

实验二十八：RLC 串联电路的暂态过程

朱寅杰 1600017721

2018 年 4 月 6 日

28.1 RC 串联电路的瞬态过程

将一个电阻箱 R 与一个 $C = 0.2 \mu\text{F}$ 的电容器串联在一起，加上一个方波脉冲信号，观察电容和电阻上的电压信号 U_R 与 U_C 。

电阻 R	时间常量计算值 $RC/\mu\text{s}$	U_R 半衰期 μs	时间常量 μs	U_C 半衰期 μs	时间常量 μs
200 Ω	40	26.20	37.80	42.13	
2 k Ω	400	276.0	398.2	286.0	412.6
20 k Ω	4000	3140	4530	2860	4126

28.2 RL 串联电路的瞬态过程

将一个电阻箱 R 与一个 $L = 10 \text{ m}$ 的电感串联在一起，加上一个方波脉冲信号，观察电容和电阻上的电压信号 U_R 与 U_C 。电感的内阻用万用表测出为 22.76Ω ，计算电路时间常数时一并计入总电阻值。

电阻 R	时间常量计算值 $(R + R_L)/L/\mu\text{s}$	U_R 半衰期 μs	时间常量 μs	U_L 半衰期 μs	时间常量 μs
20 Ω	233.9	154.0	222.2	136.0	196.2
200 Ω	44.89	31.80	45.88	30.00	43.28

28.3 RLC 串联电路瞬态过程的观察

将一个电阻 R 、一个电感 $L = 10 \text{ m}$ （含 22.76Ω 内阻）、一个电容 $C = 0.2 \mu\text{F}$ 串联起来。

首先电阻 R 设为零，观察 U_C 的瞬态过程，函数图形类似阻尼振动，振幅随时间衰减。从屏幕上读出振动的周期为 $276.0 \mu\text{s}$ ，前八个峰的 U_C 分别为

序号 n	0	1	2	3	4	5	6	7
电压峰值 U_n/mV	1660	1120	752	508	336	224	143	89.6
$\ln U_n$	7.415	7.021	6.623	6.230	5.817	5.412	4.963	4.495

对 $\ln U_n$ 做最小二乘拟合，得到斜率为 -0.41396 ± 0.00512 ，相关系数为 0.99954 。由此计算出时间常量为 $276.0 \mu\text{s} \div 0.414 \pm 0.005 = (666 \pm 8) \mu\text{s}$ 。与理论计算值 $2L/R_L = 879 \mu\text{s}$ 相比偏小。阻尼振荡的角频率为 $2\pi \div 276.0 \mu\text{s} = 22765/\text{s}$ ，与理论值 $\frac{\sqrt{1-R^2C/4L}}{\sqrt{LC}} = 22332/\text{s}$ 相比偏大。

缓慢调大电阻箱 R ，使瞬态过程的阻尼振动周期越来越大。当振荡越过平衡位置后不再返回穿过平衡位置时，认为进入了临界衰减。此时电阻箱读数可确定到为 $(327 \pm 10) \Omega$ 左右，相当于电路中电阻为 $(350 \pm 10) \Omega$ 左右。对比理论计算结果 $2\sqrt{L/C} = 447 \Omega$ 偏小。

28.4 思考题

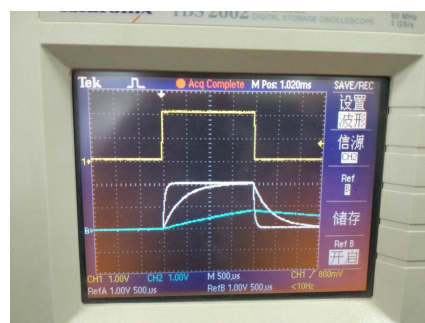
由于电路中除了电感内阻之外，信号源等也有内阻，因此电路中实际的电阻值会大于估计时所用的电感内阻，导致衰减的时间常数明显偏小。

如果要做一个延时开关的话，可以使用一个时间常数很大（分钟量级）的 RC 电路，拨动一次开关相当于改变一次电平，然后把电阻上的电压信号经过处理（比如拉一个高电平则通低电平则短的数字逻辑门）以后转换出去控制（比如）电灯。拨动开关时电阻上会出现一个缓慢衰减的电压信号，可达到想要的延时调节效果。

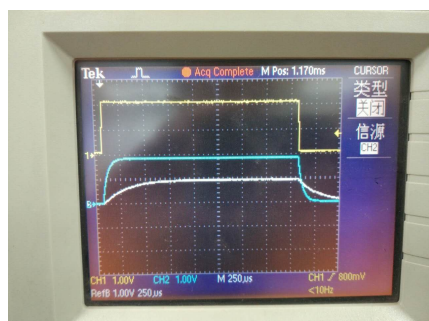
这次实验几乎是普物实验中示波器使用最繁琐的一次了，要在上面完成极其大量的电压和时间间隔测量，并记录图线；可是所使用的数字存储示波器却是较为老旧的一批。建议可以把声速驻波等几个实验室的示波器和这个实验室对换过来，那几个实验在示波器上的操作量小不少，所使用的示波器也比较新，功能更强大，使用起来也更为智能，甚至可以直接导出屏幕图像到 U 盘。物尽其用也能给同学们带来更大的便利嘛。



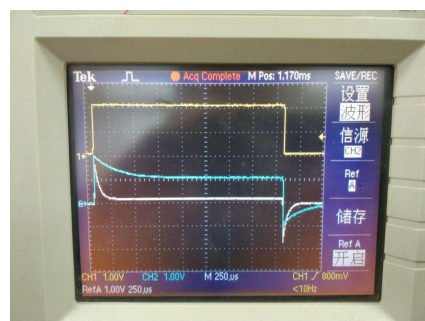
(a) RC 串联时 U_R 的瞬态变化。黄线为输入脉冲信号，余下分别为接入 200Ω 、 $2k\Omega$ 、 $20k\Omega$ 的电阻时的瞬态图线。可以看出电阻越大信号衰减越快。



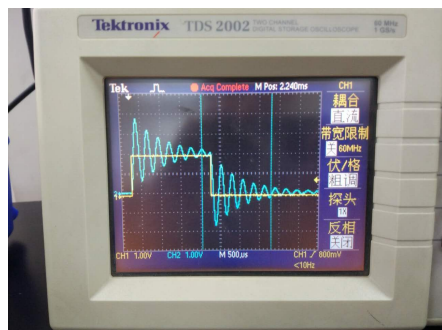
(b) RC 串联时 U_C 的瞬态变化。黄线为输入脉冲信号，余下分别为接入 200Ω 、 $2k\Omega$ 、 $20k\Omega$ 的电阻时的瞬态图线。可以看出电阻越大信号衰减越快。



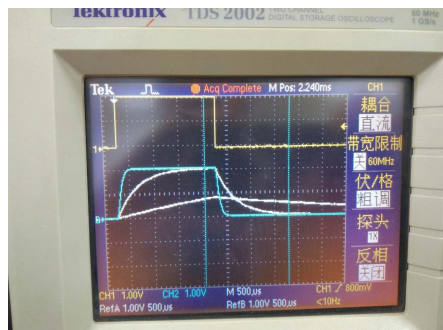
(c) RL 串联时 U_R 的瞬态变化。黄线为输入脉冲信号，余下分别为接入 20Ω 、 200Ω 的电阻时的瞬态图线。可以看出电阻越大信号衰减越快。



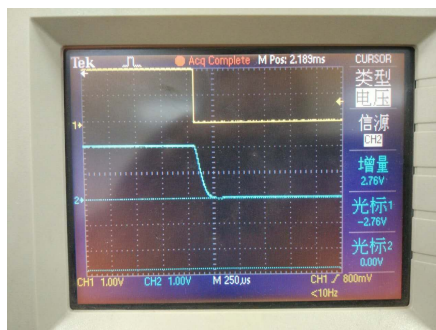
(d) RL 串联时 U_L 的瞬态变化。黄线为输入脉冲信号，余下分别为接入 20Ω 、 200Ω 的电阻时的瞬态图线。可以看出电阻越大信号衰减越快。



(e) 不接入电阻箱时的串联 RLC 中 U_C 瞬态图线。



(f) 2 信号按衰减由快到慢分别为接入 $20k\Omega$ 、 $2k\Omega$ 、 400Ω 电阻时的串联 RLC 中 U_C 的瞬态图线。



(g) 串联 RLC 电路，电阻箱调节至临界衰减状态时的 U_C 瞬态图线。