

Методика измерения (проверки) ОУ и компараторов.

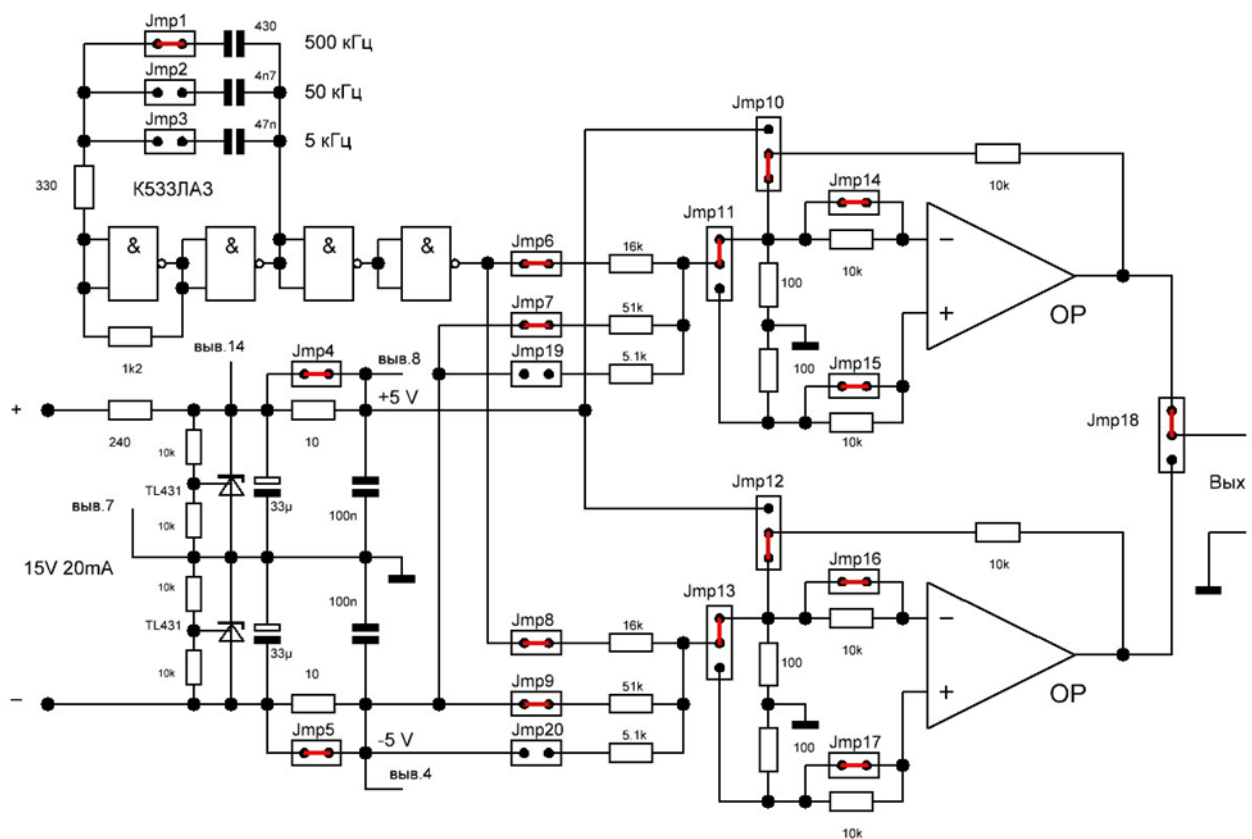


Схема стенда для проверки ОУ и компараторов

Конструкция рассчитана на двойные ОУ и компараторы со стандартной распиновкой, (но можно измерять и различные одиночные, через соответствующий переходник). В качестве переключателей использованы джамперы - их можно добыть из старой компьютерной материнской платы. Питается стенд от внешнего однополярного источника постоянного напряжения 12 - 24 В, ток потребления 20 мА при 15 В. С помощью двух TL431 формируется двухполярное питание ± 5 В для проверяемых ОУ (компараторов). От +5 В, также запитывается генератор прямоугольных импульсов (меандра), собранный на простой логической микросхеме К533ЛА3. Для такого генератора нужно всего два инвертора, поэтому можно использовать различные TTL микросхемы. Эта выбрана из-за малого потребления (4 мА). Резисторы генератора подобраны, чтобы на выходе был меандр.

Назначения джамперов:

Jump1, Jump2, Jump3 - выбор частоты генератора

Jump4, Jump5 - для измерения потребляемого тока

Jump6, Jump8 - для подачи сигнала генератора на вход ОУ

Jump7, Jump9 - для подачи отрицательного смещения на вход ОУ

Jump10, Jump12 - переключают режим проверки ОУ или компаратора

Jump11, Jump13 - подключают входной сигнал к выбранному входу (-) или (+)

Jmp14, Jmp15, Jmp16, Jmp17 – подключают резисторы последовательно со входами
Jmp18 – для удобства подключения мультиметра или осциллографа

Измерение статических параметров ОУ.

Джамперами 10 и 12 замыкают нижние контакты, при этом ОУ включается по схеме инвертирующего усилителя с $K = 100$. Генератор не используется.

1. Напряжение смещения нуля получается измерением мультиметром напряжения на выходе ОУ и делением его на 100. То, есть 100 мВ на выходе соответствуют 1 мВ напряжения смещения и оно может быть со знаком минус.

2. Входные токи. У соответствующего входа джампером размыкается резистор, измеряется напряжение на выходе ОУ и из него вычитается напряжение смещения нуля. Вычитать нужно алгебраически, то есть с учётом знака, например: 12 мВ - (-2) мВ = 14 мВ. Полученное значение имеет соответствие 1 мВ = 1 нА входного тока. Таким образом можно измерить входные токи инвертирующего и неинвертирующего входов и вычислить их разность. Сравнить полученные значения со справочными, отобрать ОУ получше для ответственных узлов.

(Сразу обнаружил, что TL082, купленные на Али, имеют входные токи на уровне 15 нА, что на два порядка больше, чем должно быть у ОУ с полевыми на входах)

3. Токи потребления можно вычислить по падению напряжения на резисторах по 10 Ом, включенных в цепи питания ОУ (10 мВ соответствуют току 1 мА). Для этого джамперы 4 и 5 должны быть разомкнуты.

Для оценки быстродействия ОУ нужно измерить его динамические параметры. В домашних условиях это сделать трудно, так как требуются сложные и дорогостоящие приборы, но при наличии осциллографа с полосой 5 – 10 МГц, можно оценить скорость нарастания выходного напряжения. Этот параметр зависит от многих факторов: напряжения питания, схемы включения ОУ и даже от величины сигнала. Обычно измерения проводят в наиболее выгодных для ОУ условиях, чтобы получить максимальный результат (при питании +- 15 В, $K = +1$ и прямоугольном сигнале амплитудой десятки милливольт). В моём устройстве измерение этого параметра проводится при других условиях: питание +- 5 В, $K = -100$, входной сигнал 15 мВ и выходной до 1,5 В, поэтому измеренная величина этого параметра меньше паспортной на два порядка. Но, это не должно волновать, так как можно сравнивать полученные результаты с результатами измерения заведомо оригинального ОУ такого же типа (который можно отпаять с какой-нибудь ненужной платы хорошо известного бренда).

Через замкнутые джамперы 6 или 8, сигнал генератора подаётся на вход ОУ, ослабляясь делителем до 20 мВ и, если ОУ имеет достаточное быстродействие, то выходной сигнал будет в 100 раз больше (джамперы 10 и 12 установлены вниз), то есть амплитудой 2 В. На частоте 5 кГц, большинство ОУ это делают. На частоте 50 кГц, выходной сигнал из прямоугольника превращается в трапецию или в треугольник, для менее быстродействующих. Далее при 500 кГц, сигнал становится треугольным почти у всех ОУ, но его амплитуда будет разной и пропорциональна скорости нарастания. Частота 500 кГц выбрана не случайно, у неё период равен 2 мксек, а полпериода – это 1 мксек и

за это время сигнал изменяется от минимума до максимума или наоборот. На экране осциллографа это сторона треугольника. Измерив на экране размах этого треугольника (от минимума до максимума) в вольтах, сразу получаем скорость нарастания выходного напряжения в вольтах на микросекунду, не производя никаких расчётов.

Проверка компараторов.

Поскольку компараторы близки к ОУ схемотехнически, а сдвоенные имеют стандартное расположение выводов, то имеется возможность проверять их работоспособность и некоторые параметры на этом стенде. Это относится, в первую очередь, к таким типам: LM393, LM293 и LM2903, которые похожи на ОУ: LM358 и LM258.

В отличие от ОУ, компараторы имеют на выходе транзистор с открытым коллектором и требуют внешний нагрузочный резистор, соединённый с положительным питающим напряжением. Для этого джамперы 10 и 12 устанавливаются в верхнее положение.

Токи потребления измеряются как и для ОУ, по падению напряжения на резисторах 10 Ом в цепях питания, джамперы 6, 7, 8 и 9 разомкнуты). Если, в таком положении, измерить мультиметром постоянное напряжение на выходе, то оно может быть +5 В или -5 В и это нормально, так как компаратор усиливает напряжение смещения нуля. При замкнутых джамперах 7 или 9, (джамперы 11 и 13 в верхнем положении) на инвертирующие входы подаётся напряжение -10 мВ, которое заведомо превышает напряжение смещения нуля (по модулю) и на выходах должно быть +5 В однозначно. При замыкании джамперов 6 и 8 на инвертирующие входы поступает меандр амплитудой 20 мВ, который (при замкнутых джамперах 7 и 9) будет симметричным относительно нуля, то есть входной сигнал будет переключаться от -10 мВ до +10 мВ с частотой генератора. Осциллографом наблюдаем сигнал на выходе. На частотах 5 кГц и 50 кГц должен быть меандр с заваленным передним фронтом, но без звона и генерации в виде всплесков. Размыкая входные резисторы соответствующими джамперами, визуально оцениваем влияние входных токов и ёмкостей. Резистор в цепи инвертирующего входа вызывает провал сигнала на выходе, а резистор на неинвертирующем входе почти не влияет и это не зависит от частоты генератора. С чем это связано, пока не выяснил, но не с падением на них напряжения при протекании входного тока, которое составляет 0,2 - 0,4 мВ. Частота 500 кГц близка к предельной для указанных типов компараторов, на ней оригинальные ещё работают с завалом амплитуды, а клоны могут пропускать импульсы. Как и в случае с ОУ, лучше всего сравнивать результаты проверяемых компараторов с результатами проверки оригинальных компараторов - для этого рассмотренный стенд вполне подходит.

Описанная методика является упрощённой и не претендует на высокую точность измерений. Погрешность будет составлять порядка 10%, но этого вполне достаточно для радиолобительских целей.

Ещё немного информации от автора:

- номиналы всех резисторов не зависят от типа ОУ - они остаются такими, как на схеме, но в этом варианте схемы ОУ питается двухполярным напряжением +5 В и -5 В. Чтобы проверять ОУ, такие, как МСР6022 и любые другие, при питании однополярным напряжением + 5 В, позже я добавил джампер замыкающий анод-катод нижнего TL431, то есть закорачивающий источник - 5 В на общий провод. При этом напряжение питания стенда можно снизить до 9 В.

- измерение потребляемого тока, часто, позволяет выявить подделку или несоответствие маркировки типу ОУ. Раньше я этого не делал - не было места на макете, чтобы впаять резистор на 10 Ом в цепь питания. Вчера, наконец, втиснул этот резистор и начал измерять ток, потребляемый разными ОУ. Тут меня ждал сюрприз. Обнаружилось низкое потребление, в 5 - 10 раз меньше положенного, у трёх видов ОУ.

- добавил в стенд для ОУ пару джамперов **Jmp 19** и **Jmp 20**. Они позволяют подать напряжение около 100 мВ на входы и ввести его в насыщение. Это нужно, чтобы определить максимальное выходное напряжение по плюсу и минусу, что позволяет установить является ли измеряемый ОУ по выходу Rail to Rail, то есть без нагрузки выдаёт напряжение от "корки до корки".

- проверив более двух десятков разных типов ОУ, пришёл к выводу, что можно предположить с высокой вероятностью, что если $U_+ = 3,6$ В, а $U_- = 4,2$ В, то перед вами всё тот же LM358 и неважно, что на нём написано. Добавил в стенд для ОУ частоту меандра 500 Гц, понадобилось для медленных ОУ, чтобы рассмотреть верхнюю часть сигнала. Ещё добавил возможность нагружать выход резистором 1к, чтобы оценить нагрузочную способность выходного каскада ОУ. Можно сделать несколько разных резисторов.

- можно замыкать нижний TL431, чтобы было однополярное питание +5 В.

- на разомкнутом резисторе 10 кОм, включенном последовательно со входом, падает напряжение, создаваемое входным током. Это напряжение усиливается в 100 раз и на выходе ОУ суммируется или вычитается с напряжением смещения нуля. Нас интересует изменение этого напряжения, то есть разность. В приведённом примере это:

$$A \ 120 \text{ mV} - 130 \text{ mV} = -10 \text{ mV}$$

По закону Ома $I = U / R$ и ещё нужно поделить на $K_{ус} = 100$

То есть нужно поделить 10 мВ на 10 000 Ом и получим 10 нА

Легко запомнить: на сколько мВ изменилось напряжение на выходе при размыкании резистора - столько нА составляет ток этого входа.

- если ОУ с полевыми транзисторами на входе, то его входные токи будут на два - три порядка меньше и их таким способом не измерить. То есть при размыкании резисторов на выходе не будет видно изменения напряжения. Это и ещё другие отличия позволили узнать, что китайцы прислали ОУ с маркировкой TLO82, у которых внутри кристалл LM358.