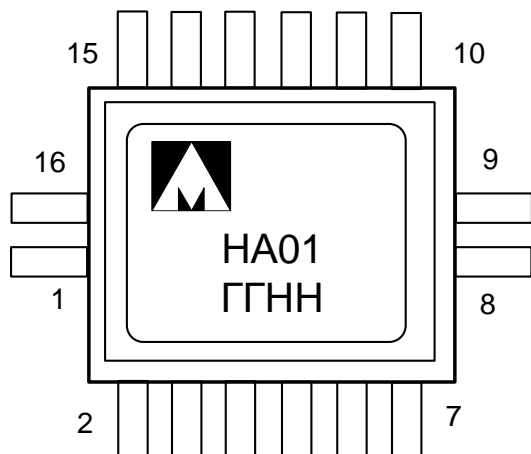




Микросхема цифро-аналогового преобразователя напряжения 5101HA015, K5101HA015, K5101HA015K



ГГ – год выпуска
НН – неделя выпуска

Основные характеристики микросхемы:

- Напряжение источника питания, U_{CC} , 3,9 – 5,25 В;
- Статический ток потребления в режиме пониженного энергопотребления (Power Down), I_{CCPD} , не более 1 мкА;
- Динамический ток потребления, I_{OCC} , не более 4 мА;
- Время установления выходного напряжения, t_s , не более 5 мкс;
- Разрешающая способность, 16 разрядов;
- Дифференциальная нелинейность ± 1 ЕМР.

Рабочий диапазон температур:

Обозначение	Диапазон
5101HA015	минус 60 – 100 °С
K5101HA015	минус 60 – 100 °С
K5101HA015K	0 – 70 °С

Тип корпуса:

- 16-выводной корпус Н04.16-2В

Общее описание и области применения микросхемы

Микросхема 5101HA015 представляет собой 16-разрядный ЦАП с малым энергопотреблением и выходом по напряжению и предназначена для использования в малопотребляющих переносных и бортовых системах управления и обработки данных, в том числе с батарейным питанием, системах цифровой подстройки усиления и смещения, программируемых источников напряжений и токов, программируемых аттенюаторах и генераторах частоты.

Микросхема работает от одного источника питания напряжением от 3,9 до 5,25 В. В ИС гарантируется монотонность и дифференциальная нелинейность ± 1 ЕМР. В изделии используется универсальный последовательный трехпроводной интерфейс с тактовой частотой до 30 МГц совместимый со стандартами SPI®, QSPI™, MICROWIRE™ и DSP. Опорное напряжение подается через вывод UREF на вход встроенного буферного усилителя. Микросхема содержит в себе цепь сброса по включению питания, которая обеспечивает установку выхода ЦАП ноль и его сохранение до записи в ЦАП необходимого значения. Микросхема имеет режим пониженного энергопотребления с уменьшенным током потребления, в котором обеспечивается программный выбор выходной нагрузки. Перевод в режим пониженного энергопотребления производится через последовательный интерфейс. Микросхема обеспечивает низкие импульсные помехи при включении питания.

1 Описание выводов микросхемы

Таблица 1 – описание выводов микросхемы

№ контактной площадки кристалла	№ вывода корпуса	Обозначение вывода	Функциональное назначение
1	1	DOUT	Выход (цифровой) данных последовательного интерфейса. Используется в тестовых целях
2	2	VDDL	Технологический вывод. (Выход напряжение питания цифровой части +1,8 В)
3, 4, 5	3	GNDD	Общий (цифровая земля)
6, 7, 8, 9	4	GNDAR	Общий (аналоговая земля ЦАП)
10	5	PD	Вход разрешения режима «Выключено» (режим Power Down). По умолчанию высокий уровень. (Подключен внутренним резистором к VDDA)
11	6	BULK	Технологический вывод. (Выход напряжения смещения ключей ЦАП)
12, 13, 14, 15	7	GND	Общий (аналоговая земля)
16, 17, 18, 19	8	GND	Общий (аналоговая земля)
22, 23	9	OUT	Выход ЦАП (аналоговый)
24	10	VREF	Вход опорного напряжения
28	11	VREFO	Технологический вывод. (Выход опорного напряжения)
29, 30, 31	12	VDDA	Аналоговое питание (+5 В)
32, 33	13	VDDD	Цифровое питание (+5 В)
34	14	DIN	Вход (цифровой) данных последовательного интерфейса
35	15	SCLK	Вход (цифровой) тактовой частоты последовательного интерфейса
36	16	SYNC	Вход (цифровой) сигнала синхронизации последовательного интерфейса
20, 21, 25, 26, 27	–	NC	Не используется

2 Структурная блок-схема микросхемы

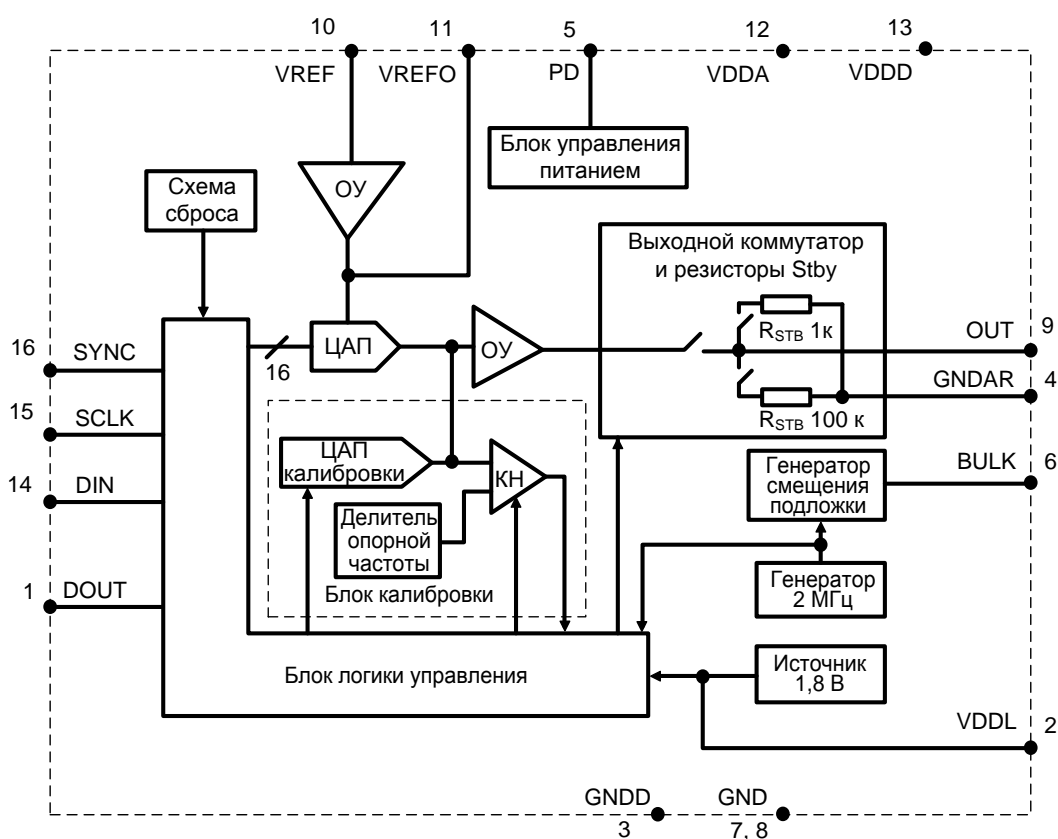


Рисунок 1 – Структурная блок-схема
КН – компаратор напряжения; ОУ – операционный усилитель

3 Условное графическое обозначение

14	DIN	5101HA015	OUT	9
15	SCLK		DOUT	1
16	SYNC			
10	VREF		VREFO	11
5	PD		VDDL	2
6	BULK			
12	VDDA		GND	7,8
13	VDDD		GNDAR	4
			GNDD	3

Рисунок 2 – Условное графическое обозначение

4 Указания по применению и эксплуатации

Крышка электрически соединена с выводом 8 и шиной «Общий».

При ремонте аппаратуры и измерении электрических параметров микросхем замену микросхем необходимо проводить только при отключенных источниках питания.

Инструмент для пайки (сварки) и монтажа не должен иметь потенциал, превышающий 0,3 В относительно шины «Общий».

Запрещается подведение каких-либо электрических сигналов (в том числе шин «Питание», «Общий») к выводам микросхем, не используемым согласно схеме электрической.

С целью повышения надежности рекомендуется принимать меры, обеспечивающие минимальную температуру нагрева корпуса микросхем и защиту от воздействия климатических факторов, а именно:

- обеспечение работы микросхем в облегченных электрических и температурных режимах;
- улучшение вентиляции, рациональное размещение микросхем в блоках;
- применение теплоотводящих панелей и экранов.

При выборе источника опорного напряжения следует учитывать, что стабильность во времени и низкочастотный шум входного опорного напряжения передаются на выход ЦАП пропорционально входному коду.

5 Описание функционирования микросхемы

Микросхема представляет собой 16-разрядный ЦАП с малым энергопотреблением и выходом по напряжению. Микросхема предназначена для использования в малопотребляющих переносных и бортовых системах управления и обработки данных, в том числе с батарейным питанием, системах цифровой подстройки усиления и смещения, программируемых источниках напряжений и токов, программируемых аттенюаторах и генераторах частоты.

Ядро ЦАП состоит из высокоомного резистивного делителя. Шесть старших разрядов декодируются и управляют выбором группы от 0 до 63-х равных параллельно соединенных резисторов. Десять младших разрядов управляют коммутацией R-2R делителя. Переключение ветвей делителя осуществляется МОП-ключами с сопротивлениями, согласованными с сопротивлениями соответствующих ветвей делителя. Ток от опорного источника протекает через выбранные ветви делителя на землю и формирует на выходе делителя напряжение, пропорциональное входному коду.

Микросхема работает с одним источником питания и внешним источником опорного напряжения. Входной буферный повторитель опорного напряжения снижает ток потребления от внешнего источника опоры. Выходной буфер транслирует напряжение делителя на аналоговый выход микросхемы.

Для работы блока логики микросхема содержит встроенный источник питания 1,8 В и генератор тактового сигнала 2 МГц.

Предусмотрено два режима пониженного энергопотребления:

- режим «Выключено» (PD – Power Down);
- режим «Ожидание» (StandBy).

В режиме PD:

- управляется внешним выводом PD;
- все устройства микросхемы выключены;

- микросхема потребляет только ток утечки;
- данные в регистрах логики не сохраняются;
- микросхема не реагирует на SPI команды;
- время выхода из режима больше, чем из режима StandBy.

В режиме StandBy:

- управляется SPI командами;
- все устройства микросхемы, кроме встроенного источника питания логики, выключены;
- микросхема потребляет пониженный ток;
- данные в регистрах логики сохраняются, включая загруженный код ЦАП и результаты калибровки;
- выход OUT отключен от выходного буфера и может быть подключен через резистор к земле;
- микросхема реагирует на SPI команды;
- время выхода из режима меньше, чем из режима PD.

Входной код и команды загружаются в микросхему по последовательному SPI-интерфейсу, образуемому входами DIN, SCLK, SYNC и выходом DOUT.

Временная диаграмма сигналов последовательного SPI-интерфейса представлена на рисунке 3, длительности сигналов интерфейса – в таблице 2, основные команды интерфейса – в таблице 3.

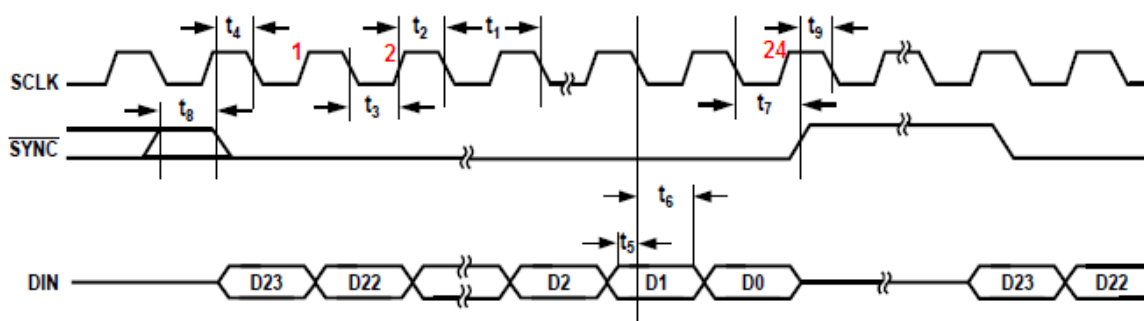


Рисунок 3 – Временная диаграмма SPI интерфейса

Таблица 2 – Длительности сигналов SPI-интерфейса

Обозначение параметра	Значение (минимальное), нс	Описание
t_1	33	Период тактового сигнала SCLK при записи
	400	Период тактового сигнала SCLK при чтении
t_2	10	Длительность высокого уровня SCLK
t_3	10	Длительность низкого уровня SCLK
t_4	10	Время установки SYNC относительно заднего фронта SCLK
t_5	3	Время установки DIN относительно заднего фронта SCLK
t_6	3	Время удержания DIN после заднего фронта SCLK
t_7	3	Время удержания SYN после заднего фронта SCLK
t_8	12	Длительность высокого уровня SYNC
t_9	9	Время удержания SCLK после переднего фронта SYNC
Примечание – Крутизна фронтов сигналов 1 В/нс на участке фронта от 10 до 90% U_{CC}		

Таблица 3 – Основные команды

Команда	Шестнадцатеричный код
normal operation	0x00dddd
StandBy mode	0x01dddd
StandBy 100	0x02dddd
StandBy 1	0x03dddd
write Calibration	0x080311
Примечание – dddd – код ЦАП в диапазоне: – 0000÷FFFF – шестнадцатеричный; – 0÷65535 – десятичный	

5.1 Калибровка микросхем

При калибровке производится вычисление поправок для основных источников ошибок. При дальнейшей работе микросхемы вычисленные поправки используются для компенсации ошибок. Калибровка запускается командой SPI-интерфейса.

Калибровку необходимо проводить каждый раз после включения питания, когда источники питания и опорного напряжения стабильны. Изменение напряжения питания более, чем на 0,1 В и/или температуры более, чем на 10 °С после калибровки могут привести к ухудшению нелинейности и дифференциальной нелинейности. В этих условиях рекомендуется повторная калибровка для восстановления параметров.

Для выполнения калибровки в микросхеме предусмотрены следующие ресурсы:

- регистровый файл Mem, содержащий поправки для каждого из 63-х декодируемых сегментов (резисторов). Нулевые старшие 6 битов кода соответствуют сегменту 0, при этом не выбирается ни один из декодируемых резисторов, так что в файле Mem регистр 0 отсутствует;
- регистровый файл MemT, содержащий поправки недекодируемой части кода. Калибруются только 8 старших бит из 10. Вклад ошибок младших двух бит пренебрежимо мал;
- регистровый файл MemA, содержащий ручные поправки для всех 64-х сегментов. Регистр допускает улучшение линейности ЦАП в ручном режиме;
- регистр Offset, содержащий ручную поправку смещения;
- регистр Calibration, содержащий набор битов управления калибровкой и сервисных битов;
- регистры Acc, Bas, Min – рабочие регистры для хранения промежуточных данных и вычислений;
- токовый ЦАП калибровки, формирующий поправку и управляемый регистрами Mem, MemT, MemA, Min, Offset;
- компаратор калибровки, сравнивающий напряжение на специально сконфигурированном основном резистивном делителе и опорном делителе;
- автомат калибровки, который управляет специальными конфигурациями делителя и на основе сигналов компаратора вычисляет поправки.

Разрядности регистров:

- Mem, MemT, MemA, Acc, Min – 17 бит;
- Bas – 23 бит;
- Calibration – 16 бит;
- Offset – 9 бит;
- ЦАП калибровки – 9 бит.

Суммарный код поправки, вычисляемый по содержимому регистров Mem, MemT, MemA, Min, Offset, должен укладываться в 9 бит. Процедура калибровки гарантирует выполнение этих условий для регистров Mem, MemT, Min. Регистры MemA и Offset предназначены для ручной настройки и потенциально могут привести к переполнению калибровки и деградации линейности.

Избыточная разрядность многих регистров необходима для гарантии отсутствия переполнения в процессе калибровки, хранения промежуточных данных, усреднения. По умолчанию производится усреднение по 16-и измерениям для снижения влияния случайного шума на результаты калибровки. Глубина усреднения определяется битами avgMode регистра Calibration.

Для калибровки наивысшим приоритетом является улучшение линейности. При этом допускается незначительная деградация смещения нуля. Это вызвано тем, что из-за отсутствия отрицательного источника питания ЦАП калибровки является однополярным. Так как величина деградации зависит от температуры, ухудшается также и температурный коэффициент смещения нуля. Для обхода этой проблемы в регистр Offset можно вручную загрузить код, превышающий исходное смещение и независимый от температуры. Однако этот механизм несовершенен: при некотором пороговом (индивидуальном для каждой микросхемы) значении кода Offset происходит переполнение кода поправки за пределы 9 бит и резкое ухудшение линейности. Таким образом, решение о применении регистра Offset определяется компромиссом линейность-смещение. Использование регистра Offset управляется битом offsetEn регистра Calibration.

Регистры MemA могут использоваться для подстройки остаточной после калибровки нелинейности на уровне декодируемых сегментов. Как и в случае регистра Offset возможно переполнение. Работа регистров MemA управляется битом memAEn регистра Calibration. Бит memAse1 определяет, к какому из регистровых файлов Mem или MemA будут относиться последующие команды чтения и записи.

Бит calRange регистра Calibration управляет выбором диапазона ЦАП калибровки. При calRange=1 полный диапазон ЦАП калибровки составляет ~ 48 ЕМР, при calRange=0 диапазон составляет ~ 96 ЕМР. По умолчанию установлен calRange=1.

Все регистры доступны для чтения по SPI-интерфейсу. Все регистры, кроме Acc и Bas, доступны для записи по SPI-интерфейсу. Полный набор команд SPI-интерфейса приведен в таблице 4.

Ток, протекающий через резистивный делитель, зависит от загруженного в ЦАП кода. Этот ток вызывает нелинейное падение напряжение на паразитном сопротивлении цепи земли. Для компенсации вызванной этим напряжением ошибки микросхема содержит ЦАП балансировки. Этот ЦАП дополняет кодозависимый ток делителя до большего постоянного тока. ЦАП балансировки по умолчанию включен, но может быть выключен битом iBalEn регистра Calibration.

Таблица 4 – Полный набор команд SPI-интерфейса

Write	D23÷16	Примечание
normal operation	0x00	–
StandBy mode	0x01	–
StandBy 100	0x02	–
StandBy 1	0x03	–
write Offset	0x04	–
write Min	0x05	–
write Calibration	0x08	Таблица 5
write MemT	0x10÷0x17	–
write Mem, MemA	0x40÷0x7F	–
Read		–
read Acc	0x81	–
read Bas LSB	0x82	–
read Bas MSB	0x83	–
read Offset	0x84	–
read Min	0x85	–
read Calibration	0x88	–
read MemT	0x90÷0x97	–
read Mem, MemA	0xC0÷0xFF	–

Таблица 5 – Биты команды Calibration

Порядковый номер бита (Рисунок 3)	Наименование бита	Значение по умолчанию	Описание битов регистра Calibration	Примечание
D0	runCal	–	запуск калибровки runCal=1 – установка режимов и запуск калибровки; runCal=0 – установка режимов	1, 2
D1	resetCal	–	сброс калибровки	
D2	avgMode	0	глубина усреднения калибровки: avgMode = 0 – глубина усреднения 16; avgMode = 1 – глубина усреднения 8; avgMode = 2 – глубина усреднения 4; avgMode = 3 – глубина усреднения 1	–
D3				
D4	calTail	0	разрешение калибровки недешифруемого R-2R делителя	–
D5	offsetEn	0	разрешение работы регистра Offset	–
D6	memAEn	0	разрешение работы регистра MemA	–
D7	memAsel	0	выбор memA в операциях с Mem, MemA	–
D8	calRange	1	выбор диапазона ЦАП калибровки	–
D9	iBalEn	1	разрешение работы ЦАП балансировки	–
D10	bulkEn	0	включение генератора смещения подложки	3
D11	cmpMux	0	подключение компаратора калибровки к выходу DOUT	
D12	clkMuxO	0	подключение внутреннего осциллятора к выходу DOUT	
D13	clkMuxI	0	подключение входа SCLK вместо внутреннего осциллятора	
D14	clkDis	0	выключение внутреннего осциллятора	3, 4
D15	testMode	0	переход в тестовый (скановый) режим	

Поряд- ковый номер бита (Рисунок 3)	Наиме- нование бита	Значе- ние по умол- чанию	Описание битов регистра Calibration	Приме- чение
<p>Примечания:</p> <p>1 Установка битов runCal, resetCal в 1 одновременно запрещена. Не будет выполнен ни запуск, ни сброс калибровки.</p> <p>2 Биты runCal и resetCal не хранятся в регистрах, поэтому они не имеют значения по умолчанию. При чтении регистра Calibration в этих битах всегда будут нули.</p> <p>3 С 10-го по 15-й бит – сервисные биты.</p> <p>4 Переход в тестовый режим необратим вплоть до выключения питания</p>				

Примеры SPI-операций и структура кодов команды Calibration на примере кода 0x080311 приведены на рисунке 4.

Примеры SPI-операций

0x080311 – nominal calibration
 0x080330 – + offsetEn
 0x080331 – nominal calibration + offsetEn
 0x040180 – write Offset 384
 0x840000 – read Offset
 0x850000 – read Min

Структура кодов команды Calibration на примере кода 0x080311

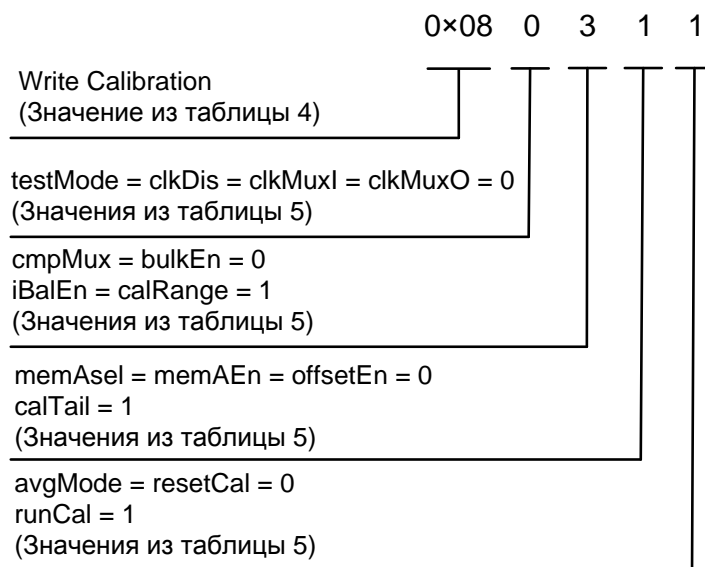
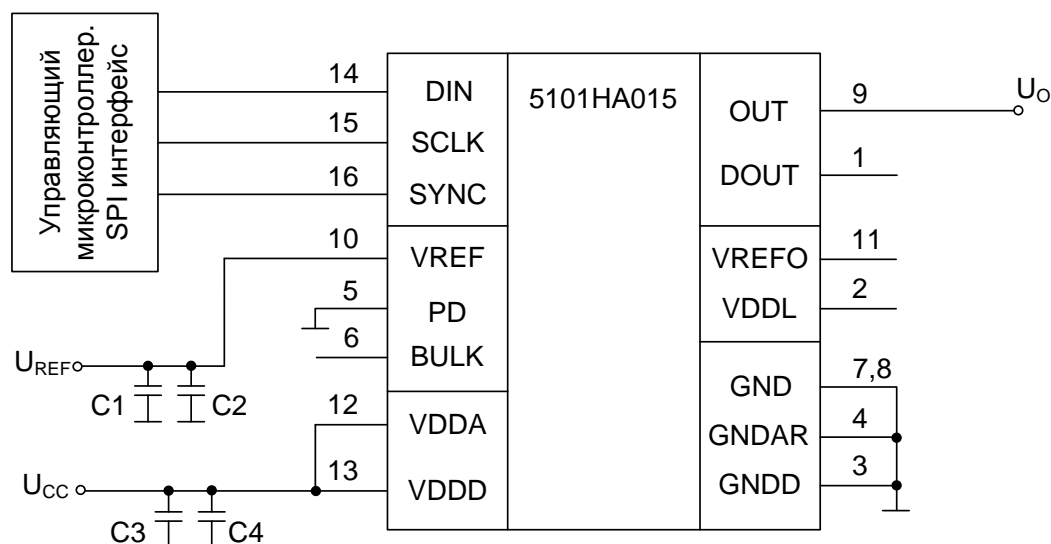


Рисунок 4 – Примеры SPI-операций

6 Типовая схема включения микросхемы



Передаточная функция ЦАП:

$$U_O = D \cdot U_{LSB} = D \cdot (U_{REF}/65536),$$

где:

- U_O – выходное напряжение ЦАП;
- D – загруженный цифровой код;
- U_{LSB} – величина единицы младшего разряда
($U_{LSB} = 62,5$ мкВ при $U_{REF} = 4,096$ В)

Рисунок 5 – Типовая схема включения ЦАП

Выводы 3, 4, 7, 8 подключаются к шине «Общий» проводниками с минимальной длиной и сопротивлением.

Выводы 12, 13 подключаются к шине «Питание» проводниками с минимальной длиной и сопротивлением.

Фильтрующие конденсаторы на шину «Общий» $C3 = 10$ мкФ, $C4 = 0,1$ мкФ (керамический с низким последовательным сопротивлением).

Вывод 10 подключается к выходу источника опорного напряжения. Фильтрующие конденсаторы на шину «Общий» $C1 = 10$ мкФ, $C2 = 0,1$ мкФ (керамический с низким последовательным сопротивлением).

Выводы 2 и 11 технологические и при использовании в аппаратуре не подключаются.

К выводам 1, 14, 15, 16 подключаются соответствующие выходы SPI-интерфейса управляющего контроллера.

Вывод 4 подключается к шине «Общий» в активном режиме или отключается в PD-режиме.

Вывод 9 подключается ко входу устройства, использующего выходное напряжение ЦАП.

7 Предельные и предельно-допустимые режимы микросхемы

Таблица 6 – Предельно-допустимые режимы эксплуатации и предельные электрические режимы микросхем

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное Обозначение параметра	Норма параметра			
		Предельно- допустимый режим		Предельный режим*	
		не менее	не более	не менее	не более
Напряжение питания, В	U_{CC}	3,9	5,25	–	6
Опорное напряжение ЦАП, В	U_{REF}	3	U_{CC}	–	U_{CC}
Входное напряжение высокого уровня, В на выводах DIN, SCLK, SYNC, PD	U_{IH}	2 **	U_{CC}	–	$U_{CC}+0,3$
Входное напряжение низкого уровня, В на выводах DIN, SCLK, SYNC, PD	U_{IL}	0	0,8 ***	– 0,3	–
Выходной ток нагрузки, мА	I_O	–	1	–	5
Частота следования импульсов тактовых сигналов SCLK, МГц	f_C	–	30	–	–
Емкость нагрузки, пФ на выводе OUT	C_L	–	200	–	–
<p>* Не допускается одновременное воздействие двух и более предельных режимов. ** В процессе и после воздействия СВВФ $U_{IH} \geq U_{CC} - 0,5 \text{ В}$. *** В процессе и после воздействия СВВФ $U_{IL} \leq 0,2 \text{ В}$.</p>					

8 Электрические параметры микросхемы

Таблица 7 – Электрические параметры микросхем при приемке и поставке

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды, °C	Примечание
		не менее	не более		
Диапазон выходного напряжения, В	δU_O	–	$U_{REF} + E_{FS}$	25, 100, – 60	1
Входной ток утечки высокого/низкого уровня на входах DIN, SCLK, SYNC, мкА	I_{ILH} I_{ILL}	– 1	1		–
Входной ток утечки высокого уровня на входе PD, мкА	I_{ILH_PD}	– 1	1		–
Входной ток утечки низкого уровня на входе PD, мкА	I_{ILL_PD}	– 15	– 1		–
Статический ток потребления, мА, $I_O = 0$	I_{CC}	–	2		–
Статический ток потребления в режиме пониженного энергопотребления (Power Down), мкА, $I_O = 0$	I_{CCPD}	–	1		–
Динамический ток потребления, мА, чередование кодов 16384 и 49152, $I_O = 0$	I_{OCC}	–	4		–
Число разрядов ЦАП	N	–	16		–
Дифференциальная нелинейность, ЕМР, при $U_{CC} = 5,25$ В, $U_{REF} = 4,096$ В, при $U_{CC} = 4,1$ В, $U_{REF} = 3$ В	E_{LD}	– 1	1		2
Интегральная нелинейность, ЕМР, при $U_{CC} = 5,25$ В, $U_{REF} = 4,096$ В, при $U_{CC} = 4,1$ В, $U_{REF} = 3$ В	E_L	– 2	2		2
Напряжение смещение нуля на выходе, мВ, при $U_{CC} = 5,25$ В, $U_{REF} = 4,096$ В	U_{OFFS}	– 2	2		–
Температурный коэффициент напряжения смещения нуля, мкВ/°C при $U_{CC} = 5,25$ В, $U_{REF} = 4,096$ В	αU_{OFFS}	– 10	10		3
Ошибка полной шкалы преобразования, мВ, при $U_{CC} = 5,25$ В, $U_{REF} = 4,096$ В, при $U_{CC} = 4,1$ В, $U_{REF} = 3$ В	E_{FS}	– 2	2		–
Время установления выходного напряжения, мкс при $U_{CC} = 5$ В, $U_{REF} = 4,096$ В, $R_L = 5$ кОм, при кодовом переходе от 16384 до 49152 с точностью 10 мВ	t_s	–	5	4	
Примечания: 1 Определение значения выходного напряжения приведено в разделе «Типовая схема включения микросхемы». 2 Параметр гарантируется при выходном напряжении от 20 мВ до наименьшего из значений U_{REF} или $(U_{CC} - 1,1$ В). 3 Параметр обеспечивается конструкцией и подтверждается на квалификационных и периодических испытаниях. 4 Параметр обеспечивается конструкцией и подтверждается на квалификационных испытаниях					

Таблица 8 – Электрические параметры микросхем, изменяющиеся в процессе и после воздействия специальных факторов

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды, °C
		не менее	не более	
Статический ток потребления, мА, $I_O = 0$	I_{CC}	–	5	25, 100, – 60
Статический ток потребления в режиме пониженного энергопотребления (Power Down), мкА, $I_O = 0$	I_{CCPD}	–	10	
Динамический ток потребления, мА, чередование кодов 16384 и 49152 при $f_c = 4,8$ МГц, $I_O = 0$	I_{OCC}	–	7	
Интегральная нелинейность, ЕМР, при $U_{CC} = 5,25$ В, $U_{REF} = 4,096$ В, при $U_{CC} = 4,1$ В, $U_{REF} = 3$ В	E_L^*	– 10	10	
Напряжение смещение нуля, мВ, при $U_{CC} = 5,25$ В, $U_{REF} = 4,096$ В	U_{OFFS}	– 3	5	

9 Справочные данные

Таблица 9 – Справочные данные

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра			Температура среды °C
		не менее	типовое значе- ние	не более	
Выходной ток в режиме «Ожидание» (StandBy mode), мкА					25
$U_{OZ} = 5,25 \text{ В}$	I_{OSTBH}		–	10	
$U_{OZ} = 0 \text{ В}$	I_{OSTBL}	– 10	–		
Выходной ток в режиме «Ожидание» (StandBy 1), мА	I_{OSTB1}	–	–	9	25
Выходной ток в режиме «Ожидание» (StandBy 100), мА	$I_{OSTB100}$	–	–	0,09	25
Ток потребления от источника U_{REF} , мкА, при $U_{CC} = 5 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$	I_{REF}	–	0,1	2	25
Статический ток потребления в режиме пониженного энергопотребления (PD), мкА, при $U_{CC} = 5 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$, $U_{IH} = U_{CC}$, $U_{IL} = 0 \text{ В}$	I_{CCPD}	–	0,1	–	25
Статический ток потребления в режиме «Ожидание» (StandBy), мкА, при $U_{CC} = 5 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$, $U_{IH} = U_{CC}$, $U_{IL} = 0 \text{ В}$	I_{CCST}	–	140	–	25
Статический ток потребления, мА, при $U_{CC} = 5 \text{ В}$, $U_{IH} = U_{CC}$, $U_{IL} = 0 \text{ В}$, постоянный код 32768, нагрузка отключена	I_{CC}	–	1,45	–	25
Динамический ток потребления, мА, при $U_{CC} = 5 \text{ В}$, $U_{IH} = U_{CC}$, $U_{IL} = 0 \text{ В}$, $f_C = 4,8 \text{ МГц}$, чередование кодов 16384 и 49152, нагрузка отключена	I_{OCC}	–	1,475	–	25
Дифференциальная нелинейность, ЕМР, при $U_{CC} = 5,25 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$, $R_L = 5 \text{ кОм}$, $C_L = 200 \text{ пФ}$ $U_{CC} = 4,1 \text{ В}$, $U_{REF} = 3 \text{ В}$, $R_L = 5 \text{ кОм}$, $C_L = 200 \text{ пФ}$	E_{LD}	–	0,3	–	25
			0,35		
Температурный коэффициент дифференциальной нелинейности, ЕМР/°C при $U_{CC} = 5,25 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$, $R_L = 5 \text{ кОм}$, $C_L = 200 \text{ пФ}$	αE_{LD}	–	0,003	–	25, 100, – 60
Интегральная нелинейность, ЕМР, при: $U_{CC} = 5,25 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$, $R_L = 5 \text{ кОм}$, $C_L = 200 \text{ пФ}$ $U_{CC} = 4,1 \text{ В}$, $U_{REF} = 3 \text{ В}$, $R_L = 5 \text{ кОм}$, $C_L = 200 \text{ пФ}$	E_L	–	0,7	–	25
		–	0,8	–	
Температурный коэффициент интегральной нелинейности, ЕМР/°C при $U_{CC} = 5,25 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$, $R_L = 5 \text{ кОм}$, $C_L = 200 \text{ пФ}$	αE_L	–	0,001	–	25, 100, – 60
Напряжение смещение нуля на выходе, мВ, при $U_{CC} = 5,25 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$, $R_L = 5 \text{ кОм}$, $C_L = 200 \text{ пФ}$	U_{OFFS}	–	0,2	–	25

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра			Температура среды °C
		не менее	типовое значе- ние	не более	
Ошибка полной шкалы преобразования, мВ, при $U_{CC} = 5,25 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$, $R_L = 5 \text{ кОм}$, $C_L = 200 \text{ пФ}$	E_{FS}	–	0,4	–	25
Время выхода из режима «Выключено» (PD), мкс	tpdu	–	–	1000	25
Время выхода из режима «Ожидание» (StandBy), мкс	tstu	–	–	20	25
Скорость нарастания/спада выходного напряжения, В/мкс при: $U_{CC} = 5 \text{ В}$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$ переход от 0 к полной шкале и от полной шкалы к 0 с точностью 10%	SRO	–	1,2	–	25
Коэффициент влияния напряжения питания, дБ, при $U_{CC} = 5 \text{ В} \pm 5\%$, $U_{REF} = 4,096 \text{ В}$ код ЦАП - 65535, статическое состояние	PSRR	–	– 86	–	25
Напряжение среднеквадратичного уровня шума в полосе частот от 0,1 до 100 Гц, мкВ	Un	–	24	–	25

10 Типовые зависимости

Зависимости основных электрических параметров микросхем от режимов и условий эксплуатации приведены на рисунках 6 – 15.

Зависимость статического тока потребления в режиме «Ожидание» ICCST от напряжения питания приведена на рисунке 16.

Зависимости выходного тока короткого замыкания IOS на выводе OUT от напряжения источника питания приведены на рисунках 17, 18.

Зависимость интегральной нелинейности EL от воздействия специального фактора с характеристикой 7.И7 (7.C4) приведена на рисунке 19.

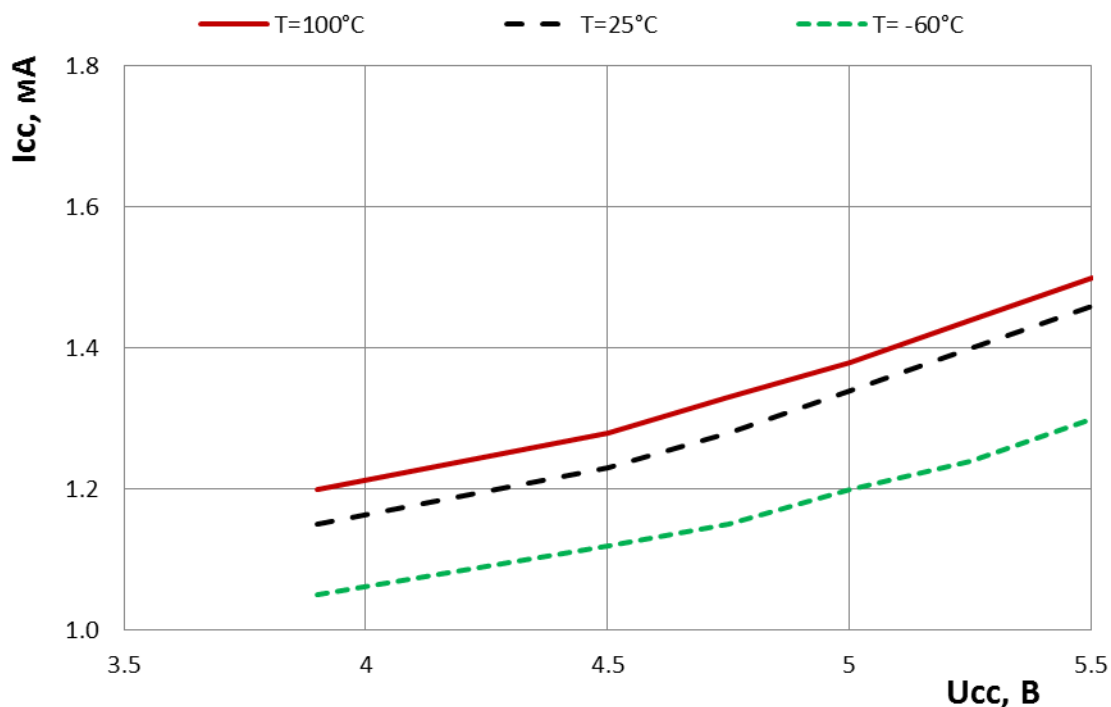


Рисунок 6 – Зависимость статического тока потребления I_{cc} от напряжения питания при $U_{REF} = 4,096$ В

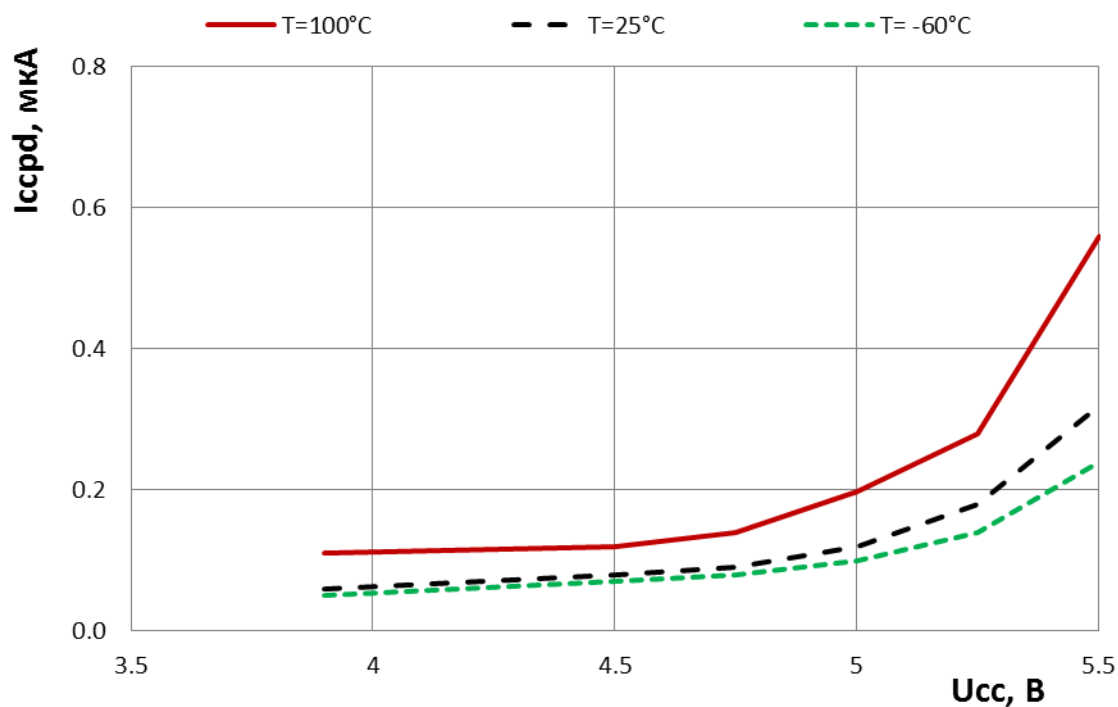


Рисунок 7 – Зависимость статического тока потребления в режиме пониженного энергопотребления (PD) I_{ccpd} от напряжения питания

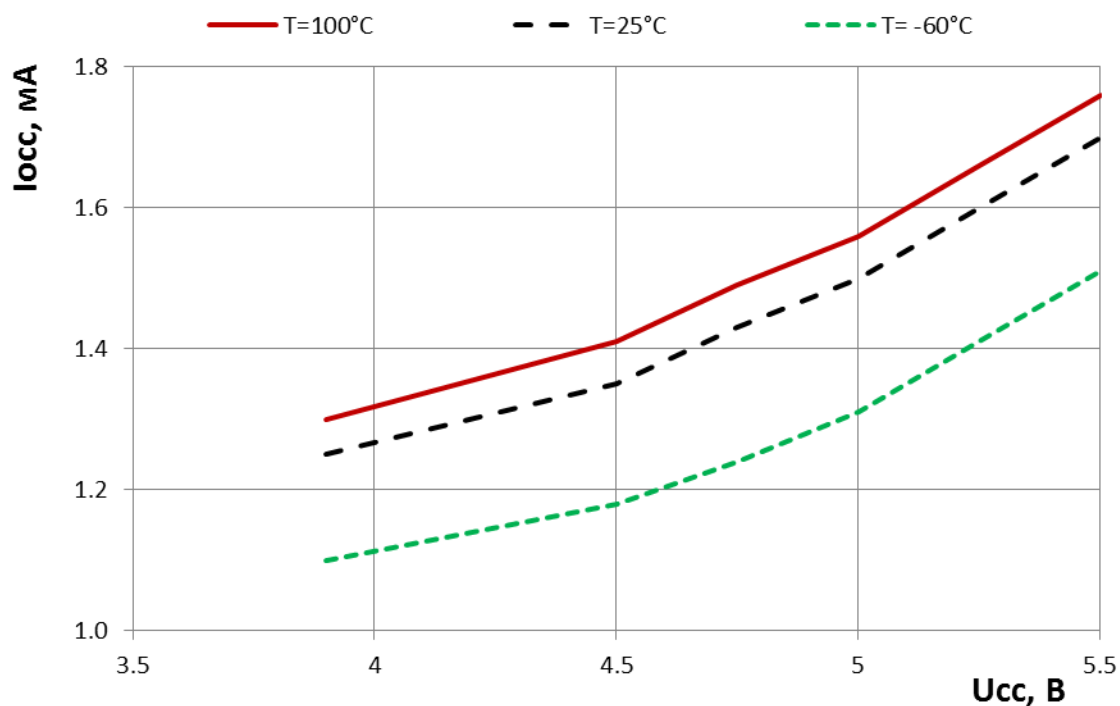


Рисунок 8 – Зависимость динамического тока потребления I_{css} от напряжения питания при $U_{REF} = 4,096$ В

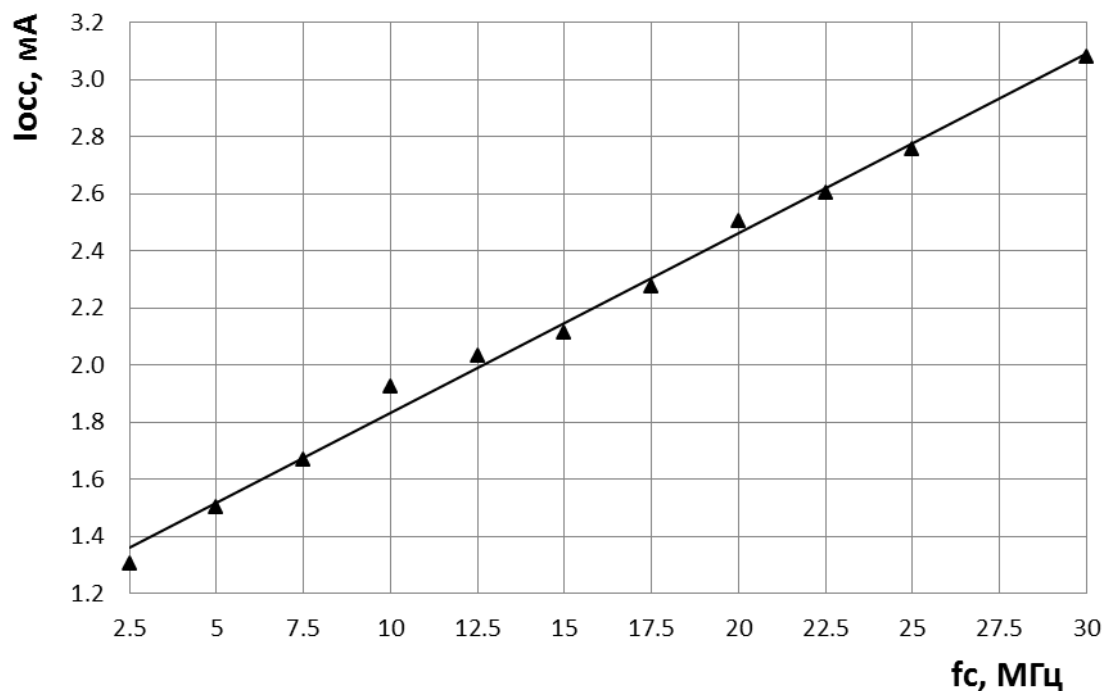


Рисунок 9 – Зависимость динамического тока потребления I_{oss} от частоты следования импульсов тактовых сигналов при чередовании кодов 16384/49153, $U_{CC} = 5$ В при $T = 25$ °C

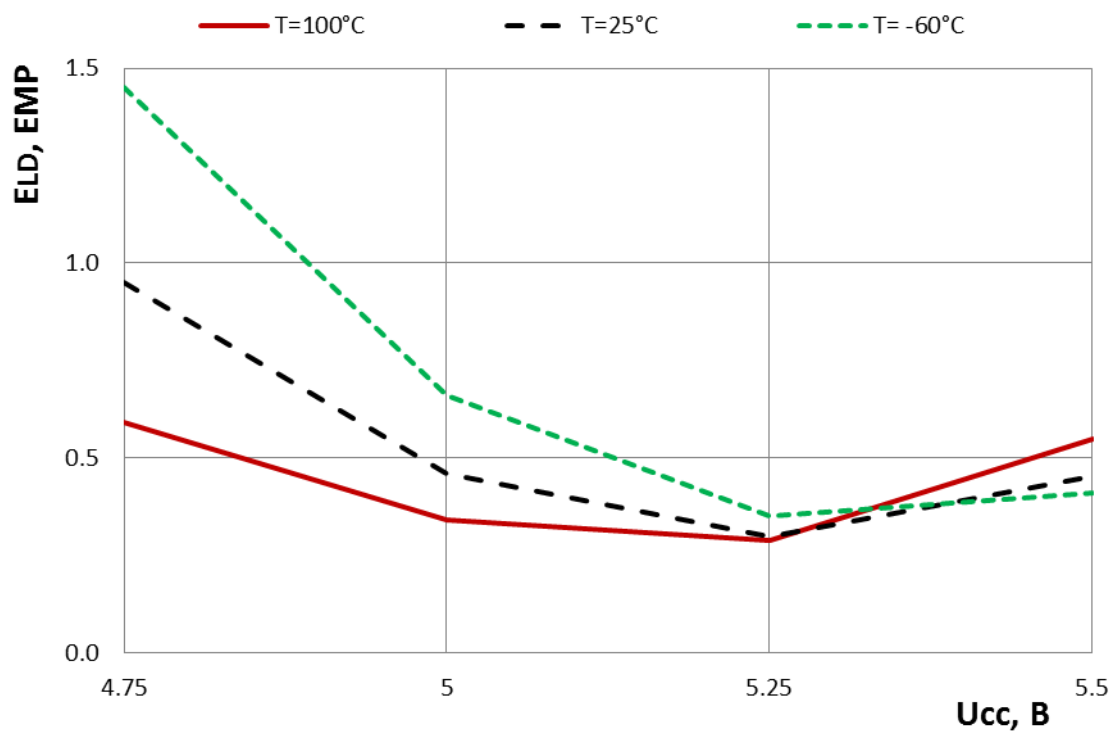


Рисунок 10 – Зависимость дифференциальной нелинейности E_{LD} от напряжения питания при $U_{REF} = 4,096$ В

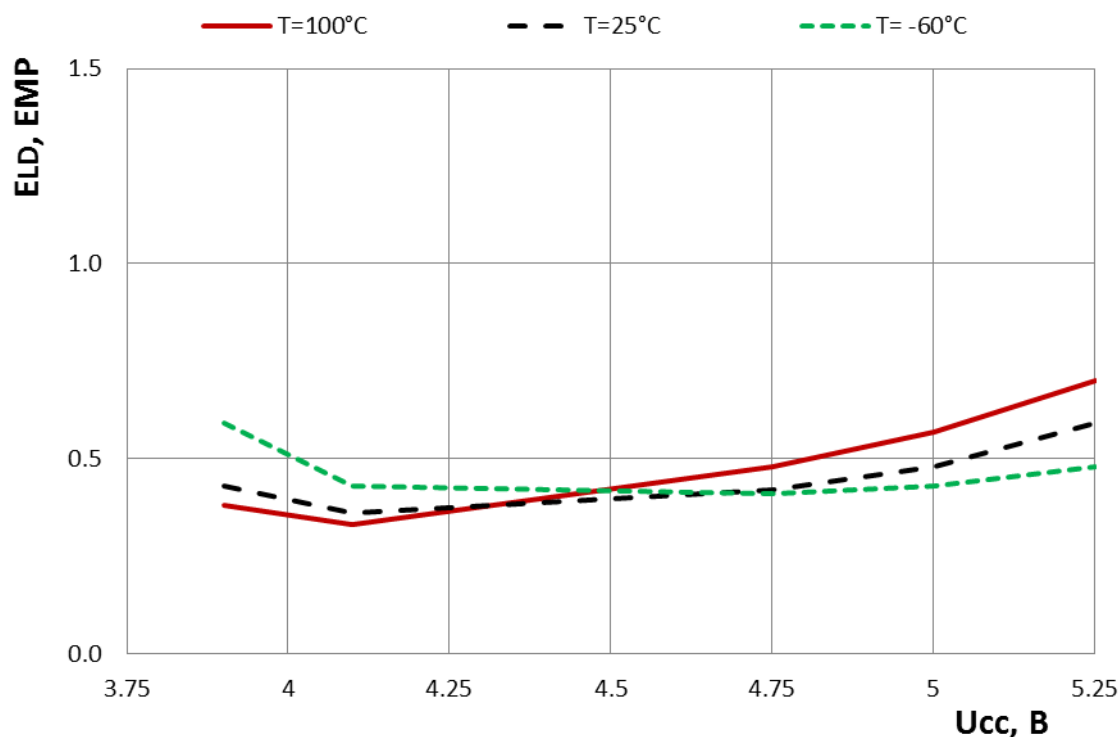


Рисунок 11 – Зависимость дифференциальной нелинейности E_{LD} от напряжения питания при $U_{REF} = 3$ В

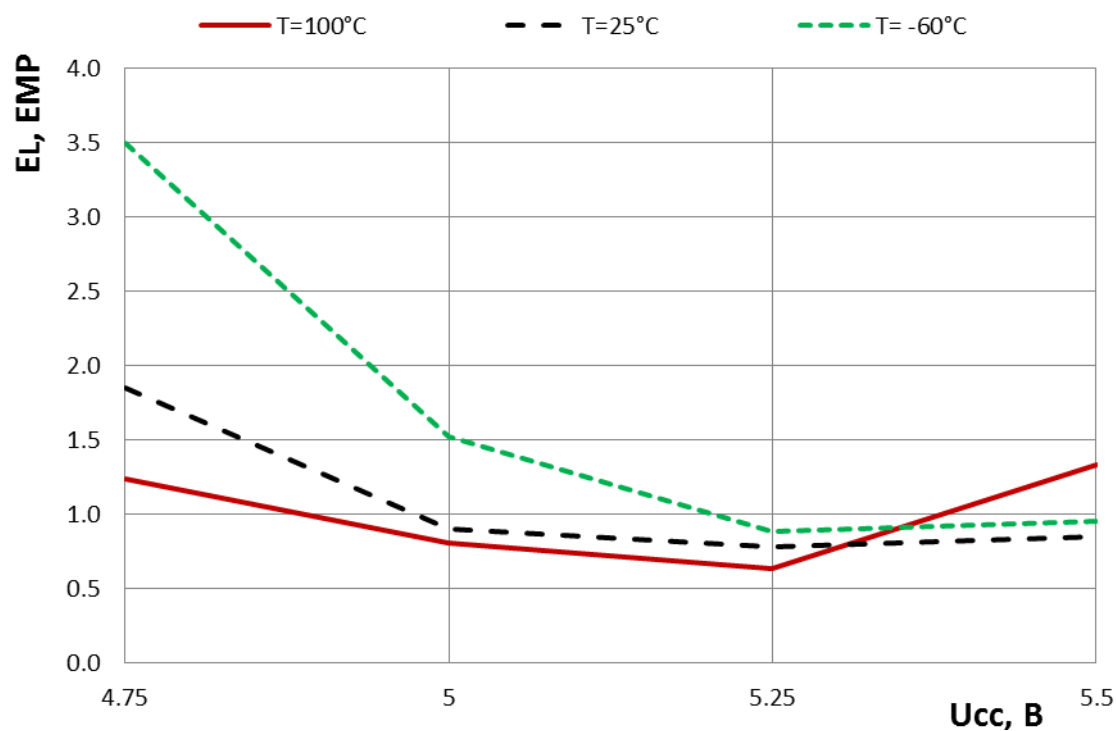


Рисунок 12 – Зависимость интегральной нелинейности E_L от напряжения питания при $U_{REF} = 4,096$ В

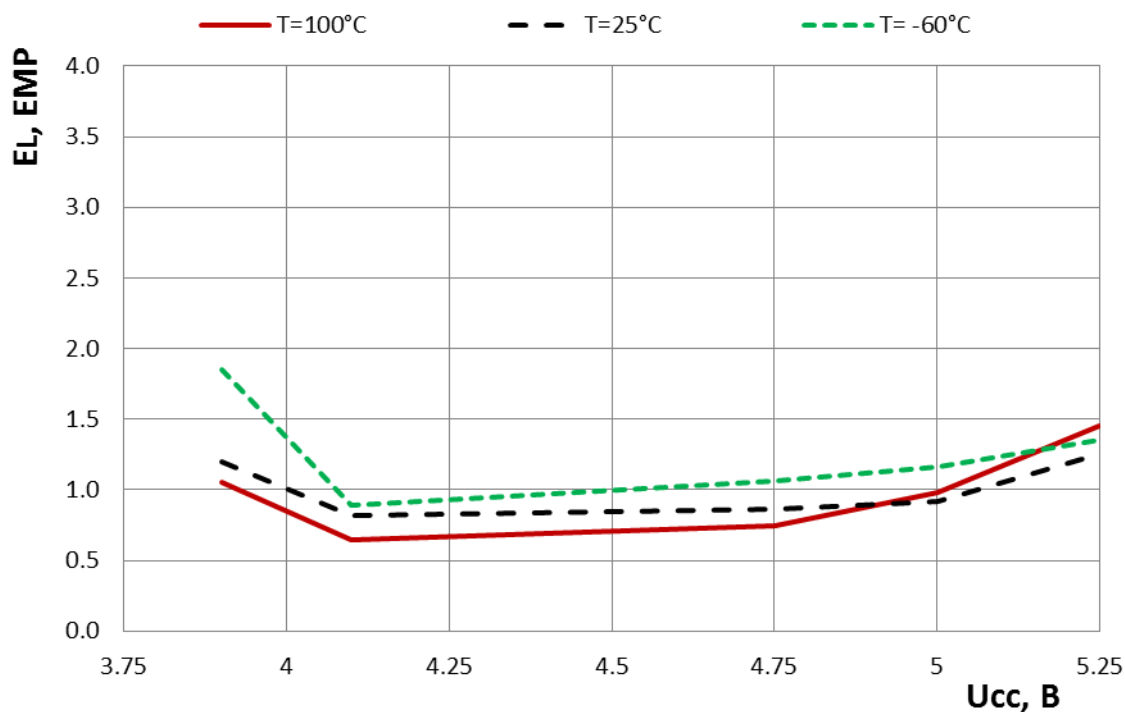


Рисунок 13 – Зависимость интегральной нелинейности E_L от напряжения питания при $U_{REF} = 3$ В

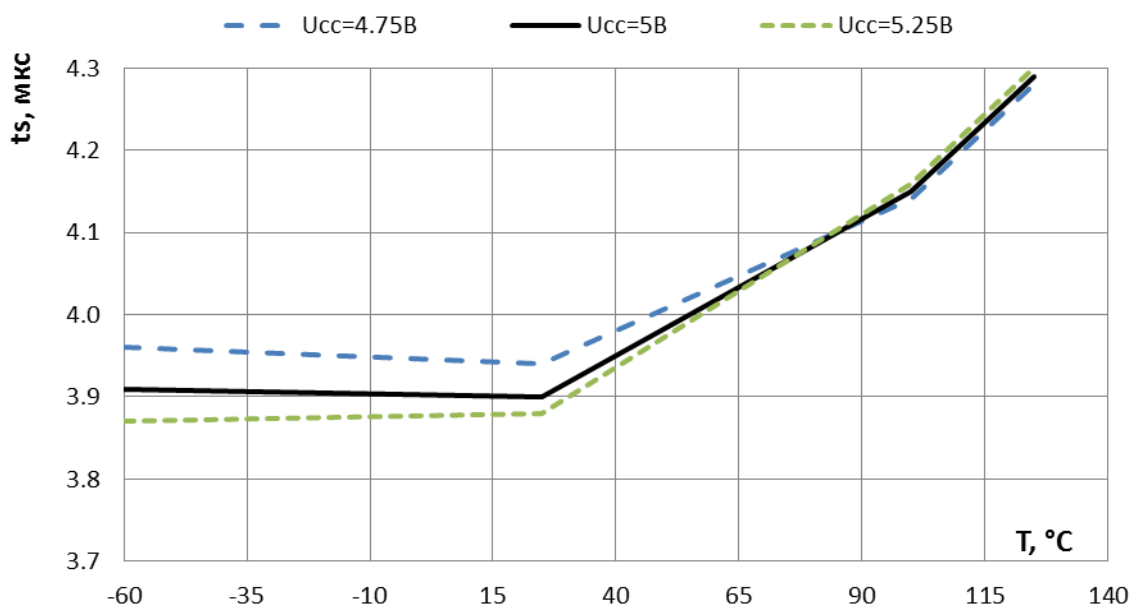


Рисунок 14 – Зависимость времени установления выходного напряжения t_s от температуры при смене кода 16384/49152

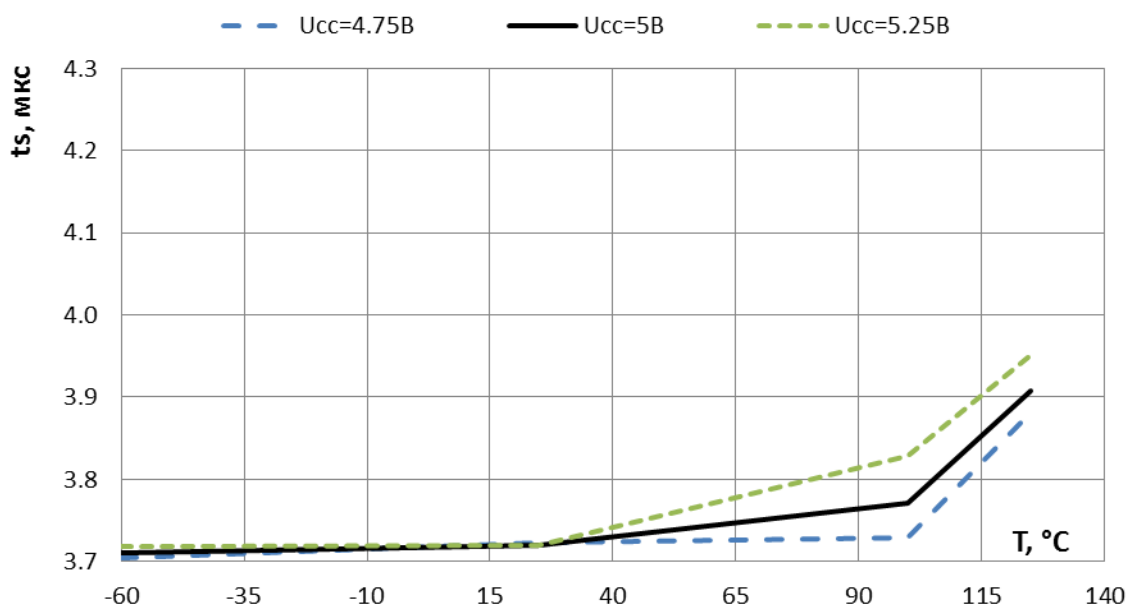


Рисунок 15 – Зависимость времени установления выходного напряжения t_s от температуры при смене кода 49152/16384

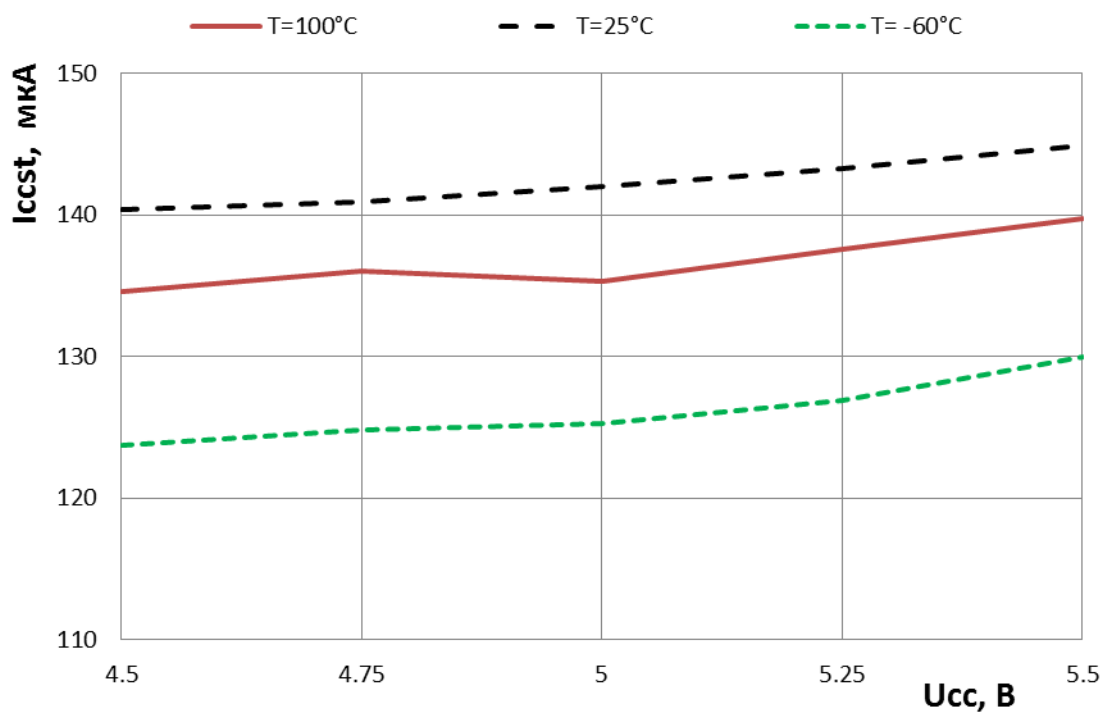


Рисунок 16 – Зависимость статического тока потребления в режиме «Ожидание» I_{ccst} от напряжения питания

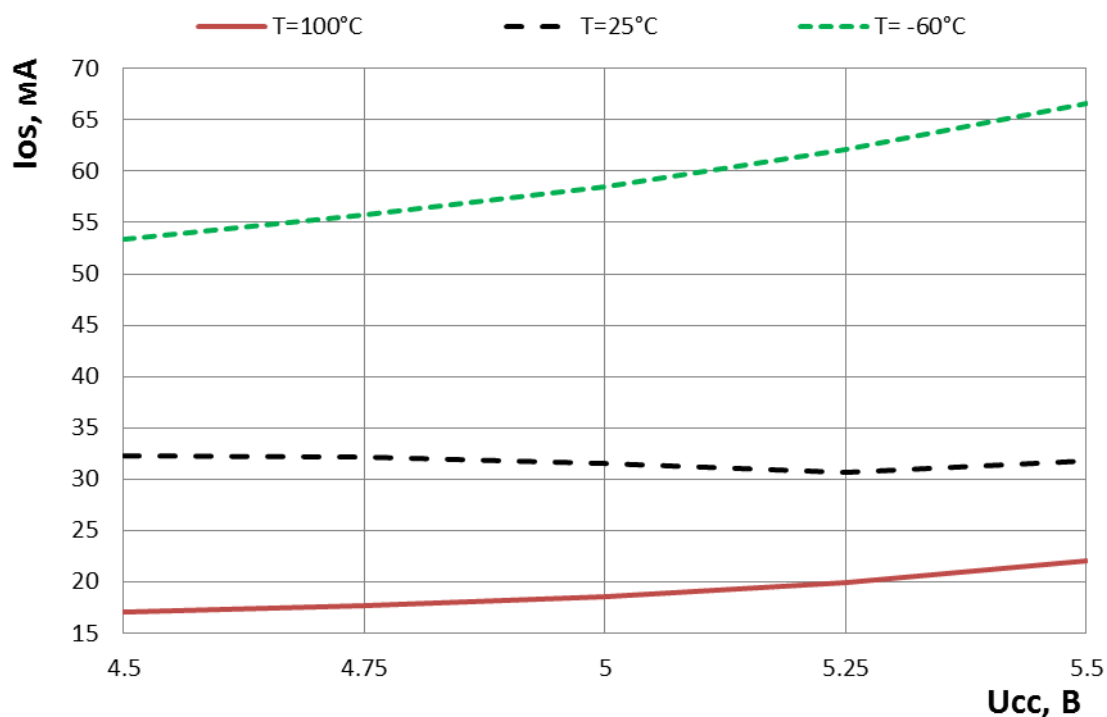


Рисунок 17 – Зависимость выходного тока короткого замыкания I_{os} на выводе OUT от напряжения питания при нулевом входном коде

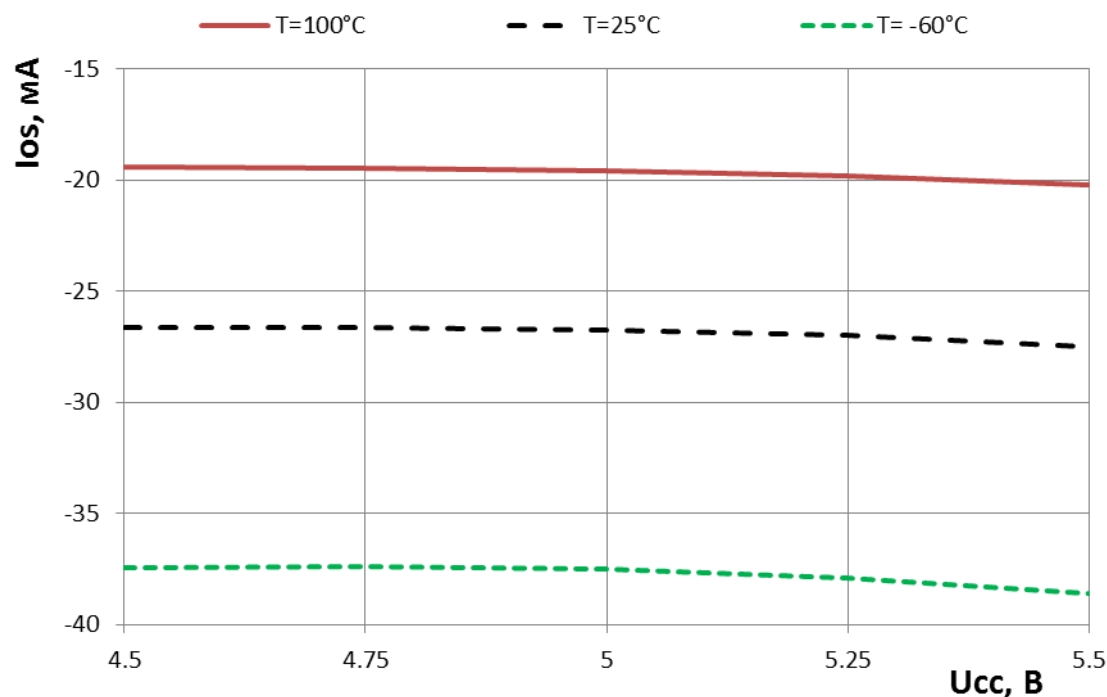


Рисунок 18 – Зависимость выходного тока короткого замыкания I_{os} на выводе OUT от напряжения питания при входном коде “65535”

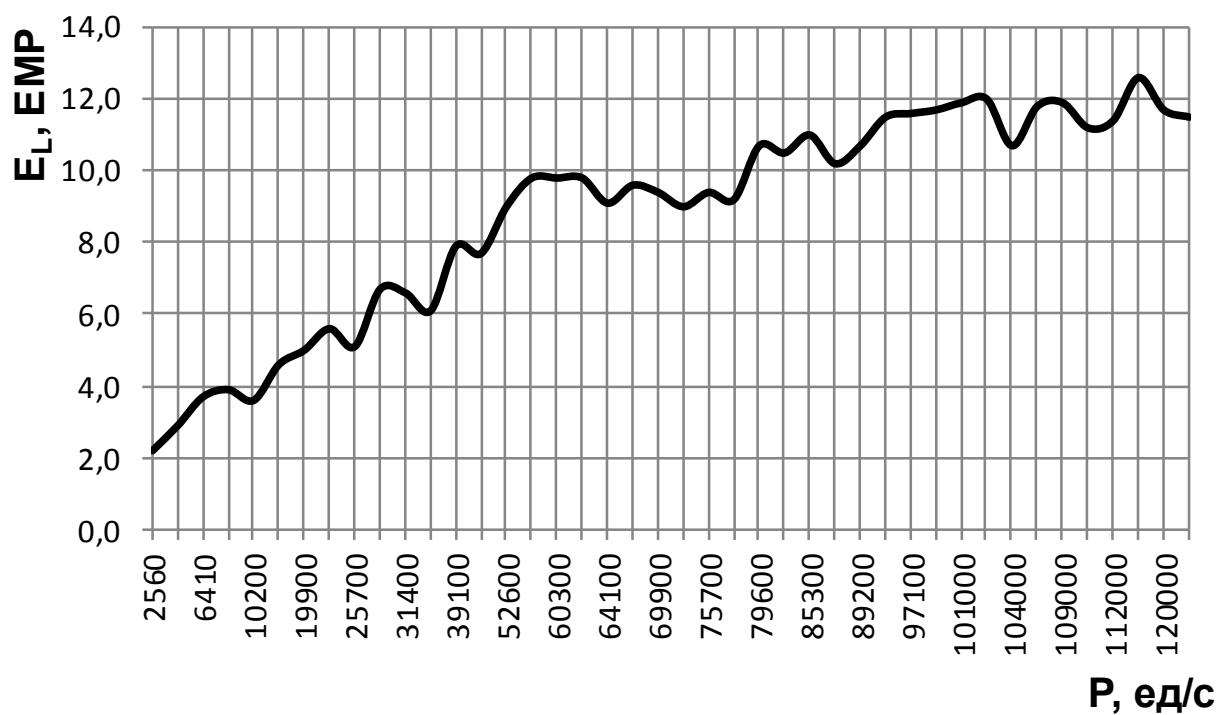


Рисунок 19 – Зависимость интегральной нелинейности E_L от воздействия специального фактора с характеристикой 7.И₇ (7.С₄) при температуре среды $+25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

11 Габаритный чертеж микросхемы

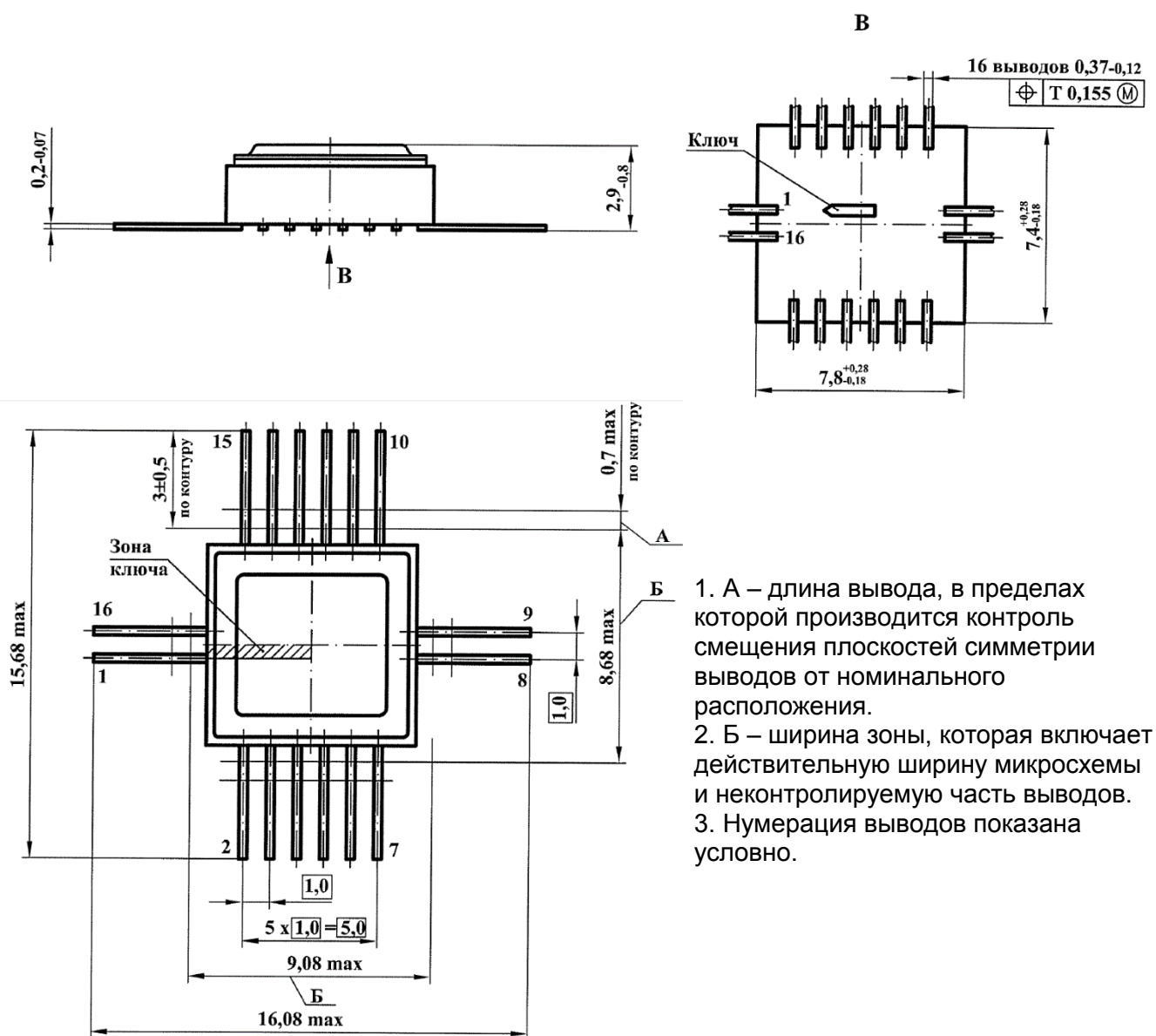


Рисунок 20 – Микросхема в корпусе H04.16-2B

12 Информация для заказа

Обозначение микросхемы	Маркировка	Тип корпуса	Температурный диапазон
5101HA015	HA01	H04.16-2B	минус 60 – 100 °С
K5101HA015	KHA01	H04.16-2B	минус 60 – 100 °С
K5101HA015K	KHA01•	H04.16-2B	0 – 70 °С

Микросхемы с приемкой «ВП» маркируются ромбом.

Микросхемы с приемкой «ОТК» маркируются буквой «К».

Лист регистрации изменений

№ п/п	Дата	Версия	Краткое содержание изменения	№№ изменяемых листов
1	21.05.2013	1.0.0	Создание документа	
2	26.06.2013	1.1.0	Исправления по замечаниям главного конструктора	
3	02.07.2014	1.2.0	Исправлена маркировка микросхемы Исправлено обозначение спецификации в колонтитулах	1, 16 По тексту
4	27.10.2014	2.0.0	Приведение в соответствие с ТУ и КД	все
5	25.02.2015	2.1.0	Исправлен рисунок	1
6	14.09.2016	2.2.0	Приведение в соответствие с ТУ и КД	все
7	22.04.2020	2.3.0	Плановая корректировка по замечаниям	По тексту