

Андрей Никитин

## НОВЫЕ ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОМПАНИИ MAXIM



Одна из важных частей сигнального тракта — цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). Большую номенклатуру этих изделий выпускает компания **Maxim Integrated Products**. В статье основное внимание уделяется **новым цифро-аналоговым преобразователям**, выпущенным компанией **Maxim**, применяемым в индустриальной и экспериментальной электронике, промышленной автоматике, управлении приводом, управлении DC/DC-преобразованием, телекоммуникациях...

Компания Maxim Integrated Products — ведущий мировой производитель широкого спектра аналоговых интегральных схем, от простейших регуляторов напряжения до высокоинтеллектуальных систем сбора и обработки информации. Maxim ежегодно разрабатывает и внедряет в производство значительное количество новых ИС. В среднем, компанией выводится на рынок по одной новой ИС в день.

Рассмотрим цифро-аналоговые преобразователи, выпущенные компанией Maxim за последнее время. При выборе микросхемы ЦАП для конкретных приложений играют существенную роль следующие характеристики:

- Напряжение питания USUP;
- Потребляемый ток ICC;
- Рассеиваемая мощность PDISS;
- Разрядность N в битах. (Линейка ЦАП компании Maxim включает преобразователи с разрядностью от 4 до 16 бит. Наиболее широко распространение получили 8- и 12-разрядные модели);

• Тип выхода: потенциальный или токовый;

• Тип (встроенный или внешний) и номинал источника опорного напряжения (ИОН);

• Количество каналов. (Линейка ЦАП компании Maxim включает преобразователи с числом каналов от 1 до 32. Большая часть линейки — одинарные, двоянные и счетверенные ЦАП);

• Тип входного интерфейса. Применяются интерфейсы с последовательной и параллельной передачей данных. Из последовательных в номенклатуре компании Maxim используются (за редкими исключениями) интерфейсы

SPI и I<sup>2</sup>C. Параллельные принято разделять на каналы с побайтовым доступом (при разрядности более восьми загрузка входного кода D происходит последовательно, один байт за другим) и каналы с словным доступом (входной код загружается целиком за одну операцию).

Характеристики, определяющие разделение: интегральная нелинейность INL — характеризует, насколько передаточная характеристика ЦАП отличается от идеальной (строго линейной) характеристики. Выражается в количестве младших значащих разрядов (LSB).

• Дифференциальная нелинейность DNL определяет, насколько приращение аналогового сигнала, полученное при увеличении кода на 1 LSB, отличается от идеального значения. Выражается в LSB.

Динамические характеристики:

- Время установления выходного напряжения TSET;
- Максимальная частота дискретизации F — частота, на которой ЦАП способен выдавать на выходе корректный результат. Частота дискретизации должна быть не меньше удвоенной максимальной частоты в спектре сигнала;
- Динамический диапазон, свободный от искажений SFDR. Отношение мощности полезного узкополосного сигнала к мощности наиболее существенной паразитной частотной составляющей. Обычно выражается в децибелах;
- Суммарные гармонические искажения THD. Выражаются в децибелах.

Более подробный перечень параметров приведен в большинстве монографий, посвященных рассматриваемой теме, например в [1].

### Классификация ЦАП

Классификацию ЦАП производят по одному из основных признаков. Наиболее популярными являются следующие:

- По роду выходного сигнала: с токовым выходом или с выходом по напряжению;
- С последовательным или параллельным интерфейсом;
- По числу ЦАП на кристалле: одноканальные и многоканальные;
- По быстродействию;
- По разрядности.

Компания Maxim использует классификацию, в которой в качестве ключевого критерия используется быстродействие:

- Высокоскоростные ЦАП с частотой дискретизации свыше 1 МГц;
- Низкоскоростные (или прецизионные) ЦАП с частотой дискретизации до 1 МГц.

В свою очередь прецизионные подразделяют на две группы в зависимости от разрядности:

- С малым разрешением — 4...10 бит;
- С высоким разрешением — 12...16 бит.

Исходя из данной классификации, рассмотрим эти три группы подробнее.

### Прецизионные ЦАП с разрядностью не более 10 бит

Номенклатура ЦАП данного типа, выпускаемых компанией Maxim, в настоящее время превышает 130 наименований интегральных схем. Поэтому в таблице 1 приведены параметры не всей линейки, а лишь наиболее современной ее части.

### Современные прецизионные ЦАП с малым разрешением компании Maxim

Анализ представленной таблицы позволяет сформулировать современные тенденции развития данного направления ЦАП:

1. Значительные усилия компании Maxim были направлены на создание принципиально нового типа ЦАП — ЦАП с токовым выходом для управления DC/DC-преобразователями (семей-

Таблица 1. Параметры прецизионных ЦАП с малым разрешением

Наименование	Разрядность	Число каналов	Тип выхода	ИОН	INL (max) ( $\pm$ LSB)	Интерфейс	Напряжение питания (В)		Число источников питания	Потребляемый ток (мА)	Время установления (мкс)
							Мин.	Макс.			
DS4432	7	2	Ток	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,5	1	0,15	—
DS4422	7	2	Ток	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,5	1	0,25	—
DS4424	7	4	Ток	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,5	1	0,25	—
DS4426	7	4	Ток	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,5	1	0,25	—
DS4412	4	2	Ток	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,5	1	0,5	—
DS4402	5	2	Ток	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,5	1	0,5	—
DS4404	5	4	Ток	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,5	1	0,5	—
MAX5547	10	2	Ток	Внешн.	—	Послед. SPI	2,7	5,25	1	2	10
MAX5548	8	2	Ток	Внутр.	—	Послед. I <sup>2</sup> C, Послед. SPI	2,7	5,25	1	6	30
MAX5550	10	2	Ток	Внешн.	1	Послед. I <sup>2</sup> C, Послед. SPI	2,7	5,25	1	6	30
MAX5109	8	2	Напряжение	Внутр.	—	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,25	1	0,7	8
MAX5115	8	4	Напряжение	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,25	1	1,3	8
MAX5116	8	4	Напряжение	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,25	1	1,3	8
MAX5820	8	2	Напряжение	Внутр.	1	Послед. I <sup>2</sup> C	2,7	5,5	1	0,215	4
MAX5522	10	2	Напряжение	Внутр.	4	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,006	660
MAX5523	10	2	Напряжение	Внешн.	4	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,008	660
MAX5524	10	2	Напряжение	Внутр.	4	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,006	660
MAX5525	10	2	Напряжение	Внешн.	4	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,008	660
MAX5582	10	4	Напряжение	Внутр.	1	Послед. SPI	2,7	5,25	1	1,6	2,5
MAX5583	10	4	Напряжение	Внутр.	1	Послед. SPI	2,7	5,25	1	2,4	2,5
MAX5584	8	4	Напряжение	Внутр.	0,5	Послед. SPI	2,7	5,25	1	1,6	2
MAX5585	8	4	Напряжение	Внутр.	0,5	Послед. SPI	2,7	5,25	1	2,4	2

ство **DS44xx**, которое будет рассмотрено ниже).

2. Оптимальным решением для низкоскоростных ЦАП является применение последовательного входного интерфейса. В новых микросхемах параллельный интерфейс не применяется, хотя такие ИС остаются в номенклатуре компании Maxim (на момент написания статьи Maxim предлагал 25 типов интегральных схем — чуть менее одной пятой всей номенклатуры в этом классе).

3. Современные микросхемы данного типа используют единственный низковольтный источник питания — минимальное значение напряжения пи-

тания составляет 2,7 В (а у семейства **MAX552x** — 1,8 В).

4. Среди новых изделий отсутствуют одноканальные ЦАП. Новые ЦАП — это микросхемы с двумя или четырьмя каналами. Но при этом одноканальные микросхемы (36 типов) остаются в номенклатуре компании Maxim.

5. Источник опорного напряжения, в большинстве случаев — встроенный.

Отметим также, что среди новых ЦАП с потенциальным выходом присутствуют как микросхемы с малым потреблением энергии (MAX552x), так и достаточно быстродействующие (для своего класса) ЦАП — семейство **MAX558x**.

### Прецизионные ЦАП с разрядностью свыше 10 бит

Номенклатура ЦАП этого класса в настоящее время включает 235 микросхем. В таблице 2 приведены параметры наиболее современных изделий данного класса.

### Современные прецизионные ЦАП с высоким разрешением компании Maxim

Основные тенденции развития этого направления:

1. Как и в случае ЦАП с малым разрешением, в новых микросхемах используется только последовательный

Таблица 2. Параметры прецизионных ЦАП с высоким разрешением

Наименование	Разрядность	Число каналов	Тип выхода	ИОН	INL (max) ( $\pm$ LSB)	Интерфейс	Напряжение питания (В)		Число источников питания	Потребляемый ток (мА)	Время установления (мкс)
							Мин.	Макс.			
MAX5139	12	1	Напряжение	Внутр./Внешн.	1	Послед. SPI	2,7	5,25	1	1,6	5
MAX5138	16	1	Напряжение	Внутр./Внешн.	11	Послед. SPI	2,7	5,25	1	1,6	5
MAX5135	12	4	Напряжение	Внутр./Внешн.	1	Послед. SPI	2,7	5,5	1	2,3	5
MAX5136	16	2	Напряжение	Внутр./Внешн.	8	Послед. SPI	2,7	5,5	1	3,6	5
MAX5137	12	2	Напряжение	Внутр./Внешн.	1	Послед. SPI	2,7	5,5	1	2,3	5
MAX5661	16	1	Ток, Напряжение	Внутр.	10	Послед. SPI	—	—	—	—	—
MAX5134	16	4	Напряжение	Внутр./Внешн.	10	Послед. SPI	2,7	5,5	1	3,6	5
MAX5762	16	32	Напряжение	Внутр.	16	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5764	16	32	Напряжение	Внутр.	16	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5773	14	32	Напряжение	Внутр.	4	Послед. SPI	2,7	11	3	41,5	20
MAX5774	14	32	Напряжение	Внутр.	4	Послед. SPI	3,25	8,25	4	39	20
MAX5775	14	32	Напряжение	Внутр.	4	Послед. SPI	5,5	5,25	4	41,5	20
MAX5322	12	2	Напряжение	Внутр.	1	Послед. SPI	—	15,75	3	16,2	10
MAX5580A	12	4	Напряжение	Внутр.	1	Послед. SPI	2,7	5,25	1	1,6	3
MAX5580B	12	4	Напряжение	Внутр.	4	Послед. SPI	2,7	5,25	1	1,6	3
MAX5581A	12	4	Напряжение	Внутр.	1	Послед. SPI	2,7	5,25	1	2,4	3
MAX5581B	12	4	Напряжение	Внутр.	4	Послед. SPI	2,7	5,25	1	2,4	3
MAX5732A	16	32	Напряжение	Внутр.	8	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5732B	16	32	Напряжение	Внутр.	16	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5733A	16	32	Напряжение	Внутр.	8	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5733B	16	32	Напряжение	Внутр.	16	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5734A	16	32	Напряжение	Внутр.	8	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5734B	16	32	Напряжение	Внутр.	16	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5735A	16	32	Напряжение	Внутр.	8	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5735B	16	32	Напряжение	Внутр.	16	Послед. SPI	2,7	5,25	1	15	20
MAX5312	12	1	Напряжение	Внутр.	1	Послед. SPI	—	15,75	3	6,2	10
MAX5530	12	1	Напряжение	Внутр.	8	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,005	660
MAX5531	12	1	Напряжение	Внешн.	8	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,007	660
MAX5532	12	2	Напряжение	Внутр.	8	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,006	660
MAX5533	12	2	Напряжение	Внешн.	8	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,008	660
MAX5534	12	2	Напряжение	Внутр.	8	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,006	660
MAX5535	12	2	Напряжение	Внешн.	8	Послед. SPI	1,8	5,5	1	0,008	660

Таблица 3. Параметры высокоскоростных ЦАП

Наименование	Разрядность	Частота дискретизации (МГц)	Число каналов	SFDR (@ F) (дБ)	THD (@ F) (дБ)	INL ( $\pm$ LSB)	DNL ( $\pm$ LSB)	Выходной ток (мА)	Рас-сеиваемая мощность (мВт)	Интерфейс	Напряже-ние пита-ния (В)
MAX19693	12	4000	1	70 @ 800MHz	—	1,2	0,8	20	1180	Перемеж. LVDS	3,3 & 1,8
MAX19692	12	2300	1	68 @ 1200MHz	—	1,3	0,9	20	760	Перемеж. LVDS	3,3 & 1,8
MAX5881	12	4300	1	—	—	—	—	28	1160	Перемеж. LVDS	3,3 & 1,8
MAX5898	16	500	2	89 @ 10MHz	—	3	1	20	340	Перемеж. LVDS	3,3 & 1,8
MAX5889	12	600	1	83 @ 16MHz	—	0,25	0,15	20	263	Парал-лельн., LVDS	3,3 & 1,8
MAX5894	14	500	2	90 @ 10MHz	—	1	0,5	20	896	Парал-лельн.	3,3 & 1,8
MAX5876	12	250	2	75 @ 16MHz	—	0,2	0,1	20	289	Парал-лельн., LVDS	3,3 & 1,8
MAX5877	14	250	2	75 @ 16MHz	—	0,5	0,2	20	287	Парал-лельн., LVDS	3,3 & 1,8
MAX5890	14	600	1	84 @ 16MHz	—	3,8	1,6	—	255	Парал-лельн., LVDS	3,3 & 1,8
MAX5874	14	200	2	78 @ 16MHz	—	1	0,7	—	260	Парал-лельн.	3,3 & 1,8
MAX5895	16	500	2	90 @ 10MHz	—	3	1	—	511	Парал-лельн.	3,3 & 1,8
MAX5878	16	250	2	76 @ 16MHz	—	3	2	—	294	Парал-лельн., LVDS	3,3 & 1,8
MAX5893	12	500	2	88 @ 10MHz	—	1	0,5	—	511	Парал-лельн.	3,3 & 1,8
MAX5875	16	200	2	78 @ 16MHz	—	3	2	—	260	Парал-лельн.	3,3 & 1,8
MAX5891	16	600	1	84 @ 16MHz	—	3,8	1,6	—	255	Парал-лельн., LVDS	3,3 & 1,8
MAX5873	12	200	2	78 @ 16MHz	—	0,2	0,13	—	255	Парал-лельн.	3,3 & 1,8
MAX5852	8	165	2	67 @ 10MHz	-71 @ 10MHz	0,05	0,05	—	190	Парал-лельн.	3 & 3,3
MAX5851	8	80	2	66,5 @ 10MHz	-72 @ 10MHz	0,05	0,05	—	172	Парал-лельн.	3 & 3,3
MAX5853	10	80	2	78 @ 10MHz	-76 @ 10MHz	0,25	0,2	—	173	Парал-лельн.	3 & 3,3
MAX5854	10	165	2	78 @ 10MHz	-76 @ 10MHz	0,25	0,2	—	190	Парал-лельн.	3 & 3,3
MAX5858	10	300	2	75 @ 20MHz	-72 @ 5MHz	0,5	0,25	—	504	Парал-лельн.	3

интерфейс. Тем не менее в номенклатуре компании Maxim остается около 50 типов цифро-аналоговых преобразователей с параллельным интерфейсом (как с побайтовой, так и с пословной загрузкой данных).

2. Для управления несколькими микросхемами по одному каналу SPI используется последовательное включение

по принципу дейзи-цепочки (как например, в семействе **MAX5134...39**, которое рассматривается ниже).

3. Значительные усилия направлены на создание многоканальных ЦАП. Основная часть 32-канальных ЦАП выпущена на протяжении последних пяти лет.

Отметим также принципиально новый ЦАП **MAX5661** с токовым и по-

тенциальным выходами, который предназначен для промышленных приложений.

### Высокоскоростные ЦАП

Номенклатура изделий компании Maxim в этом классе включает 43 микросхемы. Параметры наиболее современных из них представлены в таблице 3.

**Современные высокоскоростные ЦАП компании Maxim**

Отметим, что значительные усилия в последнее время были направлены на разработку и выпуск ЦАП гигагерцового диапазона. Все подобные микросхемы (MAX19692/93 и MAX5881) были проанонсированы в последние два года.

**Микросхемы ЦАП с токовым выходом для управления DC/DC-преобразователями**

Микросхемы DS44xx компании Maxim – это недорогие, двух- или четырехканальные ЦАП с токовым выходом. Они представляют собой управляемые через I<sup>2</sup>C-шину 4-, 5- или 7-разрядные ЦАП, которые специально разработаны для задания установок и регулировки DC/DC-преобразователей. Регулировка осуществляется за счет использования свойств протекания тока в схеме ЦАП, которая выполнена таким образом, что ток в зависимости от заданного режима (сток или исток) может течь в канале ЦАП в обоих направлениях. Каждый выходной канал микросхемы обеспечивает управление преобразователем путем подачи тока непосредственно в цепь обратной связи преобразователя (или, наоборот, отбора тока прямо из цепи обратной связи). Такой способ управления позволяет оперативно перенастроить параметры существующих блоков питания при минимальном изменении их конструкции, делая тем самым микросхемы семейства DS44xx оптимальным решением для серверов, сетевых переключателей, плат обработки видеосигналов и других приложений с DC/DC-преобразователями.

При включении питания выходной ток в микросхемах DS44xx нулевой, это сделано с целью снижения требований к схеме запуска и для обеспечения возможности использования типовых резисторов в обратной связи. Программирование диапазона выходного тока каждого канала осуществляется при помощи внешнего резистора, что позволяет повысить функциональность конечного решения.

Семейство DS44xx включает в себя следующие микросхемы:

- **DS4402** и **DS4404** – соответственно два и четыре канала пятиразрядного ЦАП (то есть по 31 градации втекающего и вытекающего тока), выходной ток в пределах от ±0,5 до ±2,0 мА при точности не хуже ±5%. Два адресных входа шины I<sup>2</sup>C позволяют управлять через один канал несколькими (до четырех) микросхемами.
- **DS4412** – два канала четырехразрядного ЦАП, выходной ток в пределах от ±0,5 до ±2,0 мА при точности не хуже ±6%. Адресные входы шины I<sup>2</sup>C отсутствуют. Наиболее дешевый

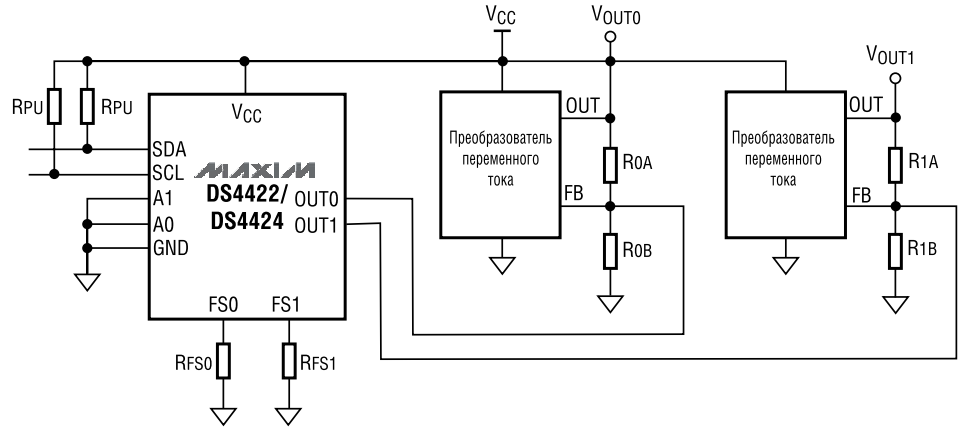


Рис. 1. Типовая схема включения ЦАП DS4422/24

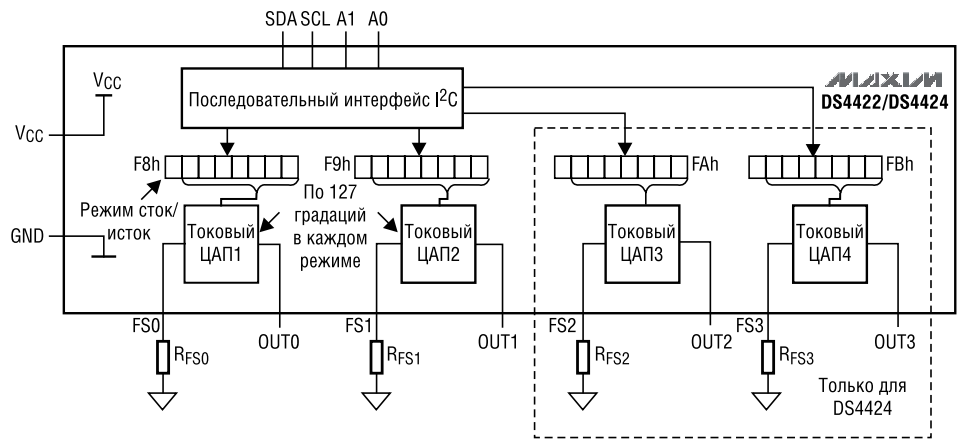


Рис. 2. Упрощенная структура ЦАП DS4422/24

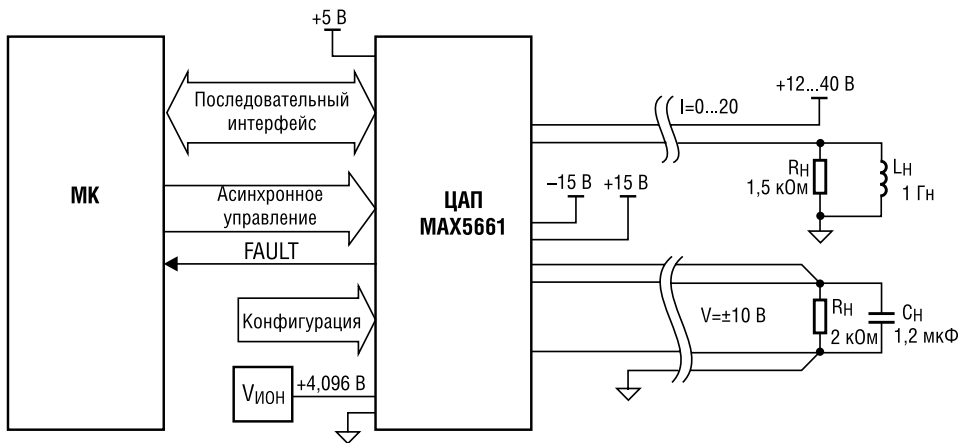


Рис. 3. Типовое применение ЦАП MAX5661

вариант для самых экономичных решений.

- **DS4422** и **DS4424** – соответственно два и четыре канала семиразрядного ЦАП, выходной ток в пределах от ±0,05 до ±0,2 мА при точности не хуже ±6%. Два адресных входа шины I<sup>2</sup>C.
- **DS4426** – четыре канала семиразрядного ЦАП, выходной ток в пределах от ±0,05 до ±0,2 мА при точно-

сти не хуже ±5%. Два адресных входа шины I<sup>2</sup>C. Дополнительно реализована функция слежения (*Tracking*), позволяющая повторять форму нарастания выходного напряжения ведущего источника питания (канал 0) на ведомых (каналы 1, 2 и 3).

- **DS4432** – два канала семиразрядного ЦАП, выходной ток в пределах от ±0,05 до ±0,2 мА при точности не хуже

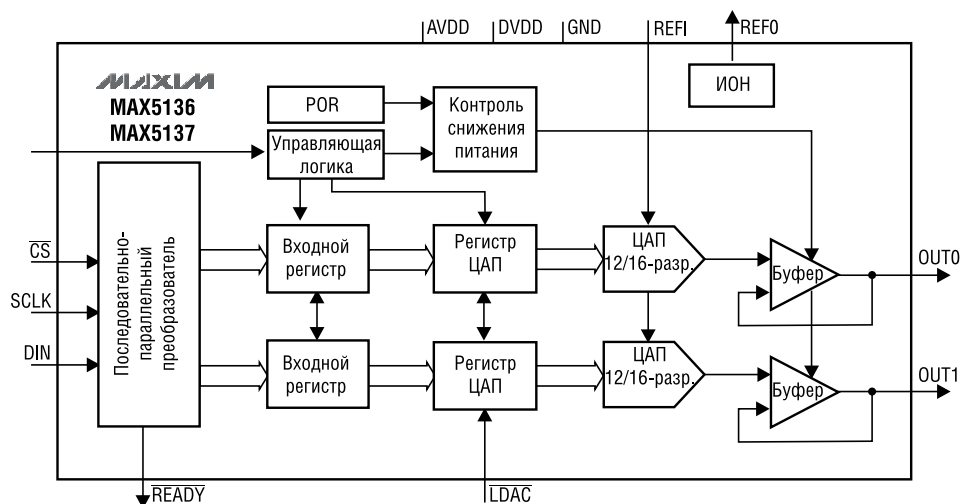


Рис. 4. Структурная схема ЦАП MAX5136/37

±5%. Адресные входы шины I<sup>2</sup>C отсутствуют. Вариант для экономичных решений.

Напряжение питания для всех микросхем семейства: 2,7...5,5 В.

На рис. 1 показана типовая схема включения, а на рис. 2 – упрощенная структура микросхем данного семейства (на примере DS4422/24).

#### ЦАП MAX5661 с токовым и потенциальным выходами

В системах промышленной автоматизации существует большое количество устройств, использующих аналоговые каналы передачи данных. Учитывая, что в различных случаях могут использоваться как токовые, так и потенциальные интерфейсы, для упрощения схемы желательно иметь микросхему ЦАП, способную без дополнительных элементов обеспечивать оба типа выходных сигналов.

Именно такие возможности предоставляет микросхема 16-разрядного специализированного ЦАП **MAX5661**. Она способна формировать как токовые сигналы в диапазоне 0...20/4...20 мА, так и потенциальные (в том числе по четырехпроводной схеме с компенсацией сопротивления соединительных проводов) с амплитудой до ±10 В. Причем начальное смещение нуля не превышает 0,1%, а полная погрешность – не более 0,3% от полной шкалы. Передаточная характеристика ЦАП имеет гарантированную монотонность, что крайне важно для замкнутых регуляторов.

Микросхема использует внешний источник опорного напряжения 4,096 В. Это обусловлено тем, что при работе ЦАП температура кристалла может значительно изменяться. Это могло бы оказать существенное влияние на параметры встроенного источника опорного напряжения и, как следствие, значительно снизить точность системы в целом. При малой разрядности ЦАП

это не имело бы большого значения, однако для 16-разрядных систем перенос источника опорного напряжения за пределы основного кристалла может значительно улучшить точностные характеристики.

Для связи с управляющим микроконтроллером используется высокоскоростной (до 10 МГц) последовательный интерфейс SPI (а также QSPI и Microwire) с возможностью последовательного включения нескольких микросхем с использованием схемы последовательного опроса (или дейзи-цепочки – Daisy Chaining). Микросхема имеет выход «Fault», который активизируется при коротком замыкании потенциального выхода или обрыве токовой петли. Информация об аварийном состоянии выходов доступна и по последовательному интерфейсу. Конфигурировать выходные каскады микросхемы можно программно или с помощью внешних выводов микросхемы, соединяя их с «землей» или с напряжением питания.

На рис. 3 показан пример типового применения ЦАП MAX5661.

#### ЦАП MAX5134...39 с малым энергопотреблением для устройств промышленного назначения

Недавно компания Maxim представила новое семейство четверенных (**MAX5134/35**), сдвоенных (**MAX5136/37**) и одинарных (**MAX5138/39**) 16- и 12-разрядных ЦАП, совместимых между собой как по выводам, так и по алгоритму управления. Данные ЦАП обладают сочетанием более высокой точности, интеграции и меньших габаритов по сравнению с ранее выпущенными изделиями. Управление микросхемой осуществляется через высокоскоростной (до 30 МГц) последовательный интерфейс, совместимый с SPI, QSPI и Microwire с возможностью последовательного под-

ключения нескольких микросхем по дейзи-цепочке.

Энергосбережение становится в настоящее время актуальным требованием не только для устройств с батарейным питанием, но и для систем промышленного назначения. Четырканальные 12- или 16-разрядные ЦАП в среднем потребляют ток 2,5 мкА, а в дежурном режиме – 0,3 мкА. Микросхемы MAX5134...39 обеспечивают высокую линейность преобразования – не хуже ±8 LSB INL для 16-разрядных и ±1 LSB INL для 12-разрядных ЦАП. Микросхемы MAX5134...37 реализованы в сверхкомпактных 24-выводных корпусах TQFN размером 4x4 мм, а также в 16-выводных корпусах TSSOP. Одноканальные ЦАП MAX5138/39 реализованы в миниатюрных, 16-выводных корпусах TQFN размером 3x3 мм.

Данные ЦАП являются оптимальным решением для систем управления производственным оборудованием, например, программируемыми логическими контроллерами, системами управления приводами и автоматизированные системы контроля. Другие применения этих ЦАП: портативные измерительные приборы, контрольно-измерительная и тестовая аппаратура, системы сбора и обработки данных, программируемые источники напряжения и тока.

На рис.4 представлена структурная схема двухканальных ЦАП MAX5136/37.

#### Быстродействующие широкополосные ЦАП с низким энергопотреблением MAX1962/93

Микросхема **MAX1962** – 12-разрядный ЦАП с быстродействием 2,3 Гбит/с, который предназначен главным образом для реализации прямого синтеза высокочастотных и широкополосных сигналов в различных зонах Найквиста. MAX1962 обеспечивает возможность синтезировать сигналы с шириной спектра до 1 ГГц в частотном диапазоне от постоянного тока и до 2 ГГц. Микросхема имеет динамические характеристики на уровне лучших в отрасли: динамический диапазон без искажений (SFDR = 68 дБ при выходной частоте 1200 МГц и работе на третьей зоне Найквиста). В ней предусмотрены низковольтные источники питания, четырехкратно мультиплицированный цифровой LVDS-вход и 12-разрядное ядро преобразования. Частотная характеристика микросхемы может быть сконфигурирована для оптимизации синтеза сигнала на любой из трех первых зон Найквиста. Во второй и третьей зонах Найквиста микросхема ЦАП имеет более высокое отношение сигнал-шум и лучшую равномерность усиления по сравнению

с обычными ЦАП, предназначенными для работы в первой зоне. При частоте преобразования 1,5 ГГц микросхема потребляет всего 950 мВт.

Выпущенный несколько позже 12-разрядный **MAX19693** имеет быстроедействие 4,0 Гбит/с и является оптимальным решением для прямой цифровой генерации высокочастотных широкополосных сигналов в первой зоне Найквиста. ЦАП обеспечивает значение SFDR более чем 70 дБ при частотах до 800 МГц и 62 дБ при 1500 МГц.

Микросхемы могут быть успешно применены в следующих приложениях: высококачественное широкополосное коммуникационное оборудование, радары, цифровые генераторы сигналов, высокочастотное тестовое оборудование.


### Заключение

Цифро-аналоговые преобразователи, выпущенные компанией Maxim в течение последних лет, подтверждают правомерность ее нахождения в лидирующей группе производителей на данном сегменте рынка.

Потребителю предложен ряд принципиально новых изделий (семейство DS44xx, микросхемы MAX5661 и MAX19692/92), которые не имеют прототипов в линейке компании.

Чрезвычайно широкая номенклатура изделий включает как самые современные изделия, так и традиционные модели, подтвердившие свою жизнеспособность на протяжении длительного времени. Широкий диапазон различных параметров (разрядность, число каналов, тип выхода, используемые интерфейсы, быстроедействие) делают продукцию компании Maxim востребованной во многих приложениях самого различного назначения.

### Литература

1. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых устройств. — М.: Додэка-XXI, 2005. 

**Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка –  
e-mail: analog.vesti@compel.ru**

## Решения компании MAXIM для передачи данных по электросети

**MAX2990** — PLC-модем, позволяющий организовать полудуплексную асинхронную передачу данных на скорости до 100 kbps в диапазоне несущих частот 10...490 кГц с использованием существующей электросети. Применение цифровой OFDM-модуляции обеспечивает надежное соединение в сетях невысокого качества в условиях импульсного шума и групповых задержек сигнала. Также это позволяет избежать применения эквалайзеров для компенсации частотно избирательного затухания сигнала. Благодаря помехозащищенному кодированию данных MAX2990 является одним из наиболее надежных PLC-модемов для промышленных приложений.

MAX2990 сочетает в себе как RNU-уровень, так и MAC-уровень, реализованный на 16-битном RISC-микроконтроллере с ядром MAXQ®. Объем встроенной флэш-памяти для хранения MAC-кода и пользовательской программы составляет 32 кБ, объем ОЗУ для хранения данных — 8 кБ. Микросхема содержит часы реального времени, а также таймеры с поддержкой режима ШИМ. Для связи с прикладным микроконтроллером предусмотрены интерфейсы: UART, SPI, I<sup>2</sup>C. Отладка программного кода осуществляется через JTAG.

**MAX2991** — аналоговый front-end для использования совместно с PLC-модемом MAX2990. Передающая часть микросхемы осуществляет ввод OFDM сигнала в линию и включает в себя БИХ-фильтр, 10-битный ЦАП, конфигурируемый ФНЧ и предварительный драйвер линии. Приемная часть осуществляет усиление и фильтрацию сигнала и состоит из ФНЧ, 2-каскадного АРУ с динамическим диапазоном 60 дБ и 10-битного АЦП. Соединение с MAX2990 осуществляется через последовательный интерфейс.

Сочетание MAX2990 и MAX2991 является высокоэффективным решением для организации низкоскоростной передачи данных по электросети с точки зрения цена/качество. Такой модем может применяться в системах автоматизированного учета электроэнергии, системах удаленного управления (например, системами освещения), системах контроля доступа.

Для быстрого освоения данного решения компания Maxim предлагает отладочный набор **MAX2990EVKIT**.

**MAXIM** Многоканальные ЦАП  
INNOVATION DELIVERED™



MAX5134 –  
MAX5137

- Счетверенные и двоянные ЦАП с разрешением 12 и 16 бит
- Аппаратно выбираемая установка выхода ЦАП при подаче питания
- Низкое энергопотребление (ISHDN = 300 нА, тип.)
- 30 МГц, трехпроводной SPI/QSPI/MICROWIRE/DSP-совместимый последовательный интерфейс
- Широкий диапазон напряжений питания (2,7 В ... 5,25 В)
- Rail-to-rail буферизированный выход
- Расширенный промышленный температурный диапазон (-40...105°C)

Москва  
Тел.: (495) 995-0901  
Факс: (495) 995-0902

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404  
Факс: (812) 327-9403



**Компэл**  
www.compel.ru