9. Патент № 155555 Российская Федерация, МПК G11C27/02 (2006.01). Аналоговое запоминающее устройство: № 2015106656/08; заявл. 26.02.2015; опубл. 10.10.2015, бюл. № 28 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
10. Патент № 158706 Российская Федерация, МПК G11C27/02 (2006.01). Устройство для формирования выборки мгновенного значения напряжения: №2015106660/08; заявл. 26.02.2015; опубл. 20.01.2016, бюл. № 2 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
11. Патент № 160951 Российская Федерация, МПК G11C27/02, H03K3/02, H03L5/00, H03K9/00 (2006.01). Устройство для формирования выборки мгновенного значения напряжения: №2015152009/08; заявл. 03.12.2015; опубл. 10.04.2016, бюл. № 10 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
12. Патент № 2356163 Российская Федерация, МПК H03M1/34 (2006.01). Способ формирования абсолютного значения сигнала и устройство для его осуществления: №2007146956/09; заявл. 17.12.2007; опубл. 20.05.2009, бюл. № 14 / Бондарь М.С., Бондарь С.Н., Хорольский В.Я.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО СВИСРВ.
13. Жаворонкова, М.С. Перспективы совершенствования систем сбора данных / М.С. Жаворонкова, С.Н. Бондарь // Техника и технология. - 2012. - № 3. - С. 30-31.
14. Ghavoronkova, M.S. Ways of perfection of modern systems of data gathering / M.S. Ghavoronkova, S.N. Bondar // European Journal of Natural History. - 2012. - № 2. – P.25.
15. Бондарь, М.С. Разработка измерительно-вычислительного комплекса контроля уровня напряжения с возможностью коррекции погрешностей входящего в его состав цифрового вольтметра / М.С. Бондарь., С.Н. Бондарь // Информационные системы и технологии. - 2009. - №5 (55).- С. 95-104.

Бутков А.А., Бондарь С.Н.

Аналого-цифровые преобразователи

ФГБОУ ВПО "Ставропольский государственный аграрный университет"
(Россия, Ставрополь)

doi: 10.18411/lj-08-2021-25

Аннотация

В статье рассматриваются принципы работы аналого-цифровых преобразователей, описываются их основные характеристики.

Ключевые слова: аналого-цифровые преобразователи, цифровые системы, цифровые сигналы, разрешение, частота дискретизации, аналоговые сигналы.

Abstract

The article discusses the principles of operation of analog-to-digital converters, describes their main characteristics.

Keywords: analog-to-digital converters, digital systems, digital signals, resolution, sampling rate, analog signals.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) [1, 2] являются важной частью работы с цифровыми системами [3÷5], которые взаимодействуют с сигналами в режиме реального времени. Поскольку ИТ-сфера достаточно быстро развивается для применения в повседневной жизни, эти цифровые системы должны считывать сигналы реального времени, чтобы точно предоставлять жизненно важную информацию. Мы рассмотрим то, как работают АЦП, и теорию, лежащую в их основе.

Принцип работы АЦП

Аналоговые сигналы - это сигналы, имеющие непрерывную последовательность с непрерывными значениями. Цифровые сигналы представляют собой последовательность дискретных значений, в которых сигнал разделен на последовательности, в свою очередь зависящие от временных рядов или частоты дискретизации. Одним из самых простых и понятных способов объяснить работу АЦП является визуализация. На рисунке 1 представлен пример аналоговых и цифровых сигналов.

Рисунок 1. Схема аналого-цифрового сигнала

При работе АЦП следуют определенному алгоритму преобразования аналоговых сигналов в цифровые. В первую очередь они выбирают сигнал, посредством устройства выборки и хранения [6÷15], после измеряют его количество, чтобы определить разрешение сигнала, и затем устанавливают двоичные значения и отправляют их в систему для считывания цифрового сигнала. Важными аспектами АЦП являются частота дискретизации и разрешение.

Частота дискретизации

Частота дискретизации АЦП чаще всего связана со скоростью АЦП. Частота отбора проб должна измеряться с использованием "проб в секунду". То есть, сколько образцов или точек данных требуется в секунду. Для обработки более высоких частот, АЦП необходимо получать как можно больше выборок. Чем больше выборок получает АЦП, тем более высокие частоты он может обрабатывать.

Одним из важных уравнений, от которого зависит частота дискретизации, является:

$$f_s = 1/T$$

где f_s – частота дискретизации,

T – период выборки.

Если частота дискретизации низкая, а частота сигнала высокая, ЦАП не сможет восстановить исходный аналоговый сигнал, что приведет к считыванию системой неверных данных. Пример сглаживания показан на рисунке 2.

Рисунок 2. Пример сглаживания

Разрешение АЦП

Разрешение АЦП в большинстве случаев связано с точностью АЦП. Разрешение АЦП может определяться его разрядностью. Пример того, как это помогает цифровому сигналу выводить более точный сигнал, показан на рисунке 3.

Рисунок 3. Влияние разрешения на цифровой сигнал

Для получения точного уровня напряжения, который будет считываться вашей системой, важно знать разрешение в битах. Разрешение зависит не только от длины бита, но и от опорного напряжения. Эти уравнения помогут вам определить общее разрешение сигнала, который вы пытаетесь ввести, в терминах напряжения:

$$\Delta = U_{\text{Ref}} / N$$

где Δ – разрешение каждого уровня с точки зрения напряжения,

U_{Ref} – опорное напряжение (диапазон напряжений),

N – число уровней квантования АЦП.

Чтобы найти N , используем уравнение:

$$N = 2^n$$

где n – число бит.

Например, предположим, что необходимо считывать синусоидальный сигнал с диапазоном напряжений 5 В. При размерности АЦП в 12 бит, будет 4096 уровней квантования, а размер шага будет составлять около 0,00122 В (или 1,22 мВ).

Если бы АЦП имел разрядность, скажем, всего 2 бита, то точность снизилась бы до 1,25 В, что очень плохо, так как он сможет определить только систему из четырех уровней напряжения (0 В, 1,25 В, 2,5 В, 3,75 В и 5 В).

В таблице 1 показана общая длина бит, соответствующие им уровни квантования и размерность шага в случае опорного напряжения 5 В.

Таблица 1

Длина бит, соответствующие им уровни квантования и размерность шага

Битовая длина	Уровни	Размер шага (диапазон 5В)
8-бит	256	19.53 мВ
10-бит	1024	4.88 мВ
12-бит	4096	1.22 мВ
16-бит	65536	76.29 мкВ
18-бит	262144	19.07 мкВ
20-бит	1048576	4.76 мкВ
24-бит	16777216	0.298 мкВ

1. Патент № 59914 Российская Федерация, МПК H03M1/34 (2006.01). Составной быстродействующий аналого-цифровой преобразователь: № 2006129976/22; заявл. 18.08.2006; опубл. 27.12.2006, бюл. № 36 / Хорольский В.Я., Бондарь С.Н., Бондарь М.С.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
2. Патент № 59915 Российская Федерация, МПК H03M1/60 (2006.01). Аналого-цифровой преобразователь: № 2006120991/22; заявл. 13.06.2006; опубл. 27.12.2006, бюл. № 36 / Хорольский В.Я., Бондарь С.Н., Бондарь М.С.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
3. Жаворонкова, М.С. Перспективы совершенствования систем сбора данных / М.С. Жаворонкова, С.Н. Бондарь // Техника и технология. - 2012. - № 3. - С. 30-31.
4. Ghavoronkova, M.S. Ways of perfection of modern systems of data gathering / M.S. Ghavoronkova, S.N. Bondar // European Journal of Natural History. - 2012. - № 2. – P.25.
5. Бондарь, М.С. Разработка измерительно-вычислительного комплекса контроля уровня напряжения с возможностью коррекции погрешностей входящего в его состав цифрового вольтметра / М.С. Бондарь., С.Н. Бондарь // Информационные системы и технологии. - 2009. - №5 (55).- С. 95-104.

6. Жаворонкова, М.С. Разработка быстродействующего устройства выборки и хранения повышенной точности / М.С. Жаворонкова, С.Н. Бондарь // Аграрная наука - северо-кавказскому федеральному округу: сб. науч. тр. по материалам 75 научно-практической конференции. - Ставрополь: АГРУС, 2011. - С. 224-228.
7. Жаворонкова М.С. Разработка быстродействующего устройства выборки и хранения повышенной точности / М.С. Жаворонкова, С.Н. Бондарь // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. по материалам 75 научно-практической конференция электроэнергетического факультета СтГАУ. – Ставрополь: АГРУС, 2011. - С. 100-104.
8. Патент № 154070 Российская Федерация, МПК H03K17/60 (2006.01). Устройство выборки и хранения: № 2015111969/08; заявл. 01.04.2015; опубл. 10.08.2015, бюл. № 22 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
9. Патент № 157940 Российская Федерация, МПК G11C27/02 (2006.01). Устройство выборки и хранения № 2015117997/08; заявл. 13.05.2015; опубл. 20.12.2015, бюл. № 35 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
10. Патент № 154754 Российская Федерация, МПК G11C27/02 (2006.01). Устройство выборки и хранения: № 2015112070/08; заявл. 02.04.2015; опубл. 10.09.2015, бюл. № 25 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
11. Патент № 155713 Российская Федерация, МПК G11C27/02 (2006.01). Устройство для формирования выборки мгновенного значения напряжения: № 2015106662/08; заявл. 26.02.2015; опубл. 20.10.2015, бюл. № 29 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
12. Патент № 155555 Российская Федерация, МПК G11C27/02 (2006.01). Аналоговое запоминающее устройство: № 2015106656/08; заявл. 26.02.2015; опубл. 10.10.2015, бюл. № 28 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
13. Патент № 158706 Российская Федерация, МПК G11C27/02 (2006.01). Устройство для формирования выборки мгновенного значения напряжения: №2015106660/08; заявл. 26.02.2015; опубл. 20.01.2016, бюл. № 2 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
14. Патент № 160951 Российская Федерация, МПК G11C27/02. H03K3/02, H03L5/00, H03K9/00 (2006.01). Устройство для формирования выборки мгновенного значения напряжения: №2015152009/08; заявл. 03.12.2015; опубл. 10.04.2016, бюл. № 10 / Бондарь С.Н., Жаворонкова М.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ.
15. Патент № 2356163 Российская Федерация, МПК H03M1/34 (2006.01). Способ формирования абсолютного значения сигнала и устройство для его осуществления: №2007146956/09; заявл. 17.12.2007; опубл. 20.05.2009, бюл. № 14 / Бондарь М.С., Бондарь С.Н., Хорольский В.Я.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО СВИСРВ.

Бутков А.А., Бондарь С.Н.

Суммирующий усилитель

*ФГБОУ ВПО "Ставропольский государственный аграрный университет"
(Россия, Ставрополь)*

doi: 10.18411/lj-08-2021-26

Аннотация

В статье рассматриваются суммирующие усилители, их конфигурации, типы суммирующих усилителей (инвертирующие и неинвертирующие) и способы их применения.

Ключевые слова: суммирующий усилитель, инвертирующий суммирующий усилитель, неинвертирующий суммирующий усилитель, цифро-аналоговый преобразователь, сумматор.

Abstract

The article discusses summing amplifiers, their configurations, types of summing amplifiers (inverting and non-inverting) and methods of their application.

Keywords: summing amplifier, inverting summing amplifier, non-inverting summing amplifier, digital-to-analog converter, adder.