



Убедитесь в правильном выборе тока светодиода вашего оптоизолятора

15-02-2018

Texas Instruments TL431 UCC2897A

Журнал РАДИОЛОЦМАН, декабрь 2017

Brian King, Texas Instruments

EDN

В изолированных источниках питания для передачи сигнала обратной связи через изолирующий барьер используются оптроны. Внутри оптрона размещаются светодиод и фотодетектор. Ток, идущий через светодиод, приводит к появлению пропорционального тока в фотодетекторе. Коэффициент передачи тока (current transfer ratio – CTR) определяется как отношение токов фотодетектора и светодиода и обычно имеет очень большой разброс. Конструируя цепь изолированной обратной связи, необходимо учитывать разброс параметров оптоизолятора и всех других компонентов, определяющих большой коэффициент усиления сигнала. Пренебрежение этой задачей может легко привести к возврату после запуска вашего продукта в массовое производство.

Наиболее распространенная схема изолированной цепи обратной связи показана на Рисунке 1. Микросхема [TL431](#) содержит усилитель ошибки и источник опорного напряжения. Выходное напряжение устанавливается резистивным делителем R3, R5 и внутренним опорным источником микросхемы TL431. Изменяя напряжение на входе обратной связи контроллера ШИМ, цепь обратной связи управляет мощностью, поступающей на выход источника питания. При смещении V_{OUT} вверх катод TL431 отдает оптоизолятору больше тока, и напряжение обратной связи V_{FB} становится ниже. Когда V_{OUT} смещается вниз, катодный ток TL431 уменьшается, и напряжение обратной связи увеличивается.

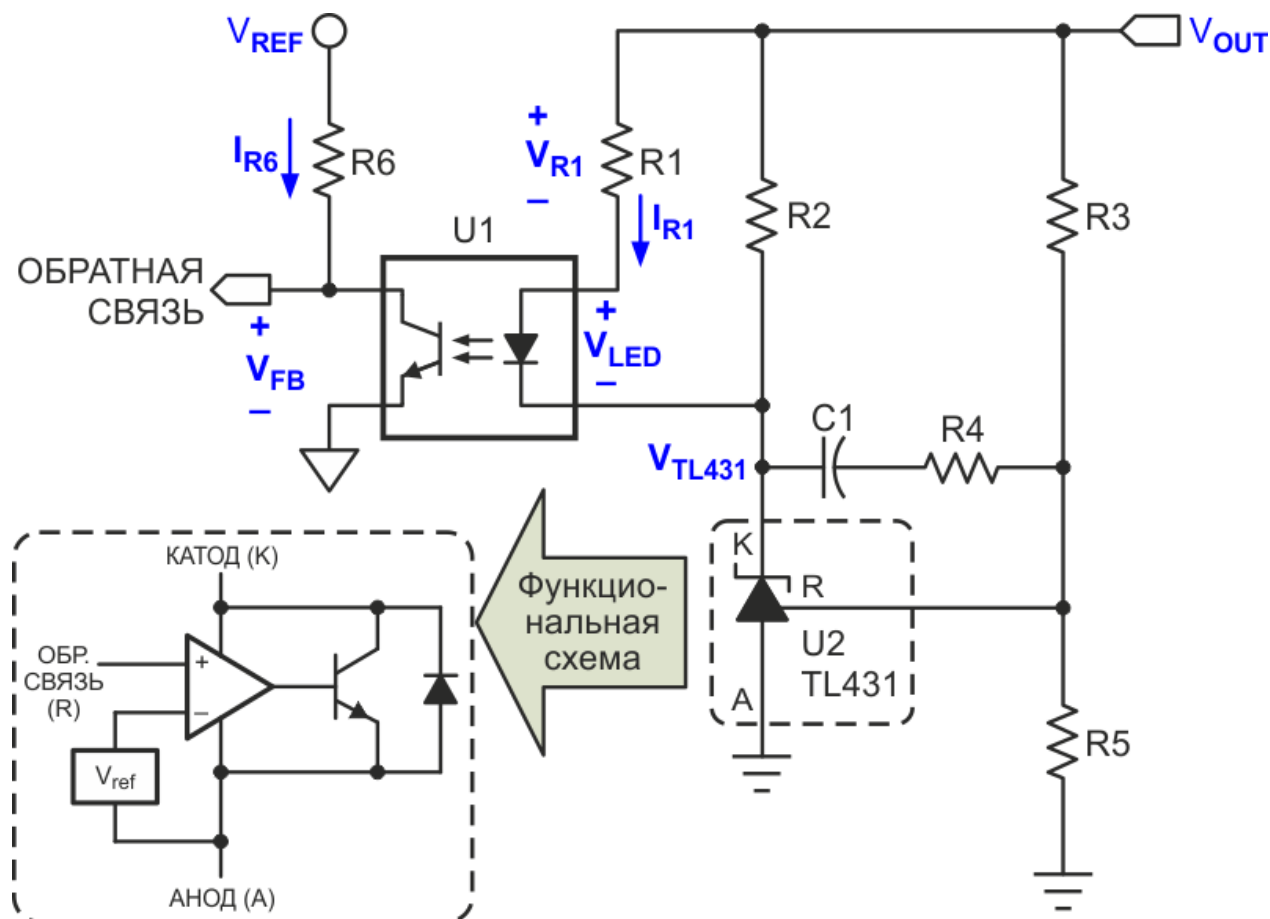


Рисунок 1. Такая схема формирования сигнала обратной связи чаще всего используется в изолированных источниках питания.

Правильно сконструированная схема должна быть способна гарантированно управлять входом обратной связи контроллера во всем рабочем динамическом диапазоне при наихудшем сочетании возможных допусков и разбросов параметров всех главных компонентов.

Первым делом необходимо определить рабочий динамический диапазон напряжения на выводе обратной связи контроллера. Все контроллеры отличаются друг от друга, поэтому в каждом случае потребуется обращение к справочной документации. В качестве примера предположим, что для управления прямоходовым преобразователем с активным ограничением мы используем микросхему ШИМ-контроллера [UCC2897A](#). Глядя в раздел «Подробное описание выводов» технического описания UCC2897A, мы видим, что при напряжении 2.5 В на входе обратной связи коэффициент заполнения ШИМ равен нулю, а при напряжении 4.5 В коэффициент заполнения максимален. UCC2897A содержит также источник опорного напряжения 5 В (вывод V_{REF}), к которому можно подключить нагрузочный резистор R6 фототранзистора оптрона, изображенного на Рисунке 1. Минимальное значение опорного напряжения равно 4.75 В, а максимальное – 5.25 В. Рассчитать требуемый диапазон токов транзистора оптрона, в предположении, что сопротивление резистора R6 равно 1 кОм $\pm 1\%$, можно с помощью формул (1) и (2):

$$I_{R6_MAX} = \frac{V_{REF_MAX} - V_{FB_MIN}}{R6_{MIN}} = \frac{5.25 \text{ В} - 2.5 \text{ В}}{990 \text{ Ом}} = 2.78 \text{ мА}. \quad (1)$$

$$I_{R6_MIN} = \frac{V_{REF_MIN} - V_{FB_MAX}}{R6_{MAX}} = \frac{4.75 \text{ В} - 4.5 \text{ В}}{1010 \text{ Ом}} = 0.25 \text{ мА}. \quad (2)$$

Из этих расчетов следует, что схема должна быть способна пропускать через R6 ток от 0.25 мА до 2.78 мА. При выборе соответствующего сопротивления резистора R2 напряжение на катоде TL431 может достигать достаточно высокого уровня, при котором поступление тока в светодиод прекратится. Таким образом, минимальный ток R6 гарантируется конструкцией схемы, и остается побеспокоиться о том, как обеспечить максимальный ток R6.

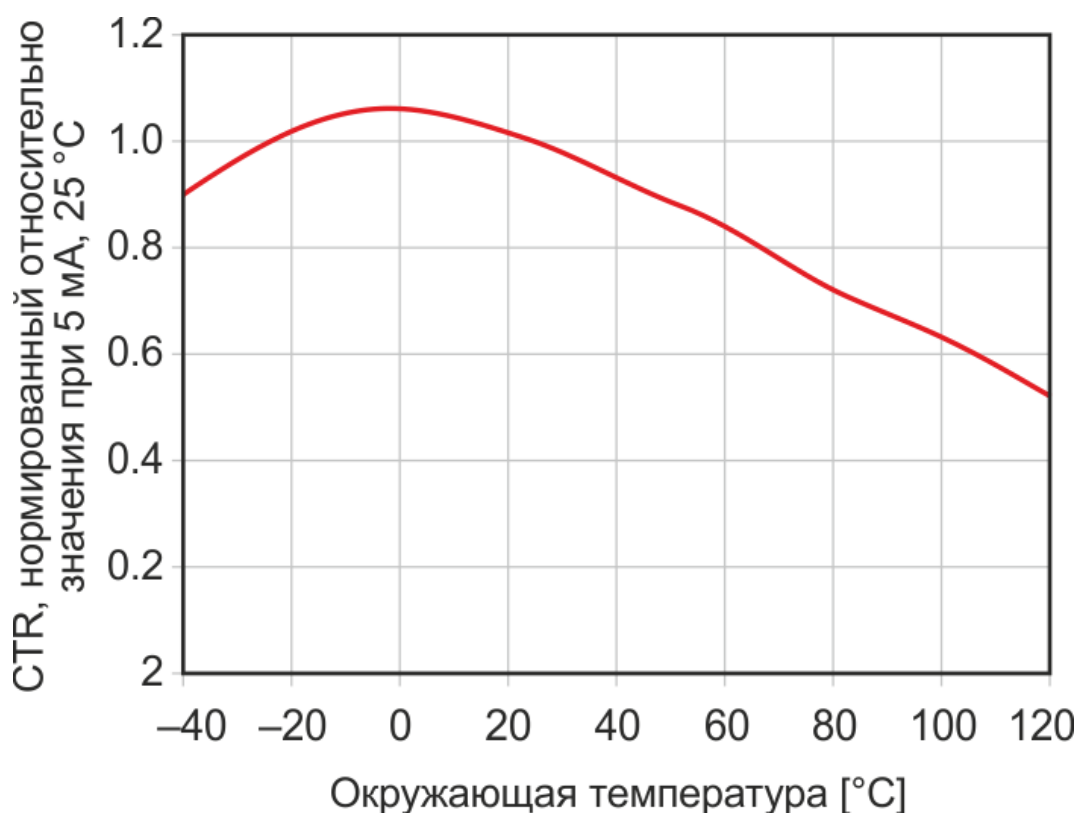


Рисунок 2. Зависимость CTR оптоизолятора от температуры.

На втором шаге необходимо рассчитать CTR оптрона для наихудшего случая. Оптоны с цифрами «817» в обозначении типа предлагаются многими производителями. Все они совместимы друг с другом по выводам и отличаются только префиксами. В Таблице 1 в качестве примера приведены диапазоны CTR для различных групп оптронов 817, маркируемых однобуквенными суффиксами в конце обозначения. Приведенные в таблице данные справедливы при температуре 25 °C для прямого тока светодиода 5 мА. Показанные на Рисунках 2 и 3 графики зависимостей CTR от окружающей температуры и тока светодиода взяты из справочной документации.

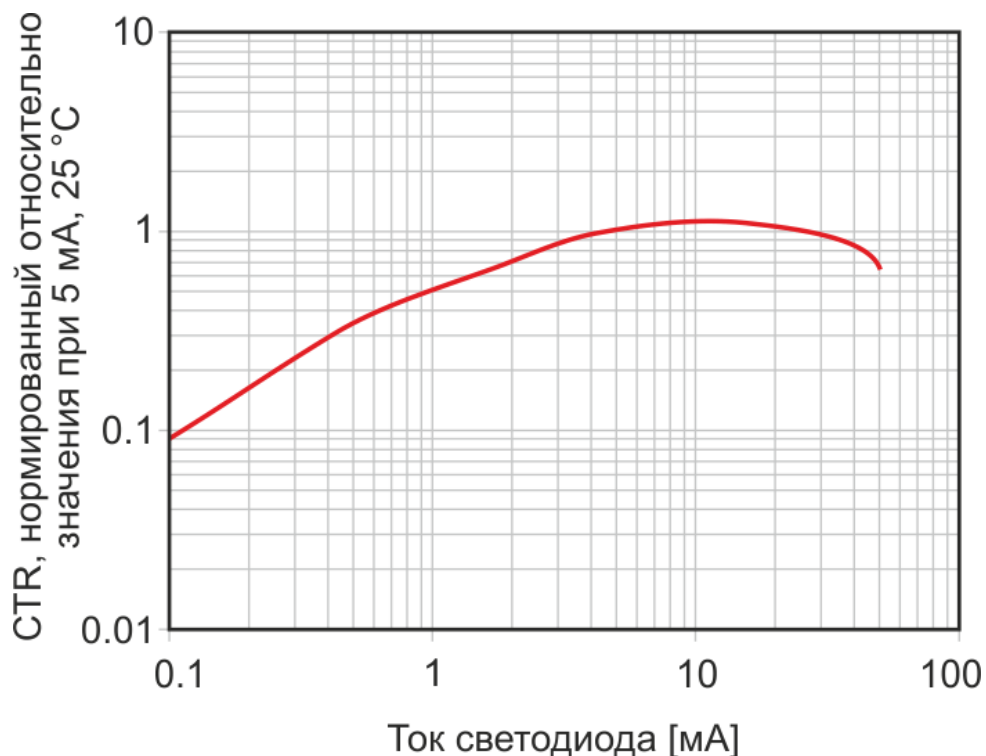


Рисунок 3. Зависимость CTR оптоизолятора от тока светодиода.

Предположим, что ваш источник питания должен работать в диапазоне температур от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. На основании Рисунок 2 определяем, что для температуры $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ минимальное значение CTR нужно умножить приблизительно на 0.7. Если вы выбрали оптрон 817 группы «А», минимальное значение CTR теперь будет равно всего 56%. Деление результата, полученного из формулы (1), на 0.56 показывает, что без учета зависимости CTR от тока, максимальный ток, который может потребоваться светодиоду, составляет, по крайней мере, 4.96 мА. Впрочем, как видно из Рисунок 3, пологий характер графика при 4.96 мА позволяет этой зависимостью пренебречь.

Таблица 1. Значения CTR для различных групп оптоизоляторов 817

Суффикс в обозначении прибора	Минимальный CTR	Максимальный CTR
A	80%	160%
B	130%	260%
C	200%	400%
D	300%	600%
Нет	80%	600%

Третий, и последний шаг – выбор такого значения сопротивления R1, чтобы тока TL431 при любых условиях хватало для управления оптроном. Минимальное напряжение

на катоде TL431 равно 2.5 В, а прямое падение напряжения на светодиоде оптрона может достигать 1 В. Используя эти параметры, рассчитаем максимальное значение R1 с помощью формулы (3):

$$R_{1_MAX} = \frac{V_{OUT} - V_{TL431} - V_{LED}}{I_{R1_MIN}} = \frac{12В - 2.5В - 1.0В}{5\text{ мА}} = 1.7\text{ кОм}. \quad (3)$$

При использовании резистора R1 с сопротивлением более 1.7 кОм выходного тока TL431 для поддержания режима стабилизации может оказаться недостаточно. Тогда выходное напряжение будет продолжать рост до тех пор, пока светодиод оптрона не получит необходимое количество тока. Это приведет к перенапряжению на выходе, и, скорее всего, произойдет при более высоких температурах.

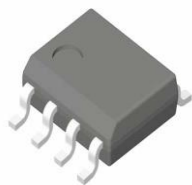
Проблемы разброса параметров часто упускают из виду на этапе проектирования. Источники питания из опытной партии легко могут пройти выходной контроль, а неприятности возникнут позже, когда потребители начнут возвращать продукцию. Следуя описанной здесь простой процедуре расчета, вы можете сэкономить деньги своей компании и не огорчить ее клиентов.

Материалы по теме

1. [Datasheet Texas Instruments TL431](#)
2. [Datasheet Texas Instruments UCC2897A](#)
3. [Datasheet Sharp Microelectronics PC817](#)
4. [Datasheet Everlight EL817](#)

Перевод: AlexAAN по заказу РадиоЛоцман

На английском языке: [Make sure your optocoupler is properly biased](#)



TL431 на РадиоЛоцман.Цены — от **0,06** до **6,66** руб.

6 предложений от 6 поставщиков

Исполнение: SO8-150-1.27. Название TL431ID Бренд TI Корпус SO8-150-1.27 Описание SHUNT REG ADJ +2.5/36V, SOIC8, 431; Termination Type:SMD; Case Style:SOIC; Pins, No....

Поставщик	Производитель	Наименование	Цена
ЭФО	Texas Instruments	TL431AIDG4	0,06 руб.
AliExpress		1 шт./лот TL431A TL431 TO-92	0,66 руб.
Триом	Diodes	TL431ASA-7	6,66 руб.
Кремний		TL431AIDBZR	по запросу