

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.375.4

ВОЛКОВИЧ
Максим Николаевич

**РАЗРАБОТКА СХЕМОТЕХНИКИ И ТОПОЛОГИИ
ИНТЕГРАЛЬНОГО МОДУЛЯ “ДАТЧИК ХОЛЛА –
МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ”**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Научный руководитель
Стемпичский Виктор Романович,
канд. техн. наук, доцент

« ____ » _____ 2018 г.

Минск, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Интеграция и совмещение на одном кристалле детектирующих устройств с электронной схемой обработки получаемых сигналов, реализованная в серийном цикле производства интегральных микросхем, обеспечивает снижение себестоимости отдельных приборов и повышение эффективности изготавливаемых изделий.

Наличие эффективных программных средств приборно-технологического и схемотехнического моделирования интегральных микросхем, в сенсорных устройствах, обеспечивает возможность разработки нового поколения устройств, предназначенных для мониторинга объектов и сред в быту, медицине, биотехнологии и сельском хозяйстве.

В современном мире электронные приборы прочно вошли в жизнь человека. Сейчас уже каждый умеет довольно внушительный набор носимых устройств. Но большинство даже не задумывается о том, как и почему все это работает. Почему мобильный телефон принимает устойчивый сигнал на большом удалении от сотовой антенны? Каким образом или какими средствами создается столь мощный сигнал, который не затухает полностью на значительном расстоянии? Сам процесс формирования сигнала сложен и не относится к рассматриваемой теме, а как и чем повышается его выходная мощность – это основной вопрос данной работы.

Для повышения уровня выходного сигнала используются специальные устройства – усилители. Из названия видно, что усилители усиливают проходящий через них сигнал, то есть на вход усилителя приходит сигнал некоторого уровня, а на выходе усилителя уровень исходного сигнала становится в некое число раз больше, причем это число определяется самим усилителем и является его основной характеристикой.

Усилители используются практически повсеместно, начиная от телефонов и заканчивая спутниками и мощными радарными. Усилители применяются не только в передающих цепях и устройствах, но и принимающих, например, для усиления слабых по мощности входных сигналов. Ввиду очень обширной области применения усилителей, то и требования к ним предъявляются разные: для использования в тех же сотовых антеннах нужно большое усиление и большая полоса рабочих частот, для радиотелескопов – помимо усиления и широкой полосы частот необходим низкие собственные шумы усилителя. Не бывает универсальных усилителей, для каждой конкретной задачи нужен усилитель со своим

набором характеристик, оптимально подходящих для решения данной проблемы.

Одним из применений усилителей является усиление сигнала датчиков. Датчики преобразуют физические величины, такие как давление, температура, напряжённость магнитного поля и другие, в электрические сигналы, которые можно обработать. В зависимости от требований степень сложности выходного сигнала может варьироваться от изменения сопротивления до калиброванного выходного напряжения в цифровой форме.

С другой стороны, встраивание датчика в интегральную схему открывает возможности обработки сигнала непосредственно в модуле датчика. Таким образом, становится возможным калибровать ИС датчика по заданной выходной характеристике или в диагностических целях переключать её в различные рабочие состояния. ИС датчика способны анализировать сложные входные сигналы и, как результат, переключаться между цифровыми выходными состояниями.

Технически интеграция датчиков в кремниевую технологию уже реализована в целом ряде датчиков. Среди первых интегрированных датчиков оказались датчики магнитного поля. В данном случае используется эффект Холла в кремнии. С развитием технологии микрообработки поверхности кремния датчики давления также были интегрированы в КМОП технологию, что обеспечивает цифровую обработку результатов измерений.

По сравнению с датчиками на основе дискретных компонентов использование «интеллектуальных» датчиков оказалось конкурентоспособным, прежде всего, в автомобильной электронике. При этом предоставляются широкие возможности для оптимизации всей системы с точки зрения обмена данными, точности и контроля неисправностей.

В автореферате излагается краткое содержание магистерской диссертации на тему разработка схемотехники и топологии интегрального модуля «датчик Холла – малошумящий усилитель».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель работы. Цель работы состоит в проектировании малошумящего усилителя выходных сигналов датчика Холла в интегральном исполнении.

Задачи. Для достижения поставленной цели в магистерской диссертации необходимо решить следующие задачи:

- 1 Проанализировать современные реализации малошумящих усилителей и выбрать оптимальное для имеющихся технологических возможностей схемотехническое решение.
- 2 Провести схемотехническое моделирование и оптимизацию характеристик малошумящего усилителя, предназначенного для обработки сигналов сенсорных устройств.
- 3 Выполнить топологическое проектирование в среде программного комплекса компании Cadence.

Положения выносимые на защиту. Достижение сформулированных целей и решение соответствующих задач позволило вынести на защиту следующее положение:

1. Эффективное функционирование малошумящего усилителя обеспечивается за счет оптимизации и согласования мощностных и шумовых характеристик, с учетом параметров входной и выходной цепей по комплексному сопротивлению. Для исследуемой конструкции в результате оптимизации коэффициент усиления составил более 20 дБ, коэффициент отражения в выходной цепи уменьшен с 0,5 до практически нулевого значения, при величине коэффициента шума 1–3 дБ и потребляемой мощности порядка 10 мВт.

Личный вклад автора. Личный вклад автора заключается в выборе схемотехнического решения малошумящего усилителя (МШУ), проведении компьютерного моделирования схемотехники и топологии МШУ, оптимизации его параметров.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Объект исследования – малошумящий усилитель, реализованный на основе стандартного КМОП технологического процесса.

Предмет исследования – статические и динамические характеристики МШУ, обеспечивающие необходимые эксплуатационные параметры.

Во введении содержится обоснование выбранной темы магистерской диссертации.

В первой главе приводится обзор опубликованных материалов, отражающих современное состояние исследований, связанных с темой магистерской диссертации. Автор последовательно рассматривает классификацию датчиков, усилители сигналов сенсоров, после чего обращает внимание на шумы в усилительных системах, не забывая схемотехнические решения МШУ. Описаны типы датчиков и классификация усилительных систем. Также в данной главе устанавливаются основные задачи исследования.

Во второй главе описан порядок работы с инструментами схемотехнического и топологического проектирования программного комплекса компании Cadence.

В третьей главе представлены результаты проведенных исследований. Первоначально проведено схемотехническое моделирование схемы МШУ при помощи Tran анализа, S параметров, и спектрального анализа. На основе полученных данных произведена параметризация схемы при помощи внесения корректирующих компонентов с сосредоточенными параметрами (конденсаторы, катушки индуктивности, резисторы). Выполнен повторный анализ уже параметризованной схемы МШУ. Далее выполнено топологическое проектирование схемы МШУ и проведен анализ имеющейся топологии на предмет соответствия правилам проектирования и соответствию модели схемы.

В заключении представлены выводы по основным результатам исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При выполнении исследований по теме магистерской диссертации выполнена классификация датчиков и проанализированы схемотехнические решения для усиления сигналов сенсоров, а также основные характеристики малошумящих усилителей – основные источники шумов и варианты уменьшения шумов.
2. Рассмотрены схемотехнические решения МШУ и инструменты схемотехнического и топологического проектирования программного комплекса компании Cadence, который использован для компьютерного моделирования малошумящего усилителя сигнала сенсорного устройства в интегральном исполнении.
3. Выполнено компьютерное моделирование основных, в том числе шумовых характеристик МШУ – зависимость коэффициента усиления от частоты, зависимость коэффициента шума от частоты, зависимость коэффициента отражения по входу МШУ от частоты, зависимость коэффициента отражения по выходу МШУ от частоты; реализованы подходы для улучшения его эксплуатационных параметров.
4. На основе стандартной библиотеки проектирования (general process design kit, gpdk) с топологическими нормами 0,18 мкм разработана топология исследуемого малошумящего усилителя.
5. В рамках оптимизации и согласования шумовых и мощностных характеристик разработанный усилитель при функционировании на частоте 0,8 ГГц, имеет коэффициент усиления более 20 дБ, при величине коэффициента шума 1–3 дБ и потребляемой мощности порядка 10 мВт. Кроме того обеспечено сокращение коэффициента отражения в выходной цепи с 0,5 до практически нулевого значения.