

# СЕАС124

7-dec-2009.  
Embedded software version 4.

## Содержание

1. Назначение и состав устройства
2. Основные параметры устройства
3. Подключение устройства
  - 3.1. Перемычки
  - 3.2. Передняя панель
  - 3.3. Соединительный разъем
4. Функционирование устройства СЕАС124
  - 4.1. Цифроаналоговый преобразователь СЕАС124
  - 4.2. Аналого-цифровой преобразователь СЕАС124
5. Протокол для устройства СЕАС124
  - 5.1. Список команд
  - 5.2. Детализация информационных пакетов (команд)
  - 5.3. Глобальные послылки
6. Некоторые характеристические кривые для СЕАС124
7. Версии программного обеспечения для СЕАС124

## 1. Назначение и состав устройства

Устройство предназначено для управления и контроля напряжений источников питания в системах управления ускорительных комплексов, а также как универсальный ЦАП/АЦП широкого применения.

Состав устройства:

- 16-разрядный 4-канальный двухполярный ЦАП;
- 12 канальный прецизионный АЦП
- 4 канальный выходной регистр с гальванически изолированными выходами;
- 4 канальный входной регистр с гальванически изолированными входами;
- CANBUS интерфейс, по которому осуществляется связь устройства с управляющей ЭВМ;
- встроенный микропроцессор.



Внешний вид устройства. SEAC124

С точки зрения пользователя ЦАП может трактоваться либо как обычный многоканальный цифроаналоговый преобразователь, либо как генератор функций. В микропроцессоре может содержаться файл для ЦАПа, по которому устройство формирует изменяющееся напряжение методом кусочно-линейной интерполяции. Все ЦАПы на линии CANBUS могут стартоваться одновременно широковещательной посылкой и с неопределенностью около 10 мсек изменять напряжения/токи соответствующих каналов источников питания ускорительного комплекса.

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 выдает данные в линию (если это было задано). Для исследования поведения источников напряжения во времени используется режим непрерывных одноканальных измерений (режим цифрового осциллографа). В этом режиме устройство проводит измерения одного входного канала с заданным временем измерения и коэффициентом усиления входного сигнала и выдает эти измерения в линию. Для расследования аварийных ситуаций может быть использован режим постоянной регистрации. В этом режиме прибор постоянно измеряет выбранный канал и измеренные значения складывает во внутренний кольцевой буфер на 128 измерений. В любой момент

управляющая ЭВМ может прервать этот режим, считать значение указателя кольцевого буфера и просмотреть динамику измеряемой величины во время, предшествующее прерыванию. Фактически, два последних режима являются одним. Различаются они только пометкой в режиме, которая и определяет различие поведения прибора. Информация либо выдается наружу, либо складывается в память.

Все либо часть АЦП на линии CANBUS могут стартоваться в многоканальном режиме одновременно широковещательной посылкой. Это реализовано с помощью механизма меток. При указании режима многоканальной работы, пользователь может определить метку. При получении команды группового старта, поле метки в этой команде должно совпасть с ранее записанной меткой многоканального режима. Команды остановки существуют только индивидуальные, либо общие, групповые стопы в протоколе не предусмотрены.

Аппаратно измеритель устройства реализован на микросхеме сигма-дельта АЦП и 12-канального двухпроводного аналогового мультиплексора. Все входы гальванически не изолированы между собой. Устройство предназначено для встраивания в стойки источников питания. Питание осуществляется от внешнего источника +5В (5%).

## 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- 50 мкВ.
5. Точность АЦП (при времени интегрирования 20 мсек или больше) во всем диапазоне температур не менее - 0.003%
6. Точность АЦП (при времени интегрирования 1 мсек) во всем диапазоне температур не менее - 1.0%
7. Диапазон входных напряжений АЦП  $\pm 10$ В.
8. Входной ток АЦП не более 1 нА.
9. Допустимое синфазное напряжение АЦП 10.5 В.
10. Подавление синфазной помехи АЦП не менее- 75 дБ.
11. Время измерения АЦП от 1 мс до 160 мс.
12. Разрядность ЦАП - 16 бит.
13. Время установления ЦАПа на полную точность – 0.1 сек.
14. Точность во всем диапазоне температур 0.05%
15. Выходное напряжение  $\pm 10$  В.
16. Сопротивление нагрузки не ниже 10 КОм.
17. Временной квант при формировании выходного напряжения по таблице - 10 мсек.
18. Количество файлов для формирования выходного напряжения -1.
19. Количество точек для линейной интерполяции в файле- 27.
20. Точность внутренних часов 0.01% (взаимосогласованность изменения напряжений в различных блоках при одновременном исполнении файлов).
21. Неопределенность времени начала работы по файлу после получения команды старта - 10 мсек.
22. Каналов выходного регистра – 4.
23. Коммутируемое напряжение - 50 В.
24. Коммутируемый ток - 5÷10 мА.
25. Каналов входного регистра – 4.
26. Входное напряжение для входного регистра 2.5-6.0 В.
27. Входное сопротивление входного регистра 510 Ом.
28. Допустимое напряжение для гальванической изоляции регистров 1500 В.
29. Крутизна температурного датчика – 1.9 мВ/°С (типичное).
30. Напряжение с температурного датчика при +25 °С – 0.56 В  $\pm 10\%$ .
31. CANBUS совместим с ISO 11898-24V (микросхема PCA82C251), приемо-передатчик гальванически изолирован от устройства.
32. Скорости обмена 1000, 500, 250 и 125 Кбод (определяется переключками в устройстве).
33. Напряжение питания блока +5 В.
34. Потребляемый ток во всех режимах - менее 0,8 А (номинал 0,5 А). Источник питания при включении должен кратковременно обеспечивать выходной ток не менее 1,2 А.
35. Высота модуля - 3U.
36. Глубина модуля - 160 мм.

### 3. Подключение устройства

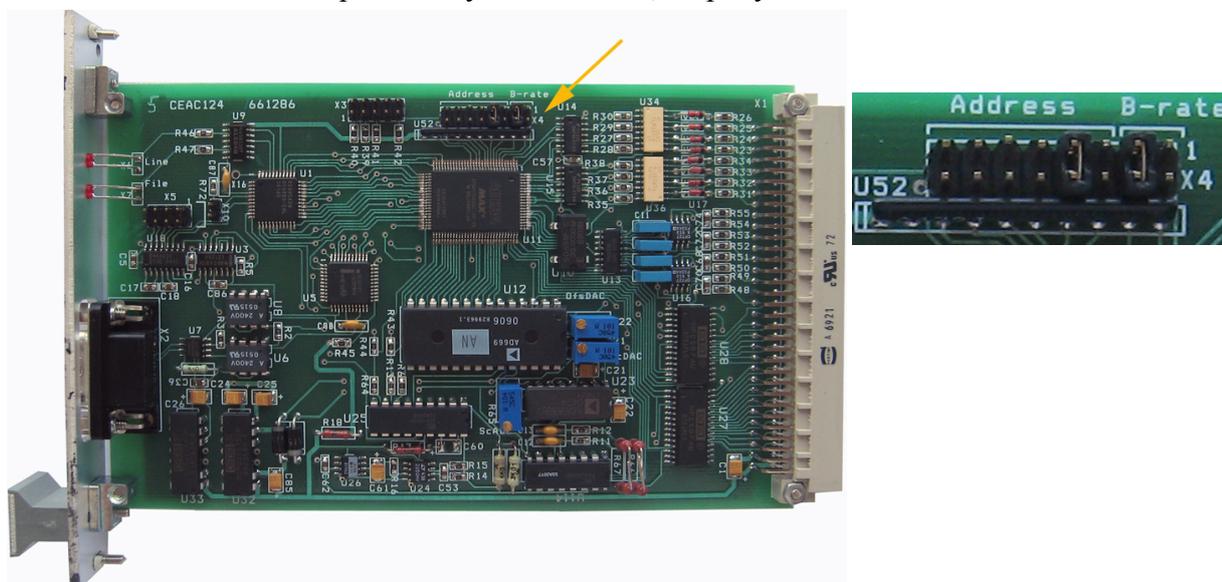
Устройство CEAC124 выполнено в стандарте евромеханики. На передней панели расположен коммуникационный разъем типа DB9M для подключения к линии CANBUS и два светодиода. Светодиоды индицируют обмен с линией и исполнение таблицы. Подключение к каналам управления и контроля осуществляется по задней панели, на которой расположен разъем типа DIN 41612. Входы и выходы аналоговых напряжений, выводы входного и выходного регистров устройства подключены к контактам этого разъема.

#### 3.1. Перемычки

Устройство CEAC124 имеет только один набор перемычек (джамперов)- X4.

X4 включает в себя 8 перемычек (джамперов), шесть из которых определяют номер устройства в линии (используются при формировании идентификатора сообщения), а две перемычки задают скорость связи.

Расположение перемычек указано ниже, на рисунке печатной платы.



Расположение перемычек на печатной плате

Назначение перемычек в группе X4.

Обозначение	Положение	Назначение
X4-7	Верхняя	N5- формирование номера устройства (старший бит)
X4-6	...	N4- формирование номера устройства
X4-5	...	N3- формирование номера устройства
X4-4	...	N2- формирование номера устройства
X4-3	...	N1- формирование номера устройства
X4-2	...	N0- формирование номера устройства (младший бит)
X4-1	...	BR1 определяет скорость обмена с линией
X4-0	Нижняя	BR0 определяет скорость обмена с линией

Перемычки N5...N0 определяют номер устройства, который используется для формирования идентификатора при обмене сообщениями с CANBUSom (более подробно это описано в главе ПРОТОКОЛ). Замкнутая перемычка интерпретируется как логический 0, а

разомкнутая- как логическая 1. **Не рекомендуется использовать адреса 34, 3С, 3D, 3Е и 3F (шестнадцатеричные).**

Задание скорости обмена с линией.

BR1	BR0	Скорость обмена
Замкнуто	Замкнуто	1 Мбит/сек
Замкнуто	Разомкнуто	500 Кбит/сек
Разомкнуто	Замкнуто	250 Кбит/сек
Разомкнуто	Разомкнуто	125 Кбит/сек

### ПРИМЕЧАНИЯ:

1. CANBUS является общей шиной и установка неправильной скорости приведет не только к отсутствию связи с данным блоком, но и к помехам с его стороны для других устройств.

2. К линии могут быть подключены устройства с одинаковым номером, формально это является вполне законным. Однако, это неизбежно приведет к целому ряду недоразумений и поэтому строго не рекомендуется.

### 3.2 Передняя панель.



На передней панели расположены:

Светодиод **Line**

Светодиод **File**

Разъем **CANbus**

Светодиод **Line** включается на время обработки сообщений из линии и в линию.

Светодиод **File** включается процедурой обработки файлов (интерполяции). Таким образом, горящий светодиод индицирует процесс автономного изменения выходного напряжения.

После включения питания блок мигает всеми светодиодами. Вспышками обоих светодиодов индицируется также процедура bus-off recovery.

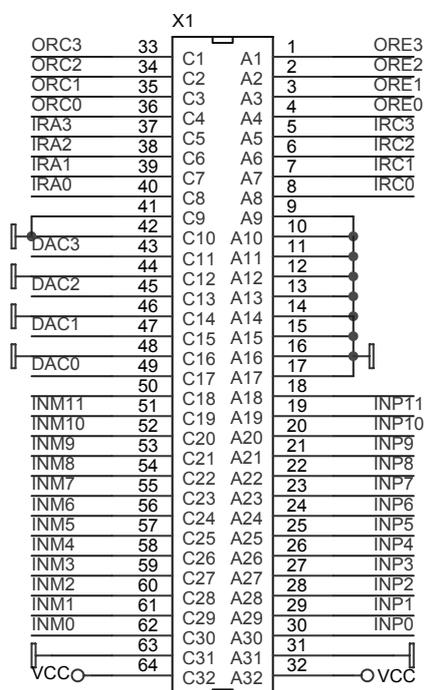
Разъем (типа DB9M) **CANbus** предназначен для подключения устройства к линии. Ниже приводится таблица соединения блока с линией.

2	CAN-L	Одна из жил кабеля
3	GND	Оплетка кабеля
7	CAN-H	Одна из жил кабеля

В качестве соединительного кабеля CANBUS устройств используется витая пара с общим экраном с волновым сопротивлением 120 Ом. Эта линия должна иметь согласующие сопротивления на обоих концах общего кабеля.

### 3.3 Соединительный разъем.

Входные и выходные сигналы подаются к блоку с помощью разъема типа DIN 41612. Как аналоговые, так и цифровые сигналы разведены на этот разъем.

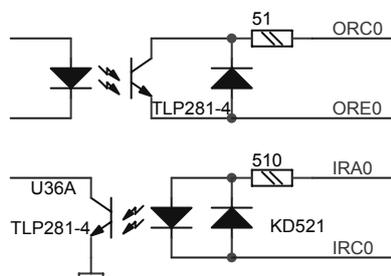


На разъем выведены 12 двухпроводных аналоговых входа многоканального АЦП и 4 выхода ЦАПа. Соединение с источником (приемником) сигнала рекомендуется осуществлять витыми парами. Мнемоника обозначений следующая:

INPx обозначает вход неинвертирующий номер x, INMx обозначает вход инвертирующий номер x.

Кроме того, на разъем выведены каналы входного и выходного регистров. По этому же разъему осуществляется питание блока от внешнего источника питания. Блок использует только одно внешнее питание напряжением +5В (5%). Для подключения источника питания следует использовать выводы 31,32 (63,64) разъема. Остальные «земляные» выводы являются аналоговой «землей».

Ниже приводится фрагмент принципиальной схемы, показывающий выполнение каналов входного и выходного регистров. Оба регистра выполнены с гальванической развязкой, которая реализована с помощью оптронов.



Входной регистр предназначен для индикации внешнего цифрового напряжения или тока. Допустимый диапазон входных напряжений от 3В до 12В. Допустимый диапазон входного тока от 4мА до 20 мА. Не подключенный вход входного регистра (отсутствие тока в светодиоде) считается логическим нулем.

Выходной регистр выполнен на транзисторных оптронах. Запись нуля в выходной регистр соответствует прекращению тока в выходном ключе (закрытие транзистора).

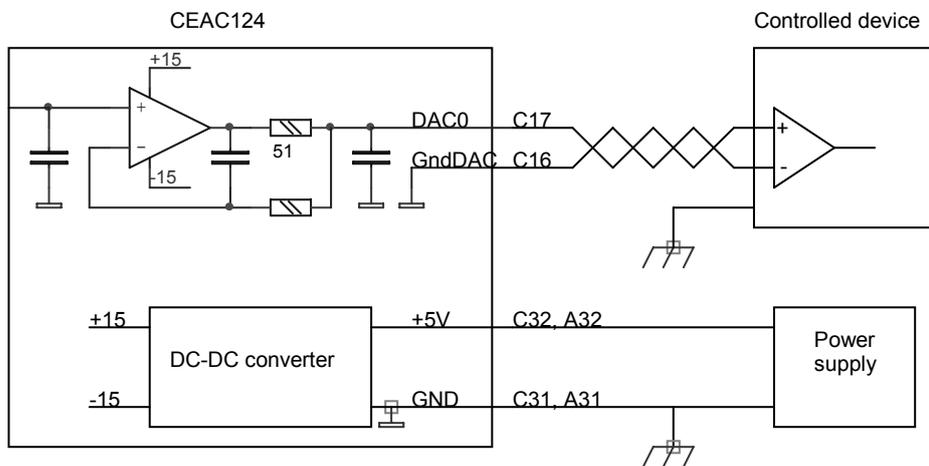
## 4. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ устройства SEAC124

Как уже упоминалось ранее, устройство содержит многоканальный АЦП, одноканальный ЦАП, входной регистр, выходной регистр и микропроцессор, который интегрирует все составляющие и осуществляет связь с внешним управляющим компьютером посредством CANBUS. Логически входной и выходной регистры отделены от АЦП и ЦАП и управляются отдельными посылками от ЭВМ. После включения питания, микропроцессор заносит в каналы ЦАПов коды, соответствующие нулевому напряжению, а в выходной регистр нулевое значение и высылает в линию сообщение со своими атрибутами. Кроме этого, АЦП переводится в режим многоканальных измерений каналов с 0 по 15-й и временем интегрирования 20 мсек и без выдачи данных в линию. Это позволяет в ряде приложений обойтись без процедуры инициализации АЦП.

Ниже описываются основные возможности и особенности использования цифроаналогового и аналого-цифрового преобразователей.

### 4.1. Цифроаналоговый преобразователь SEAC124

При низких требованиях к точности управления конечным устройством, подключение ЦАПов может быть выполнено достаточно небрежно. Однако, если требуется низкая погрешность управления, подключение должно быть выполнено корректно. Цифроаналоговый преобразователь имеет общую «землю» со всеми остальными ресурсами устройства. Для корректного приведения сигнала ЦАПа в конечное устройство следует использовать дифференциальный съём сигнала с выходных клемм ЦАПа и его персональной «земли». Ниже приводится схема корректного подключения ЦАПа к управляемому устройству. Для снятия ряда типичных вопросов, на схеме показано устройство выходного буферного каскада ЦАПа.



Цифроаналоговый преобразователь может использоваться как «простой ЦАП», когда полученный код немедленно преобразуется в выходное напряжение. Этот режим работы очевиден и не требует комментариев.

При работе устройства в режиме функционального генератора (табличной работе, файловой работе) ЭВМ записывает в память устройства файл, описывающий поведение выходных напряжений во времени. При запросе исполнения записанного файла встроенный микропроцессор считывает этот файл последовательно, вычисляет напряжение в текущей временной точке и заносит соответствующие коды в каналы ЦАПов. Квант времени составляет 10 мсек, т.е. каждые 10 мсек напряжения на выходах ЦАПов изменяются (или сохраняются предыдущими). В устройстве используется метод линейной интерполяции. ЭВМ описывает ряд временных точек, а микропроцессор вычисляет промежуточные

значения. Такой подход позволяет уменьшить передаваемый объем информации для описания длинных процессов.

Файл интерпретируется не как набор абсолютных значений напряжений, а как набор изменений текущих значений. Это означает, что если программа потеряла контекст управления, то она должна прописать корректное значение в аккумулятор ЦАПа до запуска исполнения файла.

Устройство может хранить в памяти только один файл, описывающий кривые напряжений. Файл начинает исполняться блоком по специальной команде. Кроме адресных команд, протокол обмена предусматривает старт исполнения файлов безадресной посылкой. Такая посылка может стартовать одновременно все устройства либо их часть. Чтобы обеспечить возможность старта группы устройств, файлы снабжаются идентификатором. Этот же идентификатор передается в безадресной команде. Таким образом, осуществляется старт исполнения группы приборов содержащих файлы с одинаковыми метками.

Файл устроен следующим образом:

1. Идентификатор файла
2. Длина файла (формируется самим устройством)
3. Записи (рекорды)

Запись определяет изменение напряжения во времени. Каждая запись состоит из количества инкрементов и значения инкремента (код). При обработке записи процессор каждые 10 мсек прибавляет к коду ЦАПа величину инкремента и вычитает единицу из счетчика инкрементов. После исчерпания счетчика инкрементов, процессор выбирает из файла следующую запись и обрабатывает ее. После исчерпания файла, процесс прекращается автоматически.

ЦАПы имеют аккумуляторы в памяти процессора. Размер аккумуляторов- 4 байта (32 бита). Два старших байта аккумуляторов каждые 10 мсек преобразуются в напряжения на выходах. Младшие два байта используются только при работе с файлами для обеспечения точного формирования выходного напряжения. Если не используется работа с файлами, то содержимым младших байтов можно пренебречь.

Исполняемый файл может быть приостановлен, в этом состоянии выходные напряжения могут быть подкорректированы (записью в аккумуляторы), может быть подправлен и исполняемый файл (следующие исполняемые записи) командой адресной записи, затем исполнение может быть продолжено из текущей временной точки, либо со следующей ступени.

#### **УСТРОЙСТВО файла и комментарии**

Устройство может содержать один файл с 27-ю записями. Служебная информация хранится и передается отдельно (идентификатор файла и его длина).

#### Собственно файл

Адрес (байт)	Данные
****	Записи
0	Количество инкрементов ступени 0 (младший байт) (Запись 0)
1	Количество инкрементов ступени 0 (старший байт) (Запись 0)
2	Байт 0 слова инкремента ЦАПО
3	Байт 1 слова инкремента ЦАПО
4	Байт 2 слова инкремента ЦАПО
5	Байт 3 слова инкремента ЦАПО
6	Байт 0 слова инкремента ЦАП1
7	Байт 1 слова инкремента ЦАП1
8	Байт 2 слова инкремента ЦАП1

9	Байт 3 слова инкремента ЦАП1
...	...
14	Байт 0 слова инкремента ЦАП3
15	Байт 1 слова инкремента ЦАП3
16	Байт 2 слова инкремента ЦАП3
17	Байт 3 слова инкремента ЦАП3
18	Количество инкрементов ступени 1 (байт 0) (Запись 1)
19	Количество инкрементов ступени 1 (байт 1) (Запись 1)
****	И так далее

После старта ЦАПа в режиме обработки файла, устройство производит следующие действия:

1. Загружает в рабочую область счетчик инкрементов и значения инкрементов.
2. Через оговоренное время (10 мсек) прибавляет к аккумуляторам значения инкрементов, преобразует их в выходные напряжения и декрементирует счетчик инкрементов.
3. Предыдущий пункт исполняется до исчерпания счетчика инкрементов.
4. Если файл не исчерпан, указатель переключается на следующий рекорд и все пункты повторяются.

#### **ЗАГРУЗКА файла.**

Файл интерпретируется как файл с последовательным доступом при его заполнении и как файл с произвольным доступом при чтении. При команде создания файла он стирается и становится доступен для записи. Все записи укладываются последовательно. Когда объем файла исчерпан, последующие записи игнорируются. Закрытие файла прекращает доступ к последовательной записи в него (допускается адресная запись-коррекция). Создание нового файла, закрывает предыдущий открытый. Команда закрытия файла может быть использована для проверки наличия в устройстве соответствующего файла.

Всего в памяти устройства может содержаться 1 файл, который содержит описания до 27 ступеней.

#### **Примечания:**

1. Кодировка ЦАПов прямая (сплошная), минимальному коду соответствует минимальное напряжение, максимальному- максимальное. Ниже приводится соответствие кодов и напряжений для биполярного включения.

Код (16-ричный)	Напряжение
FFFF	+9.9997 В
8000	0.0 мВ
7FFF	-0.3 мВ
0000	-10 В

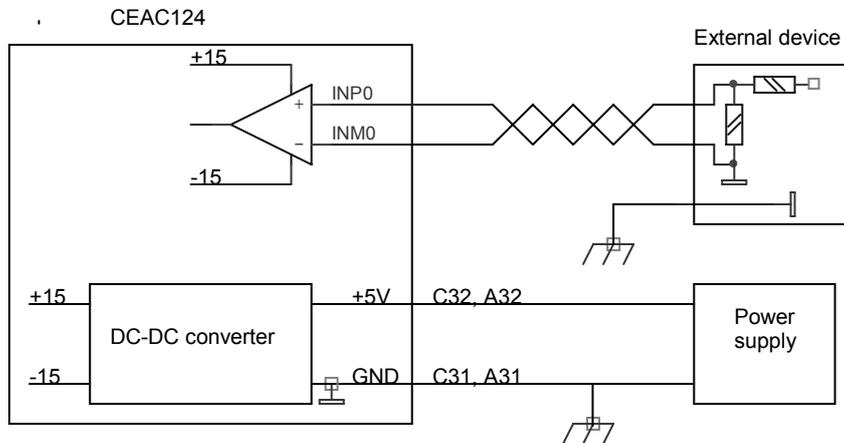
2. При формировании и вычислении значения инкремента следует учитывать, что процессор суммирует код напряжения и значение инкремента как целые беззнаковые числа. Для увеличения кода на две единицы значение инкремента должно составлять 0002, а для уменьшения на одну единицу значение инкремента должно быть FFFFFFFF. Отсюда следствие: если значение инкремента равно нулю, то в данной записи напряжение в канале не будет изменяться (нечто вроде программной паузы).

3. Счетчик инкремента имеет размерность 2 байта. Код 0 процессор интерпретирует как 65536.

4. Размер файла составляет 0,5 Кбайт и может содержать около 27 записей.

## 4.2. Аналого-цифровой преобразователь CEAC124

Аналого-цифровой преобразователь устройства CEAC124 ориентирован на дифференциальные измерения. Осуществить корректное соединение с источником измеряемого сигнала поможет схема, приведенная ниже.



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 CEAC124 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. В приборе это учитывается и при многоканальных измерениях недостоверные (или предположительно недостоверные) значения аннулируются.

Вышеописанные особенности приводят к двум следствиям. Во первых, при указании времени измерения, 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 измерений).

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.

Измеритель может работать в нескольких основных режимах, как это уже упоминалось. Основным режимом работы является режим многоканальных измерений. В

этот режим устройство переводится пакетом 1. В информационных полях пакета детализируется режим измерений. Указывается начальный и конечный номера измеряемых каналов, время измерения, указывается одиночный цикл, либо бесконечное сканирование, указывается выдавать ли информацию в линию или только запоминать во внутреннем буфере и метка для управления групповыми командами.

При многоканальных измерениях прибор сначала проводит процедуру калибровки, затем поочередно проводит измерения на указанных каналах. Все измеренные значения укладываются во внутреннюю память и, если это отмечено, выдаются в линию. Если данные в линию не выдавались (впрочем, даже если и выдавались) последние измеренные данные можно запросить из памяти прибора. Каждый входной канал имеет свою персональную ячейку в памяти и при запросе значения напряжения измеренного ранее, в линию отправляется содержимое соответствующей ячейки памяти. Если этот канал никогда не измерялся, то прибор выведет наружу неопределенное значение. После измерения последнего канала в списке, прибор либо начинает всю процедуру сначала (начиная с калибровки) для случая бесконечных измерений, либо переходит в режим покоя. Если режим был помечен ненулевым значением метки, то широковещательной командой можно одновременно стартовать измерения всех приборов с таким же значением метки. Это позволяет производить относительно синхронные измерения различными измерителями.

Следует напомнить, что в многоканальном режиме данные выдаются в четыре раза реже, чем это следует из заданного времени измерения.

Для исследования динамики источников питания может оказаться полезным осциллографический режим. В этом режиме пакетом 2 задается номер измеряемого канала, коэффициент усиления сигнала и время измерения и дополнительные биты модифицирующие режим. Прибор проводит процедуру калибровки, затем начинает непрерывно измерять сигнал. Период выдачи измеренных данных совпадает с заданным временем измерения. В любое время исполнение этого режима можно прервать пакетом 0. Измеренные данные могут использоваться прибором различным образом. Если в модификаторе команды указано, что данные должны выдаваться в линию, то прибор выдает их в линию, но во внутреннюю память не записывает. В этом случае анализируется бит одиночного измерения. Таким образом, в режиме выдачи информации наружу, прибор может быть использован для однократных измерений.

Если в управляющем указано что выдавать информацию наружу не требуется, то бит разового измерения игнорируется, а информация записывается во внутренний кольцевой буфер до получения команды остановки (либо перезаписи режима измерений). Эти данные можно считать наружу соответствующей командой (пакет 4). Текущее положение указателя внутреннего буфера можно запросить командой запроса статуса прибора. Счетчик измеряется не в байтах, а в единицах измерений.

#### **Примечание:**

АЦП устройства имеет фактически 16 измерительных каналов. Для подключения внешних сигналов выделяется 12 входов, а четыре входа имеют внутренние соединения, однако при задании многоканальных (или одноканальных) измерений, можно указывать и скрытые входы. Входной канал 13 подключен к источнику питания устройства, 12-й канал подключен к термодатчику, 15-й канал измеряет нулевое напряжение, а 14-й канал используется для измерения эталонного источника напряжения (калибратора) +10 В. Встроенный термодатчик не предназначен для прецизионных температурных измерений и поэтому он не калибруется. Для относительного измерения температуры блока, пользователь должен считать напряжение с термодатчика непосредственно после включения блока, и использовать его как опорное.

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

Коэффициент усиления канала определяется следующим образом:

Код (двоичный)	Усиление
00	1
01	10
10	100
11	1000

Регламентируется работа с коэффициентами 1 и 10, работа с остальными коэффициентами не контролируется и не рекомендуется к использованию.

Времена измерения прибора

Код Десятичный	Время Измерения
0	1 мс
1	2 мс
2	5 мс
3	10 мс
4	20 мс
5	40 мс
6	80 мс
7	160 мс

## 5. ПРОТОКОЛ для устройства CEAC124

### Распределение битов идентификатора

Биты идентификатора	ID10...ID08	ID07...ID02	ID01...ID00
Поле	Поле 1	Поле 2	Поле 3
Назначение	Приоритет	Адрес	Резерв

Комментарии к адресации:

Поле 1 - поле приоритета.

Код 5 - безадресная (глобальная) посылка (поле 2 равно 0).

Код 6 - нормальная (адресная посылка).

Код 7 - ответная посылка (ответ на адресную).

Код 0 не допускается, остальные комбинации не используются (зарезервированы под возможные расширения).

Поле 2 - поле физического адреса устройства назначения (его значение устанавливается переключками на плате). Не рекомендуется использовать адреса 34, 3C, 3D, 3E и 3F (шестнадцатеричные).

Поле 3 - может быть использовано для адресации внутри устройства или как расширение физического адреса. Блок может выдавать пакеты с различными значениями в этом поле. Пользователь должен посылать устройству нулевую комбинацию.

Устройство, получая адресный пакет, интерпретирует информацию по ее содержанию. В том случае, если пакет требует ответного пакета информации, она отправляется с идентификатором адресного типа. Безадресные пакеты предназначены для бродкастных или мультикастных команд, должны одновременно приниматься и исполняться всеми устройствами, которым это положено. Устройство не контролирует размер принимаемого пакета, за исключением команды F4 – последовательной записи.

Длина пакета, передаваемого устройством в линию, не определена и может отличаться в различных версиях.

Интерпретация поля данных:

При приеме данных устройство интерпретирует их следующим образом: первый байт (байт 0) является дескриптором пакета (командой), остальные байты являются дополнительной информацией.

### 5.1. Список команд (в 16-ричном виде).

00 - остановка выдачи измерений в линию или самих измерений

01 - конфигурирование/старт многоканальных измерений

02 - запрос осциллографического режима

03 - запрос ранее измеренного значения для многоканальных измерений

04 - запрос данных из одноканального кольцевого буфера

80 – 83 – запись в канал ЦАПа номер 0-3

90 – 93 – запрос кода из канала ЦАПа номер 0-3

E7 – команда RESUME (снятие состояния паузы), *только с версии 4*

EB – команда PAUSE (остановка исполнения файла), *только с версии 4*

F2 – адресная запись в файл  
 F3 - создание файла  
 F4 - запись в файл  
 F5 - закрытие файла  
 F6 - запрос данных из файла  
 F7 - старт исполнения файла ЦАПов  
 F8 - запрос данных из регистров  
 F9 - запись в выходной регистр  
 FB – команда BREAK- прерывание исполнения файла, *только с версии 4*  
 FD - запрос статуса ЦАПа  
 FE - запрос статуса прибора  
 FF - запрос атрибутов устройства

## 5.2. Детализация информационных пакетов (команд) (все коды приводятся в 16-ричном виде)

**Пакет 00** - остановка выдачи измерений, параметры не требуются, ответа на эту посылку нет.

**Пакет 01** - конфигурирование/старт многоканальных измерений. Пакет имеет вид:

01	ChBeg	ChEnd	Time	Mode	Label
----	-------	-------	------	------	-------

ChBeg- номер начального канала.

ChEnd- номер конечного канала. Каналы нумеруются с 0 по 15.

Time- код времени измерения. Значения от 0 до 7.

Mode- детализация режима.

Label- метка для группового старта. Нулевое значение означает, что команды группового старта устройством будут игнорироваться.

Mode детализирует режим измерений.

Биты 0 и 1 определяют коэффициент усиления четных (0, 2...) каналов.

Биты 2 и 3 определяют коэффициент усиления нечетных (1, 3...) каналов.

Бит 4: 0- разовый цикл измерений; 1- непрерывные измерения (до команды СТОП или до следующей записи режима измерений).

Бит 5 если равен 1, то измеренные значения запоминаются во внутреннем буфере и выдаются в линию. Если этот бит равен 0, то измерения в линию не выдаются.

В ответ на этот пакет отдаются пакеты вида (если в запросе указано что измерения нужно выдавать в линию):

01	Attribute	Low byte	Middle byte	High byte
----	-----------	----------	-------------	-----------

Байт Attribute состоит из номера канала (младшие 6 бит) к которому относится измеренное напряжение и кода усиления (два старших бита), которые были установлены в момент измерения. Следующие три байта содержат измеренное значение.

**Пакет 02** – запрос осциллографических (одноканальных измерений). Пакет имеет вид:

02	Channel	Time	Mode
----	---------	------	------

Channel- состоит из номера канала (младшие 6 бит), который требуется измерять, и кода усиления (два старших бита)

Time- код времени измерения. Значения от 0 до 7.

Mode- детализация режима. Здесь существенны только два бита.

Бит 4: 0- разовый цикл измерений; 1- непрерывные измерения (до команды СТОП или до следующей записи режима измерений).

Бит 5 если равен 1, то измеренные значения не запоминаются во внутреннем буфере и выдаются в линию. Если этот бит равен 0, то измерения в линию не выдаются, но запоминаются во внутреннем кольцевом буфере.

**Примечание:** если бит 5 равен нулю (запоминание измерений без выдачи в линию), то бит 4 игнорируется (бессмысленно записывать в память единственное измерение).

В ответ на этот пакет отдаются пакеты вида (если в запросе указано что измерения нужно выдавать в линию):

<b>02</b>	Attribute	Low byte	Middle byte	High byte
-----------	-----------	----------	-------------	-----------

Байт Attribute состоит из номера канала (младшие 6 бит) к которому относится измеренное напряжение и кода усиления (два старших бита), которые были установлены в момент измерения. Следующие три байта содержат измеренное значение.

Если в запросе было указано что данные не нужно выдавать в линию, а запоминать во внутреннем буфере, то они запоминаются в этом же формате (4 байта данных с атрибутами).

**Пакет 03** – запрос ранее измеренного значения (в многоканальном режиме). Пакет имеет вид:

<b>03</b>	Channel
-----------	---------

Channel- это номер канала для которого запрашивается ранее измеренное значение.

В ответ на этот пакет отдаются пакеты вида (если в запросе указано что измерения нужно выдавать в линию):

<b>03</b>	Attribute	Low byte	Middle byte	High byte
-----------	-----------	----------	-------------	-----------

Байт Attribute состоит из номера канала (младшие биты) к которому относится измеренное напряжение. Следующие три байта содержат измеренное значение.

**Пакет 04** – запрос данных из кольцевого буфера. Пакет имеет вид:

<b>04</b>	Low byte	Middle byte
-----------	----------	-------------

Здесь в поле данных указывается номер измерения в кольцевом буфере. Полная емкость кольцевого буфера- 128 измерений. Если устройство записывало данные достаточно долго, то для правильной интерпретации данных (более старые и более новые), нужно знать текущее значение указателя записи. Это значение может быть считано командой запроса статуса FE.

В ответ на этот пакет отдаются пакеты вида (если в запросе указано что измерения нужно выдавать в линию):

<b>04</b>	Attribute	Low byte	Middle byte	High byte
-----------	-----------	----------	-------------	-----------

Байт Attribute состоит из номера канала (младшие биты) к которому относится измеренное напряжение. Следующие три байта содержат измеренное значение.

**80 - 83** – (запись кода в канал ЦАПа номер 0 – 3) следующие 4 байта являются байтами данных.

Пример:

83	80	12	80	80
----	----	----	----	----

3-й канал	Байт 3	Байт 2	Байт 1	Байт 0
-----------	--------	--------	--------	--------

Эта посылка заносит в 3-й канал ЦАПа значение +18.

Байт 3 является старшим байтом, байт 0- младшим. Если не используется работа с файлами, то значения младших байтов безразличны.

**90 - 93** – (запрос кода в канале ЦАПа номер 0 – 3) следующие байты отсутствуют. В ответ на этот пакет отдается пакет с данными (байты 3, 2, 1, 0).

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Байты 2 и 3 перезаписываются в ЦАП, байты 0 и 1 используются при вычислениях при работе с файлами. Если файлы не используются, то содержимое двух младших байт не определено.

**E7** – команда RESUME (снятие состояния паузы), *только с версии 4*

Байт 1- дескриптор таблицы: старшие 3 бита - номер таблицы (физический), младшие 4 бита- ее идентификатор (для идентификации при глобальных воздействиях).

<b>E7</b>	Descriptor
-----------	------------

**EB** – команда PAUSE (остановка исполнения файла), *только с версии 4*

Байт 1- дескриптор таблицы: старшие 3 бита - номер таблицы (физический), младшие 4 бита- ее идентификатор (для идентификации при глобальных воздействиях).

<b>EB</b>	Descriptor
-----------	------------

**F2** – адресная запись в файл:

<b>F2</b>	Descriptor	Laddress	Haddress	Data0	Data1	Data2	Data3
-----------	------------	----------	----------	-------	-------	-------	-------

Здесь

Descriptor- дескриптор файла

Laddress, Haddress- младший и старший байты адреса в файле с которого начнется запись.

Data...- до четырех байт данных.

Адресная запись не требует открытия файла.

**F3** – создание (открытие) файла:

Байт 1- дескриптор файла: старшие 3 бита - номер файла (равен 0), младшие 4 бита- его идентификатор (для идентификации при глобальных воздействиях).

<b>F3</b>	Descriptor
-----------	------------

**F4** - запись в файл последовательности байт далее до 7-ми байт информации (см. структуру файла).

<b>F4</b>	Data						
-----------	------	------	------	------	------	------	------

Количество байт подлежащих записи определяется из длины пакета. Если устройство не имеет открытого файла, то эта команда игнорируется.

**F5** - закрытие файла:

Байт 1- дескриптор файла: старшие 3 бита - номер файла (равен 0), младшие 4 бита- его идентификатор (на всякий случай).

<b>F5</b>	Descriptor
-----------	------------

В ответ на этот пакет отдается пакет вида:

<b>F5</b>	Descriptor	Low byte	High byte
-----------	------------	----------	-----------

Байт 1 = F5- (повтор), байт дескриптора файла, младший байт, старший байт. Здесь байты составляют физическую длину файла. Команду закрытия файла можно использовать для проверки наличия загруженных файлов.

**F6** - запрос данных из файла.

<b>F6</b>	Descriptor	Laddress	Haddress	Data0	Data1	Data2	Data3
-----------	------------	----------	----------	-------	-------	-------	-------

Байт 1- номер таблицы, байты 2,3 (младший, старший)- адрес в файле. В ответ на этот запрос отдается пакет с последовательностью байт (4) из таблицы (см. структуру файла).

**F7** - старт исполнения файла ЦАПов:

<b>F7</b>	Descriptor
-----------	------------

Байт 1- дескриптор файла: старшие 3 бита - номер файла (равен 0), младшие 4 бита- ее идентификатор.

**Пакет F8** - запрос данных из регистров не требует параметров. В ответ на этот запрос отдается пакет вида: байт информации выходного регистра, байт информации входного регистра.

<b>F8</b>	Output Register Data	Input Register Data
-----------	----------------------	---------------------

**Пакет F9** - запись в выходной регистр.

Байт 1 содержит информацию, которая будет занесена в выходной регистр

<b>F9</b>	Output Register Data
-----------	----------------------

**FB** – команда BREAK (прерывание исполнения файла), *только с версии 4*  
У этой команды параметров нет.

**Пакет FD** - запрос статуса ЦАПа не требует параметров. В ответ на этот запрос отдается пакет вида:

<b>FD</b>	Status	Descriptor	Lpointer	Hpointer	Lsteps	Hsteps
-----------	--------	------------	----------	----------	--------	--------

Здесь:

FileStatus- статус исполнения файла, побитово:

b0- файл выполняется;

b1- принят запрос на исполнение файла;

b2- исполнение файла приостановлено и может быть продолжено.

b3- принят запрос на остановку (принята команда PAUSE);

b4- принят запрос на продолжение исполнения файла (команда RESUME);

b5- принят запрос на продолжение исполнения файла со следующей записи (команда GO NEXT);

b6- резерв.

Descriptor- дескриптор исполняемого файла.

Lpointer, Hpointer- младший и старший байты указателя в файле.

Lsteps, Hsteps- младший и старший байты счетчика исполняемой ступени.

В статусе файла флажки 3 и 4 являются временными. Их присутствие вызвано тем, что отключение паузы может быть задержано от 0 до 10 мс. После снятия режима PAUSE эти флажки также сбрасываются.

Этот пакет блок может выслать по собственной инициативе после завершения исполнения файла.

**Пакет FE** - запрос статуса прибора не требует параметров. В ответ на этот запрос отдается пакет вида:

<b>FE</b>	Dev. Mode	Label	Low pADC	High pADC	File ident.	Low pDAC	High pDAC
-----------	-----------	-------	----------	-----------	-------------	----------	-----------

Здесь:

Device Mode- режим устройства. Используются

Бит 4 – SCAN- флаг, индицирующий, что устройство находится в режиме многоканальных измерений.

Бит 3 – RUN- флаг, индицирующий, что устройство занято процедурой измерений (многоканальных либо осциллографических).

Бит 2 – резерв.

Бит 1 – TableR – флаг, индицирующий принятие запроса на обработку таблицы ЦАПом.

Бит 0 – Table – флаг, индицирующий процесс исполнения таблицы.

Label- значение метки глобальных стартов АЦП.

Low pADC, High pADC- байты указателя кольцевого буфера АЦП. В указателе содержится номер ячейки куда будет произведена следующая запись. Если кольцевой буфер был полностью перезаписан, то этот указатель указывает на самое старое измерение.

File ident- идентификатор исполняемого файла ЦАПа. Этот байт является значимым только в процессе исполнения файла.

Low pDAC, High pDAC- байты указателя в файле ЦАПа.

**Пакет FF** - запрос атрибутов устройства не требует параметров. В ответ на этот запрос отдается пакет вида:

FF	Device Code	HW version	SW version	Reason
----	-------------	------------	------------	--------

Device Code- тип устройства (для CEAC124 тип равен 20).

HW version- аппаратная версия устройства.

SW version- версия программного обеспечения.

Reason- причина высылки пакета:

0 - после сброса по питанию.

1 - После сброса по кнопке.

2 - В ответ на запрос атрибутов (пакетом FF).

3 – В ответ на широковещательный запрос (Есть ли кто живой?).

4 – произошел рестарт по Watchdog таймеру.

5 – busoff recovery – восстановление после потери связи.

### 5.3. ГЛОБАЛЬНЫЕ посылки

Для глобальных посылок в адресной части (в идентификаторе) анализируется только поле 1 (воспринимается комбинация битов =5). Первый байт данных представляет собой команду. Устройство воспринимает следующие глобальные команды:

1 – прекратить исполнение файла, если он исполняется.

2 – стартовать исполнение файла.

Для этой команды добавляется байт-спецификатор задания – дескриптор файла: старшие 3 бита – номер файла (физический), младшие 4 бита – его идентификатор. Устройство, получив такую команду, начинает обрабатывать файл только в том случае, если в указанном файле содержится соответствующий идентификатор.

3- СТОП- остановить измерения АЦП.

4 – групповой старт измерений АЦП, код группы указан во втором байте данных.

5 –

6 – приостановить исполнение файла, код группы указан во втором байте данных.

7 - продолжить исполнение файла. Команда 7 имеет два параметра (два байта)- код группы и дополнительный модификатор. Если младший бит модификатора равен 0,

то файл продолжается с точки останова, если же этот бит равен 1, то устройство, снимая паузу, одновременно переходит к обработке следующей записи.

FF- запрос (Кто есть на линии). По этой команде все CAN-устройства должны отдать линии пакет с атрибутами (и со своим идентификатором).

FF	Device Code	HW version	SW version	Reason
----	-------------	------------	------------	--------

Device Code- тип устройства (для CEAC124 тип равен 20).

HW version- аппаратная версия устройства.

SW version- версия программного обеспечения.

Reason- причина высылки пакета:

0 -после сброса по питанию.

1 - После сброса по кнопке.

2 - В ответ на запрос атрибутов (пакетом FF).

3 - В ответ на широковещательный запрос (Есть ли кто живой?).

4 – произошел рестарт по Watchdog таймеру.

5 – busoff recovery – восстановление после потери связи.

## 6. Некоторые характеристические кривые для СЕАС124

Типичная шумовая дорожка для АЦП. Измерения производились в одноканальном режиме, время измерения 20 мс/отсчет.



Типичная шумовая дорожка для АЦП. Измерения производились в одноканальном режиме, время измерения 1 мс/отсчет.



## 7. Версии программного обеспечения для CEAC124

Ниже будут описываться изменения и дополнения для программных версий выше 1-й.

### **Версия 2.**

При измерении несуществующих каналов (старше 15-го) портились значения каналов ЦАПов. Исправлено.

### **Версия 3.**

Отлажено исполнение файлов и исправлен ответ FD по завершении файла.

### **Версия 4.**

Добавлены адресные команды E7, EB, FB.