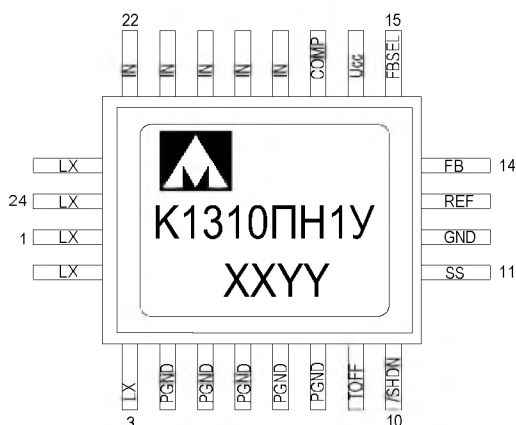




Микросхема понижающего преобразователя напряжения 1310ПН1У, К1310ПН1У, К1310ПН1Н4



XX – год выпуска
YY – неделя выпуска

Основные характеристики микросхемы:

- Входное напряжение от 3,0 В до 5,5 В;
- Ток нагрузки до 1,5 А;
- Фиксированные (3,3 В/2,5 В/1,1 В) и регулируемые (от 1,1 В до U_{IN}) выходные напряжения;
- Выходная точность 3 %;
- Ток потребления холостого хода не более 400 мкА;
- Обратная связь по току;
- Синхронный выпрямитель;
- Рабочая частота: до 400 кГц;
- Встроенная защита от короткого замыкания;
- Встроенная тепловая защита;
- Режим микропотребления;
- Регулируемый мягкий запуск схемы;
- Рабочий диапазон температур:

Обозначение	Диапазон
1310ПН1У	минус 60 – 85 °С
К1310ПН1У	минус 60 – 85 °С
К1310ПН1УК	0 – 70 °С

Тип корпуса:

- 24-выводной металлокерамический корпус Н06.24-1В;
- микросхемы К1310ПН1Н4 поставляются в бескорпусном исполнении.

Общее описание и области применения микросхемы

Микросхема 1310ПН1У – индуктивный понижающий преобразователь напряжения, изготавливаемый по КМОП технологическому процессу и обладающий рядом улучшенных параметров.

Такие параметры, как частота преобразования до 350 кГц, обратная связь по току, 100 % коэффициент заполнения, режимы ШИМ и ЧИМ, значительно расширяют область применения данной микросхемы.

Обладая высокой частотой преобразования, микросхема 1310ПН1У может применяться в малогабаритных DC-DC источниках питания с относительно высокой нагрузочной способностью – 1,5 А. Динамические характеристики преобразователя позволяют использовать совместно с ним индуктивности малых номиналов. Использование микросхемы 1310ПН1У как традиционного импульсного источника питания дает преимущества в сравнении с классическими линейными регуляторами напряжения.

1 Структурная блок-схема микросхемы

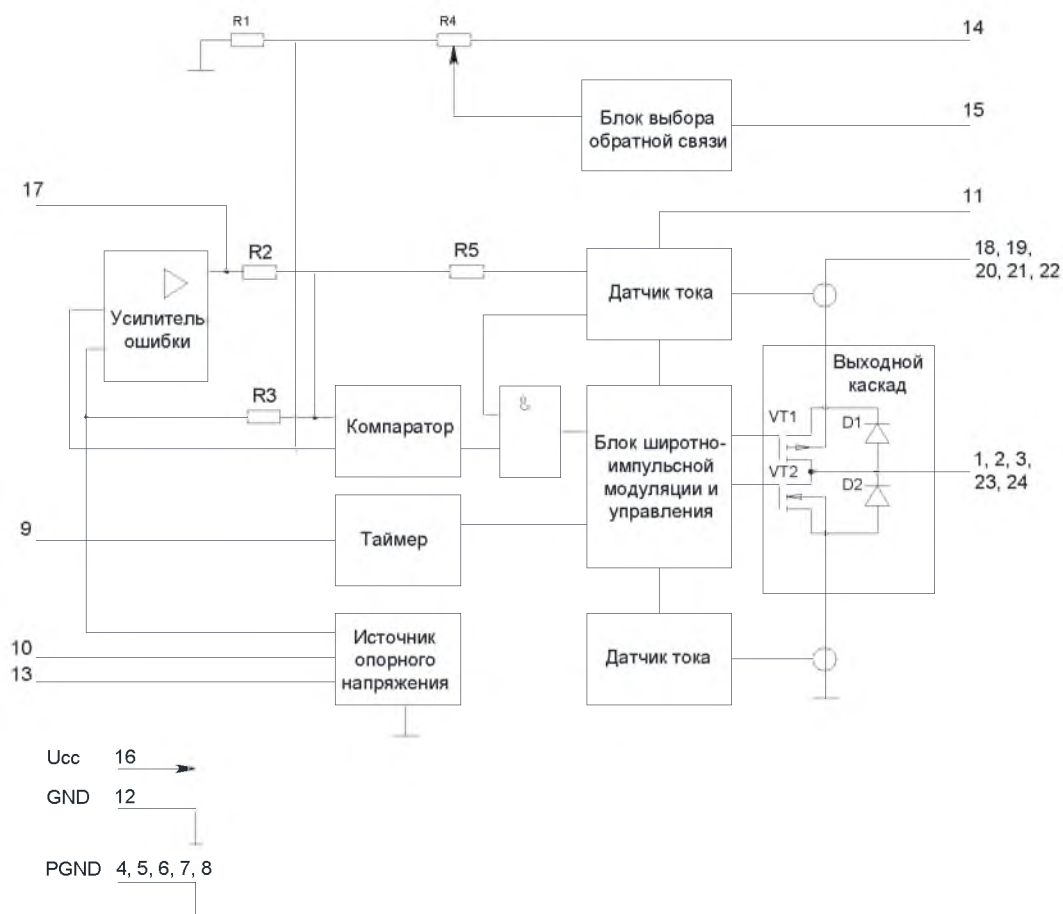


Рисунок 1 – Структурная блок-схема

Примечание – Все элементы схемы имеют электрическую связь с соответствующими контактными площадками.

2 Условное графическое обозначение

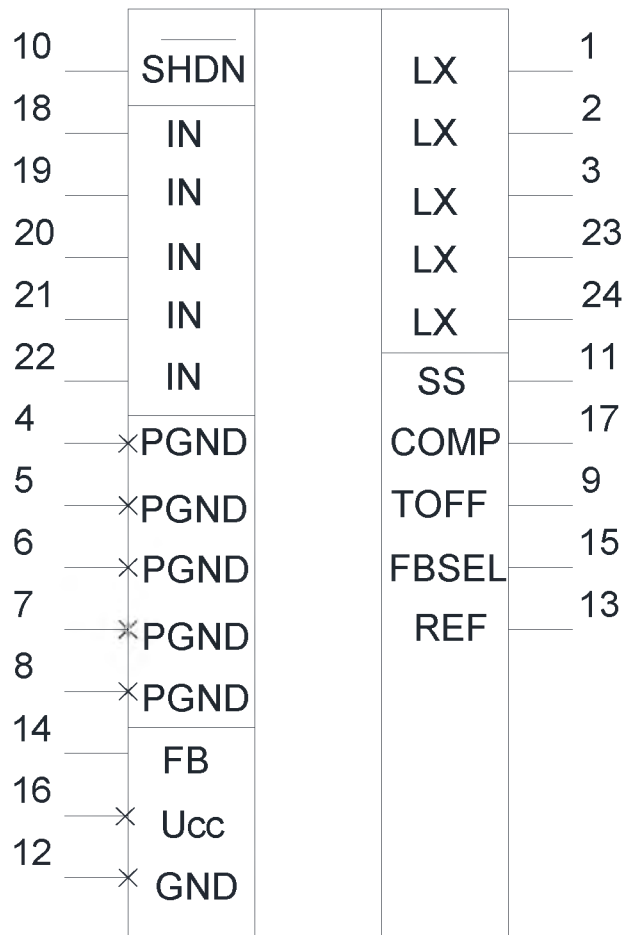


Рисунок 2 – Условное графическое обозначение микросхемы

3 Описание выводов микросхемы

Таблица 1 – Назначение выводов

№ вывода корпуса	№ контактной площадки кристалла	Условное обозначение	Функциональное назначение
1, 2, 3	1, 2, 3	LX	Выводы стоков PMOS и NMOS силовых ключей
23	25		
24	26		
4, 5, 6, 7, 8	4, 5, 6, 7, 8	PGND	"Общий" для встроенного NMOS силового ключа
9	9	TOFF	Выбор времени выключения
10	10	SHDN	Выключение схемы. При подаче на вывод низкого уровня напряжения отключаются источник опорного напряжения, схема управления и встроенные выходные MOSFET транзисторы. При подаче на вывод высокого уровня напряжения или соединения его с U_{CC} схема включается и работает в обычном режиме
11	11	SS	Плавный запуск
12	12, 13	GND	"Общий"
13	14	REF	Выход источника опорного напряжения
14	15	FB	Вход обратной связи для обоих режимов работы: с фиксированным и с настраиваемым выходным напряжением
15	16	FBSEL	Вход выбора типа обратной связи
16	17, 18	U_{CC}	Напряжение питания
17	19	COMP	Коррекция интегратора
18	20	IN	Входы встроенных PMOS силовых ключей
19	21		
20	22		
21	23		
22	24		

4 Указания по применению и эксплуатации

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.

Типовые схемы включения микросхемы приведены на рисунках 3, 4.

5 Описание функционирования микросхемы

Микросхема индуктивного понижающего преобразователя включает блок широтно-импульсной модуляции (ШИМ) и управления, источник опорного напряжения, усилитель ошибки, выходной каскад и датчик тока. В свою очередь блок ШИМ и управления состоит из блока плавного запуска и (ШИМ)/частотно-импульсный (ЧИМ) формирователя.

После подачи напряжения питания U_{CC} блок плавного запуска начинает заряжать постоянным током внешний конденсатор C_6 , напряжение которого определяет максимальный выходной ток преобразователя. Таким образом, заряд выходного конденсатора C_7 происходит без перегрузок по току. Напряжение на входе FBSEL блока выбора режима коммутирует внутренний резистивный делитель обратной связи. Соединение входа FBSEL с выходом REF или «Общий» обеспечивает номинальное напряжение 1,1 В на выходе схемы включения, подключение входа FBSEL к шине «Питание» U_{CC} дает выходное напряжение 2,5 В, а неподключенное состояние входа FBSEL приводит к выходному напряжению 3,3 В.

Выходное напряжение может быть установлено внешним резистивным делителем, подключенным к выводу FB. Для этого вход FBSEL должен быть соединен с выходом REF или «Общий». Типовая схема включения микросхемы в режиме регулируемого выходного напряжения, устанавливаемого внешним резистивным делителем, приведена на рисунке 4.

Источник опорного напряжения вырабатывает стабильное напряжение 1,1 В на выход REF микросхемы, а также опорные токи для функционирования всех блоков преобразователя.

Усилитель ошибки сравнивает опорное напряжение с напряжением обратной связи, поданным на вход FB, (или его частью) и вырабатывает сигнал управления для ШИМ/ЧИМ формирователя. При токах нагрузки менее 200 мА микросхема работает в более экономичном ЧИМ режиме, в другом случае обеспечивается ШИМ режим. К выводу COMP подключается внешний конденсатор частотной компенсации C_3 .

Выходной каскад содержит мощный р-канальный проходной транзистор и n-канальный транзистор синхронного выпрямителя, имеющим встроенный диод между подложкой и стоком.

Датчик тока обеспечивает в преобразователе обратную связь по выходному току, что повышает устойчивость и улучшает динамические свойства микросхемы.

Внешний резистор R_2 регулирует частоту коммутации преобразователя f_s .

Внешняя индуктивность L_1 совместно с конденсатором C_7 образует сглаживающий фильтр, выбор номиналов этих элементов определяет уровень пульсаций выходного напряжения преобразователя.

Внешний резистор R_1 и конденсатор C_4 фильтруют напряжение питания схемы от помех.

Подключение входа SHDN к шине «Общий» переводит микросхему в режим микрopotребления, выходное напряжение при этом не вырабатывается.

Для типовых применений рекомендуется использовать компоненты L_1 и R_2 с указанными в таблице 2 значениями. Формулы приведены для ориентировочного расчета.

Общие рекомендации и этапы проектирования следующие:

- 1 Выбирается желаемая частота коммутации f_s в режиме ШИМ (при $I_O > 200$ мА), рекомендуемая частота около 300 кГц;
- 2 Выбирается время сохранения сигнала t_v , как функция входного напряжения, выходного напряжения и частоты коммутации;

- 3 Выбирается номинал резистора R2, подключенного к выводу TOFF, как функция времени сохранения сигнала;
- 4 Выбираются параметры катушки индуктивности, как функции выходного напряжения, времени сохранения сигнала и амплитуды переменного тока, протекающего через катушку индуктивности.

5.1 Выбор времени сохранения сигнала

Время сохранения сигнала в режиме ШИМ (при $I_o > 200$ мА) определяется по следующей формуле:

$$t_v = (U_{IN} - U_o - U_{PMOS}) / f_s \cdot (U_{IN} - U_{PMOS} + U_{NMOS}) \quad (1)$$

где:

U_{IN} – входное напряжение;

U_o – выходное напряжение;

U_{NMOS} – напряжение, падающее на NMOS силовом встроенном транзисторе;

$$U_{NMOS} = I_o \cdot R_{ON_N} \quad (2)$$

U_{PMOS} – напряжение, падающее на PMOS силовом встроенном транзисторе;

$$U_{PMOS} = I_o \cdot R_{ON_P} \quad (3)$$

f_s – частота коммутации в режиме ШИМ (при $I_o > 200$ мА).

5.2 Выбор резистора на выводе TOFF

Значение сопротивления резистора R_{TOFF} определяется по следующей формуле:

$$R_{TOFF} = (t_v - 0,07) \cdot 150 / 1,26 \quad (4)$$

где:

R_{TOFF} – сопротивление резистора (кОм);

t_v – время сохранения сигнала (мкс).

Рекомендуемые значения сопротивления для R_{TOFF} лежат в диапазоне от 39 кОм до 470 кОм, при t_v от 0,4 мкс до 4 мкс.

5.3 Выбор параметров катушки индуктивности

Для выбора катушки индуктивности необходимо определить три основных параметра:

- значение индуктивности;
- значение пикового тока;
- значение сопротивления катушки по постоянному току.

Значение индуктивности определяется по следующей формуле:

$$L = U_o \cdot t_v / (I_o \cdot LIR) \quad (5)$$

где:

U_o – выходное напряжение;

t_v – время сохранения сигнала;

I_o – максимальный постоянный ток через нагрузку.

LIR – это отношение амплитуды переменного тока, протекающего через катушку индуктивности, к максимальному значению постоянного тока нагрузки. При

рекомендуемом значении $LIR = 0,25$ значение пикового тока, протекающего через катушку индуктивности, в 1,125 раз больше значения постоянного тока нагрузки. Более высокие значения LIR позволяют применить катушку с меньшей индуктивностью, но это приведёт к большим потерям и пульсациям. Значение $LIR = 0,25$ является компромиссом между габаритами катушки и потерями.

Таким образом, при $LIR=0,25$ значение пикового тока, протекающего через катушку индуктивности, определяется следующей формулой:

$$I_p = 1,125 \cdot I_o \quad (6)$$

В общем случае, значение пикового тока, протекающего через катушку индуктивности, определяется по следующей формуле:

$$I_p = I_o + U_o \cdot t_v / (2 \cdot L) \quad (7)$$

где:

I_o – значение максимального постоянного тока через нагрузку;

U_o – выходное напряжение;

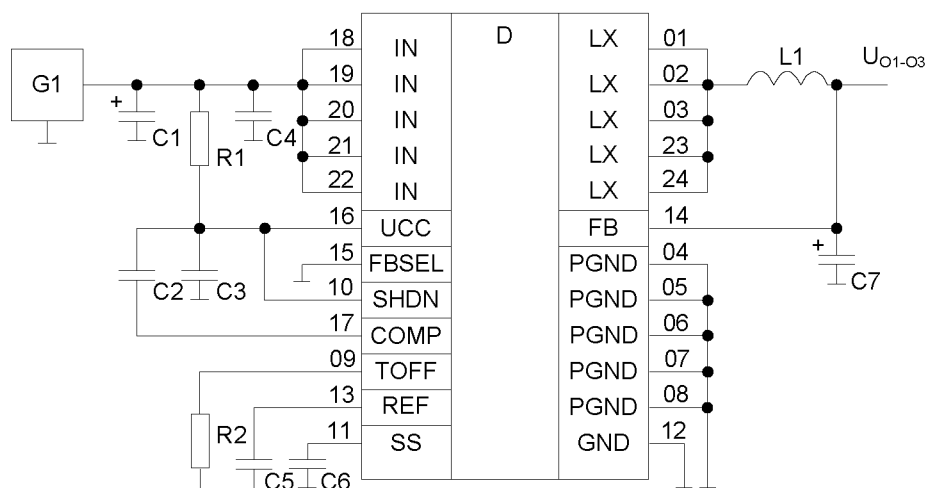
t_v – время сохранения сигнала;

L – значение индуктивности.

Катушку индуктивности следует выбирать с током насыщения не менее пикового тока.

Для минимизации потерь катушка индуктивности выбирается с наименьшим сопротивлением по постоянному току.

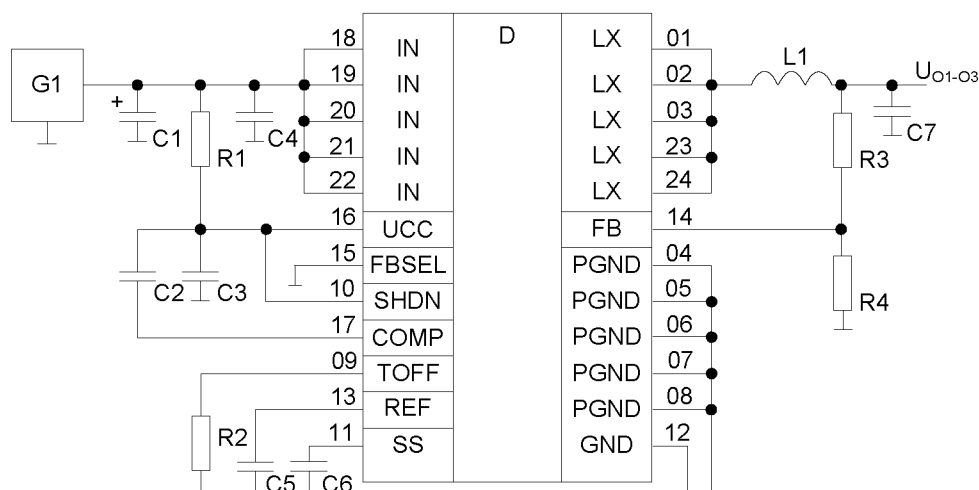
6 Типовые схемы включения микросхемы



- D – микросхема;
 G1 – источник постоянного напряжения (3,0 – 5,5) В;
 L1 – индуктивность, L1 – согласно формуле (5);
 C1 – C7 – конденсаторы; C1 = C7 = 100 мкФ ± 5 %, 16 В;
 C2* = 470 пФ ± 5 %;
 C3 = 2,2 мкФ ± 5 %;
 C4 = C5 = 1 мкФ ± 5 %;
 C6 = 0,01 мкФ ± 5 %;
 R1, R2 – резисторы; R1 = 10 Ом ± 1%, 0,125 Вт;
 R2 – согласно формуле (4).

Рисунок 3 – Типовая схема включения микросхемы

* Изменение номинала не допускается.



- D – микросхема;
 G1 – источник постоянного напряжения (3,0 – 5,5) В;
 L1 – индуктивность, L1 – согласно формуле (5);
 C1–C7 – конденсаторы; C1 = C7 = 100 мкФ ± 5 %, 16 В;
 C2* = 470 пФ ± 5 %;
 C3 = 2,2 мкФ ± 5 %;
 C4 = C5 = 1 мкФ ± 5 %;
 C6 = 0,01 мкФ ± 5 %;
 R1 – R4 – резисторы; R1 = 10 Ом ± 1%, 0,125 Вт;
 R2 – согласно формуле (4);
 R3 = R4 · (U_o/U_{REF} – 1) (8)
 R4 = 50 кОм ± 1 %, 0,125 Вт

Рисунок 4 – Типовая схема включения микросхемы в режиме регулируемого выходного напряжения, устанавливаемого внешним резистивным делителем

Пример выбора элементов L1, R2 в зависимости от напряжения питания и выходного напряжения для I_{o max} = 1,5 А, f_s = 300 кГц приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Номиналы элементов L1, R2 в зависимости от напряжения питания и выходного напряжения

U _{cc}	U _{o1} , U _{o2} , U _{o3} , В	L1, мкГн	R2, кОм
5,0	3,3	6,0	120
5,0	2,5	6,8	180
5,0	1,8	6,8	240
5,0	1,5	6,0	270
3,3	2,5	3,3	82
3,3	1,8	4,7	180
3,3	1,5	4,7	200

Примечание – Элементы L1, R2 приведены ориентировочно и определяются разработчиком в зависимости от напряжения питания и тока нагрузки.

* Изменение номинала не допускается.

7 Типовые зависимости основных электрических параметров микросхемы от режимов и условий эксплуатации

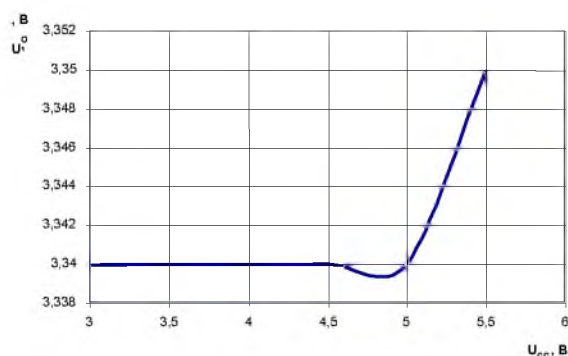


Рисунок 5 – Зависимость выходного напряжения от напряжения питания при $I_O=(0-1,5)$ А, $U_{FB}=U_O$, $U_{CC}=U_I=(4,0-5,5)$ В, FBSEL= не подключен

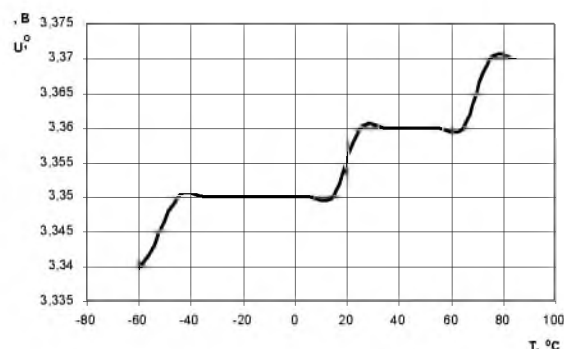


Рисунок 6 – Зависимость выходного напряжения от температуры при $I_O=(0-1,5)$ А, $U_{FB}=U_O$, $U_{CC}=U_I=(4,0-5,5)$ В, FBSEL= не подключен

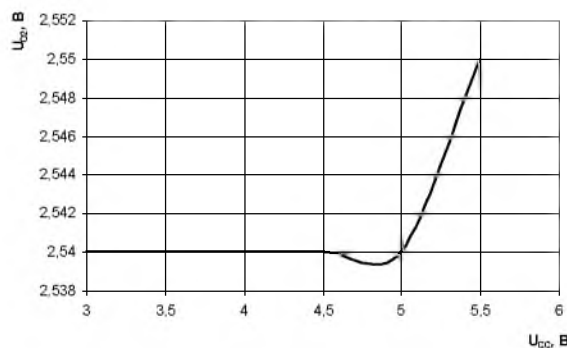


Рисунок 7 – Зависимость выходного напряжения от напряжения питания при $I_O=(0-1,5)$ А, $U_{FB}=U_O$, $U_{CC}=U_I=(3,0-5,5)$ В, FBSEL= U_{CC}

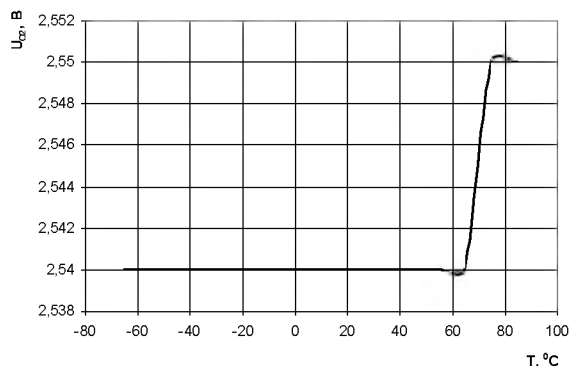


Рисунок 8 – Зависимость выходного напряжения от температуры при $I_O=(0-1,5)$ А, $U_{FB}=U_O$, $U_{CC}=U_I=(3,0-5,5)$ В, FBSEL = U_{CC}

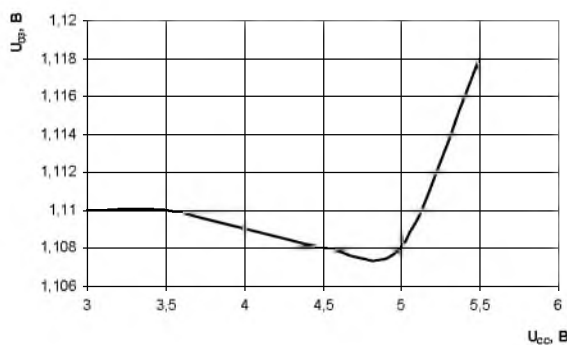


Рисунок 9 – Зависимость выходного напряжения от напряжения питания при $I_O=(0-1,5)$ А, $U_{FB}=U_O$, $U_{CC}=U_I=(3,0-5,5)$ В, FBSEL= REF

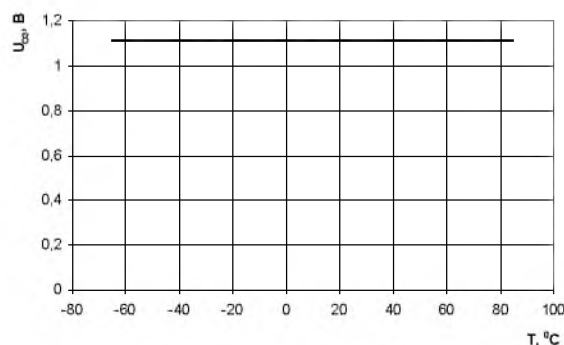


Рисунок 10 – Зависимость выходного напряжения от температуры при $I_O=(0-1,5)$ А, $U_{FB}=U_O$, $U_{CC}=U_I=(3,0-5,5)$ В, FBSEL= U_{REF}

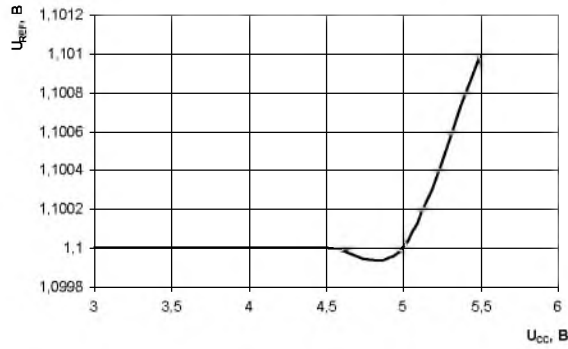


Рисунок 11 – Зависимость опорного напряжения от напряжения питания при FBSEL= GND

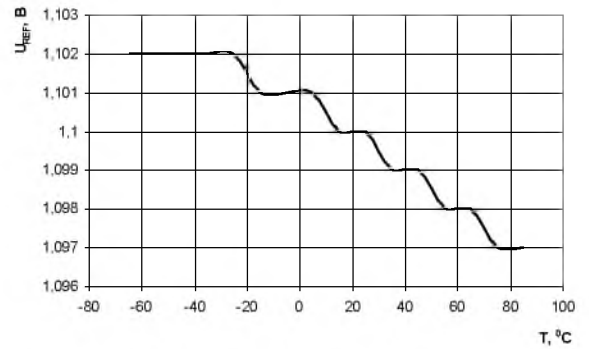


Рисунок 12 – Зависимость опорного напряжения от температуры при $U_{CC} = U_I = 3,3$ В, FBSEL= GND

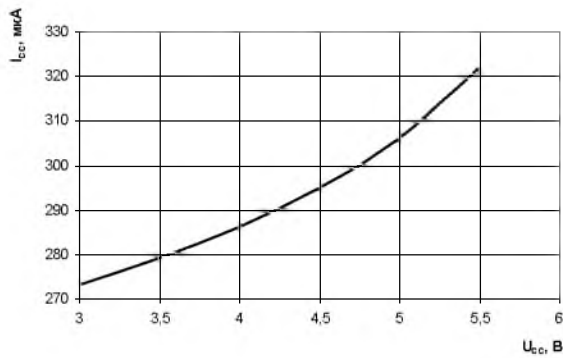


Рисунок 13 – Зависимость тока потребления в режиме холостого хода от напряжения питания при 25 °С

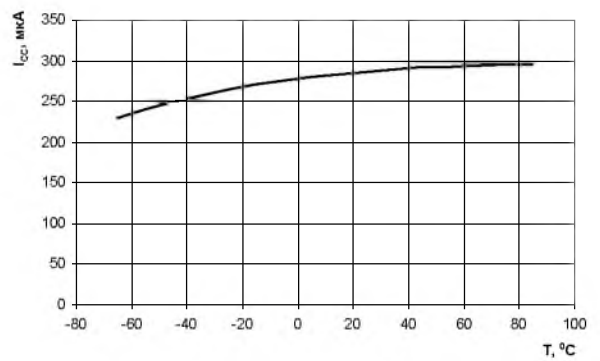


Рисунок 14 – Зависимость тока потребления в режиме холостого хода от температуры при $U_{CC} = U_I = 3,3$ В, $U_{FB} = 3,3$ В

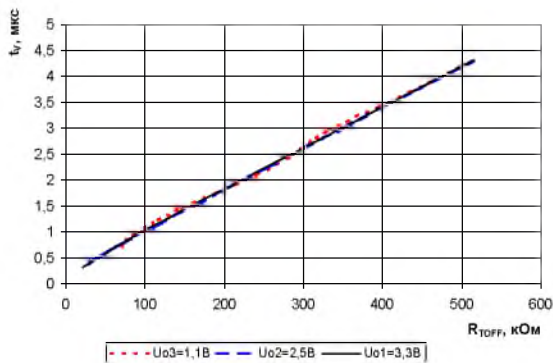


Рисунок 15 – Зависимость времени сохранения сигнала от значения сопротивления резистора на выводе TOFF

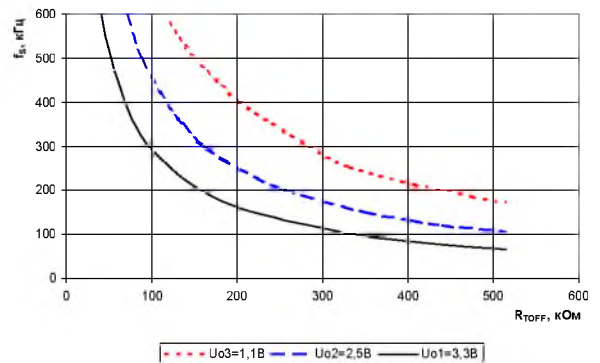


Рисунок 16 – Зависимость частоты коммутации от значения сопротивления резистора на выводе TOFF

8 Электрические параметры микросхемы

Таблица 3 – Электрические параметры микросхем при приемке и поставке

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды, °С	
		не менее	не более		
Выходное напряжение, В при: $U_{FB} = U_O$, $U_{CC} = U_I$ FBSEL= не подключен	U_{O1}	3,245	3,42	25, 85, минус 60	
при: $U_{FB} = U_O$, $U_{CC} = U_I$, FBSEL= U_{CC}	U_{O2}	2,45	2,60		
при: $U_{FB} = U_O$, $U_{CC} = U_I$, FBSEL= U_{REF}	U_{O3}	1,05	1,15		
Опорное напряжение, В, при: FBSEL= GND	U_{REF}	1,07	1,13	25, 85, минус 60	
Входной ток по выводу FB, нА, при $U_{CC} = U_I$, $U_{FB} \geq U_{REF}$, FBSEL= GND	I_{IFB}	–	300	25, 85, минус 60	
Ток потребления в режиме холостого хода, мкА, при: $U_{CC} = U_I$, $U_{FB} \geq U_{REF}$	I_{CC}	–	400	25, 85, минус 60	
Ток срабатывания схемы защиты, А, при: FBSEL= U_{CC}	I_{IK}	1,70	3,65	25, 85, минус 60	
Время сохранения сигнала, мкс, при: $R_{TOFF} = 402$ кОм	t_v	2,5	5,0	25, 85, минус 60	
Сопротивление в открытом состоянии р - транзистора, МОм, при $I_O = 0,5$ А	$U_{CC} = U_I = 4,5$ В	$R_{ON, P1}$	–	150	25, 85, минус 60
	$U_{CC} = U_I = 3,0$ В	$R_{ON, P2}$	–	200	
Сопротивление в открытом состоянии n - транзистора, МОм, при $I_O = 0,5$ А	$R_{ON, N1}$	–	200	25, 85, минус 60	
	$R_{ON, N2}$				

Таблица 4 – Электрические параметры, измеряемые на пластине

Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды, °С
		не менее	не более	
Опорное напряжение, В, $U_{CC} = U_I = 3,3$ В, FBSEL = GND	U_{REF}	1,072	1,128	25
Ток потребления в режиме холостого хода, мкА, $U_{CC} = U_I = 3,3$ В, $U_{FB} = 3,3$ В	I_{CC}	–	392	25

9 Предельно-допустимые характеристики микросхемы

Таблица 5 – Предельно допустимые и предельные режимы эксплуатации 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}	3,0	5,5	–	6,0
Напряжение питания при $U_o = U_{O1}$, В	U_{CC}	4,0	5,5	–	–
Входное напряжение на выводах IN, В	U_I	3,0	5,5	–	6,0
Входное напряжение низкого уровня, В, на выводе 10	U_{IL}	0	$0,1 \cdot U_{CC}$	–	–
Входное напряжение высокого уровня, В, на выводе 10	U_{IH}	$0,9 \cdot U_{CC}$	U_{CC}	–	–
Максимальный выходной ток, А	I_{Omax}	–	1,5	–	1,7
Частота коммутации, кГц	f_s	100	400	–	–
<p>П р и м е ч а н и е – Не допускается одновременное воздействие нескольких предельных режимов.</p>					

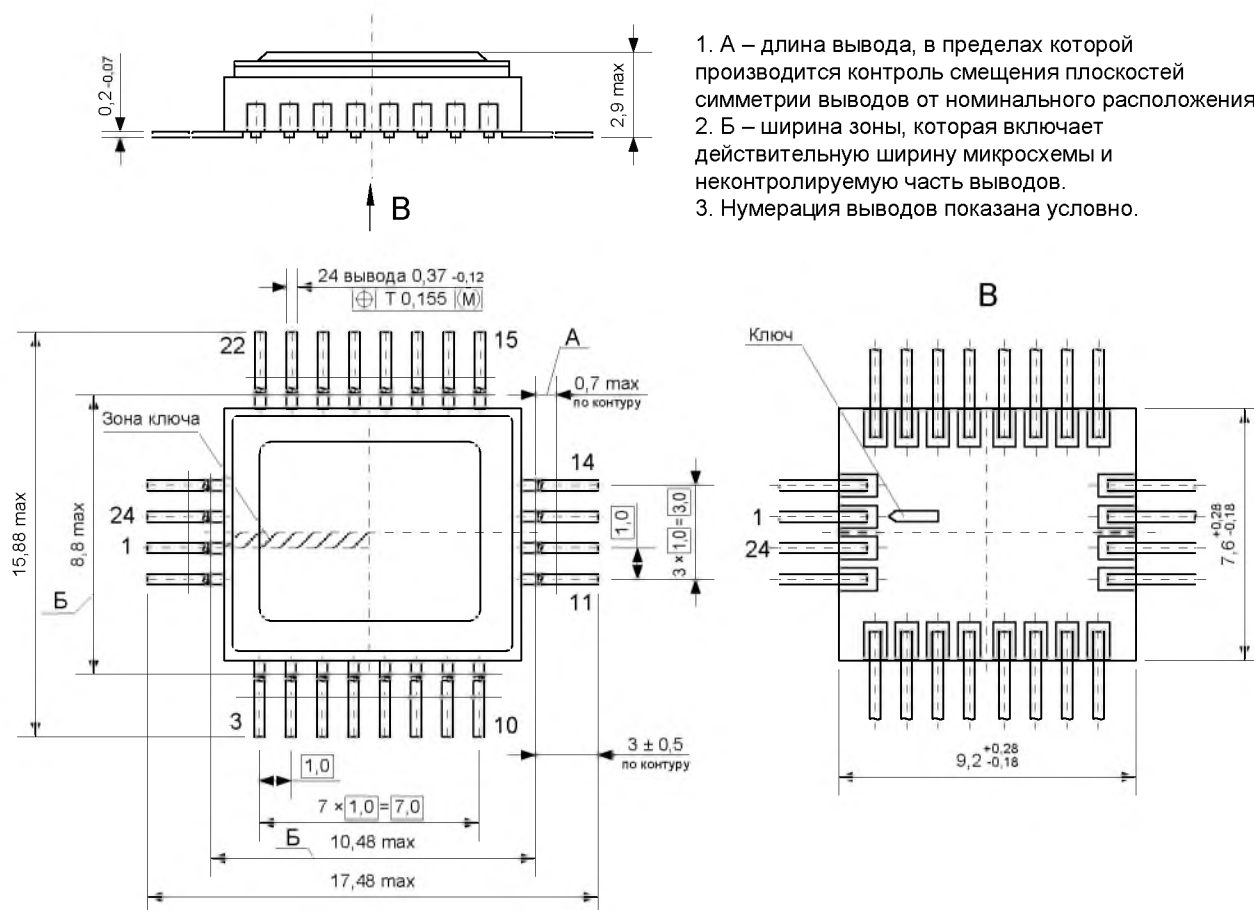
Микросхемы устойчивы к воздействию статического электричества с потенциалом не менее 2 000 В.

10 Справочные данные

Таблица 6 – Справочные параметры

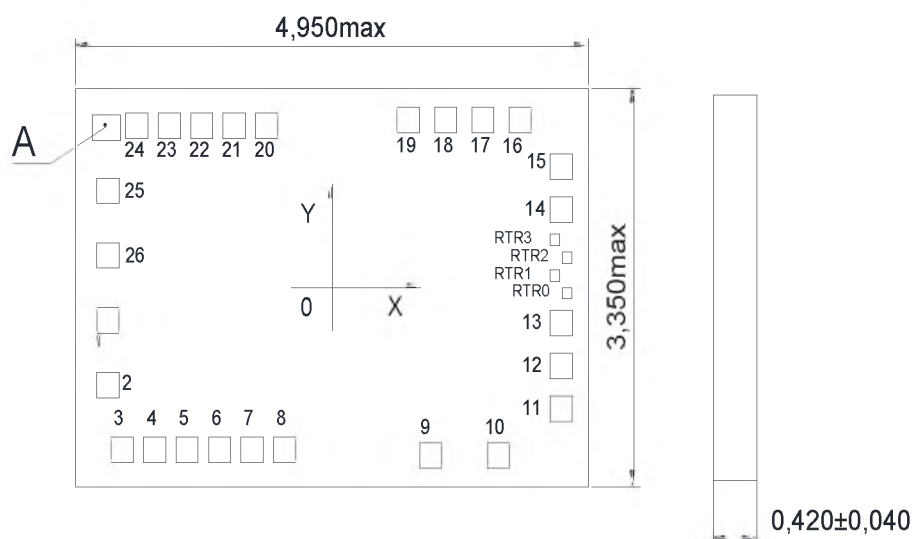
Наименование параметра, единица измерения, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Норма параметра		Температура среды °С
		не менее	не более	
Регулируемое значение выходного напряжения, В, при $I_o=0$ А, $U_{CC}=U_I$ (3,0 - 5,5) В, FBSEL= U_{REF}	U_R	U_{REF}	U_I	25, 85, минус 60
Температура срабатывания защиты, °С	T_{THP}	160		
Температура отпускания защиты, °С	T_{THN}	105		
Гистерезис температур срабатывания/отпускания, °С	ΔT_{TH}	55		

11 Габаритный чертеж микросхемы



1. А – длина вывода, в пределах которой производится контроль смещения плоскостей симметрии выводов от номинального расположения.
2. Б – ширина зоны, которая включает действительную ширину микросхемы и неконтролируемую часть выводов.
3. Нумерация выводов показана условно.

Рисунок 17 – Габаритный чертеж микросхемы в корпусе N06.24-1B



1. Размеры контактных площадок (КП) кристалла (200x200) мкм. Размеры подстроечных КП (RTR) (80x80) мкм. Координаты КП – см. таблицу 7. Материал КП – AlCu (0,5%Cu).
2. А – маркировка MLDR15, указана на каждом кристалле.
3. RTR0... RTR3 – КП для пережигания перемычек.
4. Номера КП кристалла, кроме первой, присвоены условно.

Рисунок 18 – Габаритный чертеж кристалла

Таблица 7 –Координаты контактных площадок

№ КП	Обозначение КП	Координаты КП		№ КП	Обозначение КП	Координаты КП	
		X	Y			X	Y
1	LX	-2161,5	-272,3	14	REF	2211	656,8
2	LX	-2161,5	-816,9	15	FB	2211	1016,8
3	LX	-2026,7	-1361,5	16	FBSEL	1816,8	1411
4	PGND	-1712,7	-1361,5	17	Ucc	1456,8	1411
5	PGND	-1398,7	-1361,5	18	Ucc	1096,8	1411
6	PGND	-1084,7	-1361,5	19	COMP	736,8	1411
7	PGND	-770,7	-1361,5	20	IN	-629,1	1361,5
8	PGND	-456,7	-1361,5	21	IN	-943,1	1361,5
9	TOFF	948,3	-1411	22	IN	-1257,1	1361,5
10	SHDN	1603,5	-1411	23	IN	-1571,1	1361,5
11	SS	2211	-1016,8	24	IN	-1885,1	1361,5
12	GND	2211	-656,8	25	LX	-2161,5	816,9
13	GND	2211	-296,8	26	LX	-2161,5	272,3
Координаты центров подстроечных площадок							
-	RTR0	2271	-46	-	RTR2	2271	254
-	RTR1	2151	104	-	RTR3	2151	404

12 Информация для заказа

Обозначение микросхемы	Маркировка	Тип корпуса	Температурный диапазон
1310ПН1У	1310ПН1У	Н06.24-1В	минус 60 – 85 °С
К1310ПН1У	К1310ПН1У	Н06.24-1В	минус 60 – 85 °С
К1310ПН1УК	К1310ПН1У•	Н06.24-1В	0 – 70 °С

Примечание – Микросхемы в бескорпусном исполнении поставляются в виде отдельных кристаллов, получаемых разделением пластины. Микросхемы поставляются в таре (кейсах) без потери ориентации. Маркировка микросхемы в бескорпусном исполнении – К1310ПН1Н4 – наносится на тару.

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	02.04.2010	2.2	Корректировка на основании планового пересмотра документации	1, 2, 12
2	27.04.2010	2.3	Замена логотипа	1
3	08.07.2010	2.4	Изменен рис.3; Приведены в соответствие с ТУ рис.4-15	7 10, 12
4	14.09.2011	2.5	Устранение ошибок	4, 6, 7
5	04.10.2011	2.6	Уточнение наименования микросхем	по тексту
6	07.02.2012	2.7.0	Введение микросхемы в бескорпусном исполнении	1, 2, 12, 13, 14
7	21.02.2012	2.8.0	Приведение в соответствие с ТУ и КД на микросхему	2 - 12
8	30.08.2012	2.9.0	Устранена ошибка размера корпуса	12
9	06.12.2012	2.10.0	Приведение в соответствие с ТУ и КД	По тексту
10	31.03.2017	2.11.0	Исправлено название блока на структурной блок-схеме микросхемы;	3
			Добавлены разделы Указания по эксплуатации, Справочные данные;	4, 12
			Исправлены типовые схемы подключения	8, 9
11	01.08.2018	2.12.0	Исправлен габаритный чертеж микросхемы в корпусе Н06.24-1В	15
12	16.02.2021	2.13.0	Добавлено УГО;	3
			Исправлен синтаксис;	8
			Приведение в соответствии с ТУ таблицы электрических параметров;	13
			Исправлен габаритный чертеж кристалла;	16
			Добавлена таблица координат КП	17