



# L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2639002.01 LTC8631 实验报告

组织: ElegantL<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Program

时间: 2024 年 1 月 11 日

版本: 4.3



不要以为抹消过去，重新来过，即可发生什么改变。——比企谷八幡

# 目录

第 1 章 摘要	1
第 2 章 引言	2
2.1 产品介绍	2
2.2 相关产品	2
第 3 章 任务模块总览	3
第 4 章 任务模块详细内容	4
4.1 Efficiency at $V_{OUT} = 5V$	4
4.1.1 任务详细内容	4
4.1.2 功能描述	4
4.1.3 运行结果	4
4.2 Efficiency at $V_{OUT} = 3.3V$	5
4.2.1 任务详细内容	5
4.2.2 功能描述	5
4.2.3 运行结果	6
4.3 Efficiency	6
4.3.1 任务详细内容	6
4.3.2 功能描述	6
4.3.3 运行结果	7
4.4 Burst Waveforms	8
4.4.1 任务详细内容	8
4.4.2 功能描述	8
4.4.3 运行结果	8
4.5 Burst Waveforms 2	8
4.5.1 任务详细内容	8
4.5.2 功能描述	9
4.5.3 运行结果	9
4.6 Switching Waveforms	10
4.6.1 任务详细内容	10
4.6.2 功能描述	10
4.6.3 运行结果	10
4.7 Switching Waveforms 2	11
4.7.1 任务详细内容	11
4.7.2 功能描述	11
4.7.3 运行结果	11
4.8 Load Transient Response	11
4.8.1 任务详细内容	11
4.8.2 功能描述	11
4.8.3 运行结果	12
4.9 Input Voltage Transient Response	13

---

4.9.1	任务详细内容 . . . . .	13
4.9.2	功能描述 . . . . .	13
4.9.3	运行结果 . . . . .	13
4.10	Start-Up Dropout Performance . . . . .	13
4.10.1	任务详细内容 . . . . .	13
4.10.2	功能描述 . . . . .	14
4.10.3	运行结果 . . . . .	14
<b>第 5 章</b>	<b>论文总结</b>	<b>16</b>
5.1	Reference . . . . .	16

## 第 1 章 摘要

本实验报告利用 LTspice 对 LT8631 进行了全面而深入的仿真分析。仿真测试了 LT8631 在不同输出电压条件下的效率曲线、突发模式波形、开关模式波形、负载瞬态响应、输入电压瞬态响应以及启动失调电压性能等。通过对比仿真结果与数据手册,验证了 LT8631 的各项指标和性能参数。在仿真过程中运用了 LTspice 的各种测量和分析命令,如 .STEP、.TRAN、.MEAS 等,并熟练掌握了波形查看器的操作方法。遇到的问题也都通过查阅资料、分析电路原理得以有效解决。本次 LTspice 仿真实验,不仅检验了 LT8631 的工作性能,也充分训练和提高了自身的仿真设计与分析能力,为后续深入学习各类 DC/DC 转换器奠定了坚实的基础。总体而言,本次仿真实验取得了圆满的成果。

**关键词:** LT8631; LTspice; 仿真; 效率; 瞬态响应; LaTeX

## 第 2 章 引言

### 2.1 产品介绍

LT8631 是一款电流模式 PWM 降压 DC/DC 转换器，内置同步开关，可为最大 1A 的输出负载提供电流。它的输入范围广泛，从 3V 到 100V，适用于从多种电源进行电力调节，包括汽车和工业系统以及 36V 到 72V 的电信电源。它采用低纹波突发模式运行，能够在保证输出纹波低于 10mV P-P 的情况下，实现高效的微小输出电流运行。它的频率范围可以通过电阻编程，从 100kHz 到 1MHz，并具有同步功能，可以在效率和外部元件大小之间进行优化。它的软启动功能可以控制输出电压的上升速率，避免启动时产生输入电流冲击，同时还可以实现输出跟踪。它有一个电源良好的指示信号，当输出电压在调节输出的  $\pm 7.5\%$  范围内时发出。它的欠压锁定功能可以通过 EN/UV 引脚进行设置。它的关机模式可以将总静态电流降低到  $< 5\mu\text{A}$ 。LT8631 采用 20 引脚 TSSOP 封装，带有散热垫，具有低热阻和高电压引线间距的特点。[1]

### 2.2 相关产品

以下是三款与 LT8631 相关的产品，以及它们与 LT8631 的优缺点对比：

型号	输出电流	静态电流	价格（美元）
LTC3631	500mA	12 $\mu\text{A}$	3.75
LT8331	500mA	6 $\mu\text{A}$	3.95
LT8640	5A	2.5 $\mu\text{A}$	5.95

表 2.1: 与 LT8631 相关的产品的主要参数

- **LTC3631**：这是一款 150V、500mA 同步整流式降压型 DC/DC 转换器，具有内部同步开关，输入电压范围为 4.5V 到 150V，输出电压范围为 0.8V 到 30V。它的工作频率可以通过电阻编程，从 250kHz 到 1MHz，并具有同步功能。它的静态电流为 12 $\mu\text{A}$ ，低于 LT8631 的 16 $\mu\text{A}$ 。它的价格为 3.75 美元（每片，1000 片起订）。
  - 优点：输入电压范围更宽，静态电流更低，价格更便宜。
  - 缺点：输出电流更小，输出电压范围更窄，最大占空比更低（90% vs 99%）。
- **LT8331**：这是一款 140V、500mA 降压/升压 DC/DC 转换器，具有内部同步开关，输入电压范围为 3V 到 140V，输出电压范围为 1.25V 到 60V。它的工作频率可以通过电阻编程，从 100kHz 到 2MHz，并具有同步功能。它的静态电流为 6 $\mu\text{A}$ ，远低于 LT8631 的 16 $\mu\text{A}$ 。它的价格为 3.95 美元（每片，1000 片起订）。
  - 优点：输入电压范围更宽，静态电流更低，工作频率更高，可以实现降压或升压的转换。
  - 缺点：输出电流更小，输出电压范围更窄，最大占空比更低（85% vs 99%）。
- **LT8640**：这是一款 65V、5A 同步整流式降压型 DC/DC 转换器，具有内部同步开关，输入电压范围为 3.4V 到 65V，输出电压范围为 0.8V 到 18V。它的工作频率可以通过电阻编程，从 200kHz 到 3MHz，并具有同步功能。它的静态电流为 2.5 $\mu\text{A}$ ，远低于 LT8631 的 16 $\mu\text{A}$ 。它的价格为 5.95 美元（每片，1000 片起订）。
  - 优点：输出电流更大，静态电流更低，工作频率更高，效率更高（最高 96% vs 93%）。
  - 缺点：输入电压范围更窄，输出电压范围更窄，价格更贵。

综上所述，LT8631 的主要优势是具有高输出电流、宽输出电压范围和高最大占空比的特点，适合用于需要大电流和低压降的应用场合。它的主要缺点是静态电流较高，工作频率较低，效率较低。



## 第3章 任务模块总览

本任务的目标是使用 LTspice，一款强大、快速、免费的 SPICE 仿真软件，对 LT8631，一款 100V，1A 的同步微功耗降压型稳压器，进行各种工作条件下的性能分析。[bworld] 具体包括以下几个任务模块：

- **Efficiency at VOUT = 5V**：该任务模块的功能是分析在输出电压为 5V 时，LT8631 的效率随输入电压和负载电流的变化情况。可以通过设置输入电压和负载电流的范围，并使用 STEP 命令进行重复分析，得到效率的曲线图。
- **Efficiency at VOUT = 3.3V**：该任务模块的功能是分析在输出电压为 3.3V 时，LT8631 的效率随输入电压和负载电流的变化情况。方法同上，只需修改输出电压的值即可。
- **Efficiency (SWITCHING FREQUENCY (kHz) 和 EFFICIENCY 的关系)**：该任务模块的功能是分析在不同的开关频率下，LT8631 的效率如何变化。可以通过修改 RT 引脚的电阻值，来改变开关频率，并使用 STEP 命令进行重复分析，得到效率的曲线图。
- **Burst Waveforms ( $V_{IN} = 12V$  LOAD = 5mA)**：该任务模块的功能是观察在输入电压为 12V，负载电流为 5mA 时，LT8631 的突发模式波形。可以通过使用 TRAN 命令进行瞬态分析，并使用波形查看器来显示输出电压、开关电压、开关电流等信号的波形。
- **Burst Waveforms 2 ( $V_{IN} = 100V$  LOAD = 50mA)**：该任务模块的功能是观察在输入电压为 100V，负载电流为 50mA 时，LT8631 的突发模式波形。方法同上，只需修改输入电压和负载电流的值即可。
- **Switching Waveforms ( $V_{IN} = 12V$  LOAD = 5mA)**：该任务模块的功能是观察在输入电压为 12V，负载电流为 5mA 时，LT8631 的开关模式波形。可以通过使用 TRAN 命令进行瞬态分析，并使用波形查看器来显示输出电压、开关电压、开关电流等信号的波形。
- **Switching Waveforms 2 ( $V_{IN} = 100V$  LOAD = 50mA)**：该任务模块的功能是观察在输入电压为 100V，负载电流为 50mA 时，LT8631 的开关模式波形。方法同上，只需修改输入电压和负载电流的值即可。
- **Load Transient Response (200mA to 800mA LOAD TRANSIENT  $V_{IN} = 15V$ )**：该任务模块的功能是观察在输入电压为 15V 时，LT8631 的负载瞬态响应。可以通过使用一个时间依赖的电流源作为负载，并设置其在 200mA 和 800mA 之间变化，来模拟负载瞬态。然后使用 TRAN 命令进行瞬态分析，并使用波形查看器来显示输出电压的波形。
- **Input Voltage Transient Response (12V to 24V INPUT VOLTAGE TRANSIENT LOAD = 100mA)**：该任务模块的功能是观察在负载电流为 100mA 时，LT8631 的输入电压瞬态响应。可以通过使用一个时间依赖的电压源作为输入，并设置其在 12V 和 24V 之间变化，来模拟输入电压瞬态。然后使用 TRAN 命令进行瞬态分析，并使用波形查看器来显示输出电压的波形。

## 第 4 章 任务模块详细内容

### 4.1 Efficiency at VOUT = 5V

#### 4.1.1 任务详细内容

分别满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 01 中所示 Efficiency at VOUT = 5V。

$$V_{IN} = 12V$$

$$V_{IN} = 24V$$

$$V_{IN} = 48V$$

#### 4.1.2 功能描述

LT8631 的数据手册给出了在不同输入电压、输出电压和负载电流的条件下，开关频率和效率的关系曲线。从曲线可以看出，当输出电压固定为 5V 时，输入电压越高，效率越低，因为输入电压的增加会导致更多的静态损耗和开关损耗。输入电压越低，效率越高，但是不能低于 LT8631 的最低输入电压（3V）。

如果要用数学公式来描述输出电压为 5V 时，输入电压和效率的关系，可以使用下面的近似表达式：

$$\eta = \frac{5I_{OUT}}{V_{IN}I_{IN}} = \frac{5I_{OUT}}{5I_{OUT} + P_{SW} + P_{CON} + P_Q}$$

其中， $\eta$  是效率， $V_{IN}$  是输入电压， $I_{OUT}$  是负载电流， $I_{IN}$  是输入电流， $P_{SW}$  是开关损耗， $P_{CON}$  是导通损耗， $P_Q$  是静态损耗。开关损耗和开关频率成正比，导通损耗和负载电流的平方成正比，静态损耗和输入电压成正比。这个表达式可以用来估算不同输入电压下的效率，但是需要知道各种损耗的具体数值，这些数值可以从数据手册或者仿真软件中获取。

为了测试 Efficiency，先建立下面的电路图。

对比给出的演示电路，需要添加以下测试代码：

Listing 4.1: G01

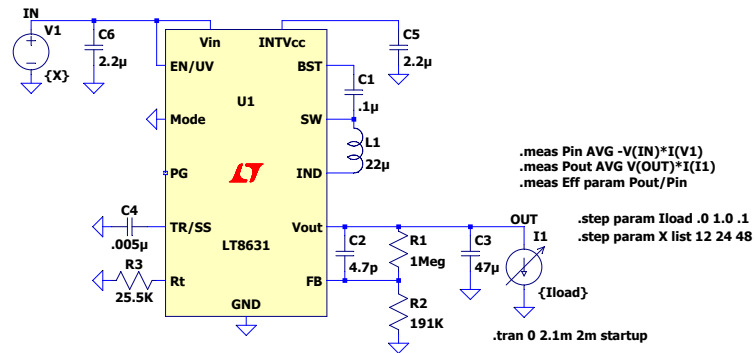
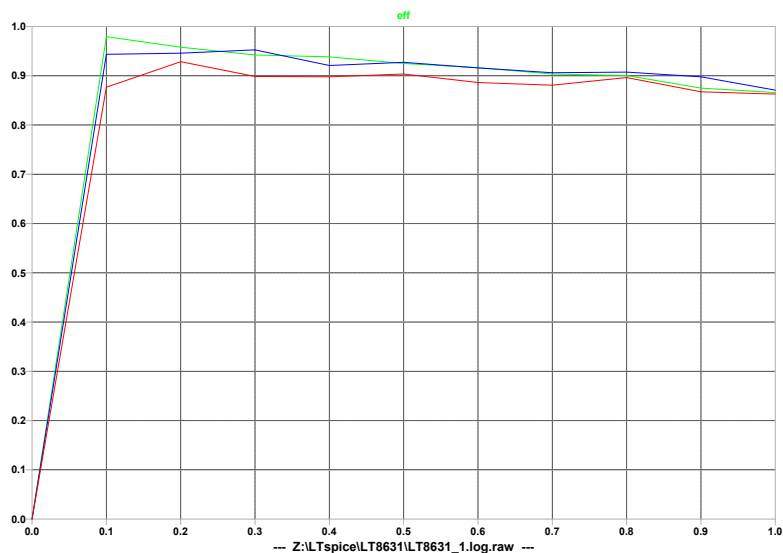
```
.step param X list 12 24 48
.step param Iload .2 1.0 .1

.tran 0 2.1m 2m startup

.meas Pin AVG -V(IN)*I(V1)
.meas Pout AVG V(OUT)*I(I1)
.meas Eff param Pout/Pin
```

#### 4.1.3 运行结果

运行后，按 CTRL+L 打开 LTspice 的 log 文件，可以看到下面的输出，其中包含了 Eff 值。选择 **Measurement: eff**，右键，选择 **Plot.step'ed.meas data**。在新打开的窗口中，CTRL+A 打开 **Add Traces**，选择 **eff**，可以得到下面的波形图。

图 4.1: Efficiency at  $V_{OUT} = 5V$ 图 4.2: Efficiency at  $V_{OUT} = 5V$ 

## 4.2 Efficiency at $V_{OUT} = 3.3V$

### 4.2.1 任务详细内容

分别满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 01 中所示 Efficiency at  $V_{OUT} = 3.3V$ 。

$$V_{IN} = 12V$$

$$V_{IN} = 24V$$

$$V_{IN} = 48V$$

### 4.2.2 功能描述

通过阅读 datasheet 可知，修改  $V_{out}$  为 3.3V，需要将 R2 从 191kΩ 修改为 324kΩ



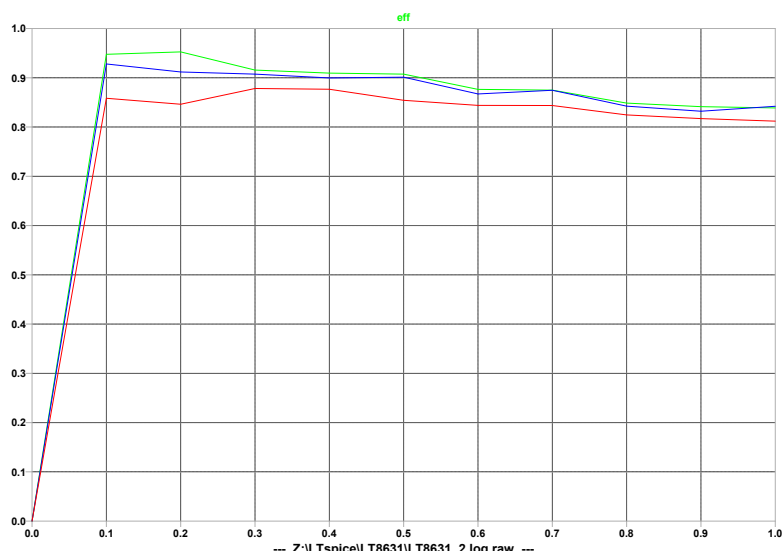


图 4.3: Efficiency at VOUT = 3.3V

### 4.2.3 运行结果

## 4.3 Efficiency

### 4.3.1 任务详细内容

满足以下条件，SWITCHING FREQUENCY (kHz) 和 EFFICIENCY 的关系

$$V_{IN} = 12V$$

$$V_{OUT} = 5V$$

$$LOAD = 0.5A$$

$$I_{LRIPPLE} = 0.4A$$

### 4.3.2 功能描述

LT8631 的开关频率（Switching Frequency）是指内部同步开关的工作频率，可以通过 RT 引脚的外接电阻进行调节，范围为 100kHz 到 1MHz。开关频率会影响转换器的效率（Efficiency），即输出功率与输入功率的比值。一般来说，开关频率越高，效率越低，因为高频开关会导致更多的开关损耗和电磁干扰。开关频率越低，效率越高，但是需要更大的电感和电容来维持输出电压的稳定性。

LT8631 的数据手册给出了在不同输入电压、输出电压和负载电流的条件下，开关频率和效率的关系曲线。从曲线可以看出，开关频率和效率的关系并不是线性的，而是存在一个最佳的开关频率，使得效率达到最大值。这个最佳的开关频率取决于输入电压、输出电压和负载电流的大小，以及外部元件的选择。一般来说，当输入电压较高，输出电压较低，负载电流较大时，最佳的开关频率较低；反之，当输入电压较低，输出电压较高，负载电流较小时，最佳的开关频率较高。

如果要用数学公式来描述开关频率和效率的关系，可以使用下面的近似表达式：

$$\eta = \frac{V_{OUT}I_{OUT}}{V_{IN}I_{IN}} = \frac{V_{OUT}I_{OUT}}{V_{OUT}I_{OUT} + P_{SW} + P_{CON} + P_Q}$$

其中， $\eta$  是效率， $V_{OUT}$  是输出电压， $I_{OUT}$  是负载电流， $V_{IN}$  是输入电压， $I_{IN}$  是输入电流， $P_{SW}$  是开关损耗， $P_{CON}$  是导通损耗， $P_Q$  是静态损耗。开关损耗和开关频率成正比，导通损耗和负载电流的平方成正比，静态损耗和输入电压成正比。这个表达式可以用来估算不同开关频率下的效率，但是需要知道各种损耗的具体数值，这些数值可以从数据手册或者仿真软件中获取。

通过修改  $R_{RT}$  的电阻值，可以控制 SWITCHING FREQUENCY (kHz)

Frequency (kHz)	$R_{RT}(k\Omega)$
100	187
200	60.4
300	35.7
400	25.5
500	19.6
600	15.8
700	13.3
800	11.5
900	10
1000	8.66

表 4.1: A table of frequency and resistance values

Listing 4.2: G05

```
.step param Rt list 187k, 60.4k, 35.7k, 25.5k, 19.6k, 15.8k, 13.3k, 11.5k, 10k, 8.66k

.tran 0 2.1m 2m startup

.meas Pin AVG -V(IN)*I(V1)
.meas Pout AVG V(OUT)*I(I1)
.meas Eff param Pout/Pin
```

### 4.3.3 运行结果

遇到的问题：横坐标是  $R_t$  的值，而不是频率

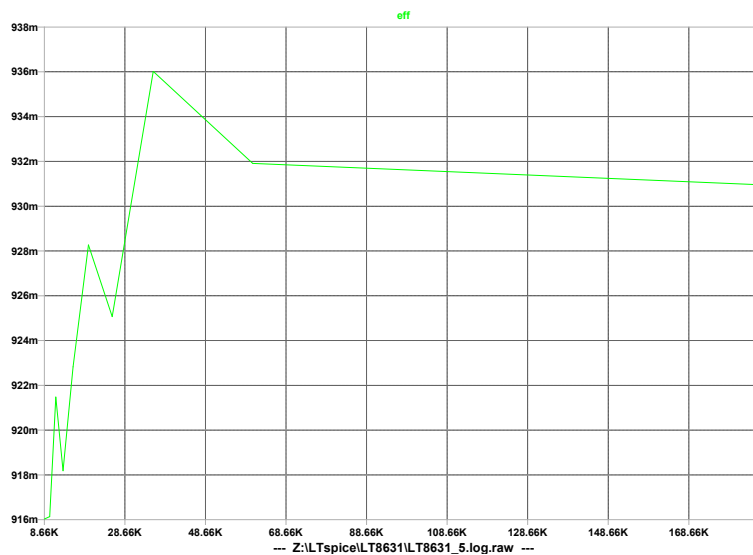


图 4.4: Input Voltage Transient Response

## 4.4 Burst Waveforms

### 4.4.1 任务详细内容

满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 26 中所示 Burst Waveforms。

$$V_{IN} = 12V$$

$$LOAD = 5mA$$

### 4.4.2 功能描述

Burst Waveforms 是一种输出波形，它包含一定数量的完整电平的波形周期，然后是一段较低电平的波形周期。从完整电平到低电平的转换发生在波形的零交叉点。低电平可以设置在 0 到 100% 之间的任意值。

$$\text{Burst Waveforms} = \begin{cases} V_{\max} \sin(2\pi ft) & 0 \leq t \leq \frac{n}{f} \\ V_{\min} \sin(2\pi ft) & \frac{n}{f} < t \leq \frac{m}{f} \end{cases}$$

其中， $V_{\max}$  是完整电平的电压， $V_{\min}$  是低电平的电压， $f$  是波形的频率， $n$  是完整电平的波形周期数， $m$  是总的波形周期数。

为了测试 Burst Waveforms，先建立下面的电路图。

对比给出的演示电路，主要修改了以下几个参数：

- V1 从 48 修改为 12
- Rload 从 5 修改为 {5/0.005}

### 4.4.3 运行结果

运行得到下面的波形图。

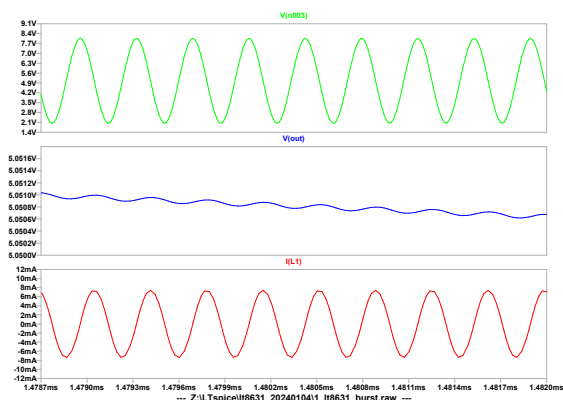


图 4.5: Burst Waveforms

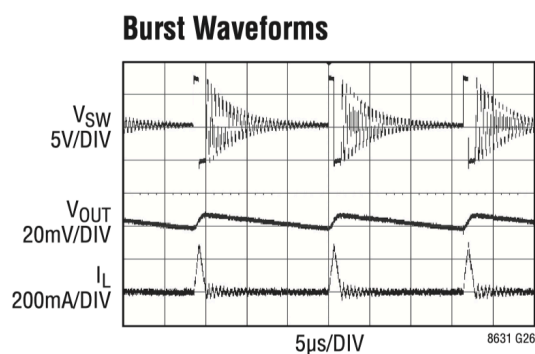


图 4.6: Burst Waveforms

## 4.5 Burst Waveforms 2

### 4.5.1 任务详细内容

满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 27 中所示 Burst Waveforms。

$$V_{IN} = 100V$$

$$LOAD = 50mA$$

### 4.5.2 功能描述

Burst Waveforms 是一种输出波形，它包含一定数量的完整电平的波形周期，然后是一段较低电平的波形周期。从完整电平到低电平的转换发生在波形的零交叉点。低电平可以设置在 0 到 100% 之间的任意值。

$$\text{Burst Waveforms} = \begin{cases} V_{\max} \sin(2\pi ft) & 0 \leq t \leq \frac{n}{f} \\ V_{\min} \sin(2\pi ft) & \frac{n}{f} < t \leq \frac{m}{f} \end{cases}$$

其中， $V_{\max}$  是完整电平的电压， $V_{\min}$  是低电平的电压， $f$  是波形的频率， $n$  是完整电平的波形周期数， $m$  是总的波形周期数。

为了测试 Burst Waveforms，先建立下面的电路图。

对比给出的演示电路，主要修改了以下几个参数：

- V1 从 48 修改为 100
- Rload 从 5 修改为 {5/0.05}

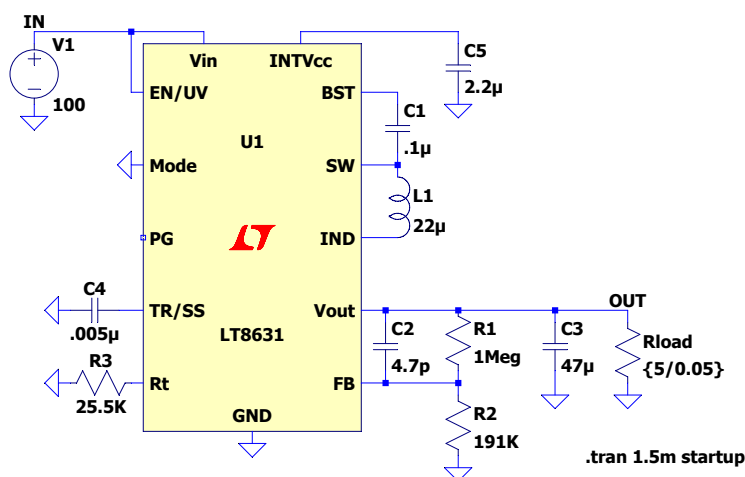


图 4.7: Burst Waveforms 2

### 4.5.3 运行结果

运行得到下面的波形图。

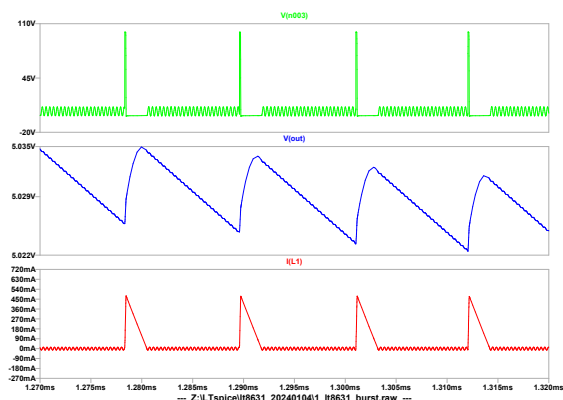


图 4.8: Burst Waveforms 2

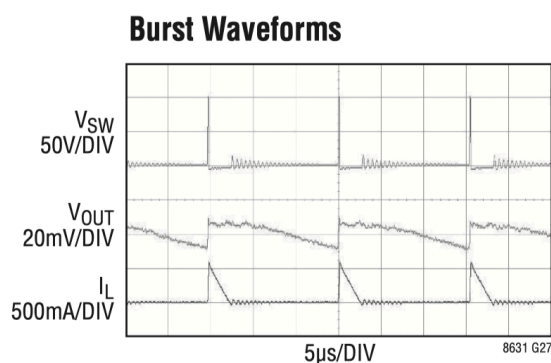


图 4.9: Burst Waveforms 2

## 4.6 Switching Waveforms

### 4.6.1 任务详细内容

满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 28 中所示 Switching Waveforms。

$$V_{IN} = 12V$$

$$LOAD = 5mA$$

### 4.6.2 功能描述

Switching Waveforms 的含义是指在电力电子转换器中，开关元件的电压和电流随时间变化的波形。这些波形反映了开关元件的工作状态，转换器的输出特性，以及电磁干扰（EMI）的产生。通过调整开关波形的形状，可以优化转换器的效率，稳定性，和 EMI 控制。开关波形的分析和合成是电力电子技术的重要内容。

电磁干扰（EMI）是一种不希望存在的信号，它对电子设备或系统的正常工作会造成有害影响。

为了测试 Switching Waveforms，先建立下面的电路图。

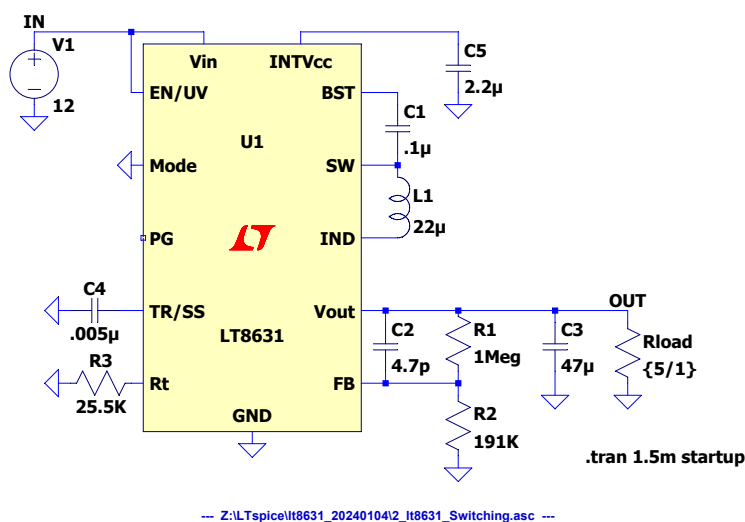


图 4.10: Switching Waveforms

### 4.6.3 运行结果

运行得到下面的波形图。

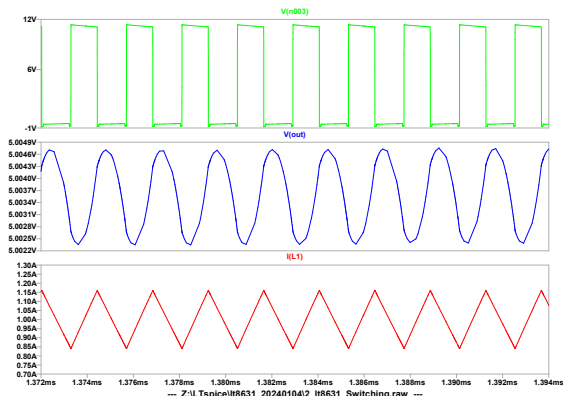


图 4.11: Switching Waveforms

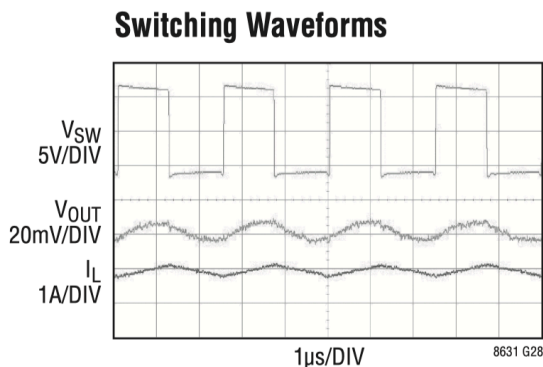


图 4.12: Switching Waveforms

## 4.7 Switching Waveforms 2

### 4.7.1 任务详细内容

满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 29 中所示 Switching Waveforms。

$$V_{IN} = 12V$$

$$LOAD = 5mA$$

### 4.7.2 功能描述

为了测试 Switching Waveforms，电路图基本同上，需要修改的是  $V_{IN} = 100V$ 。

### 4.7.3 运行结果

运行得到下面的波形图。

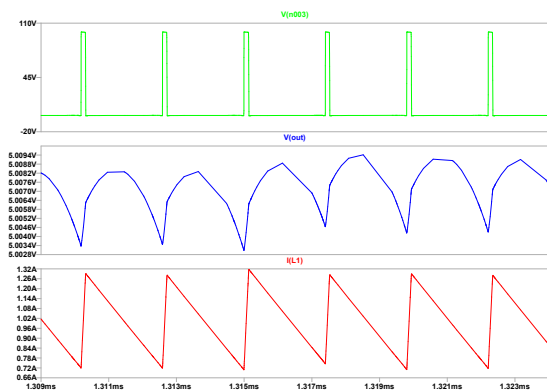


图 4.13: Switching Waveforms

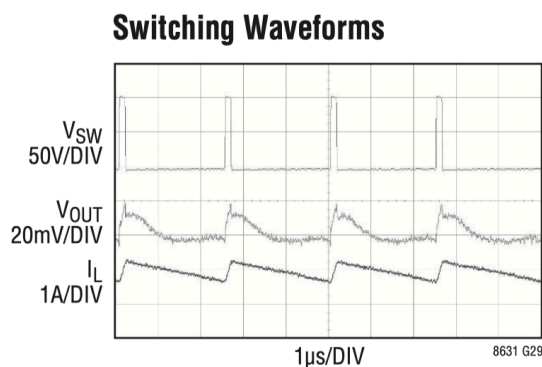


图 4.14: Switching Waveforms

## 4.8 Load Transient Response

### 4.8.1 任务详细内容

满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 30 中所示 Load Transient Response。

200mA to 800mA LOAD TRANSIENT

$$V_{IN} = 15V$$

### 4.8.2 功能描述

Load Transient Response（负载瞬态响应）是指电路在负载电流发生快速变化时，输出电压的变化情况。理想情况下，输出电压应该保持恒定，不受负载变化的影响。但实际上，输出电压会出现一定的波动，如果超过了允许的电压容差范围，就会影响电路的正常工作。

负载瞬态响应的主要影响因素有以下几个：

- 电路的频率响应，包括交越频率和稳定性。交越频率影响了电路的调节时间，即从负载变化开始到输出电压恢复到稳态值的时间。交越频率越高，调节时间越短。
- 输出电容的大小、类型和位置。输出电容相当于一个能量储存器，可以缓冲负载变化引起的电压波动。输出电容越大，电压波动越小。输出电容的寄生效应，如电感和电阻，也会影响负载瞬态响应。
- 负载电流的变化幅度和速率。负载电流变化越大，电压波动越大。负载电流变化越快，电压波动越剧烈。

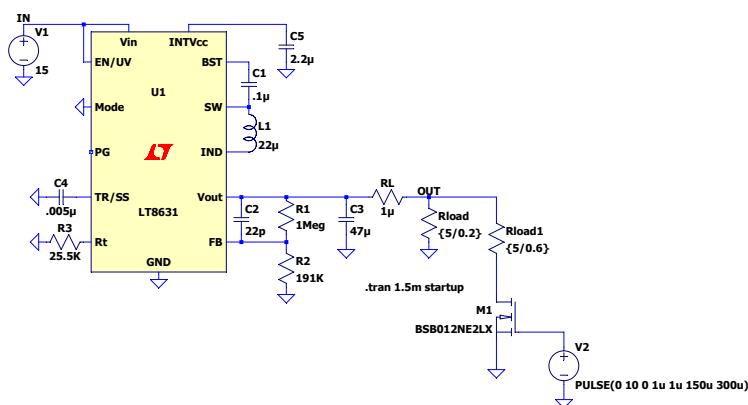


负载瞬态响应是评价电压调节器性能的一个重要指标，尤其是对于数字电路等对电压敏感的应用。为了减小负载瞬态响应的影响，通常需要选择合适的电压调节器和输出电容，并进行测试和验证。

为了测试 Load Transient Response，先建立下面的电路图。

对比给出的演示电路，主要修改了以下几个参数：

- V1 从 48 修改为 15
- Rload 从 5 修改为 {5/0.2}
- 添加 V2 为 PULSE(0 10 0 1u 1u 150u 300u)。这是为了模拟一个脉冲信号，用于控制开关管 M1 的导通和截止。这样可以在输出端产生一个周期性的负载瞬态，从而观察 LT8631 的瞬态响应。
- 添加 Rload1 为 {5/0.6}。这是为了增加一个并联的负载电阻，用于在 M1 导通时提供额外的负载电流。这样可以测试 LT8631 在重负载条件下的效率和输出纹波。
- 添加 M1 为 BSB012NE2LX。这是为了选择一个合适的开关管，用于在 V2 的控制下切换负载电流。BSB012NE2LX 是一种 N 沟道 MOSFET，具有低导通电阻和低栅极电荷，适用于高频开关应用。



--- Z:\LTspice\lt8631\_20240104\4\_lt8631\_Load\_Tran.asc ---

图 4.15: Load Transient Response

### 4.8.3 运行结果

运行得到下面的波形图。

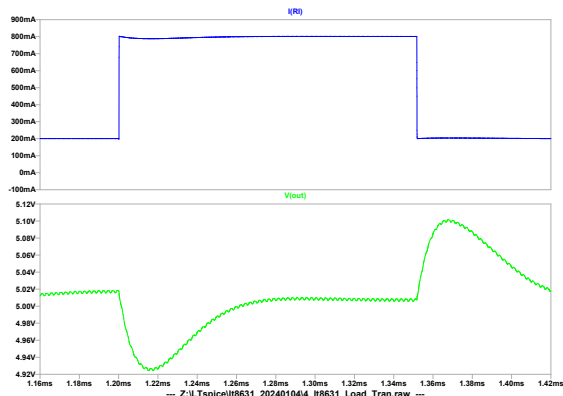


图 4.16: Load Transient Response

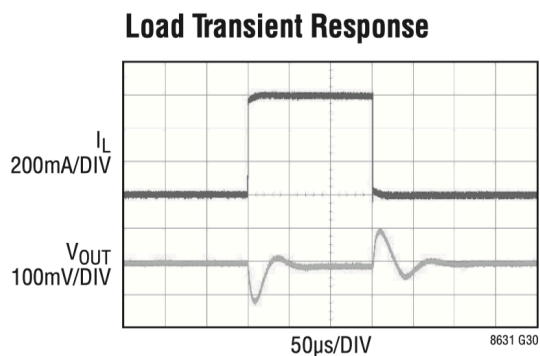


图 4.17: Load Transient Response

## 4.9 Input Voltage Transient Response

### 4.9.1 任务详细内容

满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 31 中所示 Input Voltage Transient Response。

12V to 100V INPUT VOLTAGE TRANSIENT

LOAD = 100mA

$C_{OUT} = 2 \times 47F$

### 4.9.2 功能描述

Input Voltage Transient Response 是指电路系统在输入电压发生突变时的输出电压变化情况。一般来说，电路系统的输入电压会受到外界因素的影响，例如雷击、设备故障、电容器开关等，导致输入电压出现瞬态过电压。这些瞬态过电压可能会对电路系统造成损坏或性能下降，因此需要设计合适的电路来应对输入电压的瞬态变化，并使输出电压尽快恢复到稳态值。

电路系统的瞬态响应可以用以下几个参数来描述：

- 上升时间：指输出电压从一个低值变化到一个高值所需的时间，通常取 10% 和 90% 作为低值和高值。
- 过冲量：指输出电压超过稳态值的幅度。
- 调节时间：指输出电压从瞬态变化到稳态所需的时间，通常定义为输出电压进入并保持在一个误差范围内的时间。
- 延迟时间：指输出电压达到稳态值一半所需的时间。
- 峰值时间：指输出电压达到第一个过冲峰值所需的时间。
- 稳态误差：指输出电压达到稳态后与期望值的差值。

电路系统的瞬态响应还可以根据阻尼情况分为以下三种类型：

- 欠阻尼：指输出电压在一个衰减的包络内振荡，阻尼越小，振荡越多，达到稳态越慢。
- 临界阻尼：指输出电压在不振荡的情况下最快达到稳态值。
- 过阻尼：指输出电压在不振荡的情况下达到稳态值比临界阻尼慢。

为了测试 Input Voltage Transient Response，先建立下面的电路图。

对比给出的演示电路，主要修改了以下几个参数：

- V1 从 48 修改为 15
- 添加 C6 为 {47μ}。这是为了增加一个输入电容，用于滤除输入电压的噪声和纹波。这样可以提高 LT8631 的抗干扰能力和输出质量。
- Rload 从 5 修改为 {5/0.1}

### 4.9.3 运行结果

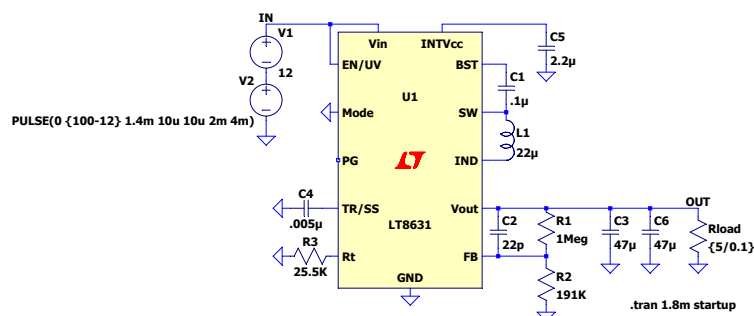
运行得到下面的波形图。

## 4.10 Start-Up Dropout Performance

### 4.10.1 任务详细内容

满足以下条件下，仿真实现 datasheet 中的图 32 中所示 Start-Up Dropout Performance。

$I_{LOAD} = 500mA$



--- Z:\LTspice\lt8631\_20240104\5\_lt8631\_Vin\_Tran.asc ---

图 4.18: Input Voltage Transient Response

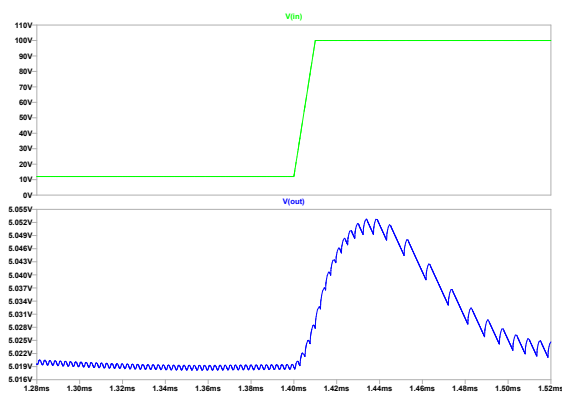


图 4.19: Input Voltage Transient Response

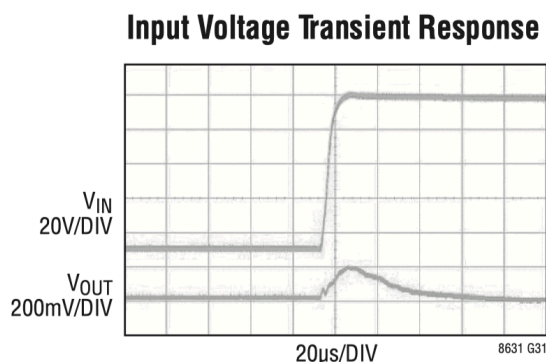


图 4.20: Input Voltage Transient Response

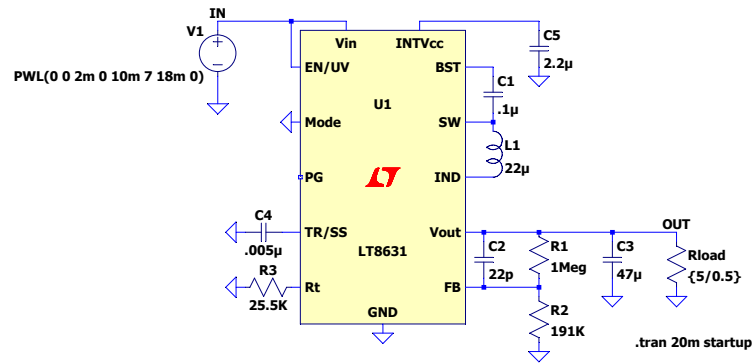
## 4.10.2 功能描述

Start-Up Dropout Performance 是指该电源转换器在输入电压低于输出电压时能否正常启动的性能。如果输入电压高于最小的压差，该电源转换器可以维持输出电压，即使输入电压低于输出电压。这种性能可以使该电源转换器在低压差或低输入电压的情况下工作，例如汽车的冷启动。该电源转换器的最大占空比为 99%，这意味着它可以在极低的压差下工作。Start-Up Dropout Performance 可以通过测量输入电压和输出电压的波形来评估。

为了测试 Start-Up Dropout Performance，先建立下面的电路图。

## 4.10.3 运行结果

运行得到下面的波形图。



--- Z:\LTspice\lt8631\_20240104\lt8631\_StartUp\_Dropout.asc ---  
图 4.21: Start-Up Dropout Performance

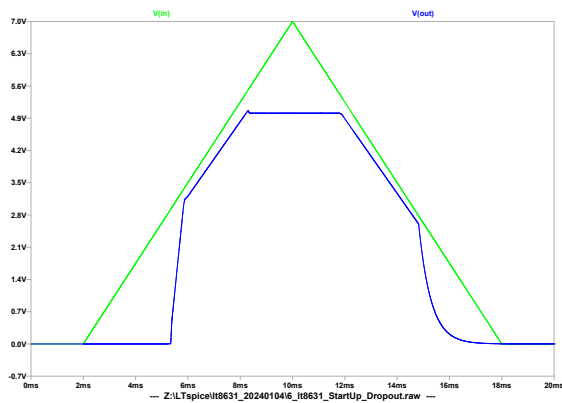


图 4.22: Start-Up Dropout Performance

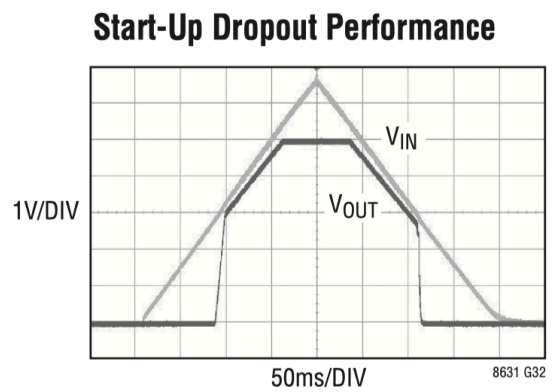


图 4.23: Start-Up Dropout Performance

## 第5章 论文总结

本任务是使用 LTspice 对 LT8631 进行仿真分析的综合性实验，旨在学习 LTspice 的基本操作和应用，以及 LT8631 的主要性能参数和工作原理。通过完成本任务，我深入了解 LT8631 的效率、突发模式、开关模式、负载瞬态响应、输入电压瞬态响应和启动失调电压等特性，以及它们与输入电压、输出电压、负载电流和开关频率等因素的关系。本任务对于提高我的电路设计和仿真能力，以及培养我的创新思维和实践能力，具有重要的意义。

在本次任务仿真过程中，我发现了以下几个问题和困难，以及相应的解决方法：

- LTspice 中的波形查看器有时会出现缩放和标尺的问题，需要手动调整或使用快捷键来解决。
- LTspice 中的突发模式和开关模式的切换需要根据 datasheet 中的公式，计算出合适的 RT 引脚的电阻值，并使用 .STEP 命令进行重复分析，得到不同模式下的波形图。
- LTspice 中的负载瞬态和输入电压瞬态的模拟需要使用时间依赖的源，并设置其在一定范围内变化，然后使用 .TRAN 命令进行瞬态分析，得到输出电压的波形图。
- LTspice 中的启动失调电压的模拟需要使用 .PULSE 命令，设置输入电压在一定时间内的变化，然后使用 .TRAN 命令进行瞬态分析，得到输出电压的波形图。

实验报告使用的是 latex，这是一种优秀的文档排版系统，可以用来制作高质量的实验报告。在使用 latex 编写报告时，我学到了以下几点：

- latex 的基本结构是由导言区和正文区组成，导言区用来设置文档的类别、引用的宏包、自定义的命令等，正文区用来编写实际的内容。
- latex 的优势之一是可以方便地插入图片，只需使用 \includegraphics 命令，并指定图片的文件名、大小、位置等参数。图片的格式可以是 eps、pdf、png、jpg 等，但需要注意与编译方式的兼容性。
- latex 还可以自动生成目录、编号、引用等，只需使用相应的命令，如 cite 等，并在编译时运行相应的程序，如 latex、bibtex、xelatex 等。
- latex 的另一个优势是可以轻松地编写数学公式，只需使用数学模式，并使用各种数学符号和命令。  
reference.bib

### 5.1 Reference

[1] LT8631 datasheet.