

Понимание диаграмм граничных условий устойчивости в технических данных TL431, TL432

Ronald Michallick, Texas Instruments Incorporated, 2011–2014

Введение

Таблицы граничных условий устойчивости в технических характеристиках TL431, TL432 ([SLVS543](#)) часто неверно интерпретируются, что приводит к конструкциям со случайными проблемами с колебаниями. Это примечание по применению даёт руководство по проектированию.

Выбор шунтирующего конденсатора

Шунтирующие регуляторы семейства TL431, TL432 были разработаны для обеспечения широкой полосы пропускания и обеспечения стабильности без какой-либо внешней частотной компенсации. Это делает устройство очень полезным в применении контура управления и в качестве источника опорного напряжения без внешней ёмкости.

Добавление внешнего конденсатора параллельно цепи катод-анод (земля) при использовании в качестве источника опорного напряжения будет создавать полюс. Этот полюс уменьшит запас по фазе и потенциально вызовет колебания. Допустимый диапазон ёмкости нагрузки может быть определен из типовых граничных условий устойчивости, указанных в технических характеристиках TL431, TL432. Первый шаг – определить, какую из двух диаграмм использовать. В разделе типовых характеристик таблицы данных есть две диаграммы стабильности, поскольку две конструкции кристаллов имеют разные границы устойчивости. В заголовках диаграммы перечислены устройства, охватываемые диаграммой.

Напряжение на катоде определяет, какую кривую диаграмм использовать. Кривые для V_{ref} , 5V, 10V и 15V обозначены как A, B, C и D соответственно. Другие напряжения можно визуальнo интерполировать между соответствующими кривыми. Точка, где действующий в приложении катодный ток (ось Y) пересекает ряд V_{KA} , имеет соответствующее значение ёмкости по оси X.

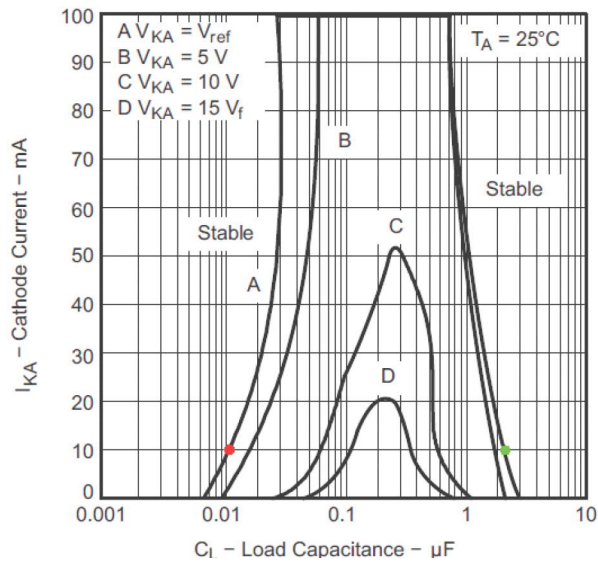


Рис. 1. Граничные условия стабильности для всех устройств TL431 и TL431A (кроме устройств в корпусах SOT23-3, SC-70 и Q-Temp)

Кривая на рис. 1 «А» необходима, потому что $V_{KA}=V_{ref}$. Линия катодного тока 10 мА пересекает кривую «А» около 0,01 мкФ (красная точка) и второй раз при 2,2 мкФ (зелёная точка). Это означает, что диапазон ёмкости от 0,01 мкФ до 2,2 мкФ может вызвать колебания устройства. Использование ёмкости менее 0,01 мкФ или более 2,2 мкФ не приведёт к колебаниям.

Однако на этой диаграмме представлено типовая ИС без запаса по фазе. На рис. 2 показана стабильность с запасом по фазе 30°. Надёжная конструкция должна иметь значительный запас по фазе для всех устройств, чтобы предотвратить колебания или звон при переходных процессах.

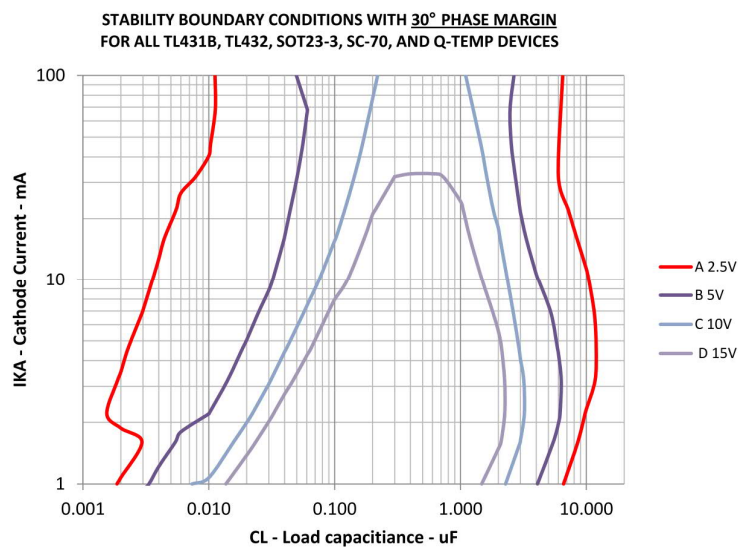


Рис. 2. Граничные условия стабильности для всех устройств TL431B и TL432.

При значении $\frac{1}{2}$ ёмкость 0,01 мкФ не обеспечивает достаточного расчётного запаса. Случайно выбранный образец TL431A1LP имел колебания низкого уровня с использованием конденсатора 5 нФ. На снимке экрана осциллографа (рис. 3) показано напряжение на катоде напряжение, при начальном токе катода 12 мА. Через 1 мкс (одно деление) катодный ток снижается до 10 мА. Напряжение на катоде начинает колебаться с амплитудой примерно 35 мВ от пика до пика.

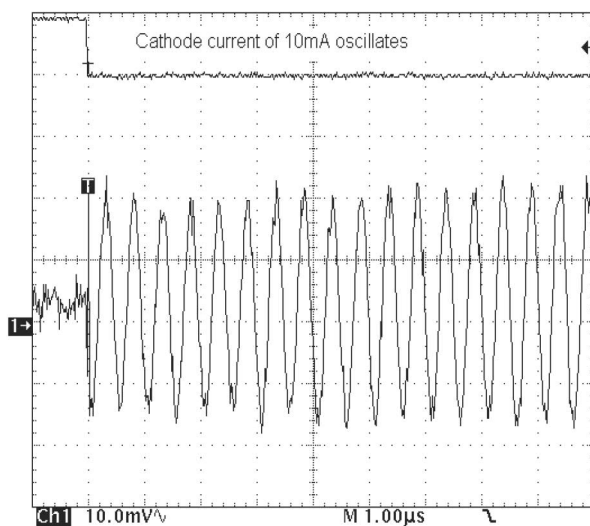


Рис. 3

Для надёжной защиты от колебаний требуется запас по фазе для всех образцов при изменениях температуры, поэтому рекомендуемая ёмкость составляет менее 1/10 от левой граничной линии или более чем в 10 раз от правой граничной линии. Например, рекомендуемый диапазон меньше 1 нФ или больше 22 мкФ. Форма колебаний напряжения на катоде при использовании конденсатора 1 нФ на случайно выбранном образце показана на рис. 4.

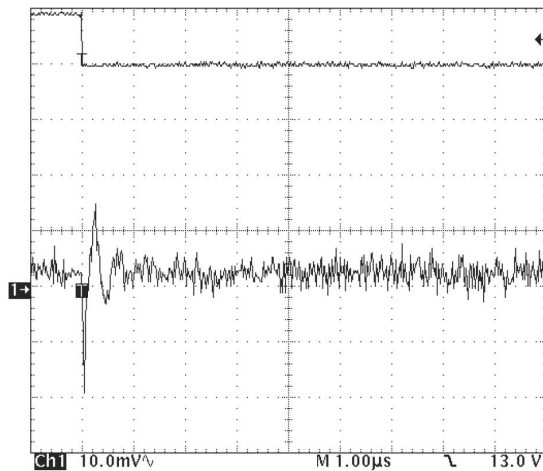


Рис. 4

При ёмкости нагрузки 1 нФ выходной сигнал стабилен, а переходный процесс не превышает минимального уровня шума.

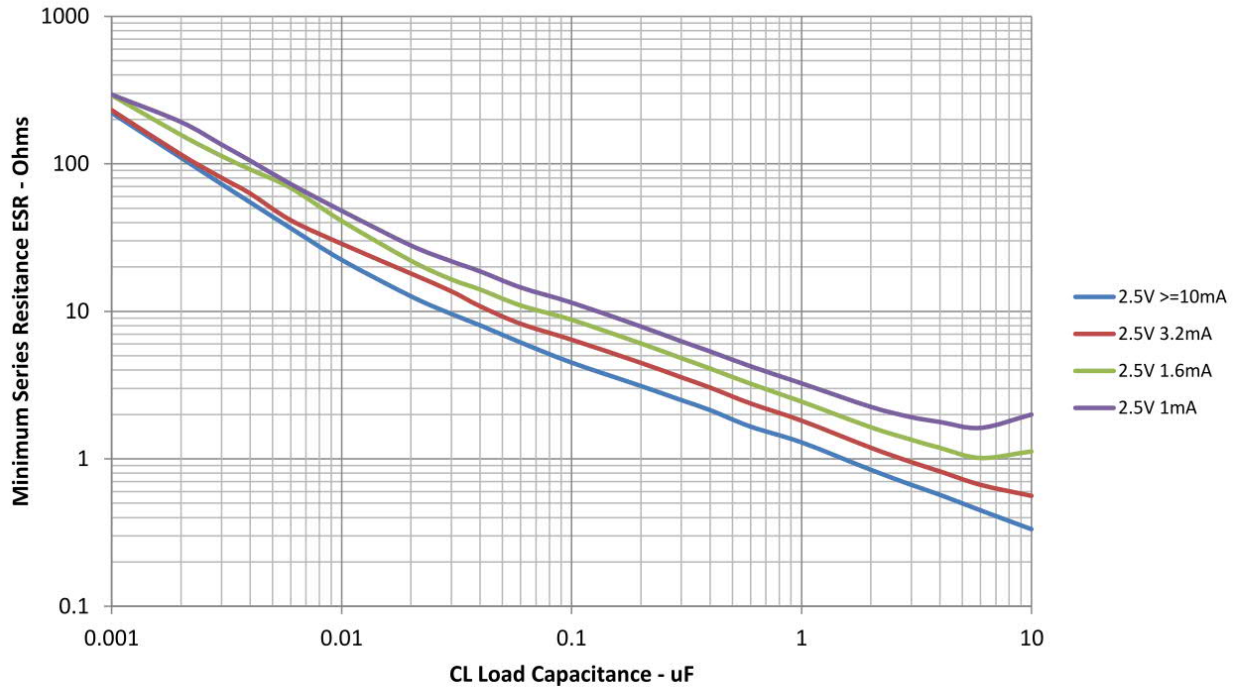
Ноль выходного конденсатора как решение

Полюс выходного конденсатора значительно ограничивает количество конденсаторов, которые можно использовать. Однако можно было бы использовать любой конденсатор, если бы был добавлен последовательный резистор, который создавал выходной ноль на достаточно низкой частоте. Ноль может компенсировать большую часть запаздывания фазы выходного полюса на частоте полосы пропускания контура с единичным усилением.

Диаграммы на рисунках с 5 по 8 показывают последовательное сопротивление, которое необходимо добавить для создания выходного нуля на $1/2$ типовой частоты единичного усиления ИС при ёмкости нагрузки (без последовательного сопротивления) и низком катодном токе 1 мА. Добавление резистора или увеличение катодного тока немного увеличит частоту единичного усиления контура, а отклонение устройства может немного уменьшить полосу пропускания. Отношение полосы пропускания к нулю 2:1 обеспечит хорошее увеличение запаса по фазе для создания стабильного источника опорного напряжения.

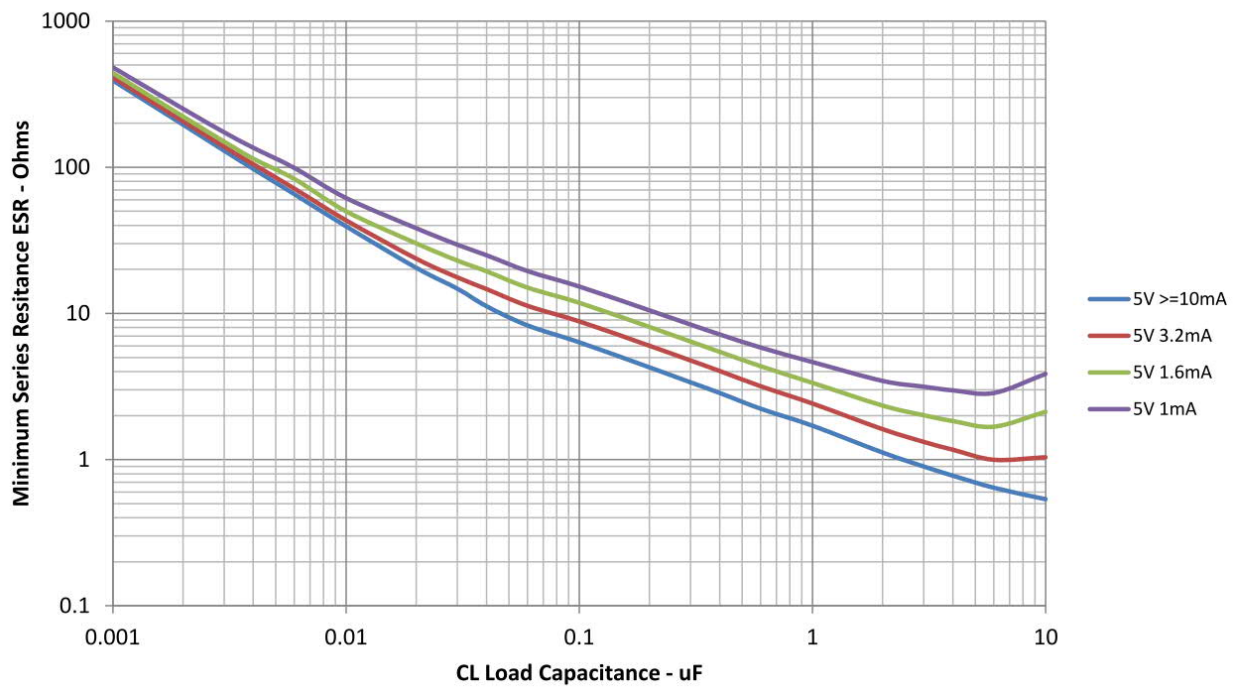
На рисунках с 5 по 8 показано минимальное рекомендуемое последовательное сопротивление, которое следует добавить для желаемой выходной ёмкости. Максимальному сопротивлению нет предела.

Recommended ESR for $V_{ka}=2.5V$



Puc. 5

Recommended ESR for $V_{ka}=5V$



Puc. 6

Recommended ESR for $V_{ka}=10V$

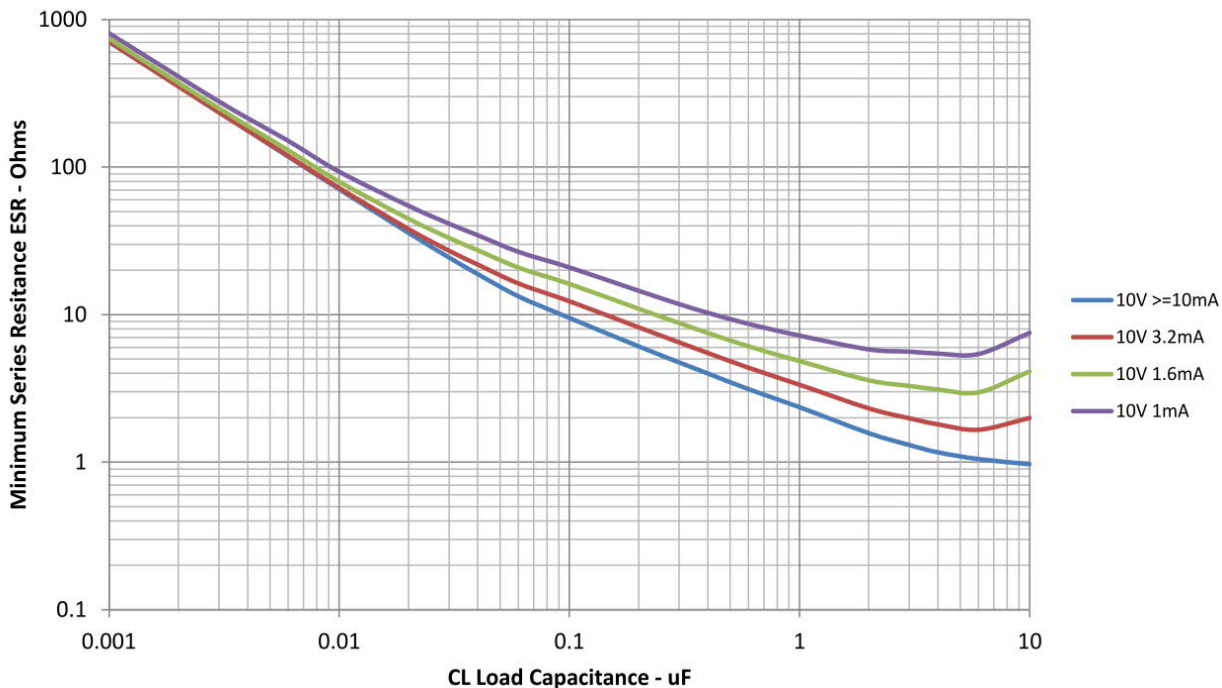


Рис. 7

Recommended ESR for $V_{ka}=15V$

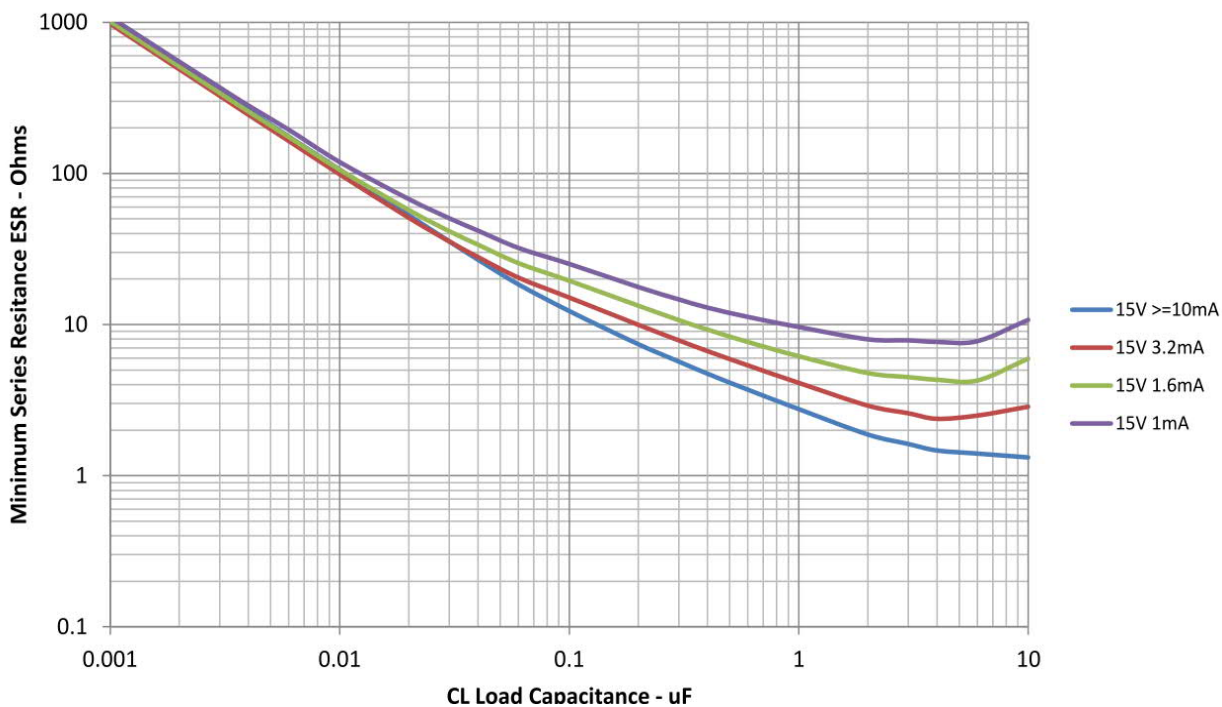


Рис. 8

Источник: [Understanding Stability Boundary Conditions Charts in TL431, TL432 Data Sheet](#)