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.

Одним из важных применений операционного усилителя является суммирующий усилитель, также известный как сумматор. Как следует из названия, суммирующий усилитель – это схема на базе операционного усилителя, в которой добавляются несколько входных сигналов с разными напряжениями.

Область применения суммирующих усилителей крайне широкая. Причем суммирующие усилители могут использоваться как в виде законченных устройств, так и, прежде всего, в качестве элементов электронных схем в составе устройств аналого-цифрового преобразования [1, 2], устройств выборки и хранения [3÷12], систем сбора данных [13÷15].

Инвертирующий суммирующий усилитель:

Наиболее часто используемый суммирующий усилитель представляет собой расширенный вариант инвертирующего усилителя конфигурации т.е. несколько входов подаются на инвертирующий вход операционного усилителя, в то время как неинвертирующий входной вывод подключен к земле. Из-за такой конфигурации выход схемы сумматора напряжения сдвинут по фазе на 180° относительно входа.

Общая конструкция суммирующего усилителя показана на рисунке 1. Схема нормального инвертирующего усилителя имеет только одно напряжение/вход на входной инвертирующей клемме. Если к инвертирующей входной клемме подключено больше входных напряжений, как показано, результирующий выходной сигнал будет суммой всех приложенных входных напряжений, но инвертированных.

Рисунок 1. Схема инвертирующего суммирующего усилителя

Прежде чем анализировать приведенную выше схему, давайте обсудим важный момент в этой настройке: концепцию виртуальной земли. Поскольку неинвертирующий вход вышеуказанной схемы подключен к земле, клемма инвертирующего входа операционного усилителя находится на виртуальной земле. В результате инвертирующий входной узел становится идеальным узлом для суммирования входных токов.

Принципиальная схема суммирующего усилителя показана на рисунке выше. Вместо использования одного входного резистора все входные источники имеют собственные входные управляющие резисторы. Такая схема усиливает каждый входной сигнал. Коэффициент усиления для каждого входа определяется отношением резистора обратной связи $R_{ос}$ к входному сопротивлению в соответствующей ветви.

Неинвертирующий суммирующий усилитель:

Неинвертирующий суммирующий усилитель также может быть сконструирован с использованием конфигурации неинвертирующего операционного усилителя. Здесь входные напряжения прикладываются к неинвертирующей входной клемме операционного усилителя, а часть выхода возвращается на инвертирующую входную клемму через обратную связь смещения делителя напряжения.

Схема неинвертирующего суммирующего усилителя показана на рисунке 2. Для удобства данная схема состоит только из трех входов, но можно добавить и другие входы.

Рисунок 2. Схема неинвертирующего суммирующего усилителя

Прежде всего, даже несмотря на то, что это также суммирующий усилитель, вычисления не так просты, как инвертирующий суммирующий усилитель, потому что нет преимущества виртуального узла суммирования заземления в неинвертирующем суммирующем усилителе.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП):

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) преобразует двоичные данные, подаваемые на его вход, в эквивалентное аналоговое значение напряжения. В приложениях промышленного управления в реальном времени часто используются микрокомпьютеры. Эти микрокомпьютеры выводят цифровые данные, которые необходимо преобразовать в аналоговое напряжение для управления двигателями, реле, исполнительными механизмами и т. д.

В простейшей схеме цифро-аналогового преобразователя используется суммирующий усилитель и цепь взвешенных резисторов. Типичная 4-битная схема ЦАП с суммирующим усилителем показана на рисунке ниже.

Рисунок 3. Простейшая схема цифро-аналогового преобразователя

Входами в показанный выше суммирующий усилитель являются двоичные данные Q_A , Q_B , Q_C и Q_D , которые обычно составляют 5 В для представления логической 1 и 0 В для представления логического 0.

Если входные резисторы в каждой ветви выбраны таким образом, чтобы значение каждого входного резистора было вдвое больше, чем значение резистора в предыдущей входной ветви, то цифровое логическое напряжение на входе будет давать выход, который представляет собой взвешенную сумму входных значений.

Точность такой схемы цифро-аналогового преобразователя ограничена точностью используемых номиналов резисторов и вариаций в представлении логических уровней.

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. 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.
4. 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 конференции электроэнергетического факультета СтГАУ. – Ставрополь: АГРУС, 2011. - С. 100-104.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
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.