

学子专区——2018年4月 ADALM1000 SMU培训主题4: RC电路的瞬态响应

作者: Doug Mercer和Antoniu Miclaus

共享 😝 👌 🗯 讷

在《模拟对话》2017年12月文章中介绍SMU ADALM1000之后,我 们希望进行一些小的基本测量,这是ADALM1000系列的第四部分。 如需参阅第一篇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RC电路的瞬态响应并 了解时间常数的概念。

背景:

在本实验活动中,将向RC电路施加一个脉冲波形,以分析该电路的瞬态响应。RC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。通常来说,在四倍时间常数(4r)之后,RC电路中的电容几乎 完全充电,此时其两端电压约为最大值的98%。一般认为这个区 间就是电路的瞬态响应。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。 表1显示在给定时间常数下,RC充电电路中的电容在充电时的电 压和电流百分比。

表1. 给定时间常数的电压和电流百分比

时间常数(τ)	最大百分比	
	电压	电流
0.5 τ	39.3%	60.7%
0.7 τ	50.3%	49.7%
τ	63.2%	36.8%
2τ	86.5%	13.5%
3τ	95.0%	5.0%
4 τ	98.2%	1.8%
5 τ	99.3%	0.7%

请注意,现实中电容不可能100%充满。因此,实际上通常使用5 倍时间常数来表示电容已完全充满。

一个RC电路的时间常数是其等效电容和等效电容两端的戴维宁 电阻的乘积。

$$= R \times C \tag{1}$$

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,则称为方波。每个脉冲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。

那么,脉冲宽度和频率之间的关系可表示为:

τ

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



图2. 串联RC电路。

根据基尔霍夫定律,电容两端的充电电压V_c(t)可表示为:

$$V_C(t) = V\left(1 - e^{\left(\frac{-t}{RC}\right)}\right) t \ge 0$$
(3)

其中V表示 τ =0时电路上施加的源电压, RC= τ , 是时间常数。



图3. 串联RC电路对于步进输入的电容充电, 时间轴通过T归一化。

该电容的放电电压表示为:

该响应曲线呈递增趋势,如图3所示。

$$V_C(t) = V_o e^{\left(\frac{-t}{RC}\right)} t \ge 0 \tag{4}$$

其中V。表示t=0时电容中存储的初始电压, RC=τ, 是时间常数。 该响应曲线是一个衰减式指数, 如图4所示。





材料:

- ▶ ADALM1000硬件模块
- 电阻 (2.2 kΩ、10 kΩ)
- ▶ 电容 (1 µF、0.01 µF)

步骤:

- 1. 在无焊试验板上搭建如图5所示的电路,使用的元件为R1
 = 2.2 kΩ, C1 = 1 μF。打开ALICE示波器软件。
- 2.将通道A任意波形发生器(AWG)的最小值(Min)设为0.5 V,最大值(Max)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AWGA的模式下拉菜单中选择SVMI模式。在AWGA的波形下拉菜单中选择方波模式。在AWG B的模式下拉菜单中选择高阻抗模式。



图5. 试验板RC电路图。



图6. 试验板RC电路连接, R1 = 2.2 kΩ且C1 = 1 μF。

▶ 3. 在ALICE曲线下拉菜单中选择显示CA-V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。

此配置使用示波器从通道A观察电路的输入,从通道B观察电路的 输出。请确保您已勾选Sync AWG选择器。

- ▶ 4. 针对以下三种情况观测电路的响应,并记录结果。
 - a.脉冲宽度»5τ:设置AWGA输出的频率,使电容在每个 方波周期内有足够的时间完全充电和放电。令脉冲宽度为 15τ,然后根据公式2设置频率。所得值应约为15Hz。如果 可行,请根据屏幕上所得的波形确定出时间常数。如果难 以求得时间常数,请说明可能存在的原因。
 - b. 脉冲宽度 = 5 τ: 设置频率,使脉冲宽度 = 5 τ (该频率 应约为45 Hz)。由于脉冲宽度为5 τ,所以电容刚好能够 在每个脉冲周期内完全充电和放电(见图3和图4)。



图8. 通过计算方波个数近似测量时间常数t。

- c.脉冲宽度 «5τ:在此情况下,电容无法在切换到放电状态前充分充电,反之亦然。对于此情况,令脉冲宽度仅为 1.0τ,然后相应地设置频率。
- ▶ 5. 采用R1=10kΩ, C1=0.01μF重复上述步骤,并记录测量结果。

问题:

- ▶ 1. 使用公式1计算时间常数(r),并将其与4b(R=2.2k, C=0.01µF) 所得的测量值进行比较。
- ▶ 2. 对另一组值(R=10 kΩ, C=0.01 μF)重复该步骤。

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I/0连接器的连接。模拟I/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9. 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

该作者的其它文章: ADALM1000 SMU培训主 题3:戴维宁等效电路和 最大功率传输

学子专区——2018年3月

Antoniu Miclaus

该作者的其它文章:

ADALM1000 SMU培训主 题3. 戴维宁等效电路和 最大功率传输

学子专区——2018年3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。