

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

SIGNAL GENERATORS AID TEST AND MEASUREMENT CHALLENGES

Тревор Смит (Trevor Smith), Tektronix, Inc.

Генераторы сигналов применяются для формирования электронных сигналов при проведении измерений и испытаний. Их можно разделить на функциональные генераторы, импульсные генераторы, источники высокочастотных (ВЧ) сигналов и генераторы сигналов произвольной формы.

Одним из эффективных способов определения характеристик цепей является оценка отклика на входной сигнал. Генератор сигналов формирует сигналы с высокой степенью точности и стабильности, поэтому с его помощью можно точно измерить характеристики цепей.

Например, для проверки технических характеристик полупроводниковых устройств генератор позволяет создать различные аналоговые и цифровые сигналы. Поэтому функциональные генераторы часто применяются в лабораториях для проверки технических характеристик.

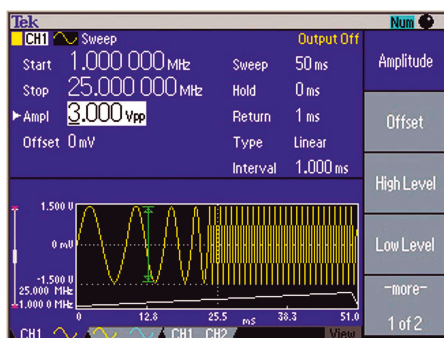


Рис. 1. Экран настройки генератора AFG в режиме качания частоты

Функциональные генераторы обеспечивают возможность формирования широкого спектра измерительных сигналов, например, синусоидальных, прямоугольных, импульсных, треугольных, пилообразных сигналов, а также других сигналов на основе математических функций. Как правило, они построены на основе архитектуры прямого цифрового синтеза (direct digital synthesis — DDS).

Генератор сигналов произвольной формы (arbitrary waveform generator — AWG) обеспечивает большую гибкость по сравнению с функциональными генераторами. AWG представляет собой универсальный инструмент, способный формировать сигнал любой формы. Можно даже загрузить и воспроизвести сигналы, захваченные осциллографом. Архитектура AWG основана на дискретизации цифровых сигналов. Это означает, что генератор выдает непрерывно изменяющуюся последовательность уровней напряжения, эквивалентных точкам, хранящимся в памяти сигналов.



Третьей категорией генераторов сигналов являются функциональные генераторы сигналов произвольной формы (arbitrary/function generator — AFG), которые представляют собой функциональные генераторы с возможностью формирования импульсных сигналов и сигналов произвольной формы. Как правило, архитектура AFG основана на прямом цифровом синтезе и дискретизации цифровых сигналов. Генераторы AFG способны формировать сигналы с неограниченным количеством форм, сигналы переходных состояний и умышленных искажений, в силу чего они незаменимы при тестировании электронных компонентов, например, полупроводниковых устройств. Кроме того, AFG широко применяются для общих измерений.

ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСИЛИТЕЛЕЙ И ФИЛЬТРОВ

При проектировании операционных усилителей и фильтров стандартной измерительной процедурой является получение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) устройства.

В ультразвуковом и ВЧ оборудовании практически все усилители проектируются так, чтобы обеспечить линейную характеристику в используемом диапазоне частот. При разработке фильтров стоит задача, чтобы они пропускали частоты в заданном диапазоне и подавляли частоты вне этого диапазона. В любом случае график зависимости частоты от амплитуды должен представлять собой диапазон частот (полосу пропускания) с плоским амплитудным откликом. На более низких и более высоких частотах, чем полоса пропускания, наблюдается уменьшение амплитуды сигнала. В амплитудно-частотных характеристиках усилителей или фильтров частота, на которой амплитуда на

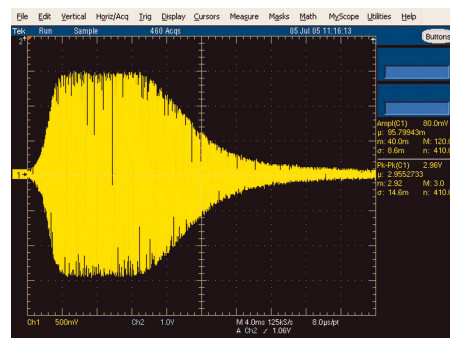


Рис. 2. Экран осциллографа с выходным сигналом

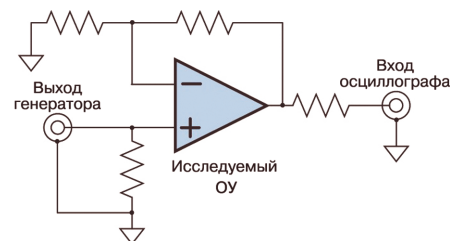


Рис. 3. Схема установки для измерения скорости нарастания выходного напряжения

3 дБ меньше амплитуды в полосе пропускания, называется частотой среза.

Если на вход усилителя или фильтра подавать сигнал синусоидальной формы с качанием частоты и наблюдать выходной сигнал на осциллографе, огибающая соответствует максимальной амплитуде на частотах в пределах полосы пропускания компонента, на других частотах амплитуда уменьшается.

Например, для определения верхней частоты среза фильтра измеряется и принимается в качестве опорного значения амплитуда на выходе в пределах диапазона частот плоской АЧХ. Затем незначительно увеличивают частоту генератора сигналов и измеряют частоту, на которой амплитуда на выходе составляет 70,71% (-3 дБ) от опорного значения. Это и есть частота верхнего среза. Частота нижнего среза измеряется таким же способом. Данная процедура применима и для измерения параметров усилителей.

КАЧЕНИЕ ЧАСТОТЫ

Для оценки АЧХ требуется осциллограф, генератор AFG и измерительный пробник. Поскольку отслеживать входной сигнал не требуется, можно использовать только один канал осциллографа.

При нажатии на генераторе AFG (например, Tektronix серии AFG3000) кнопки включения режима качания частоты на дисплее отображается форма сигнала и все параметры настройки. На рис. 1 показан экран с параметрами качания частоты.

Изменить параметры можно с помощью цифровой клавиатуры на передней панели генератора или универсальной ручки. В окне формы сигнала в нижней части экрана отображаются все важные данные, относящиеся к выходному сигналу, а именно, амплитуда, начальная и конечная частоты, «угол наклона», пропорциональный изменению частоты за время качания. Отметим также дополнительное время обратного хода развертки (1 мс). Это время, необходимое для восстановления начальной частоты сигнала перед выполнением нового цикла качания.

На рис. 2 показано типовое отображение частотной характеристики при свипировании. Точка запуска осциллографа расположена с левой стороны, масштаб по горизонтали задан таким образом, чтобы на экране отображалась вся развертка целиком. Как видно из осциллограммы, фильтр резко ослабляет сигнал на низких частотах, тогда как на высоких частотах ослабление происходит постепенно. Точка пересечения частоты по уровню -3 дБ находится посередине спада амплитуды.

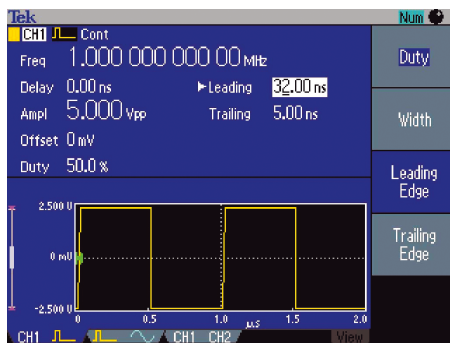


Рис. 4. Окно настройки генератора AFG в режиме генерирования импульсного сигнала

Генератор сигналов считается одним из наиболее важных инструментов для тестирования интегральных микросхем (ИС) и определения их частотных характеристик. Характеристики выходного сигнала генератора имеют решающее значение для проверки параметров тестируемого устройства.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ НАРАСТАНИЯ ВЫХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Рассмотрим процесс определения параметров нарастания и спада сигналов операционного усилителя (ОУ). В примере используется быстродействующий ОУ с частотой 220 МГц и линейным усилителем видеосигнала. Когда нарастающий фронт видеосигнала за относительно короткое время достигает большого значения амплитуды, величина скорости нарастания выходного напряжения становится критичной для определения характеристик цепи.

Принципиальная схема установки для исследования скорости нарастания

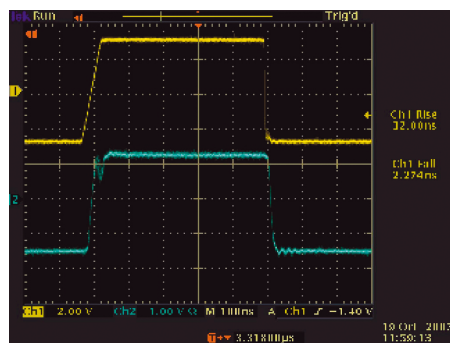


Рис. 5. Осциллограммы входного и выходного сигналов: время нарастания импульса увеличивается до значения, когда начинает «дрожать» выходной сигнал ОУ

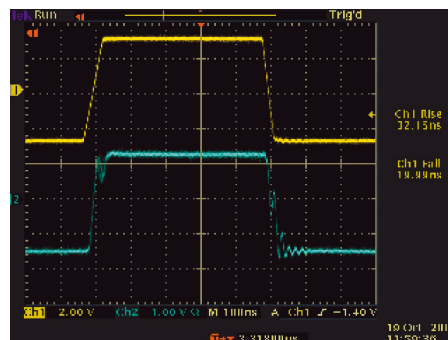
выходного напряжения представлена на рис. 3. Генератор серии AFG3000 подаст импульсный сигнал на инвертирующий вход ОУ (на схеме показан знаком «+»). Осциллограф серии TDS5000, подключенный к выходу ОУ, измеряет характеристики фронтов сигнала.

При выборе режима генерирования импульсного сигнала на дисплее генератора отображаются частота, амплитуда сигнала, коэффициент заполнения импульса и время нарастания и спада фронта. Эти параметры можно настраивать (рис. 4).

При проверке параметров скорости нарастания выходного напряжения на экране осциллографа отображается осциллограмма выходного сигнала ОУ при изменении времени нарастания и спада. Генератор AFG3000 позволяет по отдельности регулировать величину времени нарастания и спада фронтов. На рисунках 5-7 сигнал, подаваемый на вход операционного усилителя, показан желтым цветом, а выходной — синим.

ОПИСАНИЯ ПРОЦЕДУР И РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

В первом примере генератором AFG3000 задана максимальная скорость спада (время спада 2,5 нс), а время нарастания постепенно увеличивается. В данном случае выходной сигнал начинает «дрожать», когда время нарастания достигает 32 нс.

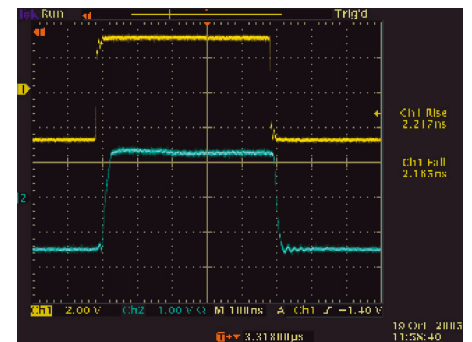


Рисунки 6. Осциллограммы входного и выходного сигналов: время нарастания импульса остается постоянным, а время спада — увеличивается

В следующем примере время нарастания постоянно и равно 32 нс, время спада импульса постепенно возрастает. На рис. 6 показано, что спадающий фронт выходного сигнала ОУ начинает «дрожать», когда время спада становится равным примерно 20 нс.

Данный пример показывает, что операционный усилитель имеет асимметричные характеристики. Будет неправильным просто предположить, что реакция ОУ на изменение нарастающего и спадающего фронтов будет одинаковой. В реальности эти различия в отклике могут привести к нарушению нормальной работы операционного усилителя.

В последнем примере выходной сигнал ОУ наблюдался при уменьшении времени нарастания и спада. Для данного усилителя, несмотря на малую продолжительность переходного про-



Рисунки 7. Осциллограммы входного и выходного сигналов: для данного ОУ необходимо использовать входные сигналы, время нарастания которых менее 32 нс, а время спада — менее 20 нс

цесса, выходной сигнал остается «чистым». Как показано на рис. 7, наиболее четкая переходная характеристика наблюдается при времени нарастания и спада, равном 2,5 нс. Это наименьшее время нарастания, которое можно установить на генераторах серии AFG3000.

На основании измерений можно сделать вывод, что время нарастания входного сигнала у этого усилителя не должно превышать 32 нс, а время спада — 20 нс. Поэтому, если в системе параметры сигнала, подаваемого на вход ОУ, превышают эти значения, то необходимо выбрать другие настройки, которые более соответствуют данным условиям.

Для большинства прикладных задач, в которых используются ОУ, вывод о том, что нарастающий фронт входных сигналов должен быть крутым, на первый взгляд не является очевидным. Скорость изменения напряжения (dV/dt) выходного сигнала ОУ ограничена максимальной скоростью нарастания выходного напряжения, а какие-либо другие изменения отследить невозможно.

Таким образом, очевидно, что усилитель следует использовать в диапазоне, где скорость изменения напряжения не превышает максимальной скорости нарастания напряжения на выходе. Данные примеры показывают необходимость понимания динамики неоднородной скорости нарастания выходного напряжения ОУ. Они также демонстрируют преимущества применения генератора сигналов с возможностью раздельной установки времени нарастания и спада фронта.

В данных примерах показана всего лишь небольшая часть всего разнообразия функциональных возможностей генераторов серии AFG3000.

Благодаря своим прекрасным техническим характеристикам функциональные генераторы / генераторы сигналов произвольной формы AFG удовлетворяют требованиям разработчиков при решении широкого спектра практических задач в различных условиях проведения испытаний.

In this article, the author tells how AFG3000 Series arbitrary function generators may be used in some measurement applications.