

实验 6：数字钢琴——焊接入门与 PCB 设计介绍

引言与目标:在本实验室中，您将学习设计印刷电路板（PCB）的基本原理、流程和技巧。您将在实验室中设计并焊接两个电路的 PCB，分别是红外线感应灯电路和数字钢琴电路。通过实践，您应掌握 PCB 设计的基本技能。

1 简介

印刷电路板（PCB）在现代电子设备中至关重要，从计算器到智能手机，它用于连接各种组件。PCB 能确保电路的功能性、耐用性和紧凑性。设计和焊接 PCB 对于将理论设计转化为实际电子产品来说至关重要，这是工程师的一项关键技能。本实验室涵盖 PCB 设计的全过程，从概念到组装，包括原理图绘制、元件布局、布线以及下单制造。最终，您将能够设计出专业水准的 PCB，无论是简单的原型还是复杂的多层电路板。

2 什么是印刷电路板（PCB）？

印刷电路板（PCB）是由绝缘材料（如玻璃纤维或复合环氧树脂）制成的板，上面蚀刻或印刷有导电路径。这些路径将电阻器、电容器、集成电路（IC）和连接器等电子元件连接起来，形成完整的电路。对于从简单到复杂的电路，导电路径可以是单层、双层或多层。PCB 在现代电子设备中至关重要，为电子元件提供了可靠的机械支撑和电气连接。图 1a 和 1b 分别展示了双层 PCB 的正面和背面。以下是图 1 所示 PCB 的关键组件：

1. **基板（基材）：** PCB 的底层，通常为玻璃纤维（FR4）、陶瓷或柔性聚酰亚胺，为导电层之间提供支撑和绝缘。
2. **铜层：** 在基板上的铜箔层，经过蚀刻形成用于组件之间传输电信号的线路。

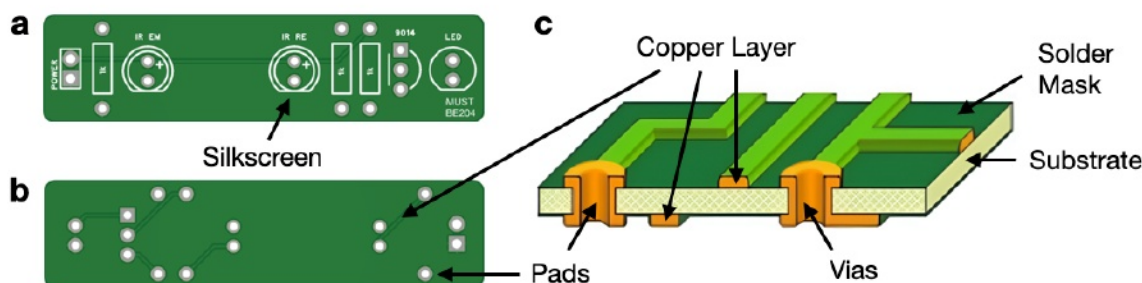


图 1：a 和 b 为双层印刷电路板的正面和背面。c 为该印刷电路板的层结构。

3. **阻焊层**：覆盖在铜线上的保护层，可防止氧化和短路，通常为绿色，但也有其他颜色可供选择。
4. **丝网印刷**：用于元件标识和测试点的印刷文字和符号，有助于组装和故障排除。
5. **焊盘**：用于焊接元件的外露铜区。
6. **过孔**：用于连接不同铜层之间线路的镀通孔。

3 PCB 设计流程

印刷电路板（PCB）的设计始于对电路要求和功能的清晰理解。以下是其中的关键步骤：

1. **原理图设计**：第一步是创建原理图，这是电路电气连接的图形表示。**选择**满足电路电气和机械要求的**组件**。在选择组件时，考虑诸如尺寸、功率额定值和可用性等因素。使用 PCB 设计软件（例如 JLCPCB、KiCad、Altium Designer）来**定义组件及其相互连接**。确保原理图准确无误，并包含所有必要的组件，如电阻器、电容器、集成电路（IC）和连接器。
2. **PCB 布局设计**：使用 PCB 设计软件将原理图转换为物理布局。以合理且高效的方式在电路板上**放置元件**，尽量缩短电气连接的长度。根据原理图布线（铜导线），将元件连接起来。注意设计规则，如导线宽度、间距和过孔位置，以确保可制造性和可靠性。
3. **设计验证**：使用设计规则检查（DRC）和电气规则检查（ERC）来识别并纠正布局中的错误。如果可能的话，在制造前对电路进行仿真以验证其功能。

4 印刷电路板制造与焊接

一旦设计完成，下一步就是制作印刷电路板（PCB）。对于复杂的设计，专业 PCB 制造是最常见的方法。将设计文件提交给 PCB 制造商。选择合适的规格，例如电路板材料、层数和表面处理。制造商将通过蚀刻、钻孔和电镀等工艺生产电路板。

焊接是将元件连接到印刷电路板（PCB）上以形成电气连接的过程。焊接过程会根据元件的类型和电路板的复杂程度而有所不同。与之前的实验室操作类似，将元件引脚穿过 PCB 上的孔，然后稍微弯曲引脚以固定元件。使用电烙铁对焊盘和引脚加热，然后将焊料送入焊点。焊接完成后，剪掉多余的引脚。检查焊点是否有桥接、冷焊或焊料不足等缺陷，并使用万用表或通断测试仪检查电气连接。

要获得专业成果，您应当以清晰的原理图和 PCB 布局进行规划，定期测试设计和功能以尽早发现错误，并记录所有设计、制造和装配细节以备将来使用。

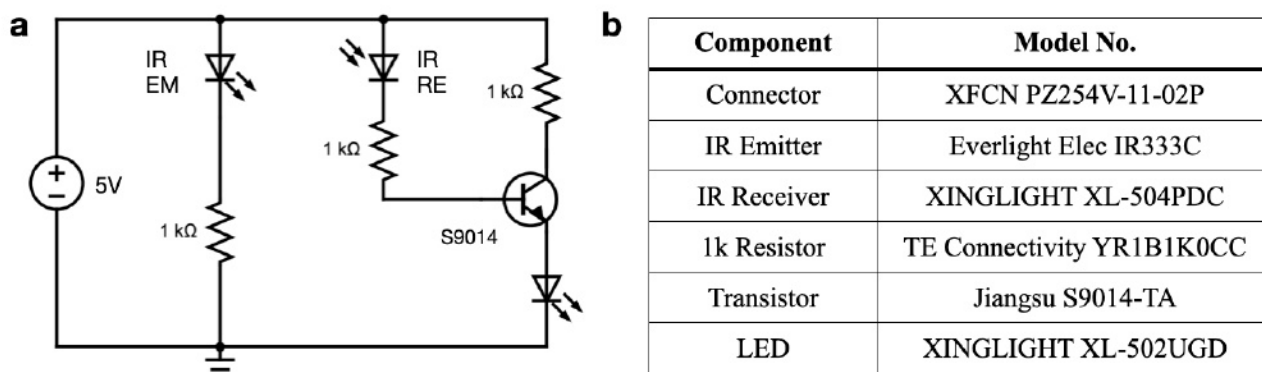


图 2: a, 推断式开关灯的电路图。b, 元件参考型号表。

5 PCB 设计软件

PCB 设计软件允许用户在制造之前设计、模拟和优化 PCB。这些工具通常包括原理图绘制、元件布局、布线和设计规则检查（DRC），以确保满足技术和制造要求。开源和基于网络的工具提高了初学者的可访问性，同时为专业人士保留了高级功能。EasyEDA (<https://easyeda.com>) 是一款免费的基于网络的工具，因其易用性和与 JLCPCB (<https://jlcpcb.com>) 的集成而广受欢迎。它既适合初学者也适合专业人士，提供原理图绘制、PCB 布局 and 庞大的元件库。EasyEDA 支持直接从 JLCPCB 订购 PCB，简化了从设计到生产的流程，并支持实时协作。其易用性、成本效益和制造集成使其成为业余爱好者、学生和专业人士的首选。我们将在实验室中使用 EasyEDA。请在答题纸上列出另外两款 PCB 设计软件及其优势。

5.1 用于 PCB 设计软件的表格及其优势。

6 推断开关指示灯

图 2a 展示了在上一次实验中已焊接好的推断式开关灯的电路图。所用电子元件清单见图 2b。请按照第 3 节所述步骤使用 EasyEDA 设计 PCB。您可参考此处视频 <https://youtu.be/1E2ULNZT76M>。设计完成后，截取原理图、PCB 设计的正面和背面以及正面的 2D 预览和 3D 预览图。

6.1 原理图、PCB 设计的正面和背面以及 2D 预览图和正面 3D 预览图的截图。

6.2 保存您的 PCB 设计项目,并以“lab6_v62”为文件名上传至 Moodle。

已制作好该灯的印刷电路板（PCB）。将电子元件焊接到 PCB 上。拍摄焊接好的 PCB 的正面和背面的照片。演示 PCB 的功能并拍摄视频。即使焊接未完成或电路未通电，请拍摄照片并填写答题卡。

6.3 您所焊接的红外开关灯 PCB 板的照片。

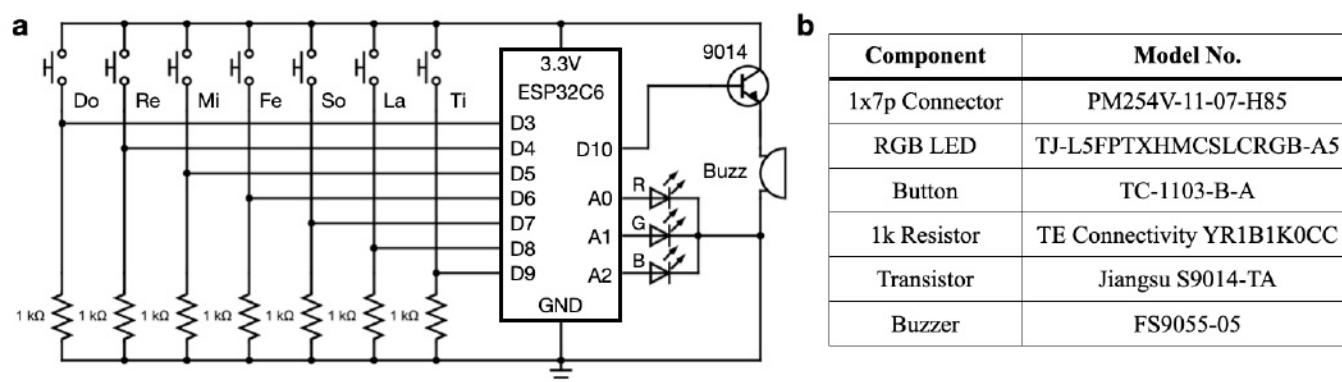


图 3: **a**, 数码钢琴的电路图。**b**, 各组件参考型号表。

6.4 拍摄一段视频展示推断出的开关指示灯,并将其以“lab6_v64”为文件名上传至 Moodle 平台。

7 数码钢琴

图 3a 展示了使用 ESP32C6、RGB LED 和蜂鸣器的数字钢琴电路图。所用电子元件清单见图 3b。按照第 3 节所述步骤使用 EasyEDA 设计 PCB。设计完成后，截取原理图、PCB 设计的正面和背面以及正面的 2D 预览和 3D 预览图。

7.1 原理图、PCB 设计的正面和背面以及 2D 预览和正面的 3D 预览的截图。

7.2 保存您的 PCB 设计项目,并以“lab6_v72”为文件名上传至 Moodle 平台。

另外，钢琴的印刷电路板（PCB）已经制作完成。将电子元件焊接到 PCB 上。拍摄焊接好的 PCB 的正面和背面的照片。完成焊接后，检查电路板的连接情况，安装 XIAO 开发板并上传从 Moodle 下载的“Button_LED_Flowing”程序。演示 PCB 的功能并拍摄视频。即使焊接未完成或电路未通电，也请拍照并填写答题纸。

7.3 您所焊接的数码钢琴电路板的照片。

7.4 拍摄一段展示数码钢琴的视频,并将其以“lab6_v74”为文件名上传至 Moodle 平台。

8 结论

在这个实验室里，您通过组装红外开关灯和数字钢琴获得了 PCB 设计的实践经验。您对 PCB 的理解得到了增强，此次实验为今后的电子项目奠定了坚实的基础。设计并制作您自己的 PCB。