

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Зубарь Д.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Рассмотрены критические факторы, влияющие на точность измерительной аппаратуры на этапе проектирования печатных плат. Обоснованы конструкторско-технологические методы обеспечения помехоустойчивости: многослойная структура, разделение аналоговых и цифровых цепей заземления, экранирование высокоимпедансных цепей. На примере разрабатываемого узла (наименование узла) показаны результаты моделирования целостности сигнала и пульсаций питания. Предложенные решения позволяют минимизировать влияние паразитных параметров на метрологические характеристики устройства.

Ключевые слова: печатная плата, измерительная аппаратура, помехоустойчивость, разводка заземления, целостность сигнала, ЭМС.

Введение. Современная измерительная аппаратура предъявляет высокие требования к точности, стабильности и помехозащищенности. В условиях миниатюризации и повышения быстродействия электронных компонентов качество проектирования печатной платы (ПП) становится определяющим фактором, влияющим на метрологические характеристики устройства. Ошибки топологии, некорректная разводка цепей питания и заземления могут свести на нет преимущества даже самой прецизионной элементной базы.

Особую сложность представляют устройства смешанного типа, содержащие одновременно высокочувствительные аналоговые цепи и высокоскоростные цифровые интерфейсы. Паразитные наводки, «земляные петли» и синфазные помехи являются основными источниками погрешностей, что делает актуальной задачу разработки эффективных методов проектирования ПП для измерительной аппаратуры.

В данной статье обобщены особенности топологического проектирования, реализованные в рамках дипломного проекта «(название вашего устройства)», и показана их эффективность на основе результатов моделирования.

Основная часть. При проектировании ПП для измерительной аппаратуры необходимо учитывать три группы критических факторов, влияющих на точность измерений: паразитные параметры топологии, помехи по цепям питания и заземления, а также электромагнитную совместимость.

Паразитные емкости и индуктивности проводников приводят к искажению формы сигнала, особенно в высокочастотном диапазоне. Наибольшую опасность представляют длинные параллельные дорожки, создающие взаимные наводки. В высокоимпедансных измерительных цепях (входы операционных усилителей, источники опорного напряжения) даже незначительные токи утечки через паразитные емкости могут вызывать смещение нуля и снижение точности.

Проблема «земляной петли» возникает при наличии нескольких путей протекания обратного тока. Импеданс общего провода не равен нулю, и токи цифровых цепей, протекая по участкам аналоговой земли, создают падение напряжения, которое воспринимается аналоговыми узлами как полезный сигнал. Это особенно критично для аналого-цифровых преобразователей с высокой разрядностью (16–24 бит), где допустимый уровень шума составляет десятки микровольт.

Для решения перечисленных проблем может быть применен комплекс конструкторско-технологических решений, реализованных в САПР *Altium Designer*.

На этапе подбора комплектующих при проектировании печатных плат измерительной аппаратуры важно учитывать особенности компонентов для *SMD* монтажа. С точки зрения электромагнитной совместимости такие компоненты более предпочтительны для высокоточной, высокочастотной и измерительной техники. Так как имеют ряд преимуществ над компонентами сквозного монтажа. Сравнение способов монтажа приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение способов монтажа компонентов ПП

Характеристика	Поверхностный монтаж	Выводной монтаж
Паразитная индуктивность	Низкая	Высокая
Площадь контура тока	Маленькая	Большая
Излучение помех	Низкое	Высокое
Чувствительность к ЭМП	Низкая	Высокая

Как видно из таблицы, для компонентов измерительного блока устройства предпочтительно использовать компоненты для поверхностного монтажа.

Разделение зон. На рисунке 1 представлен фрагмент топологии печатной платы измерителя. Измерительный блок отнесен от других узлов печатной платы для минимизации помех. Монтаж измерительных цепей выполнен тонкими проводниками чтобы уменьшить влияние антенного эффекта на входы АЦП. Так как плата является двухсторонней, то с обратной стороны тоже размещены элементы. Для размещения был выбран корпус держателя батареи. Этот компонент не вносит никаких помех в работу устройств, расположенных поблизости. Резисторы расположены максимально близко к выводам микросхемы с целью снижения паразитной индуктивности.

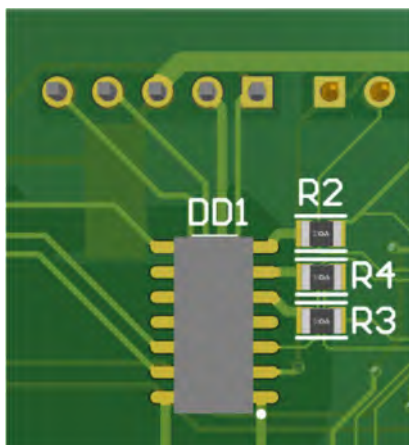


Рисунок 1 – Измерительный блок устройства

Таким образом, предложенные конструкторско-технологические решения позволяют системно подойти к вопросам обеспечения помехоустойчивости измерительного устройства на этапе проектирования печатной платы. Выбор *SMD*-компонентов, топологическое разделение функциональных узлов и оптимизация геометрии проводников создают необходимые условия для минимизации влияния паразитных параметров и электромагнитных помех на точность измерений.

Заключение. В результате выполнения работы выполнен анализ критических факторов, влияющих на точность измерительной аппаратуры на этапе проектирования печатной платы. Установлено, что основными источниками погрешностей являются паразитные параметры топологии (емкости и индуктивности проводников), помехи по цепям питания и заземления, а также эффект «земляной петли». Показано, что применение компонентов поверхностного монтажа обладает преимуществами перед выводными аналогами с точки зрения электромагнитной совместимости за счет меньшей паразитной индуктивности и сокращенной площади контура тока.

На основе проведенного анализа предложен и реализован комплекс конструкторско-технологических решений, включающий топологическое разделение измерительного блока, монтаж чувствительных цепей тонкими проводниками для снижения антенного эффекта, а также минимизацию длины соединений резисторов для уменьшения паразитной индуктивности. Разработанная топология печатной платы с учетом особенностей двухстороннего монтажа и выбора корпуса держателя батареи, не вносящего дополнительных помех, позволяет снизить уровень паразитных влияний и обеспечить достоверность результатов измерений. Предложенные решения могут быть рекомендованы к применению при проектировании измерительных модулей смешанного типа.

Список литературы

1. *The Impact of ESD on Microcontrollers* / Gennady A. Piskun, Viktor F. Alexeev, Sergey M. Avakov, Vladimir E. Matyushkov, Dmitry S. Titko ; Edited by PhD, Associate professor Viktor F. Alexeev. – Minsk : Kolorgrad, 2018. – 184 p. – ISBN 978-9857-148-40-0.
2. Alexseev, V. Approaches to the optimization of the electronic module using the research of transformation of energy of mechanical exposure / Viktor F. Alexseev, Gennady A. Piskun, Dmitriy V. Likhachevsky // *Slovak international scientific journal*. – 2018. – Vol. 1, N 14. – Pp. 9–27.
3. Алексеев, В.Ф. Impact of discharges of static electricity on semiconductor structures and integral schemes / В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун, А.А. Луцовский // *Danish Scientific Journal*. – 2018. – Vol.1, N 19. – Pp. 31–41.
4. Models for predicting the reliability of integral schemes taking into account the impact of electrostatic discharge / В.Ф. Алексеев [и др.] // *Slovak international scientific journal*. – 2018. – Vol. 1, N 24. – Pp. 47–62.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Zubar D.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alekseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The critical factors affecting the accuracy of measuring equipment at the stage of printed circuit board design are considered. Design and technological methods for ensuring noise immunity are substantiated: multilayer structure, separation of analog and digital grounding circuits, shielding of high-impedance circuits. Using the example of the developed unit (unit name), the results of signal integrity and power ripple simulation are shown. The proposed solutions minimize the influence of parasitic parameters on the metrological characteristics of the device.

Keywords: printed circuit board, measuring equipment, noise immunity, grounding routing, signal integrity, EMC.