



数字电路与逻辑 课程设计说明书

题目：网线测试仪

学生姓名:

学 号:

院（系）： 电子信息与人工智能学院

专 业: 网络工程

指导教师:

2023 年 3 月 20 日

陕 西 科 技 大 学

数字电路与逻辑 课程设计任务书

电智 学院 网络工程 专业 _____

电智 学院 网络工程 专业 _____

题目： _____ 网线测试仪

课程设计从 2022 年 7 月 1 日 起到 2022 年 9 月 30 日

1、课程设计的内容和要求（包括原始数据、技术要求、工作要求等）：

数字电路基础与逻辑设计课程为机电大类学生必修课程，本课程设计为数字电路基础与逻辑设计课程的实践活动。通过本课程的实践操作，使得学生能够更好的掌握所学的理论知识与实际的联系，能够更好的将理论应用到实际当中来。

本实践课程的开设，由教研组内老师进行题目的设计，为各班级分配负责老师，专业内学生自行分组，在一个班级内以两人为一组，共同完成设计任务。

本组任务主要如下：

设计一个网线测试其，对常规的网线的通断进行检测，大致要求：

（1）、可以使用开关切换闪烁频率

（2）、主副机独立

（3）、用 LED 灯泡的亮与灭进行指示

根据数字电路基础与逻辑设计课程当中所学到的知识进行综合应用，实现这一需求，进行实物的设计、制作和调试并对相关的功能进行测试，确保满足课题需求；完成报告的撰写，包含相关资料、设计思路以及相关的原理；最

后并对本次课程设计进行总结。

2、对课程设计成果的要求〔包括图表、实物等硬件要求〕:

(1) 查阅收集资料

(2) 论证硬件设计的总体思路

(3) 对系统的每部分应做详细的说明

(4) 打印设计原理图做出设计实物

(5) 设计总结

(6) 提供课程设计实物

3、课程设计工作进度计划:

时间	设计任务及要求
7.1--7.20	总体设计
7.21--8.10	硬件设计、实物焊接
8.21-9.30	综合调试、编写课程设计报告、答辩并完稿

指导教师: 李旭华 日期: 2022.7.1

教研室主任: 侯会芳 日期: 2022.7.1

一、 总设计要求

设计并制作一个网线测试仪，要求能够对市售的五类、超五类、六类网线的八路线路进行通断特性测试，具体要求如下：

测试仪必须包括主机和副机两个独立部分，

(1) 制作时钟源，不允许外接时钟，产生 2Hz 和 1Hz 的输出频率，要求可以用开关切换；

(2) 主机部分由 9V 电池供电，副机部分不得供电；

(3) 主机和副机部分需同时对每一路的通断状态用 LED 进行指示；

(4) 可采用纯电路方式实现，也可以采用单片机实现

(5) 参考芯片：三极管 9012, 9013, LM358, CD4017, 74HC 门电路，电容电阻若干。

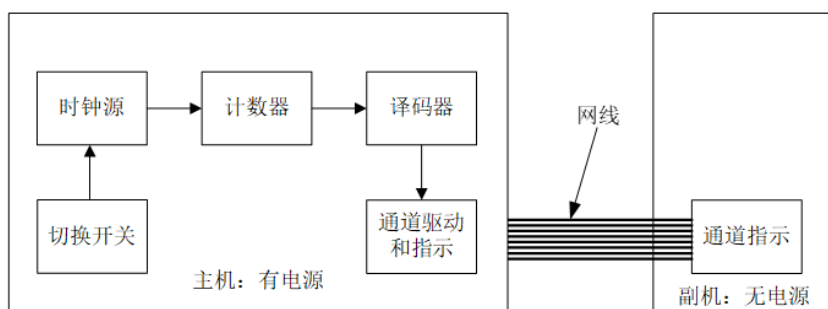


图 1 参考逻辑结构

二、 设计需求分析

1、要实现检测网线的通断性，需要使用可以直接看到的信号进行指示，如：采用八个小灯泡，分别代表每一条线的通断，这样便可以通过灯泡的闪烁、亮灭来直观的观测到网线当中每一条线的物理连接是否正常。

2、网线测试仪一定是要能够自动的、有规律的切换每一个灯泡的亮灭，这样可以更加直观的判断线路两头的对应关系，所以，应该使用一个可控的脉冲发生源来产生此时钟信号。

3、通过其余逻辑电路实现每一个灯泡的顺次亮起以及循环往复的显示。

4、需要使用逻辑电路控制信号源产生的脉冲的频率。

5、观察已有的网线测试仪，如下图：



图 2 网线测试仪实物

6、可以从图中看到，该网线测试仪分为主副两个部分，其中，主副机都有八个小灯泡且各有一个RJ45网口。

7、使用时，打开主机部分，将需要检测的网线的两端插在主副机的网口上，主机部

分的灯泡会依次来回闪烁，这个时候观察副机部分灯泡亮起的顺序即可得出网线连接的情况。

8、该测试仪的主机部分有一个按钮，按下该按钮可以切换主机部分灯泡闪烁的速度，副机部分灯泡的切换速度也随之改变。

9、该测试仪的主副机可拆卸，且副机部分没有电源支持。

10、通过对现有产品的分析、结合课题要求，对网线测试仪的功能及使用方法有了大致的认识，为课程设计指明了方向。

三、 确定设计工具和方法

1、根据功能的实现需求，将网线测试仪分为以下几个部分：

- (1)、信号发生部分：用于发生稳定的时钟信号
- (2)、信号选择部分：在信号源的两种周期的时钟当中进行选择 and 切换
- (3)、计数部分：进行二进制计数
- (4)、译码部分：将计数器数字转换为十进制数字
- (5)、输出部分：用 LED 指示当前测试的线路，并且将电压信号送到 RJ45 接口
- (6)、指示部分：将从 RJ45 接口收到的电压传递到 LED 组内，指示收到的线路

2、在上述确定了各个模块的功能的基础上，选择需要用到的元器件；

3、使用 multisim14 软件进行电路仿真，验证电路的可行性；

4、考虑到元件较多、线路复杂，使用嘉立创 EDA 绘制原理图、设计 PCB 线路板；

5、印刷 PCB 板，以节省焊接步骤，增加线路总体可靠性。

四、 各功能模块的设计及其原理

1、信号发生部分

信号发生部分主要用于产生两个不同频率的脉冲信号（1Hz 和 2Hz），显然，可以选择的有 LC 振荡电路、555 计时器电路以及晶振。若使用 LC 振荡电路，则会存在诸如误差过大、易受外界影响等缺点，若使用晶振，则需要更多的外部支持电路，综上，故使用一个相对稳定和简单的 555 计时电路来完成信号发生的任务。

另外，若使用两个 555 计时电路来发生两个不同的脉冲，则显得其功能上有重复，电路略显繁琐。考虑到 1Hz 与 2Hz 呈 2 倍关系，所以只需要产生一个 2Hz 的脉冲信号即可，1Hz 的时钟信号由 2Hz 进行分频即可得到，而这一部分可以由信号选择部分来进行。

经过计算，使用相应的电阻和电容与 TLC555CP 芯片构成 2Hz 脉冲信号发生电路，其在 multisim 仿真软件里面如下：

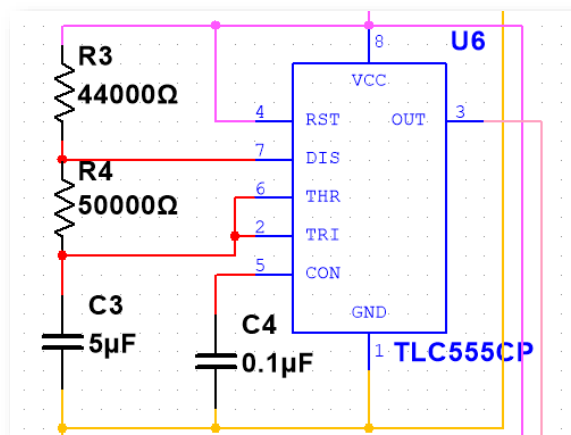


图 3 信号发生部分仿真图

紫色线路为 V_{CC} ，深黄色部分线路为 GND，品红色部分为输出的 2Hz 时钟信号。

当给定的电容，电阻的值如图所示的时候，带入 555 计时器的脉冲频率计算公式：

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\ln 2 (R_1 + 2R_2)C}$$

$$= \frac{1}{\ln 2 (44000 + 2 \times 50000) \times 5 \times 10^{-6}}$$

$$\approx 2.003 \text{ Hz}$$

所以，当 555 芯片外围电路满足上述要求时，可以输出频率十分接近 2Hz 的时钟信号。

2、信号选择部分

信号选择部分主要有两个任务：即满足按钮切换时钟频率的功能和对信号发生部分的 2Hz 信号进行分频的功能。

进行信号分频，首先容易想到的是使用 T 触发器来进行，因为 T 触发器在每一次有效的脉冲边沿会改变一次自身的输出值，这样，当输入信号改变两个周期，T 触发器便完成了一个周期的动作，实现了对输入信号的分频处理。

而要进行信号的选择，这就需要数据选择器的加入，通过控制位高低电平的切换，将原有的 2Hz 和分频的 1Hz 送到计时器的脉冲引脚。而要实现按下按钮时切换控制位的高低电平，T 触发器是一个理想的解决方案。可以将弹起式开关的每一次按下和松开看作一个完整的脉冲，如下图：

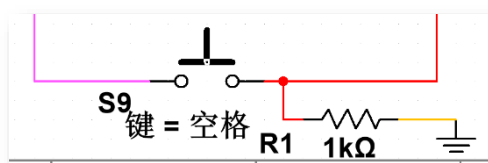


图 4 弹起式开关及下拉电阻

弹起式开关的一侧接入高电平，另一侧通过下拉电阻接地，当按钮按下时，下拉电阻被接在高低电平之间，输出末端直接接入高电平。当按钮松开时，输出末端通过下拉电阻接入低电平信号。所以，在一次按压-松开的过程当中，实现了输出末端的信号的一次周期变化。倘若将其输入后端接入到 T 触发器，则可以实现按压一次按钮，T 触发器的输出进行一次切换；再将 T 触发器的输出送入到数据选择器的地址端，同时将 2Hz 和分频后的 1Hz

接入到数据选择器接入到数据选择器的输入端，则可以实现通过弹起式按钮的按动来进行时钟信号的选择。

所以信号选择部分的整体如下：

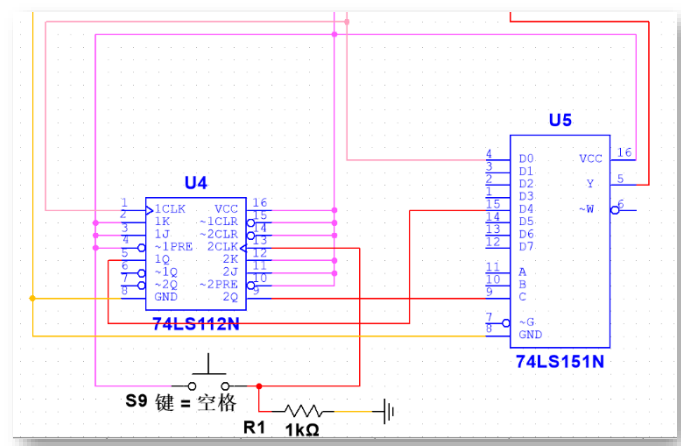


图 5 信号选择部分仿真图

紫色线路为 Vcc，深黄色部分线路为 GND，品红色部分为输出的 2Hz 时钟信号。

通过短接 74ls112 双 jk 触发器的 J、K 端至高电平，实现了 T 触发器的功能。其中，T1 触发器实现分频，T2 触发器实现信号选择的功能。将原有的 2Hz 和分频出来的 1Hz 接入到 74ls151 的两个数据输入端，将 T2 触发器的输出接入到数据选择器的地址端，其余位接地，便实现了通过弹起式按钮进行信号切换的功能。

3、计数部分

由于双绞线内部是八根铜芯线，故需要八颗 LED 灯泡来进行表示，所以，计数器因该是一个模 8 的计数器，这样，在每一次计数满 8 后随即开始下一次计数，实现了 8 颗指示 LED 的循环亮起。

可以通过对 10 进制计数器进行改接以实现模 8 计数的功能，使用异步清零法，状态转换图如下：

可以看到，计数器一共经过了 9 种状态，但是由于最后一种状态时马上被复位，则可

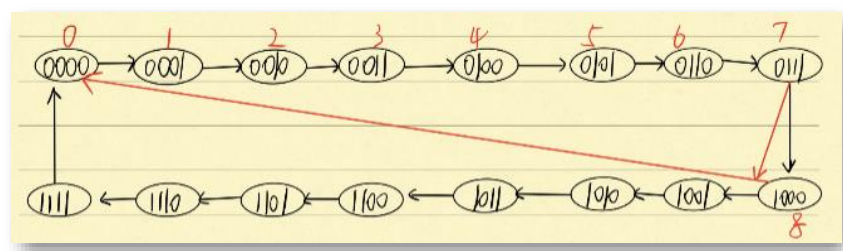


图 6 改接八进制计数器状态转换图

以视作共八种状态。当复位信号产生时，一定是 1xxx 的状态，又因为计数器的异步清零端是低电平有效的，所以，只需要将计数器的最高位进行取反，再将取反的结果接到计数器的异步清零端即可实现八进制计数。

10 进制计数 IC 改接八进制计数器如下：

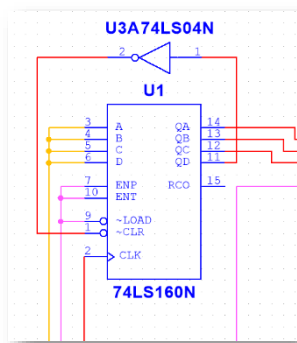


图 7 八进制计数器改接

紫色线路为 V_{CC} ，深黄色部分线路为 GND，CLK 所接红色线路为经过数据选择器选择后的时钟脉冲信号。

如图，将计数器 74LS160 的最高位 Qd 经过 74LS04 的取反后接入到 74LS160 的复位端，实现了模 8 计数的功能。

其实这部分显得有些过于复杂，可以直接放入 74LS161（十六进制计数器）进行计数，只需要不管最高位即可，低三位即是一个八进制计数器，这样设计，可以起到简化电路、节省 IC 芯片（不用使用非门）。

4、译码部分

译码部分较为简单，即为一个三八译码器将计数器的二进制数据转换为 10 进制数据进行显示，只需要将计数器的三位输出接到三八译码器的输入端即可，仿真电路图如下：

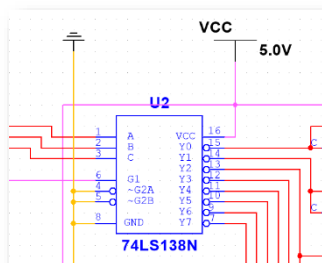


图 8 译码器部分仿真图

紫色线路为 V_{CC} ，深黄色部分线路为 GND。

依次将三八译码器 74LS138 的使能端接好。

计数器的三位二进制数分别接到译码器的 A、B、C，则译码器的八个输出端会依次亮起并循环往复。

需要注意的是，三八译码器 74LS138 的输出端是低电平有效的，即同一时刻只有被译出来的那一端是低电平，而其余输出端都是高电平。

5、输出部分

输出部分主要将由译码器译出的十进制电平输送到待测网线。总体来说，输出部分较为简单，主要由 LED 灯泡、限流电阻和 RJ45 网口构成。

上面提到，译码器的输出是低电平有效，则需要将八个 LED 灯泡接在一起，让为低电平的一组灯泡可以亮起，所以需要将 LED 的一端共同接到 V_{CC} 上，另一端接在译码器输出

端，当译码器的某一个输出端为低电平时，该灯泡被点亮。

同时，考虑到 LED 的电流不能太大，否则会烧坏灯泡，则需要查阅手册，选择合适的限流电阻。在绘制 PCB 选择封装的时候，查阅到了嘉立创商城对应的封装的灯泡的典型工作电流为 3v@20mA，经过计算，选用 100r 的电阻作为限流电阻更为合适。

另外，考虑到指示部分需要使用发光二极管，故输出部分的 LED 也采用发光二极管，以节省材料。

6、指示部分

这一部分即为副机部分，主要用作指示网线的通断性。

通过网线进入本侧 RJ45 网口的电平信号，存在高和低两种信号，由于 74LS138 译码器输出为低电平有效，输出的八组信号，总有一组是低电平，其余七组为高电平，这样，可以通过网线形成一个回路，把对应低电平的发光二极管点亮。若某一条线路出现了问题，则当该条线上面为低电平的时候，指示部分的发光二极管不会点亮。

由于任何一条线路都有可能承载高低电平，即电流都有可能从这条线流入或者流出，那么需要使用二极管来进行限制，防止短路的出现。

该部分 multisim 仿真图如下：

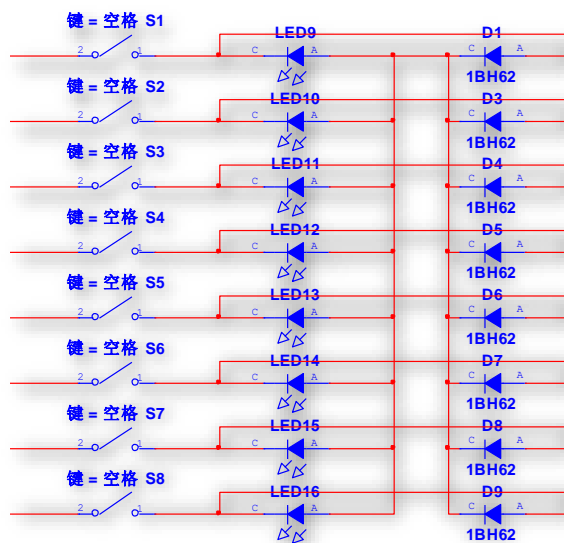


图 9 指示部分仿真电路

使用八个开关分别模拟每一路网线的通断。

如图，假设此时开关全部闭合，若此时第一条线承载低电平，则电流从其余各组经过时，欲流经发光二极管，由于二极管的单向导通性，电流无法流经发光二极管，只能从后方的二极管流过，经由各二极管的电压，汇总于一起，由于第一组存在低电平，故所有电流从这一节点，由发光二极管流回译码器，对于第一个发光二极管而言，有电流流过它，所以它便可以正常发光。若某一时刻，低电平所在的线路损坏，对于整个电路而言，没有低电平的存在，电流无法流经任意一个二极管，故不会发光，此时参考输出部分的发光二极管，就可以确定出出现问题的线路。

可以看到，整个副机部分（指示部分）均无与外界的连接线路，仅仅靠网线作为介质

进行信号的传输。

同时，我们仍然需要考虑到发光二极管的保护，需要加入适当的限流电阻，使得整个模块的发光二极管安全工作，最终，这个模块的原理图如下：

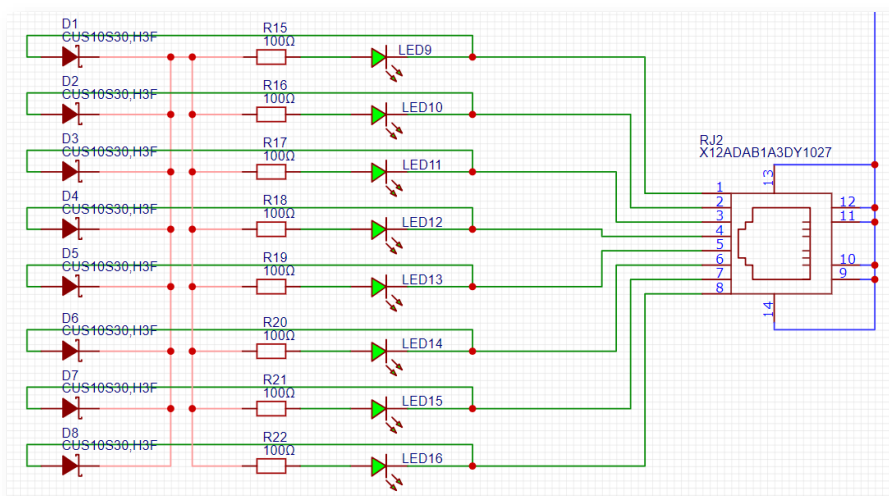


图 10 显示部分原理图（带网口）

如左图，RJ45 网口引出八条线，分别接到每一组上，限流电阻选用 $100\ \Omega$ 大小。

RJ45 网口上，9、10、11、12、13、14 引脚为该封装的焊接和接地引脚，和指示部分电路无关。

五、总原理图

1、Multisim 仿真图

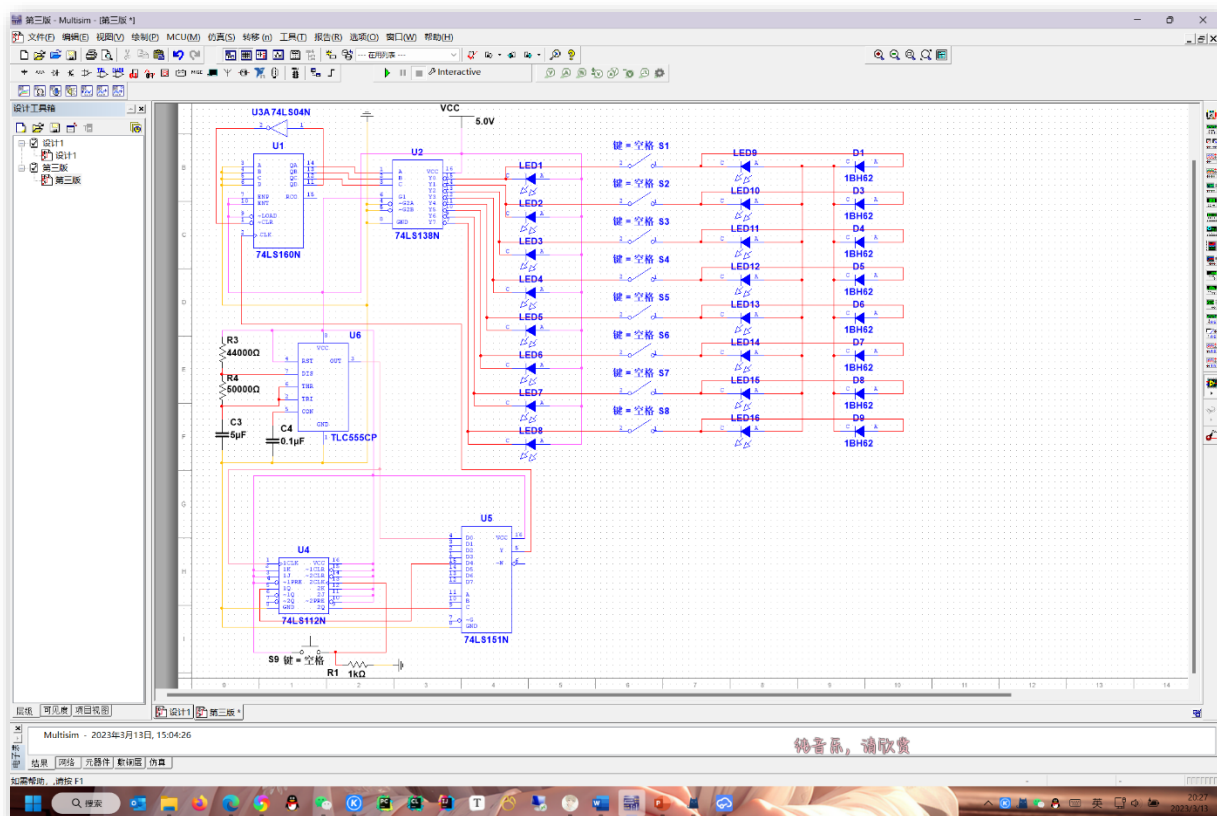


图 11 仿真图全部

2、嘉立创原理图

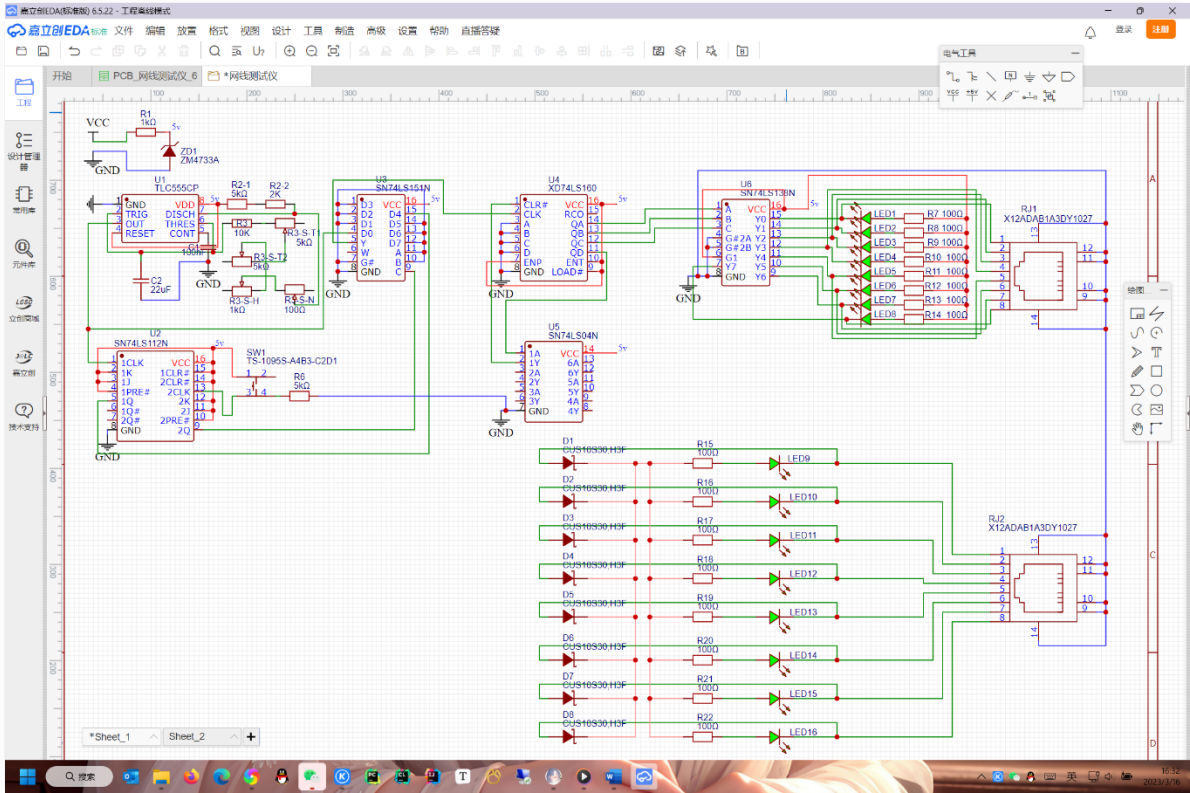


图 12 立创 EDA 原理图

3、仿真图和实际原理图的区别

- (1)、信号发生源部分由于现实中不存在理想的电阻电容，均会有误差存在，故把 TLC555CP 的周围电路电阻用成可变电阻，并分为千欧姆、百欧姆和十欧姆的量级进行调节，这样即使存在误差，也可以在示波器下通过调节各电阻的值来纠正误差，得到想要的频率；
- (2)、原理图中，要考虑到每一个 IC 的引脚如何接，故连线更为复杂；
- (3)、实际中的元器件的封装可能会多出来一些引脚，这些引脚可能并无作用，但是也应该进行焊接，如：外壳接地、固定等；
- (4)、需要考虑二极管的正向压降，如：对于指示部分，需要考虑到网线接口以及传输过程接触不良的损耗、二极管的正向压降，如果限流电阻取值过大，则会导致这一侧的发光二极管亮度太低。因此，为了减少需要购买的电阻的种类，这里可以选用正向压降更低的肖特基二极管，减小正向压降导致的发光二极管偏暗的情况。
- (5)、需要考虑电源和 IC 的电压范围，此处选用的 IC 芯片都是耐压 5v 左右，为了保证电压不会太高，故使用稳压管配合分流电阻来保证稳定电压的输出。

六、 设计和制作过程

1、由于电路整体规模较大、线路较为复杂，为了减小焊接开支、降低焊接时引入的影响，故使用嘉立创印刷免费 PCB 板进行焊接，设计、布线的 PCB 板如下：

(1)、PCB 板顶层

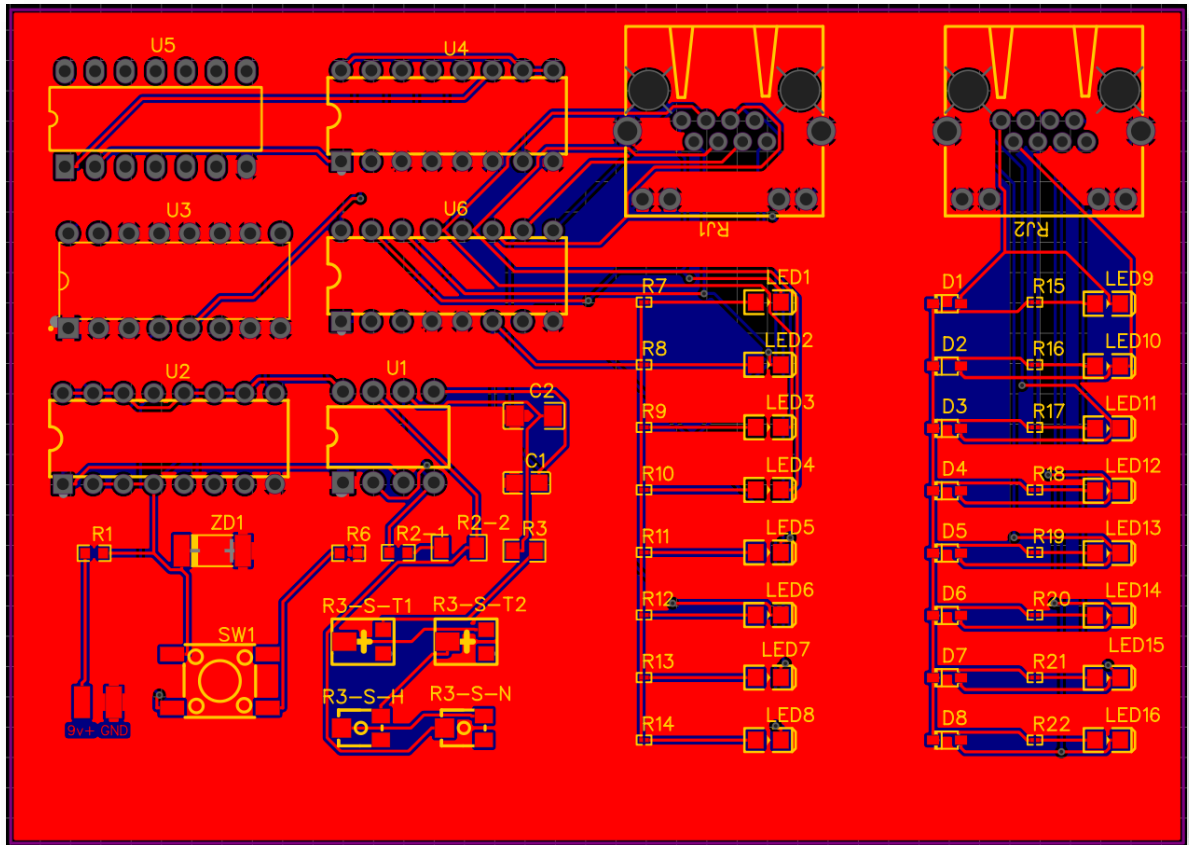


图 14 PCB 板顶层图

(2)、PCB 板底层

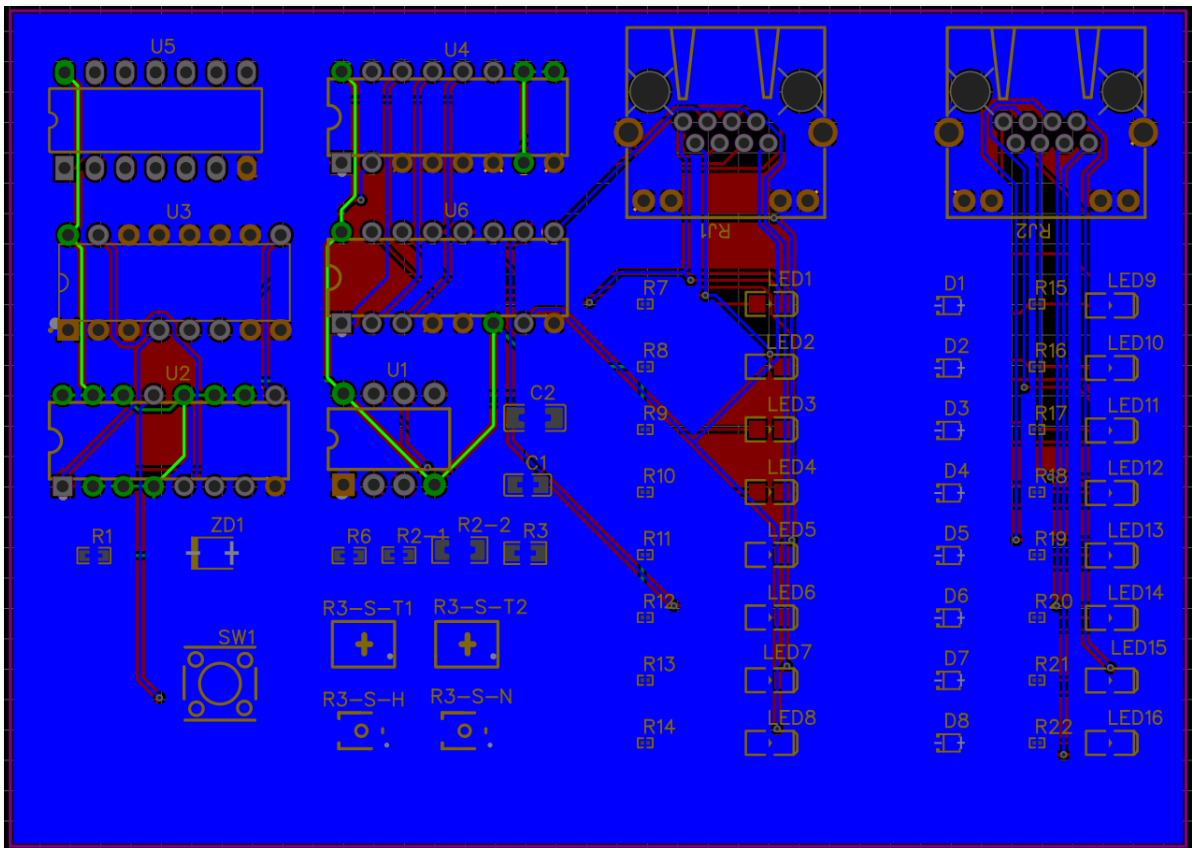


图 13 PCB 板底层部分

(3)、PCB 设计说明

覆铜：由于多处需要接地，为了接地更为方便以及线路板的美观，故对 PCB 双面进行覆铜处理；

主副机部分并没有连接在一起，副机部分的覆铜仅仅是连接固定了 RJ45 网口的插座，没有和内部电气连接；

布线使用嘉立创 EDA 内的自动布线功能进行自动布线；

PCB 封装均采用立创商城内元件封装，多数元件均在立创商城购买，封装和实物均能对应上。

2、元件列表

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
ID	Name	Designator	Footprint	Quantity	Manufacturer Part	Manufacturer	Price	Pins	3DModel	Resistance	Resistance	Resistance(Ohms)
1	100Q	R7,R8,R9,R10,R11,R12,R13,R14,R15,R16,R17,R18,R19,R20,R21,R22	R0201	16	WR02X100FAL	Walsin Tech Corp	0.008	2	R0201_L0.6-W0.3-H0.3		100	
2	100nF	C1	C0805	1	CL21B104J8C9NNC	SAMSUNG	0.12	2	C0805_L2.0-W1.3-H1.3			
3	22uF	C2	C1206	1	EMK316B0226ML-T	TAIYO YUDEN	0.29	2	C1206_L3.2-W1.6-H1.3			
4	LED_0805_G	LED1,LED2,LED3,LED4,LED5,LED6,LED7,LED8,LED9,LED10,LED11,LED12,LED13,LED14,LED15,LED16	LED0805_GREEN	16	NCD0805G1	国星光电	0.109	2	LED0805_Green			
5	1kQ	R1	R0603	1	PTFR0603D1K00P9	ResistorToday	0.284	2	R0603_L1.6-W0.8-H0.8		1K	
6	9kQ	R2_LR6	R0603	2	RTT03500JFTP	RALEC	0.01	2	R0603_L1.6-W0.8-H0.8		5K	
7	2K	R2-2	R1206	1	RC1206FR-072KL	YAGEO	0.024	2	R1206_L3.2-W1.6-H0.6		2kQ	
8	10K	R3	R0805	1	RT0805BRD0710KL	YAGEO	0.231	2	R0805_L2.0-W1.3-H0.6		10KQ	
9	1kQ	R3-S-H	RES-ADJ-SMD_VG039NCH	1	VG039NCHXTB102	HDK	0.52	3	RES-ADJ-SMD_3P-L3.8-W3.0-H1.2-P1.90		1K	1K
10	100Q	R3-S-N	RES-ADJ-SMD_VG039NCH	1	VG039NCHXTB101	HDK	0.603	3	RES-ADJ-SMD_3P-L3.8-W3.0-H1.2-P1.90		100	100
11	9kQ	R3-S-TLR3-S-T2	RES-ADJ-SMD_3P-L3.8-W3.6-P1.90-BL	2	VG039NCHXTB502	Hokuriku Elec Industry	0.556	3	RES-ADJ-SMD_3P-L3.8-W3.0-H1.2-P1.90		5K	5K
12	X12ADAB1A3DY1027	R01,R02	RH45-TH_XXB_X12ADAB1A3DY1027	2	X12ADAB1A3DY1027	XXB Connectivity(中国蓝坤)	3.12	14				
13	TS-1095S-A4B3-C2D1	SW1	SW-SMD_4P-L6.0-W6.0-P4.50-LS8.5	1	TS-1095S-A4B3-C2D1	Yuandi	0.22	4	SW-SMD_4P-L6.0-W6.0-P4.50-LS8.5			
14	TLCS555CP	U1	DIP-8_L9.7-W6.4-P2.54-L57.6-BL	1	TLCS555CP	TI(德州仪器)	2.96	8	DIP-8_L9.8-W6.6-H3.5-L57.62-P2.54			
15	SN74LS112N	U2	DIP-16_L19.8-W6.5-P2.54-L57.6-BL	1	SN74LS112NOut of stock	TI	4.84	16	DIP-16_L20.0-W6.4-H3.5-L57.62-P2.54			
16	SN74LS151N	U3	PDIP-16_L19.3-W6.4-P2.54-L57.9-BL	1	SN74LS151N	TI(德州仪器)	3.62	16	PDIP-16_L19.3-W6.4-P2.54-L57.9-BL			
17	XD74LS160	U4	DIP-16_L19.8-W6.5-P2.54-L57.6-BL	1	XD74LS160	XINLUDA(信路达)	2.47	16	DIP-16_L20.0-W6.4-H3.5-L57.62-P2.54			
18	SN74LS138N	U6	DIP-16_L19.8-W6.5-P2.54-L57.6-BL	1	SN74LS138N	Texas Instruments	3.53	16	DIP-16_L20.0-W6.4-H3.5-L57.62-P2.54			
19	SN74LS04N	U5	PDIP-14_L19.7-W6.6-P2.54-L58.3-BL	1	SN74LS04N	Texas Instruments	9.38	14	PDIP-14_L19.7-W6.6-H5.1-P2.54-L58.3-BL			
20	2M4733A	ZD1	LL-41_L5.0-W2.5-L55.0-RD	1	2M4733A	SEMTECH	0.27	2	LL-41_R02.5-L5.0			
21	CUS105301H3F	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8	SOD-323_L1.8-W1.3-LS2.5-RD	8	CUS105301H3F	TOSHIBA	0.274	2	SOD-323_L1.7-W1.3-H1.1-LS2.5			

图 15 元件列表

3、焊接过程

由于在选择封装的时候用到了贴片元件，故此处同时需要焊接直插元件和贴片元件，其中直插元件多为 IC 芯片，贴片元件多为电阻电容和二极管。

焊接直插元件时，使用电烙铁和焊锡丝进行，可以辅有助焊剂。



图 16 电烙铁焊接直插元件

焊接贴片元件时，使用中温锡浆和加热台进行，如下图：

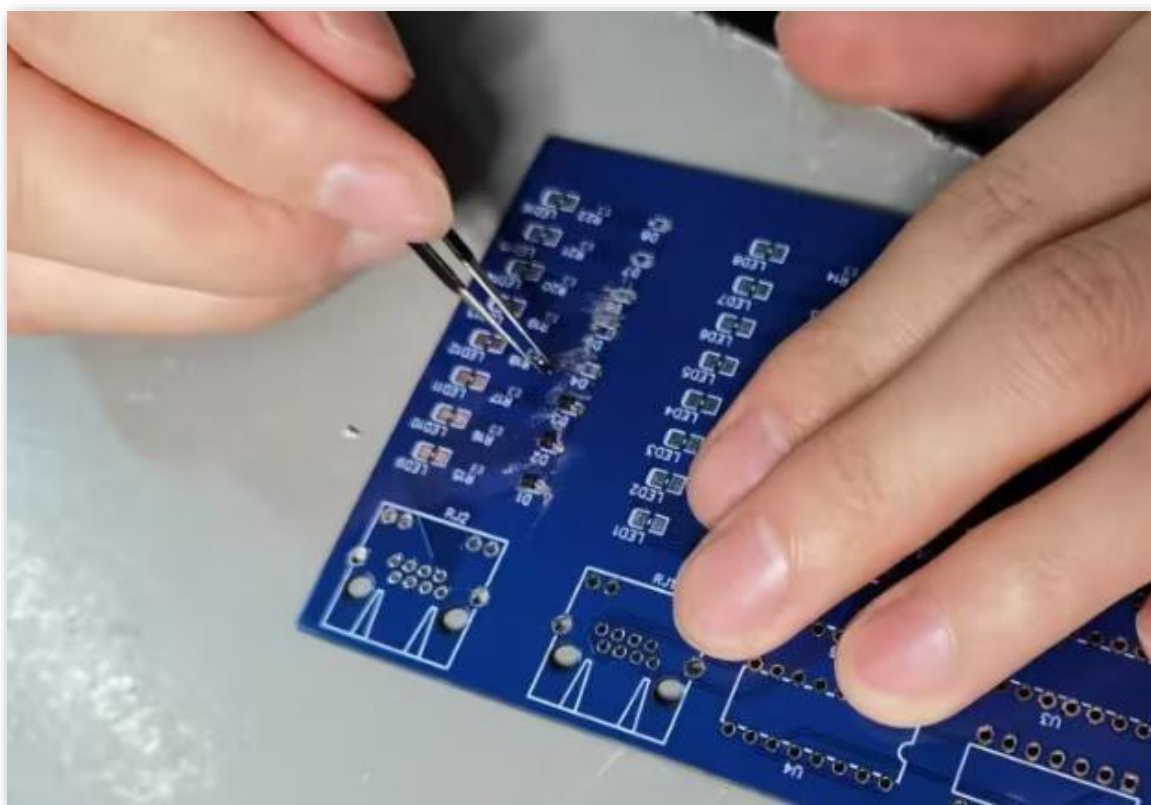


图 18 用低温锡浆和镊子贴二极管

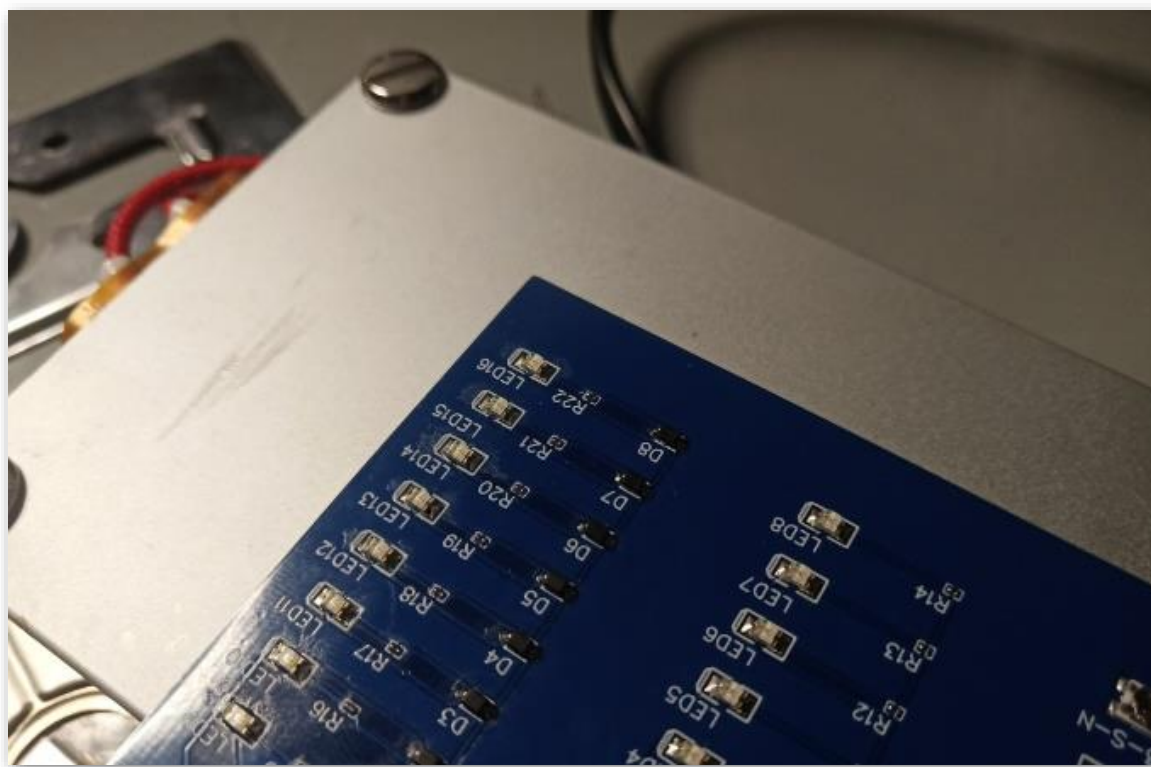


图 17 加热台融化锡浆进行焊接

最终焊接完成的实物图：

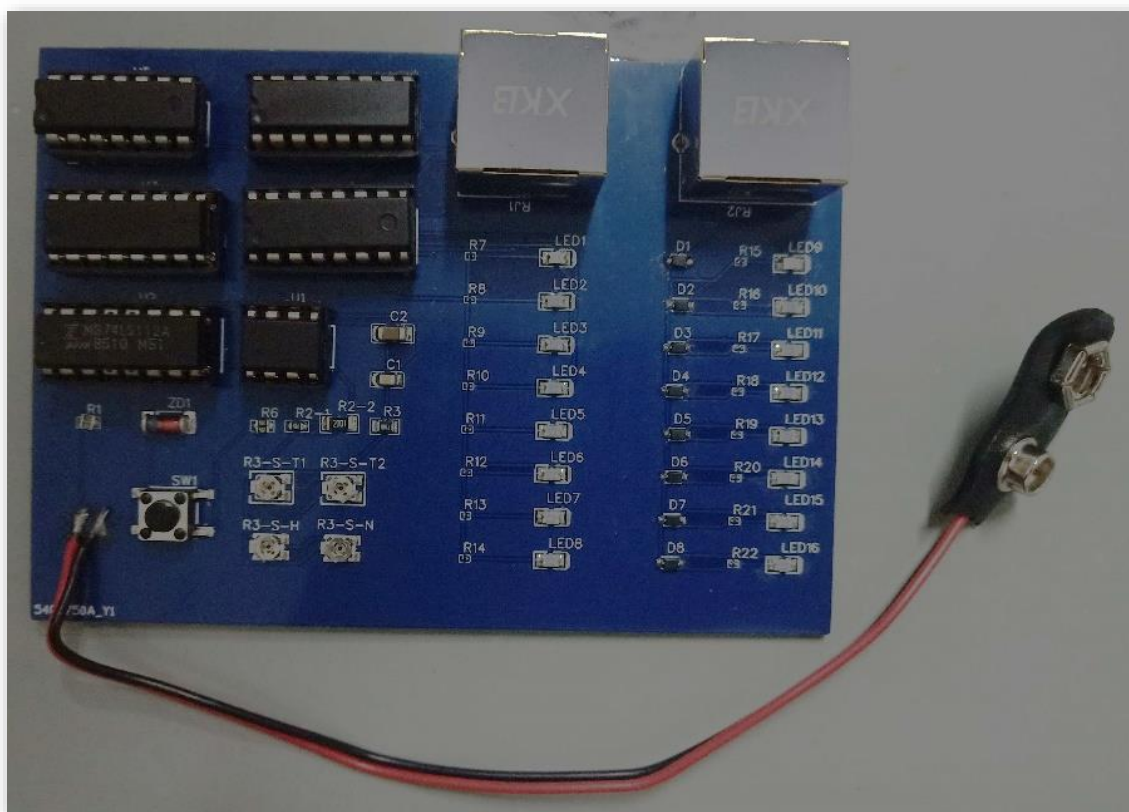


图 19 焊接完成实物图

由于贴片元件和直插元件均需要焊接，为了避免直插元件引脚太高把 PCB 板垫起导致在加热台上焊接贴片元件时温度不足，故需要先进行贴片元件的焊接，接下来再使用烙铁对直插元件进行焊接。

考虑到经济原因，购买的发热台为“能用”水平，温度可能达不到足够高，故焊锡浆不能选用高温锡浆，又由于低温锡浆存在强度低、易掉落的问题，故选用中温锡浆作为贴片元件的焊料。

焊接直插元件时，为了能减小失误，增大调试空间，故大多直插元件并没有直接焊接到 PCB 板上，而是将 IC 插座焊接到板上，再将 IC 芯片插接到插座上，这样可以方便拆卸和更换元件，出现问题后也便于更换。

七、 功能测试与调试

1、简单的调试

网线测试仪整体较为简单，无太多需要调试的地方，仅脉冲发生部分电路需要调试其时钟频率，使得其能稳定的发生 2Hz 的时钟脉冲。

调试过程较为简单，将示波器鳄鱼夹红色夹子夹在 TLC555CP 的第三引脚，将黑色鳄鱼夹夹在任何接地部分（可以是电源负极、RJ45 网口外壳，等），将示波器波形调到合适的大小，观察波形的周期，调节可变电阻，使得频率接近 2Hz 即可。

2、功能测试

测试功能主要是检测网线测试仪在检测网线通断时的表现。

首先，可以测试一条正常的直通线（两端水晶头都按照 T568-B 顺序压制），可以看到，主机部分和副机部分的发光二极管按照同一顺序亮起，代表网线正常、测试仪工作正常。

再者，可以测量一条正常的交叉线（两端水晶头按照 T568-A 和 T568-B 分别压制），其对应关系如下：

表格 1 交叉线线序

水晶头线序	1	2	3	4	5	6	7	8
T568-A	绿白	绿	橙白	蓝	蓝白	橙	棕白	棕
T568-B	橙白	橙	绿白	蓝	蓝白	绿	棕白	棕

所以，当交叉线的一头按顺序亮起时，另一头的顺序为：3、6、1、4、5、2、7、8，可以通过这个顺序来判断交叉线是否正常。

最后，可以测试一条明知有损坏的网线，发现当该网线损坏的线芯对应的一路亮起时，副机部分不会亮起，遂可以发现该线芯有损坏。

八、 总结

1、设计具有特点的地方

- (1)、使用 PCB 线路板和贴片元件，更加美观；
- (2)、使用 JK 触发器进行分频和选频，提高了电路的精简度；
- (3)、使用可变电阻调节时钟频率，消除了元件误差；
- (4)、指示部分使用大量二极管，即使只有两条线通着也可以进行测试和指示；
- (5)、选用低功耗的发光二极管，无需 IC 具有很大的驱动能力。

2、设计存在的有待改进的地方

(1)、计数部分有冗余，可以使用 74LS161 集成十六进制计数器来代替 74LS160 和非门构成的八进制计数器；

(2)、PCB 板设计存在不合理的地方，如电池电源线的焊盘应该过孔，而不是单面留一个焊盘，以增加焊接电源线的牢固性；

(3)、部分拉电阻（上拉电阻、下拉电阻）以及稳压管的限流电阻的取值不是很合适，电阻贴上线路板后发现发光二极管灯光暗弱，遂只能在焊盘上再挤在一起并联一个电阻以降低阻值，使得电路工作正常。

3、在本次课程设计当中，我们尝试学习了许多新的知识，所谓“道虽迩，不行不至；事虽小，不为不成”，只有在一次次的学习、尝试和探索之中才能发现，这看似简单的课程设计背后，却也有许多需要我们注意和掌握的细节和技巧。我们认为，课程设计的目的在于梳理课程内容，通过课程设计，我们可以培养自己的动手能力、解决实际问题的能力以及系统思维能力等。总之，在本次课程设计中，我们收获了很多知识和技能，也感受到了学习的乐趣和挑战，在这里尤其要感谢深圳嘉立创科技集团股份有限公司，通过嘉立创的教程和文档，我们逐步的学习了原理图、封装、PCB 设计、布线等知识，并且使用立创 EDA 进行绘板制图，用嘉立创提供的免费封装库和免费打板完成了 PCB 的设计和

生产。最后，我们在今后的学习中，能够继续了解学习数字电路等方面的知识，并将其运用到实践中去。