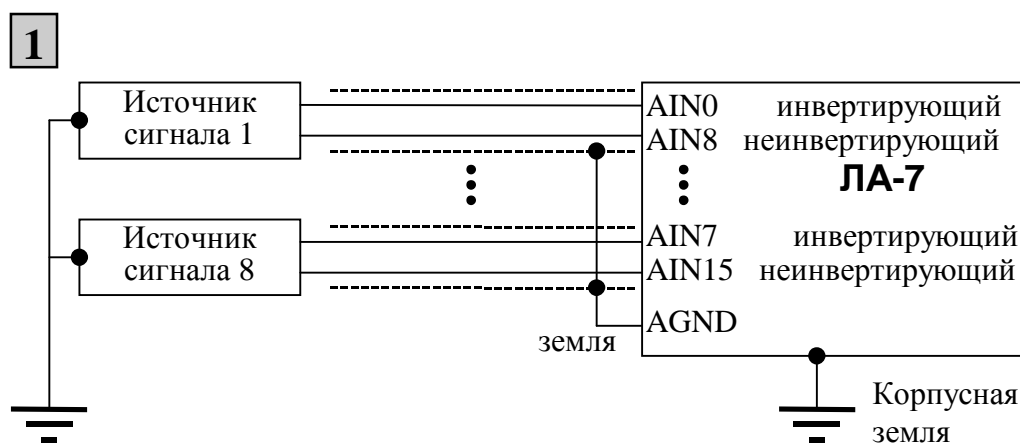


Рисунок 5

В этой схеме экран соединительного кабеля заземлен на входе ЛА-7.

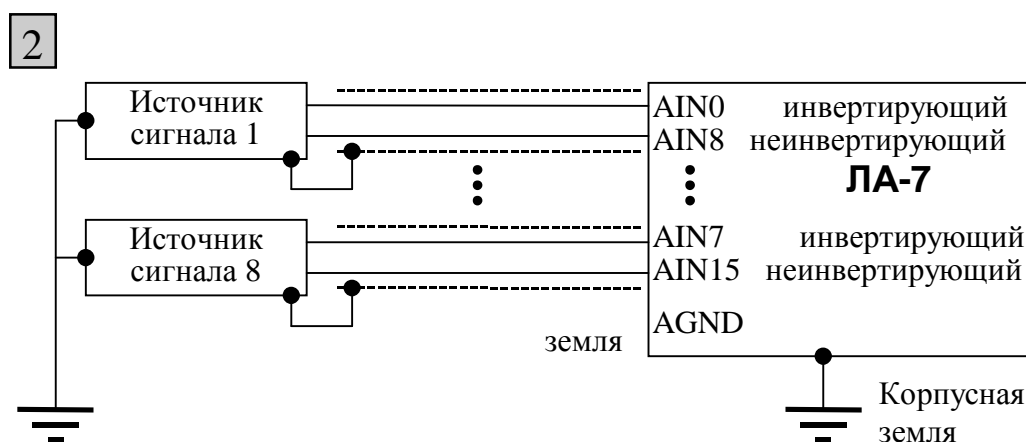


Рисунок 6

В этой схеме экран соединительного кабеля заземлен на входе источника сигнала.

Выбор места заземления экранного провода становится актуальным для источников, удаленных от ЛА-7 более 20 м. В любом случае, соединение экранного провода у источника сигнала и ЛА-7 одновременно недопустимо!

Третий способ соединения (Рисунок 3) необходимо применять для удаленных однополюсных источников (более 1,5 м) с целью уменьшения наводимых на соединительные провода помех. Источник должен иметь соединение сигнальной и корпусной земли. При этом схема соединения может быть такой:

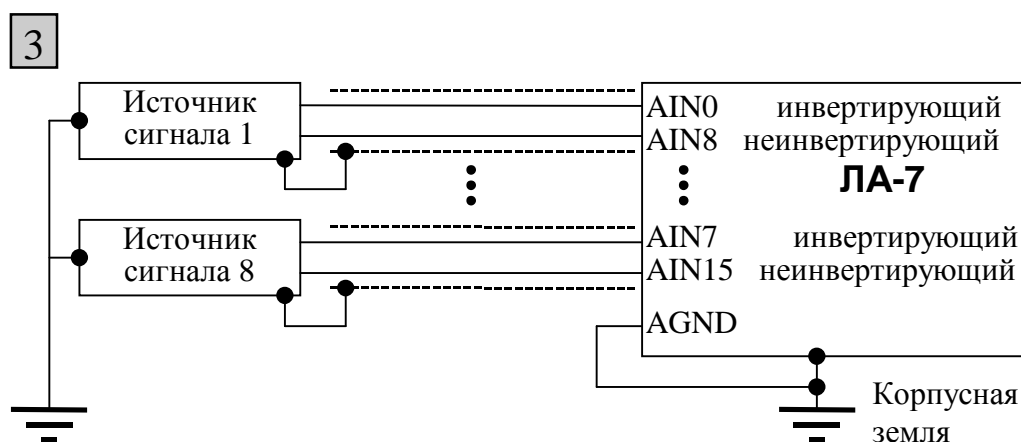


Рисунок 7

В этой схеме экранный провод (если он есть) присоединен к земле у источника сигнала.

Четвёртый вариант включения (Рисунок 4) используется для удалённых однополюсных источников, не имеющих связи с корпусной землёй. При этом используются преимущество дифференциального включения платы - эффективное подавление синфазных помех. Если же источник сигнала имеет корпусное соединение, то в этом варианте можно использовать плату ЛА-7. Кроме того, возможны медицинские измерения в этом включении платы ЛА-7.

Во всех схемах необходимо следить за тем, чтобы входное напряжение не превысило предельно допустимое рабочее напряжение для плат, составляющее ± 12 .

Описанные выше способы использования соединений полного инструментального усилителя ЛА-7 не исчерпывают все возможности этого устройства. Для каждой конкретной задачи существует, подчас, не один оптимальный способ соединения источника сигнала с платой ЛА-7. Но даже нахождение одного из способов может решить Вашу задачу. Поэтому перед включением платы тщательно обдумайте схему включения, чтобы измерять сигнал, а не уровень помех в соединительных проводах!

9.2. Библиотеки IntProc.dll и Dma.dll

Библиотека **IntProc.dll**¹ служит для обработки в Windows аппаратных прерываний IRQ8÷IRQ15.

***Примечание.** Обработка прерываний в Windows возможна только в DLL, которые загружаются в память с фиксированными адресами. Эти DLL постоянно находятся в памяти и не выгружаются на диск. Во время аппаратного прерывания нельзя использовать большинство функций API Windows.*

Библиотека IntProc.dll скрывает от пользователя все действия, необходимые для обработки прерывания и предоставляет набор функций, доступный из любого 16-ти разрядного приложения.

Библиотека **Dma.dll** и виртуальный драйвер DMAS.386 содержат набор функций, необходимый для осуществления передачи ПДП в Windows 3.1/95 по шине ISA16. Функции, предоставляемые библиотекой Dma.dll, позволяют не разбираться в деталях программирования контроллера ПДП.

Более подробно указанные библиотеки и предоставляемые ими функции описаны в файле **vxd_16.win/dlldoc.txt**.

9.3. Тесты и примеры

Каталог **TST&EXMP.DOS** содержит ряд тестовых программ и примеров с исходными текстами на языке С. Их изучение должно помочь разобраться в программировании платы и сократить время на ее адаптацию к условиям работы пользователя.

9.4. Непрерывный сбор

Пакет программ каталога **LA2DSK.DOS** предназначен для длительного непрерывного сбора экспериментальных данных на жесткий диск ПК. Примером задачи может служить многочасовой сбор информации с нескольких датчиков, контролирующих состояние медленно меняющегося процесса (разогрев или охлаждение теплового реактора, технологический контроль химического производства, снятие кардиограммы и т.д.). Предоставляемый режим становится необходимым, когда требуемый объем данных не умещается полностью в свободную оперативную память DOS режима, которая обычно составляет 400-450 килобайт.

Более подробно непрерывный сбор и реализующие его программы описаны в файле **la3dsk.txt**.

¹ Обе библиотеки обычно на дистрибутивной дискете находятся в каталоге VXD_16.WIN.

9.5. Спектроанализатор

Программа спектроанализатора (каталог **SP_LA2.DOS**) является примером законченного приложения MS DOS, демонстрирующим возможности создания на базе платы ЛА-7 того, что принято относить к понятию “виртуальный прибор”.

Программа определяет объём буфера данных платы в памяти (до 32 кСлов), частоту дискретизации (до 500 кГц) или полосу анализа для режима отображения спектра БПФ, вид оконной функции, определяющей спектральное разрешение анализа, видимость каналов - 2 аналоговых канала от платы и 3-й канал, считываемый из файла, определяемого в файле конфигурации *osc.cfg*. Позволяет синхронизировать изображение, используя программную синхронизацию, обрабатывающую часть собираемых данных для нахождения необходимого уровня и перепада входного сигнала. Линейки прокрутки сигнала и электронная лупа с маркерами позволяют проводить точные интерполяционные измерения. Наблюдаемый сигнал можно записать в файл нажатием кнопки ФАЙЛ, формат данных - знаковые целые (2 байта), начиная с канала 1, затем 2, затем 1 и т. д. Данная программа является в достаточной степени демонстрационной, но в некоторых случаях может оказаться полезной и с практической точки зрения, особенно для проверки платы и при подготовке экспериментов и планировании систем.

10. Программирование

10.1. Программа TMR

Для программирования счетчика-таймера P82C54 можно применить включаемую в комплект поставки программу TMR. С ее помощью можно запрограммировать режимы каналов таймера и задать коэффициенты деления счётчиков.

Формат обращения к программе.

tmr.exe /base<BA> /n=<N> /mode=<M> /cnt=<CNT>

Аргументы программы.

<BA> – базовый адрес платы в шестнадцатеричном формате.

<N> – номер канала счётчика-таймера. (0, 1, 2).

<M> – режим работы таймера (0÷5).

<CNT> – коэффициент деления тактовой частоты (исходная частота – 10 МГц).

Всегда >1.

Пример. Для удобства можно запускать программу с помощью командного (*.bat) файла, скажем, следующего содержания:

tmr.exe /base300 /n=0 /mode=2 /cnt=10

tmr.exe /base300 /n=1 /mode=3 /cnt=10

tmr.exe /base300 /n=2 /mode=3 /cnt=10

11. Характеристики платы ЛА-7

Плата содержит 16-разрядный АЦП с временем преобразования 7(12) мкс, устройство выборки-хранения с выборкой 0,4 мкс, инструментальный усилитель с возможностью установки переключателем коэффициента усиления 1, 10 и заказного, определяемого пользователем. Входной мультиплексор на 16 однополюсных или 8 дифференциальных каналов. Весь АЦК имеет гальваническую изоляцию от ПК и от цифровых цепей платы с максимальным рабочим изолирующим напряжением 4 кВ.

Аналоговый вход

- 16 однополюсных или 8 дифференциальных каналов;
- диапазоны входных аналоговых каналов: $\pm 10\text{В}$, $\pm 5\text{В}$, $\pm 1\text{В}$, $\pm 0,5\text{В}$, и 1 заказной. Устанавливаются переключателем.
- максимальное рабочее напряжение $\pm 12\text{В}$
- входное сопротивление более 100 МОм
- входная ёмкость 12 пФ
- число разрядов в регистре данных АЦП 16;
- время преобразования 7(12) мкс;
- максимальная частота выборки 140 кГц (83 для многоканального режима)
- защита по напряжению входных каналов $\pm 15\text{В}$
- наибольшее рабочее напряжение изоляции 4 кВ

Статические параметры АЦК

	типовой	максим.
Дифференциальная нелинейность (МЗР).....	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$
Интегральная нелинейность.....	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$
Ошибка сдвига.....	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$
Пределы допускаемой приведённой систематической составляющей основной погрешности в статическом режиме на диапазоне $\pm 5\text{В}$ $\pm 0,012\%$ (0,5МЗР)		
СКО случайной составляющей основной погрешности в статическом режиме на диапазоне $\pm 5\text{В}$ при частоте дискретизации 140 кГц..... $0,2 \pm 0,2$ МЗР		

Динамические параметры

- сигнал/шум..... 72 дБ@5кГц@5В
- коэффициент гармоник -85 дБ@1кГц@0,5В
- число эффективных разрядов при частоте дискретизации 140 кГц, входной частоте 5 кГц и входном напряжении $\pm 0,49\text{В}$ 13,8

Цифровой порт

- Количество линий 8 вывода и 8 ввода (с защёлкой)
- Уровни и пороговые значения..... ТТЛ совместимые
- Длина кабеля, подключаемого к цифровым входам/выходам, не должна превышать 3 метра

Счётчики-таймеры

Количество каналов.....	3
Разрядность счётчиков/таймеров.....	16
Разрядность внешнего интерфейса.....	8
Количество режимов счёта.....	6
Тип кода.....	двоичный, двоично-десятичный
Уровни и пороговые значения.....	ТТЛ совместимые
Частота опорного кварцевого генератора.....	10 МГц,
Стабильность частоты в диапазоне температур 0÷+70°C	$1 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-5}$

Технические характеристики

Шина интерфейса с ПЭВМ.....	ISA-16 (IBM PC AT)
Потребляемая мощность.....	+5В 980мА
Габариты.....	175x112x13

12. Комплект поставки

Комплект поставки платы ЛА-7 состоит из:

- 1) Плата АЦП 1 шт
- 2) Ответные части внешних разъёмов типа DHS-26М..... 2 шт
- 3) Техническое описание и инструкция по эксплуатации с гарантийными обязательствами..... 1 шт
- 4) Диск с программным обеспечением..... 1 шт
- 5) Упаковочная тара..... 1 шт

13. Технические условия на плату ЛА-7

Платы относятся к нестандартизированной измерительной радиоэлектронной аппаратуре (РЭА). Предназначены для проведения высокоточных измерений и мониторинга технологических процессов.

По классификации условий эксплуатации данная РЭА относится к 1 группе: (параметры РЭА и определяющие их дестабилизирующие факторы)

ПАРАМЕТРЫ

I ГРУППА

1. Прочность при синусоидальных вибрациях:

ν , Гц	20
α , м/с ²	19,6
$t_{\text{выд}}$, час	>0,45
2. Обнаружение резонансов в конструкции:

ν , Гц	10...30
ξ , мм	0,5...0,8
$t_{\text{выд}}$, мин	>0,4
3. Воздействие повышенной влажности:

ВЛ, %	80
ν^1 , К	298
$t_{\text{выд}}$, ч	48
4. Воздействие пониженной температуры:

$\nu^1_{\text{прд}}$, К	233
--------------------------------	-----

$v_{рб}^1$, К	278
$t_{выд}$, ч	2...6
5. Воздействие повышенной температуры:	
$v_{прд}$, К	328
$v_{рб}$, К	313
$t_{выд}$, ч	2...6
6. Воздействие пониженного атмосферного давления:	
v , К	263
p , кПа	61
$t_{выд}$, ч	2...6
7. Прочность при транспортировании:	
$t_{и}$, мс	5..10
v , мин ⁻¹	40...80
$\alpha_{макс}$, м/с ²	49...245
8. Воздействие соляного (морского) тумана с дисперсностью (95% капель) А и водностью Б:	
v , К	300
А, мкм	1...10
Б, г/м ³	2...3
$t_{выд}$, ч	24

14. Приложение I. Результаты калибровки платы

Калибровка платы производится по статическим параметрам: собственный шум при закороченных входах, дифференциальная нелинейность, интегральная нелинейность. По динамическим параметрам: дифференциальная нелинейность на гармоническом сигнале, усреднённая характеристика преобразования на гармоническом сигнале, отношение сигнал/шум, коэффициент гармоник, уровни гармоник по пятую включительно, реальный динамический диапазон, и число эффективных разрядов в зависимости от входной частоты при различных диапазонах характеристики преобразования АЦП, усилении инструментального и программируемого усилителей и для заданной частоты дискретизации.

15. Приложение II. Динамические параметры АЦК

15.1. Регламентирующие документы

При оценке метрологических характеристик АЦП обычно пользуются параметрами, которые регламентируются ГОСТ 24736-81 и ОСТ 1100783-84. В эти параметры входят:

- число разрядов АЦП;
- время установления;
- время преобразования;
- нелинейность;
- дифференциальная нелинейность;
- амплитудно-частотная характеристика (АЧХ);
- фазочастотная характеристика (ФЧХ).

Согласно указанных нормативных документов параметры АЦП определяются при подаче на его вход постоянных уровней напряжения во всем динамическом диапазоне преобразователя. Исключение составляют АЧХ и ФЧХ, которые определяются при подаче на вход АЦП гармонических воздействий.

15.2. Особенности реальных измерений

В реальных условиях АЦП часто используются для преобразования в цифровой код переменных входных воздействий, а в таком режиме упомянутых параметров и знаний АЧХ и ФЧХ может оказаться недостаточно для определения применимости АЦП в реальных условиях. В этом смысле важно отметить следующее.

1. Естественным называть статическим режимом работы АЦП такой, при котором за время преобразования входной сигнал не меняется более величины МЗР АЦП. При этом входной сигнал для самого АЦП будет **статическим**, хотя для тракта, по которому распространяется сигнал до того, как попадет в АЦП, он является **динамическим**.

2. Так как наряду с АЦП часто используются другие устройства, такие как: мультиплексоры, усилители, фильтры, УВХ, их искажения будут суммироваться с погрешностью АЦП и определять метрологическую характеристику (МХ) адаптера, в состав которого входит АЦП. В настоящее время развитие микроэлектроники привело к тому, что многие из перечисленных устройств стали неотъемлемой частью микросхем АЦП. При этом вследствие динамического взаимодействия измеряемого сигнала с элементами АЦП знания основных метрологических характеристик АЦП по вышеперечисленным нормативным документам оказывается явно недостаточно. Поэтому Центр АЦП применяет, наряду с регламентированными этими ГОСТ, другие метрологические характеристики АЦП для расчёта инструментальной погрешности результатов измерения.

Знание МХ АЦП позволяет решить следующие основные задачи:

- оценка инструментальной погрешности измерений. При этом должны учитываться и все факторы, влияющие на инструментальную погрешность: изменения влияющих величин (температуры окружающей среды, напряжения питания, воздействия электромагнитных полей и других неинформативных параметров входного сигнала), свойства объекта измерений, частота изменения измеряемых величин, выходные свойства устройств, к которым подключается плата АЦП, и др.;
- выбор средства измерений, МХ которого обеспечили бы требуемое качество измерения в известных условиях применения средств измерения (СИ);
- сравнение СИ различных типов по МХ. При этом должны быть известны условия применения СИ;
- разработка сложных измерительных систем, используя при этом МХ отдельных компонентов системы;
- оценка погрешностей измерительных систем по МХ компонентов. Иногда единственным возможным путём решения этой задачи является расчётный путь по известным МХ компонентов.

Использование и выбор вида МХ должно быть наилучшим образом ориентированы на конкретное применение СИ.

В соответствии с ГОСТ 8.009-84 необходимо в нормативно-технической документации на СИ приводить такие нормированные МХ, используя которые можно было бы решить следующие задачи:

- определение результатов измерения (без учёта поправки на систематическую погрешность измерения);

- расчёт оценки инструментальной погрешности измерений данного вида в реальных условиях применения.

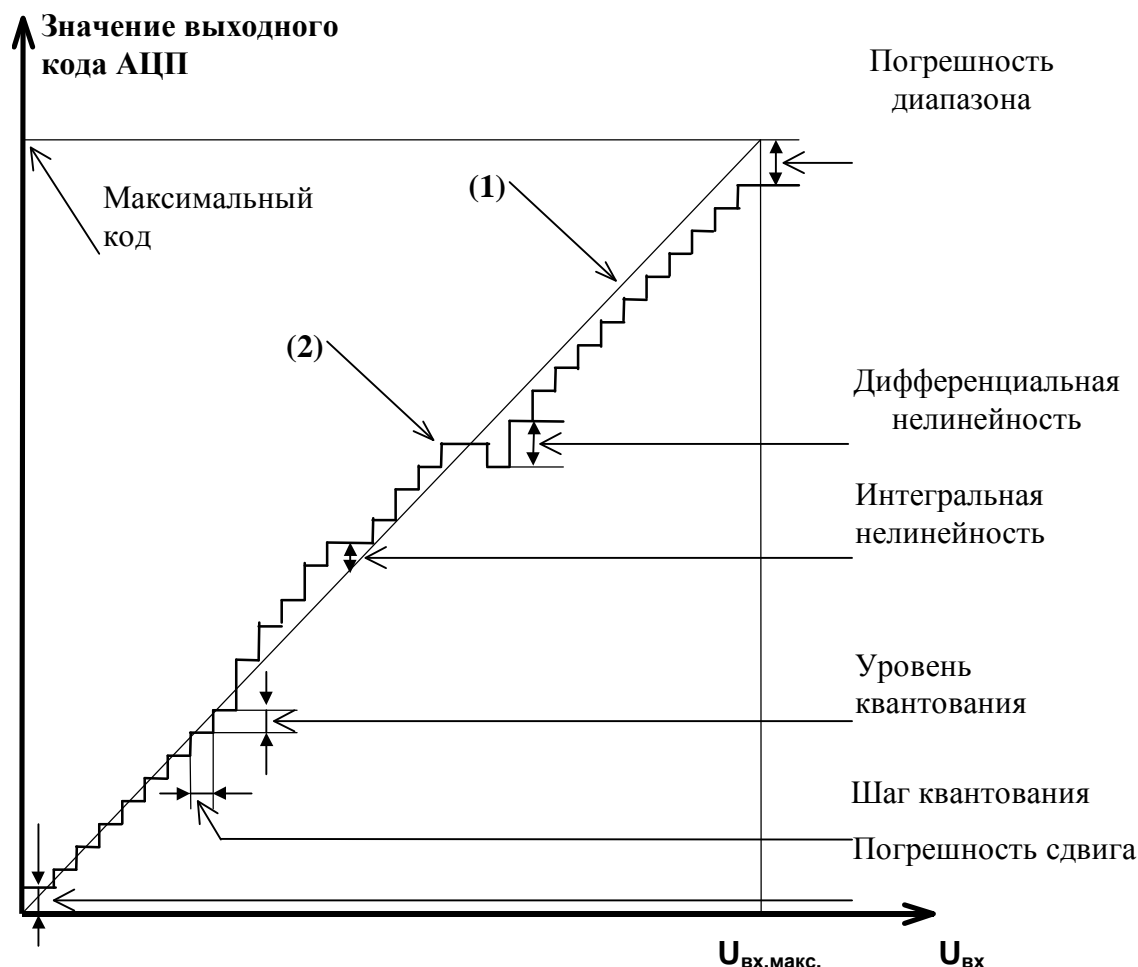
Для определения результатов измерения напряжения на входе платы АЦП используются следующие НМХ: диапазон входных напряжений АЦП, коэффициент усиления инструментального усилителя, коэффициент усиления программируемого усилителя, число разрядов АЦП (а следовательно величина МЗР) и частота дискретизации АЦП.

Для определения оценки инструментальной погрешности измерений переменного напряжения используются следующие параметры: ошибка сдвига, ошибка диапазона - статическая аддитивная погрешность, и число эффективных разрядов (ЧЭР) в зависимости от частоты измеряемого сигнала - комплексный динамический параметр, который учитывает шумовые и нелинейные погрешности АЦК. ЧЭР включает в себя шумы - аналоговой части АЦК, квантования, дифференциальной нелинейности АЦП; интегральную нелинейность, и инерционные свойства звеньев АЦК. Помимо ЧЭР - комплексного параметра, используются частные динамические НМХ - отношение сигнал/шум, коэффициент гармоник (нелинейные искажения), относительные уровни гармоник, отношение сигнал/шум+искажения, реальный динамический диапазон - все в зависимости от частоты входного сигнала, частоты дискретизации АЦП, коэффициентов усиления АЦК, режимов включения усилителей и диапазона характеристики преобразования АЦП платы.

15.3. Статические параметры АЦП

Здесь описываются параметры АЦП, которые регламентированы ГОСТ 24736-81 «Преобразователи интегральные цифро-аналоговые и аналого-цифровые. Основные параметры» и ОСТ 1100783-84.

Приводимый здесь рисунок призван помочь более наглядно представить предмет обсуждения



Характеристика преобразования ХП (2) – зависимость выходного кода АЦП от входного напряжения $U_{ВХ}$.

Идеальная характеристика преобразования (1) – прямая линия, “наиболее приближенная” к точкам характеристики преобразования.

Число разрядов АЦП, N. Двоичный логарифм максимального числа кодовых комбинаций на выходе АЦП. Если число разрядов N, тогда число 2^N даст количество комбинаций в выходном коде преобразователя, при этом их диапазон будет $0 \div (2^N - 1)$.

Пример. Для 12-разрядного АЦП количество комбинаций составит $2^{12} = 4096$ в диапазоне от 0 до 4095.

Время преобразования, $t_{ПРБ}$. Интервал времени от начала преобразования АЦП до появления на выходе устойчивого кода, соответствующего входному напряжению.

Погрешность сдвига. Смещение характеристики преобразования в точке начала координат графика. После того как АЦП сбалансирован, то есть минимальное значение кода АЦП соответствует минимальному входному напряжению, может остаться отличие реальной характеристики от идеальной.

Если рассматривать АЦП как вольтметр, то погрешность сдвига и погрешность диапазона равноценны систематической составляющей основной погрешности платы во всём диапазоне входных напряжений. При этом принципиально то, что величина этой погрешности зависит от усиления инструментального и программируемого усилителя, а также от диапазонов АЦП (10 или 5В). Основная калибровка платы проводится на диапазоне АЦП 5В, и единичном усилении. Характеристики на других диапазонах могут несколько отличаться от основного.

Отклонение в конечной точке, $d_{\text{цд}}$. Погрешность диапазона, т.е. погрешность преобразователя в конечной точке диапазона.

***Примечание.** Обычно погрешность сдвига и диапазона выражаются в единицах МЗР.*

Пороговый уровень - величина входного аналогового уровня АЦП, при котором выходной код меняется на 1. Общее число пороговых уровней вследствие наличия дифференциальной нелинейности может быть меньше числа уровней квантования АЦП.

Интегральная нелинейность (или просто **нелинейность**). Отклонение по вертикальной оси точек реальной характеристики от идеальной характеристики преобразования, делящих пополам расстояние (по оси абсцисс) между средними значениями пороговых уровней ХП (см. график). Измеряется в процентах или единицах МЗР. Интегральная нелинейность является функцией от пороговых уровней АЦП.

***Примечание.** При разработке АЦП предусматривают возможность регулировки погрешности сдвига и диапазона, а также нелинейности для их минимизации.*

Дифференциальная нелинейность (немонотонность), $d_{\text{диф}}$. Отклонение разности двух аналоговых сигналов, соответствующих последовательной смене кодов, от значения, соответствующего единице МЗР. Иначе говоря, при монотонном увеличении сигнала на выходе АЦП может возникать код, который соответствует одному и тому же входному сигналу, в то время как сам входной сигнал изменился более одного шага квантования, который равен $U_{\text{ВХ.МАКС}}/2^N$. Измеряется в процентах или единицах МЗР. Дифференциальная нелинейность - функция пороговых уровней АЦП.

Пример. Дифференциальная нелинейность в половину МЗР говорит о том, что два входных уровня, различающихся на половину шага квантования, вызвали появление соответствующих соседних кодов на выходе АЦП.

***Примечание.** В реальном АЦП по каким-либо причинам может возникать пропадание кода на его выходе, что эквивалентно появлению дифференциальной нелинейности. Отличие в том, что сама по себе дифференциальная погрешность является систематической погрешностью, то есть возникает **всегда** при подаче на вход АЦП соответствующего входного сигнала, а пропадание кода чаще является случайным процессом и зависит от условий обмена по шине данных ПК.*

15.4. Динамические параметры АЦК

В реальных условиях эксплуатации для описания МХ АЦК удобно использовать не только статические, но и динамические параметры, которые, согласно ГОСТ 8.009-84, представляют собой МХ СИ, в которых выходная реакция СИ определяется значениями измеряемого сигнала и изменениями этого сигнала во времени.

Динамическими параметрами АЦП мы считаем следующие:

- отношение сигнал/шум;
- отношение сигнал/шум+искажения;
- коэффициент нелинейных (гармонических) искажений;
- относительные уровни гармоник при гармоническом входном воздействии;
- реальный динамический диапазон;
- число эффективных разрядов.

Комплексный динамический параметр - число эффективных разрядов в зависимости от частоты входного гармонического сигнала мы считаем основным для АЦК.

Кроме того, имеет смысл приводить МХ дифференциальную нелинейность и усреднённую характеристику преобразования, измеренные в динамическом режиме калибровки. В определённых применениях АЦК (например, в радиолокации) знание этих МХ позволяет обоснованно решить задачу выбора СИ.

Для того, чтобы измерить динамические метрологические характеристики АЦК, можно подать на его вход тестовый синусоидальный сигнал и вычислить затем с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) частотный спектр выходного сигнала АЦП. В качестве калибровочного выбирается гармонический синусоидальный сигнал низкочастотного генератора с искажениями, приемлемыми для работы с АЦП имеющейся разрядности.

Примечание. Под *сигналом* далее подразумевается спектральная составляющая, соответствующая входному сигналу калибровки. *Шум* определяется как совокупность всех остальных нежелательных компонент: побочных частот и шумового фона, не считая гармоник сигнала.

Отношение С/Ш. Для его получения необходимо просуммировать мощности спектральных составляющих, за исключением постоянной составляющей и гармоник сигнала, и вычислить отношение мощности главной спектральной составляющей к результату суммирования.

В случае идеального АЦП БПФ измеренной реализации даст узкополосный спектр с ярко выраженным главным максимумом, соответствующим частоте подаваемого на вход АЦП синусоидального напряжения. Причём, мощность, сосредоточенная вблизи главного максимума, по отношению к остальной мощности, распределенной в остальной части частотного диапазона, будет максимальна.

На практике отношение С/Ш может учитывать гармоники основной частоты, если это указано специально. Такой параметр называют **отношение сигнала к шуму плюс искажения** (С/[Ш+И]). Для идеального АЦП, как известно, с учетом только шума квантования справедливо соотношение $C/\Pi[dB] = (6,02 \cdot N + 1,76)$. В случае идеального 16-разрядного это даст $6,02 \times 16 + 1,76 = 98[dB]$. Использование реального АЦП, неминуемо вносящего дополнительные погрешности в процесс измерения, приведет к ухудшению С/Ш. Экспериментально можно измерить С/[Ш+И], используя высококачественный измеряемый сигнал и вычисляя БПФ, включая в понятие шума и гармоники сигнала(искажения). Тогда, подставляя полученное отношение в описанную формулу, можно найти число эффективных разрядов АЦП.

Коэффициент гармонических искажений (К_{ги}). Определяется нелинейностью характеристики преобразования на определённой частоте и вычисляется как отношение суммы рассчитанных вышеописанным образом мощностей гармоник к мощности главной спектральной составляющей или первой гармонике.

Пример. Для случая использования 2-й, 3-й, 4-й и 5-й гармоник

$$K_{ги} [dB] = 10Lg((S((A_2)^2 + (A_3)^2 + (A_4)^2 + (A_5)^2) / (A_1)^2),$$

где A_1 – амплитуда основной гармоники, $A_{2...5}$ – амплитуды гармоник основной частоты.

Реальный динамический диапазон (РДД). Определяется как отношение энергии основной спектральной составляющей сигнала к амплитуде следующей по величине гармоники или шумовому выбросу. Важное значение приобретает знание РДД в тех

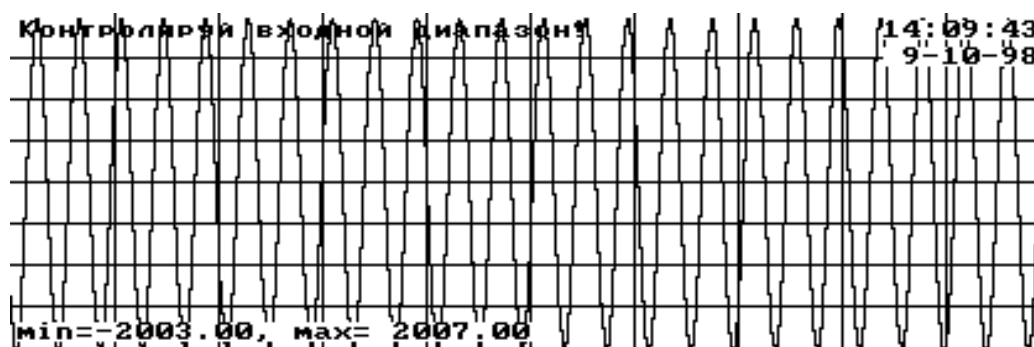
применениях, где гармоники, побочные составляющие и шумы не должны превосходить по уровню самый слабый из подлежащих преобразованию сигнал. В большинстве случаев эту информацию дает оценка уровня гармоник в полосе АЦК, поскольку большая из гармоник обычно превосходит шумовой фон и побочные компоненты. Знание реального динамического диапазона АЦК в составе радиолокационной системы обеспечит возможность оценки её применимости для определения слабых сигналов.

Число эффективных разрядов (ЧЭР), $N_{эфф}$. Шум и гармоники влияют на точность измерений. Можно сказать, что у АЦП уменьшается разрядность. ЧЭР учитывает любые виды погрешностей. Все ошибки преобразователя, обусловленные дифференциальной и интегральной нелинейностями, апертурной неопределенностью (джиттер), и пропуском кодов, выступают как составляющие некоторой суммарной среднеквадратической погрешности. Нетрудно показать, что ЧЭР вычисляется по формуле: $N_{эфф} = (C/[Ш+И] - 1,76)/6,02$, где $C/[Ш+И]$ вычисляется по результату вычисления преобразования Фурье измеренного калибровочного гармонического сигнала. Оборудование, созданное Центром АЦП ЗАО "Руднев-Шилев", позволяет калибровать АЦК в динамическом режиме по параметрам, получаемым с помощью БПФ, с точностью до 16 разрядов и оценивать параметры АЦК с точностью до 24 разрядов. Форма представления результата одной калибровки с помощью программно-аппаратного комплекса показана ниже (экранная копия, полученная с помощью программы Спектроанализатор для MS DOS).

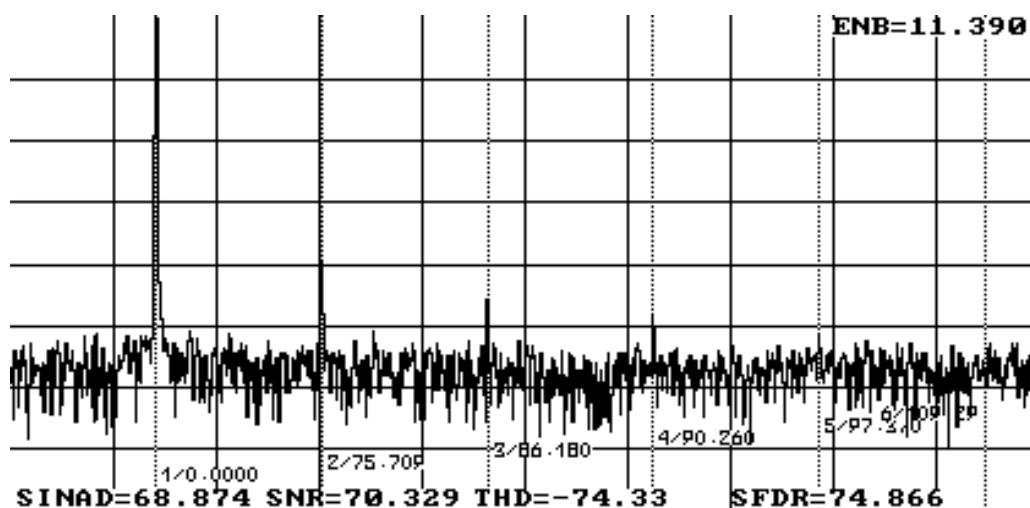
15.5. Динамические параметры АЦК платы ЛА-7.

В верхней части экранной копии – входной сигнал, а в нижней – соответствующий ей спектр мощности с обозначенными гармониками.

Входной калибровочный сигнал



Спектр входного сигнала с показанными пунктиром гармониками

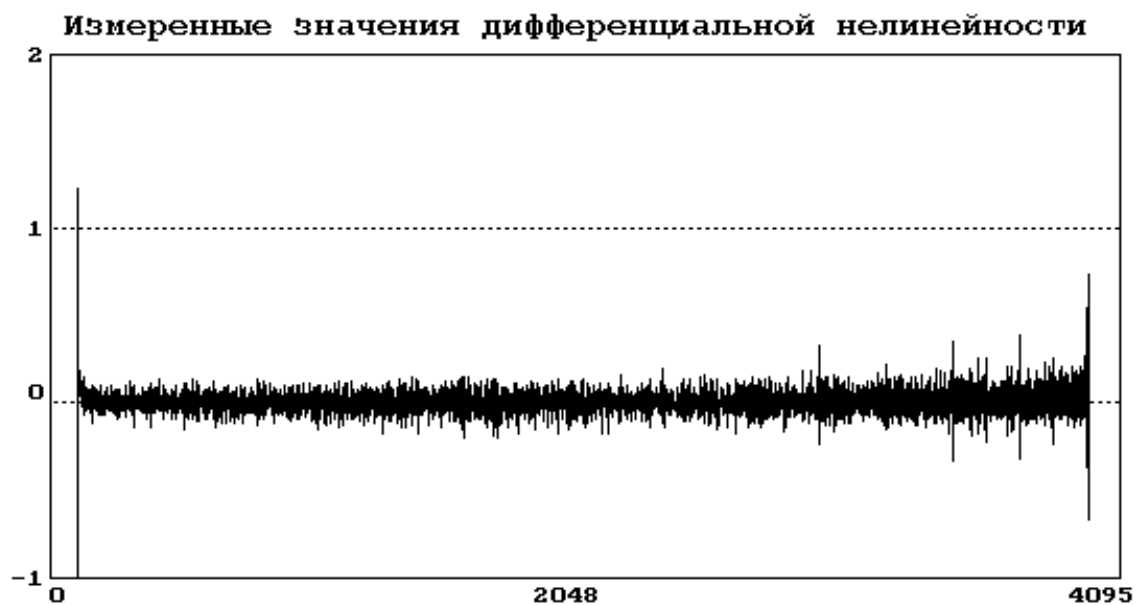


В нижней строке рисунка слева направо:

- дробное число показывает номер гармоники/относительный уровень дБ
- относительные амплитуды гармоник нормированы к основному тону (в дБ);
- SINAD – отношение сигнала к шуму с искажениями (т. е. с гармониками до максимальной выбранной) в дБ
- THD – коэффициент гармонических искажений по выбранному количеству гармоник в дБ;
- SNR – отношение сигнала к шуму в дБ;
- SFDR – реальный динамический диапазон в дБ;
- ENB – число эффективных разрядов - в правом верхнем углу графика спектра.

Следующие рисунки демонстрируют другие динамические параметры платы - дифференциальная нелинейность и нормированная усреднённая характеристика преобразования, измеренные на определённой входной частоте.

Дифференциальная нелинейность и нормированная ХП платы измерены для диапазона ХП АЦП $\pm 10\text{В}$, коэффициента усиления инструментального усилителя 1, частоте дискретизации 140 кГц, входного гармонического сигнала с частотой 5 кГц и амплитудой $\pm 9,9\text{В}$.



Нормированная характеристика преобразования - это усреднённая разность идеальной и реальной характеристики преобразования всего АЦК платы, измеренной на определённой входной частоте. Частота входного гармонического сигнала 5 кГц, частота дискретизации АЦП 140 кГц, порядок усреднения 200.



16. Приложение III. Программируемый счетчик-таймер KP580BI53 (P82C54)

16.1. Состав

В состав таймера входят:

- буфер шины данных;
- схема управления вводом-выводом;
- три независимых канала счета.

Каждый канал включает:

- регистр режима;
- схему управления каналом;
- буфер;
- 16-разрядный счётчик.

16.2. Параметры

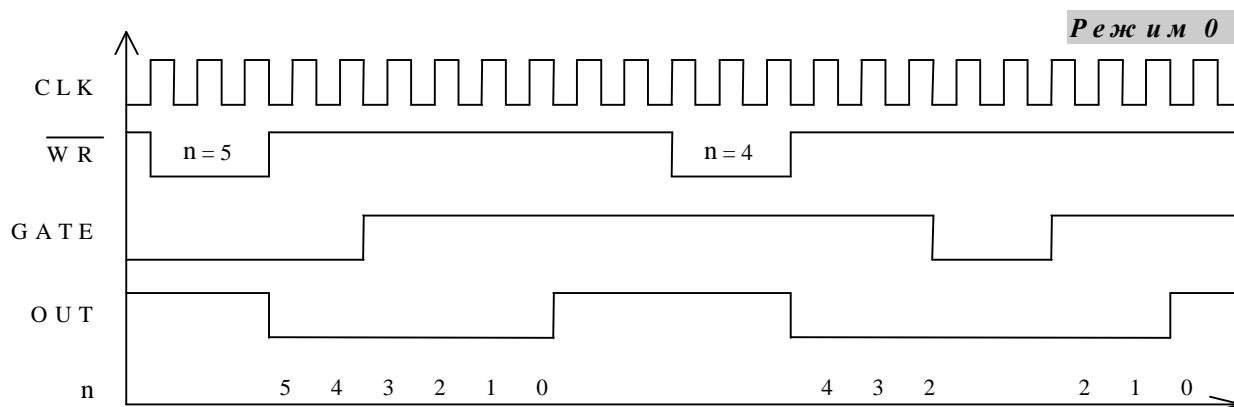
Счетчик-таймер содержит три независимых 16-разрядных канала с общей схемой управления. Каждый канал может работать в шести режимах. Программирование режимов работы каналов осуществляется индивидуально и в произвольном порядке путем записи управляющего слова в регистр режима, а в счётчики – запрограммированного числа байтов. Управляющее слово определяет режим работы канала, тип счёта (двоичный или двоично-десятичный), формат чисел (одно- или двухбайтовый). Обмен информацией с IBM PC осуществляется по 8-разрядному двунаправленному каналу данных. Максимальное значение счёта: в двоичном коде – 2^{16} , в двоично-десятичном – 10^4 .

16.3. Режимы счета

Программирование канала осуществляется путём записи управляющих слов в регистр режима каналов и начального значения в его счётчики. Каждый канал имеет управляющий вход GATE и выход OUT и может работать в одном из следующих шести режимов.

16.4. Режим 0 (прерывание терминального счёта)

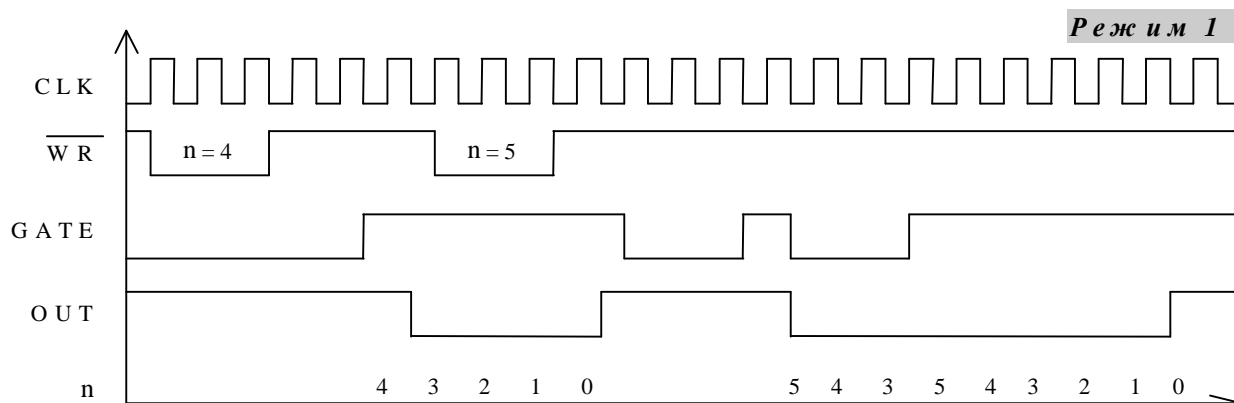
После записи управляющего слова в регистр режима канала на выходе OUT устанавливается напряжение низкого уровня; загрузка счётчика не изменяет это состояние. Затем начинается декремент счётчика (последовательное вычитание единицы из числа, занесённого в него). В момент, когда счётчик обнуляется, на выходе OUT устанавливается напряжение высокого уровня и сохраняется до загрузки счётчика новым значением.



Счёт возможен только при наличии сигнала высокого уровня на входе GATE. Низкий уровень этого сигнала запрещает счёт. Перезагрузка счётчика во время счёта приводит к следующему: загрузка младшего байта останавливает текущий счёт, загрузка старшего байта запускает новый цикл счёта. Минимально допустимое значение счётчика равно 2.

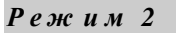
16.5. Режим 1 (ждущий мультивибратор)

На выходе OUT формируется отрицательный импульс длительностью $t=n \times T$, где n – число, загруженное в счетчик, T – период тактовых импульсов. Низкий уровень на выходе OUT устанавливается со следующего такта после подачи на вход GATE сигнала высокого уровня. Загрузка в счётчик нового числа не влияет на длительность текущего импульса, а учитывается при следующем запуске. Перезапуск счётчика производится передним фронтом импульса, поданного на вход GATE (без перезагрузки счетчика). Минимально допустимое $n=1$.

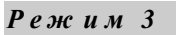


16.6. Режим 2 (генератор частоты)

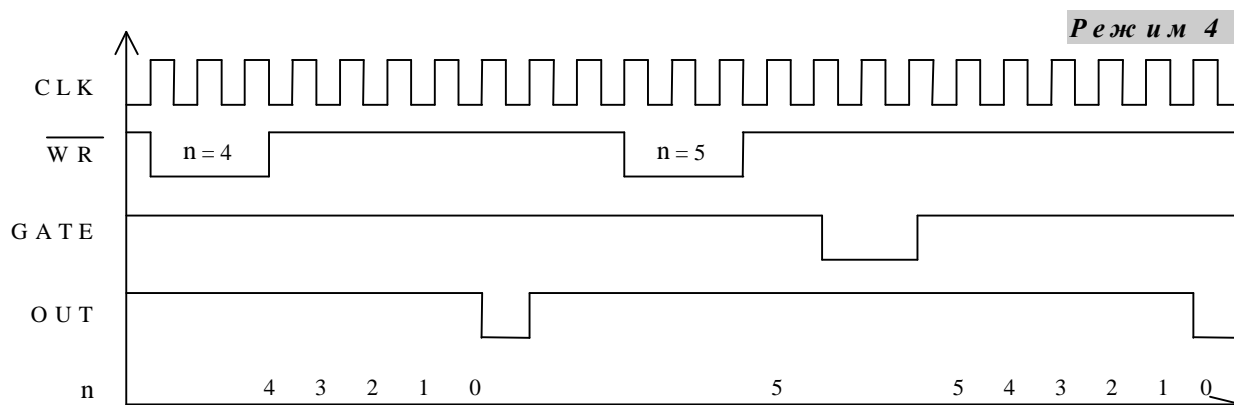
Каждый раз после достижения счётчиком нуля, на выходе OUT появляется отрицательный импульс с длительностью один такт. Перезагрузка счётчика сказывается только после перезапуска счётчика. При появлении на входе GATE логического нуля счёт прекращается и на выход OUT подаётся напряжение высокого уровня. Перезапуск счётчика происходит при наличии на входе GATE сигнала высокого уровня.



Аналогичен режиму 2, но положительный уровень выходного сигнала – это первый полупериод, а отрицательный – второй полупериод. Точнее, если n (начальное значение счётчика) чётно, то длительности положительного и отрицательного полупериодов равны $n \times T/2$; если же n нечётно, то эти длительности равны $(n+1) \times T/2$ и $(n-1) \times T/2$ соответственно. Низкий уровень сигнала на входе GATE запрещает счёт, при этом на выходе OUT устанавливается сигнал высокого уровня. Высокий уровень GATE разрешает счёт, а его передний фронт запускает счётчик начального состояния. Необходимо отметить, что $n=3$ в этом режиме недопустимо.

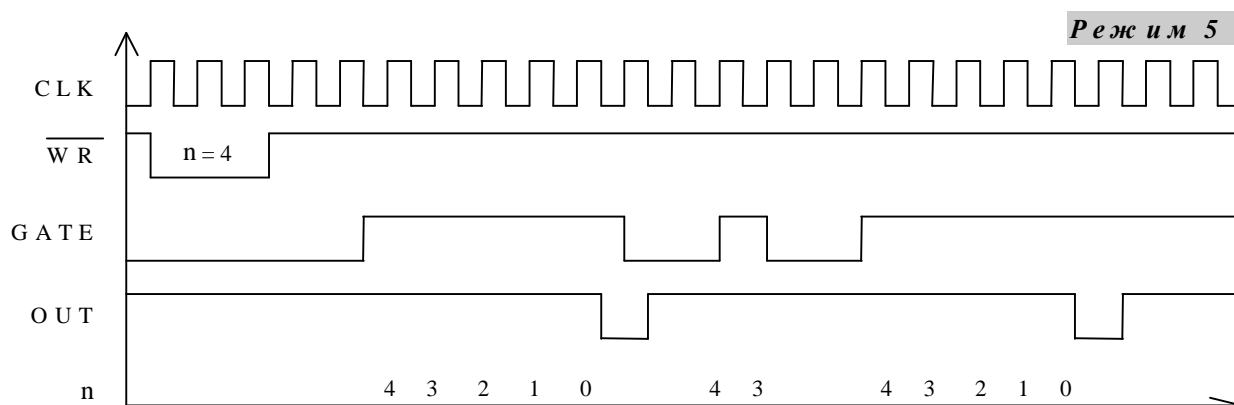


По окончании отсчёта числа, загруженного в счётчик, на выходе OUT формируется отрицательный импульс длительностью один такт. Если во время счёта в счётчик записывается младший байт, это не влияет на текущий счёт, в то время как запись старшего байта перезапускает счётчик. Низкий логический уровень на входе GATE запрещает счёт, высокий – разрешает. Минимальное допустимое значение счётчика равно 1.



16.9. Режим 5 (счетчик событий с автозагрузкой)

Режим 5 отличается от режима 4 тем, что каждый передний фронт сигнала на входе GATE перезапускает счётчик. Перезагрузка счётчика не влияет на текущий цикл, однако следующий цикл определяется вновь занесённым числом.



16.10. Работа со счетчиками

16.10.1. Операции чтения/записи

Для каждого из трех счётчиков в управляющем байте должны быть соответствующим образом заданы:

- тип операции чтения/записи;
- режим счёта;
- используемый код счётчика (BCD).

Управляющий байт должен быть сформирован и записан до того, как будет производиться запись значения счётчика. Поскольку регистр режима и все три регистра счётчиков имеют отдельные адреса, то нет никаких специальных ограничений на последовательность программирования каналов таймера. Может быть использована любая последовательность программирования, предусмотренная соглашением Intel 8254.

Существуют три типа операций над счётчиком:

- прочитать/загрузить наименее значимый байт LSB²;
- прочитать/загрузить наиболее значимый байт MSB³;
- прочитать/загрузить LSB, затем MSB.

При программировании необходимо следить за парностью операций чтения/записи и порядком следования байтов.

16.10.2. Чтение статуса счетчиков

У таймера 8254 предусмотрена специальная команда **Read-Back** ("прочитать назад"), позволяющая проверить для любого выбранного канала таймера:

- значение счётчика;
- запрограммированный режим;
- текущее состояние выхода OUT;
- текущее состояние флага конца счета NC⁴.

Эта команда записывается в регистре режима таймера, её формат описан в разделе 6.5.

Команда **Read-Back** удобна для синхронного контроля за состоянием счётчиков, поскольку позволяет произвести одновременное защёлкивание текущих значений счётчика выбранных каналов. Если после отправки в регистр режима двоичного кода 1101 1110 (CNT = 0 – защёлкнуть текущие значения, C2=C1=C0=1 – выбрать все три канала) прочитать значения всех трёх счётчиков, то это будет эквивалентно трём отдельным операциям чтения счётчиков "на лету" (см. ниже), но произведённым синхронно.

При использовании данной команды для чтения статусных байтов последние также подвергаются процедуре одновременного "защёлкивания" и затем могут быть поочередно прочитаны из регистров счётчиков-таймеров.

16.10.3. Чтение значения отдельного счетчика

Существует два способа чтения текущего значения счётчика канала.

Чтение с остановом счётчика. Обеспечивает более стабильные показания. Приостановка работы осуществляется либо подачей сигнала низкого уровня на вход GATE (кроме режима 1), либо блокированием тактовых импульсов.

Чтение "на лету" (без остановки). Для реализации этого необходима отправка в регистр режима управляющего слова с установкой признака "защёлкивания". Это фиксирует текущее значение счётчика, после чего можно считать его младший, а затем старший байты.

² От least significant bit.

³ От most significant bit.

⁴ От null count.

17. Приложение IV. Примерное распределение адресного пространства IBM PC/AT

АДРЕС	НАЗВАНИЕ УСТРОЙСТВА
100÷1EF	
1F0÷1F7	НЖМД (винчестер) IBM PC
200÷20F	ЛА-ЦАПн10 (одноканальный 12-разр. ЦАП, 10 нс)
210÷21F	ЛА-2ЦАП70 (двухканальный 12-разр. ЦАП, 70 мкс)
220÷22F	ЛА-70М4 (12-разрядный АЦП 70 мкс, 16 линий ЦП)
230÷23F	ЛА-32Д (цифровой порт, 16 линий ввода/вывода)
240÷24F	ЛА-н25 (двухканальный 10-разр. АЦП, 40 МГц)
250÷25F	ЛА-20 (16-разр. АЦП, 10 мкс)
260÷26F	ЛА-ADSP (12 разрядный АЦП 3 мкс, 16 линий ввода/вывода Процессор ADSP-2105)
278÷28F	Параллельный порт принтера LPT2
279	резерв для тестирующих устройств
2F8÷2FF	Последовательный порт COM2
300÷30F	ЛА-24Д (цифровой порт, 24 линии ввода/вывода)
	или ЛА-1,5 (12-разрядный АЦП, 2 мкс с FIFO, 16 линий ЦП внешняя цифровая шина (ВЦШ) для ЛА-TMS31)
310÷31F	ЛА-2М3 (12 разрядный АЦП 2 мкс, 16 линий ЦП)
320÷32F	ЛА-TMS31 (плата с TMS320C31 40 МГц, 384 кВ)
330÷33F	ЛА-TMP (два трехканальных счётчика/таймера)
340÷34F	ЛА-н10М4Б (2-канальный 8 разр. Осциллограф 38 МГц)
350÷35F	ЛА-и24 (24 разр. 3 канальный АЦП 20 мс)
360÷36F	ЛА-4 (12 разр. АЦП 4мкс, гальв. кВ)
370÷386	Параллельный порт принтера LPT1
3C0÷3CF	EGA, VGA и SVGA
3D0÷3DF	Графический адаптер монитора, VGA
3F0÷3F7	Контроллер дисководов (НГМД)
3F8÷3FF	Последовательный порт COM1
A79	резерв для тестирующих устройств

18. Приложение V. Система прерываний IBM PC

Средства генерации и обработки прерываний являются важной составной частью любой вычислительной системы, в том числе и персональной ЭВМ IBM PC. Механизм прерываний обеспечивает эффективное взаимодействие устройств ввода/вывода с микропроцессором. Существуют аппаратные и программные прерывания. Аппаратные прерывания генерируются аппаратурой, либо с системной платы, либо с платы расширения, вставляемой в один из слотов ЭВМ. Аппаратные прерывания не координируются с работой программного обеспечения. Идеология обработки прерываний схемотехнически заложена в устройство процессоров Intel.

Когда процессор приступает к выполнению процедуры обработки прерывания, он прежде всего выполняет два цикла шины, которые называются циклами подтверждения прерываний. Во время второго цикла процессор по шине данных считывает номер прерывания. По этому номеру в таблице векторов прерываний процессор определяет адрес начала процедуры обработки поступившего прерывания.

Программируемый контроллер прерываний (ПКП, Programmable Interrupt Controller, PIC) реализует векторную систему прерываний IBM-совместимого компьютера. Основные функции контроллера:

- фиксация запросов на прерывания от 16 внешних источников;
- программное маскирование поступающих запросов;
- присвоение фиксированных или циклически изменяемых приоритетов входам контроллера, на которые поступают запросы;
- инициализация вызова процедуры обработки поступившего аппаратного прерывания.

Разные запросы IRQ используются разными стандартными устройствами (таймер, клавиатура, контроллер НГМД, и т.д.), поэтому фирмой IBM установлен стандарт использования запросов наиболее распространенными устройствами. Он различен для PC XT и PC AT. В таблице, приведенной ниже, в порядке убывания приоритетов приведено распределение запросов IRQ между устройствами ПЭВМ. Следует соблюдать осторожность при выборе уровня запросов для ЛА-2М3, чтобы выбранный IRQ и написанное пользователем программное обеспечение не приводило к взаимодействию с системными устройствами или к блокированию их работы. Лучше выбирать малоиспользуемый (или резервный) канал (9, 10, 11, 12, 15 для AT).

XT:	AT:
0 таймер	0 таймер
1 клавиатура	1 клавиатура
2 канал ввода/вывода	2 каскадирование
	8 часы реального времени
	9 программно переводится в IRQ2
	10 резерв
	11 резерв
	12 резерв
	13 математический сопроцессор
	14 контроллер жесткого диска
	15 резерв
3 COM1	3 COM2
4 COM2	4 COM1

5 жесткий диск	5 LPT2
6 гибкий диск	6 контроллер дискового
7 LPT1	7 LPT1

Для вывода информации в ПКП используются 2 порта ввода-вывода из адресного пространства IBM PC AT. Порт с четным адресом (обычно это порт 20h) и порт с нечетным адресом (обычно 21h).

Для PC AT, который оснащен двумя контроллерами ПКП, порты первого контроллера имеют те же адреса (20h и 21h), порты второго контроллера расположены по адресам A0h и A1h.

Режимы работы программируемого контроллера прерываний.

1. Режим фиксированных приоритетов (Fixed Priority, Fully Nested Mode). В этом режиме контроллер находится сразу после инициализации. Запросы прерываний имеют жесткие приоритеты от 0 до 15 (0 - высший) и обрабатываются в соответствии с приоритетами. Прерывание с меньшим приоритетом никогда не будет обработано, если в процессе обработки прерываний с более высокими приоритетами постоянно возникают запросы на эти прерывания.

2. Автоматический сдвиг приоритетов (Automatic Rotation). В этом режиме дается возможность обработать прерывания всех уровней без их дискриминации. Например, после обработки прерывания уровня 4 ему автоматически присваивается низший приоритет, при этом приоритеты для всех остальных уровней циклически сдвигаются и прерывания уровня 5 будут иметь в данной ситуации высший приоритет и, следовательно, возможность быть обработанными.

3. Программно-управляемый сдвиг приоритетов (Specific Rotation). Программист может сам передать команду циклического сдвига приоритетов ПКП, задав соответствующее управляющее слово. В команде задается номер уровня, которому требуется присвоить максимальный приоритет. После выполнения такой команды устройство работает так же, как и в режиме фиксированных приоритетов, с учетом их сдвига. Приоритеты сдвигаются циклически, таким образом если максимальный приоритет был назначен уровню 3, то уровень 2 получит минимальный и будет обрабатываться последним.

4. Автоматическое завершение обработки прерывания (Automatic End Of Interrupt, AEOI). В обычном режиме работы процедура обработки аппаратного прерывания должна перед своим завершением очистить свой бит в ISR специальной командой, иначе новые прерывания не будут обрабатываться ПКП. В режиме AEOI нужный бит в ISR автоматически сбрасывается в тот момент, когда начинается обработка прерывания нужной процедурой обработки и от нее не требуется издавать команду завершения обработки прерывания (EOI). Сложность работы в данном режиме обуславливается тем, что все процедуры обработки аппаратных прерываний должны иметь возможность повторного входа в эти процедуры, так как за время их работы могут повторно возникнуть прерывания того же уровня.

5. Режим специальной маски (Special Mask Mode). Данный режим позволяет отменить приоритетное упорядочение обработки запросов и обрабатывать их по мере поступления. После отмены режима специальной маски предшествующий порядок приоритетов уровней сохраняется.

6. Режим опроса (Polling Mode). В этом режиме аппаратные прерывания не происходят автоматически. Появление запросов на прерывание должно определяться считыванием IRR. Данный режим позволяет так же получить от ПКП информацию о на-

личии запросов на прерывания и, если запросы имеются, номер уровня с максимальным приоритетом, по которому есть запрос.

19. Приложение VI. Числовые соотношения

Числовые соотношения для АЦП и ЦАП.

Число разрядов, N	2^N	Погрешность, (МЗР/ $2^N \times 100\%$)	Напряжение на МЗР, В	Затухание, $20 \lg(\text{МЗР}/2^N)$, дБ
0	1	100	10,0000000	0,0
1	2	50	5,0000000	-6,0
2	4	25	2,5000000	-12,0
3	8	12,5	1,2500000	-18,1
4	16	6,25	0,6250000	-24,1
5	32	3,125	0,3125000	-30,1
6	64	1,563	0,1562500	-36,1
7	128	0,781	0,0781250	-42,1
8	256	0,391	0,0390625	-48,2
9	512	0,195	0,0195313	-54,2
10	1024	0,0977	0,0097656	-60,2
11	2048	0,0488	0,0048828	-66,2
12	4096	0,0244	0,0024414	-72,2
13	8192	0,0122	0,0012207	-78,3
14	16384	0,0061	0,0006104	-84,3
15	32768	0,00305	0,0003052	-90,3
16	65536	0,00153	0,0001526	-96,3
17	131072	0,000763	0,0000763	-102,4
18	262144	0,000381	0,0000381	-108,4
19	524288	0,000191	0,0000191	-114,4
20	1048576	0,0000954	0,0000095	-120,4
21	2097152	0,0000477	0,0000048	-126,4
22	4194304	0,0000238	0,0000024	-132,5
23	8388608	0,0000119	0,0000012	-138,5
24	16777216	0,00000596	0,0000006	-144,5

Десятичные приставки к единицам измерения физических величин

Приставка	Название	Множитель
п-	пико-	10^{-12}
н-	нано-	10^{-9}
мк-	микро-	10^{-6}
м-	милли-	10^{-3}
д-	деци-	10^{-1}
к-	кило-	10^3
М-	мега-	10^6
Г-	гига-	10^9

Соотношения между дБ и амплитудным коэффициентом усиления
 $K_{yc}, P[dB] = 20 \cdot \lg(K_{yc})$.

P, дБ	Коэффициент усиления
0	1,000
1	1,122
2	1,259
3	1,413
4	1,585
5	1,778
6	1,995
7	2,239
8	2,512
9	2,818
10	3,162
11	3,548
12	3,981
13	4,467
14	5,012
15	5,623
16	6,310
17	7,079
18	7,943
19	8,913
20	10
30	32
40	100
50	316
60	1000
70	3162
80	10000
90	31623
100	100000
110	316228
120	1000000

20. Приложение VII. Словарь сокращений

20.1. Английские сокращения

AGND – (analog ground) аналоговая земля. В ЛА-2М2÷ЛА-4 используется для подключения к плате сигнального общего провода внешних аналоговых сигналов.

DGND – (digital ground) цифровая земля. В плате используется для подключения к плате земли внешних цифровых устройств.

FIFO – (first in, first out) первый пришел, первый ушел. Способ организации записи/считывания памяти. В настоящем руководстве термином FIFO обозначается также соответствующий регистр записи в память.

LSB (least significant bit) – младший значащий разряд, или МЗР. Разряд выходного кода АЦП с весом 1.

MSB (most significant bit) –старший значащий разряд, или СЗР. Разряд выходного кода АЦП с весом 2^{N-1} , где N - число разрядов АЦП.

DMA (direct memory access) – режим прямого доступа к памяти (ПДП). Используется для ввода данных в ПЭВМ с наибольшей для данной машины скоростью.

20.2. Русские сокращения

АЦК – аналогово-цифровой канал. Совокупность аналоговых и цифровых устройств, соединённых определенным образом.

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь.

Б.А. – базовый адрес. Шестнадцатеричное число, указывающее место платы в адресном пространстве IBM PC.

БПФ – быстрое преобразование Фурье.

ВЦШ – внешняя цифровая шина. Дополнительная (по отношению к ISA или EISA) шина данных с адресными линиями, линиями прерывания и ПДП устройства, подключенного в качестве управляющего к самой ВЦШ. Разработана ЗАО «Руднев-Шиляев».

КГИ – коэффициент гармонических искажений или коэффициент гармоник. Показывает степень искажения сигнала гармониками основной частоты. Измеряется в дБ.

МЗР – младший значащий разряд. Минимальное входное напряжение, разрешаемое АЦП. Для АЦП с N разрядами в выходном регистре он равен отношению максимальному размаху входного напряжения АЦП, деленному на 2^N .

МХ – метрологическая характеристика.

НМХ - нормированная метрологическая характеристика.

ПДП – режим прямого доступа к памяти.

ПК – персональный компьютер.

ППУ – программно переключаемый усилитель.

ПО – программное обеспечение.

ПСД – плата сбора данных.

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина (персональный компьютер).

РДД – реальный динамический диапазон.

СИ - средство измерения.

СКО – среднееквадратическое отклонение.

С/Ш – отношение сигнал/шум.

ТО – техническое описание.

ТТЛ – транзисторно-транзисторная логика.

УВХ – устройство выборки-хранения.

ХП – характеристика преобразования АЦП, см. р. Статические параметры АЦП.

ЦАК – цифроаналоговый канал.

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь.

ЧЭР – число эффективных разрядов.

21. Приложение VIII. Словарь терминов

Адаптер – устройство, предназначенное для работы в составе IBM PC (вставляется в один из его и получает от него питание) и обеспечивает сопряжение и взаимодействие двух или более технических средств с различными интерфейсами и/или протоколами.

Байт – последовательность битов, обычно 8. Каждый байт соответствует одному знаку данных, букве, символу, цифре. Используется в качестве единицы ёмкости запоминающих устройств.

Бит – двоичная единица измерения количества информации.

Данные – информация, которая представлена в формализованном виде и предназначена для обработки с помощью технических средств или уже обработана ими.

Дифференциальный режим – режим, когда входной сигнал формируется из двух противофазных составляющих относительно шины земли.

Драйвер – 1) блок управления, формирующий нормируемые сигналы на линиях интерфейса; электромеханическое периферийное оборудование с магнитной запоминающей средой. 2) Программа управления конкретным периферийным устройством.

Интерфейс – совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие компонентов вычислительной системы или сети.

Магистраль – совокупность линий и шин интерфейса, обеспечивающих его функционирование.

Обработка данных – системное выполнение операций над данными.

Однополюсный режим – режим, когда входной сигнал имеет только одну составляющую относительно шины земли.

Однополярный режим – режим, когда входной сигнал принимает как правило только положительные значения, например, 0,5 В.

Прерывание – принудительное изменение нормальной последовательности выполнения операции программы. Часто отрабатывается в ответ на запрос внешнего устройства.

Приоритет – ранг средства, определяющий его относительную важность (право) на доступ к ресурсам коллективного пользования.

Протокол – совокупность правил, определяющая взаимодействие абонентов системы, сети и описывающая способ выполнения определённого класса функций.

Процесс – конечная последовательность событий, выполняемая в системе обработки данных при определённых условиях для достижения заданной цели или результата. Процесс способен взаимодействовать с другими процессами и/или пользователями в данной или других системах обработки данных.

Разъём – физическое устройство, которое может быть соединено с другими аналогичными устройствами с целью передачи одного или более сигналов.

Синфазная помеха – сигнал помехи, имеющий в обоих сигнальных проводах одну и ту же фазу, в отличие от полезного сигнала, имеющего в проводах противоположные фазы.

Система обработки данных – система, выполняющая автоматизированную обработку данных и включающая технические средства обработки данных и программное обеспечение, а также методы и процедуры обработки и управления.

Слово – определённое сочетание битов, имеющее конечную длину и рассматриваемое как единое целое при передаче, приёме, обработке, отображении и хранении данных. В IBM PC обычно подразумевается 16-битное слово.

Шина (Bus) – группа линий связи, предназначенных для выполнения определённой операции в процессе обмена данными.

Гарантийные обязательства

Гарантийный талон №_____ на плату сбора данных для IBM PC ЛА-7.

Изготовитель гарантирует безотказную работу платы ЛА-7 в течение 18 (восемнадцати) месяцев с момента покупки, при условии соблюдения потребителем инструкции по эксплуатации. В период гарантийного срока производится бесплатный ремонт или замена изделия.

Тел. (095) 787-63, 787-6368

Дата продажи < >_____ 199__г.

Подпись представителя фирмы _____

МП

линия отреза (эта часть остается у изготовителя)

Гарантийный талон №_____ на плату сбора данных для IBM PC ЛА-7.

Центр АЦП фирмы "Руднев-Шиляев" гарантирует безотказную работу платы сбора данных ЛА-7 в течение 18 месяцев со дня продажи потребителю и безвозмездную замену в случае обнаружения неисправностей по вине изготовителя.

Предприятие потребитель, наименование и адрес:

Содержание ремонта. Место и характер дефекта:

Дата ремонта: ____ _____ 199__ г.

Подпись лица производившего ремонт:

Подпись владельца ЛА-7 подтверждающего ремонт