

# Источник опорного напряжения TL431

23/11/2013 - 19:29 | Pavel Bobkov

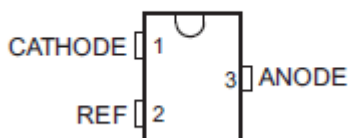
## Введение

Понадобился мне тут недорогой источник опорного напряжения. Полистав каталоги, я остановил свой выбор на микросхеме TL431 за 20 рублей. Сейчас расскажу, что это за букашка и как ее использовать.

## TL431

TL431 - это так называемый программируемый **стабилитрон**. Применяется в качестве источника опорного напряжения и источника питания для малопотребляющих схем. Выпускается несколькими производителями и в разных корпусах, мне досталась от Texas Instruments в корпусе SOT23.

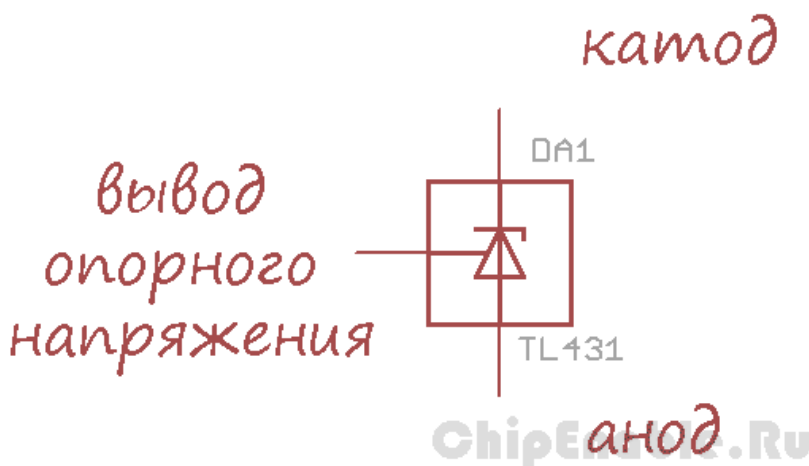
### TL431 в корпусе SOT23



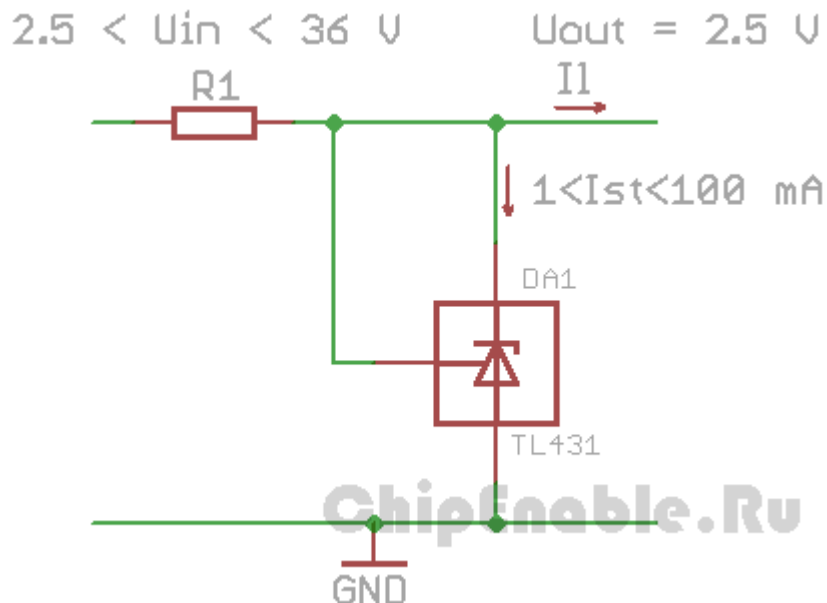
#### Технические характеристики:

- выходное напряжение от 2.5 до 36 В
- рабочий ток от 1 до 100 мА
- выходное сопротивление 0.2 Ом
- точность 0.5%, 1% и 2%

Имеет три вывода. Два как у стандартного стабилитрона - анод и катод. И вывод опорного напряжения, который подключается к катоду или средней точке делителя напряжения. На зарубежных схемах обозначается так:



Минимальная схема включения требует один резистор и позволяет получать опорное напряжение 2.5 В.

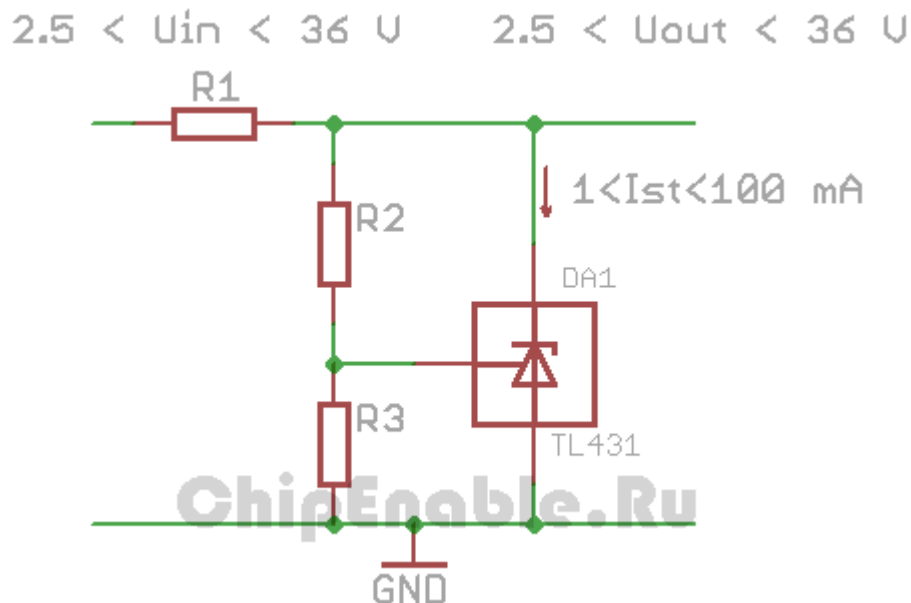


Резистор в этой схеме рассчитывается по следующей формуле:

$$R1 = \frac{U_{in} - 2.5}{I_{st} + I_l}$$

где I<sub>st</sub> - ток TL431, а I<sub>l</sub> - ток нагрузки. Входной ток опорного вывода не учитывается, так как он ~2 мкА.

В полной схеме включения к TL431 добавляются еще два резистора, но в этом случае можно получить произвольное выходное напряжение.



Номиналы резисторов делителя напряжения и выходное напряжение TL431 связаны следующим соотношением:

$$U_{out} = U_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R2}{R3}\right) + I_{ref} \cdot R2$$

,где  $U_{ref} = 2.5 \text{ В}$ ,  $I_{ref} = 2 \text{ мкА}$ . Это типовые значения и они имеют определенный разброс (смотрите даташит).

Если задаться значением одного из резисторов и выходным напряжением, то можно рассчитать значение второго резистора.

$$R3 = \frac{R2}{\frac{(U_{out} - I_{ref} \cdot R2)}{U_{ref}} - 1}$$

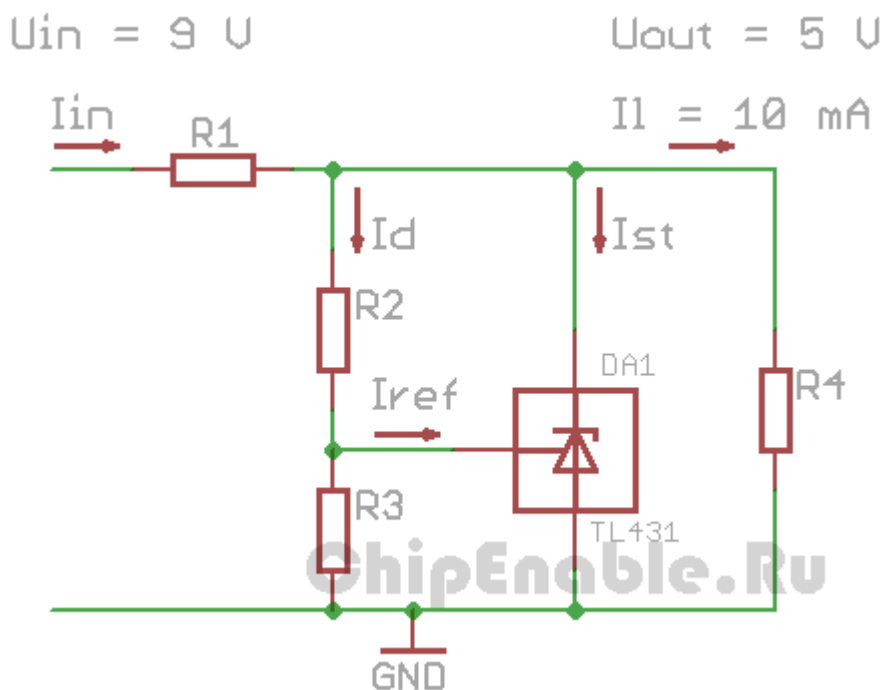
А зная выходное напряжение и входной ток, можно рассчитать номинал резистора R1:

$$R1 = \frac{U_{in} - U_{out}}{I_{in}}$$

,где  $I_{in}$  - входной ток схемы, который складывается из рабочего тока TL431, тока делителя напряжения и тока нагрузки.

Если TL431 используется для получения опорного напряжения, то резисторы R2 и R3 нужно брать с точностью 1% из ряда E96.

## Расчет стабилизатора напряжения на TL431



### Начальные данные

Входное напряжение  $U_{in} = 9 \text{ В}$

Требуемое выходное напряжение  $U_{out} = 5 \text{ В}$

Ток нагрузки  $I_l = 10 \text{ мА}$

Данные из даташита:

$I_{st} = 1..100 \text{ мА}$

$I_{ref} = 2 \text{ мкА}$

$U_{ref} = 2.495 \text{ В}$

### Расчет

Задаемся значением резистора  $R_2$ . Максимальное значение этого резистора ограничено током  $I_{ref} = 2 \text{ мкА}$ . Если брать номинал резистора  $R_2$  равным единицам/десяткам кОм, то это подойдет. Пусть  $R_2 = 10 \text{ кОм}$ .

Так как TL431 используется в качестве источника питания, высокая точность здесь не нужна и членом  $I_{ref} \cdot R_2$  можно пренебречь.

$$R_3 = \frac{R_2}{\frac{U_{out}}{U_{ref}} - 1}$$

Округленное значение  $R_3$  будет равно  $10 \text{ кОм}$ .

Чтобы рассчитать  $R_1$  нужно прикинуть входной ток схемы. Он складывается из тока TL431, тока нагрузки и тока делителя напряжения.

Ток делителя напряжения равен  $U_{out}/(R_1+R_2) = 5/20000 = 250 \text{ мкА}$ .

Ток TL431 может быть от  $1$  до  $100 \text{ мА}$ . Если взять ток  $I_{st} > 2 \text{ мА}$ , то током делителя можно пренебречь.

Тогда входной ток будет равен  $I_{in} = I_{st} + I_l = 2 + 10 = 12 \text{ мА}$ .

А номинал  $R_1 = (U_{in} - U_{out})/I_{in} = (9 - 5)/0.012 = 333 \text{ Ом}$ . Округляем до  $300$ .

Мощность, рассеиваемая на резисторе  $R_1$ , равна  $(9 - 5) \cdot 0.012 = 0.05 \text{ Вт}$ . На остальных резисторах она будет еще меньше.

$R_1 = 300 \text{ Ом}$

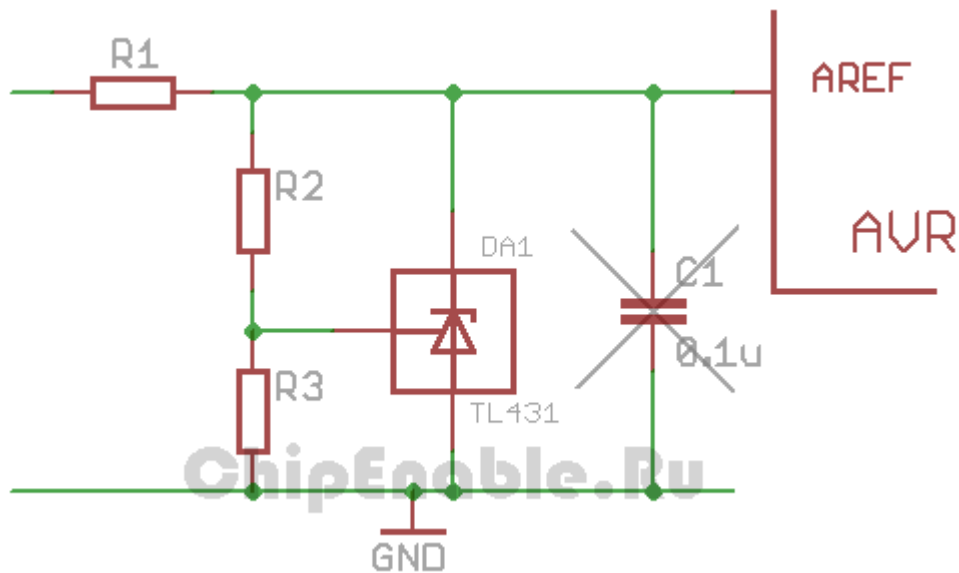
$R_2 = 10 \text{ кОм}$

$R_3 = 10 \text{ кОм}$

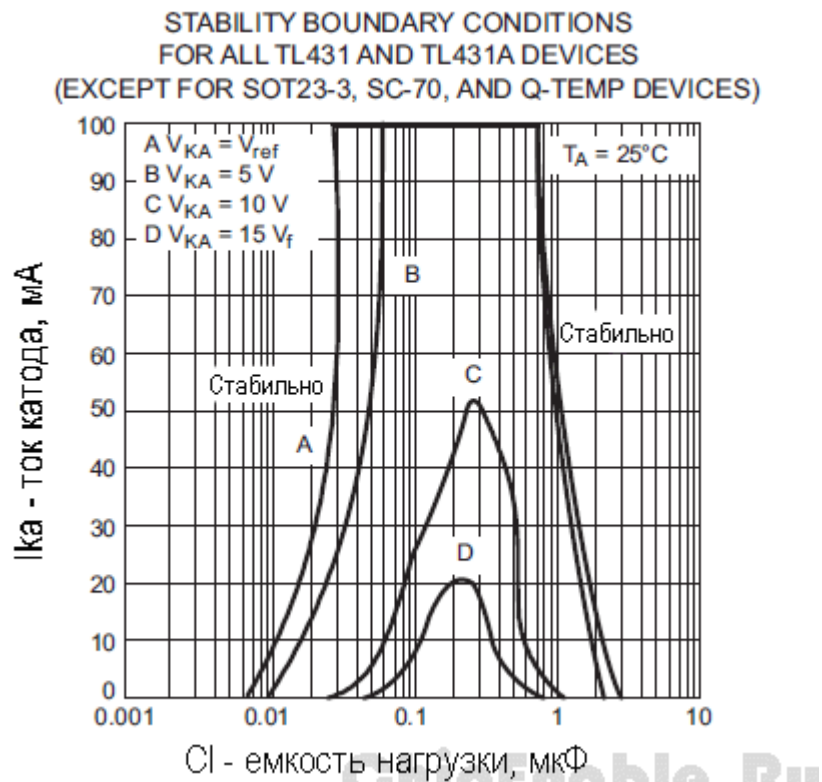
Примерно так, без учета нюансов.

## Емкость нагрузки

Если будете использовать TL431 и повесите на выходе конденсатор, то микросхема может "загудеть". Вместо уменьшения выходного шума, на катоде появится периодический пилообразный сигнал в несколько милливольт.



Емкость нагрузки, при которой TL431 ведет себя стабильно, зависит от тока катода и выходного напряжения. Возможные значения емкости показаны на картинке из даташита. Стабильные области - это те, что за пределами графиков.



## Datasheet

tl431.pdf