



南京理工大学  
NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY

# TI-PMLK WEBENCH 实验报告

## LDO (TPS7A4901)

作 者: 许晓明 学 号: 9161040G0734

学 院: 电光学院

专业(方向): 电子信息工程 (卓工)

班 级: 9161042103

题 目: TI-PMLK WEBENCH 实验

LDO (TPS7A4901)

2019 年 4 月

## 目 次

1	实验目标 .....	1
2	测试 1 负载电流和输出电压对最小压降的影响 .....	1
2.1	计算公式 .....	1
2.2	实验步骤 .....	1
2.3	实验结果 .....	4
3	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) .....	5
3.1	计算公式 .....	5
3.1.1	负载调整率 .....	5
3.1.2	线性调整率 .....	5
3.2	实验步骤 .....	5
3.3	实验结果 .....	8
表 2.2.1	测试一负载条件 .....	4
表 2.3.1	最小压降与负载电流 $I_{outVout} = 5V \& 15V$ 关系 .....	4
表 3.2.1	测试二负载条件 .....	8
表 3.3.1	$V_{OUT} = 5V$ 时 TPS7A4901 的负载调整率 .....	9
表 3.3.2	$V_{OUT} = 5V$ 时 TPS7A4901 的线性调整率 .....	9
图 2.2.1	WEBENCH 设计方案 .....	1
图 2.2.2	电气仿真页面 .....	1
图 2.2.3	仿真波形 .....	2
图 2.2.4	坐标轴比例尺 .....	2
图 2.2.5	启用光标 .....	3
图 2.2.6	改变仿真电路负载电阻 .....	3
图 2.3.1	最小压降与负载电流 $I_{outVout} = 5V$ 关系图 .....	5
图 2.3.2	最小压降与负载电流 $I_{outVout} = 15V$ 关系图 .....	5
图 3.2.1	设计方案 .....	6
图 3.2.2	更改参数值 .....	6
图 3.2.3	仿真完成 .....	7
图 3.2.4	更改参数 .....	8
图 3.3.1	负载调整率仿真曲线图 .....	9
图 3.3.2	线性调整率仿真曲线图 .....	9
图 3.3.3	负载调整率的实验数据截图 .....	10
图 3.3.4	线性调整率的实验数据截图 .....	10

## 1 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 TI-PMLK 实验板的实验结果进行比较。

## 2 测试 1 负载电流和输出电压对最小压降的影响

### 2.1 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。

### 2.2 实验步骤

1. 打开 TPS7A4901 的 WEBENCH 设计方案，该方案中 $V_{out} = 5V$ 。如图 2.2.1 所示。

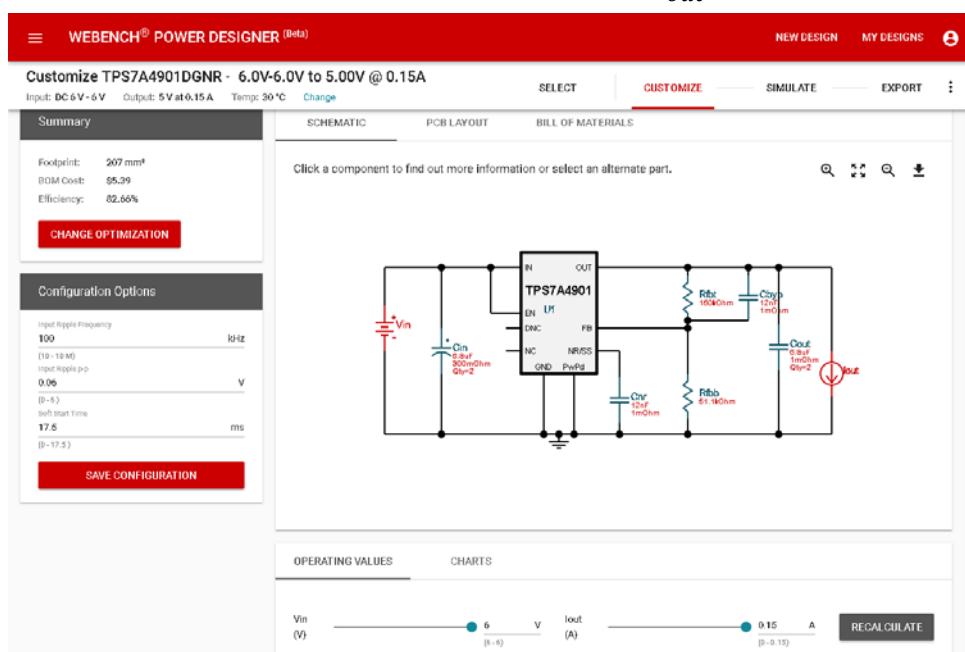


图 2.2.1 WEBENCH 设计方案

2. 点击“SIMULATE”按钮，进入电气仿真页面。本实验中负载电流 $I_{out} = 150mA$ ，因此负载 $R_{load} = 33.3\text{ ohms}$ ，如图 2.2.2 所示

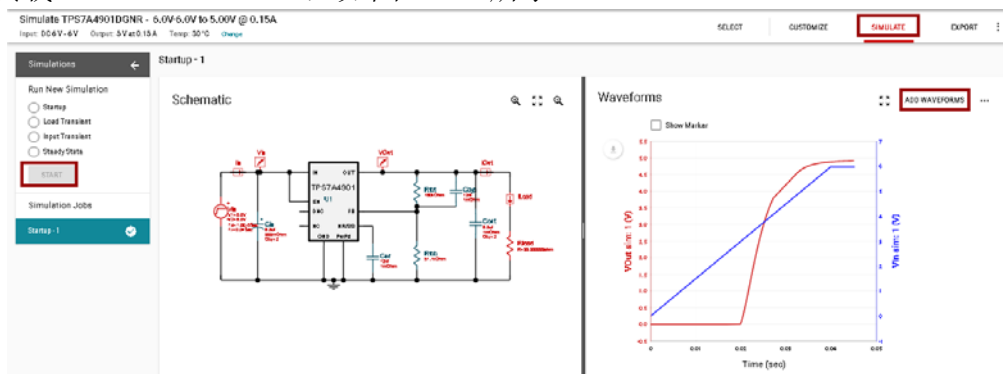


图 2.2.2 电气仿真页面

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。

- 仿真完成以后， $V_{in}$ （对应电路板上 $V_{in}$ ）和 $V_{out}$ （对应电路板上 $V_{out}$ ）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 $V_{in\text{sim}:1}$ 和 $V_{out\text{sim}:1}$ 。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。

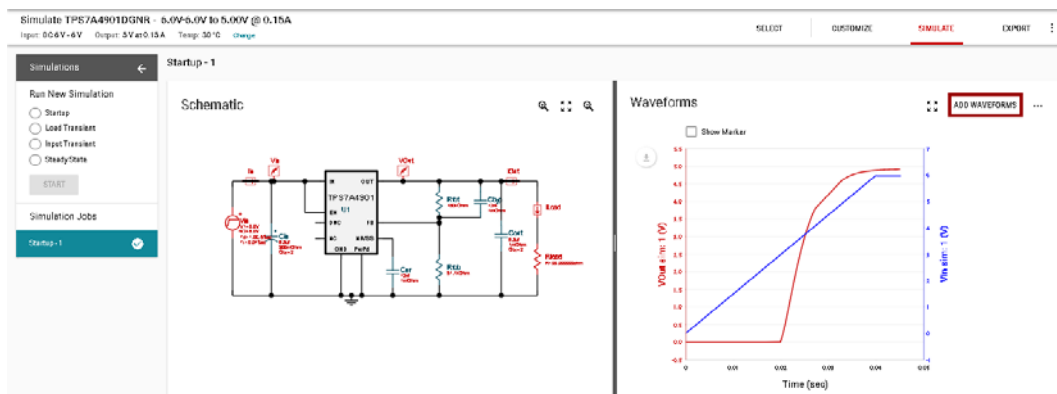


图 2.2.3 仿真波形

- 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”（如图 2.2.4 中标记 2），这将使 $V_{in}$ 和 $V_{out}$ 波形使用相同的坐标轴比例尺。如果需要取消，请点击“Reset Groups”（如图 2.2.4 标记 3）。

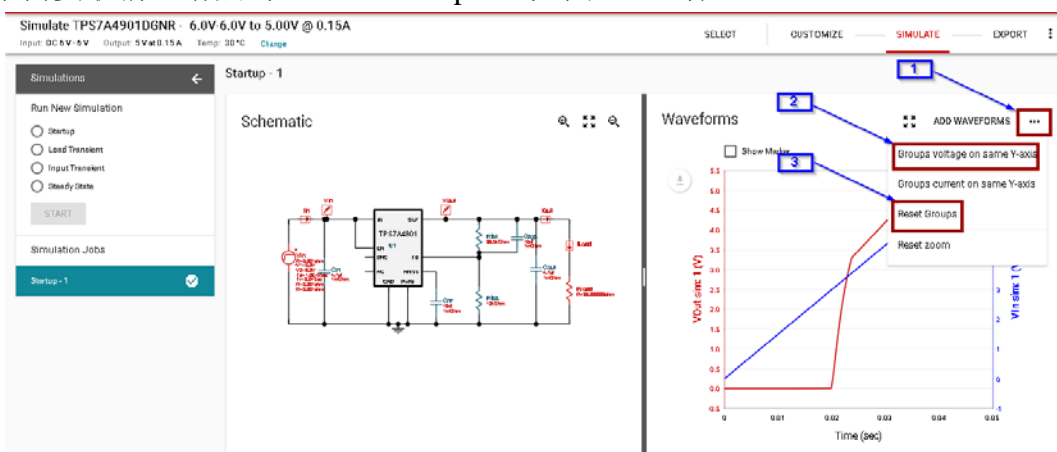


图 2.2.4 坐标轴比例尺

- 我们观察到现在 $V_{out}$ 和 $V_{in}$ 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 $V_{in} = 4.655\text{V}$ 的位置（ $V_{in} = 4.655\text{V}$ 正好是额定输出电压 $V_{outnom} = 4.9\text{V}$ 的 95%）。记录此时 $V_{in}$ 和 $V_{out}$ 的值。将记录下的值分别填入表 2.3.1（ $I_{out} = 150\text{mA}$ ， $V_{outnom} = 4.9\text{V}$ ）的 $V_{in}(=V_{in})$ 和 $V_{out}(=V_{out})$ 当中，并计算最小压降 $V_{dropout}(=V_{in} - V_{out})$ 。

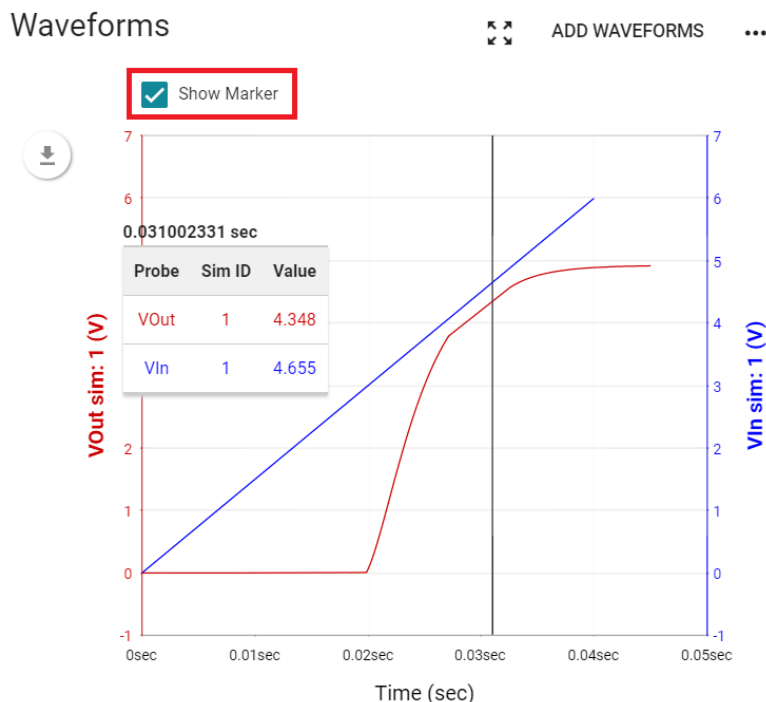


图 2.2.5 启用光标

7. 为了对其他负载条件进行仿真，我们需要改变仿真电路中的负载电阻（Load Resistance）。如图 2.2.6 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”，输入我们想要的电阻值，然后点击“SAVE”。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 2.2.2）会和新的 $V_{in}$ 及 $V_{out}$ 一起显示在波形图上。我们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 2.2.4），并重复步骤 6 来记录新的数据。

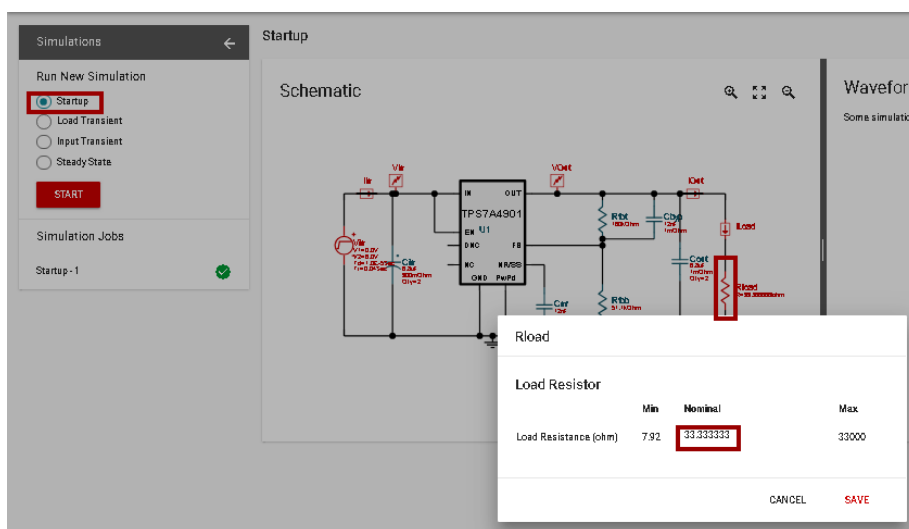


图 2.2.6 改变仿真电路负载电阻

8. 重复步骤 4 到 7，分别记录所示负载条件下的仿真结果。
9. 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 2.3.1。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。

表 2.2.1 测试一负载条件

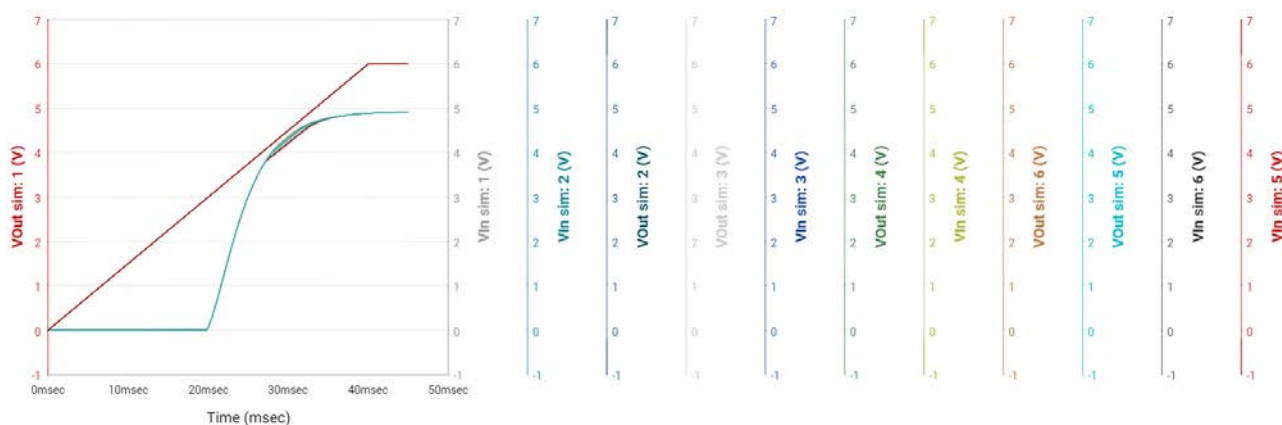
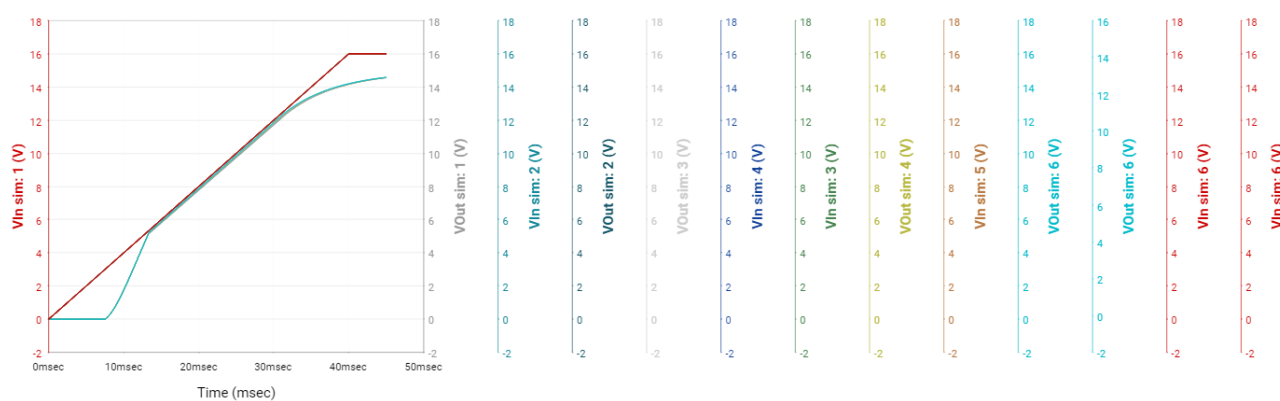
$V_{out} = 5V$		$V_{out} = 15V$	
$Load(mA)$	$Rload(Ohm)$	$Load(mA)$	$Rload(Ohm)$
150	33.3	150	100
125	40	125	120
100	50	100	150
75	66.7	75	200
50	100	50	300
25	200	25	600

## 2.3 实验结果

最小压降与负载电流 $I_{out}(V_{out} = 5V\&15V)$ 关系表见表 2.3.1，关系图见图 2.3.1 及图 2.3.2。

表 2.3.1 最小压降与负载电流 $I_{out}(V_{out} = 5V\&15V)$ 关系

$V_{in}(V)\@95\%V_{outnom}$	$I_{out}(mA)$					
$V_{out}(V)\@V_{in}$	25mA	50mA	75mA	100mA	125mA	150mA
$V_{drop}(mV)$						
$V_{outnom} = 4.9V$	4.651	4.649	4.650	4.650	4.649	4.651
	4.503	4.480	4.445	4.412	4.379	4.347
	148	169	205	238	270	304
$V_{outnom} = 14.9V$	14.171	14.170	14.169	14.169	14.174	14.171
	13.513	13.495	13.480	13.463	13.447	13.430
	658	675	689	706	727	741

图 2.3.1最小压降与负载电流 $I_{out}$ ( $V_{out} = 5V$ )关系图图 2.3.2最小压降与负载电流 $I_{out}$ ( $V_{out} = 15V$ )关系图

### 3 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）

#### 3.1 计算公式

##### 3.1.1 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。

##### 3.1.2 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。

#### 3.2 实验步骤

1. 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。

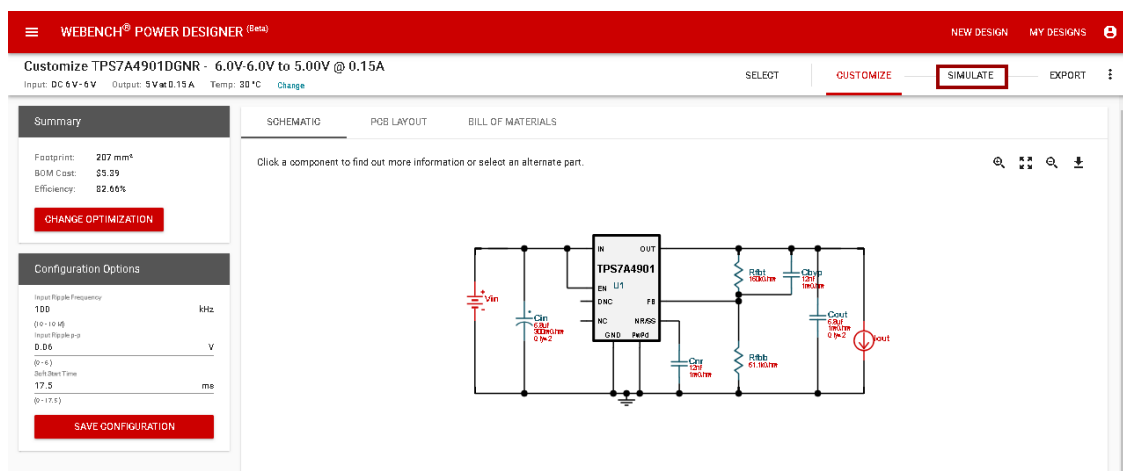


图 3.2.1 设计方案

2. 点击“SIMULATE”按钮（见图 3.2.1），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。

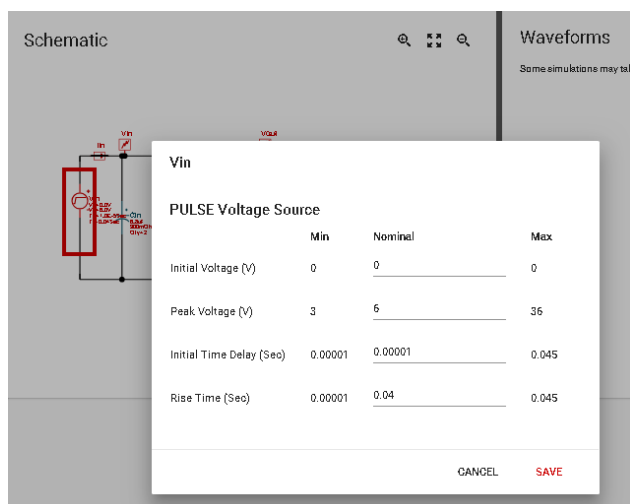


图 3.2.2 更改参数值

3. 可以看到电路图中 $R_{load}=33.3 \text{ ohms}$ ，对应输出电流 $I_{out} = 150mA$ 。
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 3.3.1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。



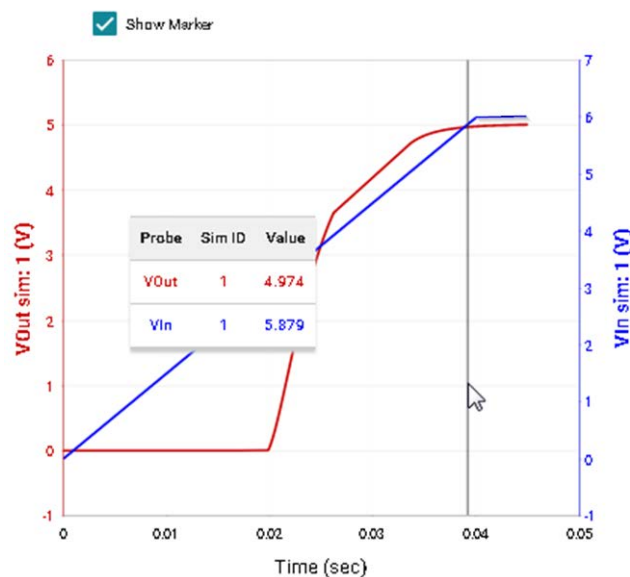


图 3.2.3 仿真完成

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”，然后输入我们想要的负载电阻值（可由表 3.2.1查得），并点击“SAVE”。
6. 点击页面左侧的“START”按钮。仿真完成后，新的 $V_{in}$ 和 $V_{out}$ 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。
7. 重复步骤6，记录 $V_{in} = 6V$ 时其余负载条件下（如表 3.2.1所示）的数据。
8. 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。
9. 现在，我们的电路应当处在 $V_{IN} = 6V$ ， $I_{out} = 25mA$ 的状态下。为了测量表5中的线性调整率，我们需要将Rload设置为100 ohms，从而将负载电流设为50mA。点击“SAVE”以保存Rload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。

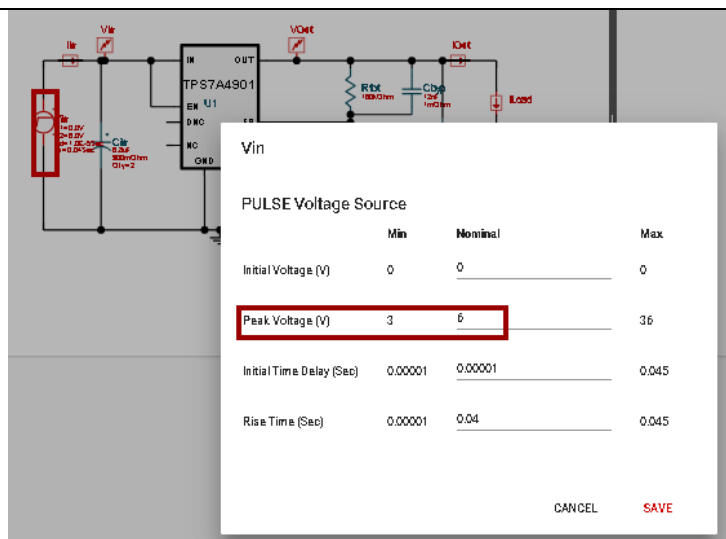


图 3.2.4 更改参数

10. 按照步骤5重复仿真过程，并按照步骤6记录 $V_{out}$ 的值。
11. 根据表 3.3.2更改输入电压的值，重复步骤11直到表 3.3.2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。

表 3.2.1 测试二负载条件

$Load(mA)$	$Rload(Ohm)$
150	33.3
125	40
100	50
75	66.7
50	100
25	200

### 3.3 实验结果

负载调整率仿真结果见图 3.3.1 及图 3.3.3。数据处理情况见表 3.3.1；线性调整率仿真结果见图 3.3.2 及图 3.3.4。数据处理情况见表 3.3.2。

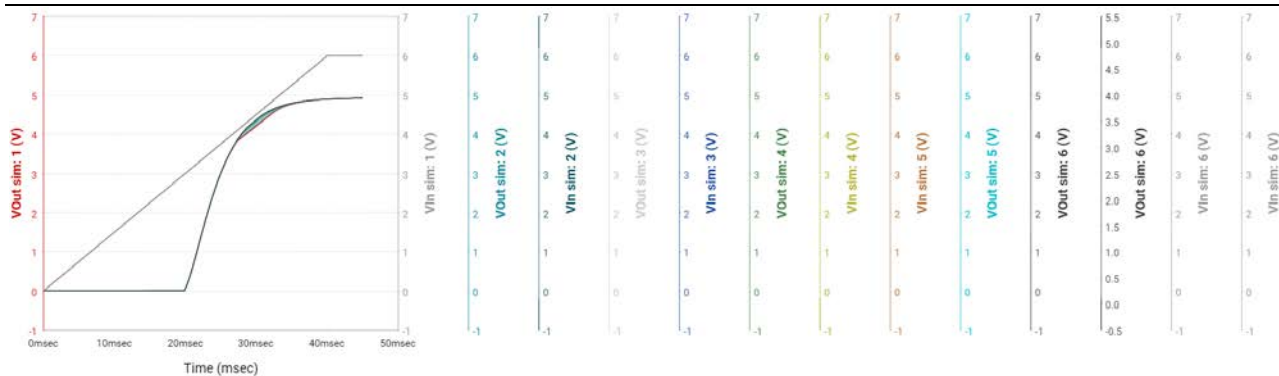


图 3.3.1 负载调整率仿真曲线图



图 3.3.2 线性调整率仿真曲线图

表 3.3.1  $V_{OUT} = 5V$  时 TPS7A4901 的负载调整率

$V_{in} = 6V$	$I_{out}(mA)$					
	25mA	50mA	75mA	100mA	125mA	150mA
$V_{out}(V)$	4.890	4.890	4.889	4.889	4.888	4.888
Load Sensitivity (%)	20.408%	20.408%	22.449%	22.449%	24.490%	24.490%

表 3.3.2  $V_{OUT} = 5V$  时 TPS7A4901 的线性调整率

$I_{out} = 50mA$	$V_{in}(V)$					
	6V	9V	12V	15V	18V	21V
$V_{out}(V)$	4.888	4.919	4.923	4.925	4.926	4.927
Line Sensitivity (%)	24.490%	38.776%	46.939%	51.020%	53.061%	55.102%

40.093240093 msec

Probe	Sim ID	Value
VOut	1	4.888
VIn	1	6.000
VOut	2	4.888
VIn	2	6.000
VOut	3	4.889
VIn	3	6.000
VOut	4	4.889
VIn	4	6.000
VIn	5	6.000
VOut	5	4.890
VOut	6	4.890

图 3.3.3 负载调整率的实验数据截图

39.976689977 msec

Probe	Sim ID	Value
VOut	6	4.927
VIn	6	20.984
VOut	2	4.919
VIn	3	
VOut	4	4.925
VOut	5	4.926
VOut	3	4.923
VOut	1	4.888
VIn	1	5.996
VIn	2	8.993
VIn	5	17.988
VIn	4	14.988

图 3.3.4 线性调整率的实验数据截图