



УДК 519.876.5

А.П. Диденко – студент ФГБОУ ВО ВГУВТ,

Т.В. Гордяскина – доцент кафедры радиоэлектроники, к.ф.-м.н.,
ФГБОУ ВО ВГУВТ, 603005, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а

СКВОЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ALTIUM DESIGNER

Ключевые слова: Радиоэлектронные средства, технология сквозного проектирования РЭС, проектирование в программной среде Altium Designer.

Рассматривается методика сквозного проектирования радиоэлектронных средств в программной среде Altium Designer.

Современные государственные стандарты образования требуют от выпускников ВУЗов владения профессиональными компетенциями, такими как: готовность к проектированию и разработке сервисного, вспомогательного оборудования, схемных решений автоматизации процессов эксплуатации (ПК-30); готовность к участию в выполнении научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских разработок транспортного радиооборудования (ПК-34). Владение выпускника данными компетенциями формируется в процессе изучения дисциплины «Технология проектирования радиоэлектронных средств».

В процессе сквозного проектирования радиоэлектронных средств (РЭС) можно выделить следующие этапы:

- 1 разработка схемы электрической принципиальной;
- 2 моделирование параметров схемы с помощью контрольно-измерительной аппаратуры;
- 3 разработка печатной платы проектируемого средства в соответствии с заданным классом точности;
- 4 упаковка схемы на плату и автоматическая трассировка проводников;
- 5 разработка конструкторской документации на печатный узел.

Программный пакет **Altium Designer** позволяет автоматизировать трудоемкий процесс сквозного проектирования РЭС и реализовать все этапы в одной программной среде.

Современные радиоэлектронные средства проектируются по блочно-модульному типу, поэтому отдельные блоки наиболее технологично выполнять в виде печатных узлов, представляющих собой печатную плату с размещенными на ней радиоэлементами.

Процесс сквозного проектирования РЭС начинается с создания проекта печатной платы **PCB Project**, так как результатом проектирования является печатная плата.

Рассмотрим процесс сквозного проектирования РЭС на примере аналогового полосового фильтра (RLC- последовательного контура).

1 этап – разработка схемы электрической принципиальной в программном пакете **Schematic**. В схеме задаются метрические единицы измерений – мм и, в соответствии с требованиями ГОСТов, настраивается шаблон чертежа. Выбор компонентов схемы для

размещения на чертеж проводится из встроенных библиотек. При выборе компонента, используемого в схеме для диагностики параметров необходимо выбрать **spice** модель (в списке моделей выбирать **Simulation**) (рис. 1).

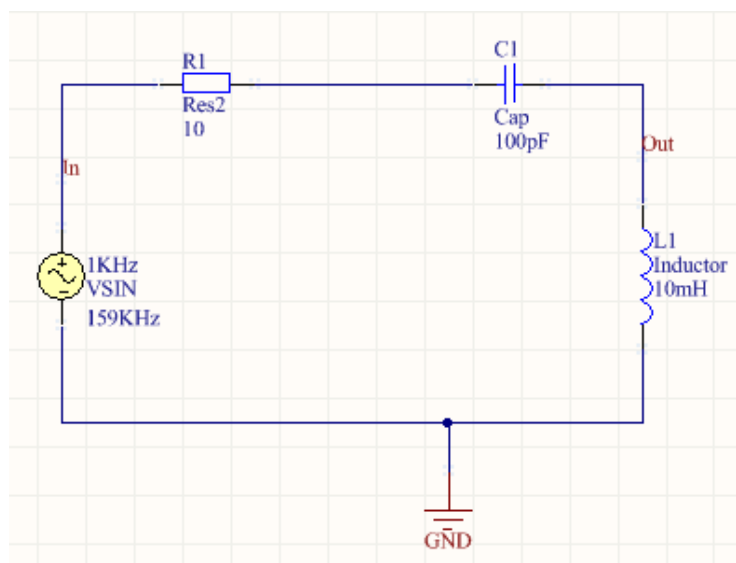


Рис.1. Пример схемы RLC – контура в Schematic Altium Designer

Вход схемы обозначен In, выход – Out.

2 этап – моделирование параметров схемы с помощью контрольно-измерительной аппаратуры. В программе Altium Designer функции виртуальных измерительных приборов заложены в инструментах: 1) Run Mixed Signal Simulation, 2) Setup Mixed-Signal Simulate, 3) Generate XSPICE Netlist.

В технической диагностике для исследования обычно выбирают параметры (рис. 2.):

- входных и выходных сигналов;
- физических процессов, происходящих в объектах;
- передаточных и переходных функций.

В качестве диагностируемых параметров обычно выбирается амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) схемы и параметры входных и выходных сигналов (рис. 3, 4.).

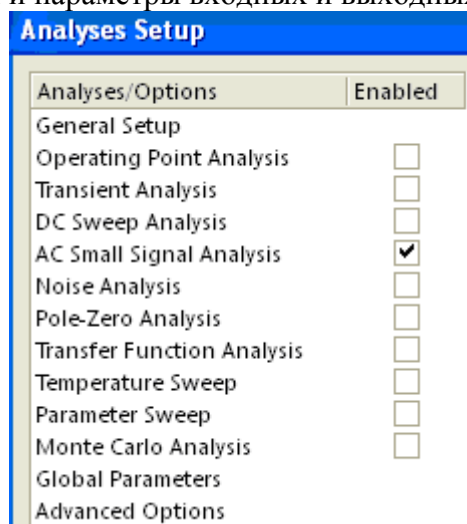


Рис. 2. Окно выбора параметров частотного анализа работы схемы

Запуск моделирования осуществляется нажатием кнопки **Run**.

Так как рассматриваемая цепь содержит L и C элементы, следовательно в ней возникают собственные колебания электромагнитного поля, т.е. энергия электрического поля конденсатора C преобразуется в энергию магнитного поля катушки индуктивности L

и наоборот. Частота преобразований энергии называется собственной частотой системы и определяется параметрами L и C.

При подаче на вход системы сигнала с частотой, совпадающей с частотой собственных колебаний, в системе наблюдается резонанс, т.е. резкое увеличение амплитуды выходных колебаний.

Величина коэффициента передачи системы в резонансе определяется добротностью системы Q, которая в свою очередь задаётся параметрами системы.

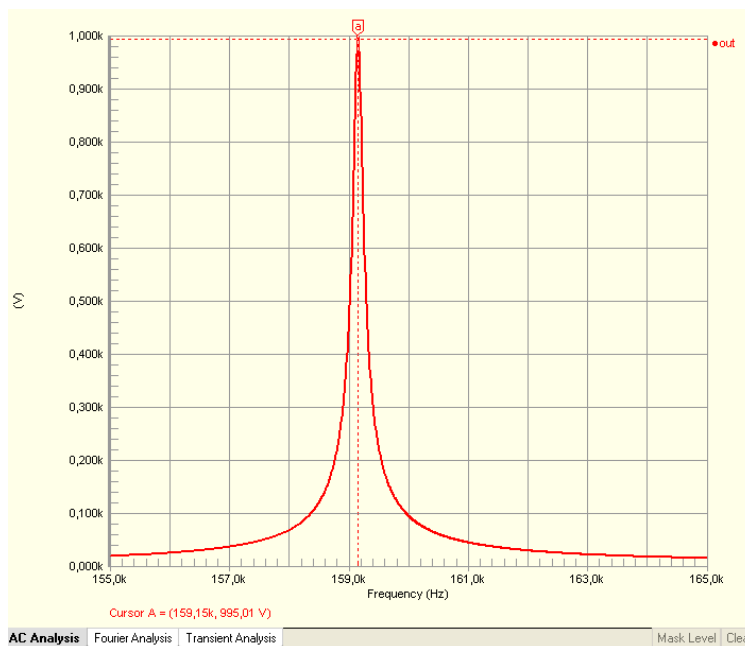


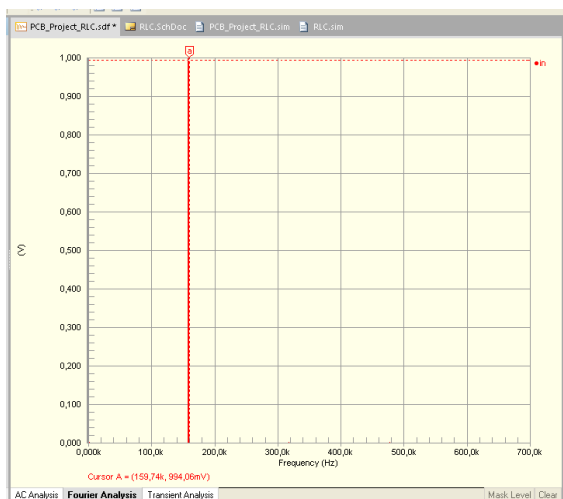
Рис. 3. АЧХ схемы

$$Q = \sqrt{\frac{L}{C} \cdot \frac{1}{R}}, \quad Q = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1}{10}} = 10^3;$$

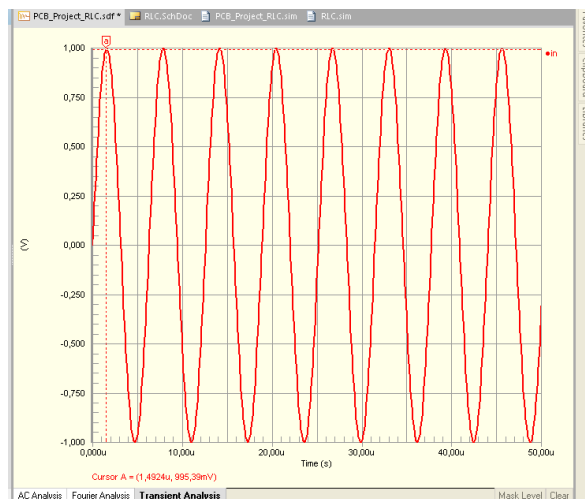
$$f_{рез} = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{LC}}, \quad f_{рез} = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{10 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-12}}} = 159 \cdot 10^3 \text{ Гц}.$$

При анализе Transient Analysis назначают следующие параметры:

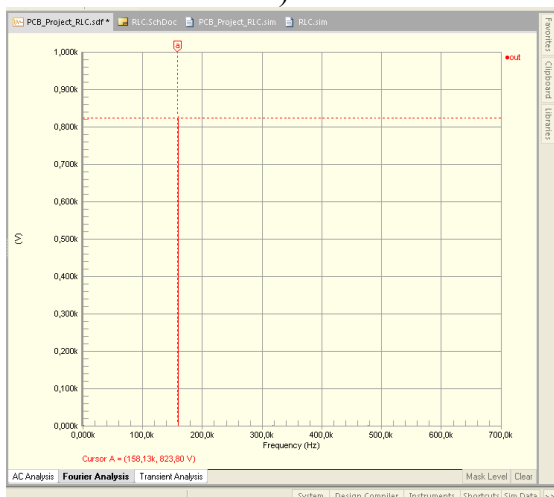
- Transient Start Time — момент начала отсчета времени анализа 0.000;
- Transient Stop Time — момент окончания расчета (мс);
- Transient Step Time — шаг интегрирования (мкс);
- Transient Max Step Time — значение верхнего предела шага интегрирования (мкс);
- Enable Fourier — активизировать преобразование Фурье: по этой опции вычисляется амплитуда первой и заданного числа высших гармоник сигнала в указанных узлах схемы;
- Fourier Fundamental Frequency — частота основной (первой) гармоники сигнала (кГц);
- Fourier Number of Harmonics — число высших гармоник.



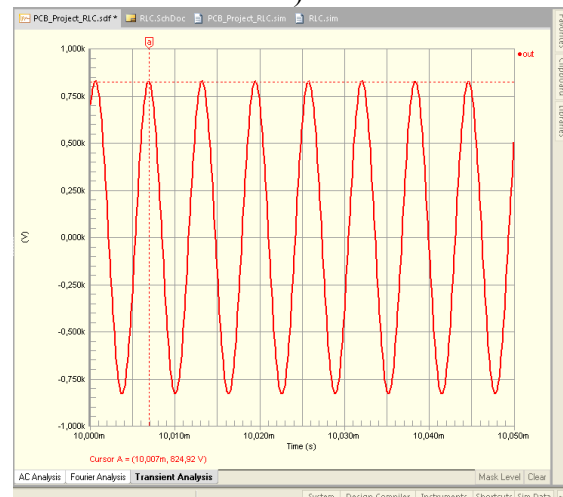
А)



Б)



В)



Г)

Рис. 4. Спектр и осциллограмма сигнала на входе (Рис. А, Б) и выходе (Рис. В, Г) RLC - цепи

На вход цепи подаётся гармонический сигнал с амплитудой 1 В и частотой, равной собственной частоте RLC цепи ($f=159$ кГц). В колебательном контуре наблюдается резонанс и амплитуда сигнала на выходе увеличивается в Q раз ($Q=1000$).

В заключении этапа проводится компиляция проекта с целью выявления ошибок, допущенных при разработке схемы. В рассмотренном примере схема функционирует в соответствии с теоретическими расчетами. Параметры входного и выходного сигналов, АЧХ цепи демонстрируют отсутствие ошибок в функционировании схемы.

3 этап – Разработка печатной платы проектируемого РЭС. Перед началом разработки печатной платы, необходимо элементам схемы присвоить посадочные места и снова собрать схему (генератор и «корпус» применялись для моделирования работы схемы, поэтому при разработке печатной платы эти блоки заменяются на разъёмы) (рис. 5.).

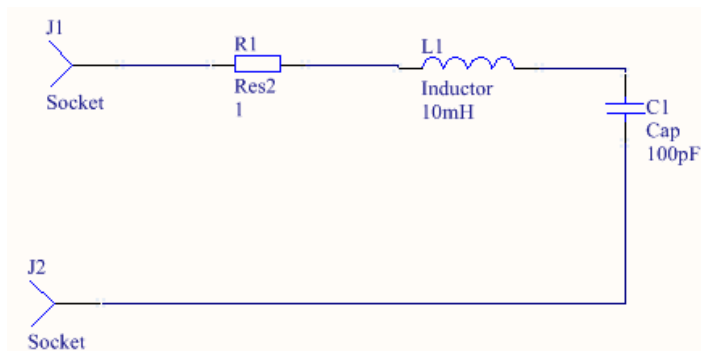


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная для проектирования печатной платы

Процесс разработки печатной платы начинается с создания универсального шаблона, в котором можно хранить: единицы измерения, привязки; настройки слоёв; правила проектирования; опции проверки (настройки) правил проектирования; структуру платы. В разделе Design/Board Options: необходимо включить единицы измерения Metric; поставить привязку Snap To Object Hotpots и установить шаг сетки, кратный 2,5 мм. В разделе Design/Board Layers & Colors необходимо задать нужные нам сигнальные слои: Top и Bottom для размещения проводников; механические слои: Board – хранится контур платы; Plata – информация для чертежа печатной платы; TopAssy и BotAssy – график для сборочного монтажа печатных плат; Top3D и Bot3D – графика проекции 3D модели. Размеры платы задаются в слое Plata с помощью инструмента Place/Line.

4 этап – Упаковка схемы на плату и автоматическая трассировка проводников.

Чтобы передать данные из схемы в плату необходимо перейти в редактор схем, выбирать Design/Update PCB (запуск процедуры синхронизации), появляется окно Engineering Change Order (показывает список отличий), если ошибок нет, то надо перейти к упаковыванию схемы.

Прежде чем приступить к размещению компонентов необходимо задать правила проектирования в соответствии с заданным классом точности. Правила проектирования задаются в окне Design/Rules. В группе Electrical расположены правила, учитывающие электрическое соединение компонентов. Clearance (зазоры) – определяет минимально допустимый зазор между любыми двумя металлизированными объектами на сигнальном слое, Short Circuit (короткозамкнутые цепи) – проверяется наличие короткого замыкания между примитивами различных цепей, Un – Routed (неразведённые цепи) – проверяет статус завершения трассировки всех цепей, попавших в указанную область, Un – Connected Pin (неподключенные выводы) – данное правило служит для выявления выводов, не соединённых с проводниками на плате, Width (ширина проводника) – определяет минимальную, максимальную и рекомендуемую ширину проводников и дуг на медном слое, Routing Topology Rule (топология трассировки) – определяет порядок или образец соединения выводов проводниками, Shortest (минимальная длина) – эта топология соединяет все узлы так, чтобы полная длина всех соединений была минимальной. Далее необходимо выполнить автоматическую трассировку, для этого выбрать AutoRoute/All (рис. 6.). Созданную плату можно посмотреть в трехмерном виде с помощью команды Tools/Legacy Tools/Legacy 3D View (рис. 7.).

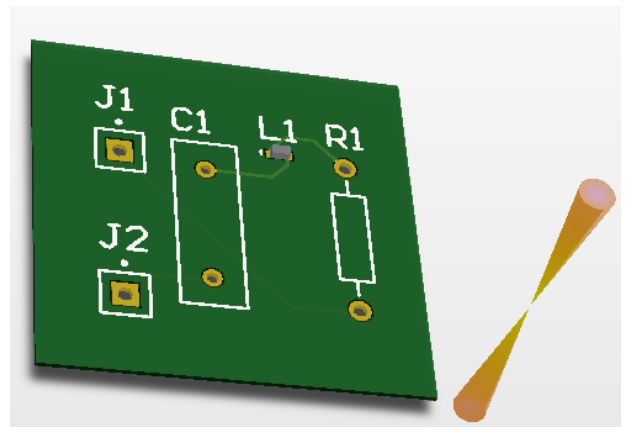
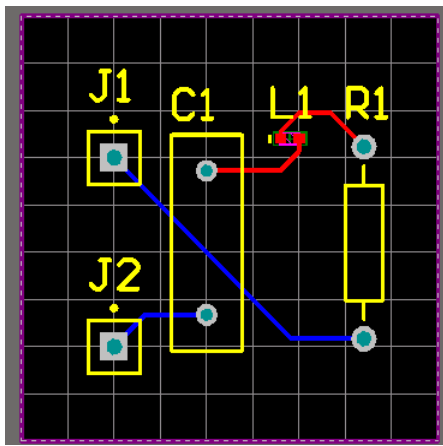


Рис. 6. Модели печатной платы 2 D и 3 D

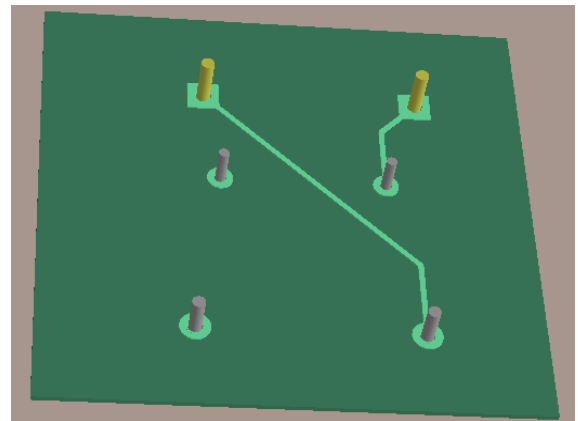
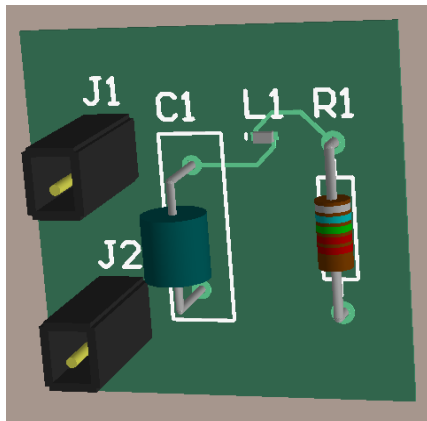
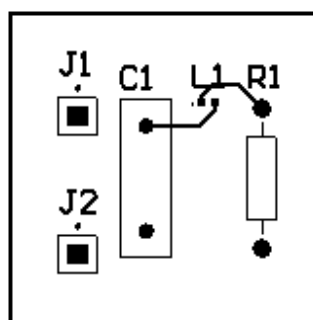


Рис. 7. Модель печатного узла 3 D

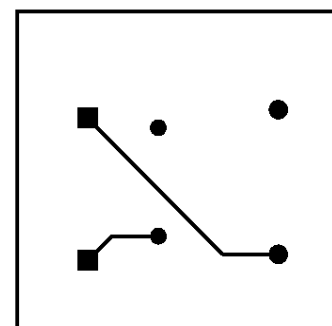
5 этап – Разработка конструкторской документации на печатный узел.

Для вывода конструкторской документации на печать необходимо выполнить команду File/New/Output Job File и сохранить этот файл. Выбирается место расположения чертежа схемы во вкладке Documentation Output, нажатием клавиши Add... и выбором проекта PCB Print/RLC3 (имя файла). Pcb Doc. В появившемся документе PCB Prints создается PDF файл нажатием "Add New Output..."

Далее командой PCB Prints/Page Setup настраиваются параметры печати, а командой PCB Prints/ Configure выбираются необходимые слои. В завершении создаётся PDF файл нажатием "Generate content" под кнопкой "Change". Пример документации (верхнего и нижнего слоёв печатного узла) приведён на рис. 8.



А) Top, Top Overlay, Board



Б) Bottom, Board

Рис. 8. Вывод конструкторской документации на печать: А) верхний слой платы, Б) нижний слой платы

Вывод по работе: в результате освоения рассмотренной методики сквозного проектирования аналоговых радиоэлектронных средств в программном пакете Altium Designer студенты специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» овладеют профессиональными компетенциями (ПК-30, ПК-34), что поможет им в сжатые сроки интегрироваться в производственный процесс современных промышленных предприятий.

Список литературы

1. «Altium Designer Новые решения в проектировании электронных устройств». Электронный ресурс http://publ.lib.ru/ARCHIVES/S/SABUNIN_Aleksey_Evgen'evich/
2. Рубцов А.В., Гордяскина Т.В. Сквозное проектирование радиотехнических устройств в Circuit Design Suite 12.0. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта, Выпуск 46. Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ» Н. Новгород, 2016, с. 207-217.

Through the design of radio electronic means in the software environment of Altium Designer

T.V.Gordyaskina, A.P.Didenko.

Keywords: Radio-electronic means, through the technology of designing RES, design in Altium Designer software environment.

The technique through design of radio-electronic means in the software environment of Altium Designer.