

# VADC16

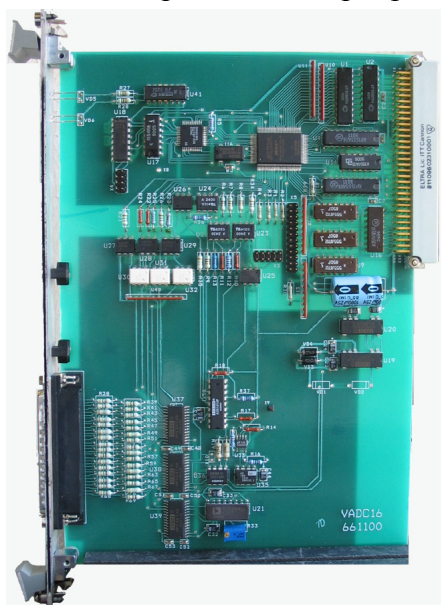
6-sep-2011  
Embedded software version 1.

## 1. Назначение и состав устройства

Устройство предназначено для использования в системах автоматизации ускорительных комплексов, а также как универсальный многоканальный АЦП широкого применения. Устройство выполнено в стандарте VME.

Состав устройства:

- 24-х разрядный АЦП;
- 24-х канальный двухпроводный коммутатор входного сигнала, 16 каналов которого выведены на внешний разъем;
- термодатчик, установленный на плате;
- header, позволяющий пользователю изменять базовый адрес устройства;
- встроенный микропроцессор.



Внешний вид устройства.

АЦП может работать в различных режимах. Основным режимом является режим многоканальных измерений. В этом режиме устройство сканирует заранее заданные каналы, измеряет напряжения на них, запоминает их в памяти и генерирует сигнал прерывания управляющему процессору (если это было задано). Для исследования поведения источников напряжения во времени используется режим непрерывных одноканальных измерений.

Отличительной особенностью устройства является гальваническая изоляция аналоговой части от цифровой. Аппаратно измеритель устройства реализован на микросхеме сигма-дельта АЦП и 24-канального двухпроводного аналогового мультиплексора. Все входы гальванически не изолированы между собой

## 2. Основные параметры устройства:

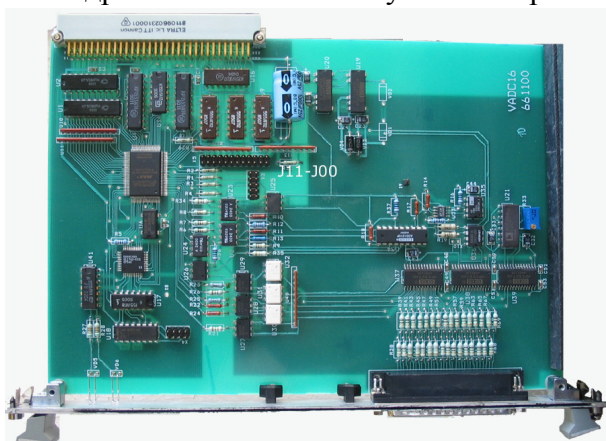
1. Разрядность АЦП - 24 бит.
2. Разрешающая способность АЦП - 24 бит.
3. Эффективное количество разрядов АЦП – от 15бит (при времени измерения 1 мс) до 20 бит (при временах измерения 20 мсек и более).
4. Смещение нуля АЦП в диапазоне температур не более- 100 мкВ.
5. Точность АЦП во всем диапазоне температур не менее - 0.003%
6. Диапазон входных напряжений АЦП -  $\pm 10\text{В}$ .
7. Входной ток АЦП не более 1 нА.
8. Допустимое синфазное напряжение АЦП - 100 В.
9. Подавление синфазной помехи АЦП не менее- 100 дБ.
10. Подавление дифференциального сигнала частотой 50 Гц не менее 60 дБ.
11. Подавление дифференциального сигнала частотой 60 Гц не менее 48 дБ.
12. Допустимое напряжение между любой парой входных контактов не более 15 В.
13. Крутизна температурного датчика – 1.9 мВ (типичное).
14. Напряжение с температурного датчика при  $+25\text{ }^\circ\text{C}$  –  $0.56\text{ В} \pm 10\%$ .
15. Время измерения АЦП от 1 мс до 160 мс.
16. Используемое напряжение питания блока +5 В.
17. Потребляемый ток во всех режимах - менее 1.0 А (номинал 0.8А).

## 3. Подключение устройства

На передней панели расположен разъем типа DRB37M для подключения аналоговых сигналов и два светодиода. Один светодиод индицирует процесс обслуживания запроса ЭВМ на проведение измерений, а второй- отмечает процесс калибровки устройства.

### 3.1. Перемычки

Устройство имеет набор из 12 перемычек, которые используются для изменения базового адреса устройства. Модуль занимает в адресном пространстве ввода/вывода VME два 16-разрядных регистра (4 байта). Соответственно, перемычки позволяют перемещение базового адреса с шагом 16. Отсутствие перемычки трактуется как 0, наличие- как 1.



Соответствие перемычек адресам приведено ниже.

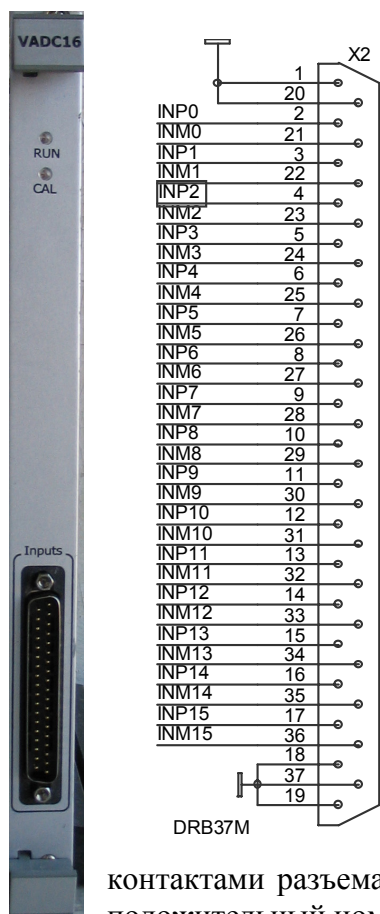
Перемычка	J11	J10	J9	J8	J7	J6	J5	J4	J3	J2	J1	J0
Адрес	A15	A14	A13	A12	A11	A10	A09	A08	A07	A06	A05	A04

### Пример расшифровки адреса.

Переключатель	J11	J10	J9	J8	J7	J6	J5	J4	J3	J2	J1	J0
Состояние	Off	On	Off	Off	On	Off	Off	Off	On	Off	Off	Off

Эта комбинация соответствует адресу 0x4880. Соответственно, модуль будет использовать адреса 0x4880 и 0x4882.

### 3.2 Передняя панель.



На передней панели расположены:

Светодиод **Run**

Светодиод **Calibration**

Кнопка **Reset**

Разъем **Inputs**

Светодиод **Run** включается на время измерений по запросу от контроллера.

Светодиод **Calibration** включается на время процедуры калибровки АЦП.

После включения питания блок мигает всеми светодиодами.

Кнопка **Reset** предназначена для аппаратного сброса процессора. Она не предназначена для повседневного использования.

Разъем **Inputs** предназначен для подключения к модулю измеряемых сигналов. Используется разъем типа DRB37M. Входы аналоговых напряжений не являются гальванически изолированными, а имеют общую «землю». «Земляные» выводы использовать не рекомендуется, в следующих версиях устройства они будут устранены. Соединение с источником сигнала рекомендуется осуществлять витыми парами. Ниже приводится схема соединения аналоговых входов АЦП с контактами разъема.

Мнемоника обозначений следующая: INP $x$  обозначает вход положительный номер  $x$ , INM $x$  обозначает вход отрицательный номер  $x$ .

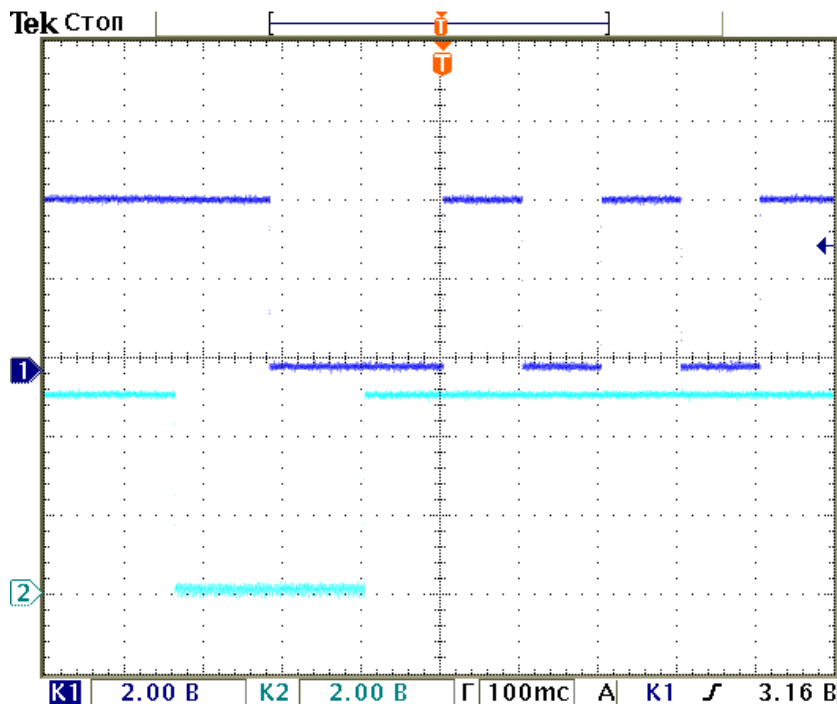
## 4. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ устройства VADC16

Измеритель состоит из собственно АЦП, опорного источника, и аналогового мультиплексора. В приборе использована микросхема сигма-дельта АЦП, которая имеет ряд специфических особенностей, накладывающая отпечаток на функции прибора в целом. Для лучшего понимания функционирования прибора эти особенности нужно знать.

Сигма-дельта преобразователи обеспечивают высокую разрешающую способность и низкий уровень шумов, но обладают низкой стабильностью. Для компенсации этого недостатка используется процедура калибровки. В приборе VADC16 в основных режимах работы процедуры калибровки выполняются скрытым от пользователя образом, но они требуют значительных затрат времени и приводят к задержкам в выдаче измеренного значения.

Сигма-дельта преобразователи используют сложную цифровую обработку сигнала и корректно обрабатывают только медленно изменяющиеся сигналы. При скачкообразном изменении сигнала (или изменении на неизвестную величину), что имеет место при многоканальных измерениях, первые вычисленные коды являются недостоверными, а первые достоверные значения имеют заметную шумовую составляющую. В приборе это учитывается и при многоканальных измерениях недостоверные (или предположительно недостоверные) значения, а также значения недостаточно отфильтрованные, аннулируются. В одноканальном режиме пользователю отдаются все значения.

Вышеописанные особенности приводят к двум следствиям. Во первых, при указании времени интегрирования, например 20 мсек, в одноканальном режиме данные будут поступать именно с таким интервалом, т.е. через 20 мсек. В случае многоканальных измерений, после изменения номера канала первых четыре измерения будут аннулироваться внутренним процессором, т.е. данные будут выдаваться через 100 мсек. Второе следствие вызвано необходимостью калибровки измерителя. Калибровка производится перед началом одноканальных измерений один раз, а для многоканальных измерений калибровка производится в начале каждого цикла сканирования. Процедура калибровки приводит к задержке измерений примерно на 11-12 циклов (на 240 мсек для 20 мсек интегрирования).



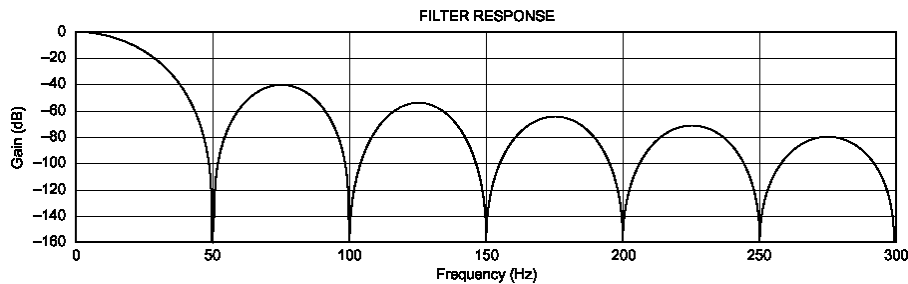
5 Мар 2003  
10:44:06

50.60 %

Приведенная осциллограмма иллюстрирует описанное выше. Голубой луч отображает состояние флажка калибровки, а синий луч - состояние младшего адресного бита входного мультиплексора. АЦП производит измерения с временем 20 мсек в многоканальном режиме. Из осциллограммы видно, что на калибровку тратится 240 мсек, а затем для каждого измерения тратится по 100 мсек.

Наличие микропроцессора в устройстве позволяет в некоторых случаях сократить описанные задержки. Для корректной оценки времени измерения в различных режимах, рекомендуется посмотреть соответствующую таблицу в разделе ПРИМЕЧАНИЯ.

Полезно также учитывать, что прибор эффективно подавляет помехи с периодом повторения кратным времени измерения (и более высокочастотные). По этой причине не рекомендуется устанавливать время измерения менее 20 мсек.



Этот рисунок приводится в справочных данных на используемую микросхему ADS1210 и представляет предполагаемое подавление дифференциального сигнала при времени измерения 20 мсек. При проведении измерений блока, данные совпадали с теоретическими при частотах не совпадающими с полюсами с хорошей точностью.

#### 4.1. Основные режимы измерителя VADC16

Измеритель может работать в нескольких основных режимах, как это уже упоминалось. Основным режимом работы является режим многоканальных измерений. При запуске прибора в режиме многоканальных измерений, устройство производит калибровку, затем поочередно измеряет входные каналы с первого по последний, указанные предыдущими командами от ЭВМ. Каждое измерение укладывается в определенную область внутренней памяти (т.е. каждому каналу соответствует определенная ячейка памяти). При соответствующем модификаторе команды, после измерения последнего указанного канала, модуль начинает измерения сначала. Модуль может выставлять запрос на прерывание после каждого измерения, после цикла измерений, либо не выставлять вообще. В этом случае пользователь может узнать о завершении рабочего цикла чтением внутренней ячейки. Если флажок RUN (и RUNR) равен 0, то модуль завершил цикл измерений. Возможно считывать измеренные значения «на лету», т.е. не останавливая цикла измерений в произвольное время. Чтобы избежать чтения в процессе обновления данных, в этом случае надлежит использовать стандартный прием для такого рода обмена- нужные данные считываются два раза и сравниваются. Если произошла интерференция процессов, то данные не совпадут и нужно прочитать данные еще раз.

Аналоговый мультиплексор имеет 24 входных каналов. Каналы 0-15 соединены с контактами входного разъема. Каналы 16 и 17 используются для процедуры калибровки и соединены с «землей» и эталонным источником напряжения +10В. Канал 18 соединен с термодатчиком, установленным на плате. Остальные каналы в текущей версии соединены с «землей». Пользователь может адресоваться ко всем физическим каналам, в том числе и к внутренним также как и к внешним.

Для исследования динамики источников питания может оказаться полезным осциллографический режим. В этом режиме входное напряжение не может изменяться быстро, и поэтому никакие измерения не отбрасываются. Прибор проводит процедуру калибровки, затем начинает непрерывно измерять сигнал. Период выдачи измеренных данных совпадает с заданным временем измерения.

В обоих режимах процесс непрерывных измерений можно прервать специальной командой.

**Примечание:**

Кодировка АЦП 24-разрядное знаковое число. Ниже приводится соответствие кодов и напряжений. В процедуре перекодировки следует учитывать, что коды АЦП могут выходить за пределы, указанные в таблице при превышении входным напряжением номинальной шкалы (для совместимости подпрограмм с другими моделями АЦП).

Код (16-ричный)	Напряжение
3FFFFFF	+10В
000000	+0.0 В
FFFFFF	-0.0 В
C00000	-10 В

**Времена измерения прибора**

Код	Время Интегрирования	Период выдачи данных в одноканальном режиме	Период выдачи данных в многоканальном режиме	Время обмера 16-ти каналов в многоканальном режиме
0	1 мс	1 мс	5 мс	92 мс
1	2 мс	2 мс	10 мс	184 мс
2	5 мс	5 мс	25 мс	460 мс
3	10 мс	10 мс	50 мс	920 мс
4	20 мс	20 мс	100 мс	1840 мс
5	40 мс	40 мс	200 мс	3680 мс
6	80 мс	80 мс	400 мс	7360 мс
7	160 мс	160 мс	800 мс	14720 мс

**5. ПРОТОКОЛ обмена для устройства VADC16**

Модуль VADC16 является SLAVE модулем и реализует обмен с VME шиной в формате A16:D16 (адресный модификатор 29<sub>h</sub> или 2D<sub>h</sub>). Он занимает в адресном пространстве два 16-разрядных слова. Модуль может также генерировать запрос на прерывание по любой шине IRQ.

**5.1. Регистры VME устройства VADC16**

По адресу XXX0 в модуле размещен 16-разрядный регистр обмена, с помощью которого и осуществляется обмен данными с устройством. При записи в этот регистр, ответ на шину VME (DTACK) задерживается на несколько микросекунд для исполнения команды, содержащейся в записанном слове. При чтении этого регистра задержки ответа нет.

Формат регистра обмена

При записи

Старший байт	Младший байт
Команда устройству	Модификатор команды

При чтении

Старший байт	Младший байт
--------------	--------------

Команда устройству или Запрошенные данные	Модификатор команды или Запрошенные данные
--	---

При записи в регистр обмена, старший байт данных интерпретируется как команда устройству, а младший байт как модификатор команды (или как сопутствующие данные). Если команда устройству требует возврата каких-то данных, то они переписываются устройством в регистр обмена и могут быть затем считаны. Если команда не требует возврата данных, то в регистре обмена остается информация, записанная в цикле записи.

По адресу XXX2 в модуле размещен регистр прерываний.

Старший байт	Младший байт
Номер линии IRQ	Вектор прерывания

В старший байт контроллер записывает номер линии IRQ, по которой будет производиться запрос на прерывание, а в младший байт записывается вектор прерывания, который модуль выставит на шину в цикле обработки прерывания. В старшем байте фактически используются три бита. Комбинации от 1 до 7 определяют линию IRQ1 по IRQ7. Комбинация 0 запрещает генерацию запроса на прерывание.

При чтении регистра прерываний, модуль отдает на шину данных то, что было записано.

## 5.2. Команды устройства VADC16

**Команда 0-** остановка измерений. Для этой команды модификатор не существует. Команда предназначена для прерывания циклического процесса измерений.

**Команда 1-** старт измерений. По этой команде микропроцессор организует процедуру измерений, используя параметры, определенные ранее (номера каналов, время интегрирования). Модификатор команды специфицирует режим измерений. Модификатор команды состоит из следующих бит:

b0- измерения одноканальные (0) или многоканальные (1).

b1- одиночный цикл(0) или непрерывные измерения (1).

b2- генерация прерывания в конце цикла измерений (0) или после каждого измерения (1). Этот бит функционирует только в многоканальном режиме. В одноканальном режиме этот бит разрешает прерывание на каждое измерение (1) либо запрещает его (0).

**Команда 2-** запись времени интегрирования. Байт модификатора определяет время интегрирования. Значащими являются три бита. Соответствие кода и времени интегрирования можно посмотреть в соответствующей таблице.

**Команда 3-** запись номера начального канала (для многоканального режима) или измеряемого канала (для одноканального режима). Байт модификатора определяет номер записываемого канала. Значащие значения от 0 до 23.

**Команда 4-** запись номера конечного канала (для многоканального режима). Байт модификатора определяет номер записываемого канала. Значащие значения от 0 до 23.

**Команда 5-** запрос данных из памяти микропроцессора. Байт модификатора определяет адрес запрошенной ячейки. Приняв такой запрос, микропроцессор переписывает в регистр обмена два байта. В младший байт регистра обмена переписывается содержимое запрошенной ячейки, а в старший байт- содержимое следующей ячейки.

### 5.3. Данные в памяти микропроцессора VADC16

Ниже приводится карта памяти микропроцессора. Если трактовка ячейки неочевидна, то дополнительная расшифровка приводится после карты памяти.

Адрес 10-тичн.	Адрес 16-ричн.	Имя	Назначение
255	FF	Reserved	Не используется
254	FE	Ch31DATAhigh	Данные канала 31 (старший байт) (не существует)
253	FD	Ch31DATAmiddle	Данные канала 31 (средний байт) (не существует)
252	FC	Ch31DATAlow	Данные канала 31 (младший байт) (не существует)
...	...	...	...
135	87	Reserved	Не используется
134	86	Ch01DATAhigh	Данные канала 01 (старший байт)
133	85	Ch01DATAmiddle	Данные канала 01 (средний байт)
132	84	Ch01DATAlow	Данные канала 01 (младший байт)
131	83	Reserved	Не используется
130	82	Ch00DATAhigh	Данные канала 00 (старший байт)
129	81	Ch00DATAmiddle	Данные канала 00 (средний байт)
128	80	Ch00DATAlow	Данные канала 00 (младший байт)
		ACC	Аккумулятор, хранящий текущее измерение
114	72	HWversion	Версия аппаратная
113	71	SWversion	Версия программного обеспечения
40	28	ADTIME	Время интегрирования
39	27	CHCUR	Номер измеряемого канала
38	26	CHEND	Номер конечного канала
37	25	CHBEG	Номер начального канала
34	22	FLAG1	Байт битовых флагов
33	21	FLAG0	Байт битовых флагов

FLAG0 представляет из себя копию модификатора команды старта измерений.

FLAG1 состоит из следующих битовых флагов:

b0 – Run – идет процедура измерения.

b1 – RunR – принят запрос на процедуру измерений, но сама процедура еще не началась.

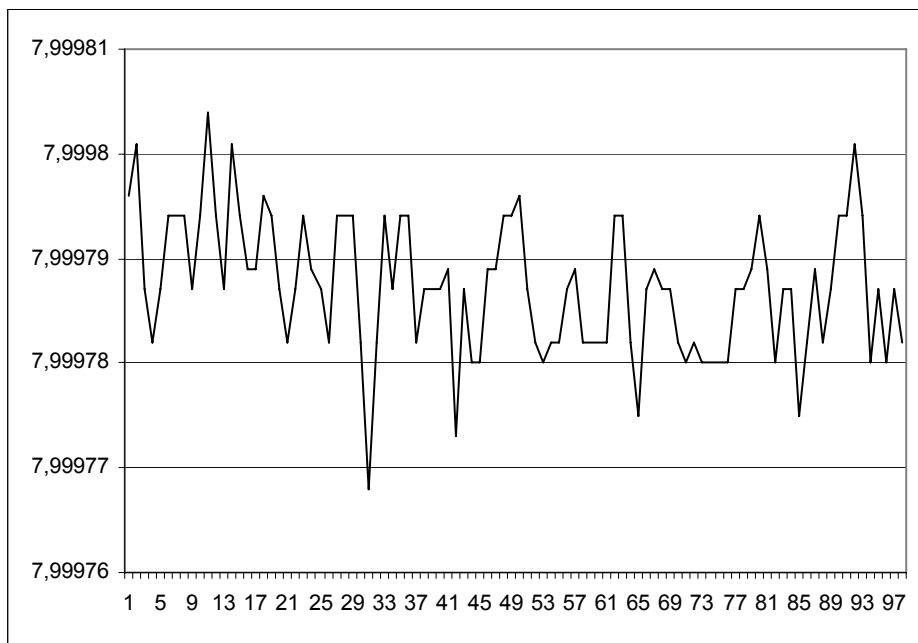
b2 – Calibration – идет процесс калибровки АЦП.

b3 – содержимое ACC обновлено. Этот бит сбрасывается чтением переменной

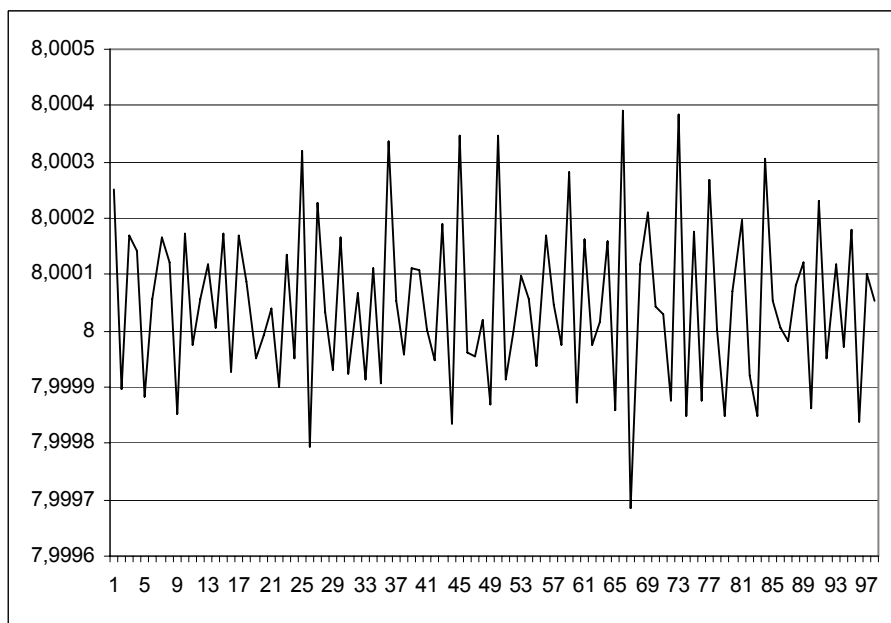
ACC.



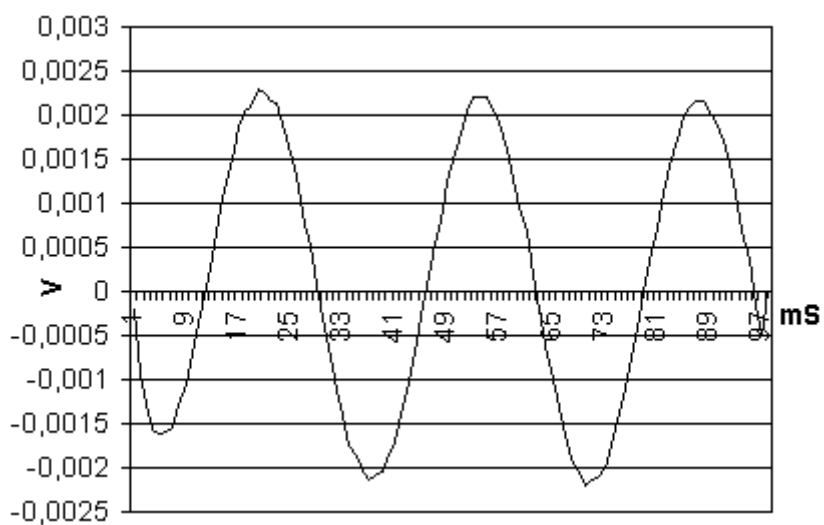
## 6. Некоторые характеристические кривые для VADC16



Типичная шумовая дорожка для АЦП. Измерения производились в одноканальном режиме, время измерения 20 мс/отсчет. Напряжение в вольтах, цена деления по вертикали-10 микровольт.



Типичная шумовая дорожка для АЦП. Измерения производились в одноканальном режиме, время измерения 1 мс/отсчет. Напряжение в вольтах, цена деления по вертикали-100 микровольт.



Регистрация малого сигнала частотой 30 Гц. Измерения производились в одноканальном режиме, время измерения 1 мс/отсчет. Напряжение в вольтах, цена деления по вертикали- 500 микровольт.