

# LDO (TPS7A4901)

## TI-PMLK WEBENCH 实验 1

### 准备工作

在开始本实验之前，请阅读 [TI-PMLK LDO 实验手册](#)，预习实验手册中的**案例研究**和**理论背景**部分。请参考 [TI-PMLK LDO 实验板](#) 来设置对应的 WEBENCH 设计方案。为了使用 WEBENCH，您需要在 [my.ti.com](https://my.ti.com) 登录或注册 myTI 账号。

### 实验目标

本实验的目标是分析线性稳压器（LDO）的输入和负载条件如何影响其最小压降和输出电压精度。我们将使用 **WEBENCH** 电源设计工具来得到分析和仿真结果，以便与您的 **TI-PMLK** 实验板的实验结果进行比较。

### 测试 1:

负载电流和输出电压对最小压降的影响

### 计算公式

TPS7A4901 的最小压降是在下列条件下测得的：

从正常条件下开始不断降低  $V_{in}$ ，直到  $V_{out}$  降低至正常  $V_{out}$  的 95%，记录此时的  $V_{in}$  和  $V_{out}$ 。

通过公式  $V_{DO} = V_{in} - V_{out}$  计算最小压降。

### 实验步骤

1. 点击此[链接](#)，打开 TPS7A4901 的 WEBENCH 设计方案，该方案中  $V_{out} = 5V$ 。请注意：为了使用 WEBENCH，您需要在 [my.ti.com](https://my.ti.com) 登录或注册 myTI 账号。

上面链接中是我们已经为您准备好的本实验所需的 WEBENCH 设计方案，如图 1 所示。

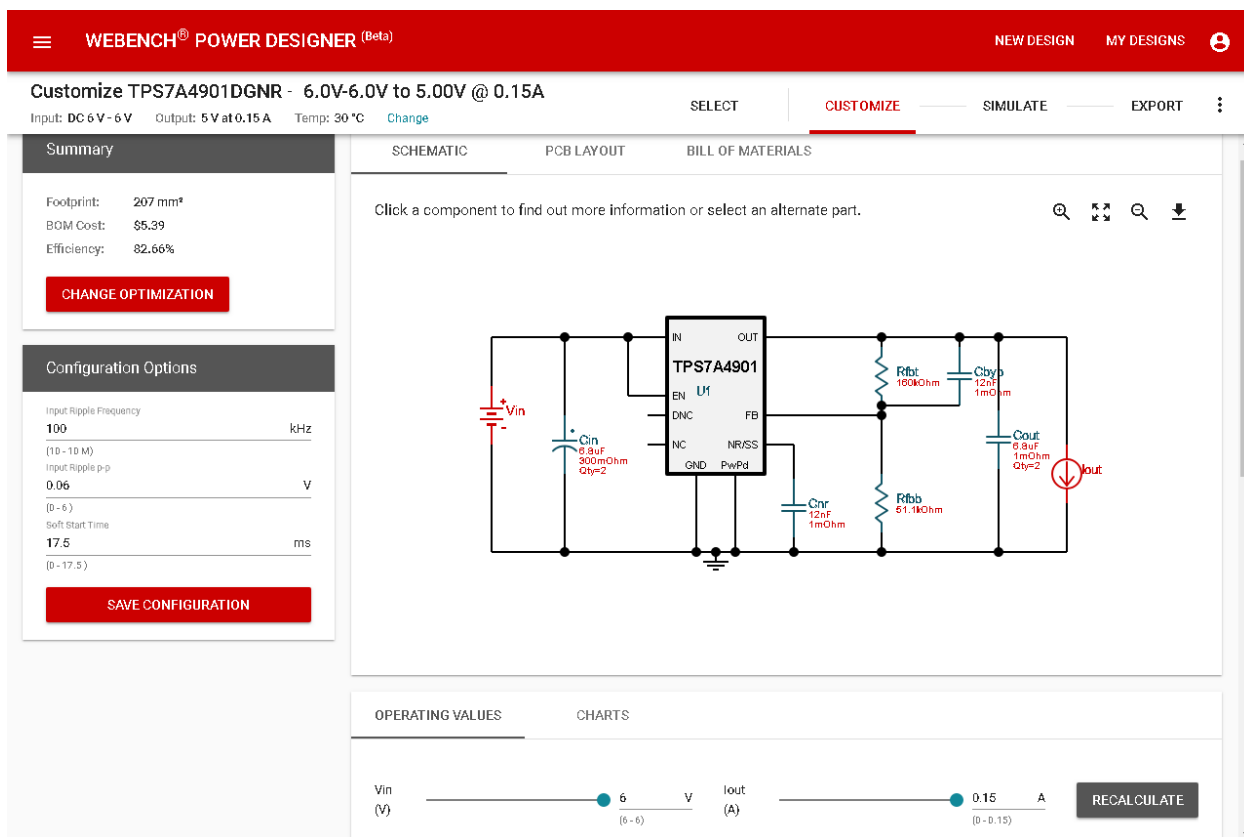


图 1

2. 点击“SIMULATE”按钮，进入电气仿真页面。本实验中负载电流  $I_{out} = 150\text{mA}$ ，因此负载  $R_{load} = 33.3\text{ ohms}$ ，如图 2 所示。

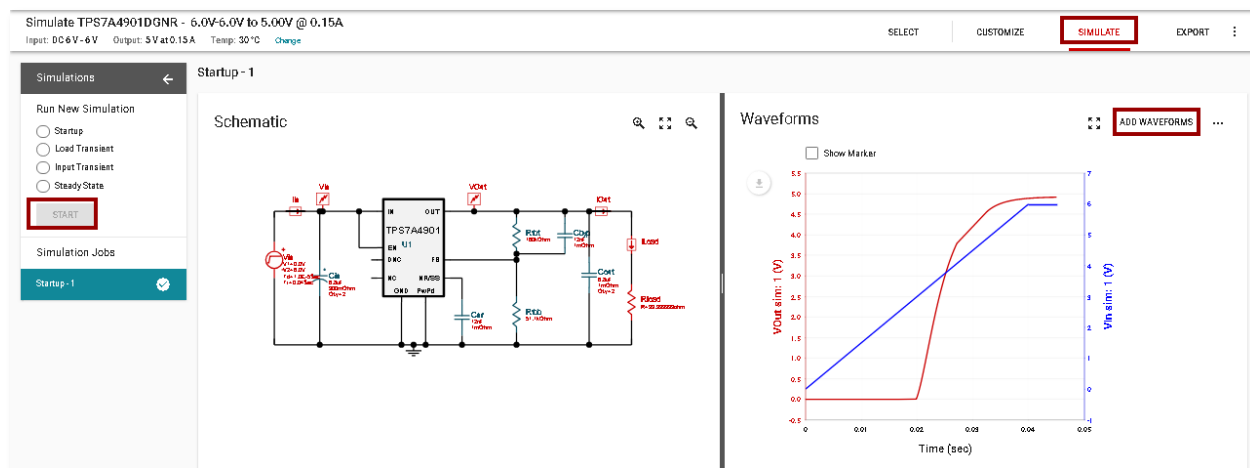


图 2

3. 选择仿真类型为 **Startup**，然后点击“**START**”按钮。页面右侧将出现一个波形控制面板。
4. 仿真完成以后，**Vin**（对应电路板上 **Vin**）和 **VOut**（对应电路板上 **Vout**）的波形将会出现在波形图上。因为现在是第一次仿真，这两个波形分别被标记为 **VIn sim: 1** 和 **VOut sim: 1**。如果再进行一次仿真，冒号后面的数字将会随仿真次数而变化。

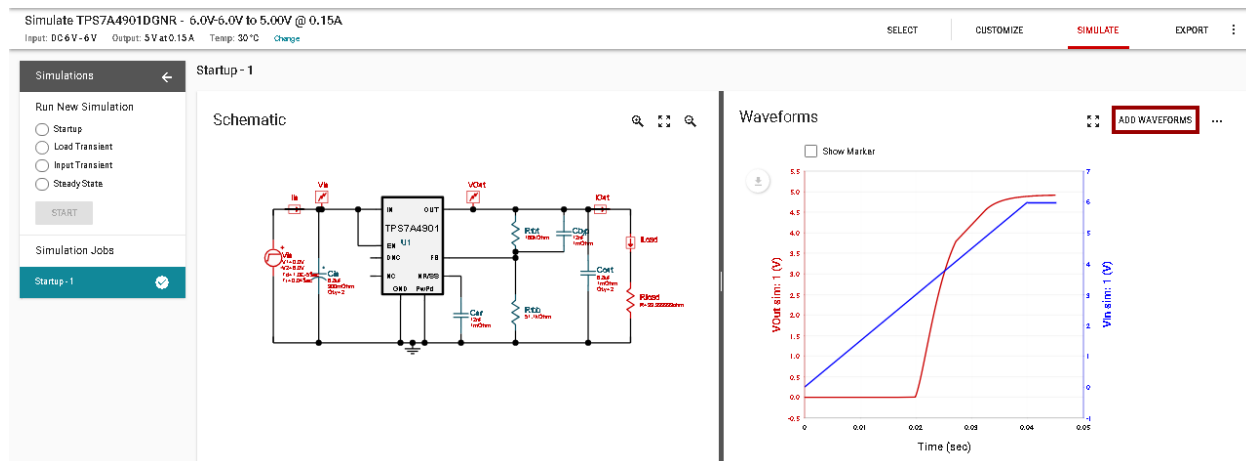


图 3

5. 点击下图中标记 1 的按钮，将会出现波形控制的下拉菜单。点击“**Group voltage on same Y-axis**”（如下图中标记 2），这将使 **VIn** 和 **VOut** 波形使用相同的坐标轴比例尺。如果需要取消，请点击“**Reset Groups**”（如下图标记 3）。

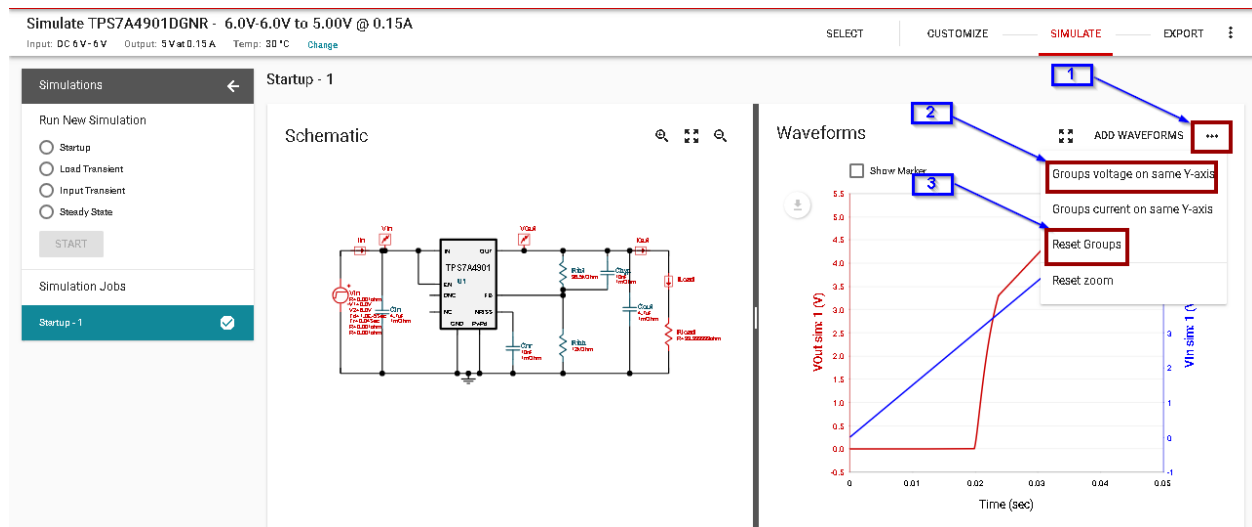


图 4

6. 我们观察到现在 VOut 和 VIn 使用相同的 Y 轴比例尺。点击 “**Show Marker**” 以启用光标，将鼠标移动到尽量接近 VIn = 4.655V 的位置（VIn = 4.655V 正好是额定输出电压 Voutnom = 4.9V 的 95%）。记录此时 VIn 和 VOut 的值。将记录下的值分别填入表 1（Iout = 150mA，VoutNom = 4.9V）的 Vin（=VIn）和 Vout（=VOut）当中，并计算最小压降 Vdropout（=Vin-Vout）。



图 5

Vin(V) @ 95%Voutnom	I <sub>OUT</sub> (mA)					
Vout(V) @ Vin	25mA	50mA	75mA	100mA	125mA	150mA
Vdrop(mV)						
Voutnom = 4.9V						
Voutnom = 14.9V						

表 1：最小压降 vs 负载电流 Iout（Vout = 5V & 15V）

7. 为了对其他负载条件进行仿真，您需要改变仿真电路中的**负载电阻（Load Resistance）**。如图 6 所示，在页面左侧再次选择“**Startup**”仿真类型，然后点击原理图中的 Rload。在弹出的对话框中点击“update”，输入您想要的电阻值，然后点击“**SAVE**”。

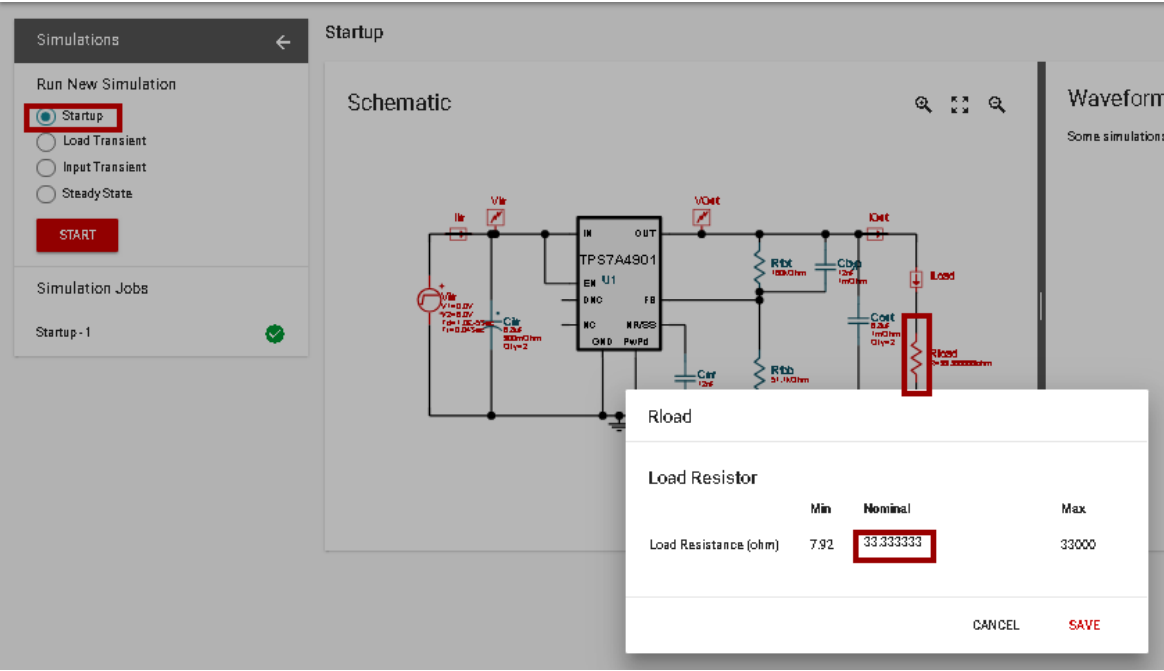


图 6

设置好负载电阻后，点击“**START**”按钮开始仿真。仿真结束以后，之前的仿真结果（如图 2）会和新的  $V_{in}$  及  $V_{out}$  一起显示在波形图上。您将看到不同负载条件下的  $V_{in}$  和  $V_{out}$  波形。重复步骤 5 来调整坐标轴（如图 4），并重复步骤 6 来记录新的数据。

8. 重复步骤 4 到 7，分别记录表 2 所示负载条件下的仿真结果。

**For  $V_{out} = 5V$ :**

Load	Rload
150 mA	33.3 $\Omega$
125 mA	40 $\Omega$
100 mA	50 $\Omega$
75 mA	66.7 $\Omega$
50 mA	100 $\Omega$
25 mA	200 $\Omega$

**For  $V_{out} = 15V$ :**

Load	Rload
150 mA	100 $\Omega$
125 mA	120 $\Omega$
100 mA	150 $\Omega$
75 mA	200 $\Omega$
50 mA	300 $\Omega$
25 mA	600 $\Omega$

表 2

9. 对于  $V_{out} = 15V$  的情况，您需要设置  $R1 = 594k$ （在 WEBENCH 设计方案中为  $R_{fbt}$ ）。点击此[链接](#)，打开  $V_{out}=15V$  时的 TPS7A4901 设计方案。
10. 重复步骤 4 至 8，记录  $V_{out}=15V$  时所有负载电流条件下的数据至表 1。在记录  $V_{out}$  数据时，使用光标找到  $V_{in} = 14.15V$ （即  $V_{OUTNOM} = 14.9V$  的 95%）时的数据并记录。

## 测试 2:

负载电流对输出电压的影响（负载调整率）；输入电压对输出电压的影响（线性调整率）

### 计算公式

#### 1. 负载调整率

$$V_{OUT} \text{ Load Sensitivity (\%)} = (V_{OUTNOM} - V_{OUT})/V_{OUTNOM} \times 100$$

- 测量不同负载下的  $V_{OUT}$ ，并计算负载调整率。
- TPS7A4901 datasheet 中负载调整率的定义是当  $I_{out}$  变化时  $V_{out}$  的变化量与  $V_{OUTNOM}$  的比值：

$$\text{Load Regulation (\%)} = \Delta V_{OUT}(\Delta I_{OUT})/V_{OUTNOM} \times 100$$

计算负载电流从 25mA 到 150mA 之间变化时的负载调整率，并与 datasheet 上的典型值  $0.04\% V_{OUT}$  进行比较。

#### 2. 线性调整率

$$V_{OUT} \text{ Line Sensitivity (\%)} = (V_{OUTNOM} - V_{OUT})/V_{OUTNOM} \times 100$$

- 测量在不同  $V_{IN}$  条件下  $V_{OUT}$  的值，并计算线性调整率。

$$\text{Line Regulation (\%)} = \Delta V_{OUT}(\Delta V_{IN})/V_{OUTNOM} \times 100$$

计算  $V_{IN}$  从 6V 到 21V 之间变化时的线性调整率，并与 datasheet 上的典型值  $0.086\% V_{OUT}$  进行比较。

### I. 负载电流对输出电压的影响（负载调整率）：

### 实验步骤

1. 点击此[链接](#)，打开 TPS7A4901 在  $V_{out} = 5V$  时的设计方案。打开设计方案后可以看到设计中  $V_{in} = 6V$ ，这与 TI-PMLK 实验板中的电路是一致的。



在打开的 WEBENCH 窗口中将出现为本实验预先设计好的电路。

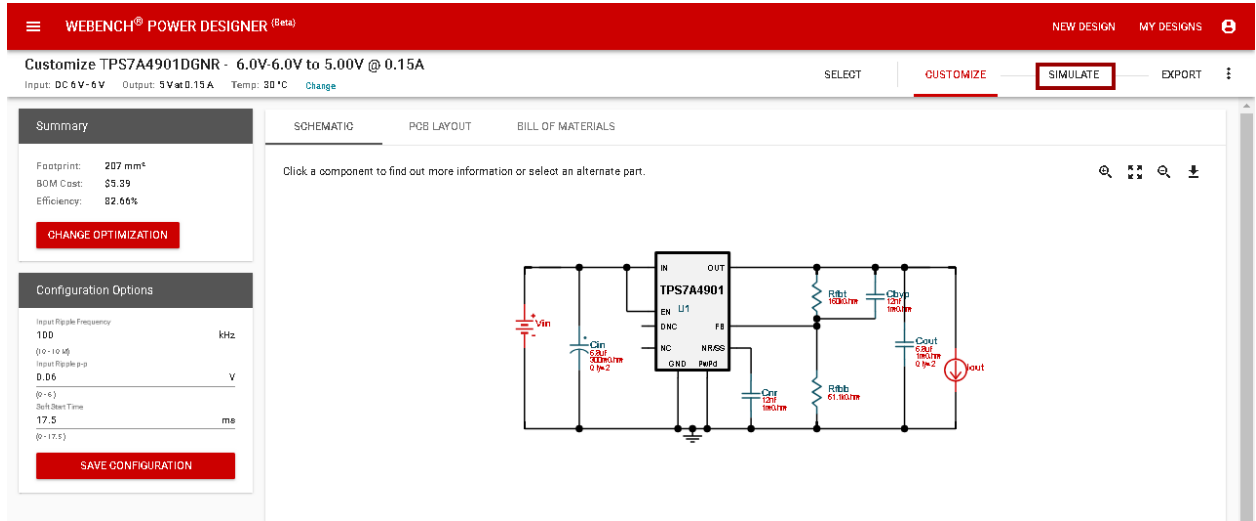


图 7

2. 点击“SIMULATE”按钮（见图 7），进入电气仿真页面。点击电路图中的输入电压源，在弹出的对话框中可以看到它的参数。请确认其中的 Peak Voltage 是 6V（对应  $V_{in}=6V$ ）。如果不是，点击“update”，可以更改它的值，更改后点击 SAVE 保存。

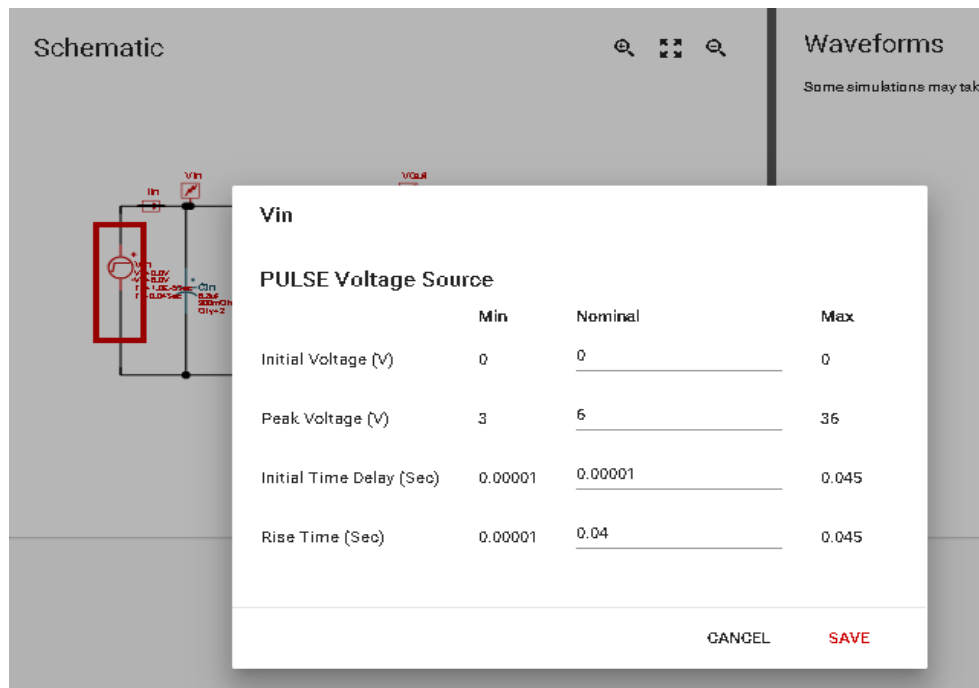


图 8.1

3. 可以看到电路图中  $R_{load}=33.3\ \text{ohms}$ ，对应输出电流  $I_{out} = 150\ \text{mA}$ 。

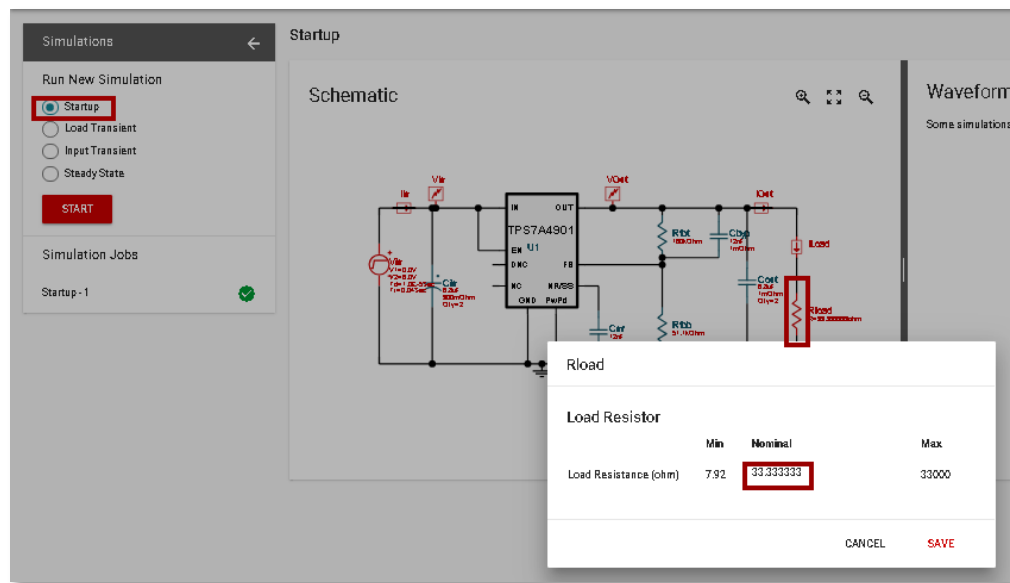


图 8.2

4. 点击页面左侧的红色“START”按钮，在 Waveforms 窗口会出现一个进度条。当仿真完成后，默认情况下会显示  $V_{in}$  和  $V_{out}$  两个节点的电压波形。勾选“Show Marker”方框，可以查看这两个节点的电压值。将鼠标放在波形图上约 40msec 处，将此时的  $V_{out}$  值记录下来（保留小数点后 3 位）。我们要根据表 3 测试每种负载条件下的  $V_{out}$  值，并根据  $V_{out}$  来计算负载调整率。

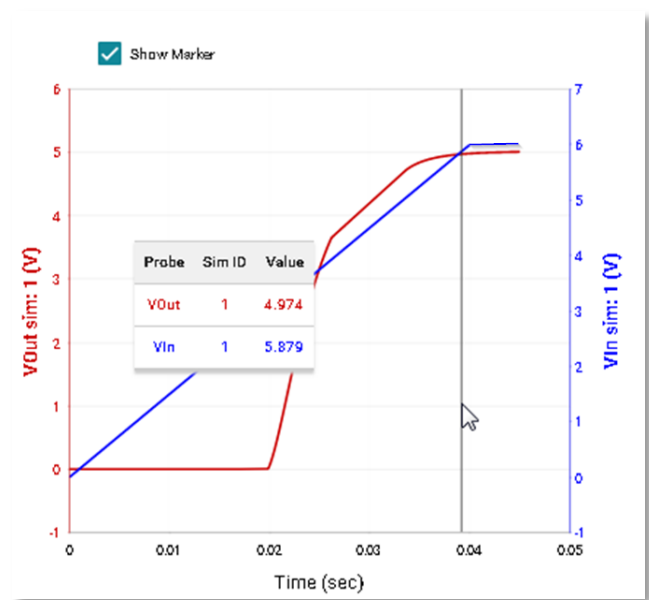


图 9

5. 为了设置不同的负载电流，需要更改仿真中所使用的负载大小。点击页面左侧的“Startup”按钮，然后点击电路图中的 Rload 电阻，会弹出一个对话框。点击“UPDATE”，然后输入您想要的负载电阻值（可由表 3 查得），并点击“SAVE”。

点击页面左侧的“START”按钮。仿真完成后，新的 Vin 和 Vout 波形将会和之前仿真的波形一起显示。重复步骤 5 以记录新数据。

针对 Vout = 5V 的情况:

Load	Rload
150 mA	33.3 $\Omega$
125 mA	40 $\Omega$
100 mA	50 $\Omega$
75 mA	66.7 $\Omega$
50 mA	100 $\Omega$
25 mA	200 $\Omega$

表 3

6. 重复步骤 6，记录 Vin=6V 时其余负载条件下（如表 3 所示）的数据。

VIN=6V	IOUT (mA)					
	25mA	50mA	75mA	100mA	125mA	150mA
VOUT (V)						
Load Sensitivity (%)						

表 4: VOUT = 5V 时 TPS7A4901 的负载调整率

## II. 输入电压对输出电压的影响（线性调整率）：

7. 为了进行线性调整率的仿真，首先需要清除之前负载调整率仿真的波形。要清除某一个波形，请点击该波形对应的坐标轴，并选择菜单中的“Remove probe”。请重复该操作以清除所有需要去掉的波形。
8. 现在，您的电路应当处在  $V_{IN}=6V$ ， $I_{out}=25mA$  的状态下。为了测量表 5 中的线性调整率，您需要将  $R_{load}$  设置为 100 ohms，从而将负载电流设为 50mA。点击“SAVE”以保存  $R_{load}$  的值，然后更改  $V_{IN}$  以进行线性调整率的实验。更改完成后点击“START”，开始进行  $V_{IN}=6V$ ， $I_{OUT}=50mA$  条件下的仿真。

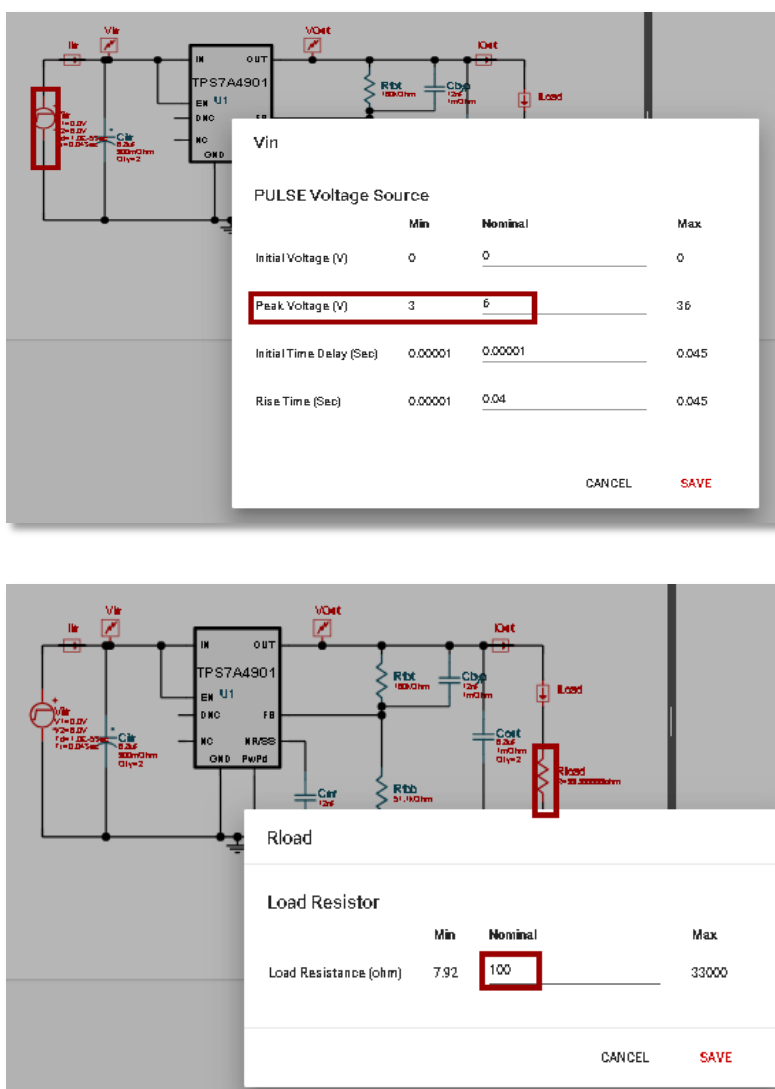


图 10

9. 按照步骤 5 重复仿真过程，并按照步骤 6 记录  $V_{out}$  的值。

10. 根据表 5 更改输入电压的值，重复步骤 11 直到表 5 中的空格全部被填满。在记录  $V_{OUT}$  之后，可以根据它计算线性调整率的值。

$I_{OUT}=50mA$	$V_{IN} (V)$					
	6V	9V	12V	15V	18V	21V
$V_{OUT} (V)$						
Line Sensitivity (%)						

表 5:  $V_{OUT} = 5V$  时 TPS7A4901 的线性调整率