

学子专区——2018年5月 ADALM1000 SMU培训主题5: RL电路的瞬态响应



作者: Doug Mercer和Antoniu Miclaus

在《模拟对话》2017年12月文章中介绍SMU ADALM1000之后,我们 希望将该系列续写下去,介绍一些小的基本测量。如需参阅之前的 ADALM1000文章,请点击此处。



图1. ADALM1000原理图。

现在我们开始下一个实验。

目标:

本实验活动的目标是通过脉冲波形研究串联RL电路的瞬态响应并 了解时间常数的概念。

背景:

本实验活动与我们的另一个实验活动(活动4: RC电路的瞬态响 应)类似,区别在于电容被电感取代。本实验将向RL电路施加一个 方波,以分析该电路的瞬态响应。RL电路对电路时间常数的影响由 与之相关的脉冲宽度决定。

时间常数(r): RC或RL电路中发生某些电压和电流变化所需的时间 度量。一般而言,发生切换后经过的时间超过五倍时间常数(5r) 时,各电流和电压已达到最终值,此过程亦称为稳态响应。

一个RL电路的时间常数等于其等效电感除以等效电感两端的戴维 宁电阻。 L

$$\tau = \frac{L}{R} \tag{1}$$

脉冲就是电压或电流从一个电平跳变到另一电平,然后又返回原 来电平的过程。如果一个波形的高电平时间与其低电平时间相等,

模拟对话52-04, 2018年5月

则称之为方波。每个脉冲序列循环的长度称为周期(T)。一个理想 方波的脉冲宽度(tp)等于时间周期的一半。

方波的脉冲宽度和频率之间的关系可表示为:

$$f = \frac{1}{(2t_p)}$$

$$(2)$$

$$F_1 = \frac{1}{(2t_p)}$$

$$F_1 = \frac{1}{V_{R(0)}}$$

$$F_1 = \frac{1}{V_{R(0)}}$$

图2. 串联RL电路。

在RL电路中,电感两端的电压随着时间推移而减小,而在RC电路中,电容两端的电压随着时间推移而增大。因此,RL电路中的电流 与RC电路中的电压具有相同的形式:它们均根据1-e-(*×^{RU}以指数 方式上升到最终值。

电感中电流的表达式为:

$$I_L(t) = \left(\frac{V}{R}\right) \left(1 - e^{-\left(t\frac{R}{L}\right)}\right) t \ge 0$$
(3)

其中V表示t = 0时电路上施加的源电压。该响应曲线呈递增趋势, 如图3所示。



图3. 串联RL电路中电感电流增大。

analog.com/cn/analogdialogue

电感上的电流衰减表达式为:

$$I_L(t) = I_0 e^{-\left(t\frac{R}{L}\right)} t \ge 0 \tag{4}$$

其中:

l。为t=0时电感中储存的初始电流。

L/R=τ为时间常数。

该响应曲线是一个衰减式指数曲线,如图4所示。



图4. 串联RL电路所用电感中的电流衰减。

利用ALM1000可以直接测量通过电感的电流(由驱动源提供的电流),因此我们将测量并比较电流和电阻两端的输出电压。电阻波形应与电感电流相似,因为 $V_R = I \times L_R$ 。依据示波器上的波形,我们应能测量时间常数 τ ,它应该等于 $\tau = L/R_{TOTAL}$ 。

这里, R_{TOTAL}是总电阻, 可以通过R_{TOTAL} = R电感+ R来计算。

"R电感"是测得的电感电阻值,其测量方法是在运行实验之前将 电感连接到欧姆表。

材料:

- ▶ ADALM1000硬件模块
- 一个电阻(220 Ω)
- ▶ 一个电感 (20 mH (两个10 mH串联))

步骤:

- ▶ 1. 利用欧姆表测量电感和电阻组合的电阻RTOTAL。您可以使用 ALM1000欧姆表工具进行测量。请注意,当连接串联的L1和R1时, 欧姆表工具测量相对于地的电阻。
- 2. 在无焊试验板上搭建如图5所示的电路,使用的元件为R1 = 220 Ω, L1 = 20 mH。打开ALICE示波器软件。



图5. 实验设置。



图6. 试验板连接。

- ▶ 3. 将通道A AWG最小值设为0.5 V,最大值设为4.5V,从而生成一个 峰峰值为4 V,中心为2.5 V的方波,作为输入电压施加于电路。在 AWG A模式下拉菜单中选择SVMI模式。在AWG A波形下拉菜单中 选择方波。在AWG B模式下拉菜单中选择高阻抗模式。用公式2计 算施加的频率, tp = 5τ。
- ▶ 4. 在ALICE曲线下拉菜单中选择显示CA-V、CA-I和CB-V。在触发器 下拉菜单中选择CA-V和自动电平。调节时间基准,直到显示屏方 格上大约可显示两个周期的方波信号。



图7. 示波器配置。

此配置使得示波器可以查看通道A上电路的输入电压和电感中的电流,以及通道B上电路的输出电压。请确保已勾选Sync AWG选择器。

- ▶ 5. VR波形与IL(t)波形形状相同。依据VR波形测量时间常数t,并将 其与您从L/R_{TOTAL}计算出的时间常数进行比较(提示:找到对应于 0.63 VR值的时间)。详情参见"背景"部分。
- ▶ 6. 观察电路响应并再次记录tp =25τ和tp =0.5τ时的结果。

问题:

- 包括不同tp值的IL和VR图: 2τ、5τ和10τ。
- ▶ 电容储存电荷。您认为电感储存什么? 简短回答。

您可以在学子专区博客上找到问题答案。

注释

与所有ALM实验室一样,当涉及与ALM1000连接器的连接和配置硬件时,我们使用以下术语。绿色阴影矩形表示与ADALM1000模拟 l/0连接器的连接。模拟l/0通道引脚被称为CA和CB。当配置为驱动 电压/测量电流时,添加-V,例如CA-V;当配置为驱动电流/测量电压 时,添加-I,例如CA-I。当通道配置为高阻态模式以仅测量电压时, 添加-H,例如CA-H。

示波器迹线同样按照通道和电压/电流来指称,例如:CA-V和CB-V指电压波形,CA-I和CB-I指电流波形。

对于本文示例,我们使用的是ALICE 1.1版软件。

文件: alice-desktop-1.1-setup.zip。请点击此处下载。

ALICE桌面软件提供如下功能:

▶ 双通道示波器,用于时域显示和电压/电流波形分析。

- ▶ 双通道任意波形发生器(AWG)控制。
- ▶ X和Y显示,用于绘制捕捉的电压/电流与电压/电流数据,以及电 压波形直方图。
- ▶ 双通道频谱分析仪,用于频域显示和电压波形分析。
- ▶ 波特图绘图仪和内置扫描发生器的网络分析仪。
- ▶ 阻抗分析仪,用于分析复杂RLC网络,以及用作RLC仪和矢量电 压表。
- 一个直流欧姆表相对于已知外部电阻或已知内部50 Ω电阻测量
 未知电阻。
- ▶ 使用ADALP2000模拟器件套件中的AD584精密2.5 V基准电压源进 行电路板自校准。
- ▶ ALICE M1K电压表。
- ▶ ALICE M1K表源。
- ▶ ALICE M1K桌面工具。

欲了解更多信息,请点击此处。

注:需要将ADALM1000连接到您的PC才能使用该软件。



图8. ALICE桌面1.1菜单。

Doug Mercer [doug.mercer@analog.com]于1977年获得伦斯勒理工 学院(RPI)电气工程学士学位。自1977年加入ADI公司以来,他直接或间 接贡献了30多款数据转换器产品,并拥有13项专利。他于1995年被任 命为ADI研究员。2009年,他从全职工作转型,并继续以名誉研究员 身份担任ADI顾问,为"主动学习计划"撰稿。2016年,他被任命为RPI ECSE系的驻校工程师。



Doug Mercer

该作者的其他文章: ADALM1000 SMU培训主题4: RC电路的瞬态响应 学子专区——2018年4月

Antoniu Miclaus [antoniu.miclaus@analog.com]是ADI公司的系统应用工程师,从事ADI学术项目、Circuits from the Lab[®]嵌入式软件和QA 过程管理工作。他于2017年2月在罗马尼亚克卢日-纳波卡开始在ADI公司工作。

他目前是贝碧思鲍耶大学软件工程硕士项目的理学硕士生,拥有克卢 日-纳波卡科技大学电子与电信工程学士学位。



Antoniu Miclaus

该作者的其他文章: ADALM1000 SMU培训主题4: RC电路的瞬态响应 学子专区——2018年4月

模拟对话52-04, 2018年5月