

# Мультивибратор делает выходное напряжение ОУ истинно нулевым

Peter Demchenko

EDN

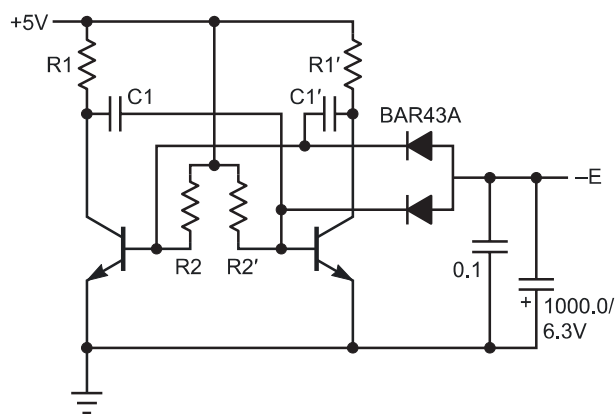
При выборе буферного операционного усилителя (ОУ) рассматривались различные источники отрицательного напряжения, поскольку на выходе ОУ должно было обеспечиваться истинное нулевое напряжение. В реальности типичный ОУ с rail-to-rail выходом на это не способен; он может гарантировать выходное напряжение не менее нескольких милливольт, в то время как подключенное к нему устройство, например, ЦАП высокого разрешения, может иметь разрешение в диапазоне микровольт. Моему приложению требовался выход с истинно нулевым напряжением, отсюда и возникла проблема.

Очевидно, чтобы увеличить запас около нуля, было необходимо определенное отрицательное напряжение. При изучении альтернатив возникла идея вместо обычного преобразователя напряжения использовать фотоэлемент. В результате получилась эта схема [1].

Но хотя это решение отличается очень низким уровнем выходного шума, его выходная мощность несколько ограничена. Кстати, лучшее что мне удалось получить с помощью этого «фотоэлемента», – более 0.81 В при сопротивлении нагрузки 2 кОм и общем токе через два светодиода  $2 \times 5 = 10$  мА (сверхяркие производства OSRAM).

Этого было вполне достаточно для моей задачи, но сразу остановиться мне было трудно, поэтому родилась схема, показанная на

Рисунке 1. Обе эти схемы можно использовать там, где требуется простой локальный маломощный источник низкого отрицательного напряжения.



**Рисунок 1.** Вторая схема, позволяющая получить истинно нулевое выходное напряжение операционного усилителя, основана на симметричном мультивибраторе и отличается от первой лучшим КПД.

Эта вторая схема основана на симметричном мультивибраторе и имеет гораздо лучший КПД, чем ее «фотоэлектрическая» сестра, но ее выходной шум несколько выше. Поэтому она может быть более подходящей для приложений с ограниченным энергопотреблением.

Сдвоенный диод Шоттки BAR43A работает как двухполупериодный выпрямитель, его симметрия снижает в выходных шумах уро-

вень составляющей с частотой мультивибратора. То же самое можно сказать и о симметрии самого мультивибратора. Как и ее старшая сестра, схема абсолютно невосприимчива к коротким замыканиям выхода, поскольку обе являются источниками тока.

Еще один момент по поводу транзисторов: почти все современные биполярные п-р-п транзисторы имеют низкое напряжение пробоя база-эмиттер ( $V_{ЕВО}$ ) около 5...7 В. Этот параметр важен для биполярных транзисторов, используемых в симметричном мультивибраторе. Хорошим выбором для схемы с 5-вольтовым питанием будет любой транзистор с максимальным значением  $V_{ЕВО}$  не менее 6 В, например, BC547, 2N5551, MPS2222A и т.д.

Сейчас сложно найти что-то вроде 2SC3616 (NEC) с напряжением  $V_{ЕВО}$  около 15 В (и, кстати, с коэффициентом передачи тока более 2000), поэтому, если вы хотите адаптировать схему к более высоким напряжениям, вам придется использовать MOSFET с максимальным напряжением затвор-исток около 20 В.

Номиналы компонентов следующие:

$$R1 = R1' = 5.6 \text{ кОм},$$

$$R2 = R2' = 30 \text{ кОм},$$

$$C1 = C1' = 0.1 \text{ мкФ}.$$

Выходные конденсаторы должны иметь низкие значения эквивалентного последовательного сопротивления.

Частота здесь не может быть рассчитана по известным формулам для симметричного мультивибратора; очевидно, что она будет выше. При использовании компонентов с показанными на схеме номиналами и при нагрузке 910 Ом частота составляет примерно  $2 \times 0.65 = 1.3$  кГц.

Схема потребляет менее 1.5 мА от источника +5 В и выдает -0.3 В на нагрузку 910 Ом. **ПЛ**

## Ссылка

1. Peter Demchenko. Фотоэлемент обеспечивает истинно нулевое напряжение на выходе операционного усилителя. РадиоЛоцман, 2023, 11-12, [стр. 22](#)

## Материалы по теме

1. [Datasheet STMicroelectronics BAR43A](#)