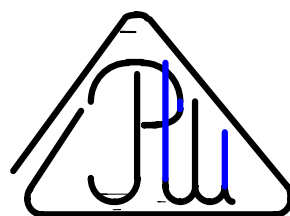


ЛА-н20-12РСІ

*Прецизионная плата
аналого-цифрового
преобразования для IBM
PC/AT-совместимых
компьютеров*

Руководство пользователя



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. 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. ЗАО "Руднев-Шиляев" использует как известные и общепринятые методики, так и оригинальные, разработанные специалистами фирмы 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.

Компьютеры в наше время становятся не только вычислительными средствами, они превращаются в универсальные виртуальные измерительные приборы. Устройства на основе персонального компьютера (ПК) - заменяют стандартные измерительные приборы: вольтметры, самописцы, осциллографы, магнитографы, спектроанализаторы и другие на систему виртуальных приборов. Такая система состоит из компьютера, наличие которого сегодня является необходимым условием качественных и быстрых измерений, и одной-двух плат сбора данных (ПСД), причём, программная часть виртуального прибора может эмулировать переднюю управляющую панель стационарного измерительного устройства. Платы ЗАО "Руднев-Шиляев" позволяют превратить Ваш компьютер в универсальную измерительную лабораторию. Характеристики такого прибора: динамический и частотный диапазоны, чувствительность, разрешение и другие характеристики определяются выбранными устройствами (ПСД). Выпускаемые устройства можно разбить на несколько групп: измерительные платы АЦП и ЦАП, цифровые ТТЛ-совместимые платы и дополнительные согласующие устройства. Большой выпускаемый спектр функционально совместимых устройств позволяет создавать комплексы обработки сигналов на базе персонального компьютера IBM, промышленных и портативных компьютеров.

Такие системы с использованием плат 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 и многие другие.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	4
ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ	5
СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ	9
МАРКИРОВКА	9
ОПИСАНИЕ ПЛАТЫ ЛА-н20-12РСІ	10
КОНФИГУРАЦИЯ И УСТАНОВКА	13
Техника безопасности	13
Размещение разъемов на плате	13
Установка платы	14
Указания по подключению сигналов	14
Заземление	15
Питание	15
УПРАВЛЕНИЕ ПЛАТОЙ	16
ПРОГРАММИРОВАНИЕ	17
Карта регистров	17
Регистр синхронизации 1 (Чтение/Запись BASE0+0)	18
Регистр диапазона канала 0 АЦП (Чтение/Запись BASE0+1)	19
Регистр диапазона канала 1 АЦП (Чтение/Запись BASE0+2)	19
Регистр задания режима внешней синхронизации (Чтение/Запись BASE0+3)	19
Статусный регистр (Чтение BASE0+5)	20
Конфигурационный регистр (Запись BASE0+5)	20
Контрольный регистр 1 (Запись/чтение BASE0+C)	20
Регистр частоты дискретизации (Запись BASE0+D)	21
Регистр уровня синхронизации (Запись BASE0+E)	22
Регистр запуска АЦП (Запись BASE0+F)	23
Регистр данных АЦП (чтение BASE1+0)	23
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	24
Метрологические параметры АЦК	24
Регламентирующие документы	24
Особенности реальных измерений	24
Статические параметры АЦП	26
Динамические параметры АЦК	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	30
Результаты калибровки платы ЛА-н20-12РСІ	30
Статистика результатов данных, собранных с ЛА-н20-12РСІ при заземленном входе	30
Динамические параметры АЦК платы ЛА-н20-12РСІ	32
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	34
Система прерываний IBM PC/AT	34
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	37
Краткий словарь терминов	37
Гарантийные обязательства	39

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее «Руководство пользователя» (РП) предназначено для работающих с прецизионной платой аналого-цифрового преобразования для IBM PC/AT-совместимых компьютеров (далее «прибор») лиц и обслуживающего персонала.

РП включает в себя все технические сведения о приборе, принципе действия прибора и назначение его составных частей. Подробно описывается конфигурация и установка, программирование прибора. В приложениях РП сообщаются дополнительные сведения по работе прибора и его составных частей.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию прибора могут быть внесены незначительные изменения, не отраженные в настоящем издании РП.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Прибор предназначен для работы в составе ПК типа IBM PC/AT. Основное назначение прибора – преобразование непрерывных (аналоговых) входных сигналов в цифровую форму, которая удобна для дальнейшей обработки сигнала при помощи ПК.

Прибор может работать как составная часть персонального компьютера и в зависимости от программного обеспечения выполняет различные функции, связанные с обработкой результатов аналого-цифрового преобразования. Возможно применение прибора и в других областях.

При комбинировании прибора с другим оборудованием, выпускаемом ЗАО «Руднев-Шилев» Ваш ПК превращается в мощную информационно-измерительную систему, способную решить большинство Ваших прикладных задач.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

♦ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ КАНАЛ

Число аналоговых входов	2 синхронных (два канала АЦП)
Конфигурация аналоговых входов (не изолированы)	однополюсные
Входное сопротивление (Импеданс)	50 Ом
Разъем	BNC
Входная полоса частот аналогового канала	40МГц
Диапазоны входного напряжения, (двуполярный)	$\pm 2V$; $\pm 1V$; $\pm 0.4V$; $\pm 0,2V$
Защита по напряжению аналоговых входов	$\pm 7.5V$
Объем буфера памяти	256кСлов
Передача данных АЦП	по прерыванию IRQ, программный обмен

♦ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Тип АЦП	Последовательно-параллельный
Разрешение	12 бит
Максимальная частота дискретизации	50МГц
Запуск АЦП	От внутреннего кварцевого генератора, от внешней тактовой частоты
Внешняя тактовая частота	ТТЛ-совместимый сигнал, меандр. Период должен находиться в диапазоне $0,2\mu s \leq T \leq 20ns$.
Разъем для сигнала внешней тактовой частоты	BNC
Входное сопротивление (Импеданс) импульсов внешних импульсов дискретизации	50 Ом
Защита по напряжению входа	$\pm 5V$

♦ СИНХРОНИЗАЦИЯ

Источник синхронизации	Канал 0, канал 1 или внешний.
Тип синхронизации	По фронту или по спаду уровня напряжения сигнала канала 0, 1 или внешней синхронизации
Внешний сигнал синхронизации	Аналоговый, в диапазоне $\pm 5V$.
Разъем для сигнала внешней синхронизации	BNC
Тип входа синхронизации	открытый или закрытый вход
Входное сопротивление (Импеданс)	1Мом, 15пФ
Защита по напряжению аналогового входа синхронизации	$\pm 7.5V$
Число уровней порога синхронизации	256

ЦИФРОВОЙ КАНАЛ.

♦ СТАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО КАНАЛА

	Типовое значение	Максимальное значение
Дифференциальная нелинейность	$\pm$ МЗР	$\pm$ МЗР
Интегральная нелинейность	$\pm$ МЗР	$\pm$ МЗР
Ошибка сдвига	$\pm$ МЗР	$\pm$ МЗР
Собственный шум платы (СКО)	$\pm$ МЗР	$\pm$ МЗР

♦ ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО КАНАЛА

Приведены для входного гармонического калибровочного сигнала частотой 10.7МГц, амплитудой $\pm 0.98V$ на шкале $\pm 1V$, при частоте запуска АЦП – 50МГц.

Отношение сигнал/шум

Коэффициент гармонических искажений

Реальный динамический диапазон

Число эффективных разрядов

Проникание из канала в канал

Типовое значение	Максимальное значение
60дБ	65дБ
-73дБ	-75дБ
73дБ	78дБ
10,0	10,5
-55дБ	-86дБ

Таблица 1. Динамические параметры ЛА-н20-12РСІ при разной частоте входного сигнала для частоты дискретизации 50МГц

Диапазон входного напряжения	$\pm 0,4V$			$\pm 0,2V$	
$F_{ВХ}$ (МГц)	0.18	10.7	26	0,18	10.7
С/Ш (дБ)	63,6	62	60.7	63.5	61
КГИ (дБ)	75	74	61.4	77	72
Уровень гармоник					
2	91	74	61	92	74
3	76	x	76	78	x
РДД (дБ)	80	74	x	77	73
ЧЭР	10,2	10,0	9.3	10.2	10.0

X- значение не измерялось

♦ ОБЩИЕ

Шина интерфейса ПК

PCI 2.1совместимый

Потребляемая мощность

+5V, 1.5A

Габариты	110×250мм
Масса платы	160г

♦ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

По классификации условий эксплуатации РЭА данный прибор относится к первой группе (Таблица 2).

Таблица 2. Параметры РЭА и определяющие их дестабилизирующие факторы

Параметры	Значения параметров
1. Прочность при синусоидальных вибрациях ν , Гц α , м/с ² $t_{\text{выд}}$, час	20 19,6 >0,45
2. Обнаружение резонансов в конструкции ν , Гц ξ , мм $t_{\text{выд}}$, мин	10...30 0,5...0,8 >0,4
3. Воздействие повышенной влажности Вл, % ν^1 , К $t_{\text{выд}}$, ч	80 298 48
4. Воздействие пониженной температуры $\nu^1_{\text{прд}}$, К $\nu^1_{\text{рб}}$, К $t_{\text{выд}}$, ч	233 278 2...6
5. Воздействие повышенной температуры $\nu_{\text{прд}}$, К $\nu_{\text{рб}}$, К $t_{\text{выд}}$, ч	328 313 2...6
6. Воздействие пониженного атмосферного давления ν , К ρ , кПа $t_{\text{выд}}$, ч	263 61 2...6
7. Прочность при транспортировании $t_{\text{и}}$, мс ν , мин ⁻¹ $\alpha_{\text{макс}}$, м/с ²	5...10 40...80 49...245
8. Воздействие соляного (морского) тумана с дисперсностью (95% капель) А и водностью Б ν , К А, мкм Б, г/м ³ $t_{\text{выд}}$, ч	300 1...10 2...3 24

СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ

Прибор поставляется в составе, указанном в таблице (Таблица 3).

Таблица 3. Состав изделия

НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО	ПРИМЕЧАНИЕ
Плата АЦП	1	
Ответные части внешних разъемов типа BNC	2	
Техническое описание	1	
Комплект дискет с программным обеспечением	1	
Упаковочная тара	1	

МАРКИРОВКА

Плата ЛА-н20-12PCI содержит название предприятия-изготовителя, название типа платы, которые наносятся как элементы электрической разводки платы или в виде наклейки. Серийный номер платы наносится на плату краской или обозначается на наклейке. Дата выпуска платы указывается на наклейке.

ОПИСАНИЕ ПЛАТЫ ЛА-н20-12РСІ

Функциональная схема платы ЛА-н20-12РСІ показана на рисунке (Рисунок 1). Плата содержит следующие независимые узлы: аналогово-цифровой канал (АЦК), контроллер АЦП, схему синхронизации, внутреннее оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), схему ввода/вывода и источник питания.

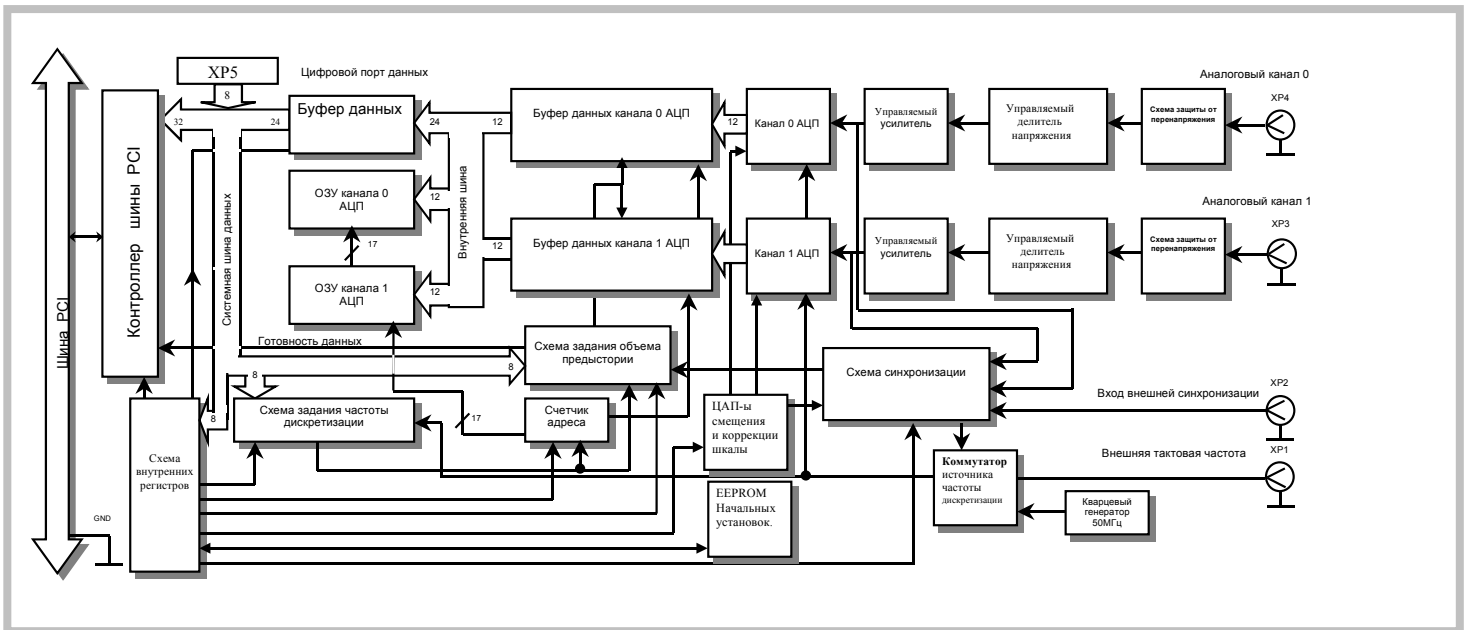


Рисунок 1. функциональная схема ЛА-н20-12РСІ

Аналогово-цифровой канал содержит два синхронных 12 разрядных АЦП с внутренними устройствами выборки-хранения (УВХ). Оба аналого-цифровых преобразователя работают с частотой 50МГц при работе от встроенного кварцевого генератора или от импульсов внешнего источника тактовых импульсов. Аналоговые входы АЦП (внешние разъемы XP4 и XP3) имеют защиту 7.5В от перенапряжения по входу (схема защиты от перенапряжения). Эквивалентная схема аналогового входа платы ЛА-н20-12РСІ показана на рисунке (Рисунок 2).

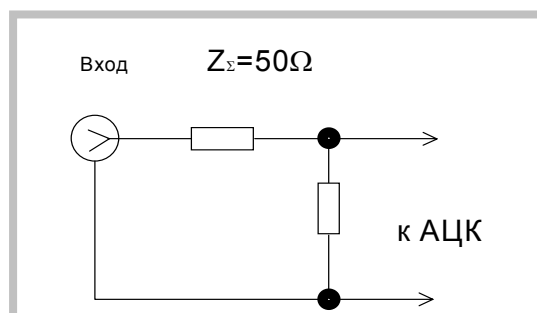


Рисунок 2. Эквивалентная схема аналогового входа

Входное сопротивление платы ($R_{вх}$) равно 50 Ом, поэтому при подключении платы к источнику сигнала необходимо использовать высокочастотный кабель с волновым

сопротивлением 50Ом, а на стороне источника необходимо соответствующее согласование.

Контроллер АЦП управляет режимом запуска преобразования и использования ОЗУ. Он состоит из высокостабильного задающего кварцевого генератора 50МГц, вырабатывающего импульс запуска АЦП; схемы задания частоты дискретизации; счетчика адреса; схемы задания объема предыстории.

Контроллер АЦП позволяет:

- выбирать частоту дискретизации с внешнего разъема ХР2 или от внутреннего высокостабильного кварцевого генератора (50 МГц), расположенного на плате ЛА-н20-12РСІ. АЦП всегда работает на самой высокой частоте дискретизации, однако контроллер аналого-цифрового преобразователя позволяет записывать в буфер прореженные данные. Возможно задание эквивалентной частоты дискретизации с коэффициентом деления кратным степени двойки. Эквивалентные частоты дискретизации:

Частота дискретизации	Частота дискретизации при внешнем источнике
50 МГц	F_D
25 МГц	$F_D/2$
12.5 МГц	$F_D/4$
6.25МГц	$F_D/8$
3.125 МГц	$F_D/16$
1.5625 МГц	$F_D/32$
781.25КГц	$F_D/64$
390.625 КГц	$F_D/128$

- задать объем используемой части ОЗУ (программно);
- согласовать работу каналов АЦП с внутренним ОЗУ.

На схему задания частоты дискретизации может быть подана частота с внешнего кварцевого генератора для синхронного запуска одновременно нескольких плат ЛА-н20-12РСІ или при необходимости запуска каналов АЦП платы ЛА-н20-12РСІ с частотой не кратной частоте внутреннего кварцевого генератора или в обоих перечисленных случаях.

Схема синхронизации позволяет синхронизироваться по уровню напряжения от одного из аналоговых каналов или воспользоваться внешним аналоговым сигналом с разъема ХР1. Динамический диапазон входного напряжения схемы синхронизации разбит на 256 уровней.

Уровень, выбранный пользователем платы, сравнивается с входным напряжением одного из каналов АЦП. При совпадении заданного пользователем уровня напряжения синхронизации и напряжения входного сигнала одного из каналов, вырабатывается импульс синхронизации, который производит пуск преобразования. Для устойчивой работы схемы синхронизации введен непрограммируемый гистерезис амплитудой порядка 50мВ. Схема синхронизации позволяет также выбрать для пуска АЦП либо фронт (нарастание импульса), либо спад синхронизирующего импульса.

Циклическое внутреннее ОЗУ содержит 128 кСлов на каждый канал. Объем используемого ОЗУ может быть программно уменьшен до 1 кСлова с шагом 2^n , где $n=1,2,\dots$, например: 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2, 1 кСлов.

Порядок работы ОЗУ следующий. После прихода команды преобразования данные с АЦП циклически (непрерывно) записываются в выбранную часть ОЗУ, которая именуется предыстория. Пока выбранный объем предыстории не заполнен, синхроимпульсы блокируются и не обрабатываются. По заполнению предыстории и приходу синхроимпульса записывается часть ОЗУ, за вычетом объема предыстории. Это часть ОЗУ называется история. Теперь данные каждого канала могут быть считаны в компьютер.

Для обеспечения статических характеристик, в аналоговых цепях предусмотрены регулировки начального смещения и подстройки шкалы. На этапе настройки и калибровки в память EEPROM настроек заносятся значения, которые позволяют улучшить статические характеристики платы в каждом аналого-цифровом канале на нескольких диапазонах входного сигнала. Кроме этого, в памяти находится дополнительная конфигурационная информация.

Используемый импульсный источник питания позволяет получить из однополярного питания платы +5В весь необходимый набор высокостабильных напряжений для всех аналоговых цепей при низком уровне пульсаций.

Схема ввода/вывода данных ЛА-н20-12PCI состоит из интерфейса ввода/вывода данных в компьютер - PCI контроллер и содержит необходимые внутренние регистры для управления платой.

Плата ЛА-н20-12РСІ содержит 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.

Расположение разъемов ХР<1...5> показано на рисунке (Рисунок 3).

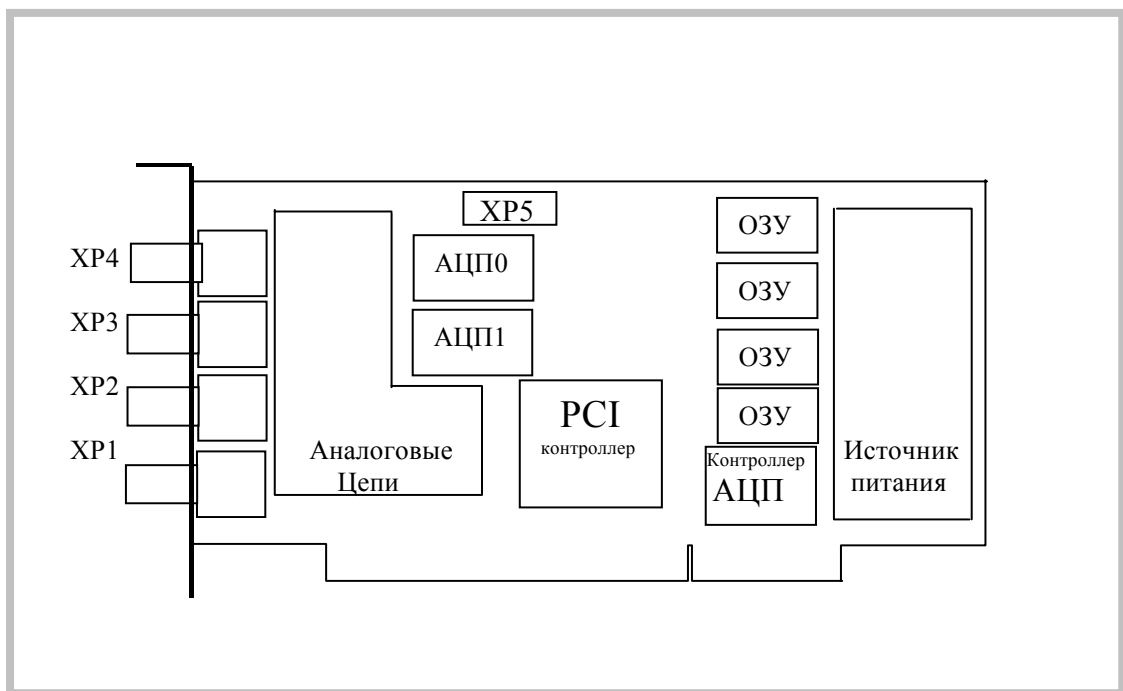


Рисунок 3. Схема размещения разъемов на плате

Разъем	Тип разъема	Назначение
ХР1	BNC	Вход внешней тактовой частоты.
ХР2	BNC	Вход внешней синхронизации
ХР3	BNC	Вход аналогового канала 1
ХР4	BNC	Вход аналогового канала 0
ХР5	Штыри	Вход синхронных цифровых данных

- 1) Аналоговая земля AGND выведена на внешнюю часть разъемов ХР<2, 3, 4>.
- 2) Цифровая земля DGND выведена на внешнюю часть разъемов ХР<1,5>.

Установка платы

Плата ЛА-н20-12РСІ может быть установлена в любой свободный слот РСІ вашего компьютера.

Далее приводится основная инструкция по установке платы ЛА-н20-12РСІ, однако кроме неё вам также следует руководствоваться руководством пользователя или техническими советами для вашего компьютера.

- 1) Выключите компьютер и все периферийные устройства (такие, например, как принтер, монитор). **При этом желательно отключить все питающие кабели от всех подключенных устройств.**
- 2) Откройте крышку вашего компьютера. Установите плату в свободный слот РСІ вашего компьютера.
- 3) Закрепите плату винтом за верхнюю часть крепёжно-установочного кронштейна на задней панели ПК.
- 4) Закройте крышку компьютера и закрепите ее винтами.
- 5) К разъёмам ХР<1...5> платы присоедините разъёмы с кабелями, соединяющими плату с периферийными устройствами – источниками аналоговых или цифровых сигналов.
- 6) Плата ЛА-н20-12РСІ установлена и готова к работе.

➤ *Примечания!*

- 1) *Демонтаж платы производить только при выключенном питании ПК и соединённых с ним периферийных устройств!*
- 2) *Перед каждой установкой платы рекомендуется протереть интерфейсный разъём РСІ платы, слегка увлажнённой спиртом хлопчатобумажной тканью.*

Указания по подключению сигналов

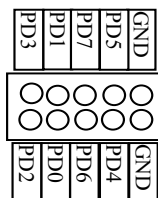
Разъём	Описание входного сигнала
ХР1	Внешняя тактовая частота АЦП. ТТЛ-совместимый сигнал, меандр. Период длительности запуска Т находится в промежутке $0,2\text{мкс} \leq T \leq 20\text{нс}$. Запуск АЦП осуществляется по положительному фронту сигнала.
ХР2	Внешняя синхронизация.
ХР3	Вход канала 1 АЦП.
ХР4	Вход канала 0 АЦП.
ХР5	Вход цифровых данных.

➤ *Примечания!*

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

Разъём ввода цифровых данных ХР5.

Разъём предназначен для синхронного ввода 8 линий цифровых данных от внешнего источника. Входы имеют ТТЛ - совместимые уровни сигналов. Данные записываются совместно с кодом преобразованных АЦП данных в буферную память. Скорость записи соответствует скорости записи данных в память.



ЛИНИИ PD	PD7	PD6	PD5	PD4	PD3	PD2	PD1	PD0
ДАННЫЕ	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ! Линии данных цифрового порта не имеют цепей защиты, поэтому их подключение к источнику с уровнями менее 0В и более +5В может привести к повреждению платы!

Заземление

Следует особое внимание обратить на соединение платы с внешними устройствами – источниками сигналов. Если у них есть сетевой вторичный источник питания, необходимо проверить наличие общего заземления для этих устройств и компьютера (или другого устройства), в составе которого используется плата ЛА-н20-12РСІ. Это заземление должно быть сделано заранее, до того момента, когда будет подано питание на все устройства.

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 устранил 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, а также сетевых фильтров, которые часто устанавливают до включателя питания. Полностью избежать его разрушительного влияния можно, лишь следуя сформулированному выше правилу, т.е. подключая аппаратуру к одной и той же фазе (фазам) и имеющим общий контур заземления.

- *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.*

УПРАВЛЕНИЕ ПЛАТОЙ

Управление осуществляется программно через регистры платы, подробное описание которых приведено в разделе «Программирование». Краткое описание регистров по их назначению показано в таблице (Таблица 4).

Таблица 4. Назначение регистров платы ЛА-н20-12РСІ

Регистр	Назначение
Регистр синхронизации (Чтение/Запись BASE+0)	Выбор режима и источника синхронизации. Выбор условий синхронизации.
Регистр канала 0 (Запись BASE+1)	Регистр задания диапазона канала 0
Регистр канала 1 (Запись BASE+2)	Регистр задания диапазона канала 1
Регистр режима входа внешней синхронизации (Запись BASE+3)	Открытый или закрытый вход синхронизации.
Статусный регистр (Чтение BASE+5)	Оперативное определение состояния платы ЛА-н20-12РСІ.
Контрольный регистр 1 (Запись BASE+C)	Определение общего объёма памяти и объёма предыстории, а также разрешение переключения частоты дискретизации с текущей частоты на F_d МГц или $(F_d/8)$ МГц.
Контрольный регистр 2 (Запись BASE+D)	Установление частоты дискретизации АЦП одновременно для двух каналов.
Регистр настроек уровня синхронизации (Запись BASE+E)	Задаёт напряжение, которое сравнивается с напряжением аналогового сигнала одного из каналов.
Регистр запуска АЦП (Запись BASE+F)	Запуск АЦП и запись данных во внутреннее ОЗУ платы.
Регистр ДАННЫХ (чтение BASE1+0)	Чтение данных из буферной памяти.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Карта регистров

Карта регистров для ЛА-н20-12PCI показана в таблице (Таблица 5). В таблице указывается имя регистра, адрес регистра (относительно базового адреса), тип регистра (чтение, запись, или запись и чтение), а также размер регистра в битах. При инициализации компьютера, плате ЛА-н20-12PCI автоматически выделяется доступный базовый адресный диапазон портов ввода – вывода. Выделенный адресный диапазон состоит из двух базовых пространств – **BASE0** и **BASE1**.

Таблица 5. Карта регистров

Имя регистра	Адрес (Hex)	Тип	Размер
Регистр синхронизации 1	BASE0+0	Чтение/Запись	8
Регистр диапазона АЦП0	BASE0+1	Чтение/Запись	8
Регистр диапазона АЦП1	BASE0+2	Чтение/Запись	8
Регистр режима внешней синхронизации	BASE0+3	Чтение/Запись	8
Резервный регистр	BASE0+4	-	-
Статусный регистр	BASE0+5	Чтение	8
Конфигурационный регистр	BASE0+5	Запись	8
Резервный регистр (не используется)	BASE0+6 BASE0+7 BASE0+8 BASE0+9 BASE0+A BASE0+B	-	-
Контрольный регистр 1	BASE0+C	Чтение/Запись	8
Контрольный регистр 2	BASE0+D	Чтение/Запись	8
Регистр уровня синхронизации	BASE0+E	Запись	8
Регистр запуска АЦП	BASE0+F	Запись	8
Регистр данных	BASE1+0	Чтение	32

При программировании платы необходимо следить за тем, чтобы не происходила работа с резервными регистрами или в рабочие регистры не проходила запись кода с зарезервированными значениями.

Регистр синхронизации 1 (Чтение/Запись BASE0+0)

Регистр синхронизации предназначен для выбора режима и источника синхронизации.

Карта битов:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	x	FRN	SMOD1	SMOD0

Бит	Имя	Описание
D1,D0	SMOD1	Включение/отключение синхронизации: D1:D0
	SMOD0	00 – синхронизация выключена.
		01 – синхронизация по аналоговому каналу 0
		10 - синхронизация по аналоговому каналу 1
		11- внешняя синхронизация
D2	FRN	Тип синхронизации
		1-по фронту синхронизирующего импульса
		0-по спаду синхронизирующего импульса

➤ Примечания!

1. При включенной синхронизации ЛА-н20-12PCI ожидает прихода синхроимпульса.

- 1) Если сигнал выбранного для синхронизации канала имеет постоянное напряжение, несовпадающее с уровнем напряжения синхронизации или изменяется, но всегда меньше или больше уровня синхронизации, то запрос на передачу данных не выставляется, так как напряжение синхронизации постоянно. При этом ПЭВМ будет постоянно находиться в режиме ожидания. В этом случае, для того чтобы просмотреть сигнал необходимо выключить синхронизацию.
- 2) При запуске АЦП по спаду, напряжения аналогового канала пуск преобразования произойдет при совпадении выбранного уровня синхронизации с входным уровнем напряжения аналогового канала при условии, когда производная в точке совпадения этих уровней отрицательна (по спаду уровня входного напряжения аналогового канала).
- 3) При запуске АЦП по фронту напряжения аналогового канала пуск преобразования произойдет при совпадении выбранного уровня синхронизации с входным уровнем напряжения аналогового канала при условии, когда производная в точке совпадения этих уровней положительна (по фронту уровня входного напряжения аналогового канала).

Регистр диапазона канала 0 АЦП (Чтение/Запись BASE0+1)

Регистр задает рабочий диапазон АЦП канала 0.

Карта битов:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	x	x	ADC0-1	ADC0-0

Диапазон напряжений	ADC0-1	ADC0-0
±2B	0	0
±1B	0	1
±0.4B	1	0
±0.2B	1	1

Регистр диапазона канала 1 АЦП (Чтение/Запись BASE0+2)

Регистр задает рабочий диапазон АЦП канала 0.

Карта битов:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	x	x	ADC1-1	ADC1-0

Диапазон напряжений	ADC1-1	ADC1-0
±2B	0	0
±1B	0	1
±0.4B	1	0
±0.2B	1	1

Регистр задания режима внешней синхронизации (Чтение/Запись BASE0+3)

Регистр определяет режим внешней синхронизации – открытый или закрытый вход.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	x	x	x	XSYNC

XSYNC – 1 вход открытый (на компаратор синхронизации подается сигнал с постоянной составляющей с разъёма внешней синхронизации).

XSYNC - 0 вход закрытый (на компаратор синхронизации подается сигнал с разъёма внешней синхронизации, через разделительный конденсатор).

Статусный регистр (Чтение BASE0+5)

Регистр состояния платы. Позволяет определить текущее состояние платы.

Карта битов:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	x	x	Dout EEPROM	DONE

Бит	Имя	Описание
D0	DONE	Состояние сбора данных платы 1 – Сбор данных завершен. 0 – Идет сбор данных во внутреннюю память.
D1	DOut	Служебный бит идентификации.

Конфигурационный регистр (Запись BASE0+5)

Служебный регистр.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	x	CS EEPROM	DI EEPROM	CLK EEPROM

Примечание! Не рекомендуется пользоваться этим регистром в режиме записи.

Контрольный регистр 1 (Запись/чтение BASE0+C)

Контрольный регистр 1 предназначен для определения общего объема памяти и объема предыстории, а также для разрешения переключения частоты дискретизации с текущей частоты на F_d или $F_d/8$ (смотри «Контрольный регистр 2 (Запись BASE+D)»).

Карта битов:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
M3	M2	M1	P4	P3	P2	P1	ESW

Бит	Имя	Описание
D0	ESW	Разрешение/запрещение переключения частоты дискретизации 0 – разрешение. 1 – запрещение.
D<1...4>	P<1...4>	Задание объема памяти предыстории. См. Табл. 6.
D<5...7>	M<1...3>	Задание общего объема буфера памяти. См. Табл.7.

Таблица 7. Задание объема памяти предыстории

P4	P3	P2	P1	Объем памяти предыстории
0	0	0	0	BC (общий объем буфера памяти)-15×BC/16-BC/16
0	0	0	1	BC-14×BC/16-BC/16
...	...	...	...	...
1	1	1	1	BC-BC/16

Таблица 8. Задание общего объема буфера памяти

M3	M2	M1	Общий объем буфера памяти (BC)
0	0	0	1K×16 бит
0	0	1	2K×16 бит
0	1	0	4K×16 бит
0	1	1	8K×16 бит
1	0	0	16K×16 бит
1	0	1	32K×16 бит
1	1	0	64K×16 бит
1	1	1	128K×16 бит

➤ *Примечания!*

1) Когда ESW=0, во время переключения частоты дискретизации возможно однократное появление некорректного кода!

2) Объем памяти предыстории вычисляется по формуле:

$$BC - (P4 \times 2^3 + P3 \times 2^2 + P2 \times 2^1 + P1 \times 2^0) \times BC / 16 - BC / 16.$$

3) K = 1024.

Регистр частоты дискретизации (Запись BASE0+D)

Регистр частоты дискретизации предназначен для установления частоты дискретизации АЦП одновременно для двух каналов и разрешение переключения частоты дискретизации предыстории.

Карта битов:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	FSW	SR4	SR3	SR2	SR1

Бит	Имя	Описание
D<0...3>	SR<1...4>	Задание частоты дискретизации АЦП одновременно для двух каналов (Таблица 9).
D4	FSW	0 – переключение частоты дискретизации с текущей на F _д по окончанию записи предыстории и по приходу синхросигнала, если в Контрольном регистре 1 (BASE+C) ESW=0. 1 – переключение с текущей частоты на F _д /8, если в Контрольном регистре 1 (BASE+C) ESW=0.

Таблица 9. Задание частоты дискретизации АЦП

SR4	SR3	SR2	SR1	Частота дискретизации	Частота дискретизации при внешнем источнике
0	0	0	0	Не используется	Не используется
0	0	0	1	50 МГц	F_D
0	0	1	0	25 МГц	$F_D/2$
0	0	1	1	12.5 МГц	$F_D/4$
0	1	0	0	6.25 МГц	$F_D/8$
0	1	0	1	3.125 МГц	$F_D/16$
0	1	1	0	1.5625 МГц	$F_D/32$
0	1	1	1	781.25 КГц	$F_D/64$
1	0	0	0	390.625 КГц	$F_D/128$
1	x	x	1	зарезервировано	зарезервировано
1	x	1	x	зарезервировано	зарезервировано
1	1	x	x	зарезервировано	зарезервировано

Таблица 10. Частоты дискретизации АЦП.

Регистр уровня синхронизации (Запись BASE0+E)

Регистр уровня синхронизации задаёт напряжение, которое сравнивается с напряжением аналогового сигнала одного из каналов.

По сигналу совпадения напряжений буфер памяти переходит в режим записи истории, если объём предыстории записан. В противном случае сначала заполняется буфер предыстории.

Аналоговый порог задаётся дискретно и имеет 256 уровней в диапазоне $\pm 0,5V$.

Регистр уровня синхронизации входит в состав универсального настроечного 8 – и канального ЦАП-а.

Цифровой код задается последовательностью из 11бит (старший бит вперед) и состоит из 3-х бит адреса и 8 – и бит непосредственно данных.

Назначение регистров настроек:

Адрес	Назначение.
0	Полное смещение канала 0.
1	Подстройка смещения канала 0.
2	Полное смещение канала 1.
3	Подстройка смещения канала 1.
4	Подстройка шкалы канала 0.
5	Подстройка шкалы канала 1.
6	Полное смещение канала синхронизации
7	Подстройка смещения канала синхронизации

Формат кода данных:

A2	A1	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Имя

Описание

D<0...7>

Двоичный код уровня синхронизации. Код 128 – средняя точка диапазона, соответствует напряжению 0В. Код 255 соответствует +0,5В а код 0 соответствует –0,5В.

D7 – старший бит. D0 – младший бит.

A<2-0>

Адрес регистра ЦАП-а

Доступ к регистрам осуществляется через порт (BASE0+0E).

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
x	x	x	x	x	CS	SDATA	SCLK

Сигнал	Назначение
CS	Сигнал разрешения (активный низкий).
SDATA	Собственно данные
SCLK	Сигнал стробирования данных (по фронту)

Регистр запуска АЦП (Запись BASE0+F)

Регистр предназначен для запуска АЦП и записи данных во внутреннее ОЗУ платы. Данный режим устанавливается записью любого числа по адресу BASE0+F.

Регистр данных АЦП (чтение BASE1+0)

Регистр чтения результатов преобразования.

Обратите внимание: регистр данных необходимо считывать только как 32-битный регистр данных.

D31	D30	D29	D28	D27	D26	D25	D24	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16
BD11	BD10	BD9	BD8	BD7	BD6	BD5	BD4	BD3	BD2	BD1	BD0	DD7	DD6	DD5	DD4

D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
AD11	AD10	AD9	AD8	AD7	AD6	AD5	AD4	AD3	AD2	AD1	AD0	DD3	DD2	DD1	DD0

AD11... AD0 – Данные 0-го АЦП

BD11... BD0 – Данные 1-го АЦП.

DD7...DD0 – Данные цифрового синхронного порта данных.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АЦК

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 указанным нормативным документам 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.

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) Естественно называть статическим режимом работы АЦП такой, при котором за время преобразования входной сигнал меняется не 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 АЦК, знания основных метрологических характеристик АЦК по вышеперечисленным нормативным документам оказывается явно недостаточно. Поэтому Центр АЦП применяет, наряду с регламентированными этими ГОСТ, другие метрологические характеристики АЦК для расчёта инструментальной погрешности результатов измерения.

Знание МХ АЦК позволяет решить следующие прикладные вопросы:

- 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 единственно 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 (следовательно, величина МЗР);
- частота дискретизации АЦП.

Для определения оценки инструментальной погрешности измерений переменного напряжения используются следующие параметры:

- ошибка сдвига;
- ошибка диапазона;
- число эффективных разрядов (ЧЭР).

Ошибка диапазона является статической аддитивной погрешностью. Число эффективных разрядов 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 частные динамические НМХ используются в зависимости от частоты входного сигнала, частоты дискретизации АЦП, коэффициентов усиления АЦК, режимов включения усилителей и диапазона характеристики преобразования АЦП платы.

Статические параметры АЦП

Здесь описываются статические параметры АЦП, которые регламентированы ГОСТ 24736-81 «Преобразователи интегральные цифро-аналоговые и аналого-цифровые. Основные параметры» и ОСТ 1100783-84. Рисунок (Рисунок 4) призван помочь более наглядно представить предмет обсуждения.

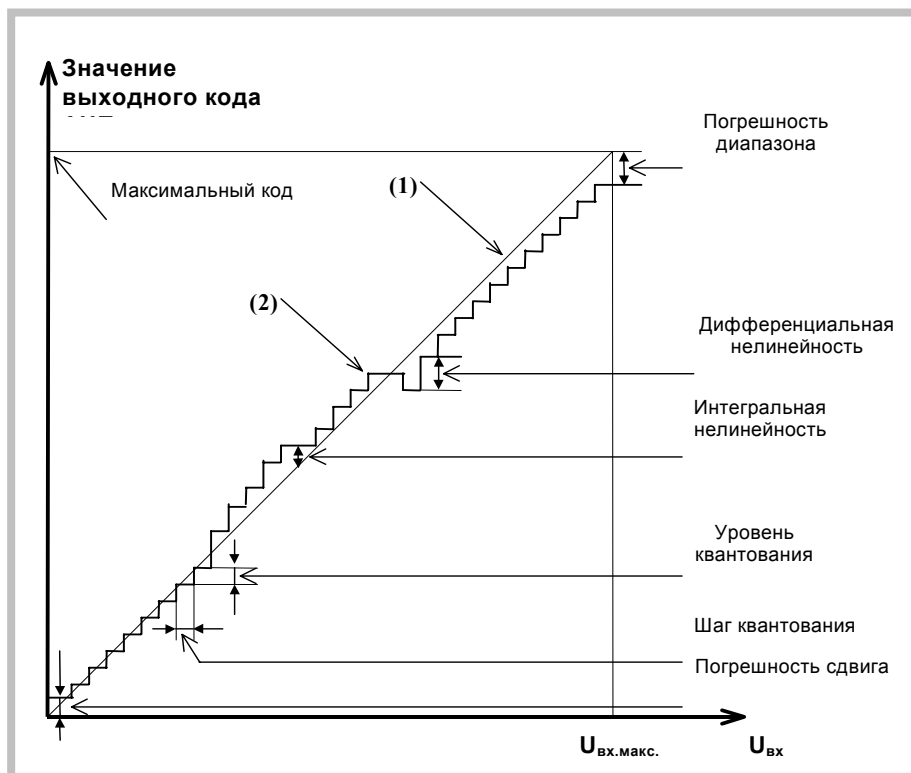


Рисунок 4. Статические параметры АЦП

- **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 равно $0 \div (2^N - 1)$.
- **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.

- **Отклонение в конечной точке**, $\delta_{\text{пд}}$. 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)**, $\delta_{\text{диф}}$. 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.*

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.

Динамические параметры АЦП 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 считается 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 $C/Ш [дБ] = (6,02 \cdot N + 1,76)$. В случае идеального 16-разрядного это даст $6,02 \times 16 + 1,76 = 98 [дБ]$. 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 ($K_{ги}$).** 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

$$K_{ги} [дБ] = 10Lg((A_2)^2 + (A_3)^2 + (A_4)^2 + (A_5)^2) / (A_1)^2,$$
 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. Знание РДД приобретает важность 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-Шиляев", 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РЕЗУЛЬТАТЫ КАЛИБРОВКИ ПЛАТЫ ЛА-н20-12РСІ

Калибровка платы производится по следующим статическим параметрам:

- собственный шум при закороченных входах;
- дифференциальная нелинейность;
- интегральная нелинейность.

Калибровка платы производится по следующим 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;
- число эффективных разрядов в зависимости от входной частоты при различных диапазонах характеристики преобразования АЦП, усилении инструментального и программируемого усилителей и для заданной частоты дискретизации.

Отдельные усредненные результаты калибровки приводятся ниже, а так же в разделе «Технические данные».

Статистика результатов данных, собранных с ЛА-н20-12РСІ при заземленном входе

- 1) Диапазон входного сигнала АЦП платы ЛА-н20-12РСІ $\pm 0,5\text{В}$. Частота запуска АЦП минимальная - 156,25 кГц. Число собранных отсчетов 8192. При этом действующее напряжение шумов составляет -67,4 дБ относительно уровня максимального входного напряжения 0,5В (Рисунок 5).

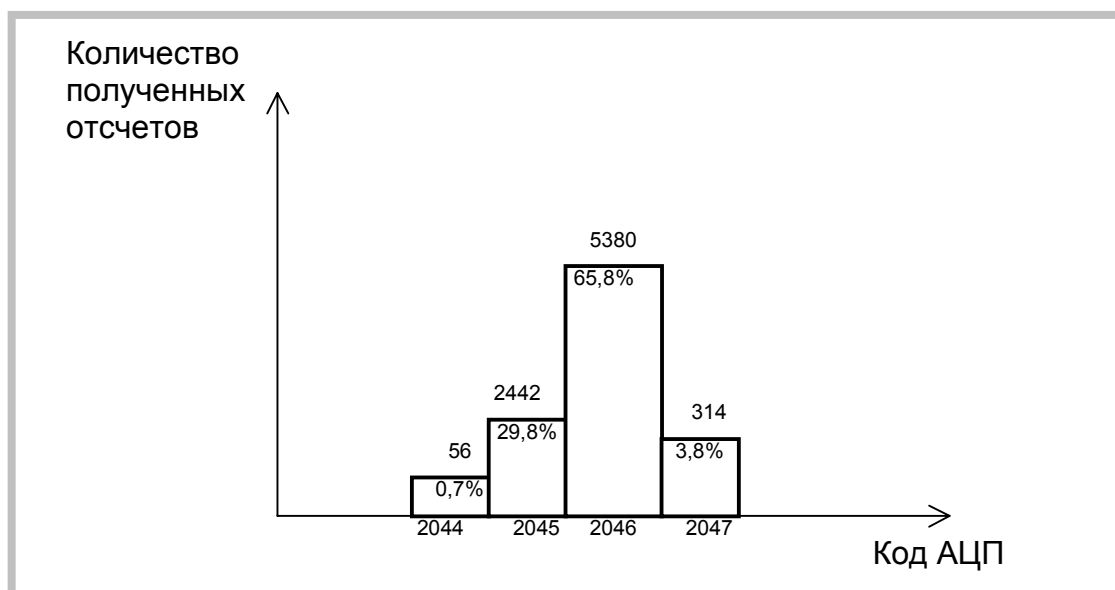
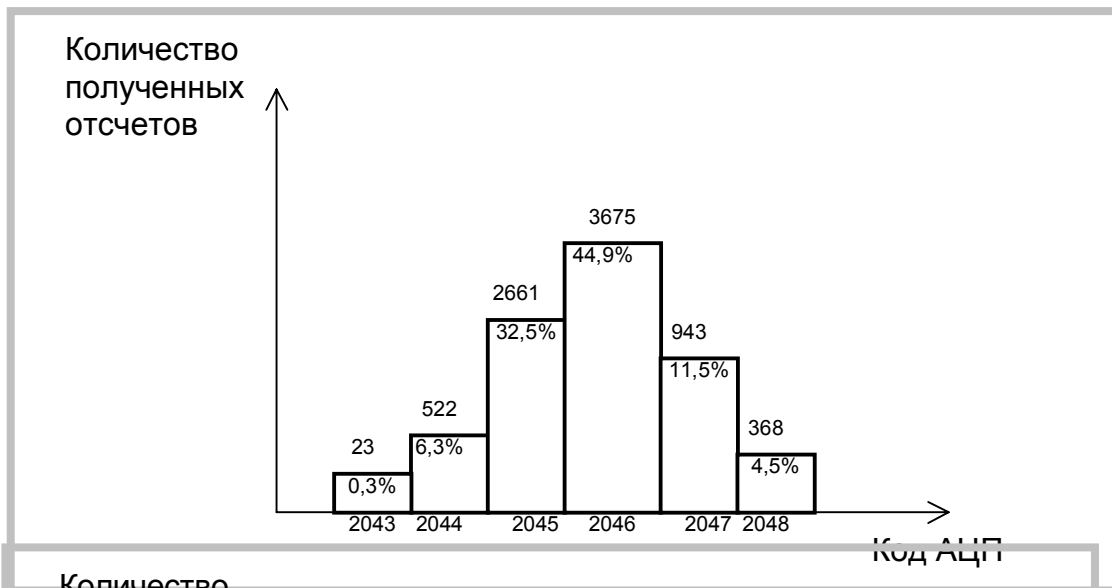


Рисунок 5. Статистика результатов данных 1

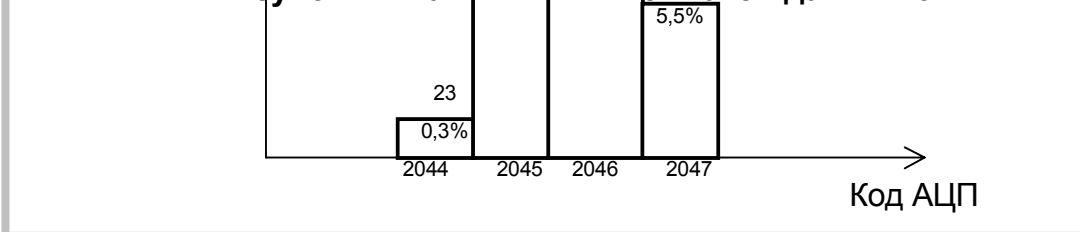
- 2) Диапазон входного сигнала АЦП платы ЛА-н20-12РСІ $\pm 0,1В$. Частота запуска АЦП минимальная - 156,25 кГц, число собранных отсчетов 8192. При этом действующее напряжение шумов составляет -64,4 дБ относительно уровня максимального входного напряжения 0,1В (Рисунок 6).

Рисунок 6. Статистика результатов данных 2



- 3) Диапазон входного сигнала АЦП платы ЛА-н20-12РСІ $\pm 0,5В$. Частота запуска АЦП максимальная - 40 МГц. Число собранных отсчетов равно 8192. При этом действующее напряжение шумов составляет -68,2 дБ относительно уровня максимального входного напряжения 0,5В (Рисунок 7).

Рисунок 7. Статистика результатов данных 3



- 4) Диапазон входного сигнала АЦП платы ЛА-н20-12РСІ $\pm 0,1\text{В}$. Частота запуска АЦП максимальная - 40 МГц. Число собранных отсчетов равно 8192. При этом действующее напряжение шумов составляет -63,7 дБ относительно уровня максимального входного напряжения 0,1В (Рисунок 8).

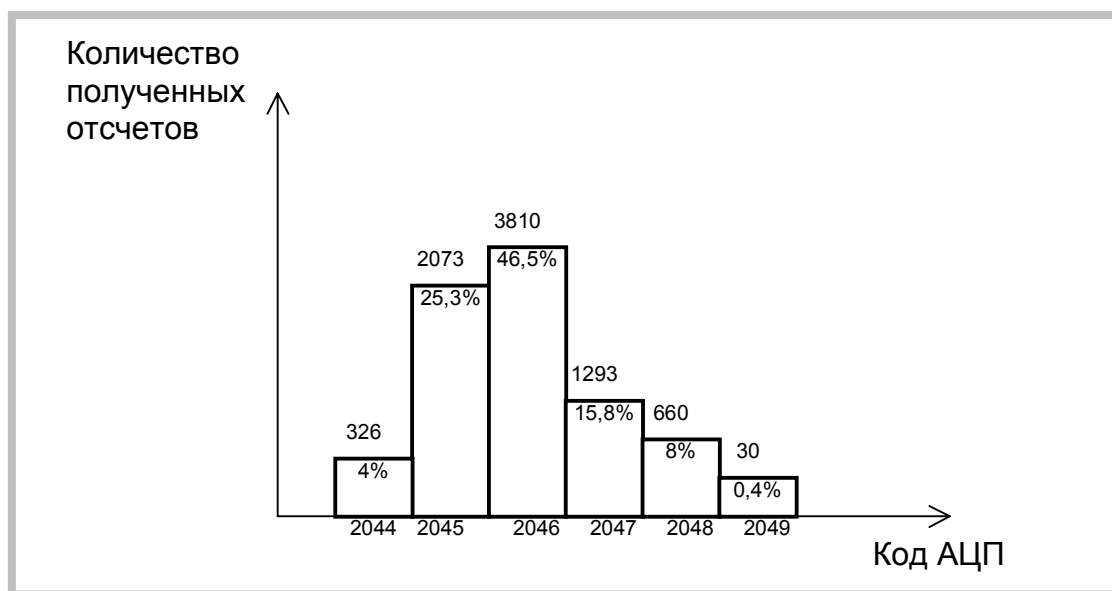


Рисунок 8. Статистика результатов данных 4

Динамические параметры АЦК платы ЛА-н20-12РСІ

Проникание из канала в канал

Ниже приводятся результаты калибровок платы ЛА-н20-12РСІ на проникание из канала в канал при работе АЦП (Таблица 10). На 0 канал подано гармоническое входное воздействие $F_{\text{ВХ}}$ амплитудой $\pm 0,5\text{В}$, вход канала 1 заземлен. Анализируется уровень $F_{\text{ВХ}}$ на канале 1 платы ЛА-н20-12РСІ.

Приняты следующие условные обозначения:

- Входная частота калибровочного сигнала - $F_{\text{ВХ}}$, (МГц),
- Частота запуска АЦП - $F_{\text{АЦП}}$ МГц.

Таблица 10. Результаты калибровок платы ЛА-н20-12РСІ на проникание из канала в канал при работе АЦП

$F_{\text{АЦП}}$ (МГц)	Уровень проникания (дБ), канал 1 заземлен				
10	-84	-84	-82		
20	-86	-85	-82	-78	
40	-84	-86	-82	-78	-77
$F_{\text{ВХ}}$ (МГц) 0 канал	0,4	1,2	5,2	9,8	18,3

Идентичность плат по амплитудным и фазовым характеристикам

Для многих задач необходимо иметь несколько идентичных по характеристикам аналогово-цифровых каналов. Для сравнения было взято две серийные платы ЛА-н20-12РСІ и оценены отличия их амплитудных и фазовых характеристик по каналам.

Таблица 11. Результаты сравнения двух плат ЛА-н20-12РСІ по амплитудным и фазовым характеристикам

F_{ВХ} (МГц)	Результаты сравнения						
1,5	0,82/0,19	0,84/0,20	0,79/0,21	0,39/0,22	3,8/0,5	5,6/0,22	1,79/1,80
4,5	0,77/0,20	0,62/0,21	0,45/0,23	0,38/0,25	1,75/0,56	6,3/0,9	6,1/0,7
7,0	0,73/0,26	0,79/0,24	0,82/0,17	1,07/0,19	2,15/1,1	5,2/1,17	2,26/3,3
9,0	0,72/0,33	0,75/0,34	0,96/0,39	1,5/0,43	3,14/0,8	2,15/1,15	0,5/2,24
14,0	0,56/0,45	0,53/0,48	0,20/0,5	1,25/0,6	0,66/0,8	1,7/1,97	6,7/4,17
19,0	0,37/0,58	0,41/0,55	0,65/0,47	0,71/0,52	0,65/1,29	0,69/2,5	4,1/2,7
A_{МАХ}/A_{ВХ} (дБ)	0	10	20	30	40	50	60

➤ Пояснения к таблице:

- 1) Результаты сравнения представлены в виде дробного числа. В числителе приведено относительное искажение амплитуды по каналам выраженное в процентах:

$$\left(1 - \frac{\min(A_i)}{\max(A_i)}\right) \times 100\%$$

где $\min(A_i)$ -минимальная разность амплитуд по каналам,

$\max(A_i)$ -максимальная разность амплитуд по каналам.

В знаменателе приведена максимальная разность фаз по каналам, выраженная в градусах.

- 2) В первой строке таблицы - отношение максимальной амплитуды $\pm 0,5В$ к амплитуде входного сигнала, выраженное в дБ. В первом столбце указана частота входного сигнала в МГц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СИСТЕМА ПРЕРЫВАНИЙ IBM PC/AT

Средства генерации и обработки прерываний являются важной составной частью любой вычислительной системы, в том числе и персональной ЭВМ типа 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 фирмы 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 (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 так далее), поэтому фирмой IBM установлен стандарт использования запросов наиболее распространенными устройствами. В таблице (Таблица 12) в порядке убывания приоритетов приведено распределение запросов IRQ между устройствами ПЭВМ.

Следует соблюдать осторожность при выборе уровня запросов для ЛА-н20-12PC1, чтобы выбранное прерывание 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 PC/AT).

Таблица 12. Распределение запросов IRQ между устройствами ПЭВМ типа IBM PC/AT

Приоритет запроса	IBM PC/AT
0	Таймер
1	Клавиатура

Приоритет запроса	IBM PC/AT
2	Каскадирование
8	Часы реального времени
9	Программа переводится в IRQ2
10	Резерв
11	Резерв
12	Резерв
13	Математический сопроцессор
14	Контроллер жесткого диска
15	Резерв
3	COM2
4	COM1
5	LPT2
6	Контроллер дисководов
7	LPT1

Для вывода информации в PIC 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 PIC, порты первого контроллера имеют те же адреса (20h и 21h), порты второго контроллера расположены по адресам A0h и A1h.

Режимы работы программируемого контроллера прерываний следующие:

3) 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.

4) 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.

5) Программно-управляемый сдвиг приоритетов (Specific Rotation)

Программист может сам передать команду циклического сдвига приоритетов PIC, 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 приоритет, и будет обрабатываться последним.

6) **Автоматическое завершение обработки прерывания (Automatic End Of Interrupt, AEI)**

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 PIC. В режиме AEI 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.

7) **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.

8) **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 PIC информацию о наличии запросов на прерывания и, если запросы имеются, номер уровня с максимальным приоритетом, по которому есть запрос.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

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

АЦК - аналогово-цифровой канал (совокупность аналоговых и цифровых устройств, соединённых определенным образом).

АЦП - аналогово-цифровой преобразователь.

AGND - аналоговая земля (в ЛА-н20-12РСІ используется для подключения земли внешних аналоговых сигналов к плате).

Базовый адрес - шестнадцатеричное число, указывающее место платы в адресном пространстве IBM PC.

Байт (Byte) - последовательность битов (обычно используется 8 битовый байт). Каждый байт соответствует одному знаку данных, букве, символу, цифре. Используется в качестве единицы ёмкости запоминающих устройств.

Бит (Byt) - двоичная единица измерения количества информации.

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

DGND - цифровая земля используется для подключения земли цифровых устройств.

Драйвер - блок управления, формирующий нормируемые сигналы на линиях интерфейса; периферийное электромеханическое оборудование с магнитной запоминающей средой; программа управления конкретным периферийным устройством.

Дифференциальный режим - входной сигнал имеет две противофазные составляющие относительно шины земли.

Внешняя цифровая шина (ВЦШ) - дополнительная (по отношению к ISA или EISA) шина данных с адресными линиями, линиями прерывания и прямого доступа к памяти. предназначена устройства, подключенного в качестве управляющего к самой внешней шине.

Интерфейс (Interface) - совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие компонентов вычислительной системы или сети.

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

МЗР - младший значащий разряд, минимальное входное напряжение, разрешаемое АЦП. Для АЦП с N разрядами в выходном регистре он равен отношению максимального размаха входного напряжения АЦП к 2^N .

Обработка данных - системное выполнение операций над данными.

Однополюсный режим - входной сигнал имеет только одну составляющую относительно шины земли.

Однополярный режим - входной сигнал принимает, как правило, только положительные значения, например: 0...5 Вольт.

Прерывание - преждевременное принудительное прекращение нормальной последовательности выполнения операции.

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.

ПДП (DMA) режим - режим прямого доступа к памяти.

ППУ - программно переключаемый усилитель.

ПСД - плата сбора 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 противофазные сигналы.

Система обработки данных - система, выполняющая автоматизированную обработку данных и включающая технические средства обработки данных, методы и процедуры и программное обеспечение.

Слово - определённое сочетание битов, имеющее конечную длину и рассматриваемое как единое целое при передаче, приёме, обработке, отображении и хранении.

УВХ - устройство выборки-хранения.

ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь.

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