



芯创讲师团

复旦大学集成电路与微纳电子创新学院

面包板电子实践

——均匀方波发生器

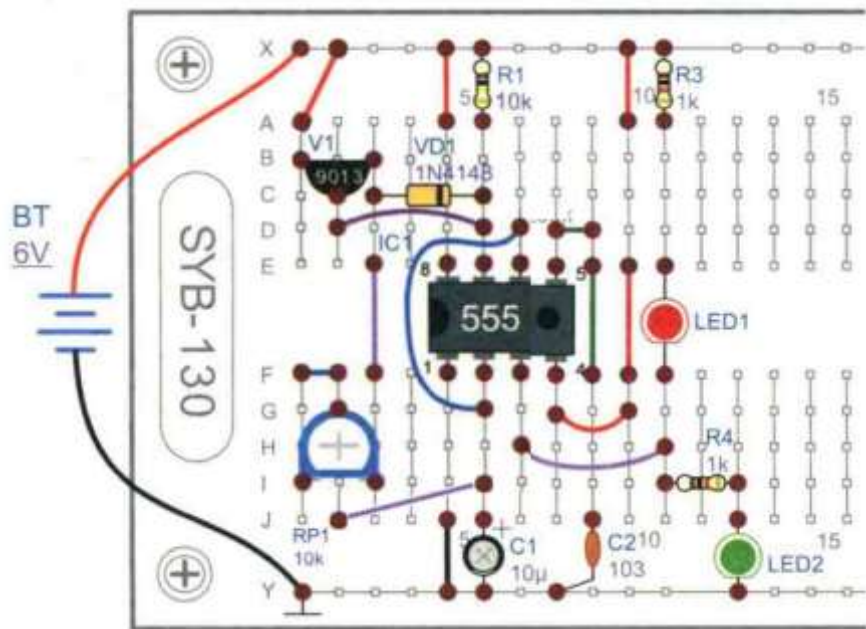
复旦大学 芯创讲师团

2025年4月



实验简介

- 均匀方波发生器：在本实验中，555电路被配置为方波发生器，产生振荡波形驱动一个发光二极管，实现均匀时间的明暗交替效果。
- 实验目标：依据装配图在面包板上完成电路搭建，实现小灯泡均匀时间的明暗交替效果。



装配图



实物图



01

小灯泡电路制作

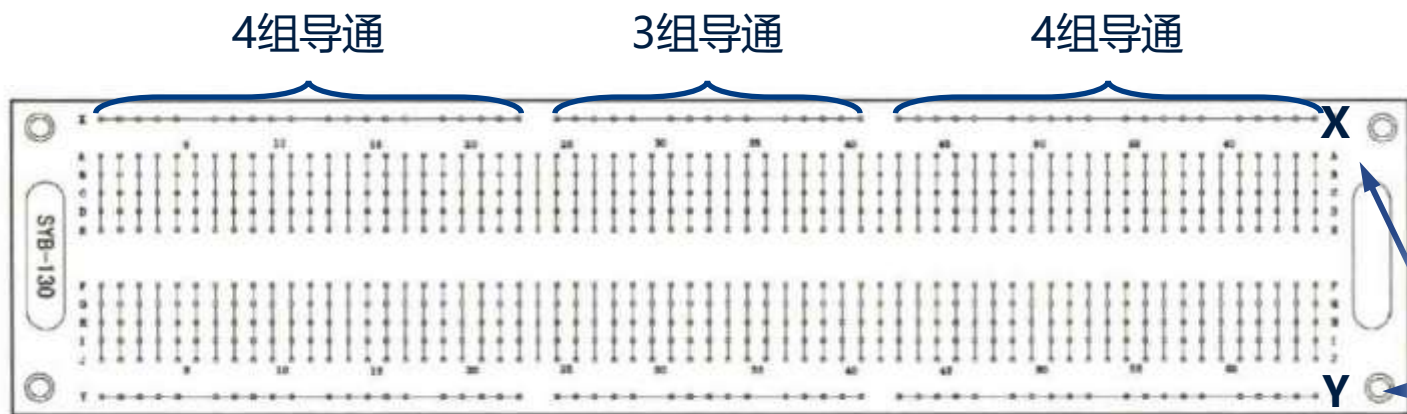




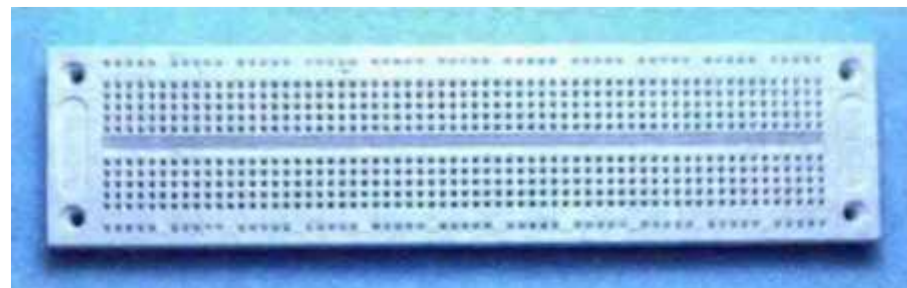
元器件基础

■ 面包板

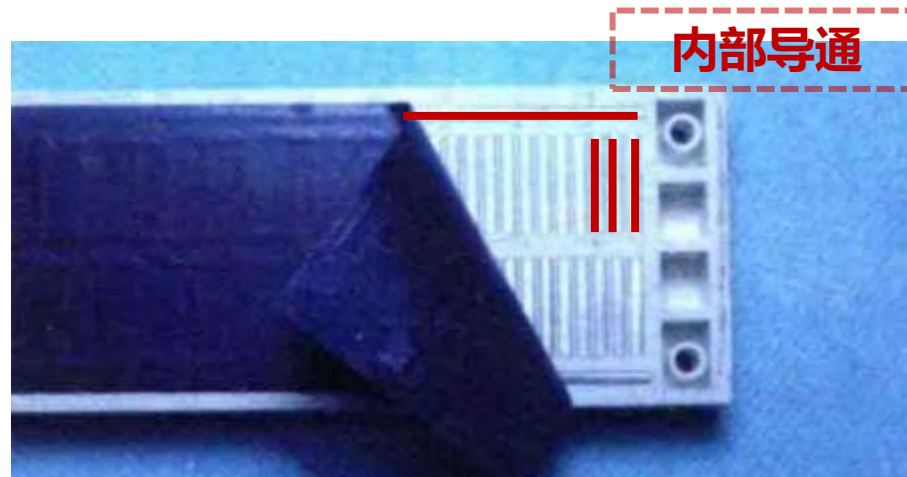
- 面包板是一种**多用途的万能实验板**，可以将小功率的常规电子元器件直接插入，搭接出各式各样的实验电路。
- 元器件可以**反复插接、重复使用**，便于**电路调试、元件调换**，非常适合初学电子技术的用户使用。



130线面包板连接关系



130线面包板



130线面包板背面

X通常接电源正极，Y通常接地



元器件基础

■ 电阻器

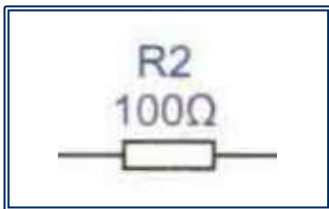
请挑出一个1K电阻

- **色环**电阻：在电阻封装上（即电阻表面）涂上一定颜色的色环，来代表这个电阻的阻值，常见类型为四色环和**五色环**。

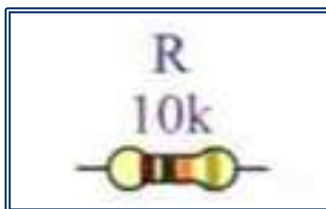
四色环：前两环分别代表阻值的两位有效数，第三环代表10的幂数，第四环代表误差。

五色环：前三环分别代表阻值的三位有效数，第四环代表10的幂数，第五环代表误差。

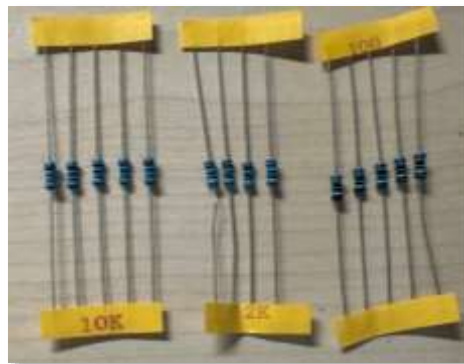
以五色环表示法为例，“棕、黑、黑、黑、棕” = 100Ω 电阻，误差 $\pm 1\%$



原理图



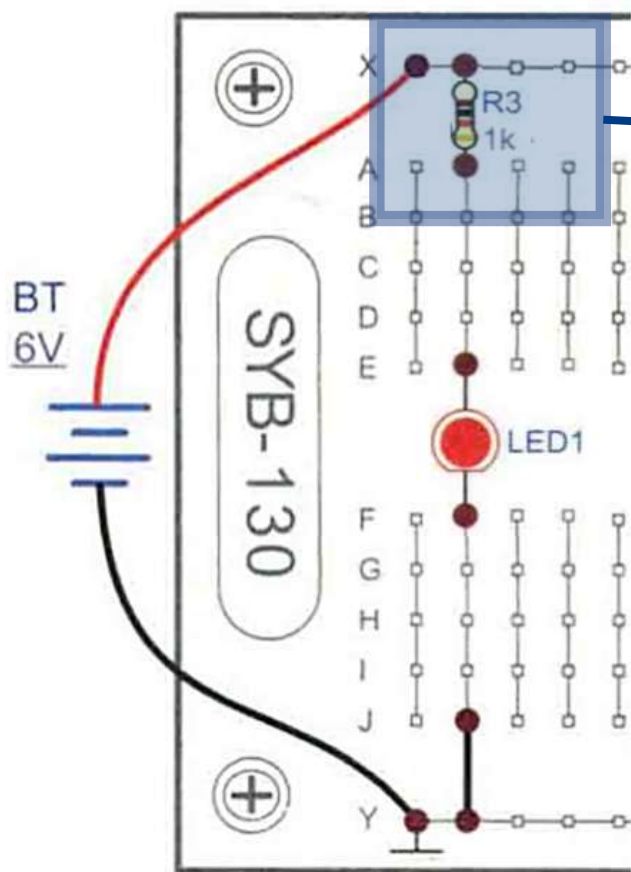
装配图



实物图

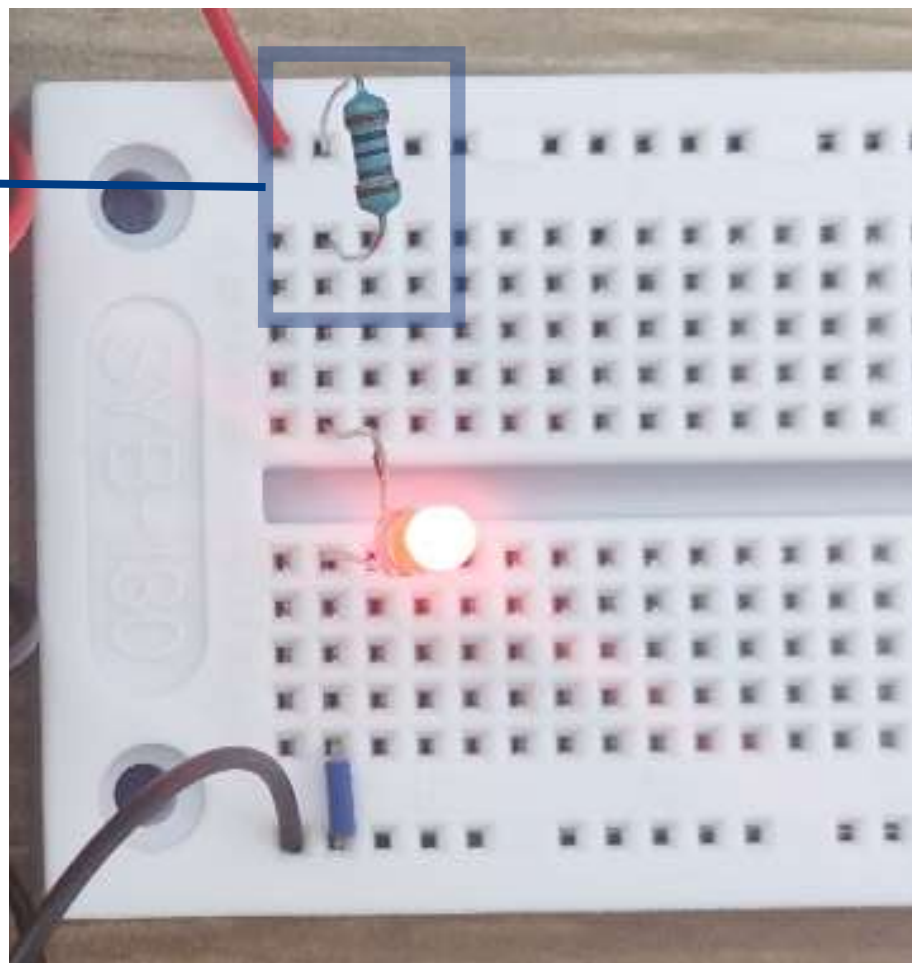


小灯泡发光电路制作



小灯泡电路装配图

1K电阻
第二列



小灯泡电路实物图



元器件基础

■ 二极管

- 二极管是由导电能力介于导体和绝缘体之间的物质制成的器件，故而称之为半导体二极管。半导体二极管由1个PN结构成，具有**单向导电**的特性。

请挑出一个发光二极管

普通二极管

在管身的一端印有**黑色圆环**，表明该端引脚是**负极**，另一端是正极。
最大工作电流为75mA。
正向压降0.7V，反向压降100V。



原理图



装配图



实物图

发光二极管

长引脚的是**正极**，**短引脚**的是**负极**。
建议工作电流为5~10mA。
反向压降较小，不可反接。



原理图



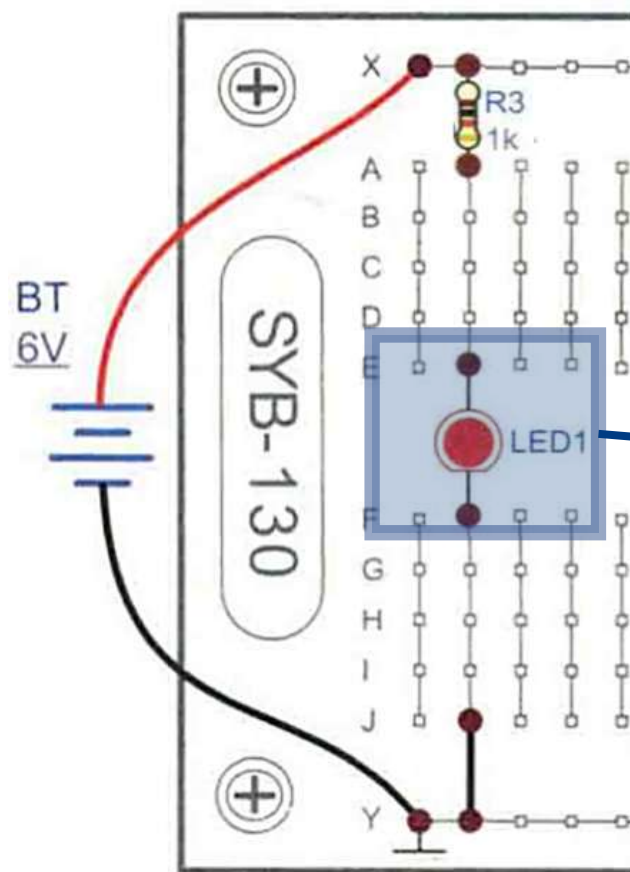
装配图



实物图

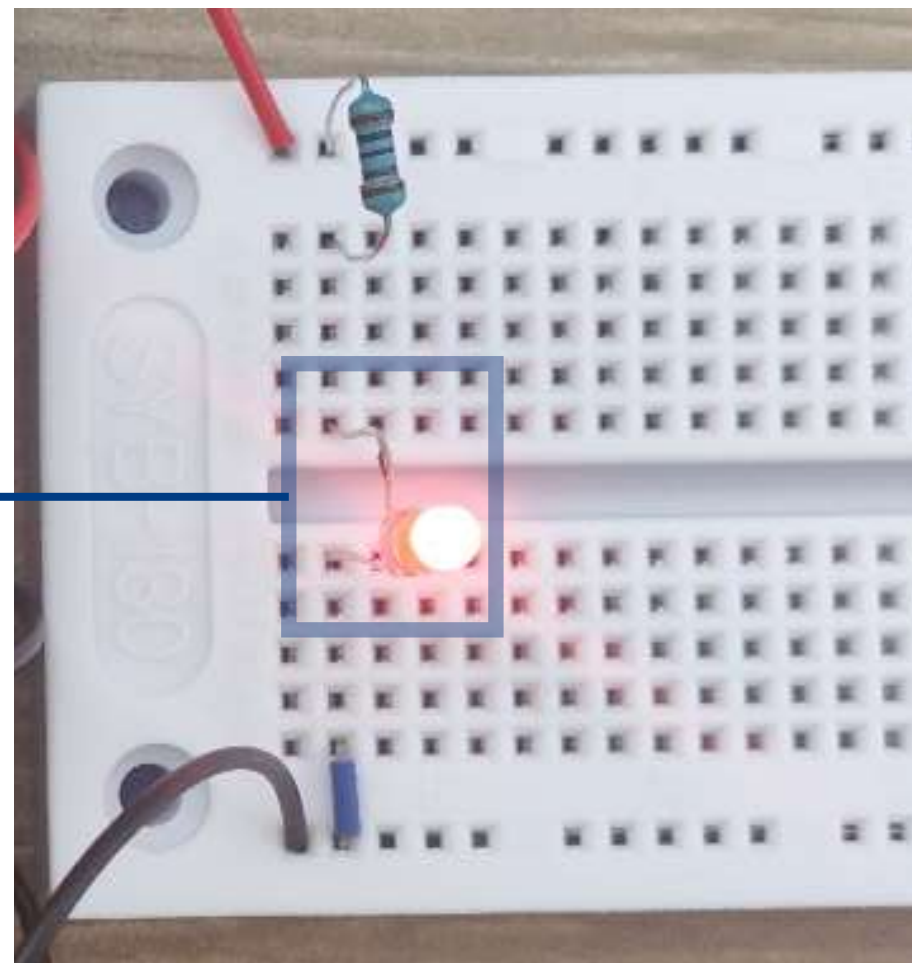


小灯泡发光电路制作



小灯泡电路装配图

红色小灯泡
第二列
长引脚为正极
短引脚为负极
正极在上



小灯泡电路实物图

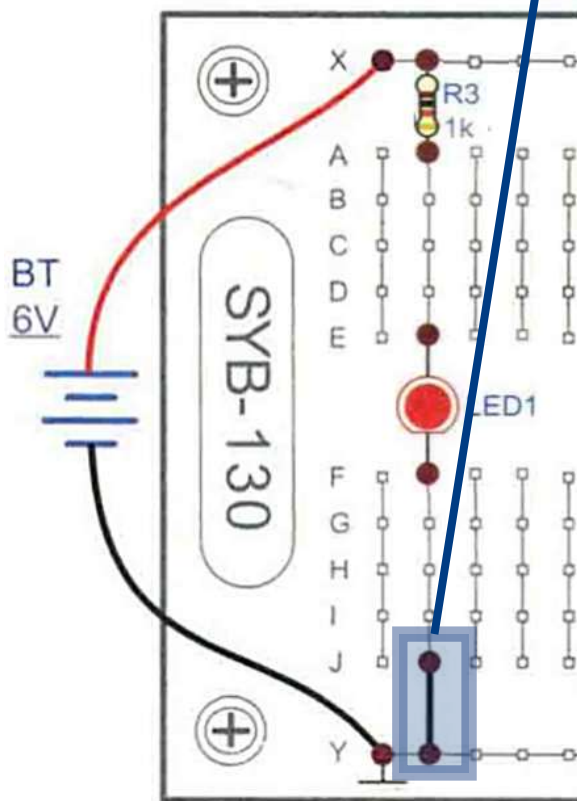


元器件基础

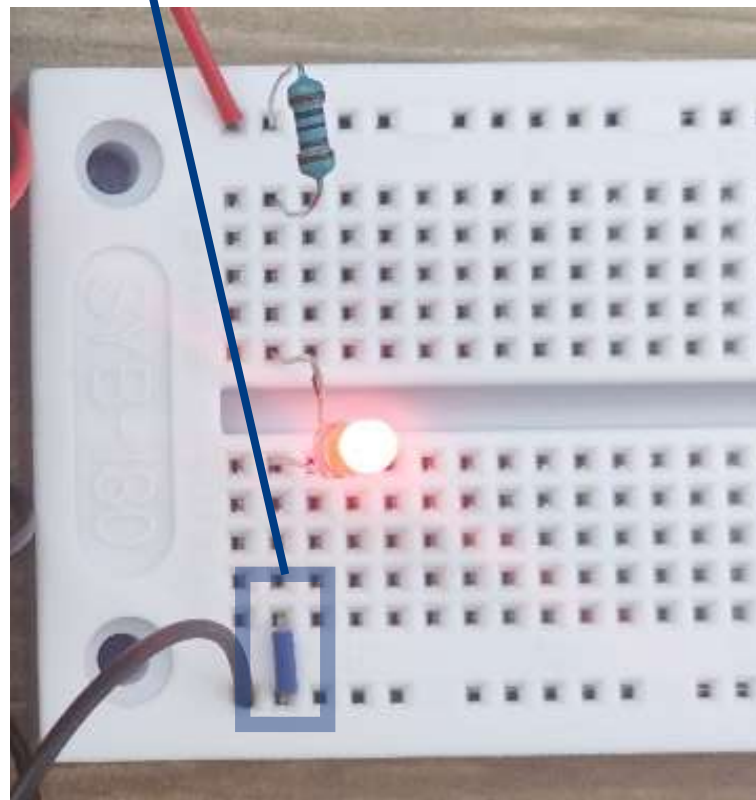
■ 导线



导线实物图



小灯泡电路装配图



小灯泡电路实物图

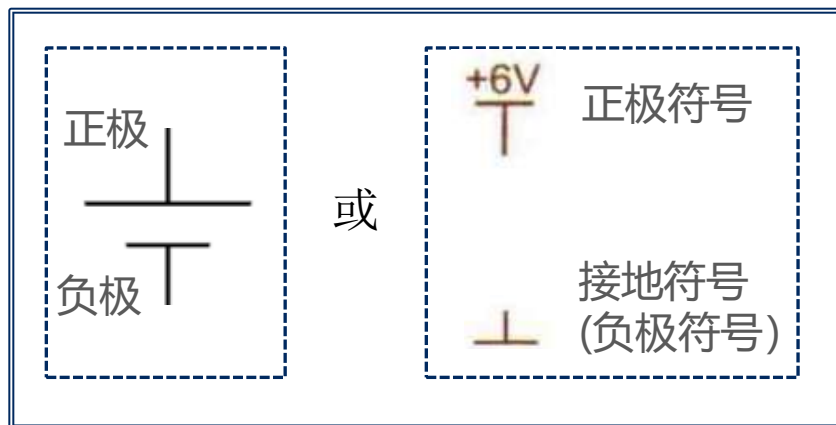


元器件基础

■ 电源

- 电池盒+1.5V电池4节

**注：单节电池有凸起侧为正极，平整侧为负极。
装入电池盒时负极与弹簧相连。**



原理图



装配图

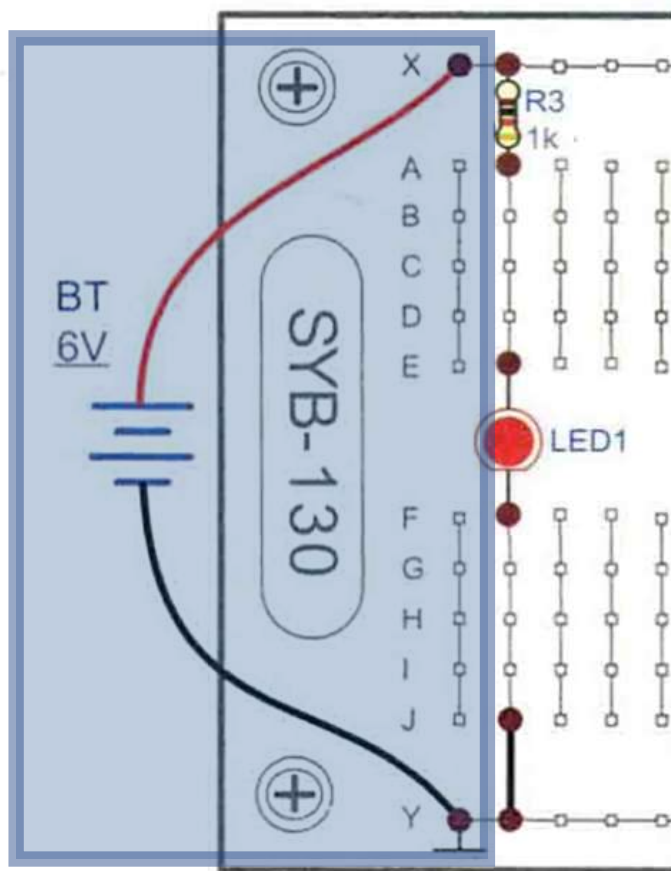


实物图

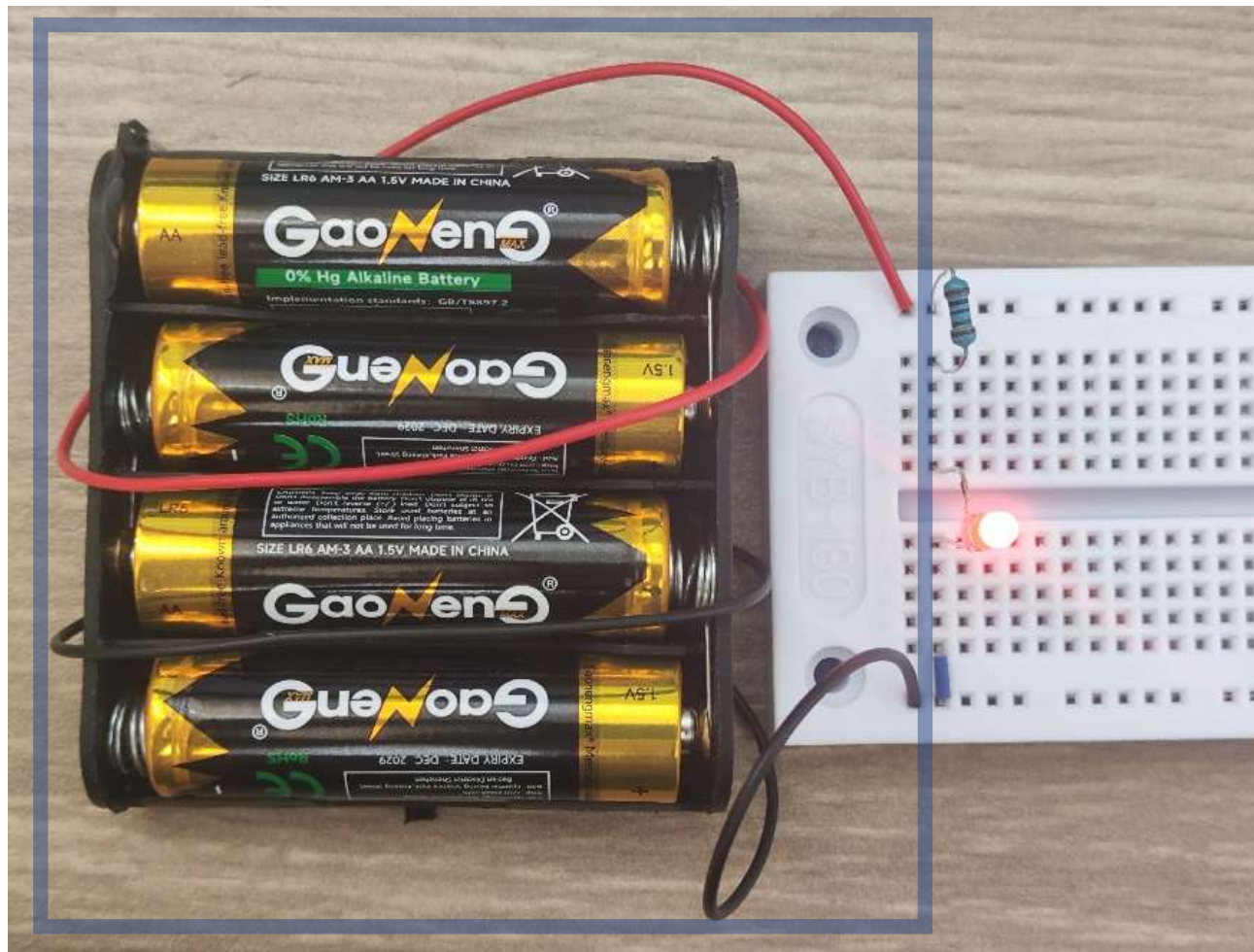


小灯泡发光电路制作

红线（正极）在上，黑线（负极）在下



小灯泡电路装配图



小灯泡电路实物图



02

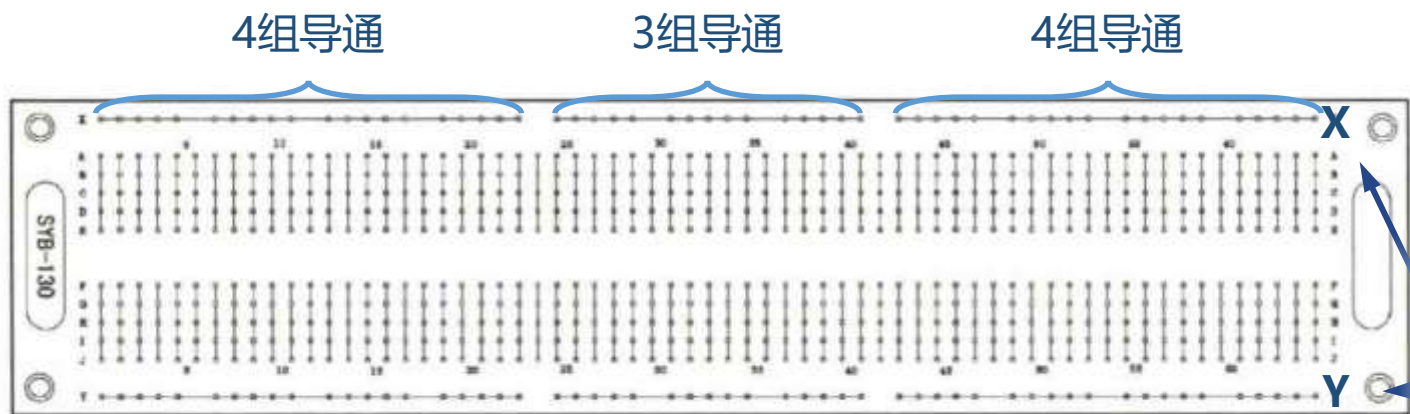
均匀方波发生器制作



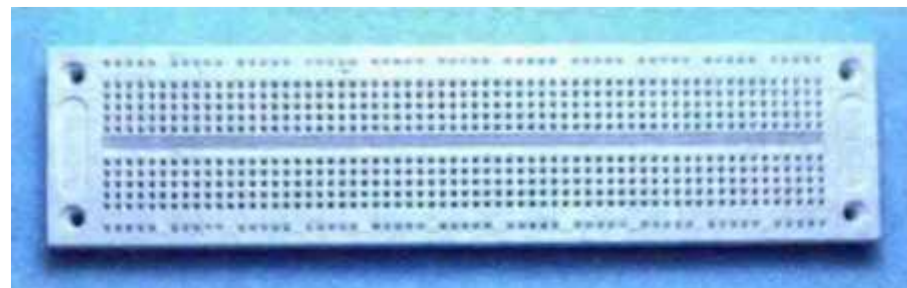
元器件基础

■ 面包板

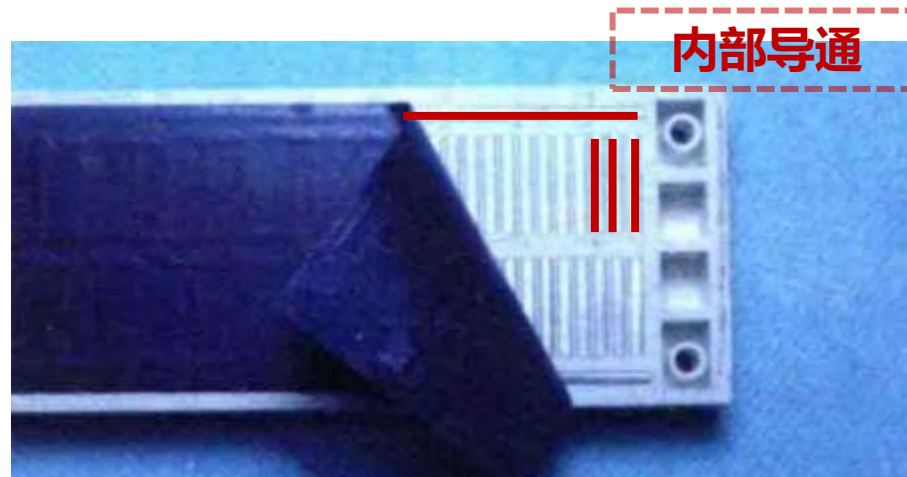
- 面包板是一种**多用途的万能实验板**，可以将小功率的常规电子元器件直接插入，搭接出各式各样的实验电路。
- 元器件可以**反复插接、重复使用**，便于**电路调试、元件调换**，非常适合初学电子技术的用户使用。



130线面包板连接关系



130线面包板



130线面包板背面

X通常接电源正极，Y通常接地

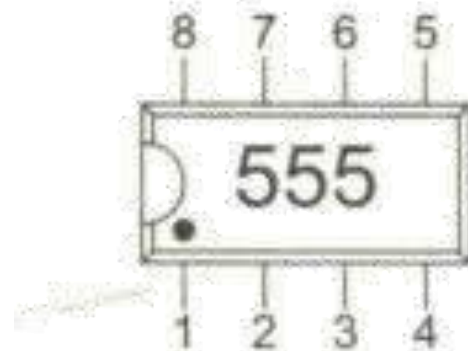


元器件基础

请挑出标有“NE555P”的芯片

■ 555集成电路(芯片)

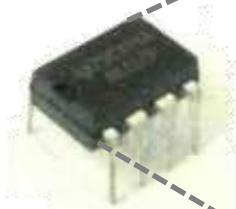
- 引脚的识别顺序是**将芯片正面摆放，有缺口的一端在左边，左下端的引脚为第1脚，按逆时针方向依次编号**，最终左上端的是最后一个引脚,该引脚也是集成电路的电源正极。右下端的引脚是集成电路的电源负极。



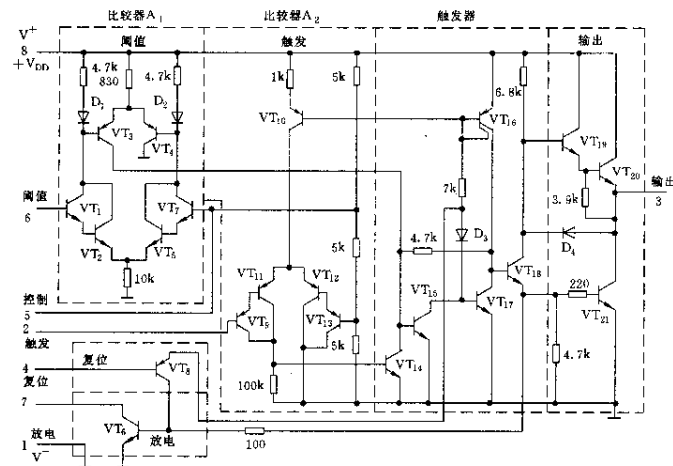
555集成电路引脚排列图



装配图



实物图

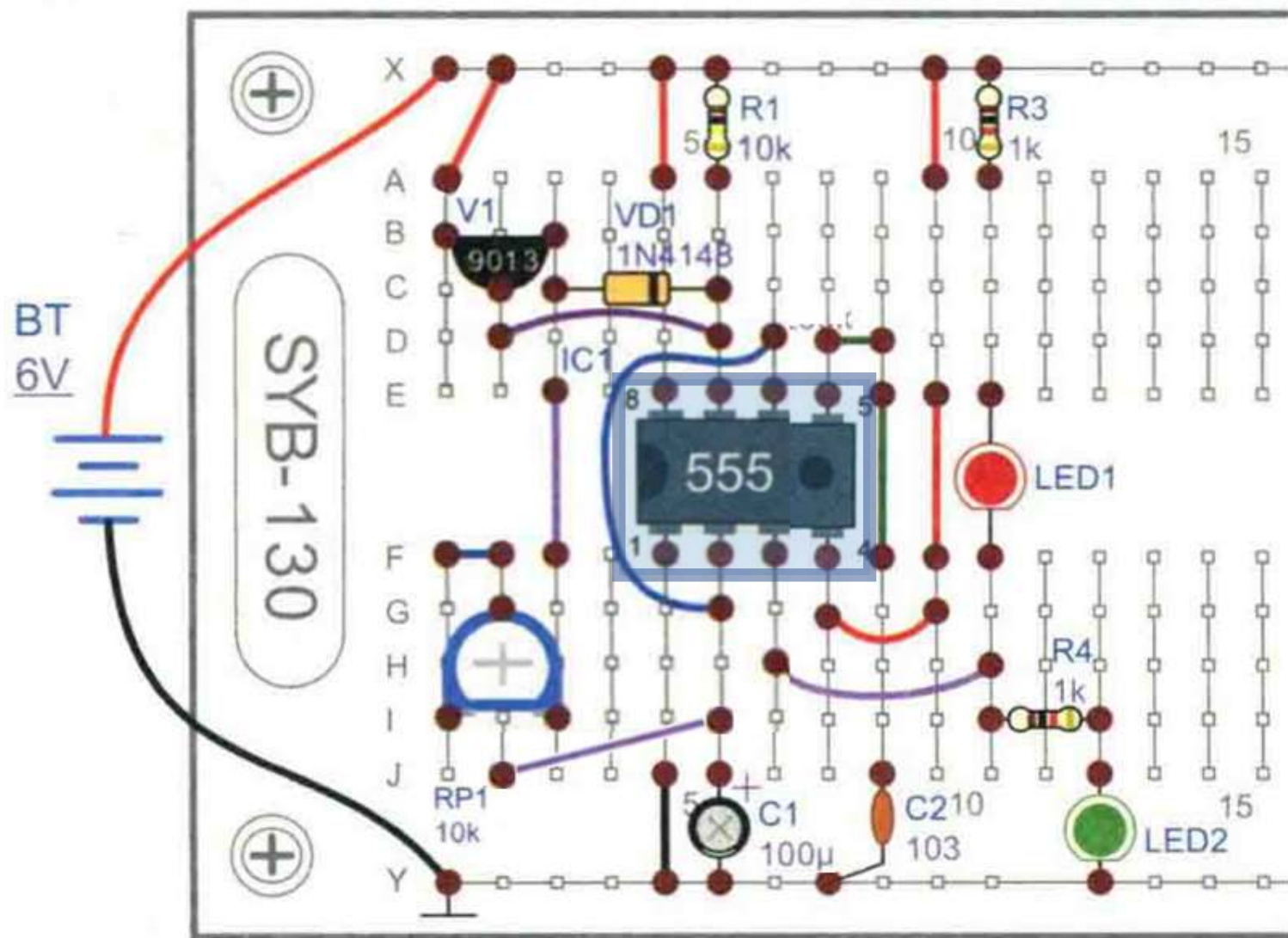


- 21个三极管
- 4个二极管
- 16个电阻



均匀方波发生器制作

■ 装配图





元器件基础

■ 电阻

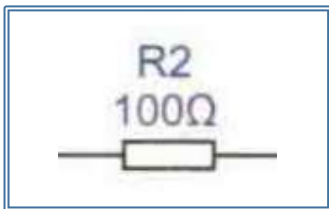
请挑出阻值为 1K, 10K 的电阻

- **色环电阻**：在电阻封装上（即电阻表面）涂上一定颜色的色环，来代表这个电阻的阻值，常见类型为四色环和**五色环**。

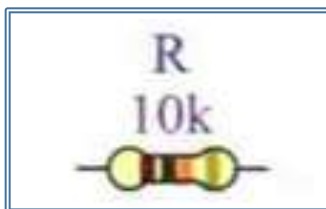
四色环：前两环分别代表阻值的两位有效数，第三环代表10的幂数，第四环代表误差。

五色环：前三环分别代表阻值的三位有效数，第四环代表10的幂数，第五环代表误差。

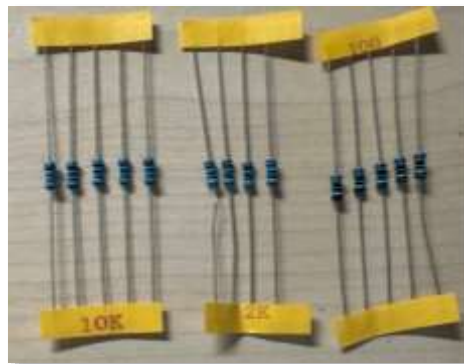
以五色环表示法为例，“棕、黑、黑、黑、棕” = 100Ω 电阻，误差 $\pm 1\%$



原理图



装配图



实物图



元器件基础

表 1-3-2 五色环电阻的表示方法

色环颜色	第一道色环 (第一有效位)	第二道色环 (第二有效位)	第三道色环 (第三有效位)	第四道色环 (乘以 10 的 N 次方)	第五道色环 (误差范围)
黑	0	0	0	10^0	—
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	—
黄	4	4	4	10^4	—
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	—
白	9	9	9	10^9	—
金	—	—	—	10^{-1}	—
银	—	—	—	10^{-2}	—

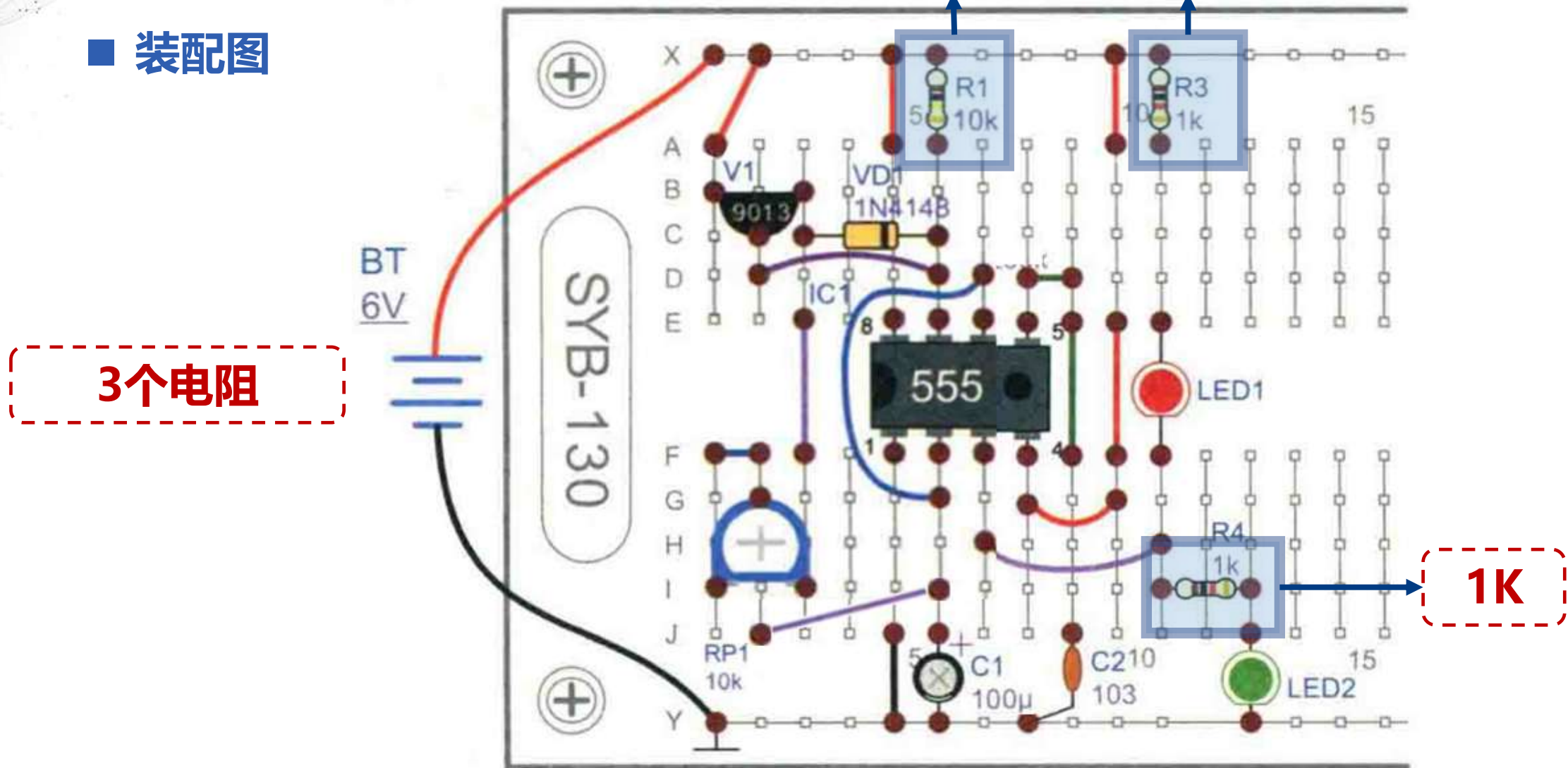
前三环：有效数位
第四环：10的幂数
第五环：误差

请思考以下五色环
电阻阻值为多少：
1.棕绿黑红紫
2.黄紫黑黑绿



均匀方波发生器制作

■ 装配图





元器件基础

■ 二极管

- 二极管是由导电能力介于导体和绝缘体之间的物质制成的器件，故而称之为半导体二极管。半导体二极管由1个PN结构成，具有**单向导电**的特性。

请挑出一个普通二极管、
一个红色发光二极管和
一个绿色发光二极管

普通二极管

在管身的一端印有**黑色圆环**，表明该端引脚是**负极**，另一端是正极。
最大工作电流为75mA。
正向压降0.7V，反向压降100V。



原理图



装配图



实物图

发光二极管

长引脚的是**正极**，**短引脚**的是**负极**。
建议工作电流为5~10mA。
反向压降较小，不可反接。



原理图



装配图

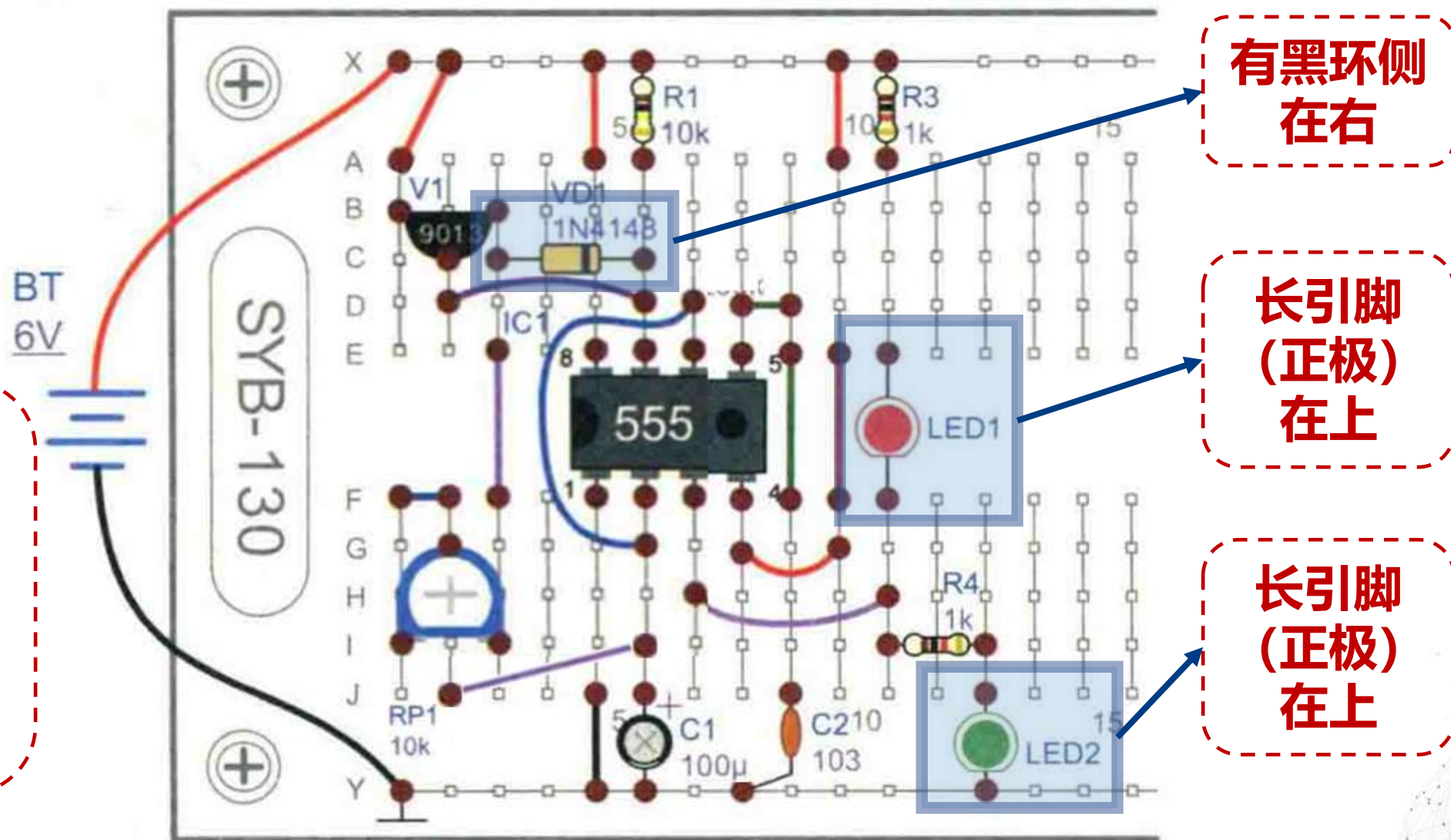


实物图



均匀方波发生器制作

■ 装配图





元器件基础

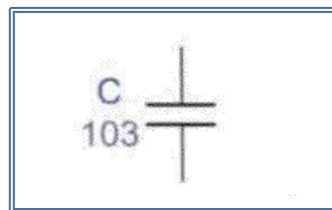
请挑出一个标有
“103”的瓷片电容

■ 电容

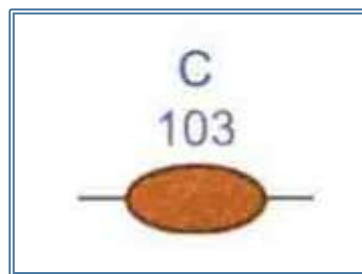
- 能够储存电荷和电能。其储存的电荷量与电容两端的电压成正比，即 $Q=CV$ 。
电容越大，在相同电压下储存的电荷量越多，储存的电能也越多。
- “通交流、隔直流”**，能随交流信号的不同频率而改变容抗大小。
- 电容的标准单位是F(法拉)， $1F=10^6\mu F(\text{微法})=10^{12}pF(\text{皮法})$**

瓷片电容：

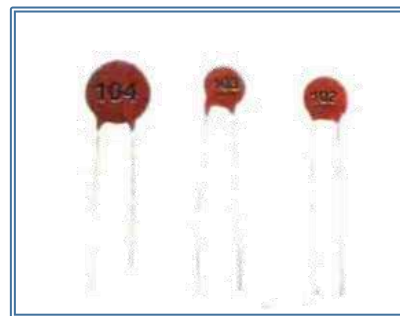
瓷片电容不区分正负极，目前多采用3位数字表示其容量。其中前两位表示为有效数字，第3位表示10的幂数，单位为pF(皮法)，如“103”代表 $10^4(10 \times 10^3)pF$ 。
一般瓷片电容耐压值为50V



原理图



装配图

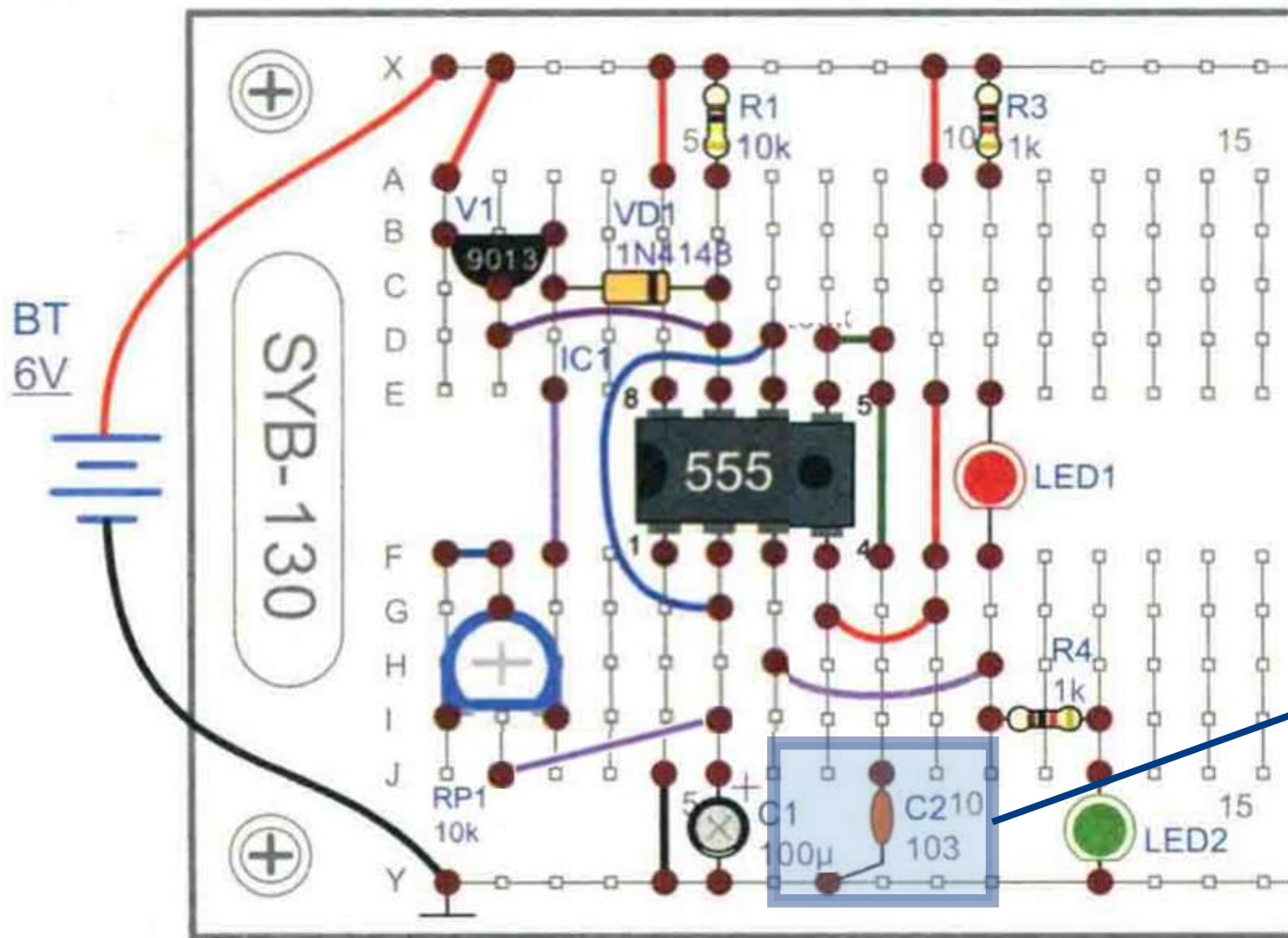


实物图



均匀方波发生器制作

■ 装配图



1个瓷片电容

103



元器件基础

■ 电容

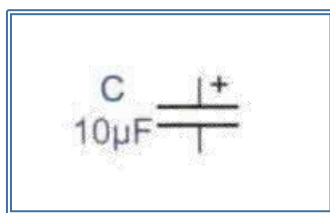
电解电容：

电解电容是有**极性**的，带“+”的一端是正极，另一端是负极。
新的电解电容的引脚是1长1短，**长引脚的是正极，短引脚的是负极**。
同时在外壳上印有“-”标记的引脚是负极。
实验中电解电容耐压值为16V或以上。

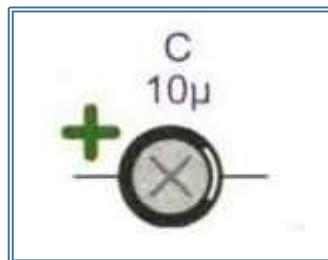
请挑出一个标有
“100uF” 的电解电容



注意！
接反会有安全隐患哦！



原理图



装配图

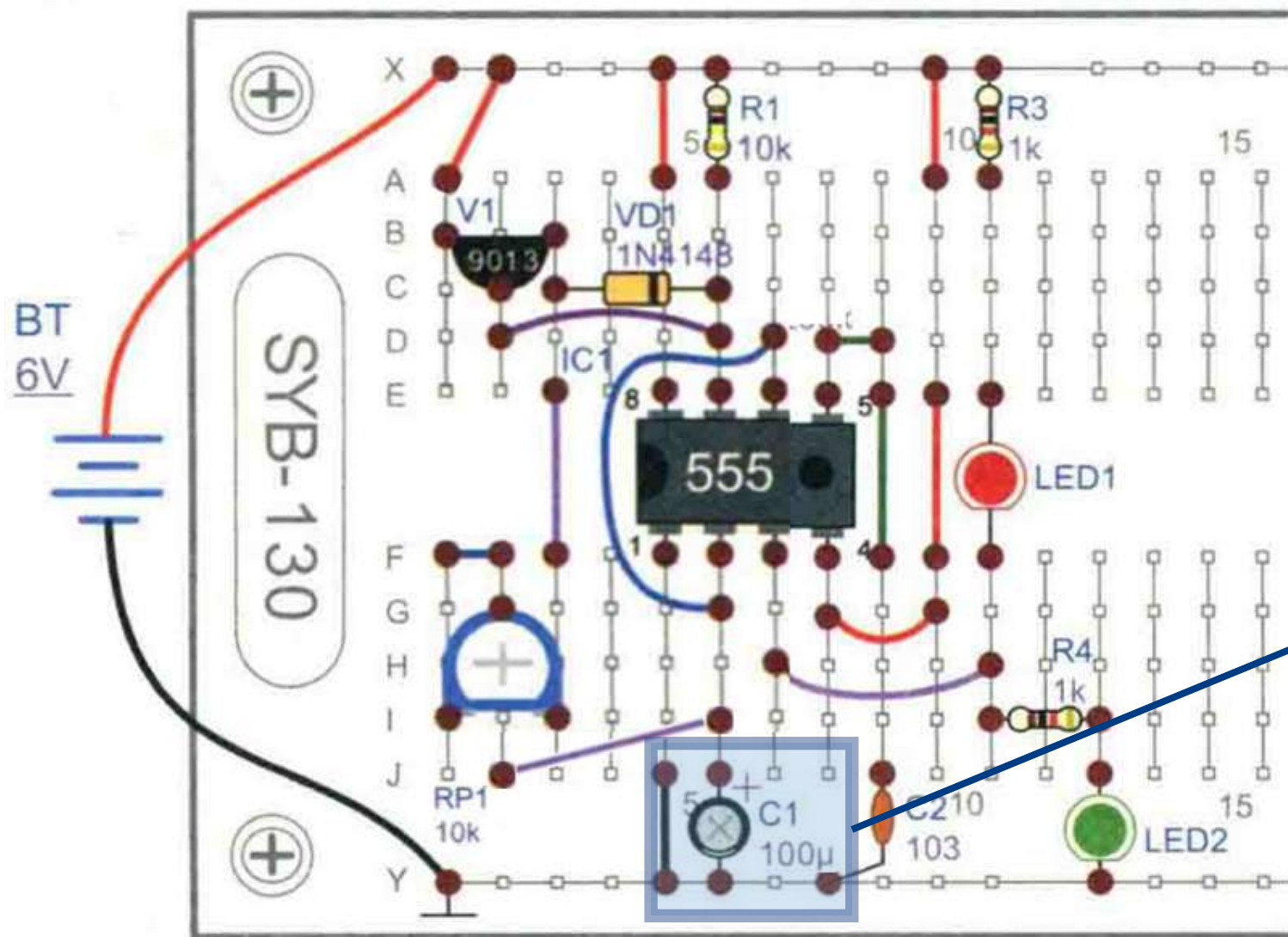


实物图



均匀方波发生器制作

■ 装配图



1个电解电容
长引脚为正极
短引脚为负极

100uF
长引脚
(正极)
在上

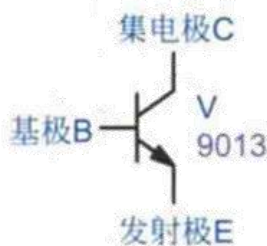
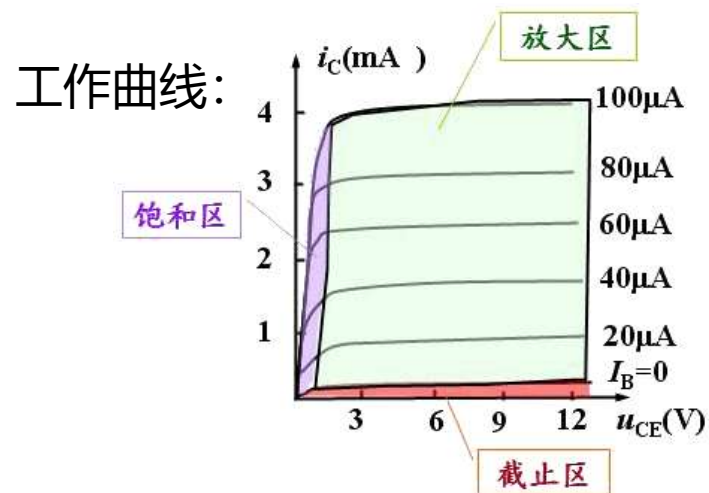


元器件基础

请挑出一个标有
“9013” 的三极管

■ 三极管（晶体管）

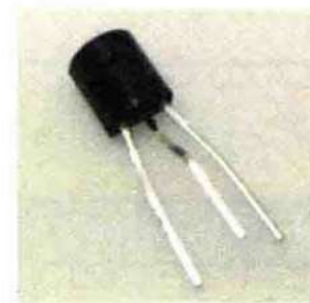
- 三极管是构成集成电路的基石，它有3个引脚，分别为基极(用字母b或B表示)、集电极(用字母c或C表示)、发射极(用字母e或E表示)。
- 基极电流的大小可以控制集电极和发射极电流的大小，且基极电流远小于集电极和发射极。因此，三极管的其中一个主要功能就是**放大电信号**。



原理图



装配图

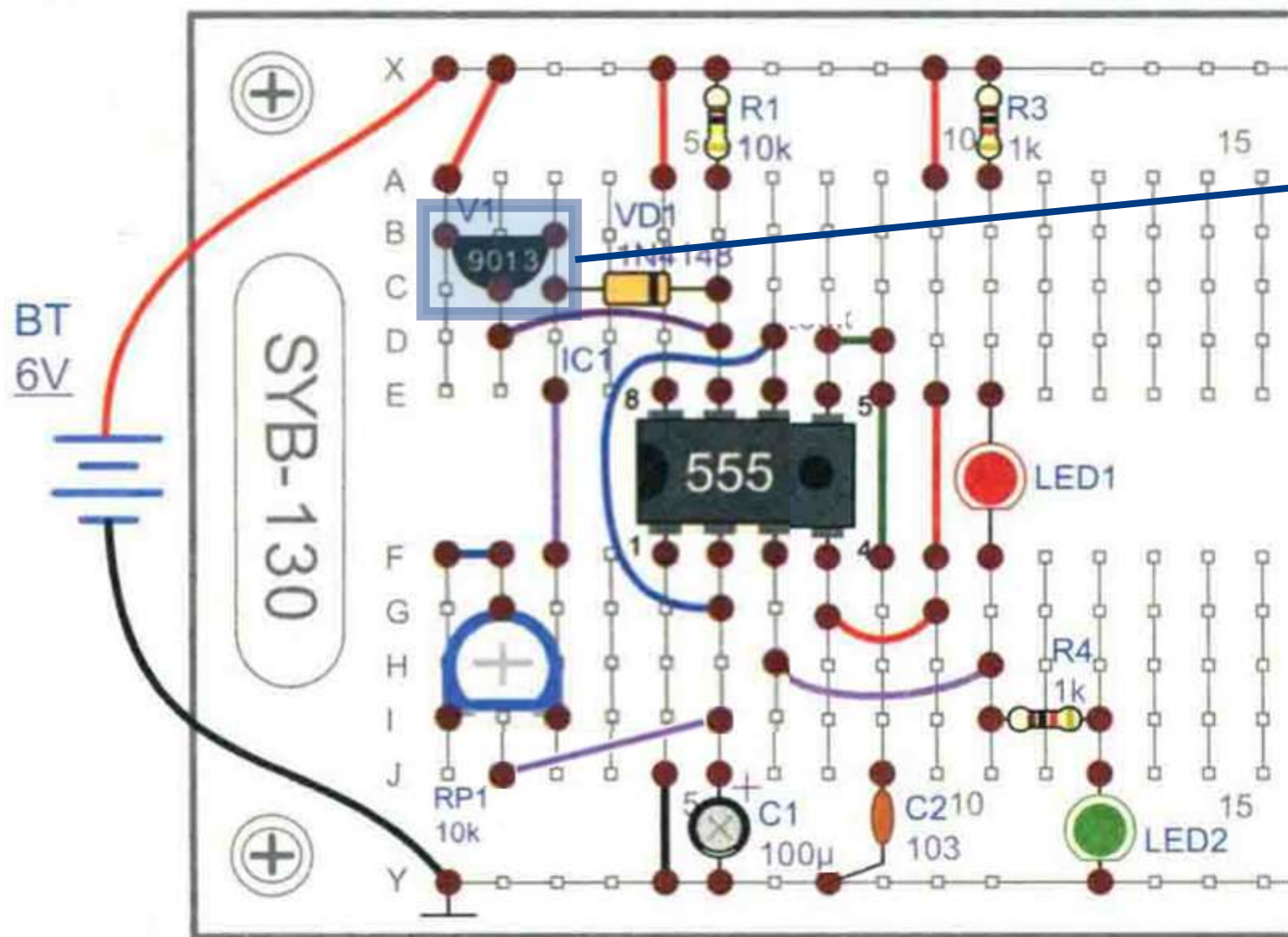


实物图



均匀方波发生器制作

■ 装配图



9013
半圆弧向下

1个三极管



元器件基础

■ 滑动变阻器

- 可变电阻器也称**可调电阻器**，这种电阻器的阻值可以在一定范围内调整，在一些**要求电阻阻值可以调整的电路**中，经常会使用到这种电阻器。



原理图



装配图



实物图

请挑出一个标有“103”的滑动变阻器

卧式可变电阻

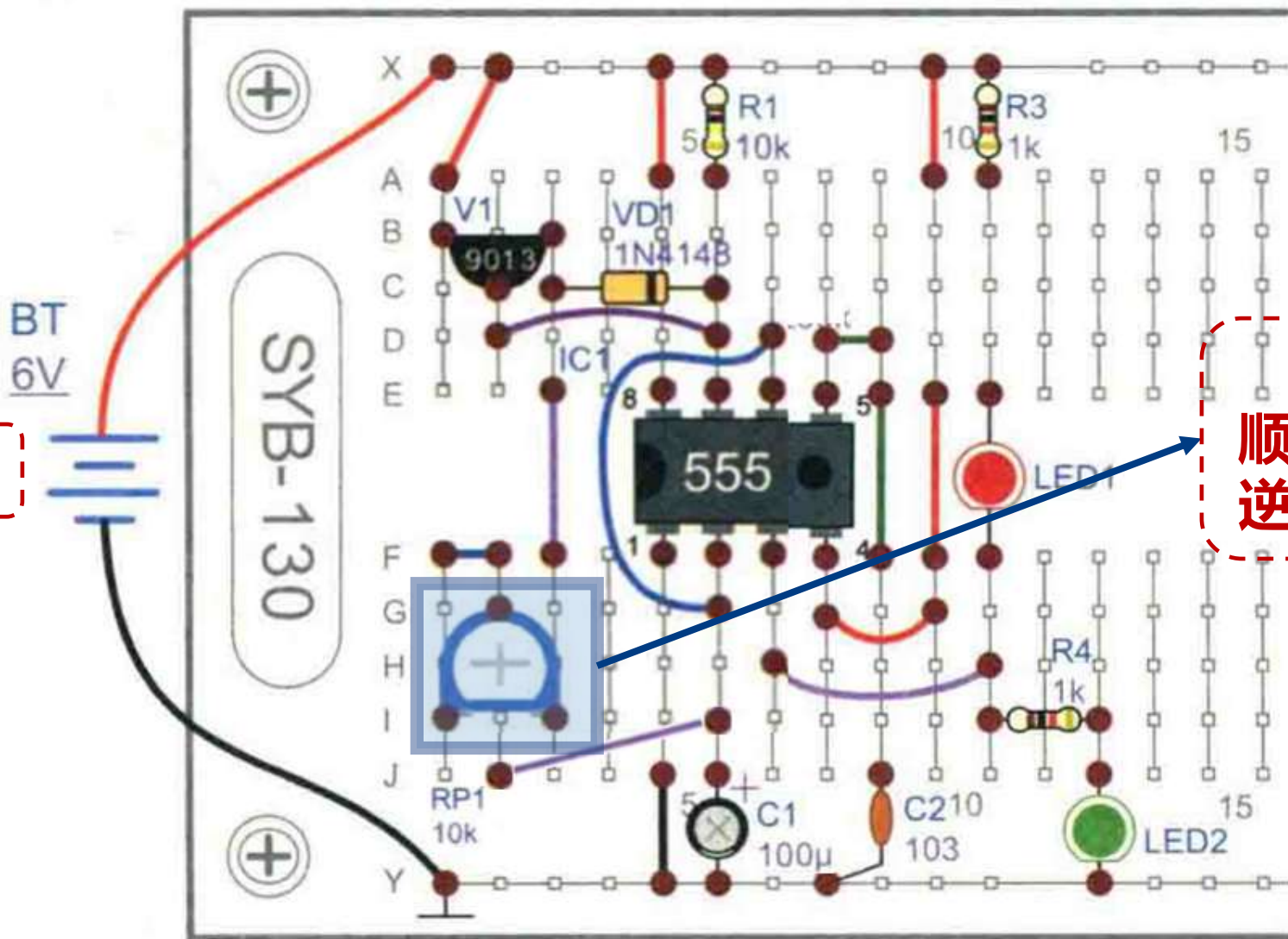
有3个引脚，左、右两个引脚之间的阻值是固定不变的，中间的引脚，它可以左右转动，当用**一字型改锥**伸入十字槽中转动时，动片上的触点在可变电阻内部的膜式电阻片上进行滑动。当动片沿顺时针方向旋转时，相当于**上图**中的动片向下滑动，定片1与动片之间的电阻增大，动片与定片2之间的电阻值减少。当动片沿逆时针方向旋转时，阻值的变化与上述情形相反。标称阻值是其两个固定引脚之间的阻值，用3位数字来表示，前两位表示为有效位，第三位是10的幂次。



均匀方波发生器制作

■ 装配图

1个滑动变阻器



103
顺时针拧阻值变小
逆时针拧阻值变大

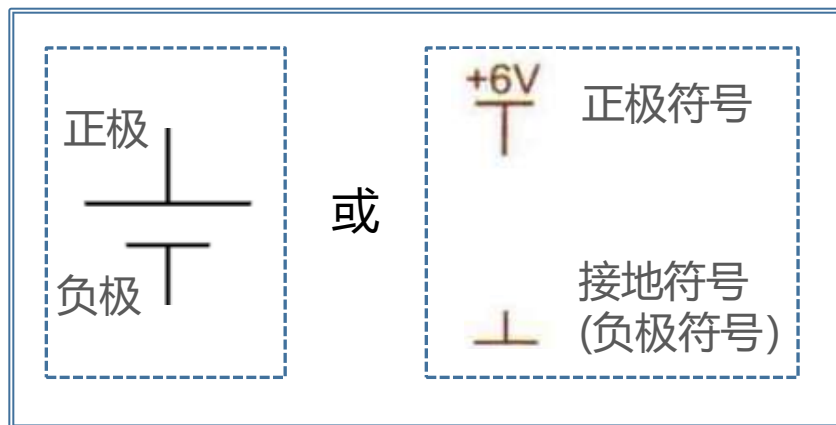


元器件基础

■ 电源

- 电池盒+1.5V电池4节

**注：单节电池有凸起侧为正极，平整侧为负极。
装入电池盒时负极与弹簧相连。**



原理图



装配图

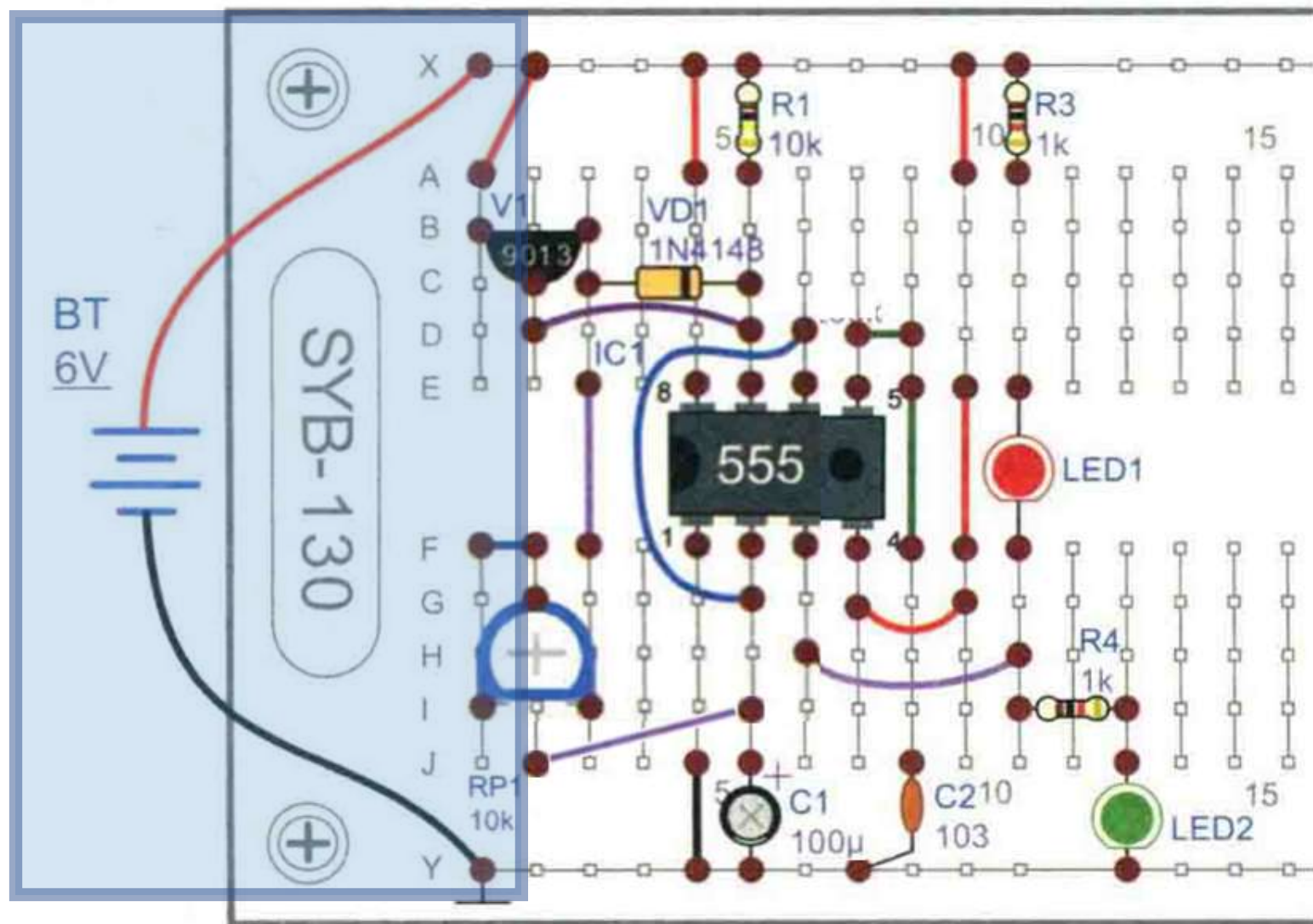


实物图



均匀方波发生器制作

■ 装配图



**电池
红线在上
黑线在下**



03

电路原理讲解

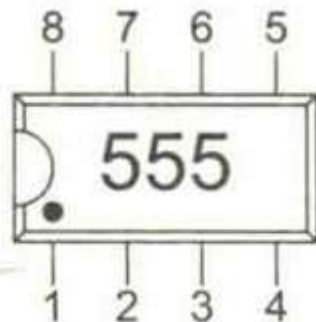




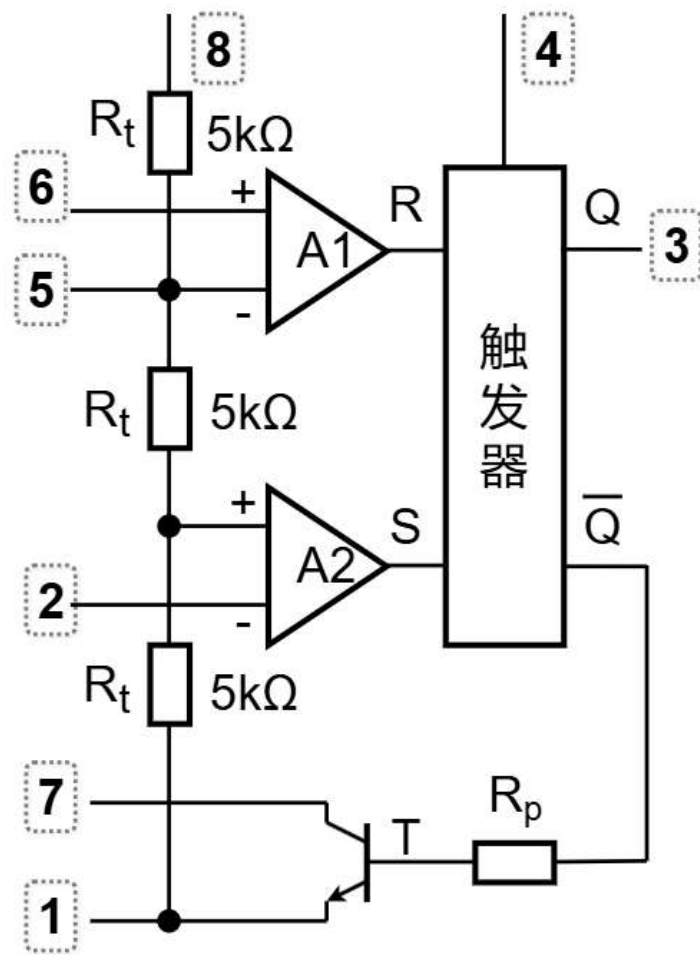
555集成电路



555集成电路实物图



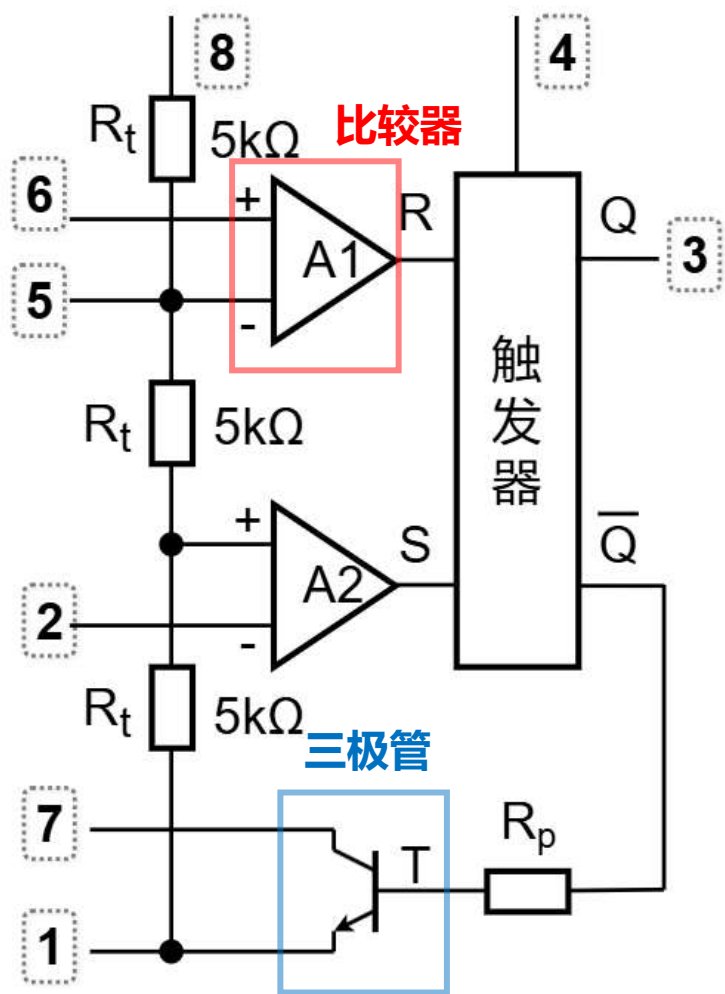
555集成电路引脚排列图



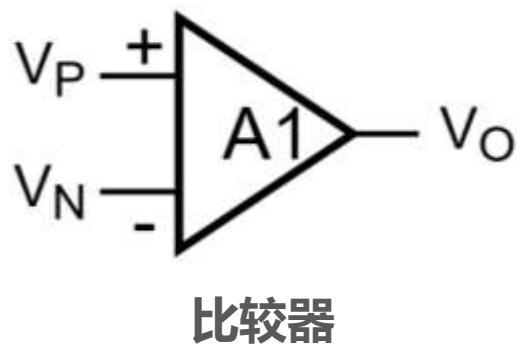
555集成电路内部原理图



555集成电路

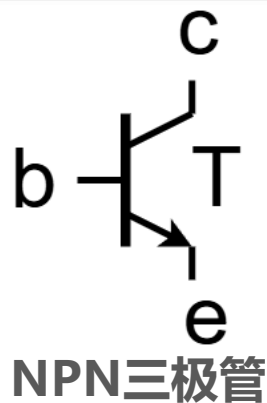


555集成电路内部原理图



输入	输出
$V_P > V_N$	$V_O = 1$
$V_P < V_N$	$V_O = 0$

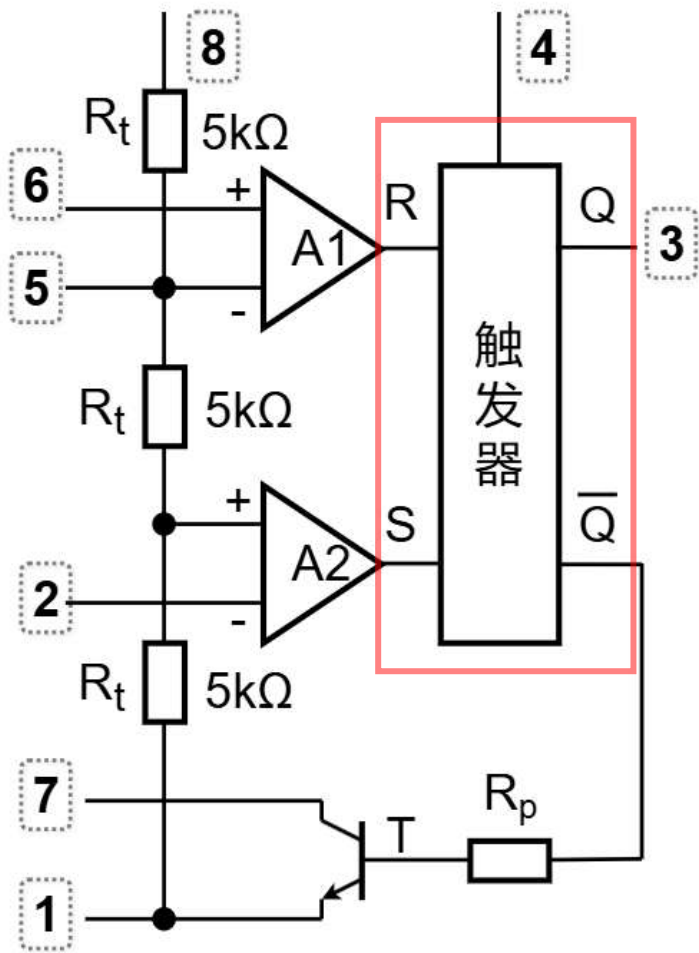
注：本实验中，0表示低电平，约为0V；1表示高电平，约为6V。



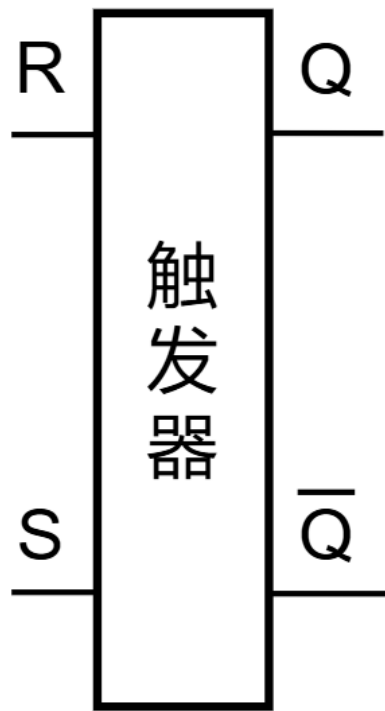
输入	本实验中效果
$b = 1$	$c \rightarrow e$ 导通
$b = 0$	$c \rightarrow e$ 关断



555集成电路



555集成电路内部原理图



RS触发器

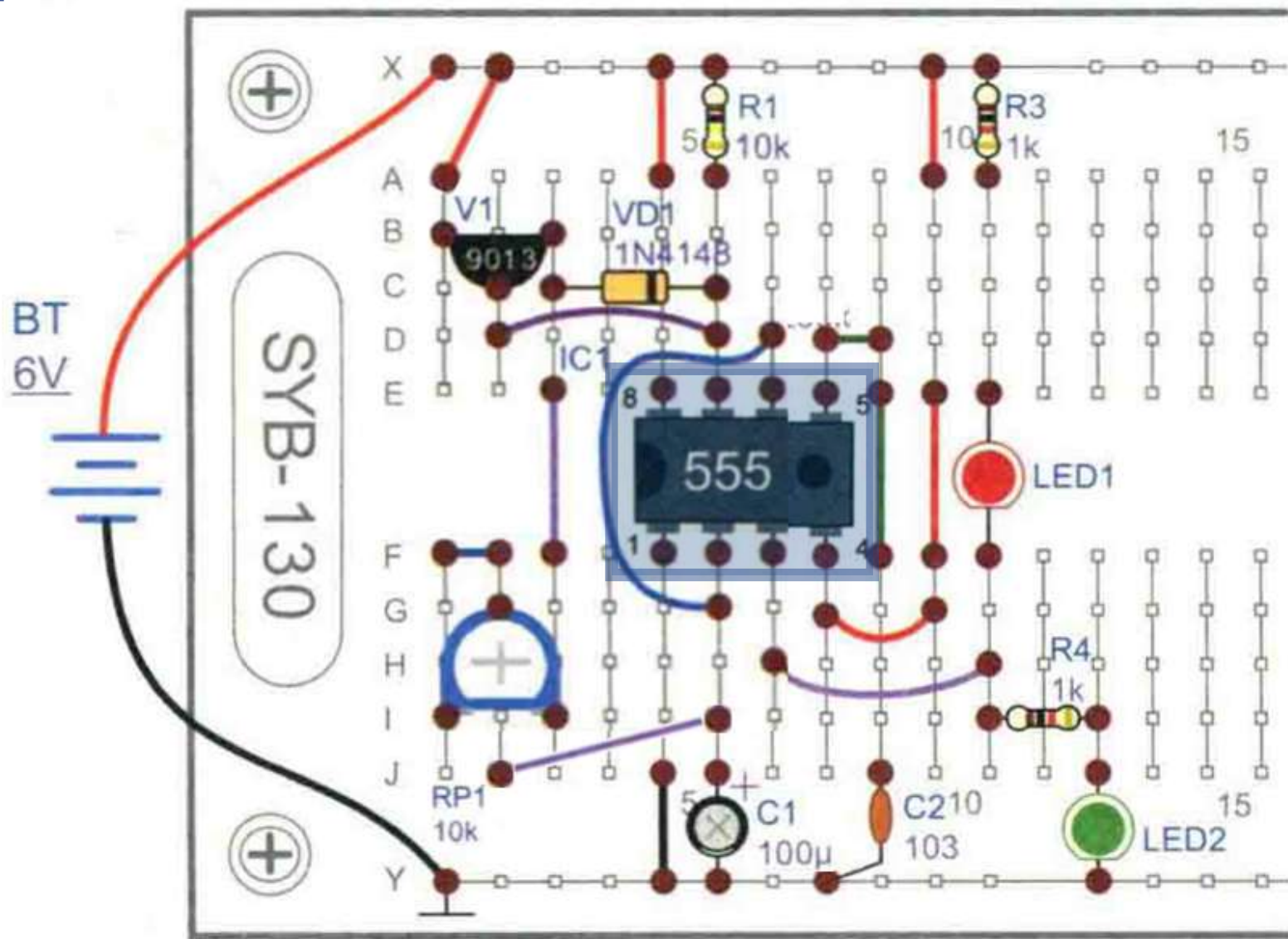
输入		输出	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	不变	不变
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	-	-

RS触发器输入输出关系



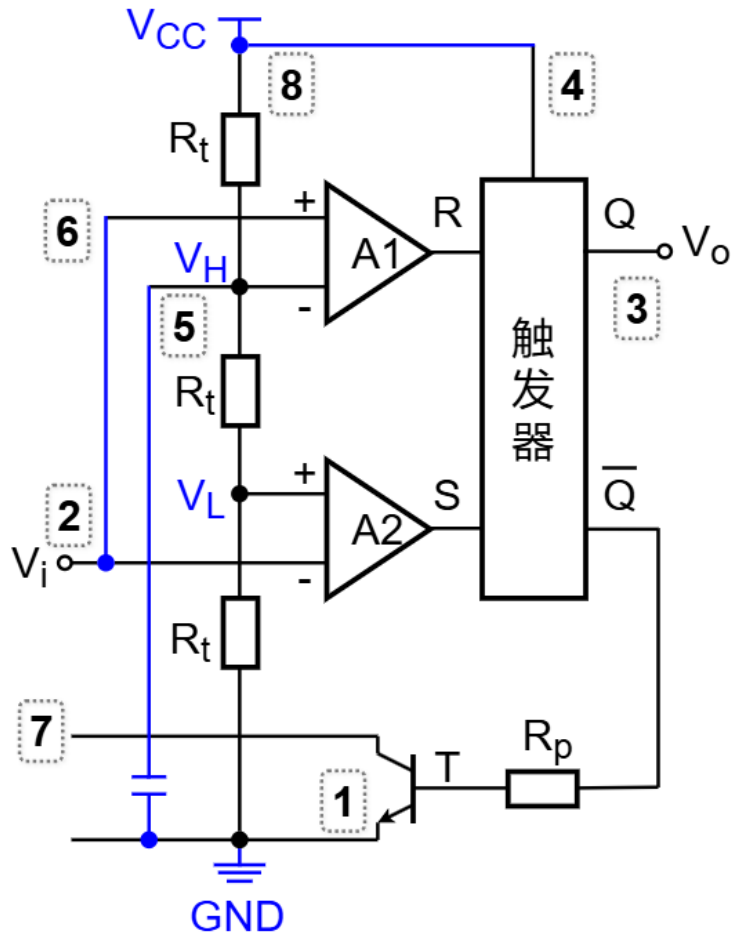
均匀方波发生器制作

■ 装配图





施密特触发器



施密特触发器原理图

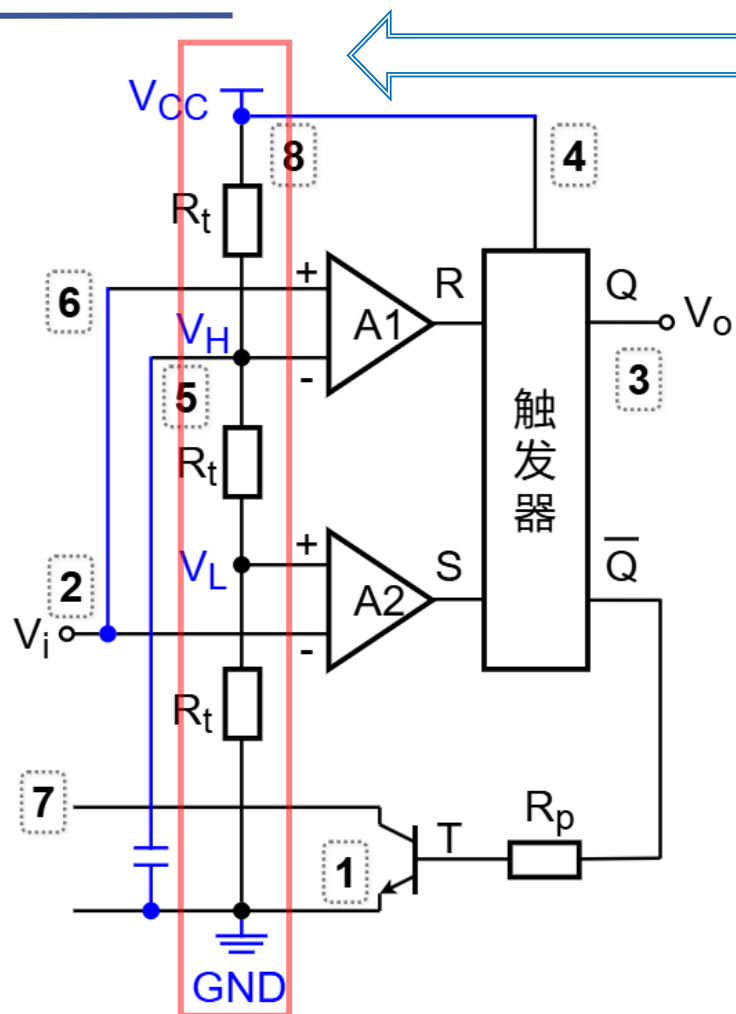
施密特触发器增加内容（相较于555集成电路）：

1. ①引脚接地
2. ②⑥引脚相连
3. ④⑧引脚接高电压
4. ⑤引脚通过电容接地

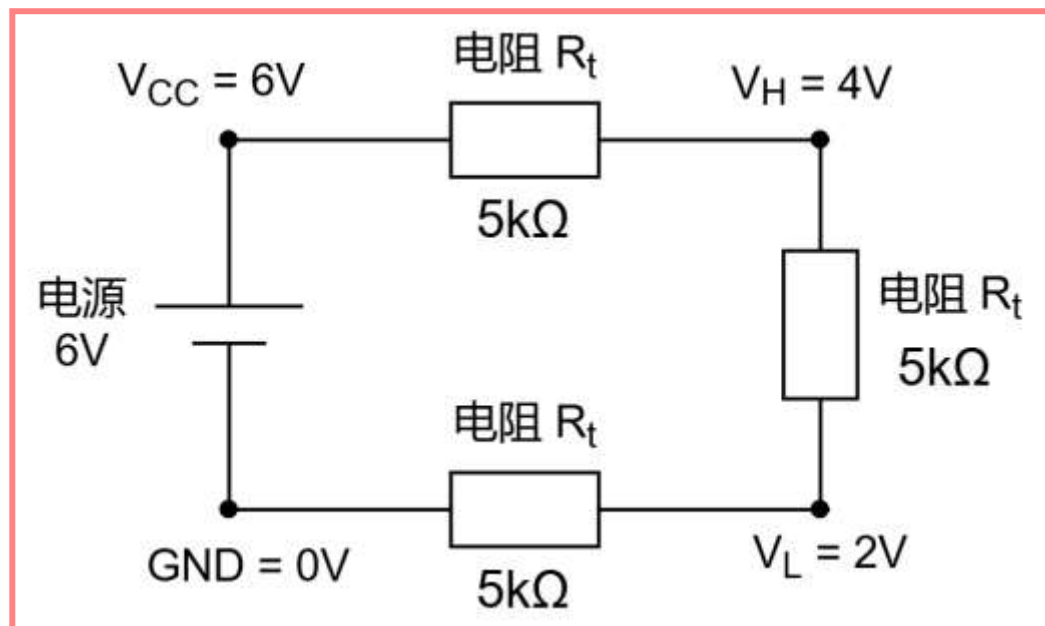
注：⑤引脚接电容后再接地是为了防止引脚悬空（即芯片的某个引脚不接入电路中的任何位置，这种“悬空”的引脚通常不符合芯片的使用规范）。接电容可以保证不改变该节点的直流电压值。



施密特触发器



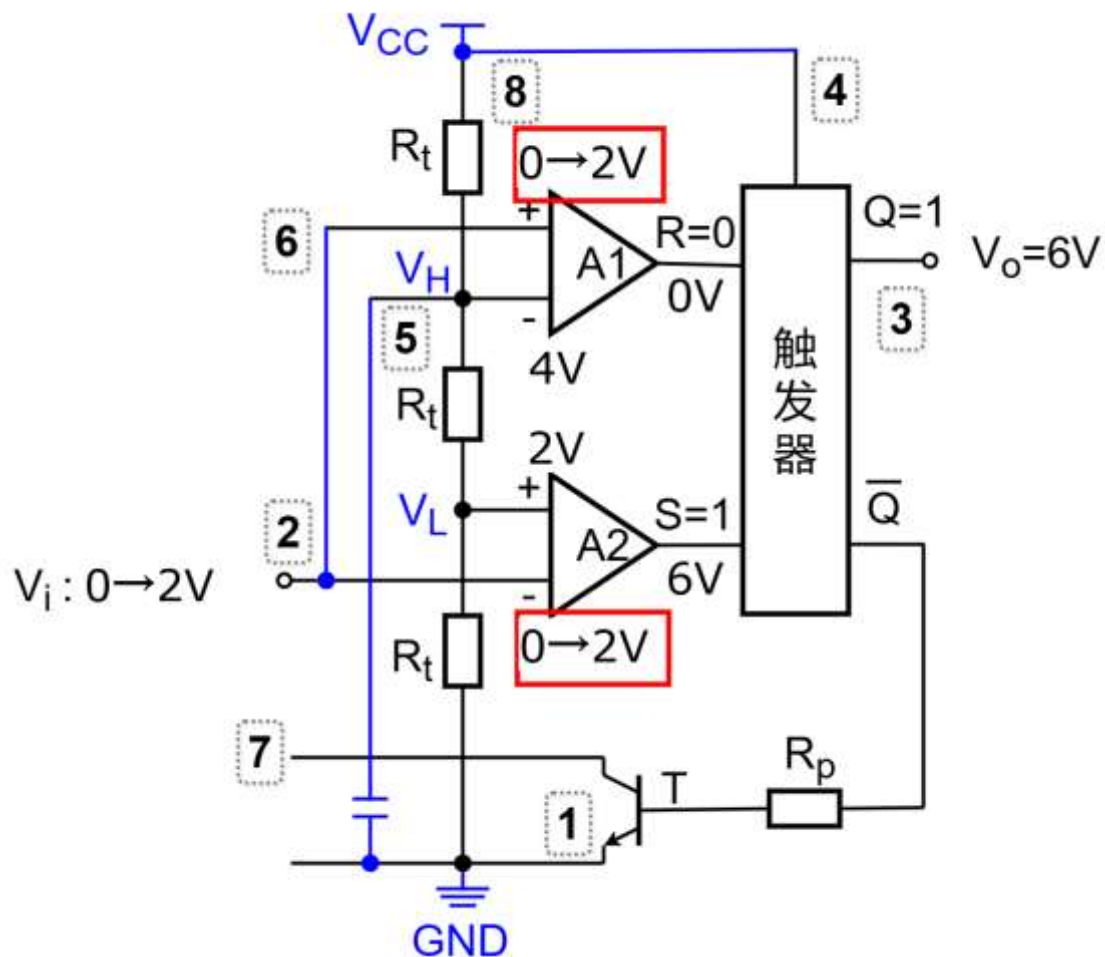
施密特触发器原理图



施密特触发器直流偏置电路等效图



施密特触发器



施密特触发器原理图

输入		输出	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	不变	不变
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	-	-

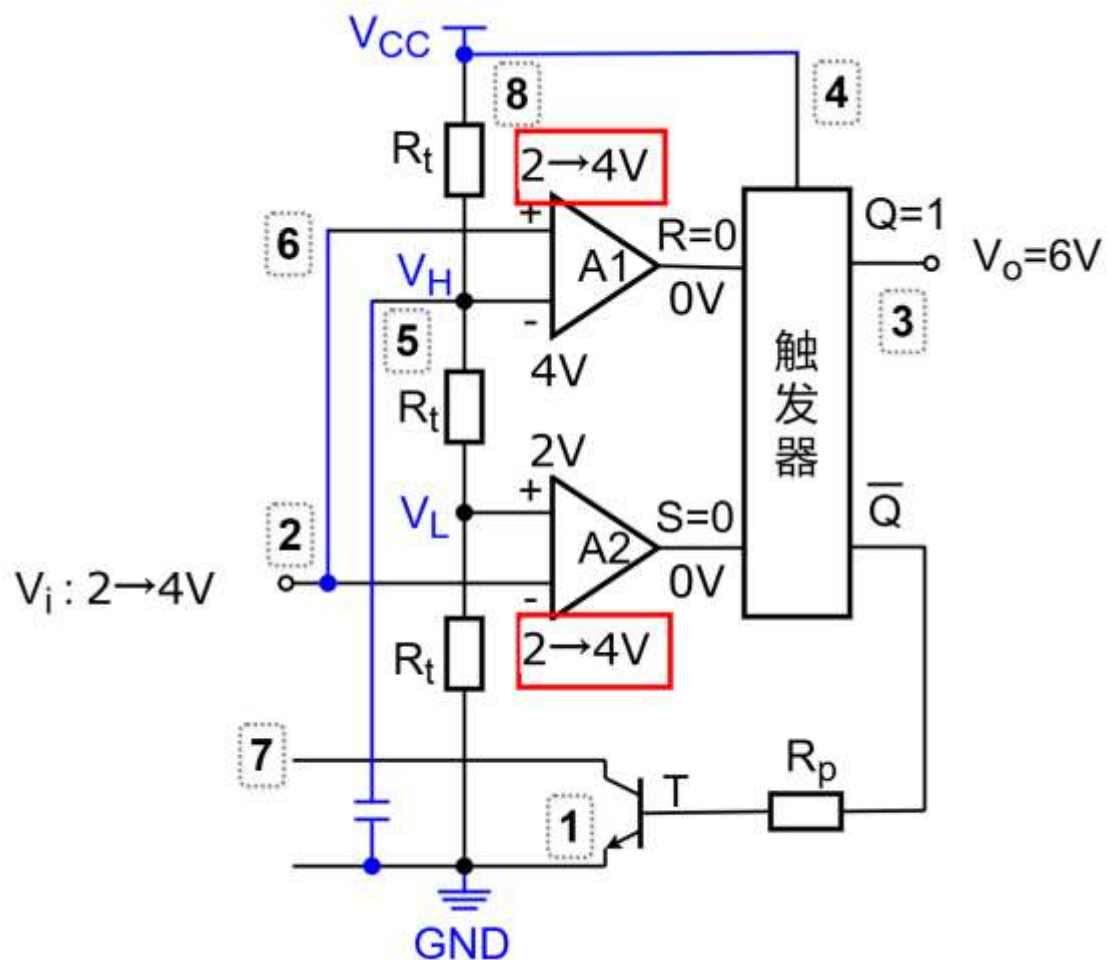
RS触发器输入输出关系

输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
0→2V	0	1	6V

施密特触发器输入输出关系($V_i: 0 \rightarrow 6V$)



施密特触发器



施密特触发器原理图

输入		输出	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	不变	不变
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	-	-

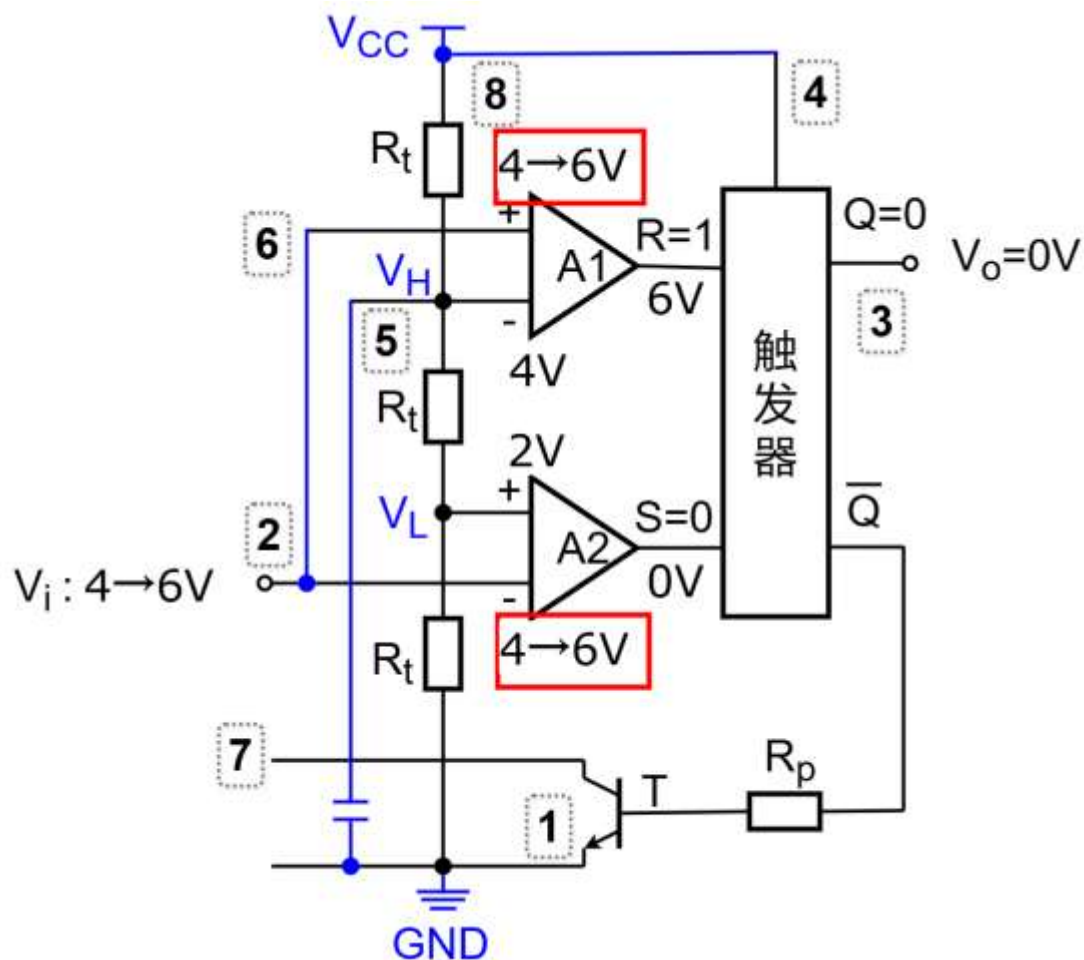
RS触发器输入输出关系

输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
0→2V	0	1	6V
2→4V	0	0	6V

施密特触发器输入输出关系($V_i: 0 \rightarrow 6V$)



施密特触发器



施密特触发器原理图

输入		输出	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	不变	不变
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	-	-

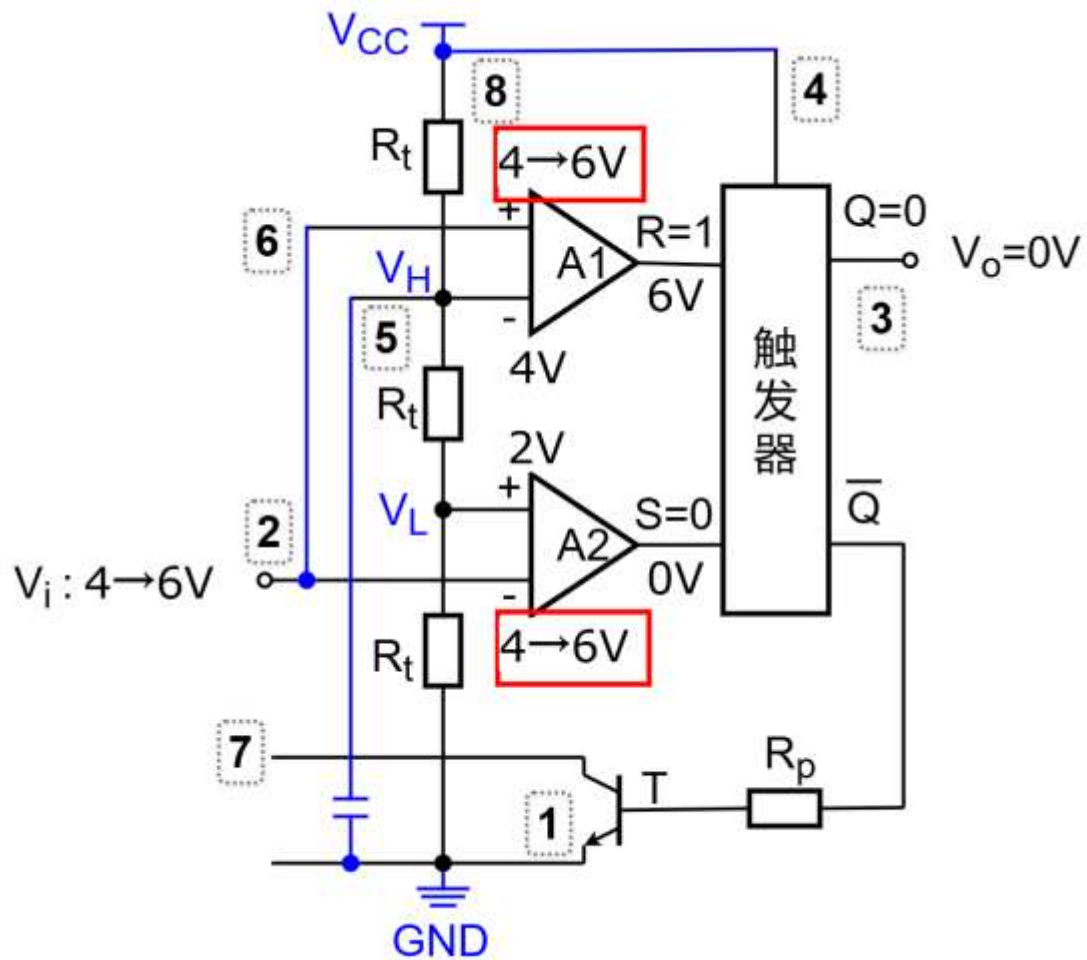
RS触发器输入输出关系

输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
0→2V	0	1	6V
2→4V	0	0	6V
4→6V	1	0	0V

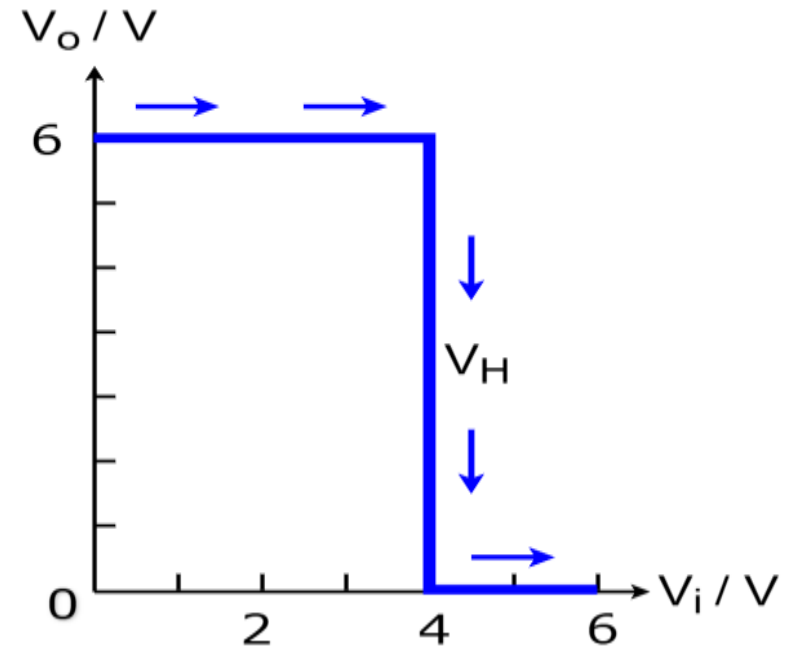
施密特触发器输入输出关系($V_i: 0 \rightarrow 6V$)



施密特触发器



施密特触发器原理图

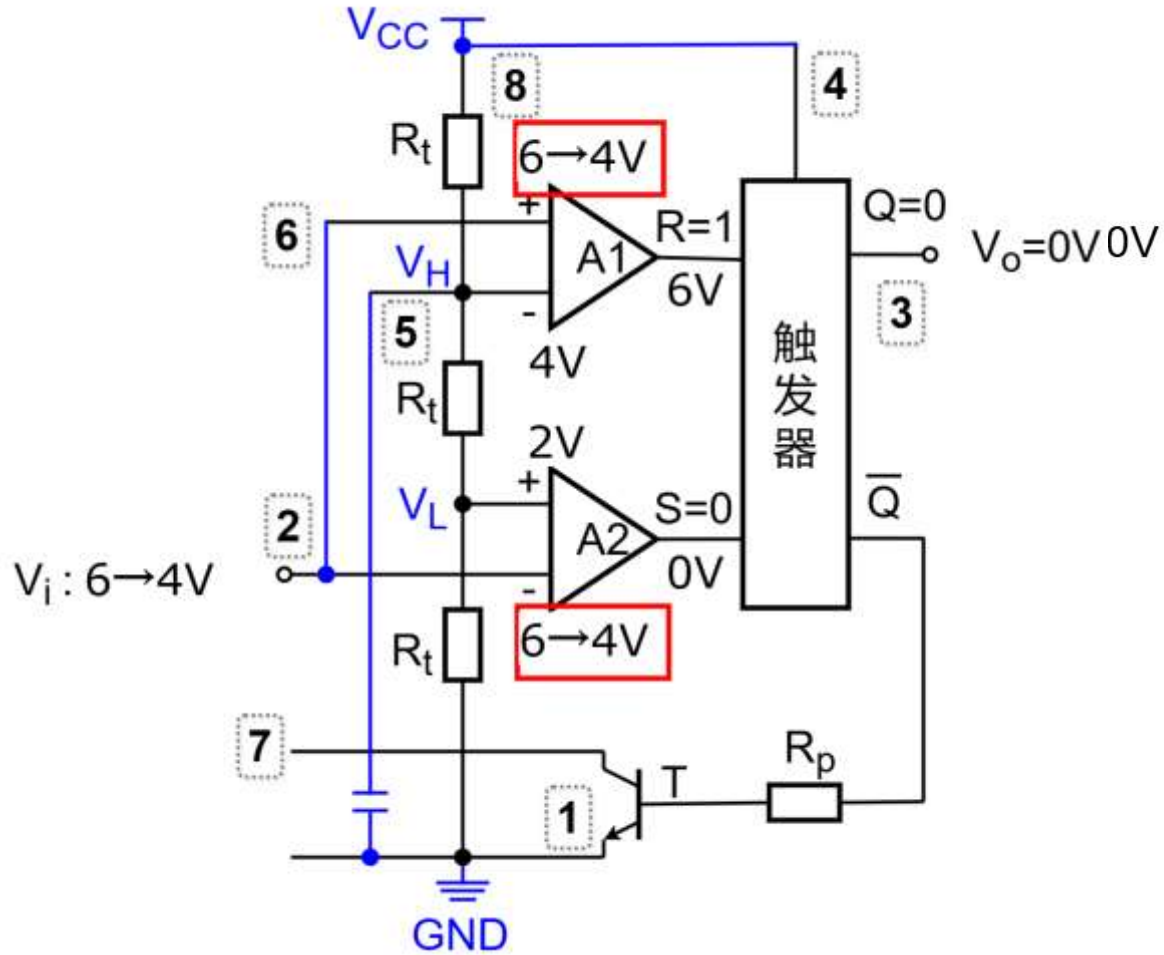


输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
0→2V	0	1	6V
2→4V	0	0	6V
4→6V	1	0	0V

施密特触发器输入输出关系($V_i: 0 \rightarrow 6V$)



施密特触发器



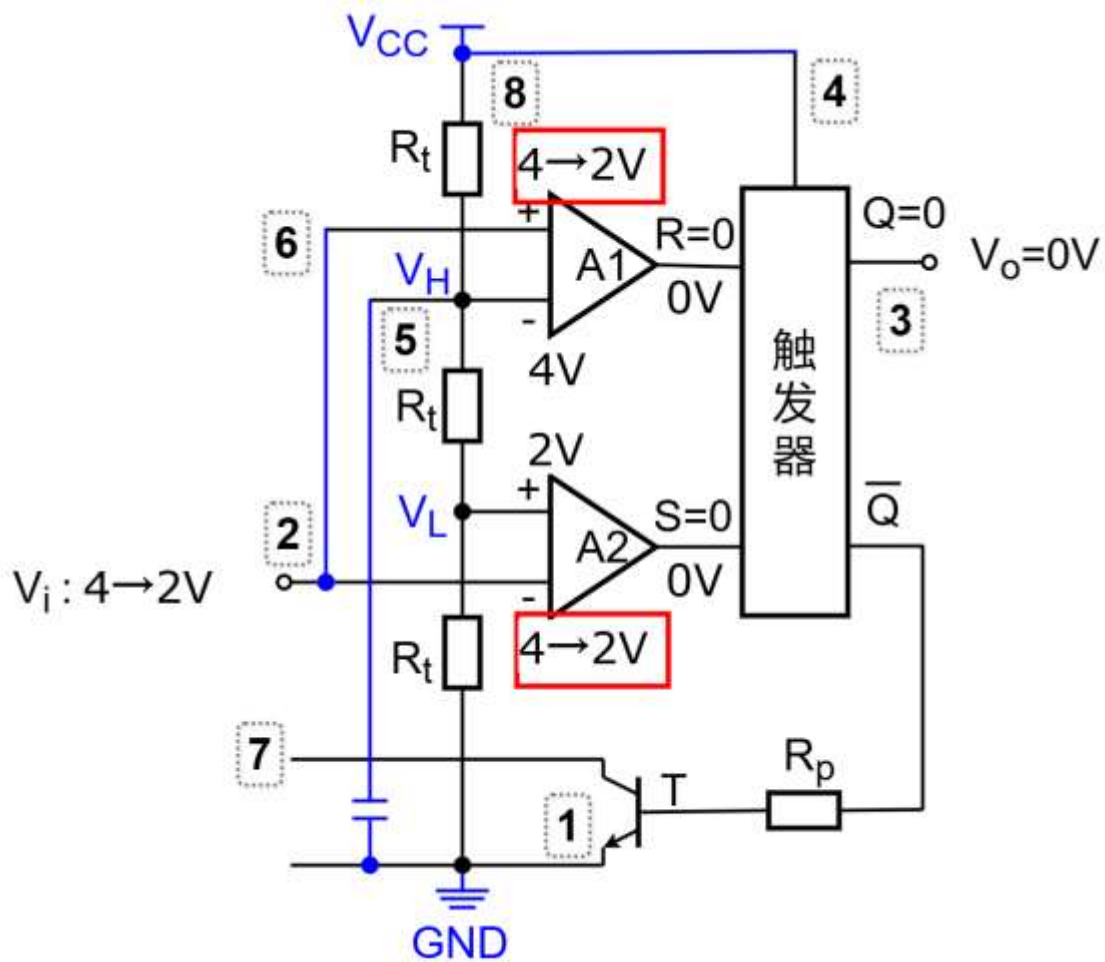
施密特触发器原理图

输入		输出	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	不变	不变
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	-	-

RS触发器输入输出关系

输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
6→4V	1	0	0V

施密特触发器输入输出关系($V_i: 6 \rightarrow 0V$)

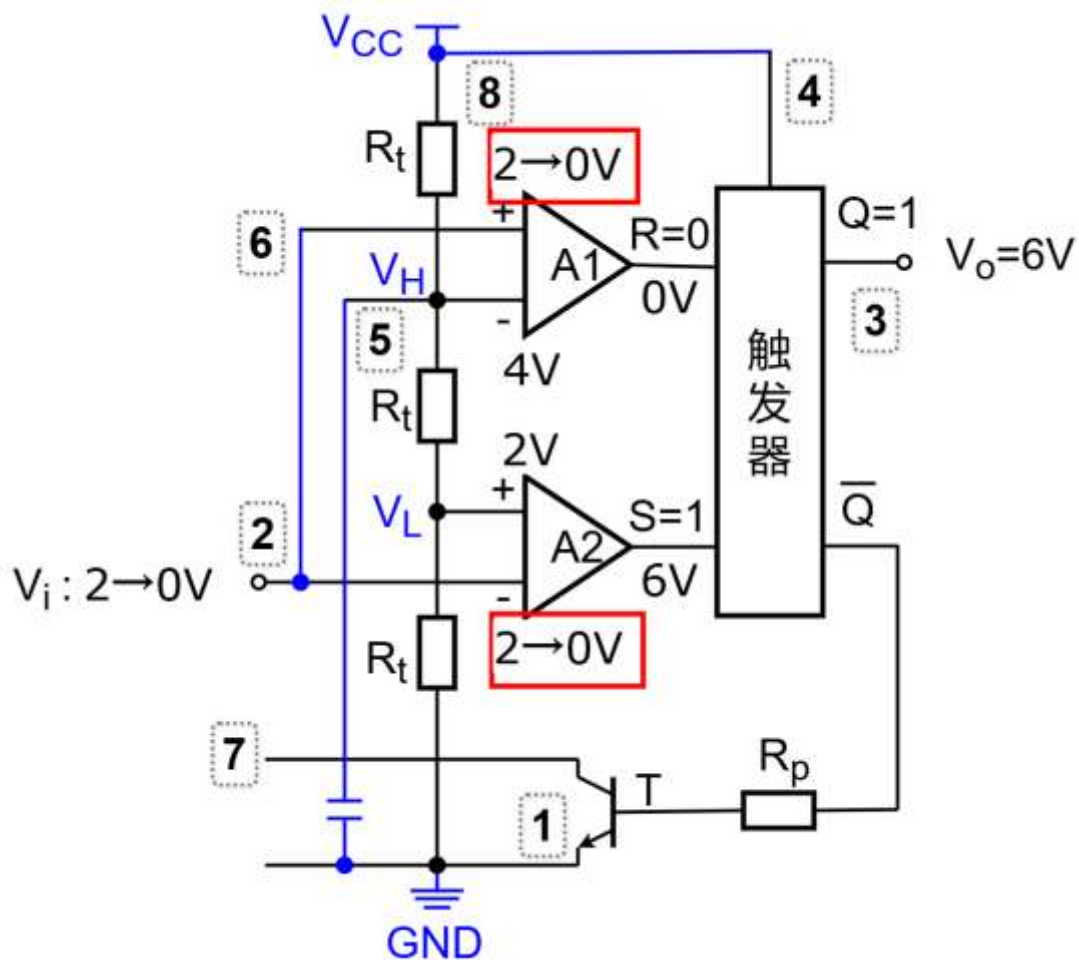


输入		输出	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	不变	不变
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	-	-

输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
6→4V	1	0	0V
4→2V	0	0	0V



施密特触发器



施密特触发器原理图

输入		输出	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	不变	不变
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	-	-

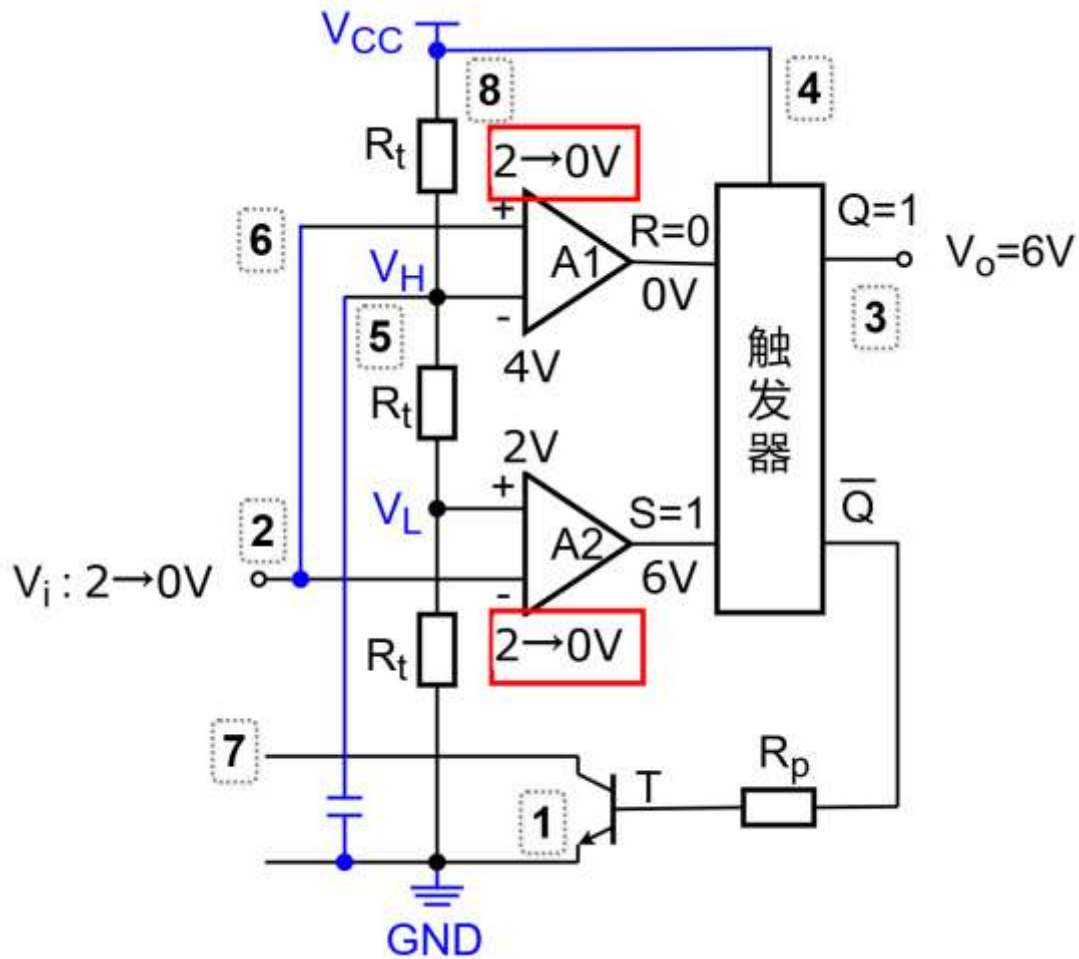
RS触发器输入输出关系

输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
6→4V	1	0	0V
4→2V	0	0	0V
2→0V	0	1	6V

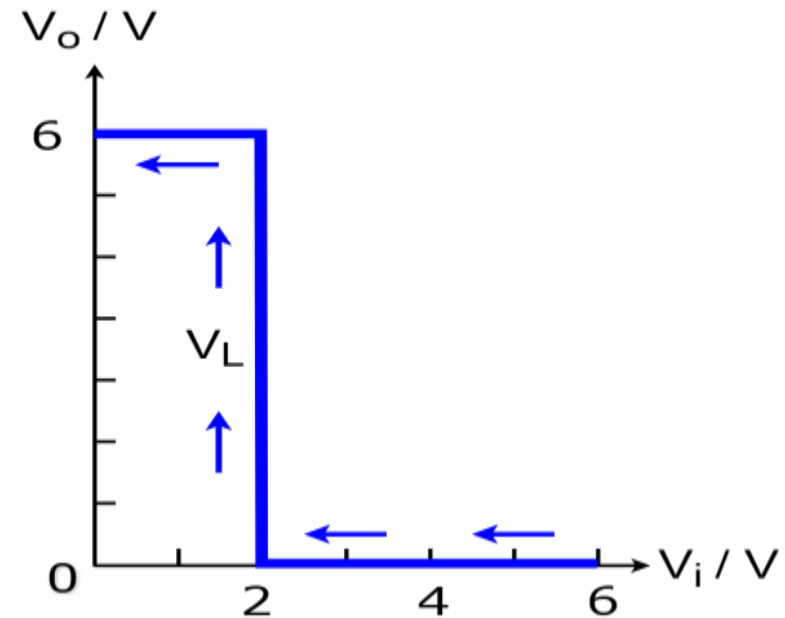
施密特触发器输入输出关系(V_i : 6→0V)



施密特触发器



施密特触发器原理图



输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
6→4V	1	0	0V
4→2V	0	0	0V
2→0V	0	1	6V

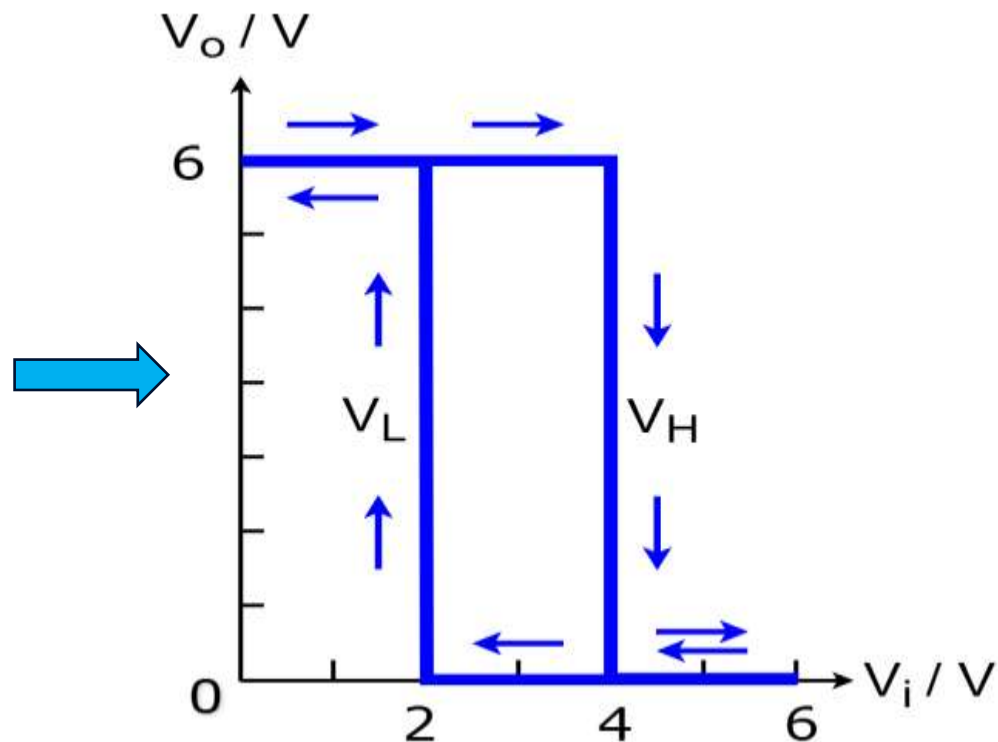
施密特触发器输入输出关系($V_i: 6 \rightarrow 0V$)



施密特触发器

输入	中间量		输出
V_i	R	S	V_o
$0 \rightarrow 2V$	0	1	6V
$2 \rightarrow 4V$	0	0	6V
$4 \rightarrow 6V$	1	0	0V
$6 \rightarrow 4V$	1	0	0V
$4 \rightarrow 2V$	0	0	0V
$2 \rightarrow 0V$	0	1	6V

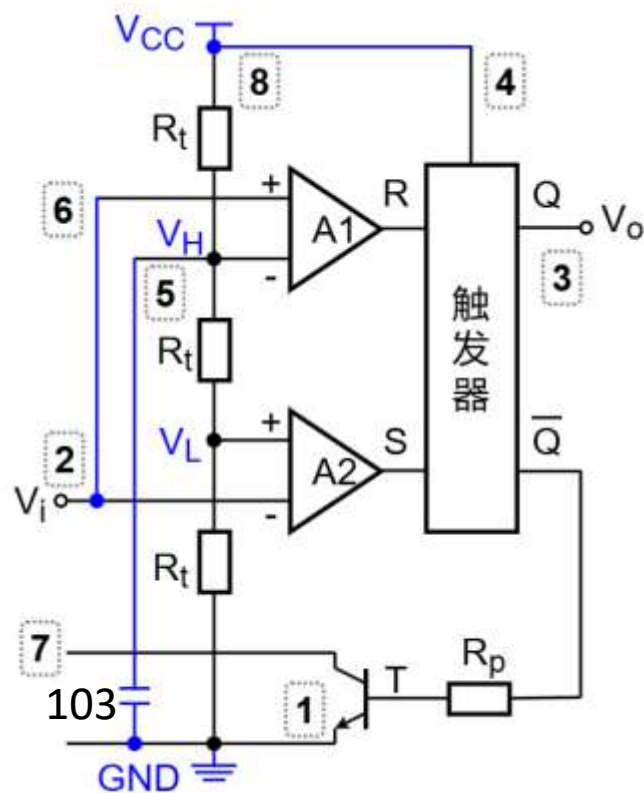
施密特触发器输入输出关系



施密特触发器IO特性曲线

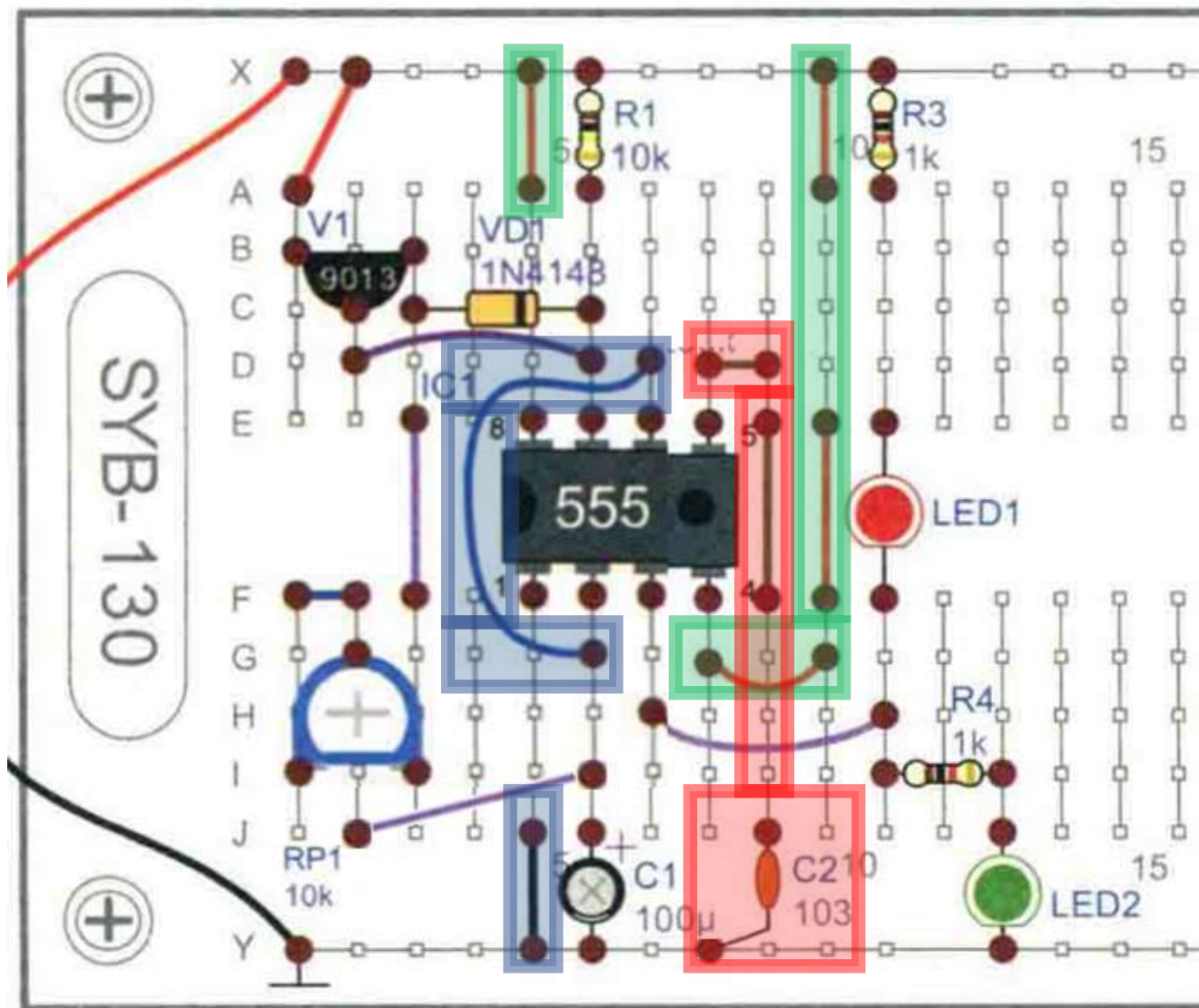


均匀方波发生器制作



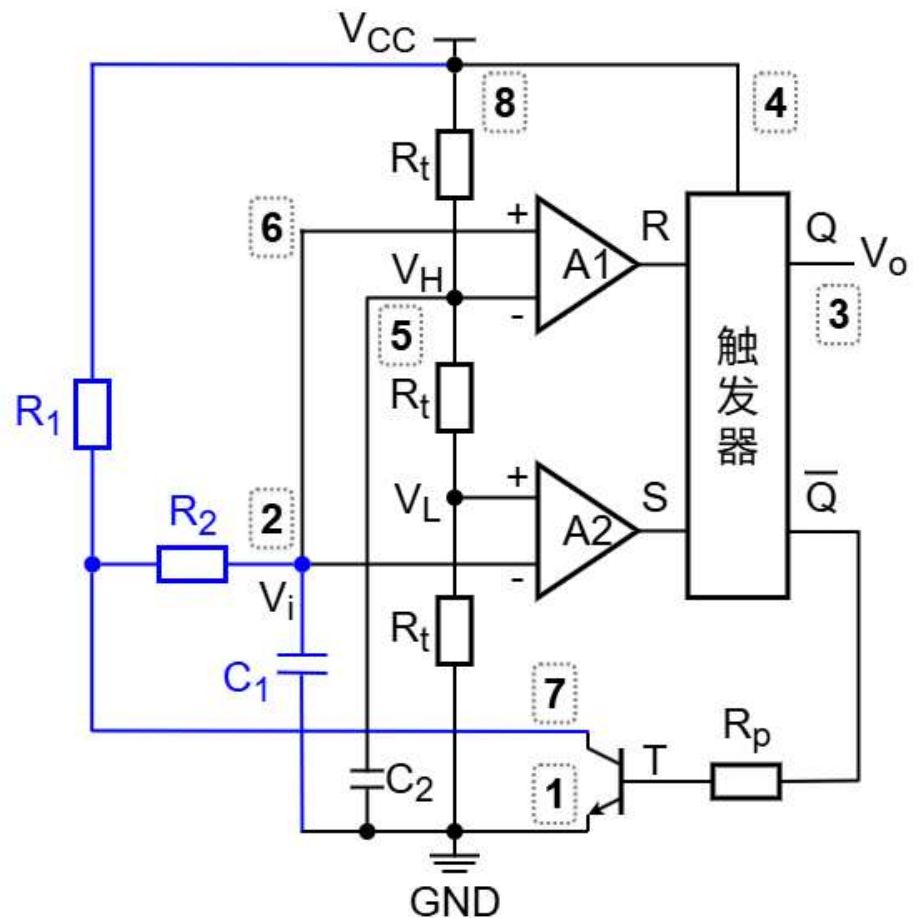
施密特触发器增加内容（相较于555集成电路）：

1. ①引脚接地
2. ②⑥引脚相连
3. ④⑧引脚接高电压
4. ⑤引脚通过电容接地





多谐振荡器

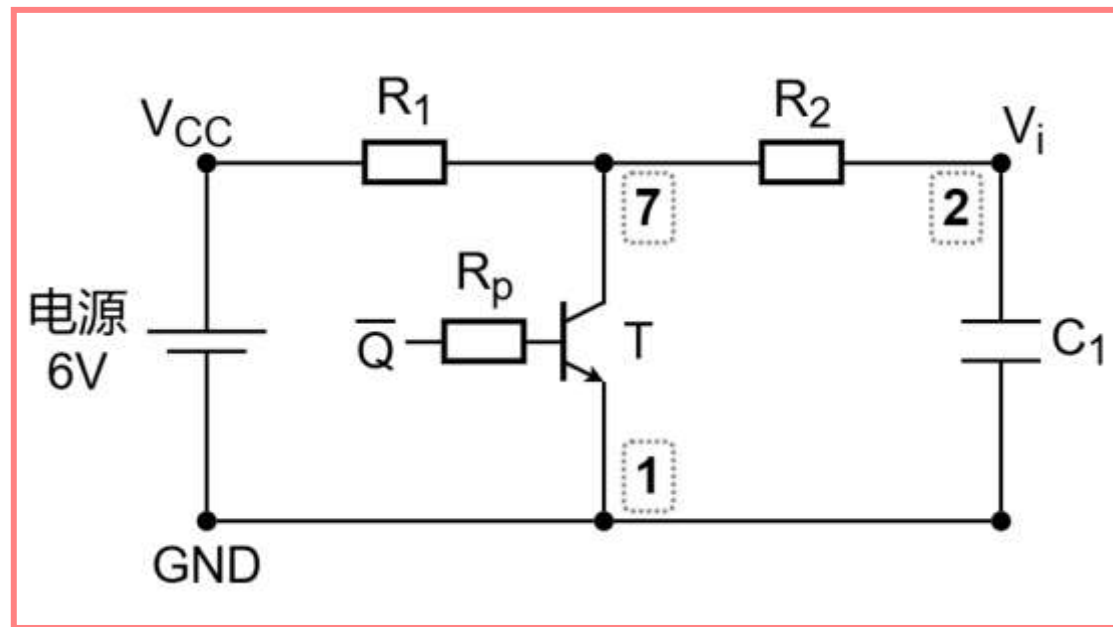
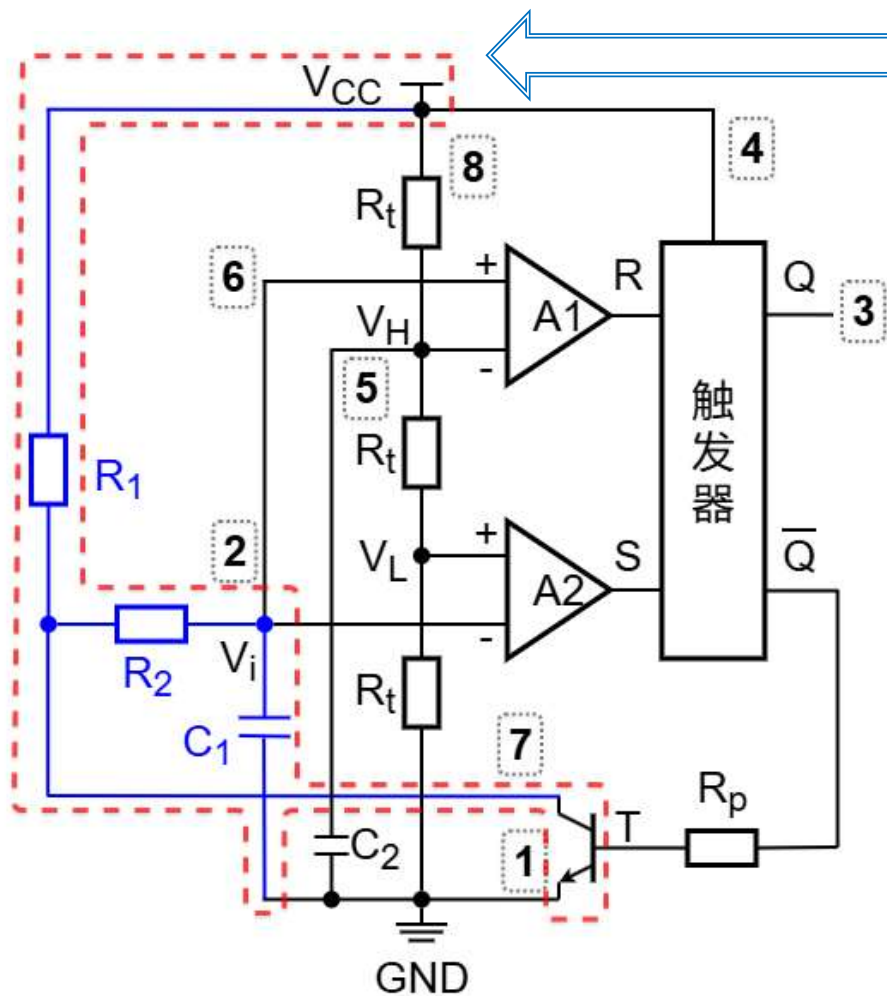


多谐振荡器原理图

多谐振荡器增加内容（相较于施密特触发器）：

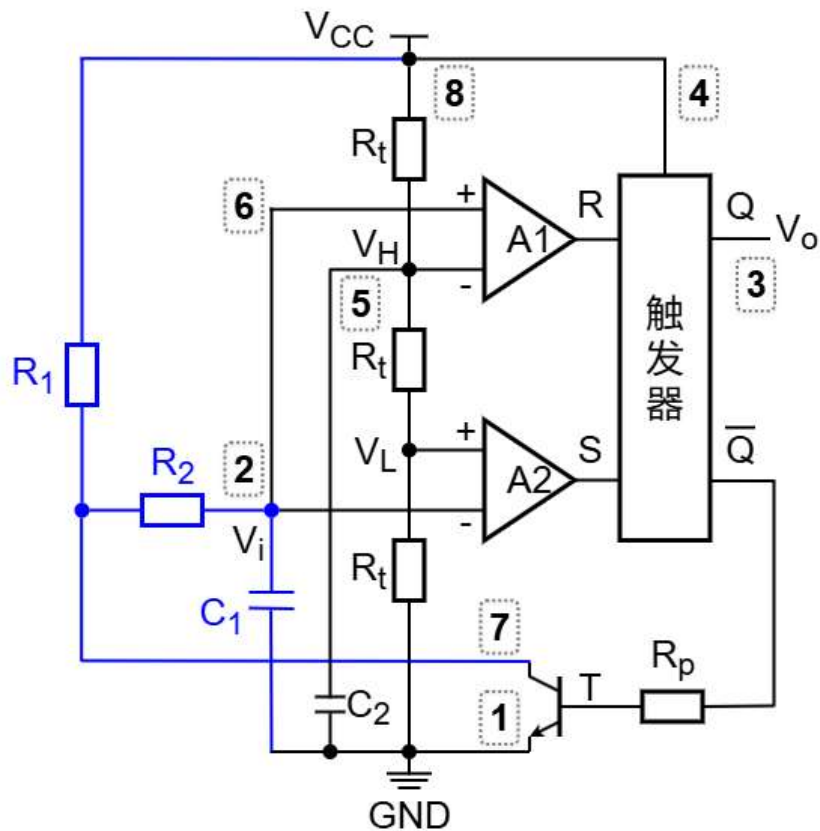
1. ②引脚通过电容 C_1 接地
2. ②⑦引脚通过电阻 R_2 相连
3. ⑦引脚通过电阻 R_1 接高电压

一切的一切，都是为了给 V_i 节点充电和放电……

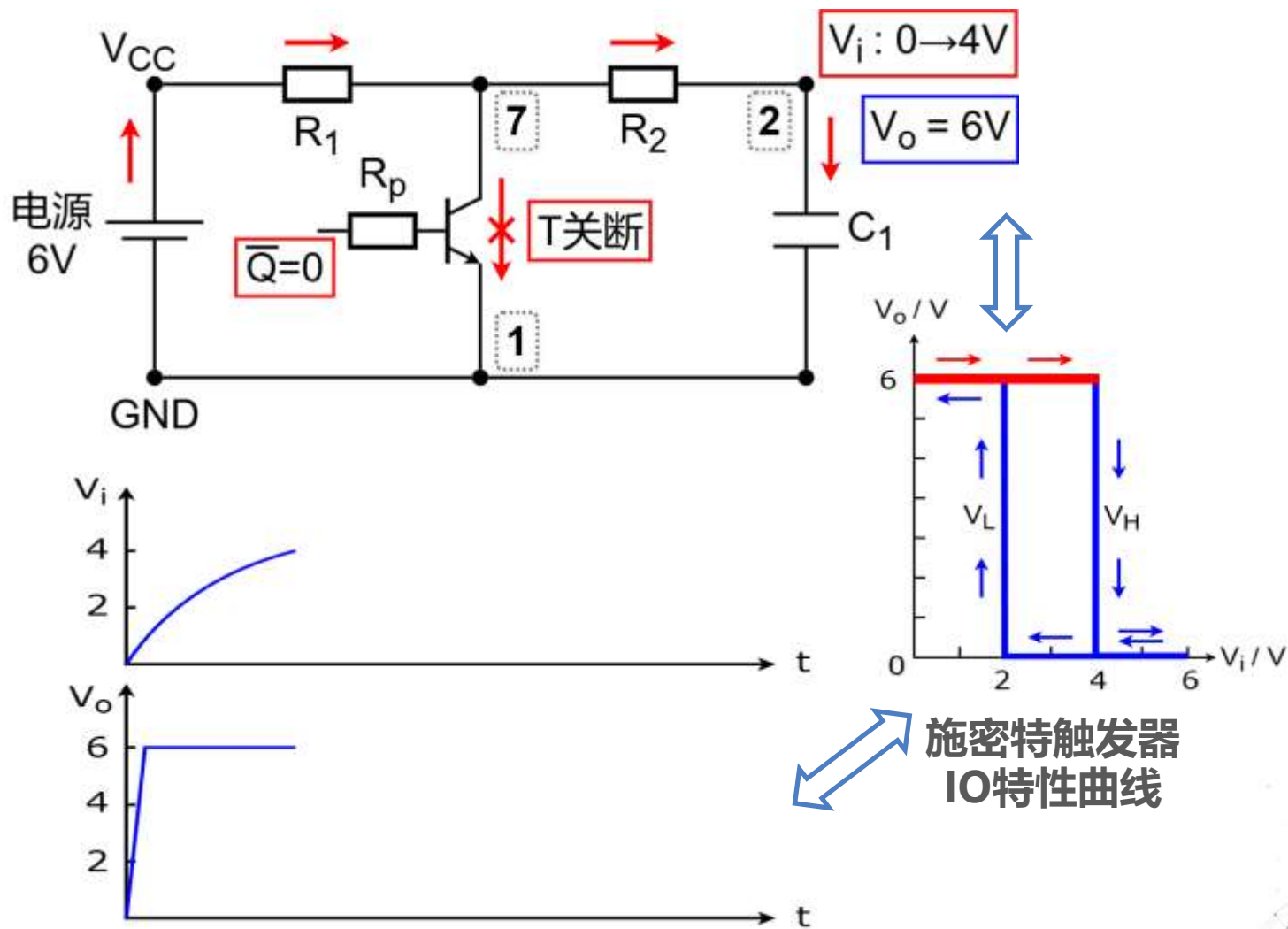




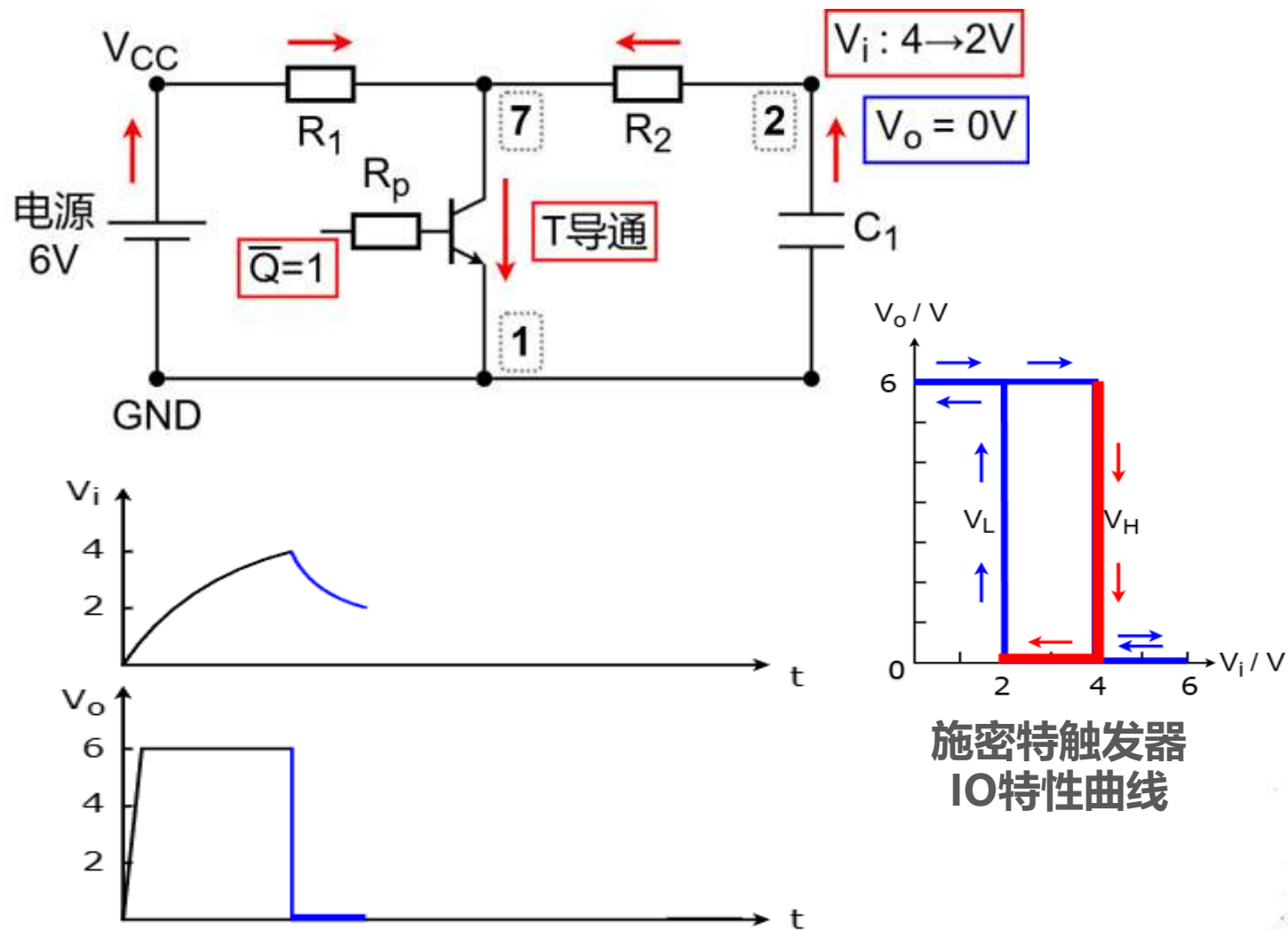
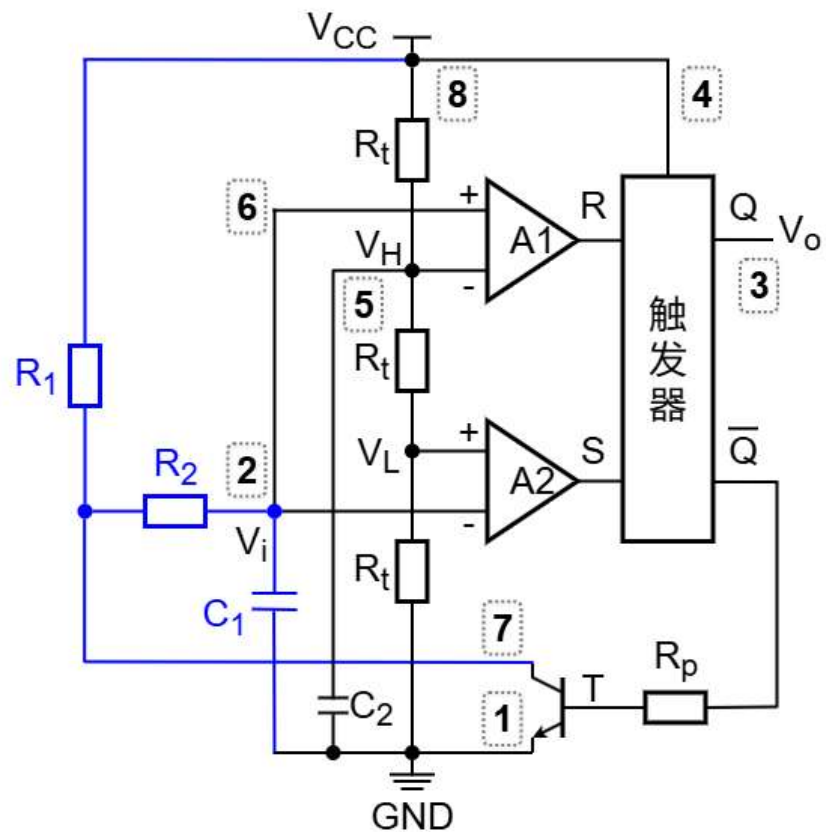
多谐振荡器



多谐振荡器原理图



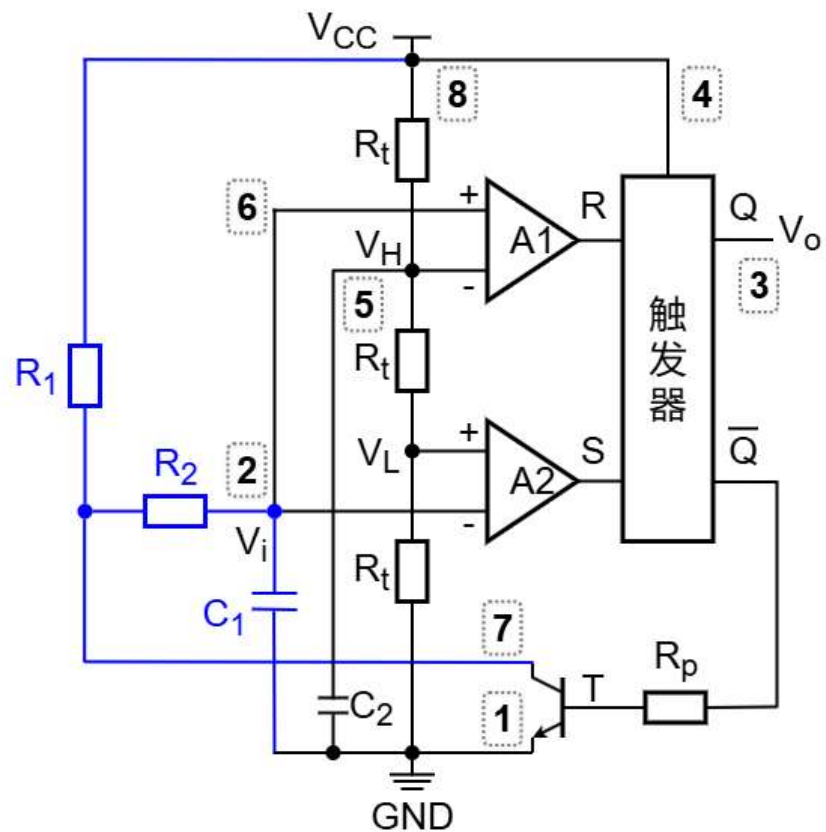
多谐振荡器输入输出随时间变化图



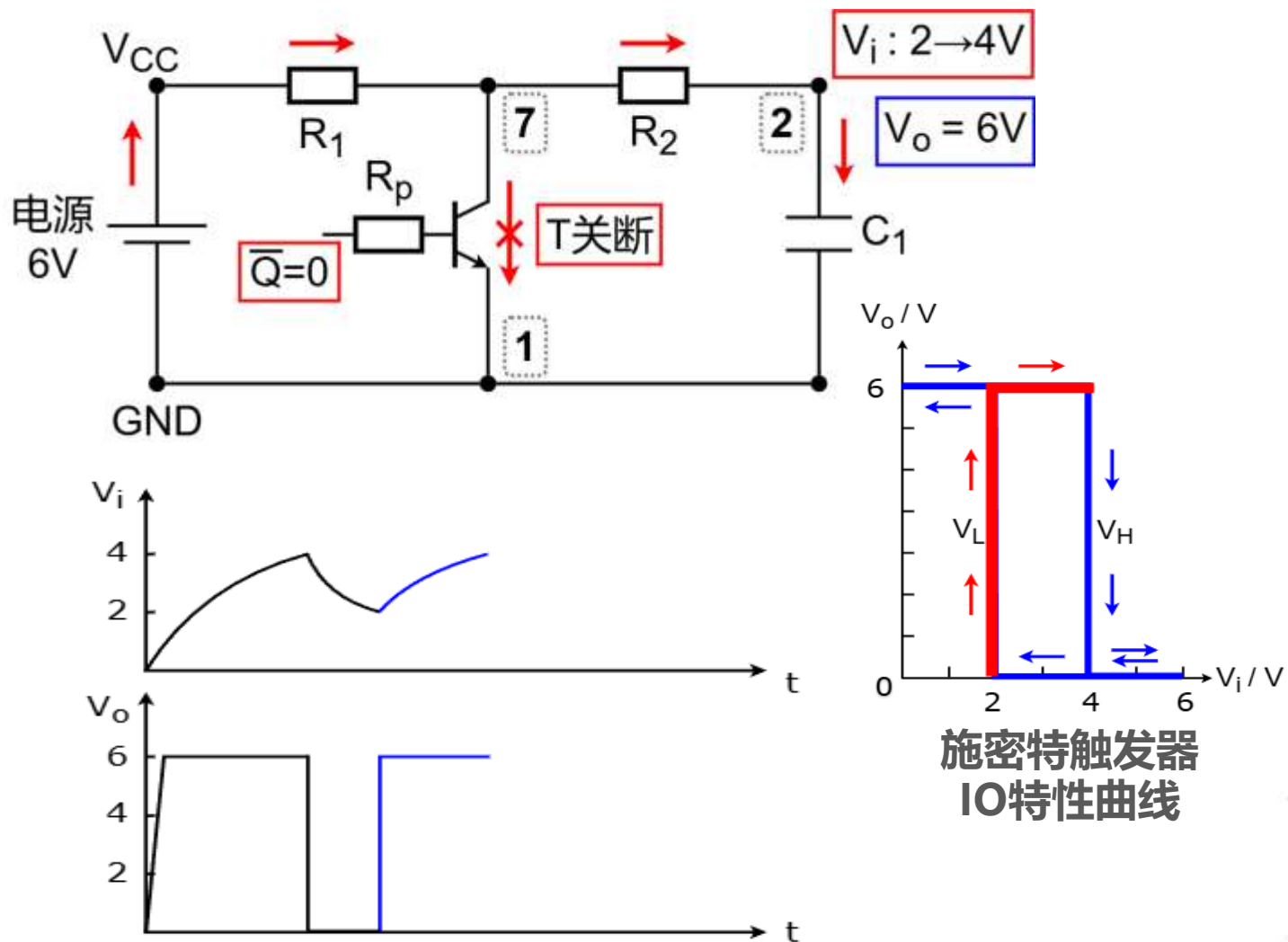
施密特触发器 IO特性曲线



多谐振荡器



多谐振荡器原理图

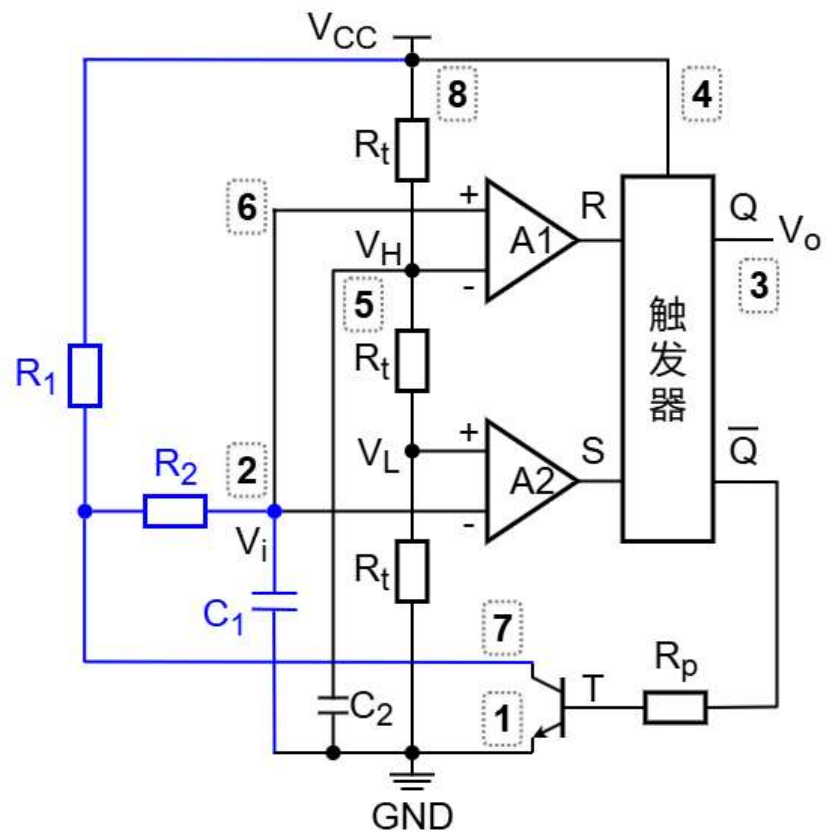


多谐振荡器输入输出随时间变化图

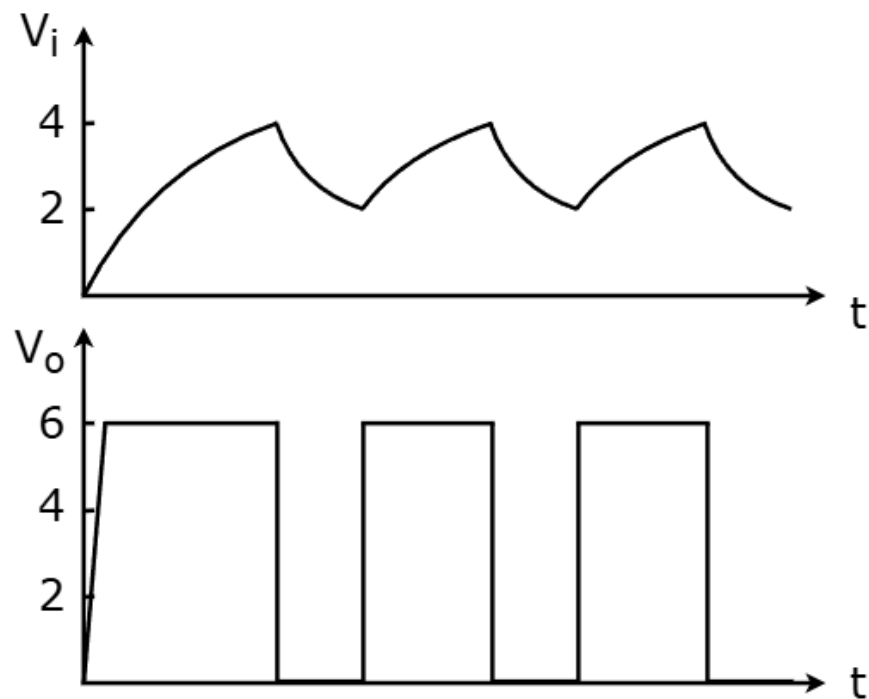
施密特触发器
IO特性曲线



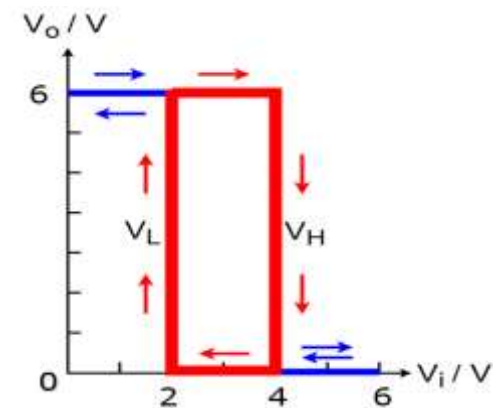
多谐振荡器



多谐振荡器原理图



多谐振荡器输入输出随时间变化图

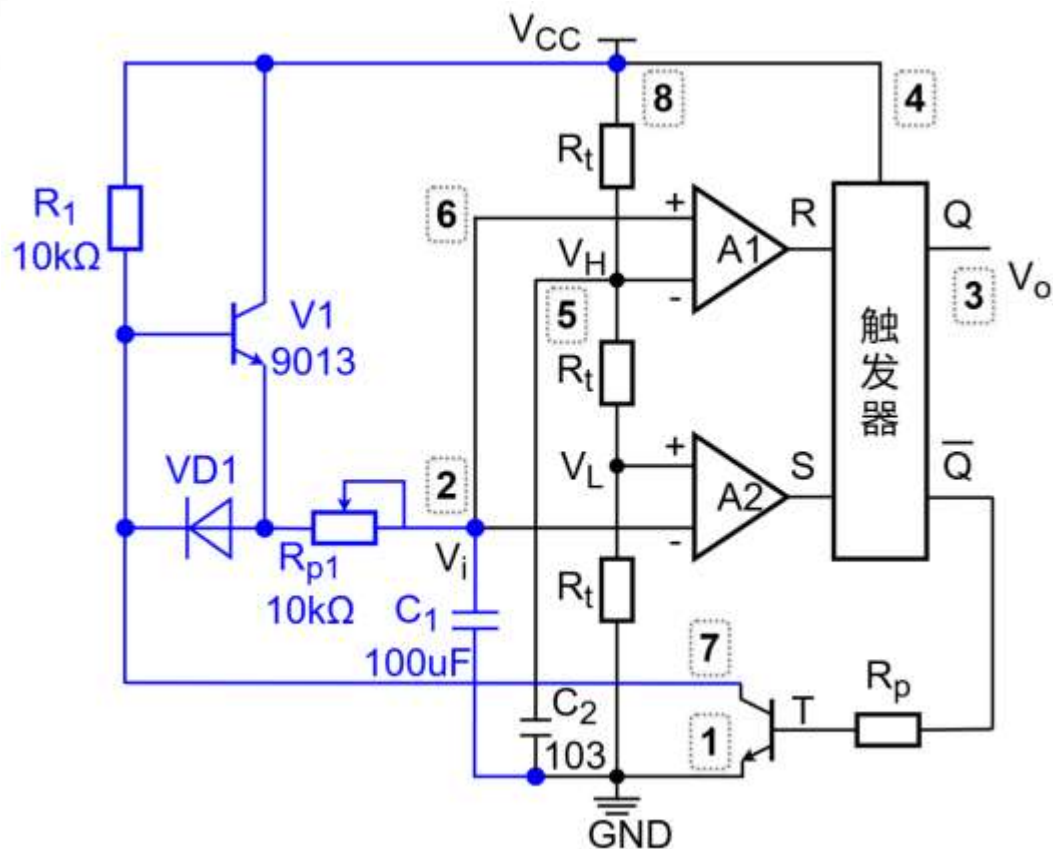


施密特触发器
IO特性曲线

V_i 在 V_L 到 V_H 之间震荡;
 V_o 为固定频率方波, 且
占空比始终大于50%。

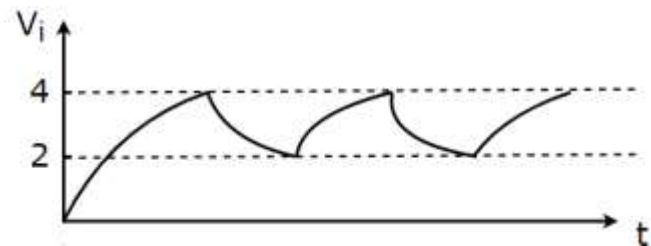


多谐振荡器



多谐振荡器原理图

输入 V_i	中间量			对输入影响
2/6	R	S	\bar{Q}	7
$0 < V_i < V_L$	0	1	0	T关断, $V_i \rightarrow V_L$
$V_L < V_i < V_H$	0	0	0	T关断, $V_i \rightarrow V_H$
$V_H < V_i < V_{CC}$	1	0	1	T导通, $V_i \rightarrow V_H$
$V_L < V_i < V_H$	0	0	1	T导通, $V_i \rightarrow V_L$
$0 < V_i < V_L$	0	1	0	T关断, $V_i \rightarrow V_L$

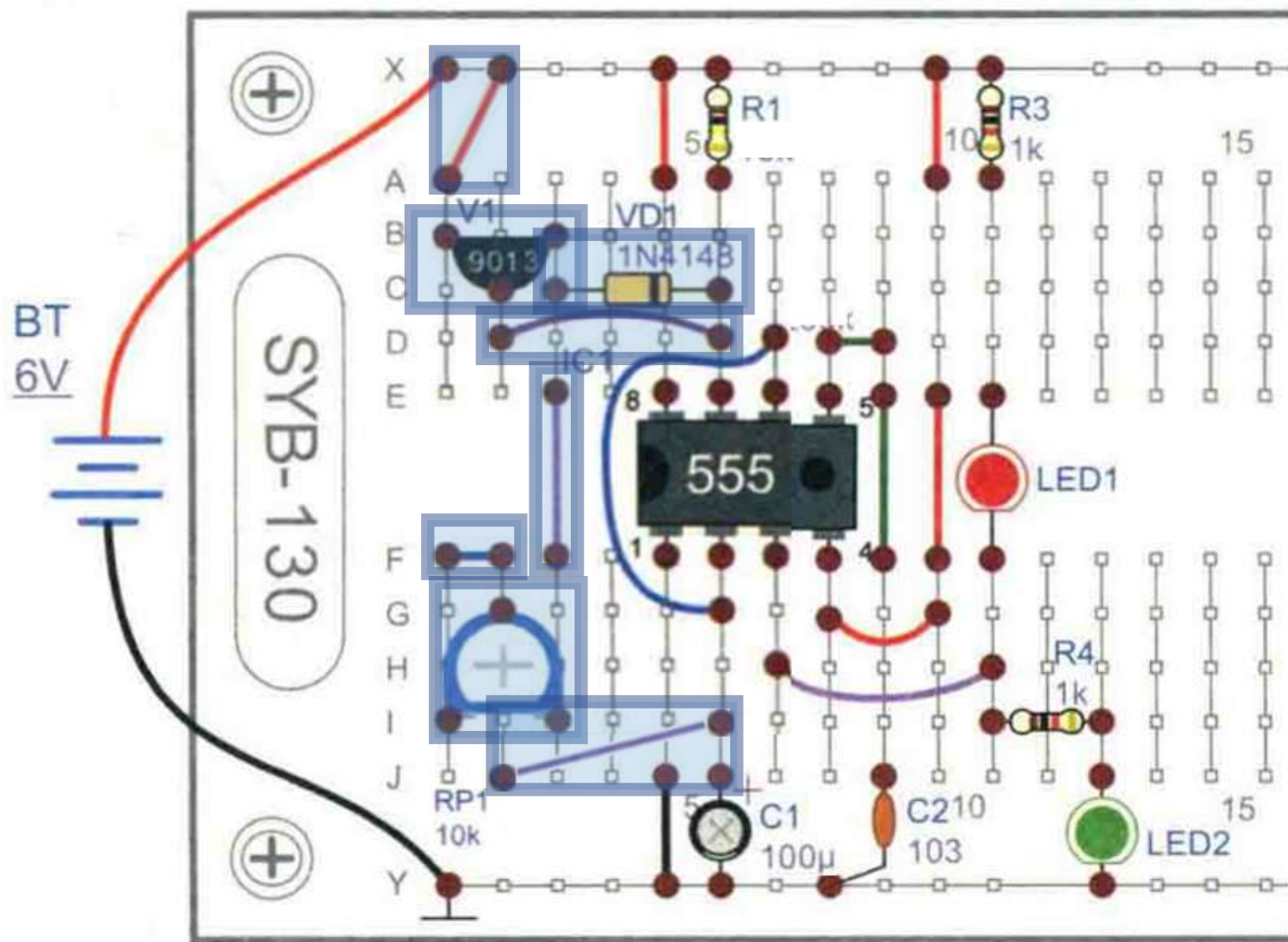


- Vi在VL到VH之间震荡；
- Vo为固定频率方波，且
- 占空比始终等于50%。



均匀方波发生器制作

■ 装配图



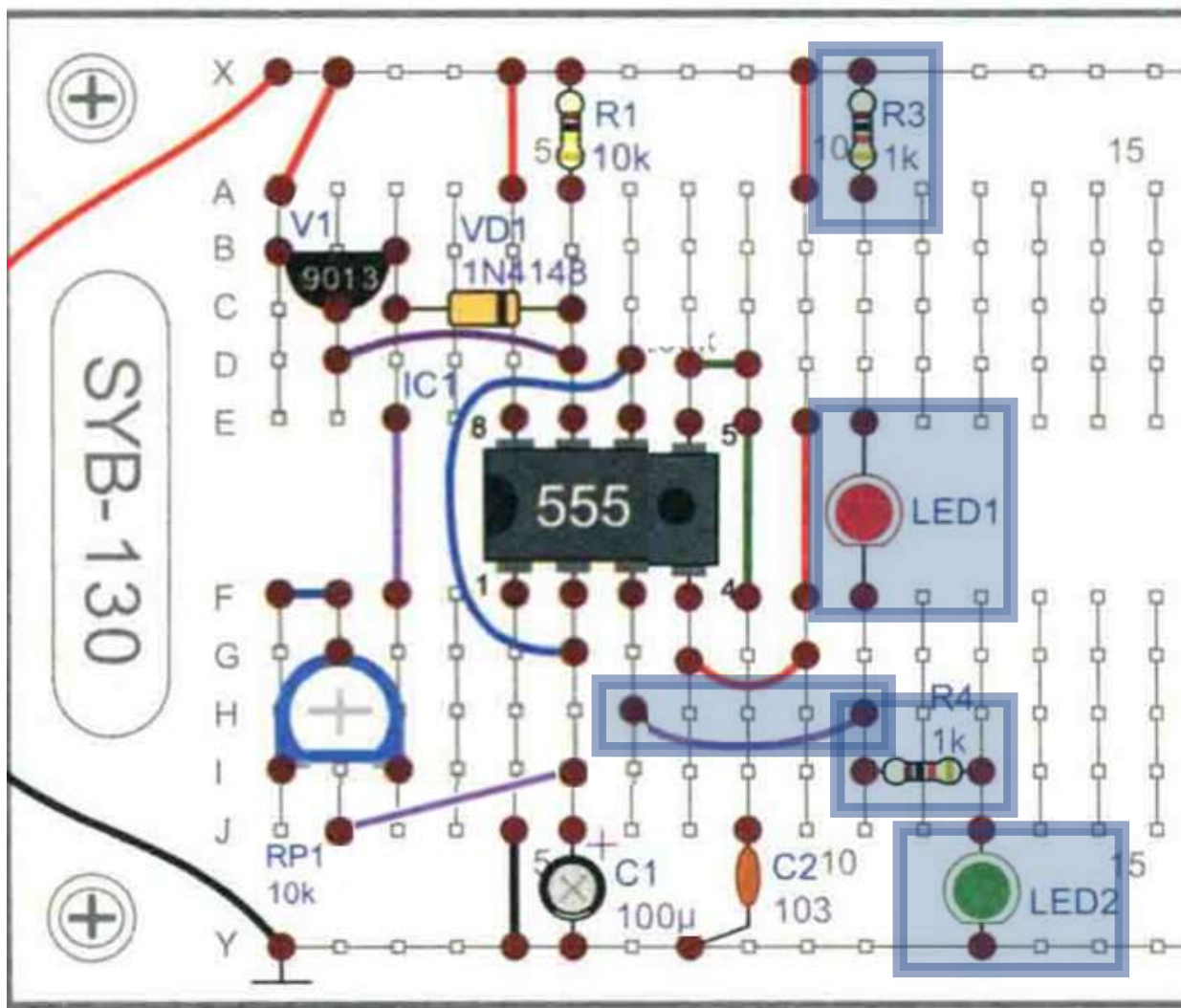
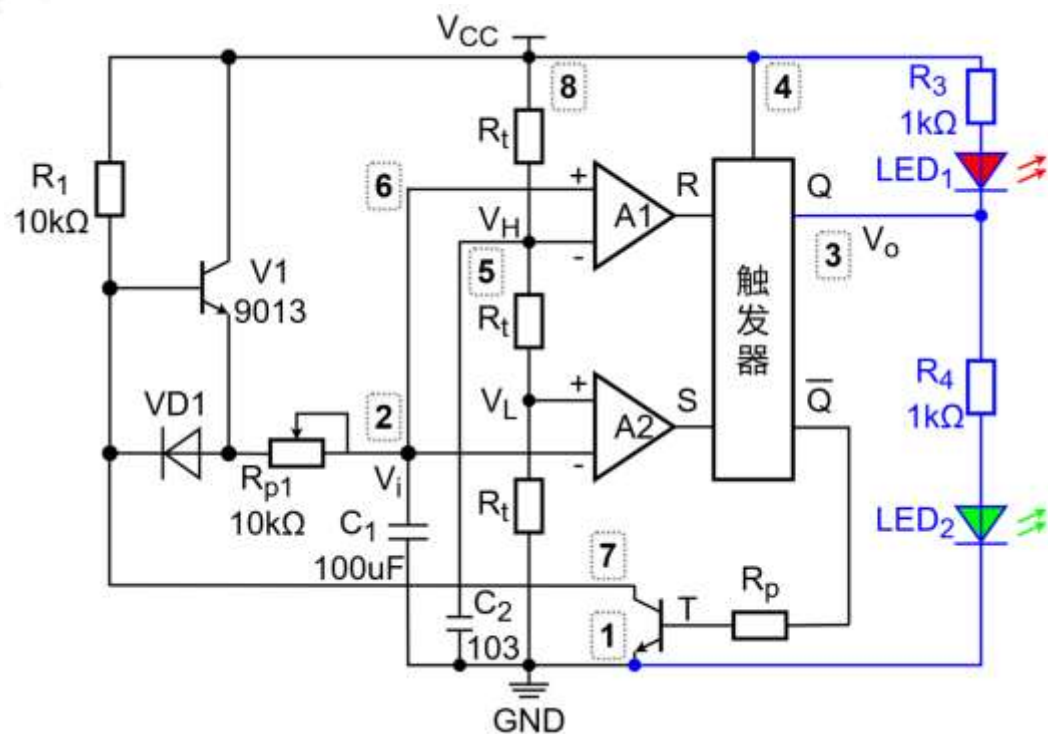


Vo	LED2正极	LED2负极	LED2
0V	0V	0V	灭
6V	6V	0V	亮

Vo	LED1	LED2
0V	亮	灭
6V	灭	亮



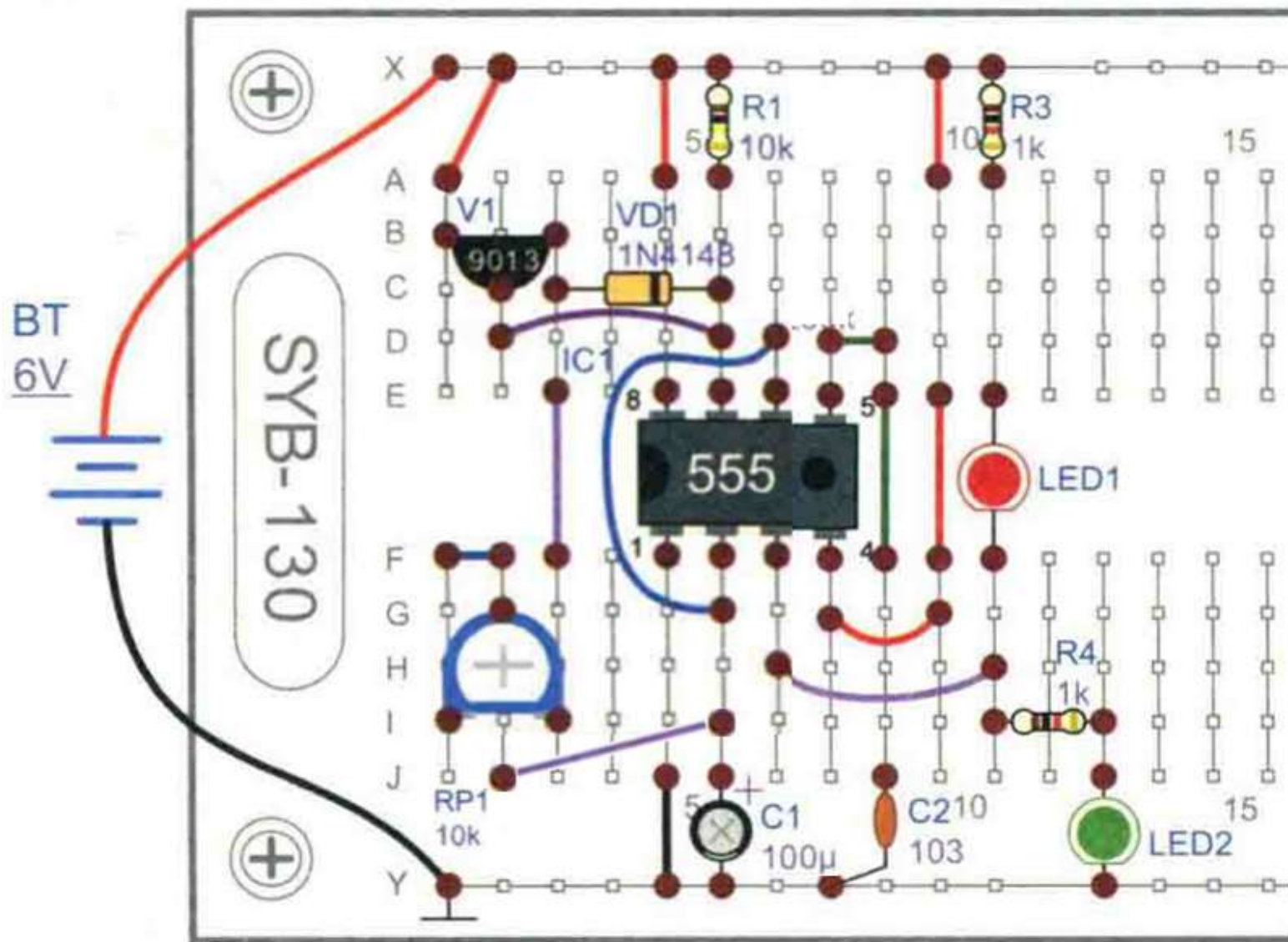
均匀方波发生器制作





均匀方波发生器制作

■ 装配图





谢谢

THANK YOU



芯创讲师团

复旦大学集成电路与微纳电子创新学院