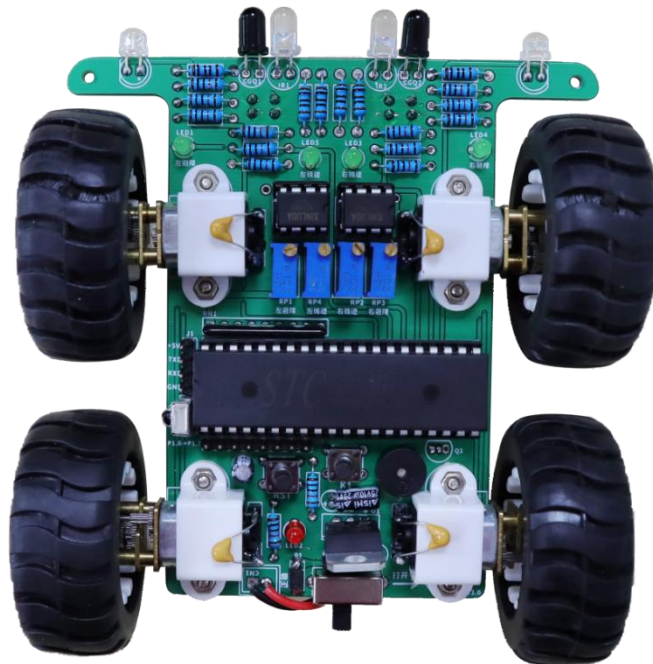


基于 STC89C52 的智能小车设计

作者：莫志宏



一、项目介绍

智能小车是一个非常经典的课程案例，市场上有各种各样的车体模型和套件销售，我们能不能自己去设计一辆智能小车呢，基于这个想法，我们设计了这款以 STC89C52 为主控的智能小车，至于为什么使用 STC 作为主控，主要还是大家对这款芯片的认可度比较高，是一款非常经典的芯片！

应用场景

- 单片机课程教学，以智能小车替换开发板贯穿单片机课程教学。
- 单片机课程设计，让学员根据要求实现相关功能。
- 电子认知与焊接练习，完成智能小车的焊接，激发电子学习兴趣。

功能介绍

- 左右两个车灯，模拟行车过车中的车灯状态。
- 独立按键，练习按键输入与中断功能。
- 无源蜂鸣器，学习音频频率的产生，模拟洒水车音乐。
- 4 个电机驱动，实现 PWM 输出与调速功能。
- 循迹与避障功能，学习比较器电路，实现避障循迹功能。
- 无线遥控，学习无线传输理论，实现遥控功能。

二、总体设计方案

本设计使用了两节锂电池共 7.4V 作为系统供电，经降压到 5V 后给单片机系统进行供电，单片机与按键电路、红外接收电路（无线遥控功能）、避障电路、循迹电路、LED 车灯、无源蜂鸣器以及电机驱动电路进行连接，电路系统框图如下所示。

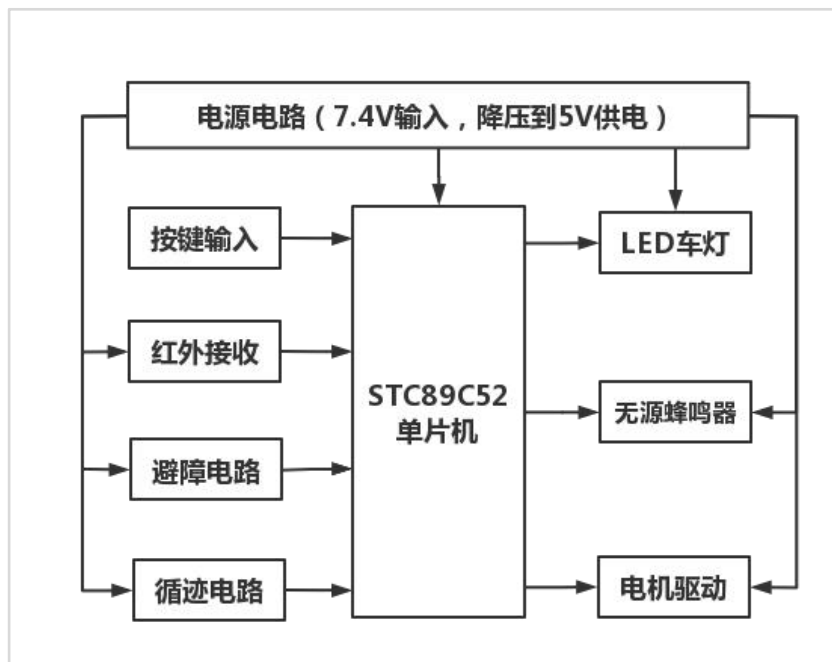


图 1 智能小车系统框图

三、硬件介绍

这样一辆功能丰富的智能小车是如何设计出来的呢，我们接下来将逐一介绍每个电路模块的功能组成。

1. 电源输入

电源是什么？电源是给整个系统提供能量的重要组成部分。“是马也，虽有千里之能，食不饱，力不足，才美不外见，且欲与常马等不可得，安求其能千里也？”车是好车，没有好的电源，那就发挥不出车的性能。在电源的选用上，该项目选用了 7.4V 可充电锂电池，经过一个 7805 降压芯片后给单片机和外围器件提供供电，而电机驱动芯片由电池 7.4V 直接提供。二极管 VD1 起着防反接的作用，LED2 作为电源指示灯，当开关 SW1 打开时，系统开启供电。电源部分电路如图 2 所示。

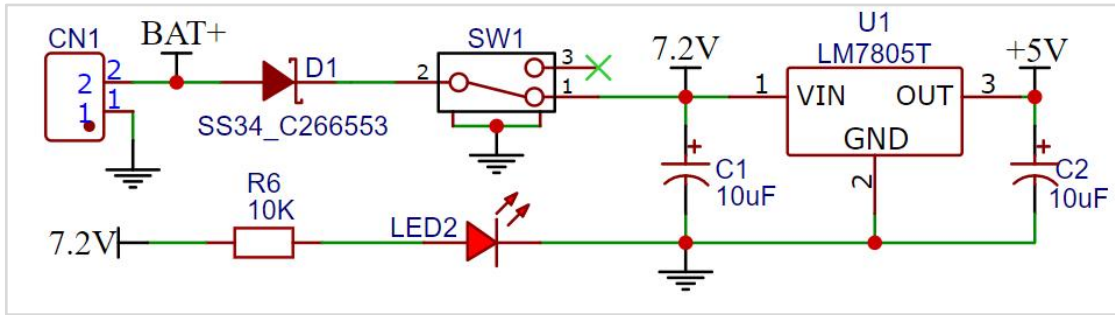


图 2 电源输入部分

2. 单片机最小系统

51 单片机最小系统由主控芯片、晶体振荡器电路、复位电路、下载接口以及 P0 上拉电阻组成。在使用一款芯片设计电路时，不能只是去网络上搜索参考电路，更多地应该去查阅厂家所提供的数据手册，厂家所提供的资料是最有保障的。图 3 所示为 STC89C52 系列单片机器件手册中 1.6 节最小系统应用图。

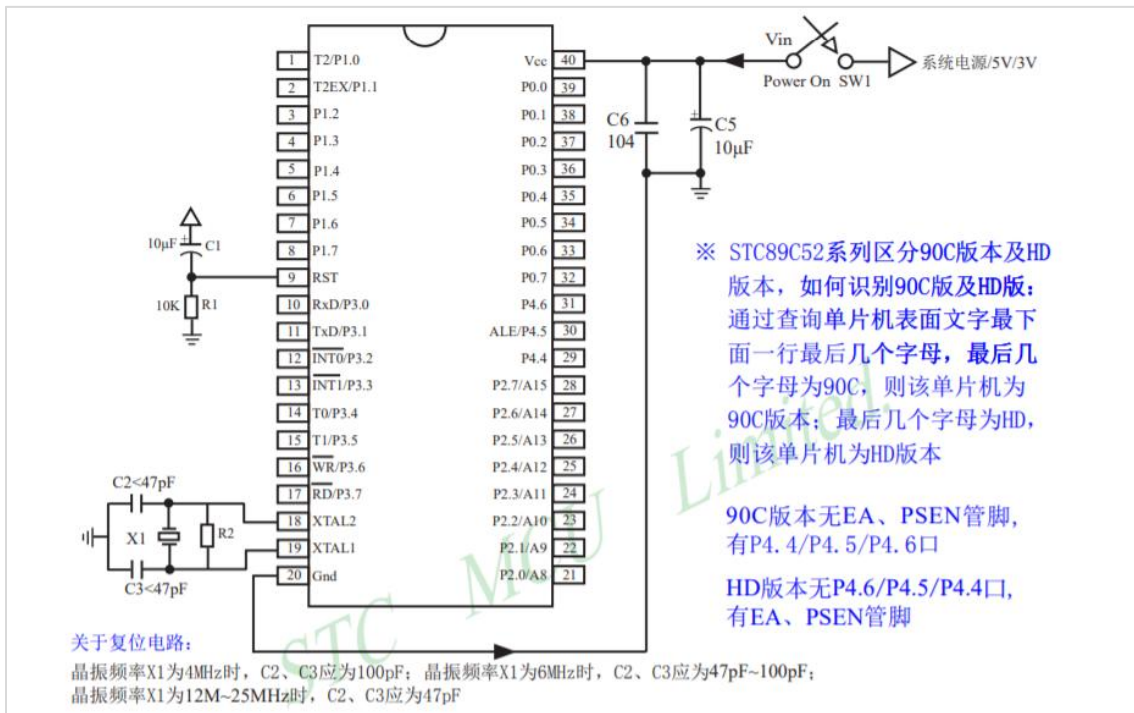


图 3 STC 官网提供资料

最小系统图中说明了复位电路与晶体振荡器电路，下方还有具体的选型参数说明。复位功能在第 9 引脚，设计上给出了用一个 $10k\Omega$ 电阻和 $10\mu F$ 的电容器组成的上电复位电路，结合实际使用情况可以在加一个按键，需要复位的时候按下按键即可。

晶体振荡器功能在 18 和 19 引脚，底下给出的参数选择中提到了晶体振荡器大小、谐振电容 C2 和 C3 大小，以及 R2 的取值，在学习过程中，结合 51 单片机定时器的特性，一般选用 $11.0592MHz$ 的晶体振荡器，因为这个时钟频率在进行分频时可以准确地划分时钟频率，在做波特率通信时所计算出来的值为一个整数，可以保持通信的准确性。

除了图 3 中的最小系统应用电路需要注意外,还需要查看元器件的引脚说明,这能帮助我们更好地理解芯片每个引脚的功能,值得注意的是 STC89C52 的 P0 口(32~39 引脚)比较特殊,在数据手册 1.8 节有专门提到:P0 口内部无上拉电阻,做 I/O 口使用使需要外接一个 4.7~10k Ω 的上拉电阻进行使用(见图 4)。

管脚	管脚编号			说明
	LQFP44 PQFP44	PDIP40	PLCC44	
P0.0~P0.7	37-30	39-32	43~36	P0:P0口既可作为输入/输出口,也可作为地址/数据复用总线使用。当P0口作为输入/输出口时,P0是一个8位准双向口,上电复位后处于开漏模式。P0口内部无上拉电阻,所以作I/O口必须外接10K~4.7K的上拉电阻。当P0作为地址/数据复用总线使用时,是低8位地址线[A0~A7],数据线的[DO~D7],此时无需外接上拉电阻。

图 4 单片机引脚说明(部分)

结合以上理论与计算基础,加上一个程序下载接口就可以使这个单片机正常工作了。该智能小车的主控最小系统电路设计如图 5 所示,其中紫色标注的为网络标签,使用相同的网络标签可以减少连线,使电路看起来更加简洁,RST 用的是一个网络端口,用法与网络标签一致。J10 将多余引脚引出,可以外接其他电路进行学习。

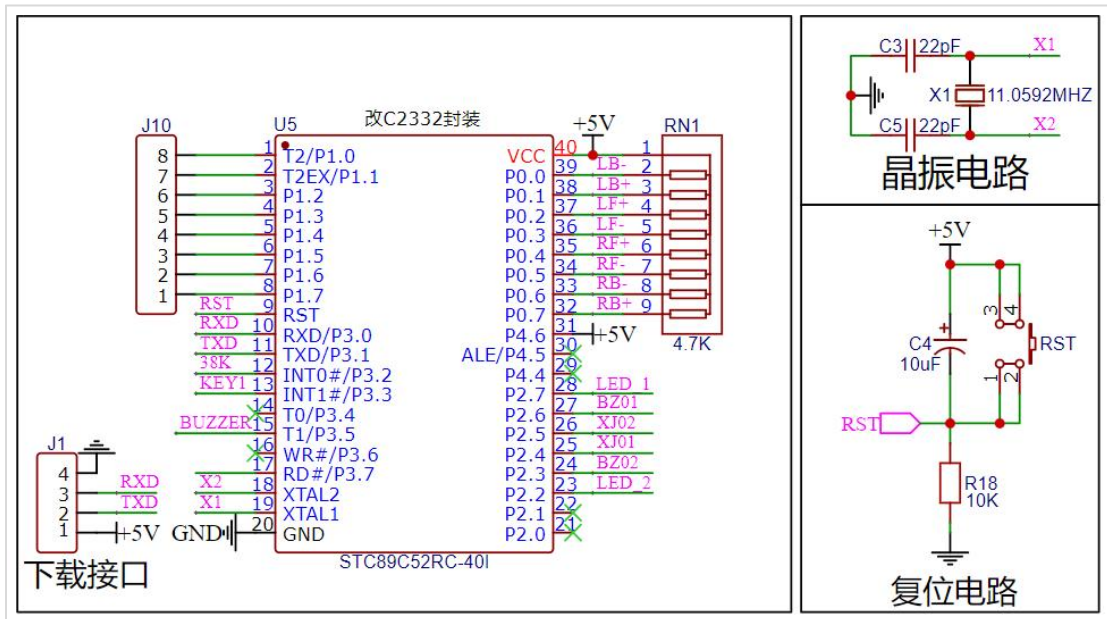


图 5 单片机最小系统图

3. 电机驱动电路

要想小车跑得稳,电机驱动不可少。单片机直接输出的电流太小,不足以带动小车行走。电机电路采用了 RZ7899 电机专用驱动芯片,该芯片外围电路简单,适用于自动阀门电机驱动、电磁门锁驱动等应用电路。它由逻辑输入端口 BI 和 FI 控制电机前进、后退及制动,配合单片机 PWM 输出可以控制电机转速。该应用电路具有良好的抗干扰能力、微小的待机电流、低输出内阻等优秀功能。在焊接时注意在电机上并联一个 0.1 μ F 的瓷片电容起防干扰作用。RZ7899 电机驱动电路如图 6 所示。

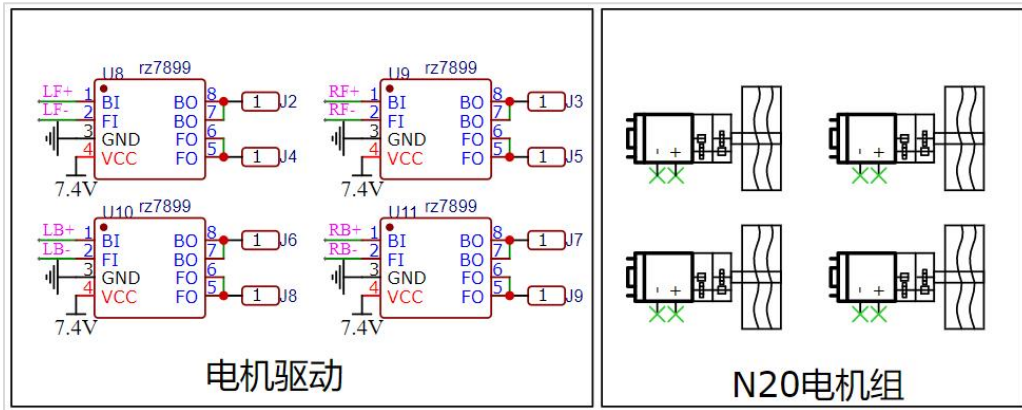


图 6 RZ7899 电机驱动电路

4. 循迹和避障电路

循迹和避障电路都采用 393 电压比较器与两种不同类型红外对管进行设计。循迹电路的对管选用了内部集成发射和接收管的 ITR9909，小车循迹一般是在白色地板上沿着一根黑线行走，利用红外光对不同颜色的反射情况进行识别。红外光一直对外发射，车底如果是白色地板，光线会被折射回去，此时接收管接收到信号，经过比较器输出高电平反馈给单片机，如果小车行驶在黑线周边，红外光会被黑线吸收，接收管接收不到发射的信号，此时比较器电路输出为低电平。避障电路的原理与循迹类似，大家可以自行分析一下。循迹与避障电路如图 7 所示。

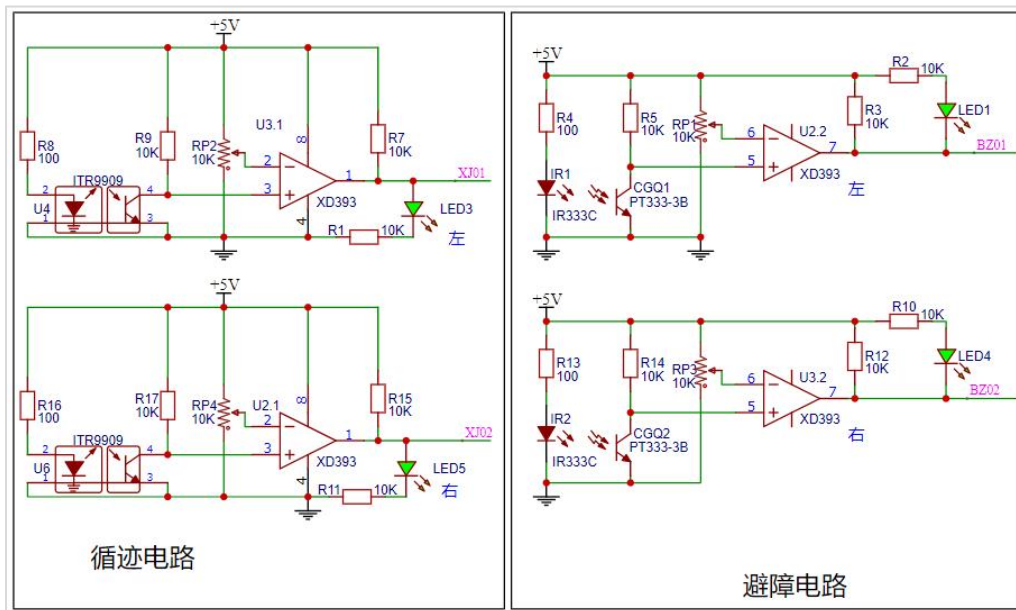


图 7 循迹与避障电路

5. 其他电路

实现小车基本循迹和避障功能后，为了进一步优化小车的功能，我设计了一个按键作为外部控制，也可以用于功能切换和代码调试等功能。既然是要做车，那车灯是必不可少的，我选用了两颗高亮 LED 分布在小车左前和右前方模拟行驶过程中的不同场景进行常亮、双闪，以及近光灯和远光灯等功能。车灯与按键电路如图 8 所示。

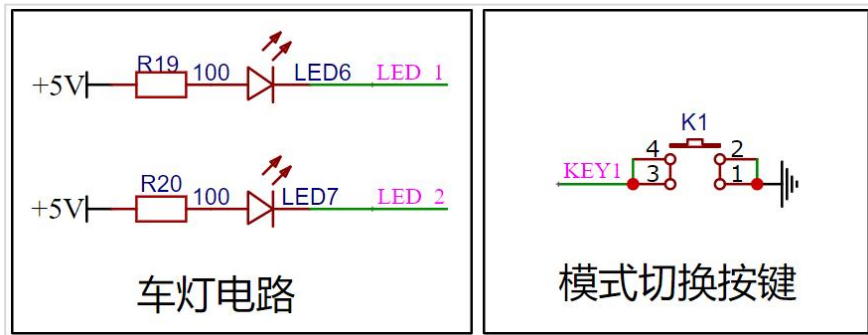


图 8 车灯与按键电路

当汽车行驶过程中遇到突发情况时，我们一般会鸣笛警示，那我们就可以加一个蜂鸣器电路做警报，既然加了蜂鸣器，那就用上一个无源蜂鸣器，这样就可以像洒水车一样边走边播放音乐。由于单片机驱动电流有限，可以加一个数字三极管进行驱动，提高输出能力，如果手头没有合适的管子，直接连接也可以使用。蜂鸣器电路如图 9 所示。

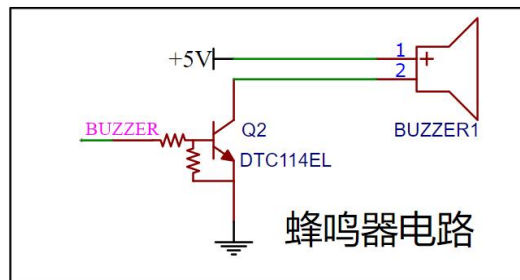


图 9 蜂鸣器电路

遥控功能是十分有用的，在小车行驶的过程中我们无法任意控制行走方向，这时候无线遥控的重要性就体现出来了。遥控的方式有很多，比如蓝牙、Wi-Fi、4G 等常用技术，这里我们选用了更为简单的方案，使用大家非常熟悉的红外遥控，这个你肯定用过，没想到？家里的电视机和空调的遥控器就是一个红外遥控器，红外技术在我们身边的应用其实十分广泛。那如何使用红外遥控器控制小车行走呢，电路连接十分简单，只需要把接收器和单片机连接一个引脚就可以进行通信了，再配套一个遥控器进行控制就好了。红外接收器电路如图 10 所示，遥控器样式图如图 11 所示。

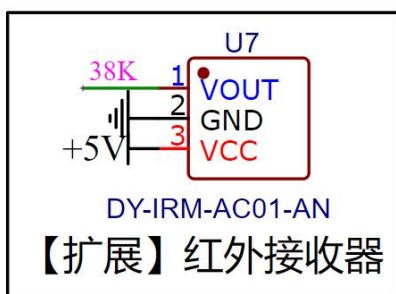


图 10 红外接收器电路



图 11 遥控器样式图

智能小车全部电路整理后如图 12 所示。

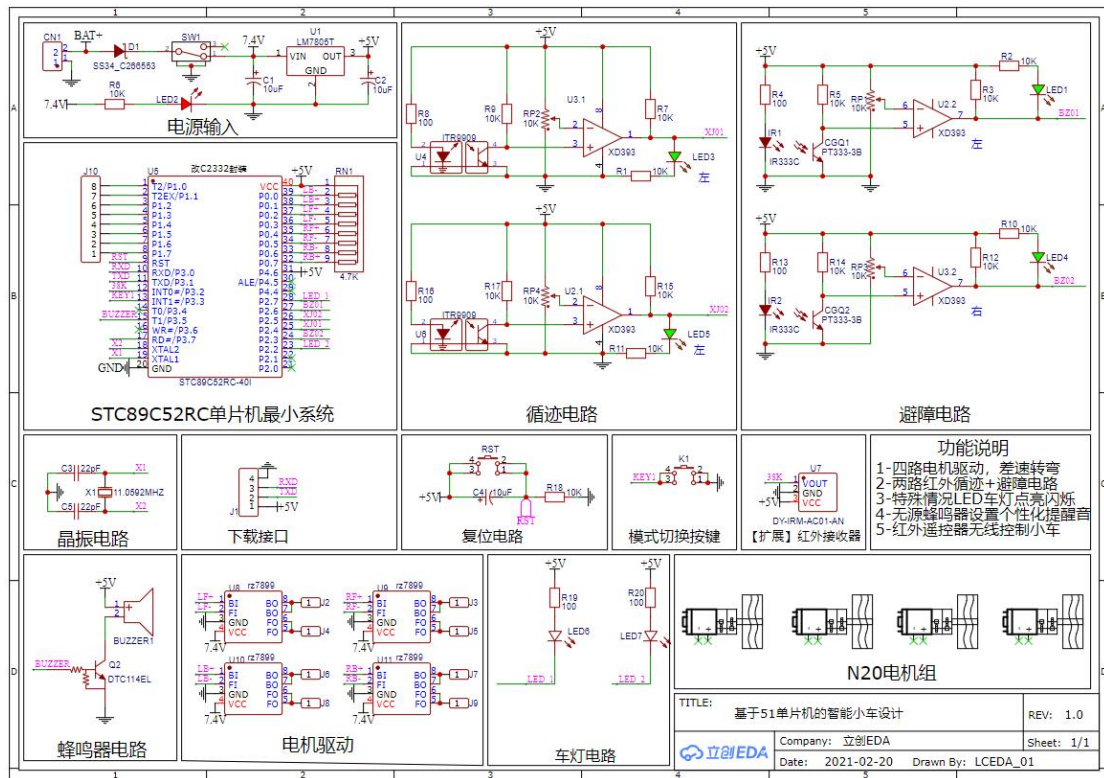


图 12 智能小车电路图

扩展：有源蜂鸣器通电就响，输出固定频率的音调，而无源蜂鸣器需要 PWM 进行驱动，可以输出不同音调。

四、原理图及 PCB 设计注意事项

1. 原理图设计注意事项

(1) 工程创建

在进行原理图设计前，需要先创建工程文件夹，文件归属可以是个人，也可以选择保存到团队里面。如果是学校使用的教育版，需要在对应的教育版工作区内创建工程并保存到对应的班级里。创建工程文件夹后会自动生成一个原理图图纸，需要手动保存到工程内，按照原理图内容修改文件名称。例如工程名为：**【单片机】基于 51 单片机的智能小车设计**，就将原理图命名为：**基于 51 单片机的智能小车设计_SCH**（见图 13）。

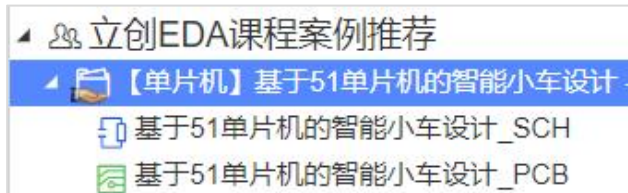


图 13 工程命名参考

(2) 元器件选型与放置

前面已经对电路方案进行了介绍，接下来就可以在立创 EDA 上设计电路了。原理图设计也就是在图纸上放置元器件，连接电路实现电气功能。在放置元器件

的过程中，我们会遇到一个元器件有各种不同封装的情况，比如一个 LED，有的需要两个引脚插到板子里进行焊接，有的可以直接贴到板子上进行焊接（见图 14），而且大小间距各有不同，在设计的时候要考虑我们需要一个什么规格的元器件，它在实验室里有没有，是否可以买得到，选用的封装能不能进行焊接等选型问题。该项目大部分元器件选用了直插元器件，对新手焊接非常友好。

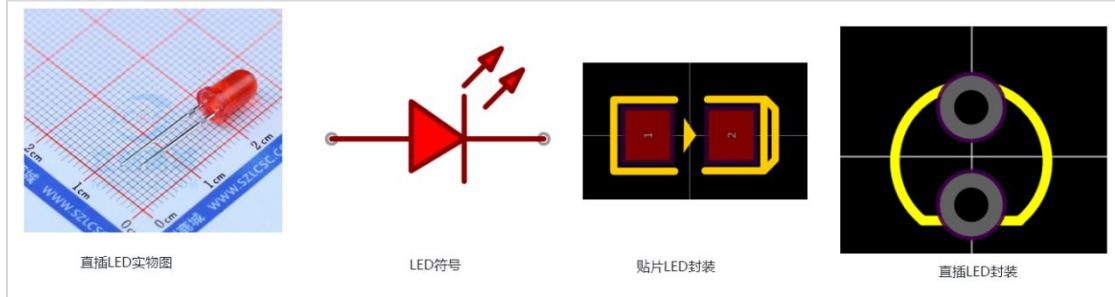


图 14 LED 符号与封装

在选择元器件的时候初学者可以在立创 EDA 的基础库中选择需要的元器件进行调用，基础库的每个元器件都可以下拉选择不同的封装，如果对元器件封装还不熟悉，那可以在元件库中直接对所需元器件进行搜索，比如在元件库中将搜索引擎改为立创商城，在里面输入 1kΩ 电阻，进行搜索，在类目下选择插件电阻后单击“应用筛选”。在搜索出来的结果内找到自己所需的元器件，单击放置到画布就可以放到原理图内进行设计了（见图 15）。

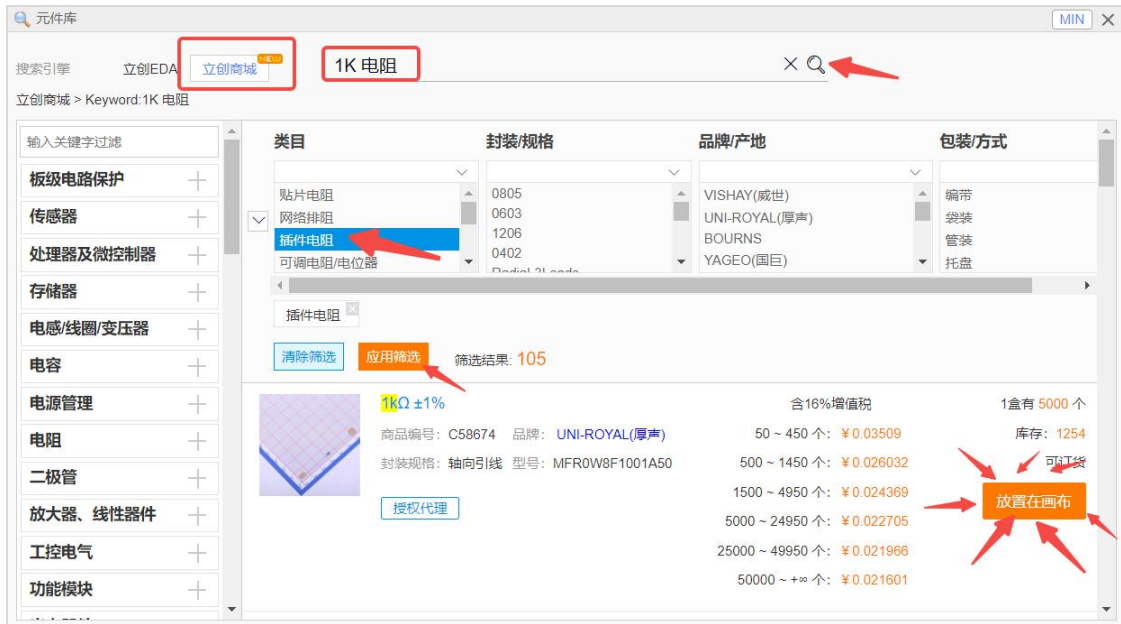


图 15 元件库中搜索器件

立创商城里的所有元器件都有一个唯一的商品编号，使用时也可以将这个编号复制到元件库中进行搜索，例如该项目中小车主控 STC89C52RC 这款芯片的商品编号是：C14022，在元件库中输入编号，单击搜索，类型选择“符号”，库别选择“立创商城”，就可以在里面看到搜索结果，单击放置即可使用这个库进行设计，也可以单击编辑，修改官方库后另存为自己的库（见图 16）。

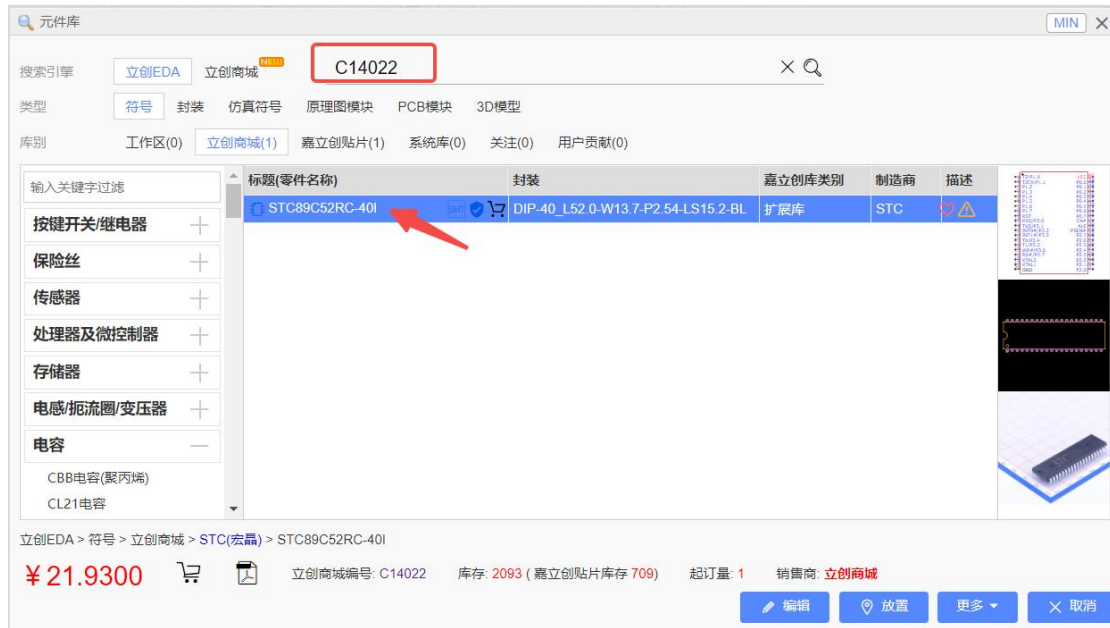


图 16 指定商品编号搜索元器件

对元器件选型不熟悉的同学可以在哔哩哔哩上关注立创 EDA，搜索“51 智能小车”，跟随该项目视频学习如何选择元器件。元器件种类繁多，需要在学习过程中不断地进行积累。设计完成后一定要检查电路，错误的原理图会生成错误的 PCB，导致电路无法正常工作。检查无误后对原理图进行整理，使用绘图工具悬浮窗中的线条工具（快捷键 L）按各模块进行布局摆放，可参考案例进行布局。

2. PCB 设计注意事项

(1) 边框外形

设计完原理图就可以进行 PCB 设计了，PCB 外形是设计过程中第一步需要确定的。既然要做一辆智能小车，那我们要设计的边框就是小车的底盘。使用立创 EDA 里面的边框层进行设计，边框大小控制在 $10 \times 10\text{cm}$ 之内，这样可以免费打样，这样的大小在设计这辆小车的时候是可以的。使用绘图工具中的直线和圆弧工具进行设计，也可以充分利用网格大小和栅格尺寸辅助画线帮助我们更加精准地设计外框。车型和样式可以根据自己的喜好进行设计，不拘泥于参考图，比如卡丁车、四驱车、赛车等。每个人心中的车都是不一样的，我们所做的就是需要把心中所想表达出来。设计参考外形图如图 17 所示。

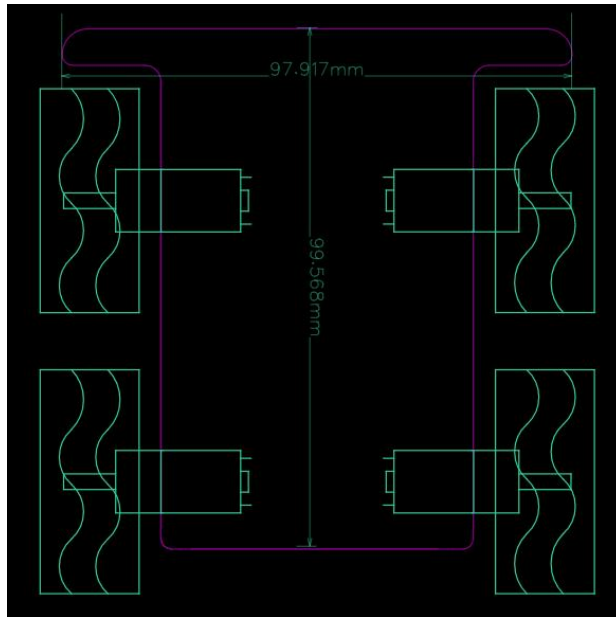


图 17 智能小车外形参考图

(3) PCB 布局

PCB 边框外形确定之后就可以进行元器件布局了,结合智能车的特点将车轮位置摆放在两侧,循迹、避障和车灯电路放在小车前方,4 个驱动分别放在 4 个电机附件,主控最小系统放置中间,电源电路放在板子底部,开关朝外。原理图转 PCB 后的元器件布局是比较随意的,需要手动把元器件摆放到合适的位置再慢慢调整,在进行元器件布局时可以在立创 EDA 原理图顶部菜单栏中选择工具的布局传递功能(快捷键: CTRL+SHIFT+X),这样可以快速地对元器件进行分类布局展示。元器件布局中需要考虑几个原则:①按电路模块布局,每个电路的核心元器件和外围元器件放到一起;②按电路功能布局,特殊元器件布局时周边不能放置元器件,避免干扰等;③按器件特性布局,输入输出接口应放到板子边缘,方便操作。PCB 布局前后如图 18 和图 19 所示。

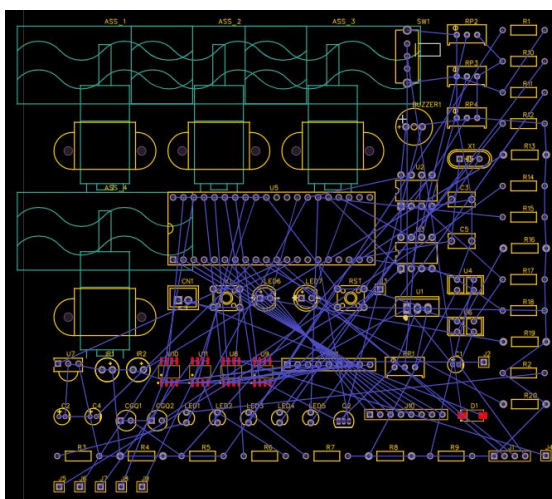


图 18 元器件布局前

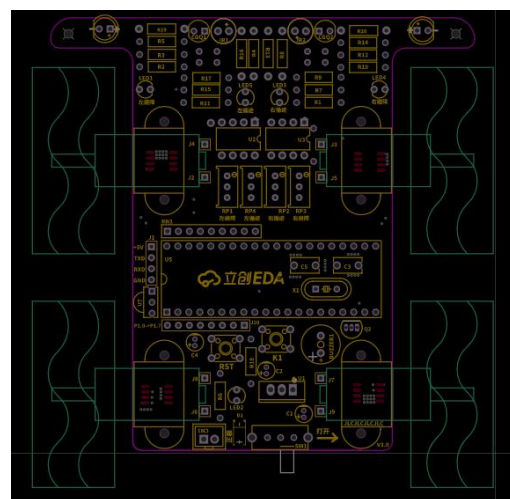


图 19 元器件布局后

(4) PCB 走线

一个好的元器件布局已经完成了整个 PCB 设计的一大半工作，但是前面的布局也只是大概布局而已，实际还需要在 PCB 走线的时候进行调整，边画边调，直到完成我们脑海中的样子。PCB 走线时需要注意以下几个要点，更多的设计要点还需要我们在设计中不断积累经验，提升自己的设计绘图能力。

①电源及信号线走线时按照电流流向，严格按照原理设计图进行布局设计，即使都连接上去了，没有报错，也要考虑先后顺序，先经过 A 再到 B，最后到 C，不能直接从 A 到 C 到 B，这点在初学时尤其重要。

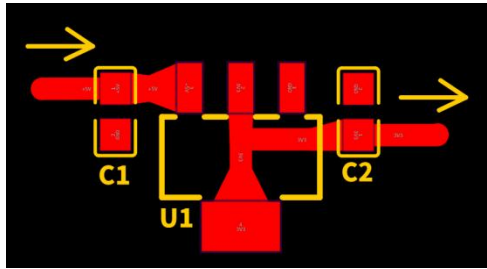


图 20 走线参考

如图 20 所示，芯片 U1 为降压芯片，电源从 C1 左侧输入，经过电容 C1，流到芯片 U1 进行降压后通过 C2 进行输出，在进行布局摆放的时候要求电容与芯片靠近且整齐摆放。

②在 PCB 走线过程中注意线宽设置，电源线应比信号线稍微粗一些，可以设为 30mil，常规信号线设为 15mil。线宽不能设置过细，应考虑工厂生产工艺，嘉立创 PCB 生产工艺如图 21 所示。

线宽	3.5mil	多层板3.5mil 单双面板5 mil	
线隙	3.5mil	多层板3.5mil 单双面板5 mil	

图 21 嘉立创工艺图

③在实际走线过程中两个相同网络的焊盘用导线连接，导线应优先走直线，横平竖直，可以通过调整器件布局使两个点间的连线最短，如果无法保持直线应优先使用 135° 钝角或者圆弧走线，保持设计美观。

制作好的智能小车 PCB 走线如图 22 和图 23 所示。需要的读者朋友可以前往立创开源硬件平台搜索“【单片机】基于 51 单片机的智能小车设计”，查看工程项目。

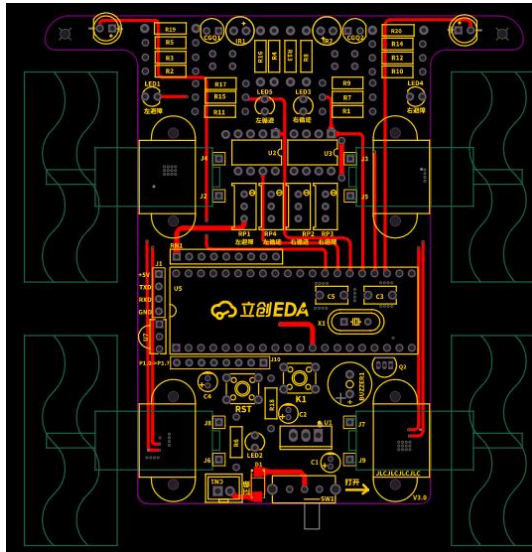


图 22 智能小车顶部走线参考图

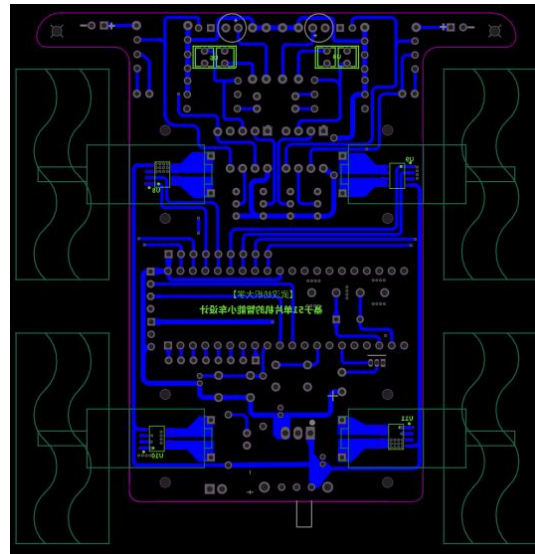


图 23 智能小车底部走线参考图