

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВКЛЮЧЕНИЮ "БЫСТРЫХ" ОУ

В данной статье приводятся достаточно простые рекомендации по включению высокоскоростных операционных усилителей и дизайну печатных плат для них. Источниками этих рекомендаций послужили как статьи ведущих мировых производителей ОУ (Analog Devices, Texas Instruments, Linear Technology), так и собственный опыт в разработке высокочастотных устройств.

Достижение оптимальных характеристик высокочастотных операционных усилителей требует внимательного отношения к паразитным составляющим печатной платы и к выбору внешних компонентов. Далее приводятся рекомендации по достижению оптимальных характеристик устройств на таких ОУ.

**а)** Минимизация паразитной емкости между землей (общим проводом) и любым из сигнальных проводников. Паразитная емкость на выходе и инвертирующем входе может привести к нестабильной работе (самовозбуждению), на неинвертирующем входе – к нежелательному сужению частотного диапазона. Чтобы уменьшить нежелательную емкость, в полигоне земли (или в полигоне питания) должно быть вскрыто окно вокруг входных и выходных сигнальных выводов. Во всех остальных местах полигоны земли и питания крайне желательно делать без разрывов.

**б)** Минимизация расстояния (<5 мм) от выводов питания до высокочастотных конденсаторов развязки. Подходящие полигоны земли и питания не должны располагаться в непосредственной близости от сигнальных входных и выходных выводов.

Необходимо избегать узких проводников питания и земли, чтобы свести к минимуму паразитные индуктивности между выводами и развязывающими конденсаторами. Проводники питания всегда должны быть шунтированы конденсаторами развязки. Развязывающие конденсаторы большой емкости (от 2,2 мкФ до 6,8 мкФ) эффективны на низких частотах и также должны подключаться к подходящим проводникам питания. Они могут быть размещены несколько дальше, чем высокочастотные конденсаторы, и могут быть использованы для нескольких располагающихся недалеко друг от друга усилителей.

**в)** Тщательные отбор и расстановка внешних компонентов позволят в полной мере использовать высокочастотные характеристики усилителей.

Резисторы должны иметь очень низкое реактивное сопротивление. В этом смысле, лучше работают резисторы для поверхностного монтажа. К тому же их применение позволят уменьшить габаритные размеры платы.

Металлопленочные и углеродные выводные резисторы также могут обеспечить достаточно хорошие результаты на высоких частотах. В этом случае их выводы должны быть как можно более короткими.

Никогда не следует использовать резисторы проволочные типа для высокочастотных применений.

Поскольку выход и инвертирующий вход наиболее чувствительны к паразитной емкости, всегда следует

располагать резистор обратной связи и последовательный выходной резистор (если таковые имеются) по возможности ближе к выходному выводу.

Другие компоненты схемы, например, согласующий резистор у неинвертирующего входа также должен располагаться рядом с усилителем. Где позволен двухсторонний монтаж компонентов, резистор обратной связи лучше располагать непосредственно под корпусом усилителя на другой стороне платы между выходным и инвертирующим выводами.

Даже при низкой паразитной емкости внешних резисторов, чрезмерно высокие значения сопротивлений могут создавать значительные постоянные времена, ухудшающие частотные характеристики. Хорошие металлопленочные резисторы и резисторы для поверхностного монтажа имеют примерно 0,2 пФ паразитной емкости. Для сопротивлений >1,5 кОм, эта емкость может добавить полюс и/или ноль на частоте ниже 500 МГц. Поэтому следует использовать достаточно низкоомные резисторы, значения сопротивлений которых выбираются исходя из нагрузочной способности усилителей. Хорошей отправной точкой для проектирования будет являться значение параллельно соединенных резисторов обратной связи не более 200 Ом. К тому же, это автоматически приведет к уменьшению собственного шума резистора и позволит свести к минимуму влияние паразитных емкостей.

**г)** Подключения к другим широкополосным устройствам на печатной плате должны выполняться короткими прямыми проводниками или посредством согласованных линий передачи. Такие короткие соединения должны рассматриваться как емкостные нагрузки.

При использовании достаточно широких проводников (до 2,5 мм) желательно использовать полигоны земли и питания вокруг них со вскрытыми областями.

Необходимо помнить, что согласующее сопротивление представляет собой комбинацию параллельно включенных внешнего согласующего резистора и входного сопротивления приемного устройства. Если затухание в 6 дБ является неприемлемым, длинный проводник может быть согласован только на приемном конце. Однако это не дает такого хорошего результата, как полное согласование (и на передающем, и на приемном концах).

Если входное сопротивление приемного устройства является низким, то возникнет ослабление сигнала за счет делителя напряжения, образованного из-за ненулевого выходного сопротивления передающего устройства.

**д)** Установка высокоскоростных операционных усилителей в кровати не рекомендуется. Такая установка приводит к увеличению длины выводов и, как следствие, к увеличению паразитных емкостей, что может привести к недостижимости хороших результатов. Быстрые ОУ необходимо монтировать непосредственно на печатную плату.