

Мощный понижающий DC/DC-преобразователь TRP60508 ЗРЕАК для промышленного применения

4 августа 2023



телекоммуникации | терминалы продаж | управление питанием | автоматизация | ответственные применения | ЗРЕАК | статья | интегральные микросхемы | DC/DC-преобразователь | Букс

Николай Вашкалюк (КОМПЭЛ)

*Компания ЗРЕАК предлагает мощный понижающий импульсный DC/DC-преобразователь TRP60508 со встроенным силовым МОП-транзистором верхнего плеча, работающий со входным напряжением до 60 В и выходным током до 5 А. Микросхема идеально подойдет для использования в **индустриальной промышленности, телекоме и коммуникационном оборудовании**, где главными требованиями являются широкий диапазон входных напряжений и высокая надежность.*

Функции протекции и диагностики защищают как нагрузку, так и схему питания на уровне всей системы: используя выход PG (Power Good), схема питания может определить, находится ли выходное напряжение данного преобразователя в заданном диапазоне, а функции ограничения тока, понижения частоты и защиты от перегрева также способствуют повышению общей надежности системы питания (рисунок 1, таблица 1).

Для расчета всех номиналов схемы и оценки режимов работы преобразователя компания ЗРЕАК предлагает воспользоваться [калькулятором](#).

Микросхема уже находится на складе **КОМПЭЛ** и готова к отгрузке в самый короткий срок.

Особенности:

- высокая эффективность при малой нагрузке в режиме пропусков импульсов;
- метод управления по току с простой схемой внешней компенсации;
- встроенный силовой МОП-транзистор с сопротивлением канала 80 мОм;
- малое потребление, составляющее 160 мкА в рабочем режиме и всего 1 мкА в режиме ожидания;
- регулируемая частота коммутации 0,1...2,5 МГц;
- встроенная схема фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) для синхронизации от внешнего источника тактовой частоты;

- регулируемый порог блокировки от пониженного напряжения с гистерезисом;
- вывод «Power Good» для контроля нормальной работы преобразователя;
- регулируемое время мягкого пуска и последовательности включения;
- прецизионный внутренний источник опорного напряжения (ИОН) 0,8 В с точностью $\pm 1,5\%$;
- корпус DFN4x4-10 с открытой контактной площадкой для отвода тепла;
- промышленный диапазон рабочих температур $-40 \dots 125^\circ\text{C}$.

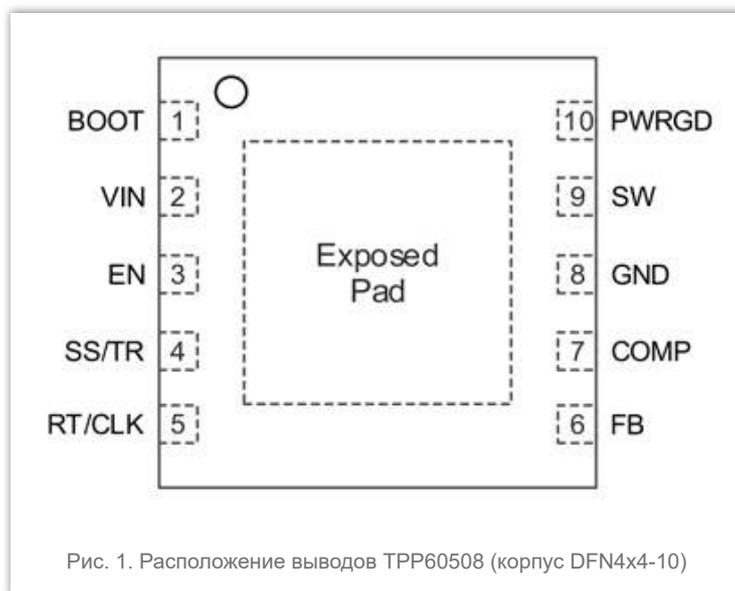


Таблица 1. Нумерация и назначение выводов DC/DC-преобразователя TPP60508

Номер вывода	Обозначение	Описание
1	BOOT	Подключение бутстрепного конденсатора между выводами BOOT и SW. Рекомендуемое значение 0,1 мкФ с рабочим напряжением 10 В или выше.
2	VIN	Вход напряжения питания 4,5...60 В.
3	EN	Вывод включения устройства, имеющий внутреннюю подтяжку. Порог включения может быть увеличен с помощью внешних резисторов.
4	SS/TR	Мягкий пуск и трекинг (отслеживание). При использовании режима мягкого пуска подключенный к этому выводу конденсатор задает время линейного изменения выходного напряжения. При использовании режима отслеживания напряжение на этом выводе имеет приоритет над внутренним ИОН.
5	RT/CLC	Выбор частоты и вход для внешнего источника тактового сигнала. В первом случае к выводу подключается внешний резистор для задания необходимой частоты, во втором на этот вход подается тактовый сигнал. Схема автоматически определяет наличие синхронизирующих импульсов и переводит вывод в состояние высокого импеданса.
6	FB	Вход обратной связи, подключенный к внутреннему инвертирующему входу усилителя ошибки.
7	COMP	Выход усилителя ошибки и вход компаратора ШИМ. К данному выводу подключается цепь частотной компенсации.
8	GND	Общий провод.
9	SW	Силовой выход.
10	PWRGD	Выход «Power Good» с открытым стоком.
–	Exposed Pad	Открытая монтажная площадка для отвода тепла, которая должна быть подключена к общей цепи GND.

TPP60508 использует режим управления пиковым током с регулируемой частотой коммутации. Напряжение обратной связи подается на вывод FB и сравнивается со внутренним опорным напряжением усилителя ошибки (рисунок 2). Затем выходной сигнал усилителя ошибки с помощью ШИМ-компаратора сравнивается со внутренним пилообразным напряжением, после чего формируется сигнал для управления силовым транзистором верхнего плеча.

Измеренный на верхней стороне ток коммутации участвует в формировании пилообразного напряжения. При увеличении рабочего цикла более 50% этот внутренний пилообразный сигнал компенсирует субгармонические колебания контура управления. Как только ШИМ-компаратор обнаруживает, что пиковый ток коммутации достигает порогового уровня, установленного напряжением на выводе COMP, силовой транзистор отключается.

Усилитель крутизны/ошибки (*Transconductance Error Amplifier*) преобразует в ток напряжение ошибки между сигналом на выводе FB и опорным напряжением, в зависимости от того, что ниже: напряжение плавного пуска (вывод SS/TR) или внутреннее опорное напряжение. При нормальном режиме работы имеет величину крутизны характеристики gm, равную 350 мкСм. Во время **плавного пуска** крутизна характеристики уменьшается, чтобы обеспечить более медленное нарастание выходного напряжения преобразователя. Для обеспечения стабильности работы микросхемы во время плавного пуска рекомендуется подключить цепь компенсации между выводами COMP и GND (более подробно этот момент рассмотрим далее).

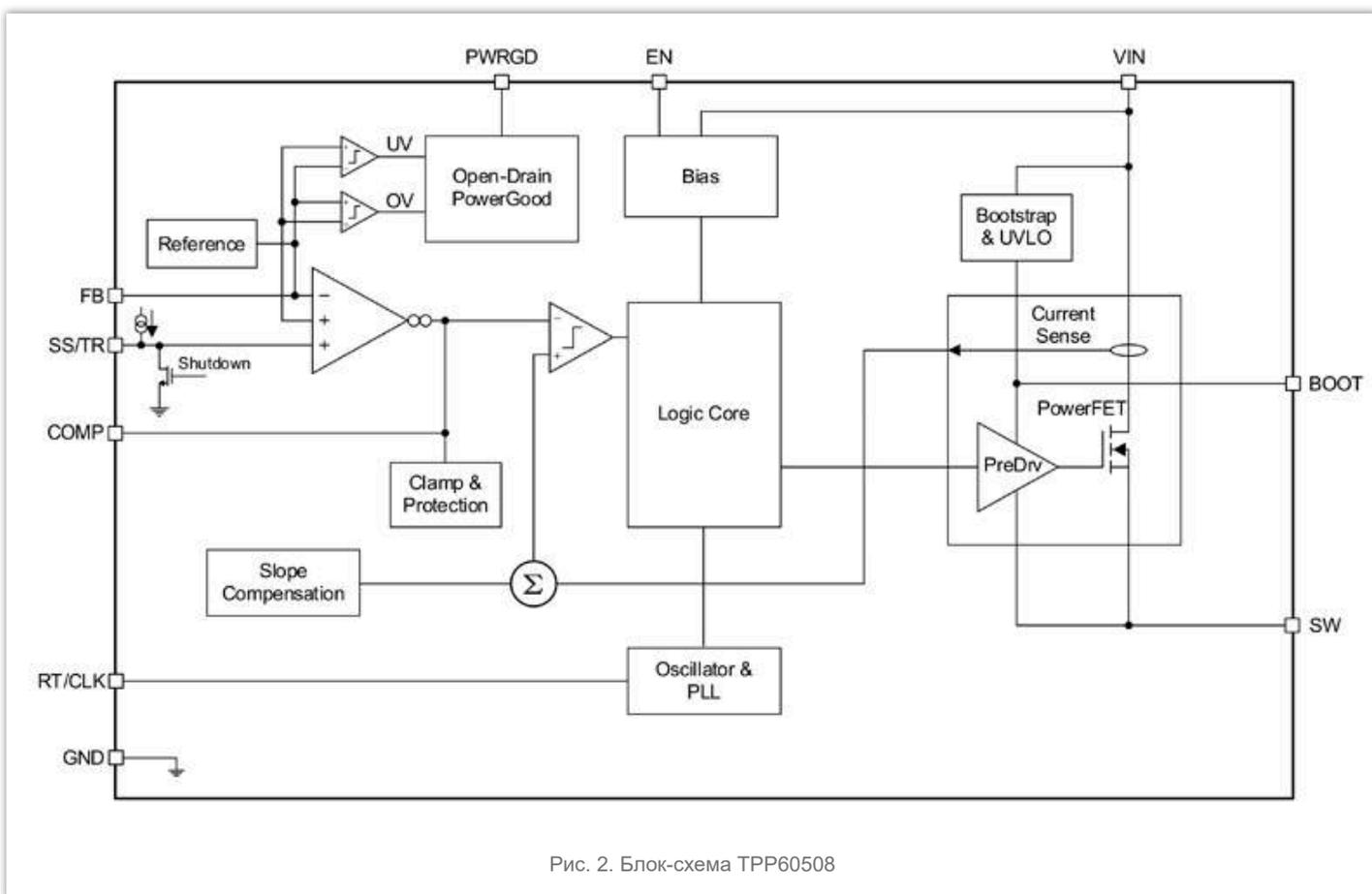


Рис. 2. Блок-схема TPP60508

Прецизионный внутренний источник напряжения обеспечивает опорное напряжение V_{FB} , равное 0,8 В, с допуском $\pm 1,5\%$ во всем диапазоне рабочих напряжений и температуры окружающей среды (формула 1):

$$R_H = R_L \times \left(\frac{V_{OUT} - V_{FB}}{V_{FB}} \right) \quad (1)$$

Одной из интересных особенностей TPP60508 является режим **пропуска импульсов при работе с небольшой нагрузкой**, при которой пиковый коммутируемый ток ниже внутреннего порога. В данном режиме внутренняя схема фиксирует напряжение COMP на уровне 0,6 В и прекращает коммутацию силового транзистора. Когда выходное напряжение начинает уменьшаться, а дифференциальное входное напряжение

расти (значение ошибки), выходной сигнал усилителя ошибки увеличивается. Когда напряжение на выводе COMP поднимается выше порога пропуска импульсов, устройство возобновляет коммутацию силового транзистора. Порог тока эквивалентен току номинального напряжения COMP при напряжении 1 В. Поскольку микросхема использует пиковый ток коммутации для порога пропуска импульсов, то данный порог также зависит от выходной индуктивности.

Для реализации функции плавного пуска необходимо задействовать вывод SS/TR. Время плавного пуска программируется с помощью внешнего конденсатора C_{SS} , подключенного к этому выводу (рисунок 3). Внутренний источник постоянного тока 1,7 мкА заряжает данный конденсатор с принудительным ограничением до напряжения 2,7 В. В этом случае время плавного пуска (10%...90% от полного заряда конденсатора) можно рассчитать по формуле 2:

$$T_{SS} = \frac{V_{REF} \times C_{SS} \times (90\% - 10\%)}{I_{SS}} \quad (2)$$

Если перед включением питания на выводе SS/TR напряжение выше 54 мВ, внутренняя схема разрядит конденсатор C_{SS} для обеспечения правильного последующего запуска преобразователя. В случае, когда микросхема перестает переключаться, например, при блокировке пониженного напряжения (UVLO), снятии сигнала EN или защите от перегрева, перед началом нового цикла работы устройство разряжает цепь SS/TR ниже 54 мВ. Также микросхема поддерживает использование вывода SS/TR для отслеживания состояния работы преобразователя и для внешней схемы последовательной подачи питания (Power Sequence), которая должна быть тщательно разработана, чтобы гарантировать возможность восстановления работоспособности системы после любого сбоя преобразователя.

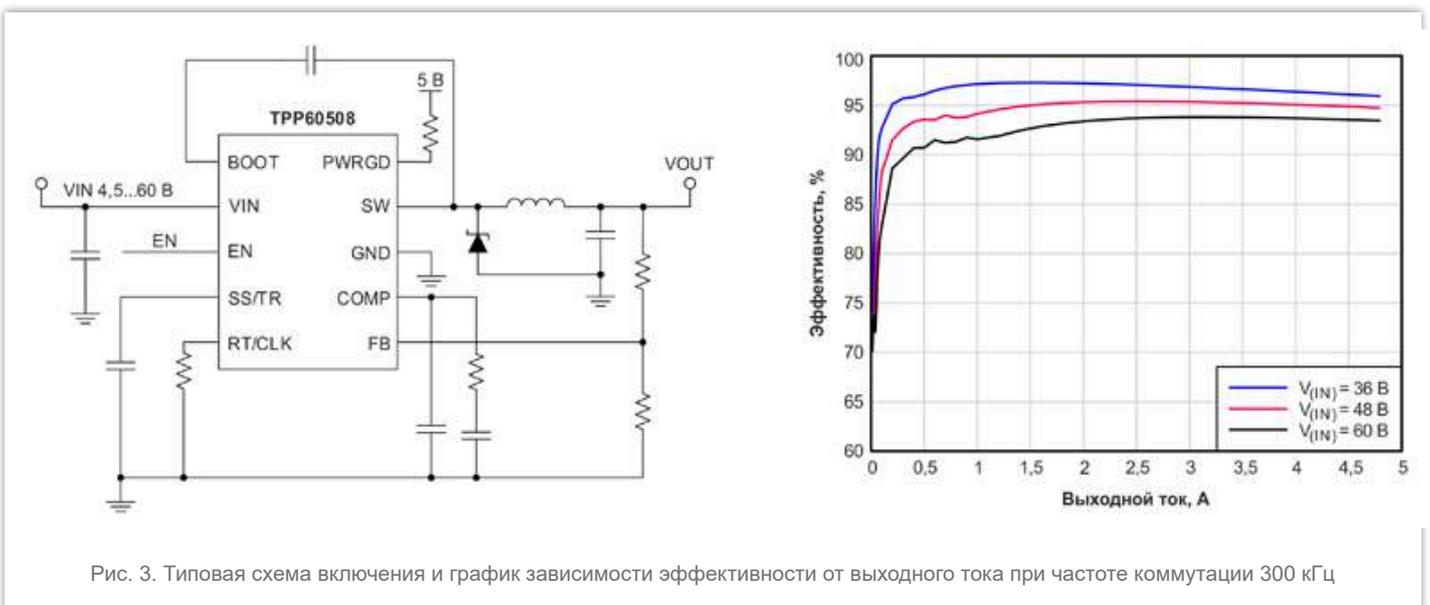


Рис. 3. Типовая схема включения и график зависимости эффективности от выходного тока при частоте коммутации 300 кГц

TPP60508 может работать с частотой коммутации 100...2500 кГц, которая задается с помощью резистора R_{RT} , подключенного между выводом RT/CLK и цепью GND.

Выбор рабочей частоты обычно обусловлен компромиссом между физическим размером источника питания и его эффективностью, а также значением минимального рабочего цикла. При выборе частоты коммутации необходимо учитывать все эти факторы. Параметры резистора R_{RT} можно рассчитать по формуле 3:

$$f = \frac{k}{R_{RT}}, \quad (3)$$

где:

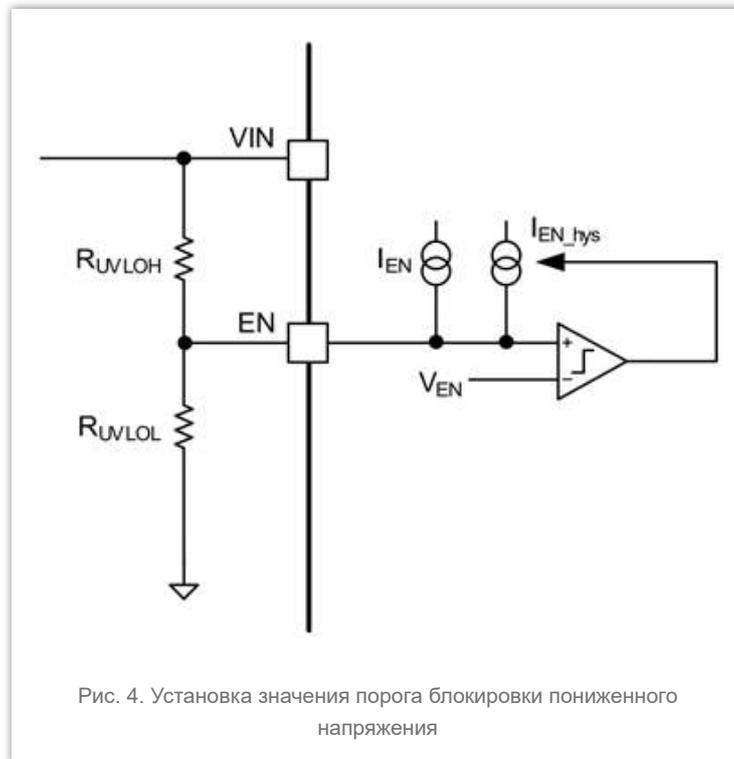
- f – частота коммутации, кГц;

- k – постоянный коэффициент, равный 100 000;
- R_{RT} – сопротивление резистора, кОм.

Также TTP60508 поддерживает **внешние источники тактирования/синхронизации**, сигнал которого необходимо подавать на вход RT/CLK. Первый нарастающий фронт RT/CLK переводит устройство из режима самогенерации в режим синхронизации, при этом сам вывод RT/CLK устанавливается в состояние высокого импеданса. Для захвата внешней тактовой частоты требуется 78 мкс. Когда внешний источник синхронизации останавливается, микросхема снова переходит в режим самогенерации с частотой, установленной резистором R_{RT} (рекомендуется оставлять его в схеме как раз на случай потери внешнего сигнала). Во время перехода частота переключения находится на уровне 70 кГц, а затем переключается на свое заданное рабочее значение.

Если при включении TTP60508 обнаруживает короткое замыкание на выходе, то при каждом последующем запуске микросхема снижает частоту коммутации в два раза (максимально до 8 раз). Это позволяет ограничить средний ток катушки индуктивности и увеличивает время отключения силового ключа для минимизации тепловых потерь.

TTP60508 имеет функцию **блокировки пониженного напряжения (UVLO)** с порогом 4,3 В по умолчанию. Этот порог можно отрегулировать с помощью вывода EN и двух внешних резисторов R_{UVLOH} и R_{UVLOL} (рисунок 4).



Источник тока (I_{EN}) 1,2 мкА подтягивает контакт EN ко внутренней шине питания. Другой источник тока с гистерезисом (I_{EN_hys}) 3,4 мкА обеспечивает напряжение гистерезиса между порогом повышения и понижения. Расчет номиналов резисторов производится с помощью формул 4 и 5:

$$R_{UVLOH} = \frac{V_{SYS_UVLO_H} - V_{SYS_UVLO_L}}{I_{EN_hys}}; \quad (4)$$

$$R_{UVLOL} = \frac{V_{EN}}{\frac{V_{SYS_UVLO_H} - V_{EN}}{R_{UVLOH}} + I_{EN}}, \quad (5)$$

где:

- $V_{SYS_UVLO_H}$ – желаемое пороговое значение гистерезиса при повышении напряжения;
- $V_{SYS_UVLO_L}$ – пороговое значение гистерезиса при понижении напряжения.

Семейство представлено двумя моделями в корпусах DFN4x4-10:

- **TPP60508L1-DF9R;**
- **TPP60508L1-DF9R-S.**

Компания ЗРЕАК обычно использует символ «-S» в конце наименования, означающий особый контроль качества микросхемы и использование золотых проводников для распайки вывода к кристаллу. Но по заверению производителя, в случае с TPP60508 оба наименования проходят по указанным выше критериям и являются равнозначными.

Их основные характеристики приведены в таблице 2, а графики зависимости некоторых параметров изображены на рисунках 6...8.

Таблица 2. Основные технические характеристики TPP60508

Обозначение	Параметр	Условия теста	Значение		
			Мин.	Тип.	Макс.
V_{IN}	Напряжение питания, В		4,5		60
V_(UVLO)	Порог внутренней блокировки при пониженном напряжении, В	При росте напряжения	4,1	4,3	4,48
V_(UVLO,hys)	Гистерезис работы схемы UVLO, мВ			325	
I_Q	Ток покоя, мкА	EN = 5 В, T _A = 25°C, V _(FB) = 0,9 В		152	200
I_{QSD}	Потребляемый ток в выключенном состоянии, мкА	EN = 0, T _A = 25°C		10,8	18
V_{FB}	Пороговое напряжение обратной связи, В		0,788	0,8	0,812
HS_{RDSON}	Сопротивление канала силового транзистора в открытом состоянии, мОм	V _{IN} = 12 В, BOOT – SW = 5 В		80	185
I_{Limit}	Ограничение тока, А		6,3		10
f_{(GBW), min}	Минимальная частота единичного усиления усилителя ошибки, кГц			2500	
T_{SD}	Порог срабатывания защиты от перегрева, °C			161	
T_{HYS}	Температурный гистерезис схемы защиты от перегрева, °C			20	
f_{SW}	Частота коммутации, кГц		100		2500
t_{PLL}	Время срабатывания ФАПЧ, мкс	f _{SW} = 500 кГц		78	

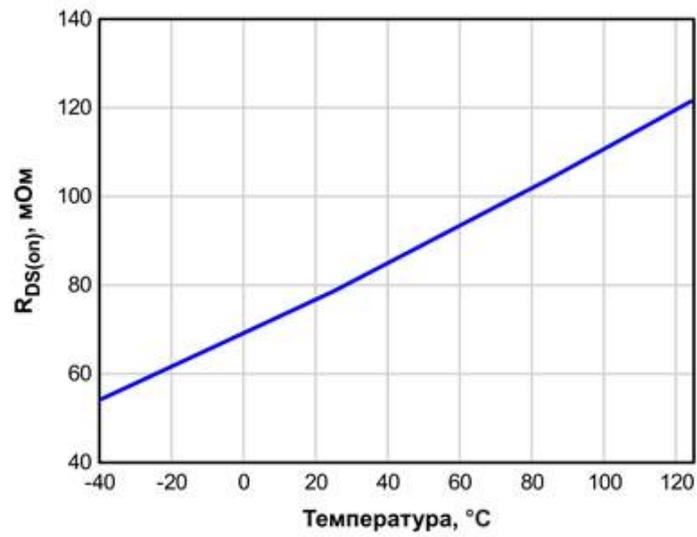


Рис. 6. График изменения сопротивления канала силового транзистора в открытом состоянии в зависимости от температуры

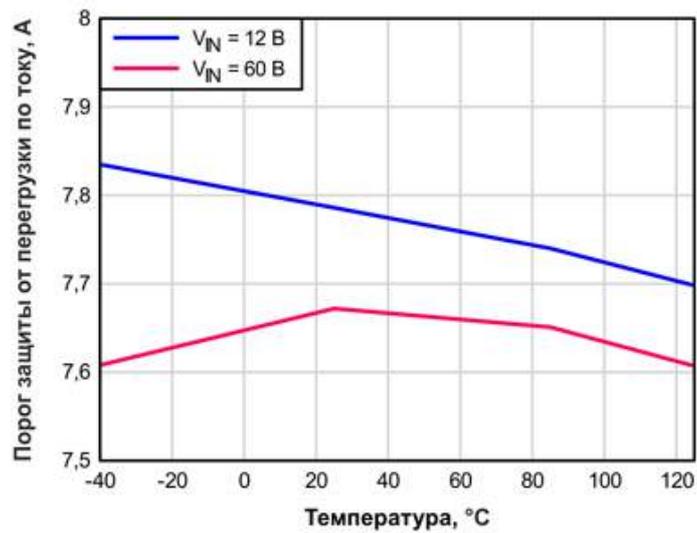


Рис. 7. Зависимость значения ограничения тока от температуры кристалла

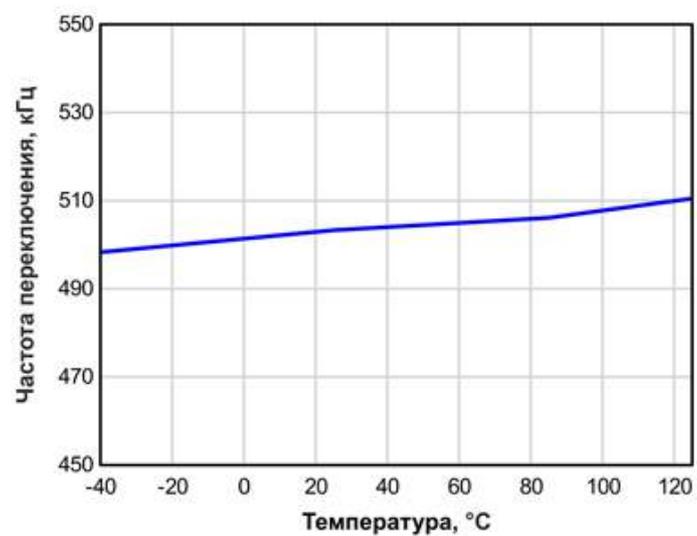


Рис. 8. Изменение частоты коммутации от температуры кристалла при сопротивлении резистора R_{RT} 200 кОм