

Франк Wiedmann

Коэффициент контура
МоделированиеШесть портов
рефлектометрШесть портов
рефлектометр

Публикации

Контактная форма

Карта сайта

Коэффициент контура Моделирование

Коэффициент контура или возврат побед?

Когда я говорю о петлевого усиления на этой странице, это означает, так же, как термин [обратном соотношении](#), что некоторые другие люди предпочитают использовать. Отношение Возвращения первоначальный срок определяется [Хендрик В. Боде](#) в своей книге [«Сетевой анализ и обратная связь усилитель Дизайн»](#), опубликованной в 1945 году, но он не используется очень многих людей сегодня. Я использую термин усиление контура, а, как [R. Дэвид Миддлбрук](#) и, вероятно, наиболее инженеров-электронщиков.

Некоторые люди делают различие между обратным соотношением и усиления петли и определить коэффициент усиления контура термин по-другому. Например, Майкл Тянь и его коллеги определяют усиление контура в качестве отрицательного коэффициента возврата в своей статье ["Стремление к малосигнальных стабильности"](#). [Пол Дж Херст](#) использует термин усиление контура для результата анализа двух портов в своих статьях ["Точное моделирование отклика системы параметров"](#) и ["Сравнение двух подходов к анализу Обратная связь Circuit"](#) и в книге ["Анализ и проектирование аналоговых интегральных микросхем"](#).

Анализ линеаризованной цепи

Методы, представленные на этой странице использовать [переменного анализ малого сигнала](#) в [SPICE](#) и подобных тренажеров схемы. Важно помнить, что для этого анализа, схема линеаризуется вокруг своей рабочей точки. Это означает, что результаты действительны только, если в линейную цепь хорошим приближением реальной схеме. Это всегда хорошая идея, чтобы [проверить результаты](#) имитационного моделирования усиления петли с [анализа переходных](#) от [переходной характеристики](#). И вверх и вниз шагов должны быть рассмотрены, шаг на входе должен иметь максимальную амплитуду и скорость нарастания выходного напряжения, что схема может столкнуться при его применении, и ответ контура не должен иметь нежелательные колебания или звон.

Для цепей с несколькими государствами, как [на переключаемых конденсаторах схем](#) или [импульсных источников питания](#), анализ переменного тока не действует. [Метод, основанный на переходных анализа](#), которые могут быть использованы для этих схем представлен в каталоге FRA из учебных примеров в [LTspice](#) распределения. [SIMPLIS](#) имеет [специальный анализ переменного тока для импульсных источников питания](#). Примеры для этих двух тренажеров показать, как моделировать [прибыль петли напряжения](#). Третья возможность для имитации усиления контура этих схем является [анализ ПСТБ](#) из [SpectreRF](#) от [Cadence Design Systems](#), которая использует расширенную версию [метода Тянь](#).

Почему Открывая цикл плохая идея

Если открыть цикл для того, чтобы имитировать усиления петли, вы создаете две проблемы:

- Постоянного тока рабочие точки на обеих сторонах отверстия, как правило, различны.
- Ас сопротивления малого сигнала увидеть на обеих сторонах отличаются от случая замкнутой.

Первая проблема часто решается путем повторного закрытия петлю с большим индуктивности и путем инъекции сигнала с большой конденсатор. Вторая проблема может быть подошел, добавив копию схемы с другой стороны проема. Тем не менее, во многих случаях это только обеспечивает приближение к фактическим сопротивлением замкнутого контура. В общем, открывая цикл для имитации петлевого усиления является достаточно неточным и подвержен ошибкам метод.

Из-за этих проблем, альтернативные методы были разработаны для усиления цикл

моделирования. С помощью этих методов, идеально напряжения переменного тока и источники тока вставлены в схему таким образом, что ни DC рабочих точек, ни переменного сопротивления слабого сигнала изменяются. Для того чтобы получить конечный результат, эти способы объединения результатов двух или трех трасс моделирования, в котором различные источники являются активными. Я представлю эти методы в следующих разделах. ([при определенных условиях](#) , [усиление контура напряжения](#) , которая требует только один проход моделирования, также дают очень похожие результаты.)

Метод Middlebrook в

Метод обычно известен как "Способ Middlebrook» была опубликована [Р. Дэвид Миддлбрук](#) в 1975 году в своей статье "[Измерение Loop Gain в обратной системы](#)" , которые появились в *Международном журнале Electronics* (объем 38, нет. 4, стр 485-512, апрель 1975).

Миддлбрук разработали этот метод, используя упрощенную модель, которая не принимать во внимание обратной передачи через петлю. Это ограничение было позже удалить с помощью двух других методов. Тем не менее, метод, как правило, обеспечивает довольно точные результаты, и, как в двух других методов, всегда скажет вам, правильно ли стабильна для небольших perturbations или нет схема (используйте [критерий устойчивости Найквиста в случае сомнения](#)).

Лучшее описание этого метода в настоящее время доступны в Интернете находится в [бюллетень от спектра программного обеспечения](#) . Метод также представлены в учебном примере LoopGain, который поставляется с бесплатным [LTspice](#) симулятор цепи.

Метод Тянь

Этот метод был разработан Майклом Тянь и его коллеги из [Cadence Design Systems](#) и был опубликован в 2001 году в своей статье "[Стремление к малосигнальных стабильности](#)" , которая появилась в *IEEE схем и устройств Magazine* (объем 17, нет. 1, стр 31 -41 января 2001).

Метод используется Cadence (с немного необычной [знаком конвенции](#)) в [анализе устойчивости \(STB\)](#) их симуляторе Spectre схемы и, как следствие, в [периодического анализа устойчивости \(ПСТБ\)](#) в SpectreRF. Его преимущество по сравнению с другими двумя способами, представленными здесь, является то, что он симметричен, так что ориентация компонентов зонда по отношению к петле не имеет значения.

Моя реализация этого метода для [LTspice](#) доступен в архиве [LoopGain_Probe.zip](#) . Он также содержит пример, который показывает, как измерить запас по фазе и получить маржу. Документация включена в качестве комментария в цепи схем. Некоторые дополнительные дискуссии о реализации этого может быть найдено в начало резьбы на <http://tech.groups.yahoo.com/group/LTspice/message/2482> (бесплатная регистрация требуется для доступа к [Yahoo Groups](#)). LoopGain2 образовательной пример из распределения LTspice представляет упрощенную версию этой реализации.

Коэффициент контура дифференциальных схем

Как и в других двух методов, представленных здесь, метод Тянь могут быть применены только к цепям с ровно один одного состава цикла (см статье Тянь упоминалось выше, для более подробной информации). Для того, чтобы продлить этот метод для дифференциального схем, соединения двух [идеальных балунов](#) спина к спине с их дифференциально-режиме и портов общего режима и вставьте эту комбинацию в вашей схеме. Теперь вы можете вставить зонд компоненты в пути между портами дифференциально-режиме для того, чтобы имитировать усиление контура дифференциально-режиме или между портами общего режима для того, чтобы имитировать усиление контура регулирования общего режима. В симуляторе Spectre схемы от Cadence, diffstbprobe клеток из библиотеки analogLib упрощает эту настройку.

Генеральный Теорема Обратная связь Middlebrook в

Главная Обратная связь Теорема (GFT), разработанный [Р. Дэвид Миддлбрук](#) позволяет более полный анализ цепи обратной связи, который также включает усиление с обратной связью. Его статья "[Общая теорема Обратная связь: Окончательное решение по Обратная](#)

[связь Системы](#)" был опубликован в 2006 году журнал *IEEE СВЧ* (объем 7, № 2, стр 50-63, апрель 2006 года.). Более подробное описание доступно в "[Руководстве GfT Шаблона пользователя](#)", который он написал для реализации метода для симулятора цепи ICAP / 4 от [Intusoft](#) . Основой для [развития общей теоремы Обратная связь](#) была [двумя дополнительными теорему элемент \(2ЕЕТ\)](#) . Более обширная справочная информация можно найти в Middlebrook в [дизайн-ориентированный анализ правил и инструментов](#) .

GfT показывает, что для общей цепи обратной связи, обычно существует дополнительный путь H_0 в эквивалентной схеме, которая обходит петлю и идет прямо от входа к выходу. Для некоторых схем, это байпас может изменить передаточную функцию замкнутого контура довольно значительно. Например, это может вызвать пика в передаточной функции замкнутого контура, хотя коэффициент усиления контура имеет очень большой запас по фазе. Один из таких случаев представлен в примере 1 "[Руководством GfT пользовательского шаблона в](#)" .

GfT очень тесно связана с моделью из статьи Википедии о [асимптотической усилителя модели](#) . Новые аспекты GfT по отношению к этой модели описаны в [R. Ответ Дэвида Middlebrook в к моему вопросу](#) об этой взаимосвязи.

Моя реализация GfT для [LTspice](#) доступен в архиве [GfT_LTspice.zip](#) . Это гораздо менее сложным, чем для ICAP / 4 и, как моя реализации способа Тянь, могут быть адаптированы для любого SPICE тренажера, который поддерживает параметр шаговый с последующие расчеты, используя результаты из разных этапов. Если тренажер не поддерживает это, вы все еще можете использовать эти методы, делая два или три идентичных копий вашей схеме (по одной для каждого из этапов). Расширение моей реализации GfT, [группа INTEC design Гентского университета](#) была [понял](#), в [реализации общей сети теореме в Cadence Virtuoso](#) .

Документация для моей реализации GfT находится в файле readme.txt из архива, которые для вашего удобства также представленной в следующем разделе этой страницы. Вы можете найти дополнительную информацию о прибыли GfT и петли в целом в моей дискуссии с Р. Дэвид Middlebrook, который начинается в http://groups.yahoo.com/group/Design-Oriented_Analysis_D-OA/message/40 .

Файл readme.txt с [GfT_LTspice.zip](#)

Что показывают эти примеры?

Эти примеры показывают, как количество Генеральной Обратная связь теоремы (GfT), разработанные Р. Дэвид Middlebrook могут быть смоделированы в LTspice. GfT объясняется в руководстве GfT, которые доступны в <http://www.intusoft.com/gft.htm> и в статье «общая теорема о обратной связи: окончательное решение для систем обратной связи», которые были опубликованы в журнале IEEE СВЧ и доступен в <http://resolver.caltech.edu/CaltechAUTHORS:MiDieeemm06> . Примеры в этом архиве взяты из этих двух документов. Дополнительная информация о GfT также можно найти на веб-сайте Р. David Middlebrook по адресу <http://www.rdmiddlebrook.com> .

Каковы преимущества Генеральной теоремы Обратная связь?

В отличие от других методов расчета коэффициента усиления контура (смотри ниже), GfT также дает информацию о прибыли в замкнутом контуре схемы. Это может быть особенно полезно, когда существует значительная прямая передача от входа к выходу схемы, минуя петлю. В этом случае коэффициент усиления контура одна часто не может объяснить поведение цепи.

Такая ситуация может быть найден в примере 1 руководства GfT (см соответствующую схему в файле manual1.asc). Здесь усиления замкнутого контура H показывает значительное PEAKING хотя усиление контура T имеет очень большой запас по фазе 87 градусов и поэтому не может вызвать это поведение. В таком случае, вычисления функции передачи GfT может помочь вам лучше понять схему, а также показать вам возможные пути его улучшения.

Как запустить эти примеры?

Прежде всего, установите LTspice, если вы не сделали этого. LTspice (также называется SwitcherCAD III), может быть загружена бесплатно с <http://www.linear.com/designtools/software/> . Это полнофункциональный SPICE симулятор с очень хорошей производительностью и не

произвольных ограничений. Существует также группа очень активным и полезным пользователей в <http://tech.groups.yahoo.com/group/LTspice/>.

После того как вы установили LTspice, скопируйте файл plot.defs из этого архива в каталог, где была установлена исполняемый scad3.exe LTspice. (Если уже есть файл plot.defs в этом каталоге, добавьте его содержимое в нем.) Файл содержит plot.defs формулы, используемые для оценки результатов моделирования.

Затем откройте один из файлов .ASC и нажмите кнопку "Выполнить". После моделирование завершено, окна участок откроется автоматически. Конфигурация участок сохраняется в файле с .plt тем же базовым именем, что и файл .asc. Для некоторых примерах, существуют дополнительные файлы .plt, которые соответствуют фигур в руководстве GFT или бумаги. Они могут быть загружены с "Настройки участок -> Настройки Открыть файл" земля. (Окно участок должен быть активным в течение земля в меню Настройки, чтобы быть видимым.)

Как эти примеры работают?

Три симуляции работать с различными источниками активны. Это управляется переменной g , которая принимает значения 1, 0, и -1. (Степпинг Параметр в LTspice должен быть монотонным, так как порядок 0, 1 и -1, это не возможно.) Для $g = 1$, только источником напряжения V_z инъекции активен, для $g = 0$, только входной источник V_i (или I_i) активен, и $g = -1$, только источник тока инъекции I_z активен. (Если вы хотите сделать нормальные моделирования замкнутого контура без GFT только, вы можете закомментировать команду .step и набор $Z = 0$).

Результаты трех прогонов моделирования объединены уравнений, определенных в файле plot.defs. Вы можете посмотреть на plot.defs файл с "заговор Настройки -> Изменить земля Defs файлов" или открыть его в любом текстовом редакторе. Суффикс @ 1 в уравнениях относится к первой перспективе с $Z = 1$ (V_z активный), суффикс @ 2 относится ко второму перспективе с $Z = 0$ или (V_i) I_i активного и суффикс @ 3 относится к третьей бежать с $Z = -1$ (I_z активен).

Как были получены эти уравнения?

Основная идея вывода этих уравнений была явно определить относительные амплитуды источников, необходимых для удовлетворения различных условий обнуление, а затем суммировать их вклад в результаты. Конечно, это совершенно неправильный подход, если вы делаете символьных вычислений на цепи, чтобы получить низкоэнтропийных выражения. Здесь, однако, этот подход привел к удивительно компактен формулы для численной оценки, что, в то время как на самом деле не будучи низкоэнтропийных, также имеют определенную эстетическую ценность. Подробный вывод доступен в файле [GFT_SPICE.doc](#) в этом архиве, благодаря Альберто Петрини, который взял мои рукописные расчеты и превратив их в четкое представление.

Каковы преимущества этого метода?

Самым большим преимуществом этого метода является то, что вам нужно только три моделирования, чтобы получить результаты. Он может быть реализован в любом SPICE тренажера, который поддерживает параметр шаговый с последующие расчеты, используя результаты из разных этапов. Если тренажер не поддерживает это, вы все еще можете использовать этот метод, сделав три идентичных копий вашей схеме (по одной для каждого из источников).

Как вы создали свой собственный моделирования?

Есть ряд моментов, которые должны быть соблюдены при настройке свои собственные симуляции GFT. Управляемый напряжением источник напряжения E_u , что чувствует напряжения V_u и источник напряжения Вий, что воспринимает текущую I_Y должны быть расположены в обратном направлении от точки ввода по отношению к направлению передачи цикла. Ориентация инъекции источники V_z и I_z должно быть таким, чтобы положительное напряжение V_z вызывает положительное напряжение $V(Y)$, и что положительный ток I_z вызывает положительный ток в "+" клемме источника напряжения Вий (соответствующий положительный ток (Вий)).

Имена источника напряжения Вий, узлового u для V_u и выходного узла вывода используются в

уравнениях и не должны быть изменены (если вы не измените уравнения соответственно). Для того, чтобы упростить уравнения, я использовал тот факт, что амплитуды источников ровно 1, когда они активны, так что это не должно быть изменено либо.

Конечно, вы также должны выбрать правильную точку впрыска, так что результаты являются значимыми. Вы всегда должны проверить $H_{inf}()$ сначала, чтобы видеть, если он имеет ожидаемое значение. Для получения более подробной информации, пожалуйста, обратитесь к руководству GFT и статьи.

Доступные величины определяются в файле `plot.defs`. Они $H()$, $H_{inf}()$, $H_0()$, $T()$, $T_p()$, $T_r()$, $DP()$, $D()$, $D_0()$, и $D_p()$. Я не мог использовать $D()$ для фактора несоответствие D , потому что функция $D()$ уже используется для производной по LTspice, поэтому я выбрал $D_d()$ вместо этого. Величины, оканчивающиеся на `_1` являются для конфигурации с одной инъекции, как в `manual3a.asc` примеров и `manual3b.asc`.

Если у вас есть выходное напряжение, не имеет глобального землю в качестве ссылки, вы можете использовать идеальную управляемый напряжением источник напряжения (E) элемент как для V_u для измерения напряжения. Если у вас есть выходной ток, вы можете использовать идеальную текущей контролируемой источник напряжения (H элемент) для измерения так, что вы не должны изменять уравнения. Более экзотические конфигурации впрыска как двойной инъекции напряжения или двойной инъекции тока могут быть реализованы аналогичным образом.

Что о других определений усиления петли?

Другой метод для моделирования усиления контура был описан в статье «Стремление к малосигнальных стабильности» Майкл Тянь и другие, который был опубликован в IEEE схем и устройств Magazine и доступен в <http://www.kenkundert.com/docs/cd2001-01.pdf>. Различия между усиления GFT петли и усиления петли Тянь можно наиболее легко объяснить, глядя на рисунке 7 и уравнения (3) из этой статьи.

Фиг.7 показывает петлю обратной связи с напряжения и тока инъекции. Вы могли бы признать, что параметры компонентов соответствуют параметрам Y контура, если он открыт на месте инъекции, с $Y_e = Y_{11}$, $Y_{12} k_3 = k_1 =$, Y_{21} и $Y_{22} = Y_f$. Для большей ясности, я буду использовать параметры Y в последующем обсуждении.

Усиление контура T (Тянь называет это вернуться соотношение) определяется уравнением (20), как $(Y_{12} Y_{21} +) / (Y_{11} Y_{22} +)$. Если рассчитать коэффициент усиления контура GFT для схемы рисунка 7, вы увидите, что это $Y_{21} / (Y_{11} Y_{22} + Y_{12} +)$. Так, кто виноват? Как выясняется, ни одна действительно так. Это можно увидеть, глядя на уравнения (3). Определяющим Дельта для этой схемы является $Y_{11} Y_{12} + Y_{21} + Y_{22} +$. Это означает, что оба определения удовлетворяют уравнению (3), при $x = Y_{21}$ для усиления петли GFT и $x = Y_{21} Y_{12} +$ для усиления петли Тянь.

Переменная x относится к управляемым источником цикла. Это означает, что усиление контура GFT более физических и непосредственно связана с усилением замкнутым контуром уравнениями GFT. С другой стороны, усиление контура T_{tan} является симметричным, что означает, что он не зависит от ориентации контура. Потому что оба определения удовлетворяют уравнению (3), и скажу вам, правильно, если схема является стабильным или нет.

На практике, результаты обоих определений, как правило, очень похожи. Я определил функцию $T_t()$ для усиления петли Тянь и `.plt` файлов ... `t.plt` для сравнения. Реальная разница может наблюдаться только для схемы `article2.asc`. Даже здесь, различия появляются только при очень высоких частотах, где усиление контура значительно ниже 0 дБ.

В статье, опубликованной в 1975 году, Р. Давид Миддлбрук представлены ранний метод измерения коэффициента усиления контура. Для его развития, он использовал схему модели с $Y_{12} = 0$. Хотя этот метод был заменен GFT и методом Тянь, он по-прежнему широко известный как "метод Middlebrook в" среди инженеров (большинство из которых, вероятно, никогда не слышали о поздних методов) и рассматривается как передовой метод для моделирования контура получить.

Если применяется этот метод к схеме на рисунке 7, получим $(Y_{21} Y_{12} -) / (Y_{11} Y_{22} + + 2 * Y_{12})$ для усиления петли. Сравнивая это выражение с уравнением (3), можно обнаружить, что он также удовлетворяет этому уравнению, с $x = Y_{21} Y_{12} -$. Так, хорошей новостью является то,

что даже старый метод даст правильный результат для стабильности контура. В общем, усиление контура вычисляется с помощью этого метода также очень похож на коэффициент усиления контура GFT.

Можно показать, что усиление контура не зависит от выбора точки впрыска для всех трех методов, описанных до сих пор (до тех пор, пока существует только один цикл, и размыкания цепи в точке инъекции разрывает петлю полностью, что означает, что существует нет параллельных путей). Если $Y_{12} = 0$ (в случае с обратной передачей не), все три метода дают один и тот же цикл усиления $Y_{21} Y_{11} / (+ Y_{22})$.

Некоторые простые установок моделирования использовать только петли напряжение усиления $T_v = V_y / V_x$ для инъекций напряжения или коэффициент усиления по току петли $T_i = I_y / I_x$ для инъекции тока. Интересно отметить, что эти простые определения также удовлетворяет уравнению (3), при $x = Y_{21} Y_{11} +$ для T_v и $x = Y_{21} Y_{22} +$ для T_i . Таким образом, они будут также сказать вам, правильно, если схема является стабильным или нет. Тем не менее, оба эти определения зависят от точки ввода и может быть очень отличается от усиления GFT петли, так большая забота должна быть принята, когда один хочет, чтобы оценить свойства, такие как запас по фазе от этих определений.

Вывод известных отношений между запас по фазе и частоте ответа или реакции на скачок использует уравнение $H = H_{inf} * T / (1 + T)$ в качестве отправной точки. Дополнительные условия, которые H_{inf} является постоянным и, что T имеет два широко расставлены столбы и без нулей. Уравнение всегда удовлетворено усиления псевдо петли T_p , потому что по определению $H = H_{inf} * T_p / (1 + T_p)$. Прирост псевдо цикл T_p равна петлевое усиление GFT T , если нет передачи через прямой путь, который обходит петлю, которое эквивалентно $H_0 = 0$, $D_n = 1$, или $T_p =$ бесконечности.

Некоторое время назад, я реализовал усиления контура Тянь в качестве примера LTspice, который также содержит старую метод Middlebrook в. Он доступен Некоторые дискуссии относительно этой схемы можно найти в группе пользователей LTspice "в потоке, начиная с 2482 по сообщению <http://tech.groups.yahoo.com/group/LTspice/message/2482> . Урезанная версия примера можно как LoopGain2 образования, например, из распределения LTspice.

Как вы можете связаться со мной?

Если у вас есть вопросы, замечания, предложения по улучшению и т.д., вы можете связаться со мной (Франк Wiedmann) с помощью контактной формы на <http://sites.google.com/site/frankwiedmann/contact> . Я прошу прощения за не давая вам мой адрес электронной почты, но я уже достаточно получить спам и не хочу, чтобы это число увеличится дальше.

[Войти](#) | [Пожаловаться](#) | [Печать страницы](#) | На основе [САЙТОВ Google](#)