

实验三 信号通过线性系统

一、实验目的：

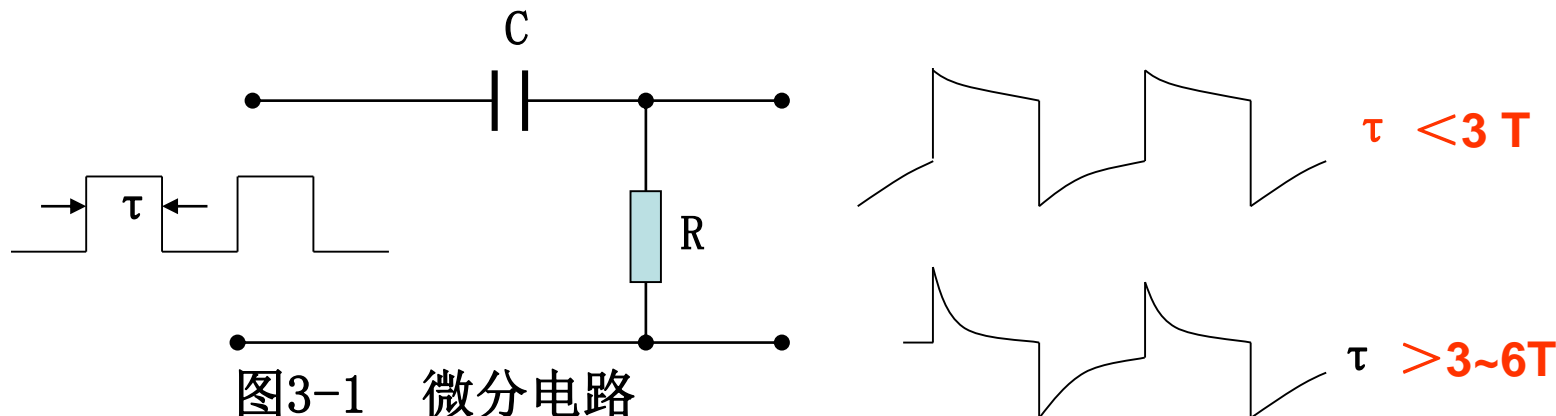
- 1、观察对称方波通过线性系统后波形的失真，了解线性系统频率特性对信号传输的影响；
- 2、测试线性系统的时域特性—阶跃响应。

二、实验原理：

- 1、本实验所采用的激励信号为对称方波，此信号具有极丰富的频率分量，当这样的信号通过线性系统时，若系统的频率响应特性不满足**无失真传输的条件**，那么方波中的某些频率分量必然被抑制，造成输出信号与输入信号的不同(失真)；系统的频率响应特性不同被抑制的频率亦会不同。

(1)、对称方波通过微分电路(高通滤波器)

微分电路如图3-1所示，该电路的时常数为 $T=RC$ ，若输入的方波的脉宽 τ 远大于电路的时常数 T ，则输出的波形为尖脉冲；若方波的脉宽 τ 远小于电路的时常数 T ，则输出的波形近似方波如图3-1所示。



从频域角度分析，微分电路实质上是一个高通滤波器，其系统函数为：

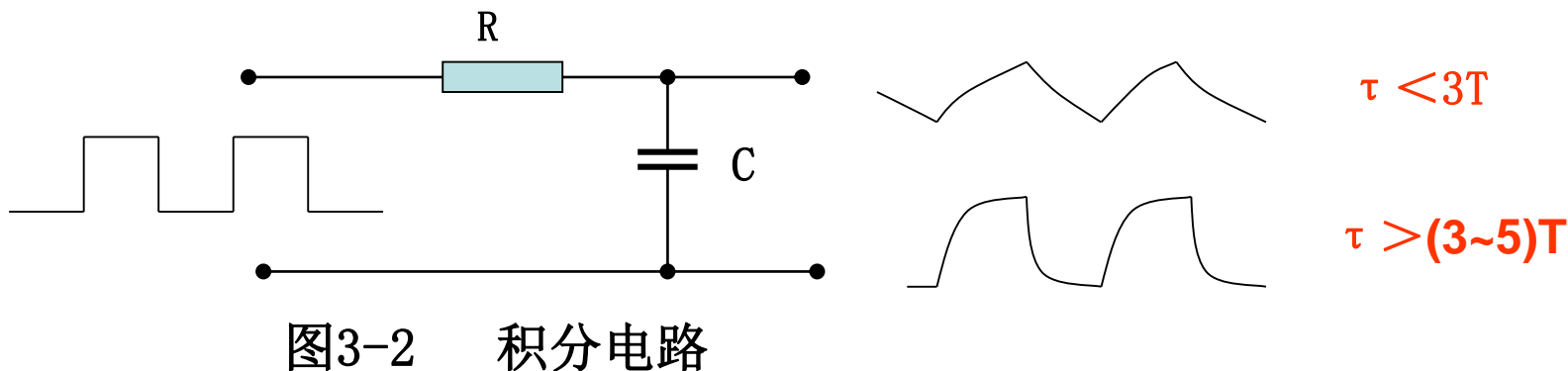
$$H(s) = s / (s + 1/RC)$$

其截止频率为： $\Omega_c = 1/RC$

当方波通过高通率波器时，基波及低次谐波分量将受到衰减，从而产生平顶失真；而且RC越小(截止频率越大)失真越大，即波形越尖；反之波形失真较小，波形较平坦。

(2)、对称方波通过积分电路(低通滤波器)

积分电路如图3-2所示，该电路的时常数为 $T=RC$ ，若输入的方波的脉宽 τ 远大于电路的时常数 T ，则输出的波形近似方波；若方波的脉宽 τ 远小于电路的时常数 T ，则输出的精度大大降低，波形接近三角波如图3-2所示。



同样从频域角度分析，积分电路实质上是一个低通滤波器，其系统函数为：

$$H(s) = (1/RC) / (s + 1/RC)$$

其截止频率为： $\Omega_c = 1/RC$

当方波通过低通滤波器时，高次谐波分量将受到衰减，因而输出信号中只有低频分量，因此输出波形的前沿变倾斜；而且RC越大(截止频率越小)，前沿倾斜越大，即波形失真越大；反之波形失真较小，波形较接近方波。

(3)、对称方波通过LC低通滤波器

LC低通滤波器的电路如图3-3所示。

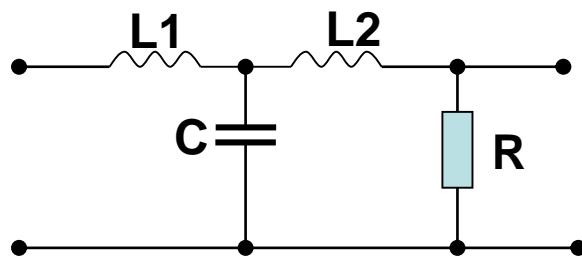


图3-3 LC低通滤波器

LC低通滤波器的截止频率为：

$$\Omega_c = 2/\sqrt{(L1+L2)C}$$

当对称矩形脉冲(方波)通过低通滤波器时，频率高于 f_c 的谐波分量将被截止(或衰减)到达不了输出端，只有 $f < f_c$ 的低频分量可以到达输出端，所以当不同频率的方波通过此滤波器时，能通过的频率分量将不同；方波的频率越高，通过的频率分量越少即失真越大。

①若方波的基波分量 $f_1 < f_c$ ，而三次谐波分量 $f_3 > f_c$ ；则能通过的只有 f_1 ，即输出端为正弦信号；

②若方波的三次谐波分量 $f_3 < f_c$ ，而五次谐波分量 $f_5 > f_c$ ，则能通过的只有 f_1 ， f_3 ，即输出端信号为基次和三次谐波的合成波形；

③若方波的频率 $f \ll f_c$ ，则通过的谐波分量大大增加输出波形更接近方波但此时在波形的前沿将出现一峰值这就是

吉伯斯现象。

2、阶跃响应的观测

阶跃响应则是指单位阶跃信号作用下系统的零状态响应。我们用冲激响应和阶跃响应来描述系统的时域特性。由于普通示波器无法捕捉到 $t=0$ 时刻的瞬间跳变，所以我们用方波作为激励信号；只要方波的重复周期 T_1 足够大 ($T_1 \gg$ 阶跃响应建立的时间 t_r)，则方波前半周的信号就可以看成是阶跃信号，若将此方波通过系统其响应的前半周就可以认为是阶跃响应。本实验的线性系统为一串联谐振系统，如图3-4所示。

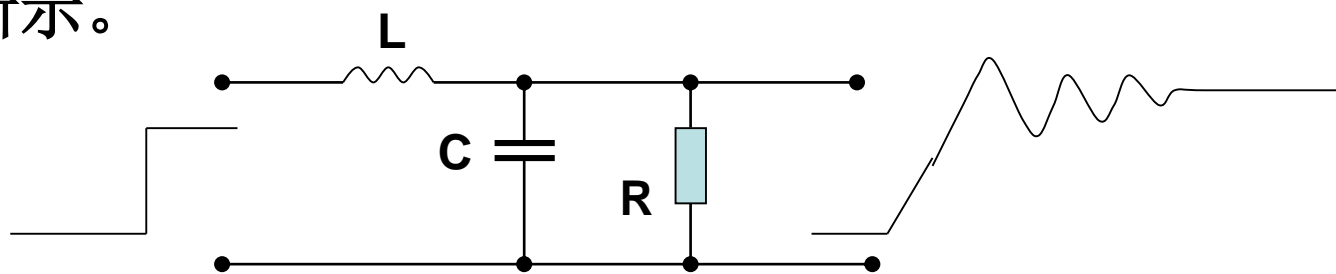


图3-4 串联谐振电路

当方波加至串联谐振电路时，将引起电路的谐振，振荡的频率为： $\Omega_0 = 1/\sqrt{LC}$

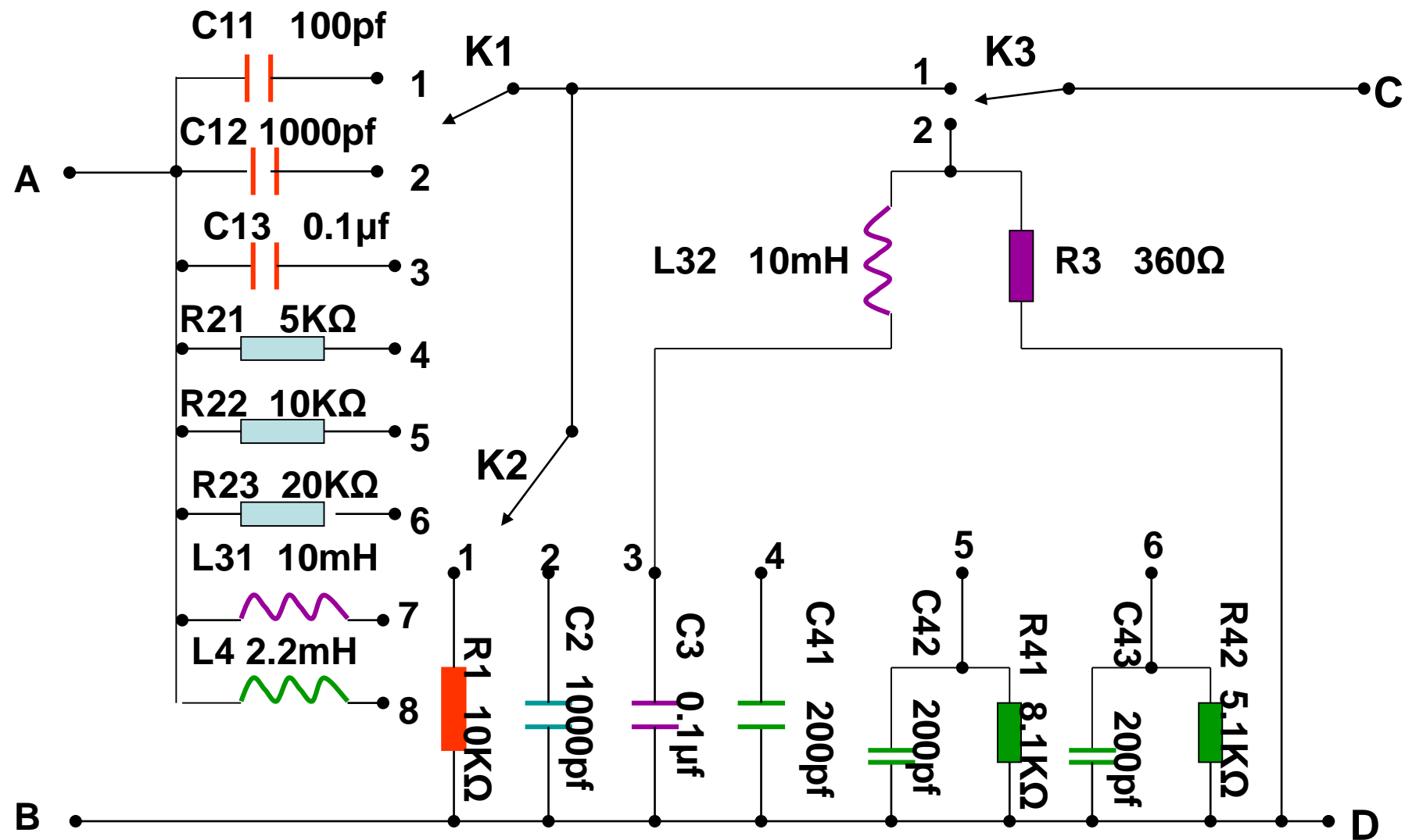
此时只要满足方波的频率 $\Omega_1 \ll \Omega_0$ ，就可以把响应的前半周认为是阶跃响应。

三、实验电路(见下页)：

四、实验前预习内容：

- 1、计算微分电路的截止频率 ($R=10\text{KHZ}$, $C=1000\text{PF}$), 并画出幅频特性曲线;
- 2、计算积分电路的截止频率 ($R=20\text{KHZ}$, $C=1000\text{PF}$), 并画出幅频特性曲线;
- 3、计算LC低通滤波器的截止频率 ($L=10\text{mH}$, $C=0.1\ \mu\text{F}$);
- 4、计算图3-4所示串联谐振电路的阶跃响应，并画图。

电路图：



五、实验内容及步骤:

将函数发生器的CH1输出波形调为方波，频率调为10KHz，幅度调为 $V_{pp}=5v$ ，并将此方波接实验板的A、B两点，示波器接实验板上的输出端CD两点。

1、将电路接成微分电路，观察并记录波形：

将实验电路中的K2置于1，K3置于1，K1分别置于1，2，3，观察并记录波形；计算时间常数 $T=RC$ 的值，并与方波的脉宽 τ 进行比较说明时间常数 T 的变化对输出波形的影响。并从频域的角度(系统的频率特性)分析输出波形产生平顶失真的原因。

2、将电路接成积分电路，观察并记录波形：

将实验电路中的K2置于2，K3置于1，K1分别置于4，5，6，观察并记录波形；计算时间常数 $T=RC$ 的值，并与方波的脉宽 τ 进行比较，说明时间常数 T 的变化对输出波形的影响。并从频域的角度(系统的频率特性)分析输出波形产生平顶失真的原因。

3、将电路接成LC低通滤波器，观察并记录波形：

将实验电路中的K1置于7，K2置于3，K3置于2，观察并记录波形；然后改变信号源的频率 f 使之分别满足下面三个条件① $f < f_c < 3f$ ，② $3f < f_c < 5f$ ，③ $f \ll f_c$ ($f_c = 7.1\text{KHz}$)；分别记录三种情况下的输出波形，并从频域角度进行解释。

4、将电路接成串联谐振回路，观察阶跃响应波形并记录

首先将信号源的频率调回10KHz，K1置于8，K3置于1，K2分别置于4，5，6，观察电路在不同损耗电阻值时的阶跃响应波形，记录所见波形并进行解释。

六、实验报告要求：

1、叙述实验内容及实验步骤；

2、按照实验内容中的要求详细记录所测得的波形，并对所得波形进行相应的理论解释。