

作者：信息工程系 赵芳

适用课程：电子线路 CAD

《手机 USB 充电器原理图设计》

摘要：手机 USB 充电器是便捷充电设备，通过 USB 接口连接手机，利用电力转换为手机电池所需的电能，该电路由开关电源和输出电路两部分组成，实现快速、安全地充电。它小巧便携，是智能手机用户不可或缺的配件。手机 USB 充电器原理图设计是一个在 Altium Designer 软件中的综合项目，通过专业的计算机工具实现高效、准确的电路设计。设计过程中，利用 Altium Designer 的丰富元件库，选择符合 USB 充电器需求的电阻、电容、二极管、三极管、集成电路等元件。这些元件的选择基于其电气特性、封装形式及成本考量，确保充电器能够稳定输出 5V 电压和 500mA 电流。本产品有双色 LED 灯指示，充电时为红色，充满电转为绿色。

通过 Altium Designer 生成的原理图文件，可以清晰地展示手机 USB 充电器的电路结构和工作原理，为后续的 PCB 布局、生产及测试提供了可靠的依据。

关键词：Altium Designer 原理图； 元件库； 电气连接

一、背景介绍

随着智能手机普及，高效、安全的充电解决方案成为市场需求。Altium Designer 以其强大的电子线路设计功能，为手机 USB 充电器提供了从原理图绘制到 PCB 布局布线的完整解决方案。设计师能够利用 Altium

Designer 的丰富元件库、智能布线工具及仿真验证功能，快速实现设计迭代与优化，确保充电器性能卓越，满足市场需求，加速产品上市进程。

二、项目案例

（一）项目案例内容

手机 USB 充电器设计案例，源自手机充电器的市场需求。内容涵盖 AC/DC 转换、电压调控及安全保护机制，确保高效充电与设备安全。设计遵循 USB 标准，适应多设备充电需求，提升用户体验。

当接通电源后，220v 输入，通过 D1 整流，C1 滤波，通过电阻 R1 给三极管 Q2 提供基极启动电流，使 Q2 开始导通，其集成电流 IC 线性增长，在 L1 中感应出使 Q2 基极为正、发射极为负的正反馈电压，通过 C2、R2 送到 Q2 基极，使 Q2 迅速饱和，与此同时，感应电动势给电容 C2 充电，随着 C2 充电电压升高，Q2 基极电位逐渐下降，L2 开始减小，在 L2 中感应出使 Q2 基极为负，发射极为正的电压，使 Q2 迅速截止，完成一个震荡周期，在 Q2 截止期间，在 L3 绕阻感应出一个 5v 左右的交流电压，此后，C2 逐渐放电，Q2 基极电压逐渐升高，从而开始第二个周期，不断循环。

完成本项目的设计流程图如下图：



在设计原理图时，根据 USB 充电器的功能需求，合理布局各元件并连接线路。Altium Designer 提供了直观的图形界面和强大的编辑工具，方便进行元件的放置、旋转、对齐及属性设置等操作。软件还支持自动布线功能，进一步优化了电路布局，减少了人工错误。

（二）关键点

项目案例分析中的关键所在，案例教学中的关键知识点、技能点、态度点等；

教学目标：掌握设计原理图步骤；规范设计电路图；检查原理图电气规则；生成原理图报表文件并能正确使用。培养学生创造性的思维和埋头苦干的“工匠精神”。

☆K1：了解 PCB 发展的现状与趋势

☆K2：了解 AD 发展

★K3：熟悉原理图编辑界面

★K4：熟知电路原理图的设计步骤

★S1：建立工程文件

★S2：建立原理图文件

★S3：实现元件库的添加和删减

★S4：修改元器件的属性

★S5：掌握元器件位置的调整方法

★S6：放置电源和地端口

★S7：绘制电路图导线

★A1：培养学生爱国主义情怀

★A2：培养学生精益求精的工匠精神

（三）教学使用

项目案例教学过程中如何进行组织引导，教学组织、过程设计、考核方法、教学效果等；

1. 教学过程（教学设计实施步骤）

步骤 1：AD 概述

（1）发展回顾

（2）AD 功能简介

AD 软件功能强大，课上只是学习 AD 软件的（电路工程设计部分）。

电路工程设计部分包括电路原理图设计系统、PCB（印制电路板）设计系统。

（1）电路原理图设计系统。

（2）印制电路板设计系统。

步骤 2：项目讲解

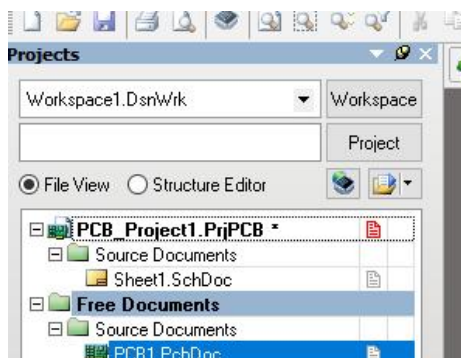
【项目】设计过程中，利用 Altium Designer 的丰富元件库，选择符合 USB 充电器需求的电阻、电容、二极管、三极管、集成电路等元件。这些元件的选择基于其电气特性、封装形式及成本考量，确保充电器能够稳定输出 5V 电压和 500mA 电流。本产品有双色 LED 灯指示，充电时为红色，充满电转为绿色。



(212 汇报：简述在原理图文件中电路图的设计步骤。)

步骤 3：新建 PCB 工程

启动 AD 软件。



步骤 4：元件库的使用

绘制电路原理图主要有如下几步：查找并放置元器件、设置元器件属性、绘制元器件间的电器连接和放置网络标号。

(1) 元件库的添加和删减。

(2) 元器件的查找。

步骤 5：元件的放置

在原理图上放置的所有元器件都具有自身的特定属性。在放置好每一个元器件后，应该对其属性进行正确的编辑和设置，以免给后续的设计带来错误的影响。

(1) 在放置好的元器件上双击鼠标左键。

(2) 也可以在放置过程中，按 Tab 键，在弹出的对话框中修改元器件属性。

步骤 6：原理图布局设计

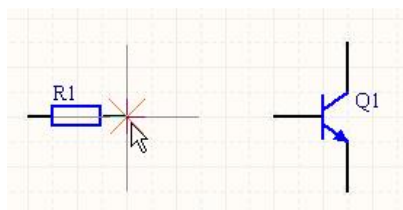
在 Altium Designer 系统中提供了两种放置元件的方法：一种是利用菜单命令或工具栏，另一种是使用面板。在原理图绘制过程中，往往需要多次使用同一种元件，频繁选取会使设计者感觉很繁琐，影响工作效率。原理图中元件的复制、粘贴、阵列式粘贴、排列与对齐等操作。

步骤 7：元件电气连接

电器连接有两种实现方式，一种是直接使用导线将各个元器件连接起来，称为“物理连接”；另一种是“逻辑连接”，即不需要实际的相连操作，而是通过设置网络标签使得元器件之间具有电气连接关系。

(1) 电气连接

- ① 执行绘制导线命令，即可进入绘制导线状态，光标变成米字形。
- ② 单击鼠标左键确定导线的起点，同时出现一个“米”。
- ③ 拉动鼠标，在导线的终点处单击鼠标左键，同时又出现一个“米”。



④ 继续移动鼠标可以连续绘制导线,单击鼠标右键可结束导线的绘制。

课程思政:

由绘制最简单的元器件开始,从同学们熟悉元器件的作用入手,引入“螺丝钉精神”,元器件结构简单,看似不起眼,却是整体不可或缺的一部分。培养学生创造性的思维和埋头苦干的“工匠精神”。

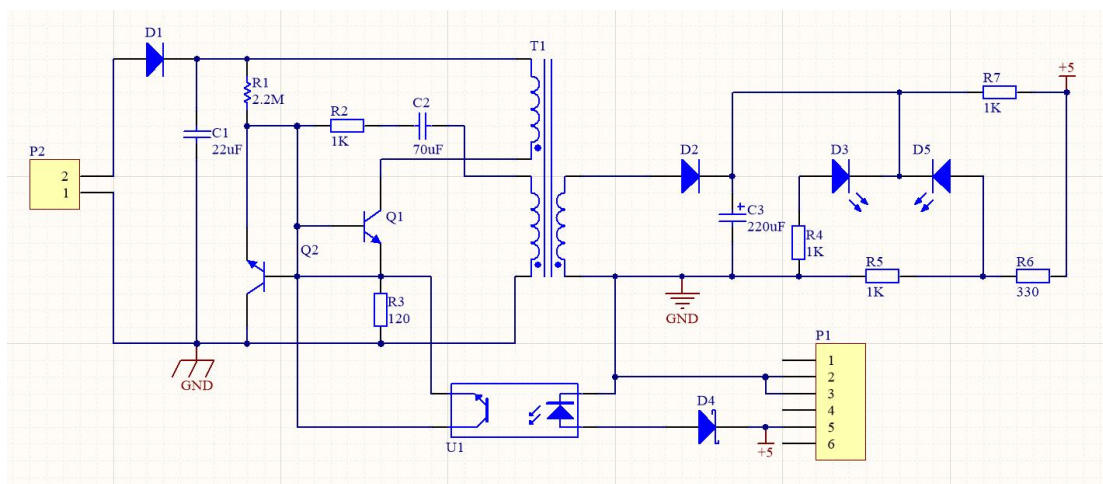


(2) 改变已画导线的长短

单击已画好的导线,导线上会出现绿色小方块(即控制点),拖动控制点可改变导线的长短及导线的方向。

(3) 放置 GND 端口

绘制电路原理图结果:



步骤 8：教师总结

步骤 9：布置作业

学习手册

2. 考核方法

教学目标	学习产出及测量标准
☆K1：了解 PCB 发展的现状与趋势	1. 小组汇报，能完整表述项目文件的主要作用是什么，项目文件主要包括哪些文件，规定时间内完成即合格。 2. 在课上，完成案例练习，能够在 1 分钟内建立工程文件，规定时间内完成即合格。 3. 完成学习手册中课后巩固习题，即合格。 4. 学习手册：通过对自己未来就业规划，完成爱国主义教育，即合格。
☆K3：了解 AD 发展	
★S1：建立工程文件 ★S2：建立原理图文件 ★K4：熟悉原理图编辑界面	
★K5：熟知电路原理图设计步骤 ★A1：培养学生创造性的思维和埋头苦干的“工匠精神”	

★S3: 实现元件库的添加和删减	3. 在课上，完成项目绘制，能够在 15 分钟内完成元件布线，按时提交截图，即合格。
★S4: 修改元器件的属性	
★S5: 掌握元器件位置的调整方法	
★S6: 放置电源和地端口	
★S7: 绘制电路图导线	4. 完成学习手册中课后巩固习题，即合格。
	5. 上课无旷课、迟到现象。
	6. 学习手册：通过对自己未来就业规划，完成爱国教育，即合格。

3. 教学效果

课上教师手把手教学生完成手机 USB 充电器原理图设计，所有学生将绘制好的手机 USB 充电器原理图设计上传学习通。

本课程为参加全国大学生光电设计竞赛提供了一个全面的设计平台，涵盖了原理图设计、PCB 布局、模拟仿真等多个环节。不仅帮助学生掌握了先进的电子设计技术，还提升了他们的实践能力和创新能力。Altium Designer 在竞赛中的应用促进了产学研的结合，为学生提供了与竞赛接轨的机会。今年学生参加第十二届全国大学生光电设计竞赛，获得二等奖，三等奖若干名。

（三）其他相关说明和附件

图表、软件、视频资料信息等。

Comment	Description	Designator	Footprint	LibRef	Quantity
Cap	Capacitor	C1, C2	RAD-0.3	Cap	2
Cap Pol2	Polarized Capacitor (Axial)	C3	POLAR0.8	Cap Pol2	1

Diode	Default Diode	D1, D2	SMC	Diode	2
LED0	Typical INFRARED GaAs LED	D3, D5	LED-0	LED0	2
D Schottky	Schottky Diode	D4	SMB	D Schottky	1
Header 6	Header, 6-Pin	P1	HDR1X6	Header 6	1
Header 2	Header, 2-Pin	P2	HDR1X2	Header 2	1
2N3904	NPN General Purpose Amplifier	Q1, Q2	TO-92A	2N3904	2
Res Semi	Semiconductor Resistor	R1	AXIAL-0.5	Res Semi	1
Res2	Resistor	R2, R3, R4, R5, R6, R7	AXIAL-0.4	Res2	6
Trans3	Three-winding Transformer (Non-Ideal)	T1	TRF_6	Trans3	1
Optoisolat or1	4-Pin Phototransistor Optocoupler	U1	DIP-4	Optoisolat or1	1