

Дмитрий Цветков

INA333 – ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С НУЛЕВЫМ ДРЕЙФОМ



В статье приведен обзор нового малопотребляющего инструментального усилителя от компании Texas Instruments – INA333, обладающего сверхмалыми дрейфом напряжения смещения и нелинейностью. В целях сравнения приведена таблица основных характеристик всех производимых TI инструментальных усилителей.



Главный недостаток ДУ – зависимость коэффициента усиления от сопротивления источника сигнала. Благодаря наличию двух дополнительных ОУ перед ДУ удалось достигнуть очень высокого входного сопротивления инструментального усилителя (рис. 1). Более того, такая схема построения позволяет управлять коэффициентом усиления с помощью одного единственного резистора R_{Kи}, при этом отсутствует его влияние на входное сопротивление ИУ.

Инструментальный усилитель (ИУ) предназначен для задач, требующих прецизионного усиления с высокой точностью передачи сигнала, а также для работы с различными датчиками благодаря высокому входному сопротивлению, низкому значению напряжения смещения в широком диапазоне температуры работы, точности передачи сигнала и высокой степени подавления синфазных помех. ИУ относится к классу операционных усилителей с одним принципиальным отличием, связанным с работой исключительно с зам-

кнутыми линейными цепями обратных связей (ОС).
Изначально серия инструментальных усилителей INA была разработана и производилась компанией Burr-Brown, но впоследствии была полностью выкуплена компанией Texas Instruments. На данный момент TI не только продолжает производить ИУ, но и занимается активной разработкой новых изделий, добиваясь улучшения их характеристик и параметров (табл. 1).

Теперь можно вернуться непосредственно к теме статьи – обзору нового инструментального усилителя **INA333**. Согласно рекламным анонсам самого производителя, новый ИУ обладает

Сверхнизкий собственный ток потребления – до 50 мкА – определяет область применения INA333: прецизионные приложения с низким энергопотреблением, например, портативная медицинская аппаратура, системы сбора данных, электронные весы и переносные измерительные приборы.

кнутыми линейными цепями обратных связей (ОС).

Появление схем инструментальных усилителей было обусловлено стремлением устранить недостатки дифференциальных усилителей (ДУ), построенных на основе классических ОУ.

впечатляющим соотношением сигнал-шум, очень низким дрейфом напряжением по входу, способностью работать от источников с низким напряжением (от 1,8 В). Сверхнизкий собственный ток потребления – до 50 мкА – практически определяет область применения

INA333: различные прецизионные приложения с низким энергопотреблением, например, портативная медицинская аппаратура, системы сбора данных, электронные весы и переносные измерительные приборы. Внутренняя структурная схема INA333 (рис. 2) построена на основе классической архитектуры из 3-х ОУ (рис. 1), дополненной рядом новых и очень полезных узлов.

INA333 является в своем роде уникальным инструментальным усилителем, в основном благодаря необычному сочетанию таких «противоречивых» характеристик, как, например, низкий уровень спектрального шума по входу (0,05 мкВ/√Гц в полосе 10...1000 Гц) и сверхмалый собственный ток потребления (максимум до 80 мкА во всем диапазоне температуры работы). А достижение таких параметров, как беспрецедентно низкий ток утечки по входу (200 пА) и практически полностью отсутствующий дрейф напряжения по входу (0,1 мкВ/°С) в очень широком диапазоне температуры работы (-40...125°С) стало возможным благодаря инновационным разработкам инженеров компании Texas Instruments. Например, технология автокоррекции напряжения смещения по входу встроена в каждый из трех внутренних ОУ в виде законченных узлов. Для сохранения стабильности в процессе работы автокалибровка выполняется каждые 8 мкс. Более того, после подачи питания в течение примерно 100 мкс производится автокалибровка цепей обратной связи, что также положительно сказывается на стабильности рабочих характеристик микросхемы.

Узел режекторного фильтра на переключаемых конденсаторах, включенного на входе, позволяет значительно уменьшить шум напряжения по входу до 50 нВ/√Гц, А специальные ВЧ-фильтры, включенные на все четыре

Таблица 1. Краткие параметры и характеристики серии инструментальных усилителей Texas Instruments

Наименование	Коэффициент усиления	Коэффициент подавления синфазных помех, дБ	Дрейф входного напряжения смещения, мкВ/°С	Коэффициент нелинейности в рабочей полосе частот, %	Максимальный ток утечки по входу	Частотный диапазон (при G = 100), кГц	Уровень спектрального шума по входу, нВ/√Гц	Минимальное напряжение питания, В	Максимальное напряжение питания, В	Собственный ток потребления, мА
INA101	1...1000	106	—	0,002	—	25	—	±5	±20	6,7
INA110	1, 10, 100, 1000	106	2	0,01	50 пА	470	10	±6	±18	3,0
INA111	1...1000	106	5	0,005	20 пА	450	10	±6	±18	3,3
INA114	1...10000	110	0,25	0,002	2 нА	10	11	±2,25	±18	2,2
INA115	1...10000	110	0,25	0,002	2 нА	10	11	±2,25	±18	2,2
INA116	1...1000	86	5	0,005	0,025 пА	70	28	±4,5	±18	1,0
INA121	1...10000	96	5	0,005	50 пА	50	20	±2,25	±18	0,450
INA126	5...10000	83	3	0,002	25 нА	9	35	±1,35	±18	0,175
INA128	1...10000	120	0,5	0,012	5 нА	200	8	±2,25	±18	700
INA129	1...10000	120	0,5	0,002	5 нА	200	8	±2,25	±18	700
INA131	100	110	0,25	0,002	2 нА	70	12	±2,25	±18	2,2
INA141	10, 100	117	0,5	0,002	5 нА	200	8	±2,25	±18	0,750
INA103	1...1000	100	—	0,004	8 мкА	—	1	±9	±25	9,0
INA163	1...10000	100	—	0,0006	12 мкА	—	1	±4	±18	10
INA118	1...10000	107	0,5	0,002	5 нА	70	10	±1,35	±18	0,350
INA122	5...10000	83	3	0,002	25 нА	5	60	±1,1	±18	0,060
INA125	1...10000	100	2	0,012	25 нА	4,5	38	±1,35	±18	0,460
INA155	10, 50	78	15	0,05	50 пА	110	38	2,7	5,5	1,7
INA2126	5...10000	83	3	0,012	25 нА	9	35	±1,35	±18	0,175
INA2331	5...1000	90	5	0,1	10 пА	2000	46	2,5	5,5	0,415
INA2332	5...1000	60	—	0,4	10 пА	500	46	2,5	5,5	0,415
INA321	5...1000	90	7	0,01	10 пА	50	100	2,5	5,5	0,040
INA322	5...1000	60	7	0,01	10 пА	50	100	2,5	5,5	0,040
INA326	0,1...10000	100	0,4	0,01	2 нА	1	33	2,7	5,5	2,4
INA327	0,1...10000	100	0,4	0,01	2 нА	1	33	2,7	5,5	2,4
INA331	5...1000	90	5	0,1	10 пА	2000	46	2,5	5,5	0,415
INA332	5...1000	60	5	0,4	10 пА	500	46	2,5	5,5	0,415
INA333	1...1000	100	0,1	0,001	0,2 нА	3,5	50	1,8	5,5	0,050
INA337	0,1...1000	106	0,4	0,01	2 нА	1	33	2,7	5,5	2,4
INA338	0,1...1000	106	0,4	0,01	2 нА	1	33	2,7	5,5	2,4

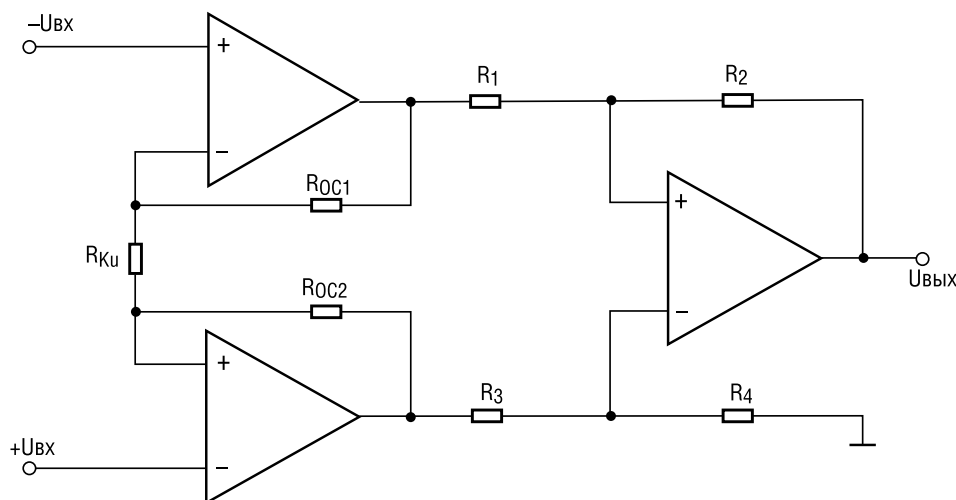


Рис. 1. Структурная схема классического инструментального усилителя

входа INA333, в значительной степени уменьшают влияние внешних радиочастотных помех. Такое решение способно существенно понизить чувствительность к изменениям напряжения смещения, вызванным радиочастотным полем, что может оказаться важным преимуществом в применениях, требующих стабильности постоянного тока, например, в электронных весах.

Расчет внешних цепей INA333, как и всех других ИУ, построенных по схеме 3-х ОУ, сводится лишь к вычислению сопротивления резистора Rg (табл. 2), определяющего коэффициент усиления микросхемы, по очень простой формуле:

$$R_G = \frac{100 \text{ кОм}}{K_U - 1}$$

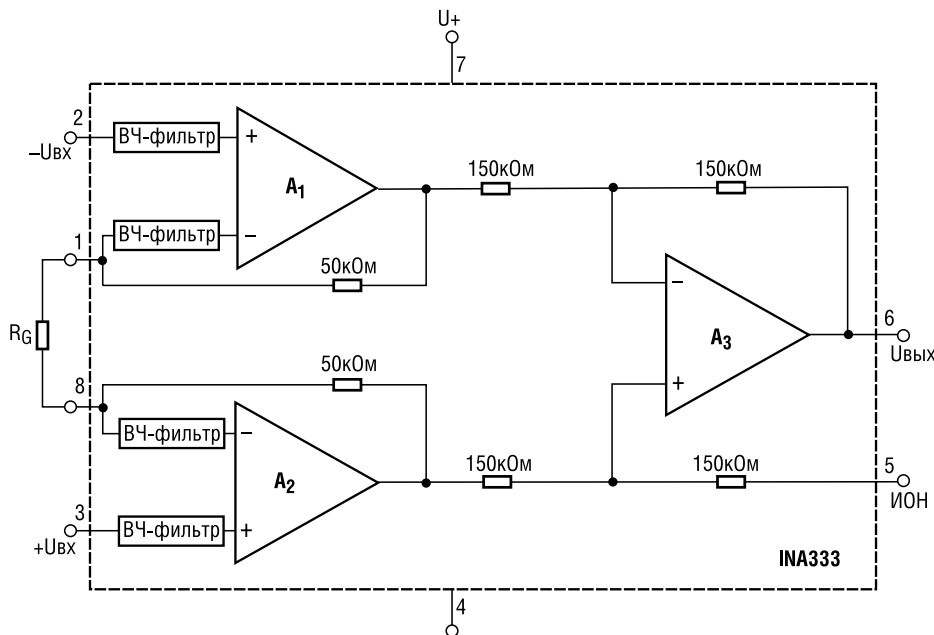


Рис. 2. Структурная схема инструментального усилителя INA333

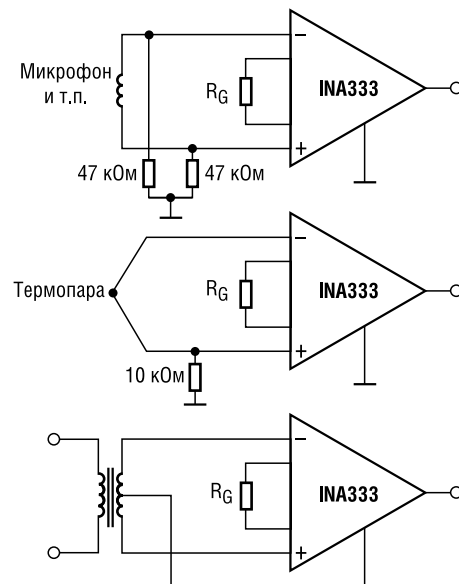


Рис. 3. Типовые схемы подключения INA333 к различным источникам сигнала

где K_u – коэффициент усиления по напряжению (G в англоязычной терминологии).

Стоит отметить, что инструментальный усилитель INA333 подвержен тем же «болезням», что и другие ИУ. Например, ввиду очень высокого входного сопротивления (100 ГОм) микросхемы, при работе с любыми источниками сигнала, не имеющими непосредственной электрической связи с выводом REF (разумеется, кроме естественной емкостной связи), возможна такая ситуация, когда на обоих входах +IN и –IN возникнет постоянная составляющая, равная или превышающая напряжение питания INA333. В результате этого схема теряет работоспособность. Другими словами, необходима «подтяжка» обоих входов +IN и –IN (высокоомный источник сигнала) или любого из этих входов (низкоомный источник) к выводу REF (рис. 3). Кстати, грамотное использование вывода REF позволяет значительно сократить число внешних компонентов схемы. Пример – использование INA333 в качестве буферного усилителя дупольного сигнала, который в дальнейшем предполагается оцифровывать подходящим АЦП с однополярным питанием. В этом случае необходим «сдвиг» выходного сигнала в диапазон работы АЦП. Т.е. для этого достаточно подать на вход REF половину напряжения опорного источника АЦП (например, недорогой **LT1004-2.5** от TI), предварительно буферизированного любым подходящим ОУ (например, популярный **1/2 ОРА2333** от TI).

Отдельно стоит осветить питание INA333. Как было сказано выше, новый ИУ имеет возможность работы как от однополярных (+1,8...5,5 В) так и

Таблица 2. Зависимость сопротивления внешнего резистора R_g от требуемого коэффициента усиления для INA333

Коэффициент усиления по напряжению	Расчетное сопротивление внешнего резистора R_g	Ближайшее подходящее сопротивление резистора R_g , кОм (1%)
1	∞	–
2	100 кОм	100 кОм
5	25 кОм	24,9 кОм
10	11,1 кОм	11 кОм
20	5,26 кОм	5,23 кОм
50	2,04 кОм	2,05 кОм
100	1,01 кОм	1 кОм
200	502,5 Ом	499 Ом
500	200,4 Ом	200 Ом
1000	100,1 Ом	100 Ом

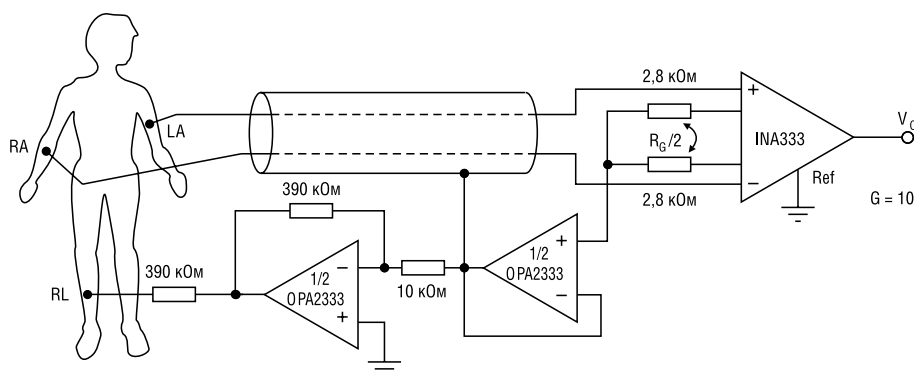


Рис. 4. Использование INA333 в составе электрокардиографа

от дупольных источников питания ($\pm 0,9... \pm 2,75$ В) с очень малым током потребления 50 мкА (при $U_{пит} = 1,8$ В). Таким образом, основная область применения INA333 – устройства с батарейным питанием. А учитывая малые размеры корпусов, в которых поставляется микросхема (MSOP-8 и DFN-8), область применения распространя-

ется и на малогабаритные устройства. Например, переносные измерительные приборы, умещающиеся на ладони. На рис. 4 изображено одно из применений INA333 – электрокардиограф.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: analog.vesti@compel.ru