

# Обзор отечественных ЦАП производства АО «Ангстрем»

Е. Трудновская<sup>1</sup>, С. Клейн<sup>2</sup>

УДК 621.3 | ВАК 2.2.2

АО «Ангстрем» на постоянной основе ведет разработки новых изделий. За 2021 год было разработано 150 новых микросхем, 29 из которых уже освоены в серийном производстве. В числе новых серийных изделий, освоенных в 2022 году – шесть новых типов (10 типономиналов) микросхем цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) для замены импортных микросхем DAC0808, MC1508 компании National Semiconductor и DAC8412, DAC8413 компании Analog Devices. О ряде новых ЦАП производства АО «Ангстрем» рассказывается в статье.

**Ц**ифро-аналоговые преобразователи являются важным «мостом» между цифровой и аналоговой частью многих устройств: они могут выступать связующим звеном между ЭВМ и объектом управления в системах автоматического управления, быть генератором аналогового сигнала, генерируемого методом прямого цифрового синтеза (DDS), входить в состав оборудования технологического контроля. От доступности, точности и быстродействия ЦАП во многом зависят функциональность и характеристики конечного устройства. Для изделий специального назначения большую важность приобретает надежность ЦАП, стабильность его параметров в экстремальных температурных и радиационных условиях.

АО «Ангстрем» разработало линейку цифро-аналоговых преобразователей (рис. 1, табл. 1), способных успешно заменить популярные импортные микросхемы. Новая серия отечественных микросхем не уступает импортным функциональным аналогам по характеристикам, а по параметрам стойкости к экстремальным факторам окружающей среды существенно их превосходит.

## ОДНОКАНАЛЬНЫЕ 8-РАЗРЯДНЫЕ ЦАП 5023HA024, 5023HA025

Микросхемы 5023HA024/25 представляют собой 8-разрядный одноканальный ЦАП с токовым выходом, с параллельным интерфейсом ввода данных. Они предназначены для преобразования 8-разрядного прямого двоичного кода на цифровых входах в ток на аналоговом выходе, который пропорционален значениям входного кода

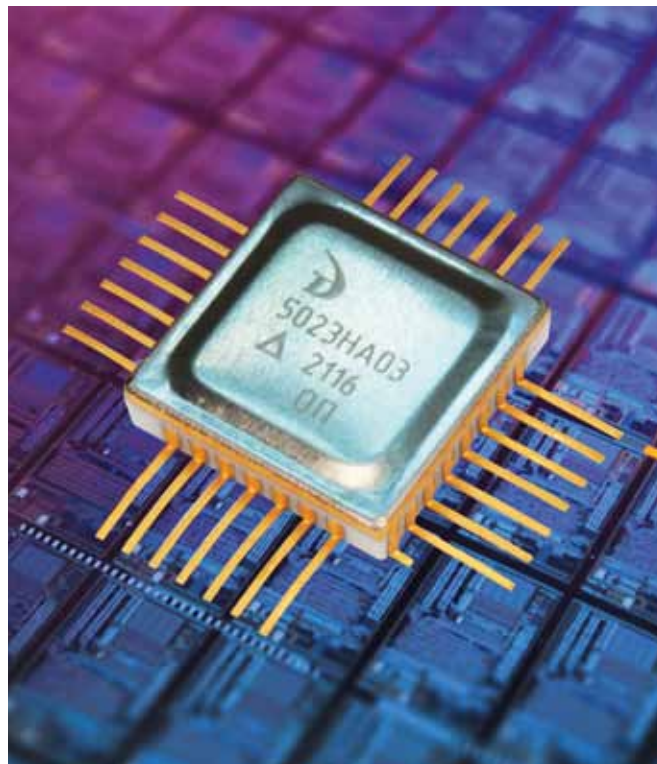


Рис. 1. ЦАП 5023HA03

и опорного тока. При подключении внешнего операционного усилителя микросхемы превращаются в ЦАП с выходом по напряжению. Микросхемы имеют ТТЛ- и КМОП-совместимые цифровые входы. Структурная электрическая схема 5023HA024, 5023HA025 приведена на рис. 2., нумерация, обозначение и наименование выводов – в табл. 2.

Относительно простые и недорогие микросхемы 5023HA024/25 являются функциональным аналогом DAC0808 и MC1508.

<sup>1</sup> АО «Ангстрем», начальник отдела аналого-цифровых и специальных схем, diamond@angstrom.ru.

<sup>2</sup> АО «Ангстрем», начальник отдела маркетинга и корпоративных коммуникаций, klein@angstrom.ru.

Таблица 1. Серии ЦАП производства АО «Ангстрем»

Наименование	Аналоги	Каналы	Разрядность, бит	Максимальное напряжение питания, В	Минимальное напряжение питания, В	Корпус	Функциональное назначение
K5023HA024 (гражданское исполнение)	DAC0808, MC1508	1	8	5	-15	4307.16-A (SOP-16)	С параллельным интерфейсом ввода данных и токовым выходом
5023HA024	DAC0808, MC1508	1	8	5	-15	4307.16-A (SOP-16)	С параллельным интерфейсом ввода данных и токовым выходом
5023HA025		1	8	5	-15	H04.16-1B	
5023HA03A4, 5023HA03B4	DAC8412	4	12	15	-15	4183.28-5K	С параллельным интерфейсом ввода данных, со сбросом в середину шкалы и выходом по напряжению
5023HA03A5, 5023HA03B5		4	12	15	-15	H09.28-1B	
5023HA04A4, 5023HA04B4	DAC8413	4	12	15	-15	4183.28-5K	С параллельным интерфейсом ввода данных, со сбросом в ноль шкалы и выходом по напряжению
5023HA04A5, 5023HA04B5		4	12	15	-15	H09.28-1B	

Таблица 2. Нумерация, обозначение и наименование выводов микросхем 5023HA024 и 5023HA025

Номер вывода	Обозначение вывода	Функциональное назначение
1	$V_{CC1}$	Вывод питания от источника положительного напряжения
2	$V_{REF+}$	Вывод положительного источника опорного напряжения
3	$V_{REF-}$	Вывод отрицательного источника опорного напряжения
4	COMPEN	Компенсационный вывод
6	GND	Общий вывод
7	$V_{CC2}$	Вывод питания от источника отрицательного напряжения
8	$I_O$	Токовый выход
9	A1	Цифровой вход 1 (старший значащий бит)
10	A2	Цифровой вход 2
11	A3	Цифровой вход 3
12	A4	Цифровой вход 4
13	A5	Цифровой вход 5
14	A6	Цифровой вход 6
15	A7	Цифровой вход 7
16	A8	Цифровой вход 8 (младший значащий бит)

**Электрические параметры 5023HA024, 5023HA025**

Диапазон изменения выходного напряжения,  $U_o$

- не менее ..... -0,55 В
- не более ..... 0,4 В

Входной ток высокого уровня цифровых входов,  $I_{IH}$  ..... <0,04 мА

Входной ток низкого уровня цифровых входов,  $I_{IL}$  ..... <|-0,7| мА

Смещение опорного входного тока,  $I_{VREF-}$  ..... <|-1,5| мкА

Диапазон выходных токов,  $I_{OR}$  ..... 0-2,1 мА

Выходной ток при высоком уровне входных сигналов,  $I_{O_{FS}}$  ..... 1,93-2,07 мА

Выходной ток при низком уровне входных сигналов,  $I_{O_{ZS}}$  ..... <3 мкА

Ток потребления от источника  $U_{CC1}$ ,  $I_{CC1}$  ..... <8 мА

Ток потребления от источника  $U_{CC2}$ ,  $I_{CC2}$  ..... <|-8| мА

Время установления сигнала до ½ ЕМР (единица младшего разряда),  $t_s$  ..... <360 нс

Время задержки распространения сигнала при переключении входного сигнала из низкого в высокий уровень,  $t_{PLH}$  ..... <100 нс

Время задержки распространения сигнала при переключении входного сигнала из высокого в низкий уровень,  $t_{PHL}$  ..... <100 нс

Относительная погрешность,  $E_f$  ..... <0,17%

Скорость нарастания опорного тока,  $SRI_{REF}$  ..... >4 мА/мкс

Номинальное напряжение питания:

- положительное ..... +5 В
- отрицательное ..... от -5 до -15 В

**Предельно-допустимые режимы эксплуатации микросхем в диапазоне рабочих температур среды**

Напряжение питания,  $U_{CC1}$  ..... 4,5...5,5 В

Напряжение питания,  $U_{CC2}$  ..... -16,5... -4,5 В

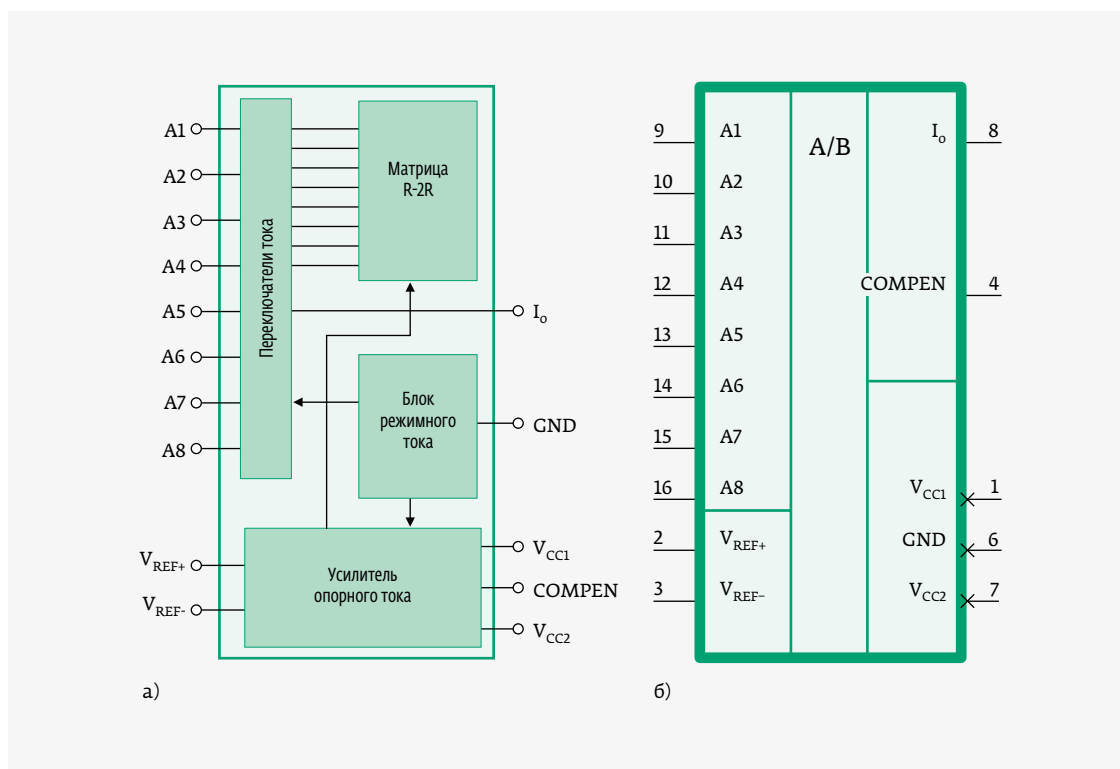
Входное напряжение высокого уровня на входах А1-А8,  $U_{IH}$  ..... >2 В

Входное напряжение низкого уровня на входах А1-А8,  $U_{IL}$  ..... <0,8 В

Напряжение на входах опорного усилителя,  $U_{IREF+}$ ,  $U_{IREF-}$  ..... -16,5...5,5 В

**4-КАНАЛЬНЫЕ 12-РАЗРЯДНЫЕ ЦАП 5023HA03A4, 5023HA03B4, 5023HA04A4, 5023HA04B4, 5023HA03A5, 5023HA03B5, 5023HA04A5, 5023HA04B5**

Микросхемы 5023HA03/04 представляют собой четырехканальные 12-разрядные ЦАП с выходом по напряжению, с параллельным интерфейсом ввода данных, с обратным считыванием, со сбросом в середину или в ноль шкалы. Микросхемы выполнены в однокристалльном исполнении, содержат входной и выходной регистры, схему управления, преобразователь уровня, матрицу резисторов R-2R, а также выходной буферный усилитель для каждого канала ЦАП. Уникальной особенностью ЦАП 5023HA03A4, 5023HA03B4, 5023HA04A4, 5023HA04B4, 5023HA03A5, 5023HA03B5, 5023HA04A5, 5023HA04B5 является возможность работы от одного источника питания с напряжением 5 В.



**Рис. 2.** Структурная электрическая схема (а) и условное графическое изображение (б) 5023HA024, 5023HA025

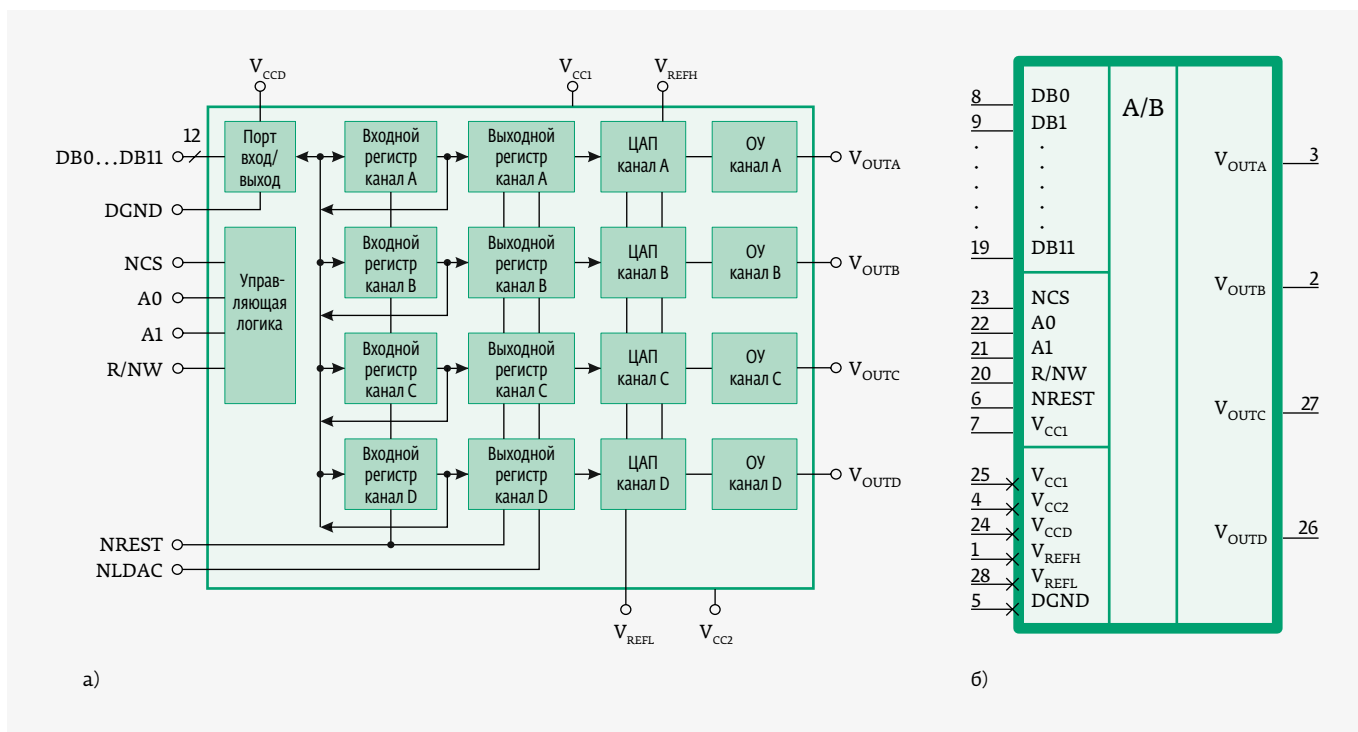


Рис. 3. Структурная электрическая схема (а) и условное графическое изображение (б) микросхем 5023НА03А4, 5023НА03В4, 5023НА04А4, 5023НА04В4, 5023НА03А5, 5023НА03В5, 5023НА04А5, 5023НА04В5

**> 10 000**  
наименований микросхем

**АНГСТРЕМ**

Параметрический подбор микросхем собственного производства

[www.angstrem.ru](http://www.angstrem.ru)

Таблица 3. Нумерация, обозначение и наименование выводов микросхем 5023HA034/5, 5023HA044/5

Номер вывода	Обозначение вывода	Функциональное назначение
1	$V_{REFH}$	Вывод подключения источника опорного напряжения положительной полярности
2	$V_{OUTB}$	Выход по напряжению канала В
3	$V_{OUTA}$	Выход по напряжению канала А
4	$V_{CC2}$	Вывод отрицательного напряжения питания аналоговой части
5	DGND	Общий вывод цифровой части
6	NRESET	Вход сброса
7	NLDAC	Вход загрузки данных в ЦАП
8	DB0	Вывод 0-го бита данных (МЗР – младший значащий разряд)
9	DB1	Вывод 1-го бита данных
10	DB2	Вывод 2-го бита данных
11	DB3	Вывод 3-го бита данных
12	DB4	Вывод 4-го бита данных
13	DB5	Вывод 5-го бита данных
14	DB6	Вывод 6-го бита данных
15	DB7	Вывод 7-го бита данных
16	DB8	Вывод 8-го бита данных
17	DB9	Вывод 9-го бита данных
18	DB10	Вывод 10-го бита данных
19	DB11	Вывод 11-го бита данных (СЗР – старший значащий разряд)
20	R/NW	Вход чтения / записи данных
21	A1	Вход 1-го адресного бита
22	A0	Вход 0-го адресного бита
23	NCS	Вход выбора кристалла
24	$V_{CCD}$	Вывод положительного напряжения питания цифровой части
25	$V_{CC1}$	Вывод положительного напряжения питания аналоговой части
26	$V_{OUTD}$	Выход по напряжению канала D
27	$V_{OUTC}$	Выход по напряжению канала С
28	$V_{REFL}$	Вывод подключения источника опорного напряжения отрицательной полярности

Структурная электрическая схема 5023HA03A4, 5023HA03B4, 5023HA04A4, 5023HA04B4, 5023HA03A5, 5023HA03B5, 5023HA04A5, 5023HA04B5 приведена на рис. 3, нумерация, обозначение и наименование выводов микросхемы – в табл. 3.

Микросхемы отличаются по точностным параметрам и разделены на две группы: А и В.

**Группа А**

Ошибка смещения нуля шкалы ..... <±2,5 EMP  
 Ошибка полной шкалы ..... <±2,5 EMP

Дифференциальная

нелинейность ..... не более ±3,5 EMP  
 Интегральная нелинейность ..... не более ±3 EMP

**Группа В**

Ошибка смещения нуля шкалы ..... <±5 EMP  
 Ошибка полной шкалы ..... <±5 EMP  
 Дифференциальная  
 нелинейность ..... не более ±5 EMP  
 Интегральная нелинейность ..... не более ±5 EMP

**Таблица 4.** Таблица истинности для цифровых управляющих логических сигналов

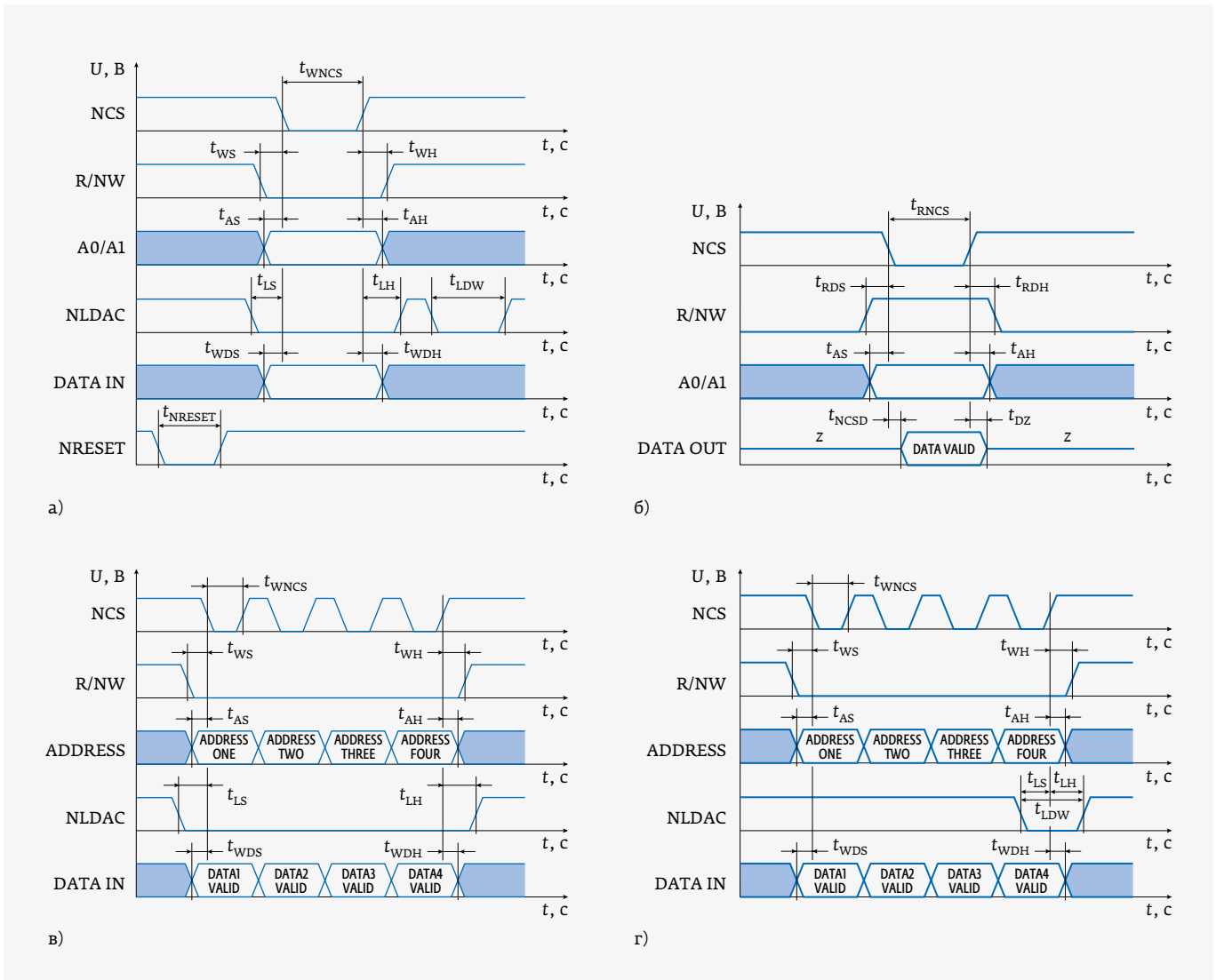
A1	A0	R/NW	NCS	NRESET	NLDAC	Микросхема	Входной регистр	Выходной регистр	Режим	Канал ЦАП
L	L	L	L	H	L	5023HA03A4, 5023HA03B4, 5023HA04A4, 5023HA04B4, 5023HA03A5, 5023HA03B5, 5023HA04A5, 5023HA04B5	Запись	Запись	Прямая запись*	A
L	H	L	L	H	L		Запись	Запись	Прямая запись*	B
H	L	L	L	H	L		Запись	Запись	Прямая запись*	C
H	H	L	L	H	L		Запись	Запись	Прямая запись*	D
L	L	L	L	H	H		Запись	Хранение	Буферизованная запись**	A
L	H	L	L	H	H		Запись	Хранение	Буферизованная запись**	B
H	L	L	L	H	H		Запись	Хранение	Буферизованная запись**	C
H	H	L	L	H	H		Запись	Хранение	Буферизованная запись**	D
L	L	H	L	H	H		Чтение	Хранение	Чтение входных данных***	A
L	H	H	L	H	H		Чтение	Хранение	Чтение входных данных***	B
H	L	H	L	H	H		Чтение	Хранение	Чтение входных данных***	C
H	H	H	L	H	H		Чтение	Хранение	Чтение входных данных***	D
X	X	X	H	H	L	Хранение	Обновление всех выходных регистров	-	Все	
X	X	X	H	H	H	Хранение	Хранение	Хранение	Все	
X	X	X	X	L	X	5023HA03A4, 5023HA03B4, 5023HA03A5, 5023HA03B5	Все регистры сбрасываются в середину шкалы	-	Все	
X	X	X	H	↑	X	5023HA03A4, 5023HA03B4, 5023HA03A5, 5023HA03B5	Все регистры фиксируются в середину шкалы	-	Все	
X	X	X	X	L	X	5023HA04A4, 5023HA04B4, 5023HA04A5, 5023HA04B5	Все регистры сбрасываются в ноль шкалы	-	Все	
X	X	X	H	↑	X	5023HA04A4, 5023HA04B4, 5023HA04A5, 5023HA04B5	Все регистры фиксируются в ноль шкалы	-	Все	

\* Запись, когда входные данные записываются во входной и выходной регистры одновременно и передаются в виде аналогового сигнала на выход ЦАП.

\*\* Запись, когда входные данные записываются в промежуточный входной регистр.

\*\*\* Чтение предварительно записанных данных из входного регистра.

L – логический «0»; H – логическая «1»; X – неопределенное логическое состояние.



**Рис. 4.** Типовые временные диаграммы работы ЦАП: а - запись данных во входной и выходной регистры; б - чтение данных из входного регистра; в - работа ЦАП в режиме поочередной записи каждого канала; г - работа ЦАП в режиме одновременной записи всех каналов.  $t_{WNCS}$  - длительность импульса записи по входу NCS;  $t_{WS}$  - время установки сигнала записи по входу R/NW;  $t_{WH}$  - время удержания сигнала записи по входу R/NW;  $t_{AS}$  - время установки сигнала адреса по входам A0 и A1;  $t_{AH}$  - время удержания сигнала адреса по входам A0 и A1;  $t_{LS}$  - время установки сигнала загрузки по входу NLDAC;  $t_{LH}$  - время удержания сигнала загрузки по входу NLDAC;  $t_{WDS}$  - время установки сигнала записи данных по выводам DB0-DB11;  $t_{WDH}$  - время удержания сигнала записи данных по выводам DB0-DB11;  $t_{LDW}$  - длительность импульса загрузки по входу NLDAC;  $t_{NRESET}$  - длительность импульса сброса по входу NRESET;  $t_{RNCS}$  - длительность импульса чтения по входу NCS;  $t_{RDS}$  - время установки сигнала чтения по входу R/NW;  $t_{RDH}$  - время удержания сигнала чтения по входу R/NW;  $t_{NCSD}$  - время задержки выдачи данных по выводам DB0-DB11 после прихода импульса NCS;  $t_{DZ}$  - время задержки перехода данных в высокоимпеданное Z-состояние по выводам DB0-DB11; DATA IN - входная 12-разрядная шина данных (выводы DB0-DB11); DATA OUT - выходная 12-разрядная шина данных (выводы DB0-DB11); ADDRESS - адресная шина (выводы A0 и A1); DATA VALID - достоверные данные, считываемые из входного регистра; ADDRESS ONE - адрес входного регистра канала A (комбинация A0=0, A1=0); ADDRESS TWO - адрес входного регистра канала B (комбинация A0=1, A1=0); ADDRESS THREE - адрес входного регистра канала C (комбинация A0=0, A1=1); ADDRESS FOUR - адрес входного регистра канала D (комбинация A0=1, A1=1); DATA1 VALID - достоверные данные, записываемые во входной регистр канала A; DATA2 VALID - достоверные данные, записываемые во входной регистр канала B; DATA3 VALID - достоверные данные, записываемые во входной регистр канала C; DATA4 VALID - достоверные данные, записываемые во входной регистр канала D

Ключевые характеристики микросхем 5023HA03A4, 5023HA03B4, 5023HA04A4, 5023HA04B4, 5023HA03A5, 5023HA03B5, 5023HA04A5, 5023HA04B5:

- работа в однополярном режиме с напряжением питания 5 В;
- работа в двухполярном режиме с напряжением питания от  $\pm 5$  до  $\pm 15$  В и опорным напряжением от  $\pm 2,5$  до  $\pm 10$  В;
- напряжение питания логической части 5 В;
- буферизированное выходное напряжение;
- входы с двойной буферизацией;
- сброс в ноль шкалы или в середину шкалы;
- время установления выходного сигнала – 25 мкс;
- обратное считывание;
- температурный диапазон: от  $-60$  до  $125$  °С.

Входы выбора входного регистра, A0 и A1 (табл. 3), выбирают конкретный ЦАП с регистрами от А (двоичный код 00) до D (двоичный код 11) включительно. Декодирование входных регистров осуществляется входом выбора кристалла NCS. Когда NCS находится в состоянии высокого уровня, декодирования не происходит, ни один из входных регистров не доступен ни для записи, ни для чтения.

Вход чтения/записи R/NW контролирует запись и чтение из входных регистров. Загрузка выходных регистров

управляется асинхронным входом NLDAC. В состоянии низкого уровня NLDAC и при условии, что вход NCS активирован, все выходные регистры могут обновляться одновременно с входными регистрами. Все регистры могут быть сброшены при необходимости с помощью входа NRESET. Входные данные подаются и считываются с выводов DB0–DB11.

Информация о работе ЦАП в различных режимах представлена в табл. 4 и на рис. 4.

\*\*\*

Замена импортных компонентов на отечественные с такими же характеристиками, безусловно, необходимая и важная работа. Возможности АО «Ангстрем», однако, этим отнюдь не ограничиваются. АО «Ангстрем» имеет все возможности разрабатывать новые электронные компоненты, идеально подходящие по своим характеристикам к разрабатываемым и перспективным конечным изделиям. Мы приглашаем российские компании к совместной опытно-конструкторской разработке аналоговых микросхем с требуемыми характеристиками.

Только опережающее развитие электронных компонентов, направленное на создание новых максимально эффективных устройств и систем, является путем устойчивого роста.

**ЭЛЕКТРОНИКА ТРАНСПОРТ 2022**

15-я специализированная выставка электроники и информационных технологий для пассажирского транспорта и транспортной инфраструктуры

Проводится в рамках Российской недели общественного транспорта [www.publictransportweek.ru](http://www.publictransportweek.ru)

21-23 СЕНТЯБРЯ / МОСКВА / ЦВК ЭКСПОЦЕНТР

WWW.E-TRANSPORT.RU