ПОЛОСОВОЙ ФИЛЬТР: НЕ ПРЕНЕБРЕГАЙТЕ КАТУШКОЙ ИНДУКТИВНОСТИ

КЕНДАЛ КАСТОР-ПЕРРИ (KENDALL CASTOR-PERRY)

В статье обсуждаются методы построения полосового фильтра. Показано, как с помощью простой схемы пассивного полосового фильтра можно обеспечить низкую стоимость и малое энергопотребление разрабатываемого устройства. Статья представляет собой сокращенный перевод [1].

Часто перед разработчиками встает задача получения заданных характеристик схемы при ограниченной стоимости проекта и жестких требованиях по мощности потребления. Как показывает практика, поиск оптимального варианта иногда приводит к решению, которое позволяет достичь поставленной цели с минимальными затратами на базе хорошо известных, но уже отчасти забытых принципов.

В данной статье показано, как можно построить схему полосового фильтра при весьма ограниченном бюджете мощности потребления. Речь идет о полосовом фильтре с различными центральными частотами в ультразвуковой области, где должен работать устаревший пульт дистанционного управления. Для надежного функционирования устройства требуется передача сигналов на этих частотах с достаточно хорошей избирательностью.

Конечное оборудование серийного производства должно работать в широких пределах изменения условий внешней среды, что требует прогнозируемого поведения устройства в диапазоне температур при допустимом разбросе номиналов компонентов. Кроме того, устройство должно быть недорогим, поэтому нет возможности использовать какие-либо особые компоненты, например изготовленные из аноbтаниума [1].

Требуемая избирательность предполагает построение 4-полюсных фильтров с 10-% полосой пропускания (т.е., ширина полосы пропускания примерно равна 10% от центральной частоты). Есть много способов реализации таких схем на базе довольно простого активного фильтра. Однако данный фильтр должен потреблять мимимум энергии. По крайней мере один из этих фильтров постоянно находится во включенном состоянии, а максимально допустимый ток покоя системы, включая средний ток потребления всех цифровых цепей, составляет 30 мкА. Поэтому построение такого фильтра на базе операционных усилителей, которые потребляют значительный ток, вызывало сильные сомнения. Чем ниже собственный ток потребления усилителя, тем у́же ширина полосы пропускания при разомкнутой цепи обратной связи усилителя. А чем меньше отношение ширины полосы пропускания при разомкнутой цепи обратной связи к центральной частоте фильтра, тем больше проблем придется решать при проектировании такого фильтра.

Есть полезное эмпирическое правило, которое позволяет оценить качество фильтра. Для этого нужно найти произведение f_0Q и соотнести его с произведением коэффициента усиления на ширину полосы пропускания усилителя. Допустим, мы строим фильтр с центральной частотой 40 кГц и 10-% полосой пропускания, следовательно, Q в этом диапазоне равно 10. Произведение f_0Q получается равным 400 кГц (Q — безразмерная величина). Теперь разделим на эту величину произведение (коэффициент усиления × × ширина полосы пропускания усилителя) и получим некоторый коэффициент отношения. Эмпирическое правило гласит: если полученный коэффициент меньше десяти, то при проектировании такого фильтра могут возникнуть дополнительные проблемы.

Попытки построения фильтра на базе быстродействующего усилителя с достаточно низким током потребления предпринимались ранее. Произведение коэффициента усиления на ширину полосы пропускания (GBW) такого усилителя составляет величину, равную примерно 350 кГц. Однако опыт построения фильтров говорит о том, что нельзя добиться предсказуемого и стабильного функционирования фильтра, в котором используется усилитель с таким малым отношением GBW/f_0Q. Хотя можно так подобрать номиналы компонентов, что отдельно взятый образец усилителя мог бы обеспечить частотную характеристику, похожую на желаемую кривую (по крайней мере, в полосе пропускания фильтра), отклонения характеристик разных партий в условиях массового производства, а также при изменении температуры и питающего напряжения не позволят обеспечить надежную работу фильтра.

Может быть, найти более быстрый усилитель с достаточно низким током потребления? Однако даже самый лучший из представленных сегодня на рынке усилителей (MAX9914 с GBW, равным 1 МГц, и номинальным током потребления 20 мкА) все же не отвечает полностью данному критерию и, кроме того, учитывая, что для 4-полюсного фильтра нужно по крайней мере два усилителя, он не позволяет обеспечить допустимые значения потребляемого тока.

Очевидно, в данном случае необходим другой подход для построения фильтра. И решение было найдено в виде хорошо известной схемы пассивного фильтра, в котором используются катушки индуктивности, а также конденсаторы и резисторы, и нет никаких усилителей. Защитники активных фильтров в качестве аргументов против пассивных фильтров обычно приводят стоимость, размеры и вес катушек индуктивности.

Предложена простая схема, которая построена на базе узкополосного фильтра с емкостной связью. Ниже приведена последовательность шагов проектирования данной схемы.

1. Требуемая величина импеданса Z_{in} должна быть не менее 100 кОм, поэтому выберем значение импеданса 200 кОм, так как два фильтра должны

[1] Аноbтаниум — минерал из нашумевшего фантастического фильма Джеймса Камерона «Аватар», стоимость которого составляет 20 млн. долл. за один кг (*прим. пер.*).

DC/DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В КОРПУСЕ SIP ДЛЯ ЛЮБОГО ПРИМЕНЕНИЯ

TRACO POWER

НОВИНКА

TMR-3 / TMR-3WI

TMR-2/TMR-2WI

TMV/TMV-EN

TMA/TMH

TME

- мощность от 1 до 3 Вт
- дискретный, 2:1 или 4:1 вход
- униполярный или двухполярный выход
- изоляция вход/выход 1500, 3000 или 6000В
- наработка не менее 2 млн. часов
- темп. диапазон от -40 до +85˚С
- гарантия производителя 3 года
- сертификат ГОСТ Р
- образцы доступны со склада в Москве

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Телекоммуникации | Транспорт | Промышленная автоматизация | Медицина

• Москва
Тел.: (495) 660-2855
Факс: (495) 660-2855
E-mail: cmp@argussoft.ru

• Санкт-Петербург
Тел.: (812) 412-0107
Факс: (812) 412-1849
E-mail: spb@argussoft.ru

• Новосибирск
Тел.: (383) 227-1155
Факс: (383) 222-4031
E-mail: nsk@argussoft.ru

• Екатеринбург
Тел.: (343) 378-3242
Факс: (343) 378-3241
E-mail: ural@argussoft.ru

• Казань
Тел.: (843) 293-4100
Факс: (843) 293-4100
E-mail: kazan@argussoft.ru

www.argussoft.ru

ARGUSSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

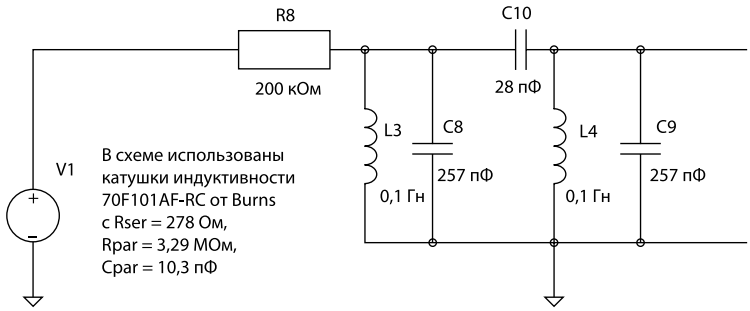

Рис. 1. **Электрическая схема пассивного полосового фильтра**

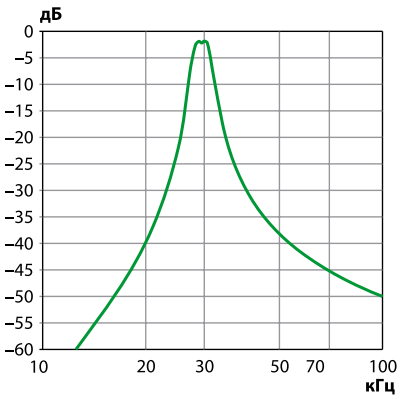

Рис. 2. **Частотная характеристика фильтра**

быть постоянно включены параллельно на сигнальном входе.

2. Ширина полосы пропускания составляет 10%, поэтому разделив 200 кОм на 10, получим требуемый импеданс катушки индуктивности на центральной частоте — 20 кОм.

3. Выбрав центральную частоту фильтра 30 кГц, мы можем рассчитать индуктивность катушки, разделив 20 кОм на (2π·30 кГц). В результате получим около 0,1 Гн. Поиск в каталоге DigiKey позволил найти катушки индуктивности серии 70F фирмы Bourns с допуском 5% (www.bourns.com/data/global/pdfs/70F_series.pdf). В данной серии была выбрана катушка 70F101AF-RC. Добротность этой катушки намного превышает 10, а собственная частота колебаний выше 30 кГц, поэтому она хорошо подходит к нашему проекту.

4. Изучив параметры катушек индуктивности данной серии, мы обнаружим, что ни одна из них не идеальна. Путем расчета получим, что для выбранной катушки индуктивности величина межвитковой емкости C_{par} равна 10,3 пФ при собственной частоте резонанса 157 кГц. Катушка имеет номинальную добротность 48 на частоте 79 кГц, при которой импеданс катушки составляет 49637 Ом. Если бы единственной причиной потерь было последовательное сопротивление R_{ser}, равное 287 Ом, то мы получили бы добротность катушки 49637/287 = = 173. Поэтому добавим шунтирующее сопротивление, которое обеспечило бы добротность 1/(1/48 – 1/173) = 66,4. Это сопротивление R_{shunt} будет равно 66,4 · 49637 = 3,29 МОм.

5. Рассчитаем необходимую емкость резонанса для индуктивности 0,1 Гн на частоте 30 кГц и вычтем C_{par}. Получим 271 пФ. Теперь возьмем два резонансных контура и объединим их вместе с конденсатором, равным емкости резонанса, деленной на Q, или 28 пФ. Уменьшив рассчитанную емкость каждого резонансного контура на половину этой емкости, получим 257 пФ. Полученная схема показана на рисунке 1.

На рисунке 2 показана частотная характеристика фильтра. Как видно, она достаточно хорошо соответствует требованиям, предъявленным к схеме.

Следует отметить, что выбранная катушка индуктивности имеет довольно большие физические размеры. Но в данном случае особых требований по объему разрабатываемого устройства нет. Цена катушек в небольшой партии немного выше стоимости резисторов и конденсаторов. Однако при массовом производстве устройств подходящие катушки можно найти по намного более низкой цене при поставках оптовыми партиями. Дальнейшая оптимизация схемы позволила бы подобрать катушку с меньшей добротностью, что уменьшило бы ее размеры и стоимость.

Анализ методом Монте-Карло показал, что схема достаточно устойчива к разбросу номиналов компонентов, а современные катушки с ферритовым сердечником, как правило, имеют весьма низкий температурный коэффициент магнитной проницаемости. Не следует только забывать, что этот фильтр не рассчитан на постоянный ток.

Данный пример построения схемы полосового фильтра показывает, что иногда не следует пренебрегать хорошо знакомой катушкой индуктивности, которая позволяет создать работоспособную схему при ограниченном бюджете потребляемой энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kendall Castor-Perry. «Fainting in Coils: Filters and their Inductors»//www.planetanalog.com.

НОВОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

| В РОССИИ ПОЯВИТСЯ «НАЦИОНАЛЬНАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА» | Удивительное рядом: наряду с «национальным поисковиком» в России вскоре может быть создана «национальная операционная система», предназначенная для внедрения в госсекторе.

Стало известно, что государственная корпорация «Ростехнологии» покупает долю в ООО «Альт Линукс», разработчике программного обеспечения с открытым кодом и платформ на базе ядра Linux. Сообщается, что сделка по приобретению блокирующего пакета в этой компании находится на завершающей стадии и уже имеется договорённость о доведении доли госкорпорации до контрольной. Предполагается, что существующие проекты «Альт Линукса» будут развиваться для использования в сфере образования и ввода в эксплуатацию «электронного правительства».

Одновременно появилась информация о том, что инвестиционный фонд NGI, имеющий российские корни, приобрёл миноритарный пакет во французском разработчике Linux-систем Mandriva. По мнению экспертов, в обоих случаях речь идёт о создании «национальной операционной системы». Организаторы проектов, разумеется, претендуют на хорошее госфинансирование для последующего внедрения своих решений в органах власти, государственных учреждениях и предприятиях оборонного комплекса.

В какую сумму может вылиться создание чрезвычайно важной для страны «национальной ОС», пока не ясно; объём госзаказа на поставку ИТ-продукции оценивается в 12 млрд долл. ежегодно.

www.russianelectronics.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

НОВОСТИ ОБЗОРЫ ИНТЕРВЬЮ ЖУРНАЛ НАШИ ПРОЕКТЫ ПАРТНЕРЫ РЕКЛАМА

От редактора

Леонид Чернов, главный редактор ИД «Электроника»

С удовольствием представляю наш новый интернет-проект. Он задумывался не как электронная версия журнала, но как отдельное направление в работе медиа-группы «Электроника».
Мы создаем отдельную профессиональную среду, рассчитанную, прежде всего на технических специалистов. Сайт будет знакомить с информацией на мировом и российском рынках электроники: новости, обзорные статьи, которые с сотрудниками компаний – участниками рынка.

Новости

Российской микроэлектронике не хватает потребителя

21 мая 2010, Российский рынок

К 2025 г. российская радиоэлектроника должна занимать более 50% российского рынка электронной аппаратуры. Перемены произойдут и в структуре отрасли.

Front-end-модуль GPS

23 мая 2010, Технологии

GPS-модуль BGM781N11 компании Infineon является, по данным производителя, самым миниатюрным в мире. В модуле интегрированы все важные функции, требующиеся для усиления и фильтрации сигнала GPS.

Очередные отчетные конференции и обзоры ARM-модулей

Отчитываясь о финансовых результатах уходящего года, компания ARM сообщила, что в 2010 г. выпустит три процессорных ядра в дополнение к семейству Cortex.

Microchip приобретает компанию ZerpG Wireless

26 мая 2010, Мировой рынок

Это приобретение позволит укрепить позиции Microchip в области беспроводных предложений и поможет разработчикам легко интегрировать решения на основе 8-, 16- и 32-разрядных PIC-микроконтроллеров в современные беспроводные сетевые инфраструктуры.

Все новости

Интервью

«Инновации являются основой наших успехов»

Андреас Шеффер, директор по продажам компании Xilinx в Центральной Европе.

Обзоры

Источники бесперебойного питания для стационарных и подвижных объектов

10 июня 2010, Энергопотребление

Для электроснабжения ответственных потребителей, которые не допускают перерывов питающего напряжения, ИБП постоянного тока широко используются уже третье столетие. Без таких ИБП были бы не возможны работа

Пресс-релизы

Ericsson подготовит своими науч кам на «ЭкспоЭлектронике»

1 июня 2010, Компании

Компания Ericsson научит разработчиков новаторским подходам в проектировании современных систем электропитания и расскажет об особенностях концепции Digital Power. В рамках выставки «ЭкспоЭлектроника» в Москве, компания Ericsson совместно с компанией «МакроГрупп» организуют для разработчиков практический семинар, посвященный цифровым источникам питания.

Поиск по сайту

Вход Регистрация

Компактный эффективный импульсный 4-А преобразователь

TPS63020

- Повышение эффективности до 96 %
- Конструктивная гибкость
- Размер решения – 100 мм²

Медиагруппа "Электроника" организует Первую всероссийскую конференцию "Датаком - передача данных". Цель конференции – представить аспекты передачи данных во всех физических средах: эфир, медь, оптоволокно.

8 - 11 июня 2010
AUTOMATICA 2010

Германия, Мюнхен

AUTOMATICA является значимым мероприятием, объединяющим все сегменты робототехники и автоматизации.

Все события

Новый номер

№4 (2010) Содержание Архив

www.elcomdesign.ru