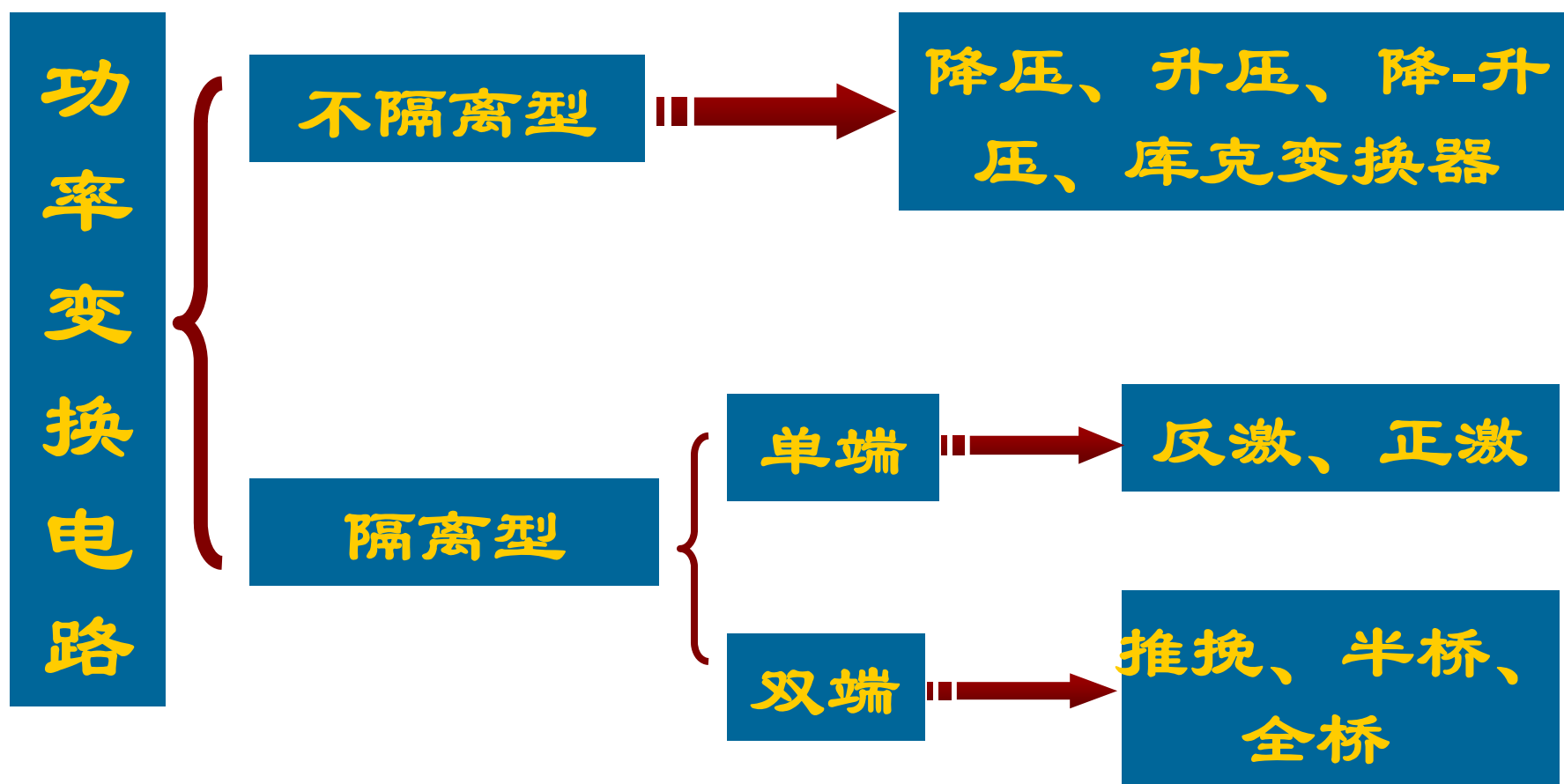


第七章 半桥和全桥变换器拓扑



第七章 桥式变换器

7.1 概述 (Introduction)

7.2 半桥变换器 (Half-Bridge Converter Topology)

7.3 全桥变换器 (Full-Bridge Converter Topology)

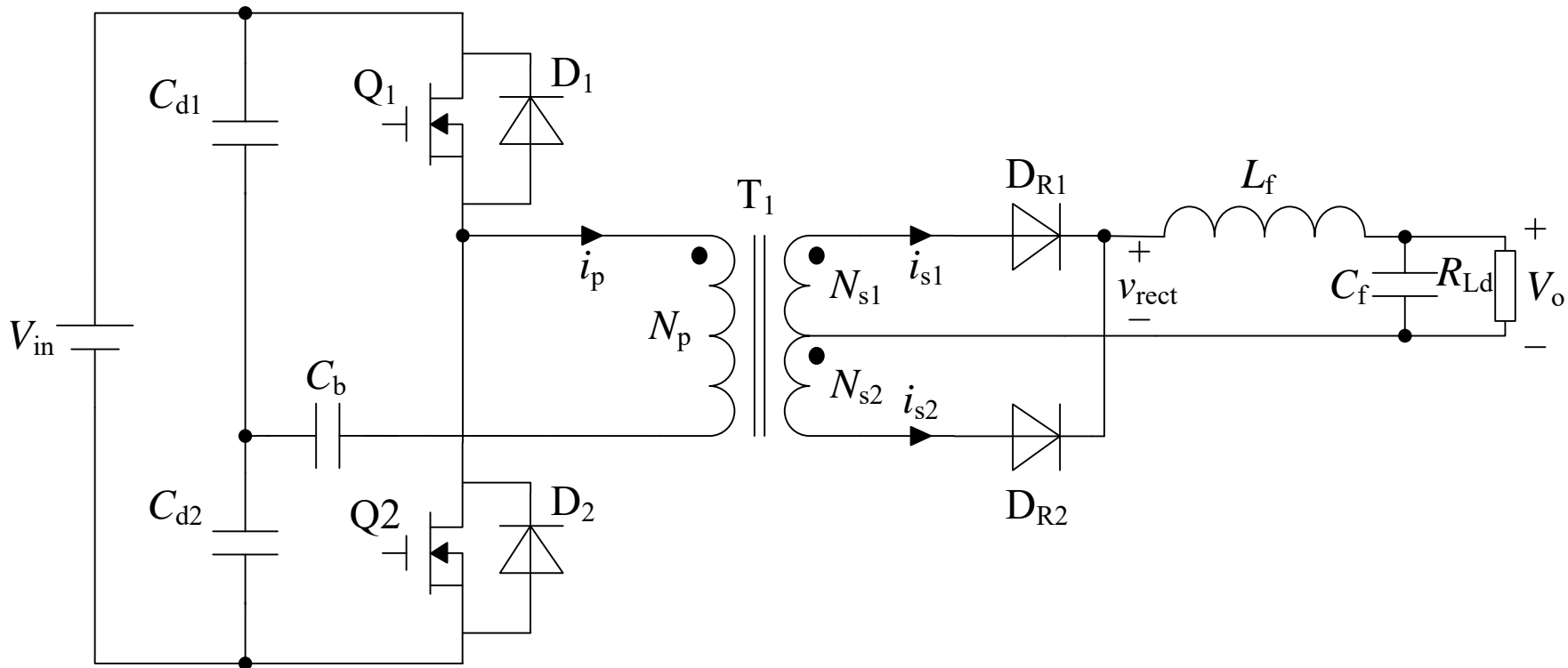
7.1 概述

半桥和全桥开关变换器拓扑开关管的稳态关断电压等于直流输入电压，而不是像推挽、单端正激或交错正激拓扑那样为输入的两倍。所有桥式拓扑广泛应用于直接电网的离线式变换器。

桥式变换器的另一个优点是，能将变压器初级侧的漏感尖峰电压钳位于直流母线电压，并将漏感储存的能量归还到输入母线，而不是消耗于电阻元件。

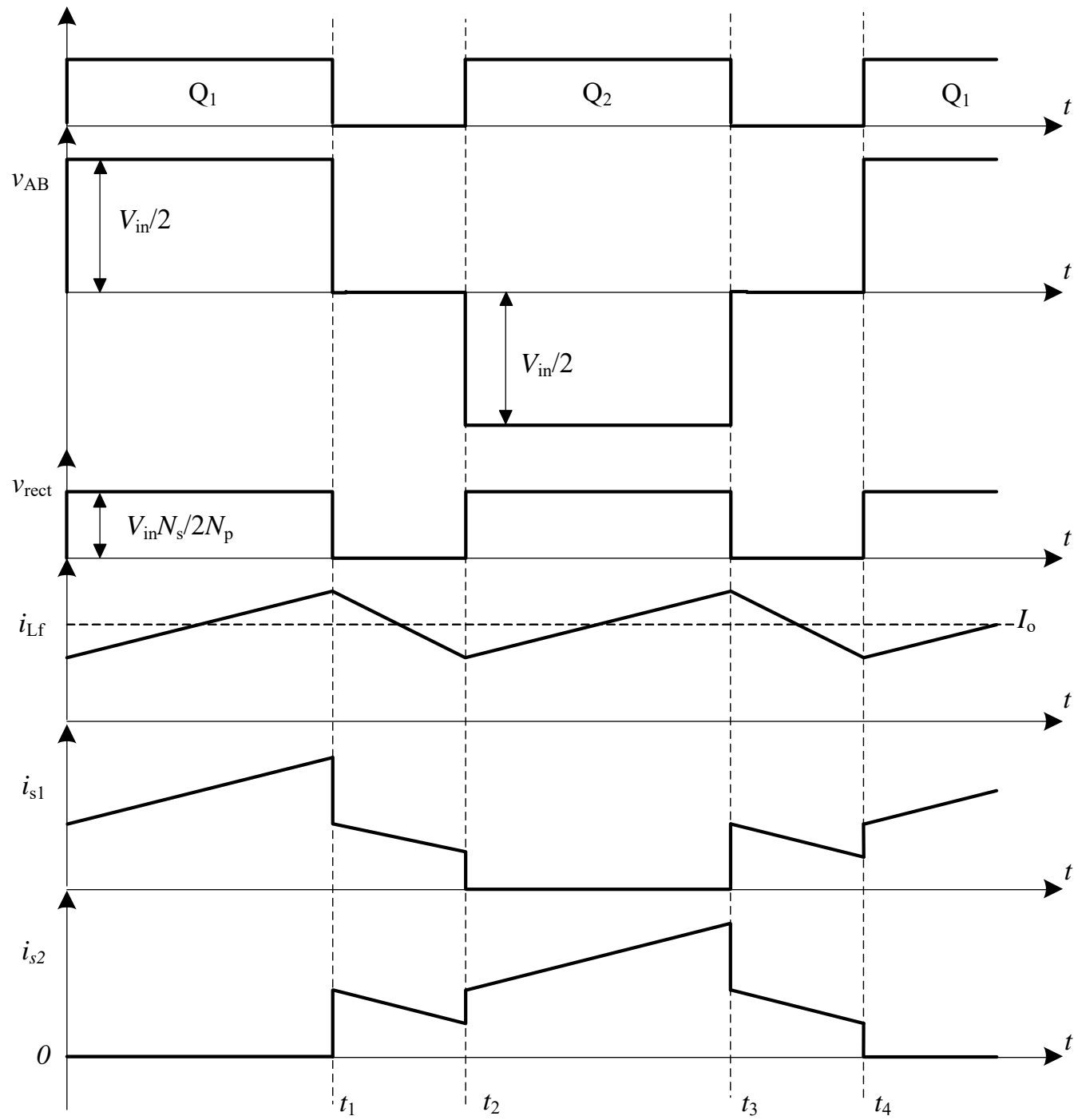
7.2 半桥变换器拓扑

工作原理

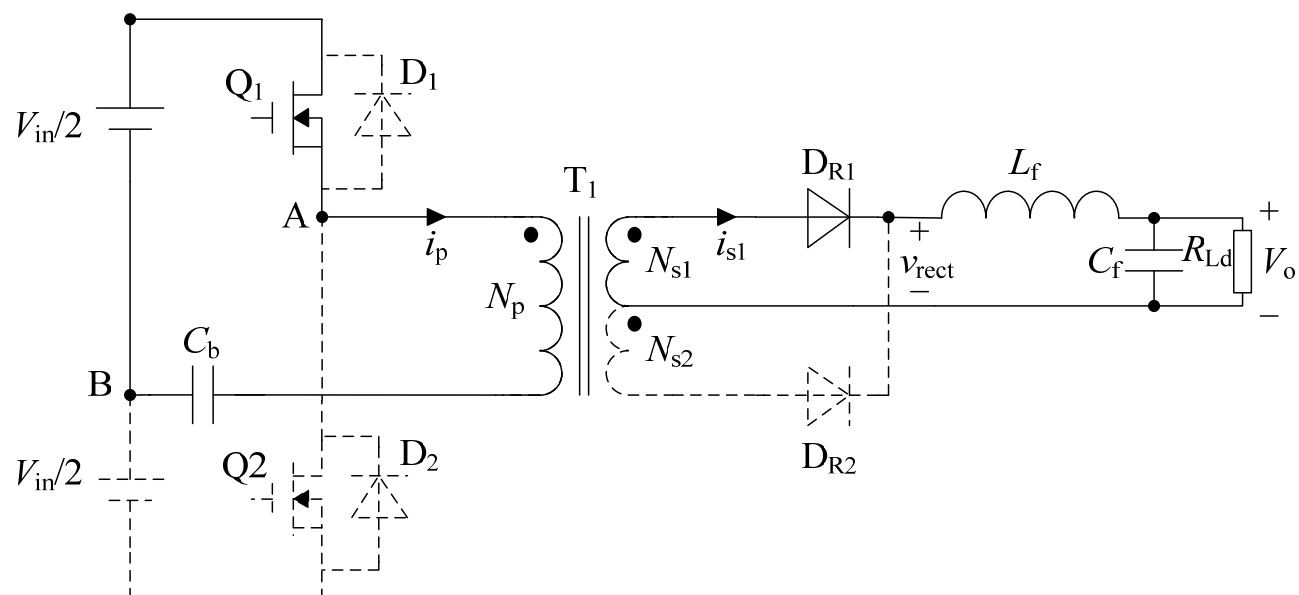


Q1导通时，负载电流和励磁电流流过**Q1**、变压器**T1**的漏感、**N_p**的励磁电感及按匝比平方折算到初级的次级负载等效阻抗，最后流经**C_b**到达**C1**、**C2**连接点，**N_p**同名端电压为正。

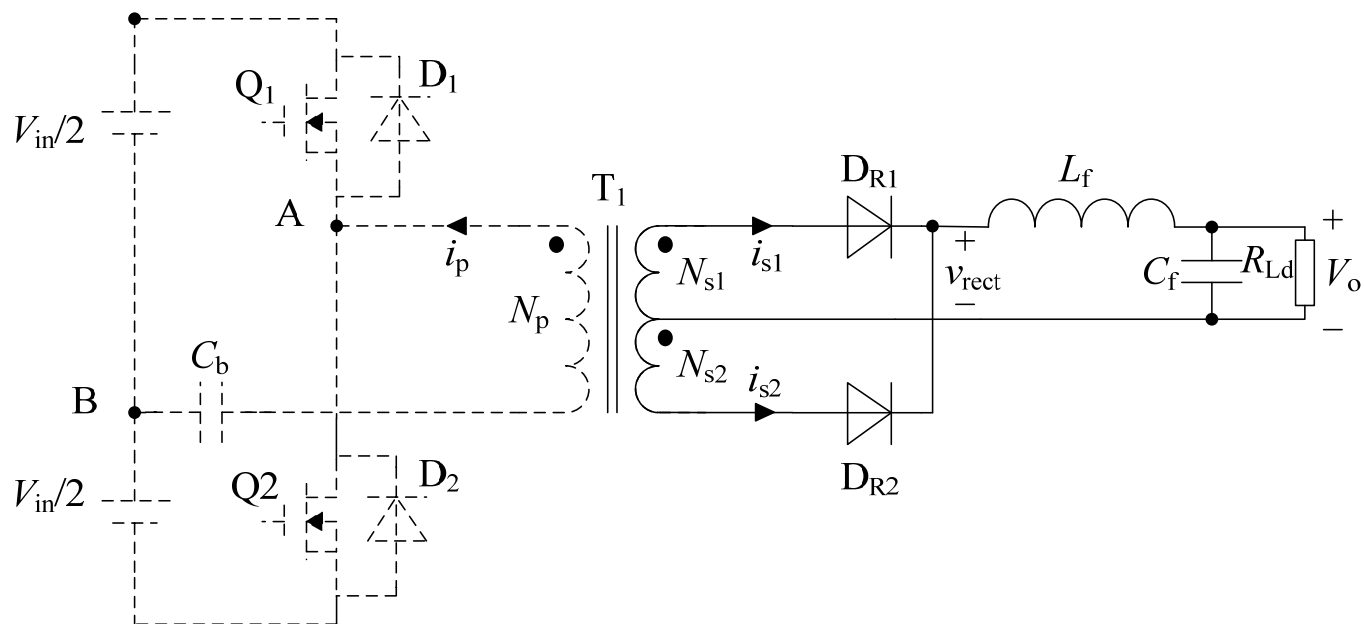
Q1关断时，励磁电感强迫使所有绕组电压极性反向，**N_p**同名端电压力图变得很负，使**Q1**承受远大于**V_{in}**的电压并使**Q2**承受反压，造成两个开关管的损坏。但由于**D2**的钳位作用，**N_p**的同名端电压就不会低于负母线电压。



开关模态1 ($0 \leq t \leq t_1$)



关模态2 ($t_1 \leq t \leq t_2$)



基本关系

输入功率

$$P_{\text{in}} = \frac{V_{\text{in min}}}{2} I_{\text{pft}} \cdot 2D_{\text{max}} = V_{\text{in min}} I_{\text{pft}} D_{\text{max}}$$

I_{pft} 为初级电流脉冲等效为平顶脉冲后的峰值

输出电压

$$\frac{V_{\text{o}}}{V_{\text{in}}} = \frac{N_{\text{s}}}{N_{\text{p}}} D$$

半桥变换器的参数设计

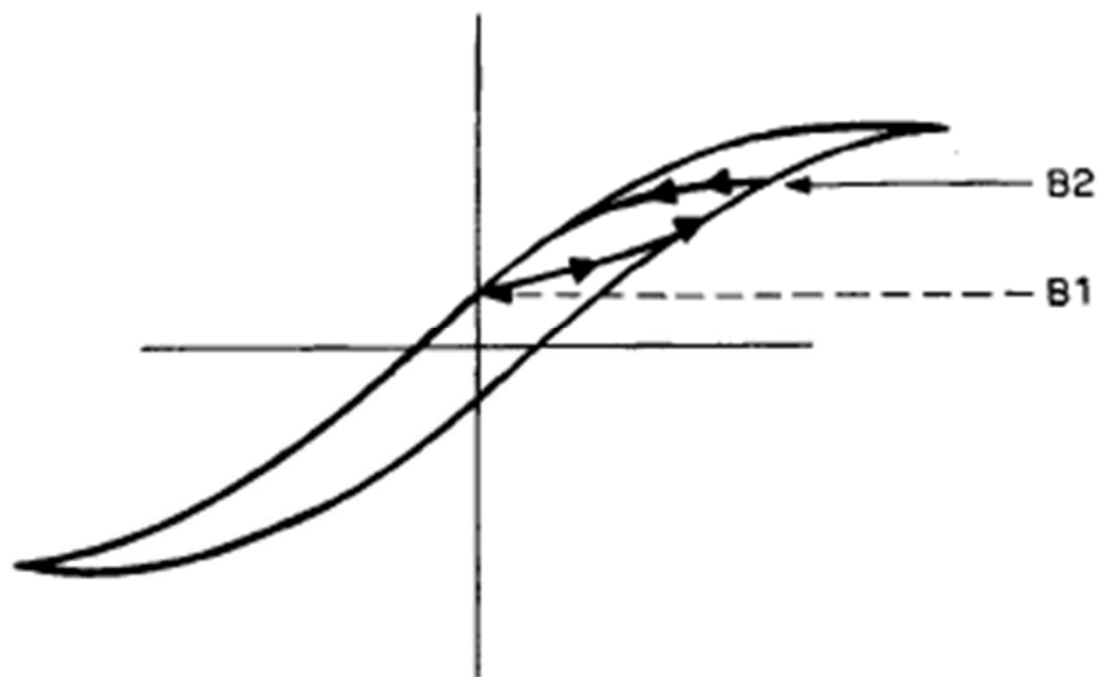
- 输入直流电压 $V_{in}=238\sim342\text{VDC}$ （市电交流 220VAC 输入经整流滤波得到）。
- 输出电压 $V_o=50\text{V}$ 。
- 额定输出电流 $I_o=3\text{A}$ 。
- 输出电压纹波 V_{rr} ：1%的最大值。
- 开关频率 $f_s=50\text{KHz}$ 。
- 期望效率 $\eta=0.8$

1、最大占空比 D_{\max} 的确

2、磁芯的选择

A_w 为

3、初次级绕组匝数的选



法拉第电磁定律:

$$E = NA_e \left(dB / dt \right) \times 10^{-8}$$

$$N_p = \frac{V_{in \min} D_{\max}}{2 f_s A_e \Delta B}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{N_s}{N_p} D$$

4、输出电感的计算

$$L_f = \frac{V_o T_s}{2I_o} = \frac{V_o}{2I_o f_s} = 0.167\text{mH}$$

5、输出电容的计算

$$V_{rr} = ESR \cdot dI$$

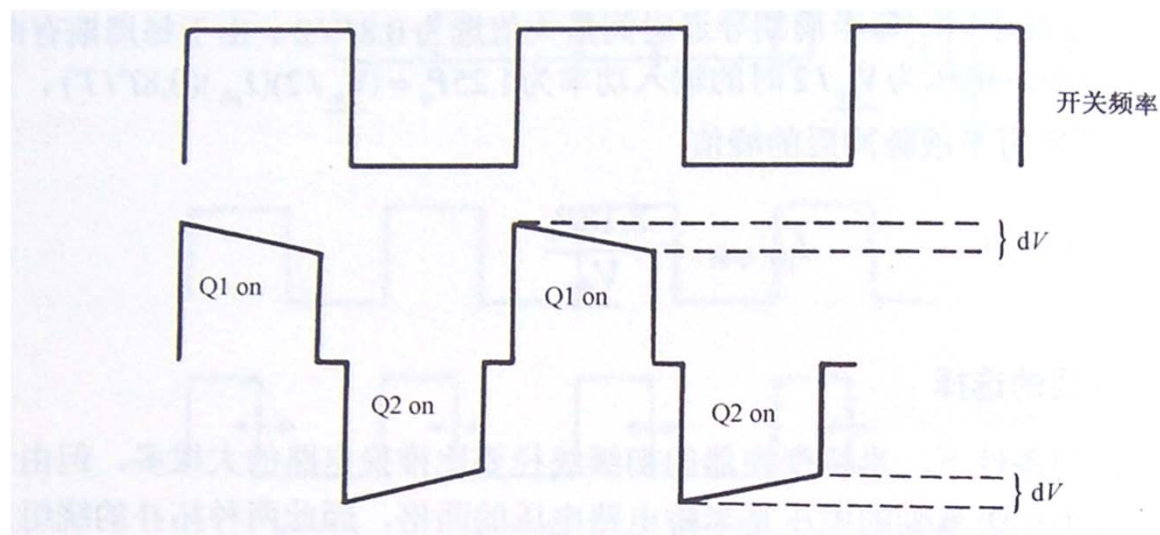
$$ESR = \frac{V_{rr}}{dI} = \frac{0.01 \times 50}{0.2 \times 3} = 0.83\Omega$$

$$C_f = \frac{65 \times 10^{-6}}{0.83} = 78\mu\text{F}$$

6、防止磁通不平衡的隔直电容的计算

磁通不平衡原因：初级存在直流分量。

解决办法：初级串联小容值的直流阻断电容。电流 I_{pft} 流过时，该电容被充电，该电压使初级平顶脉冲电压有所下降。



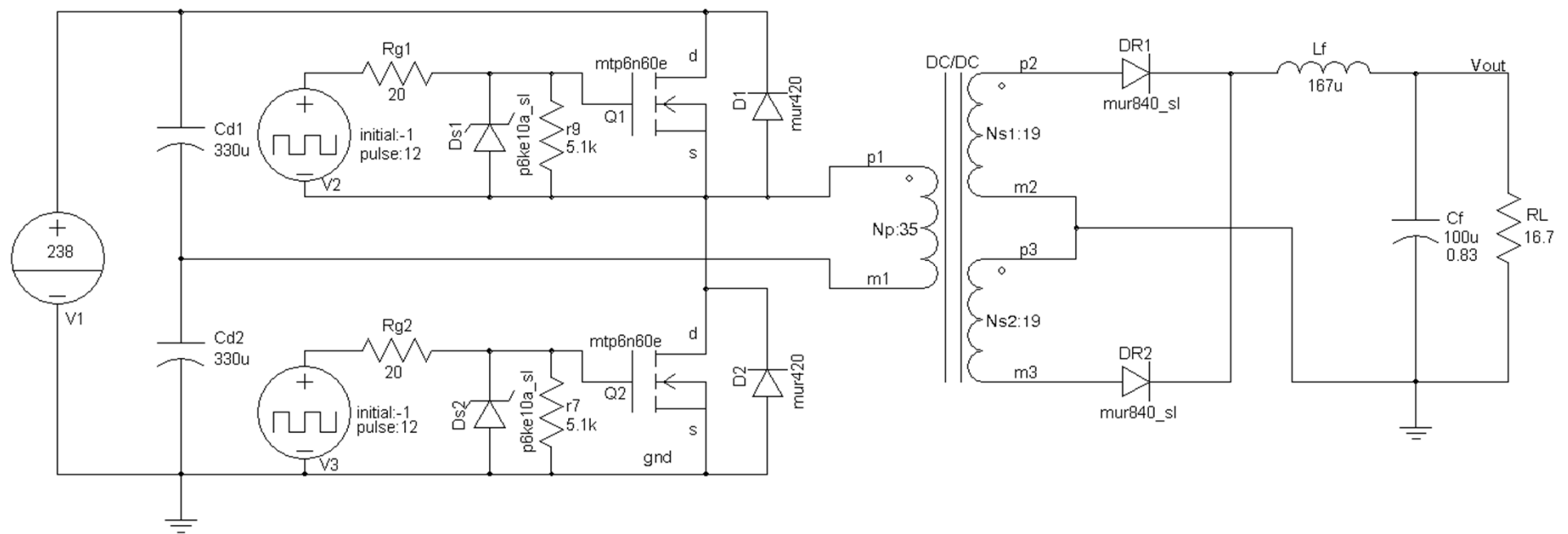
$$I_{pft} = \frac{P_{in}}{V_{in min} D_{max}} = \frac{187.5}{238 \times 0.4} = 1.97 A$$

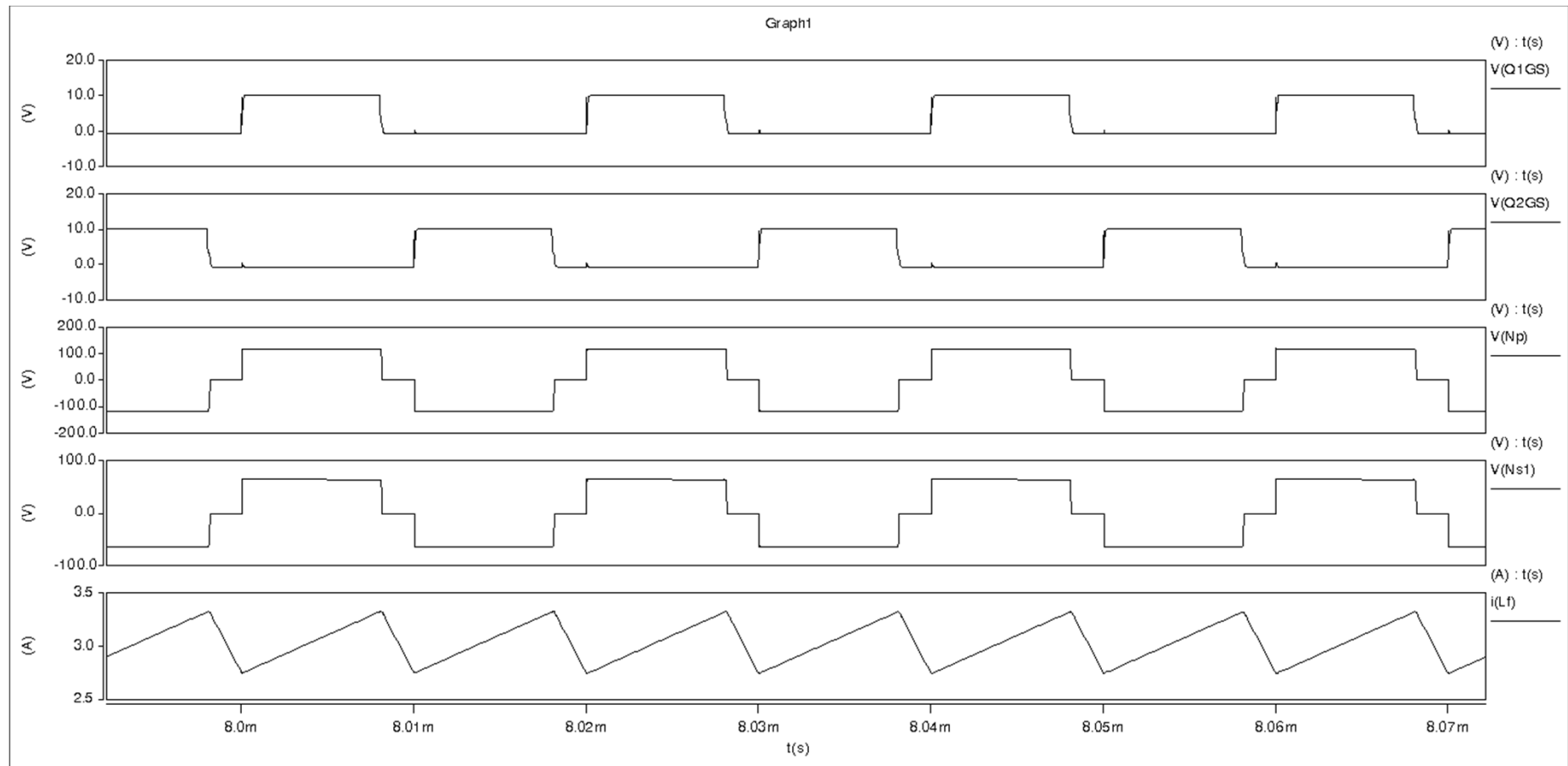
$$C_b = \frac{I_{pft} \times 0.8T_s / 2}{dV} = \frac{I_{pft} \times 0.4T_s}{V_{in min} / 2 \times 10\%} = \frac{8I_{pft}}{V_{in min} f_s}$$

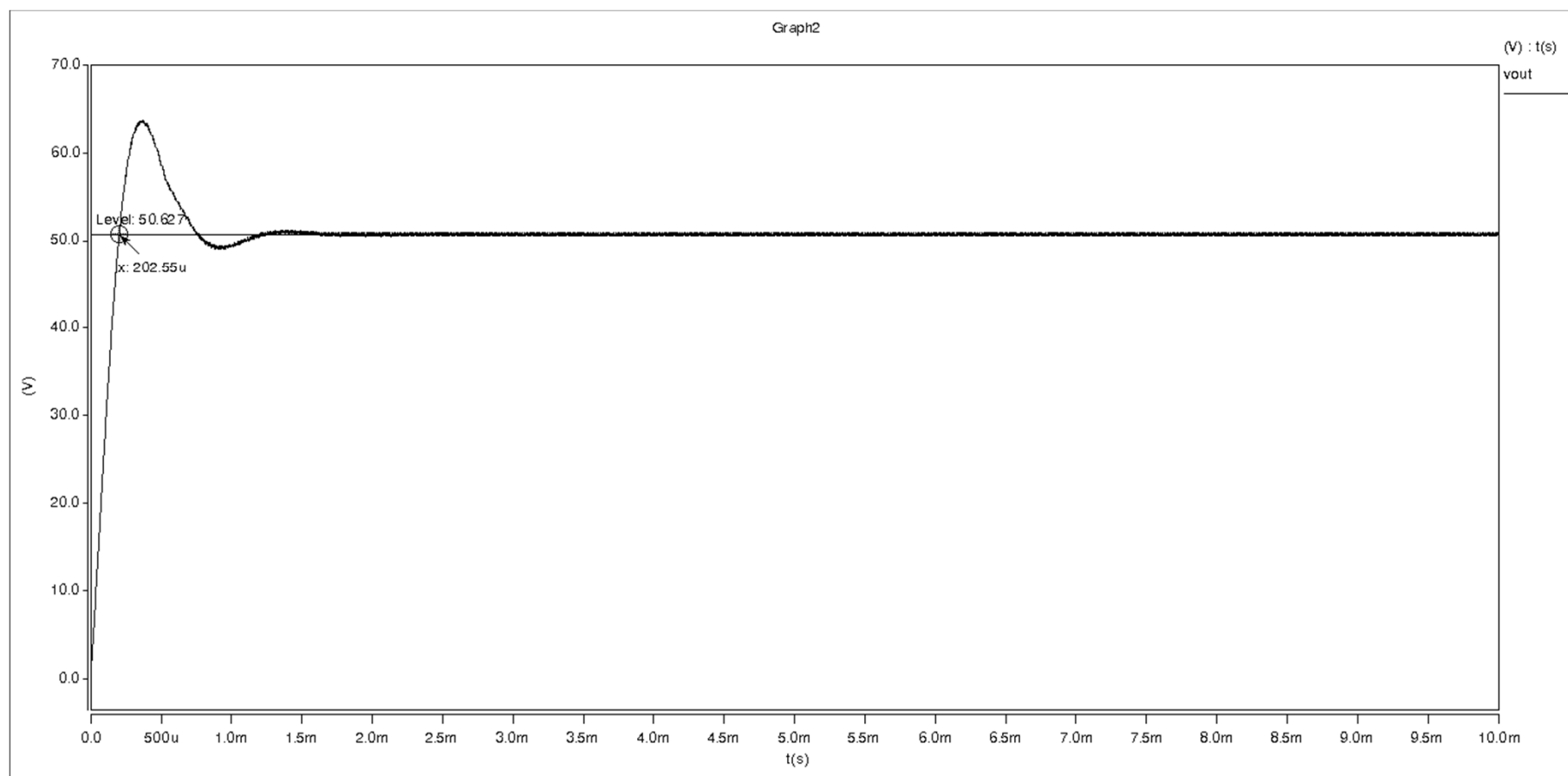
注意：该电容必须为非极性电容。

半桥变换器的仿真

开环仿真

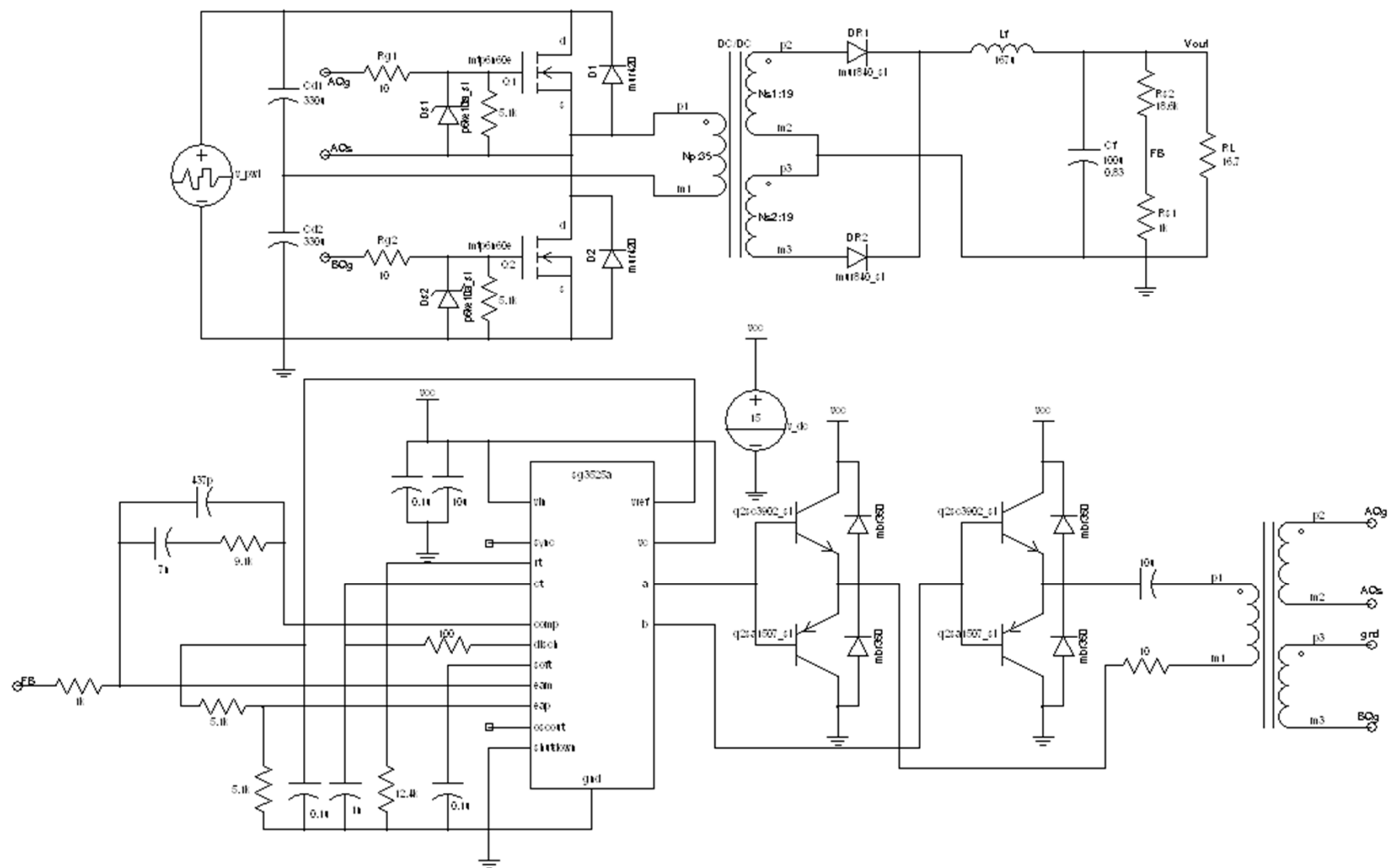


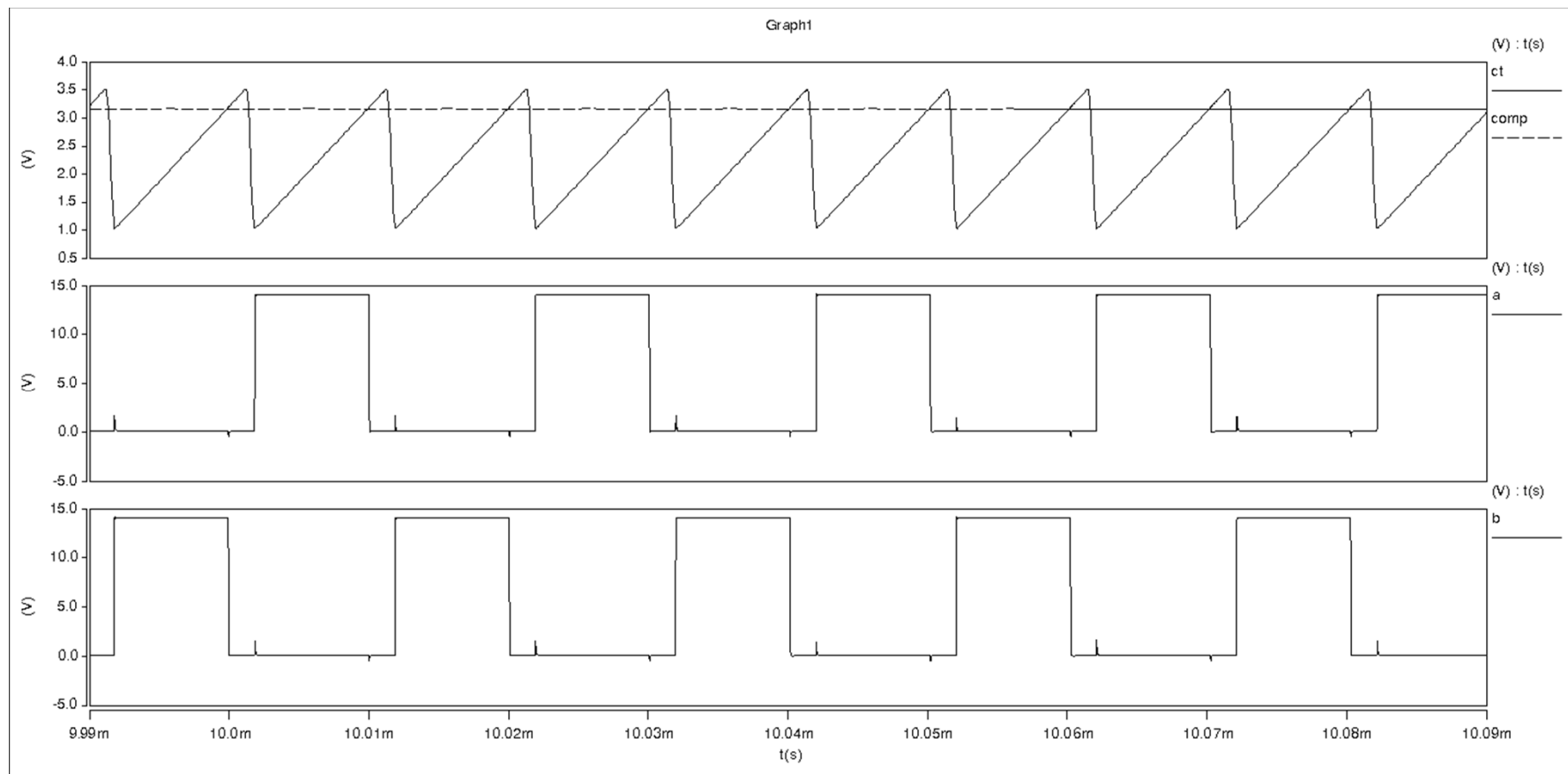


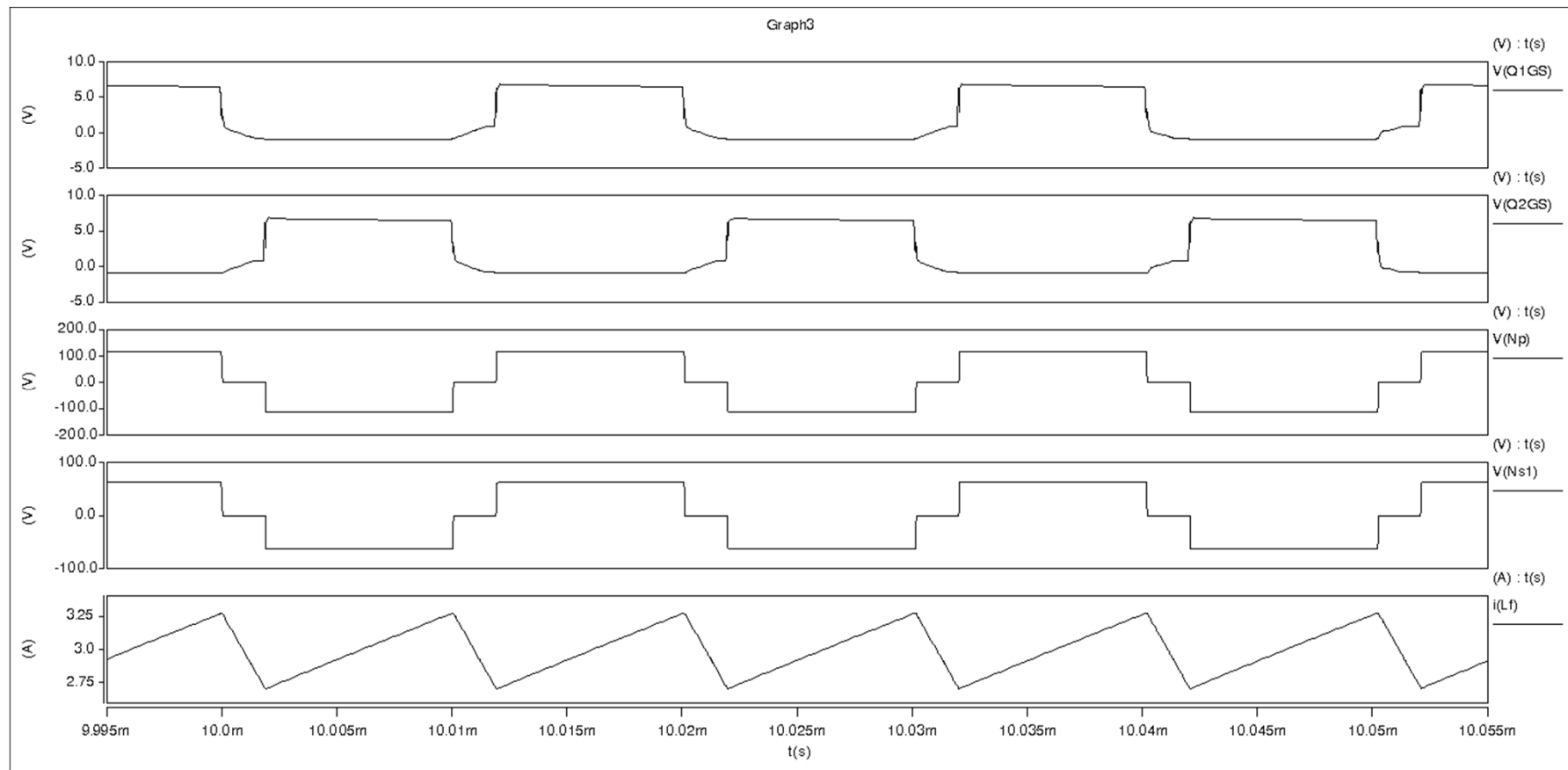


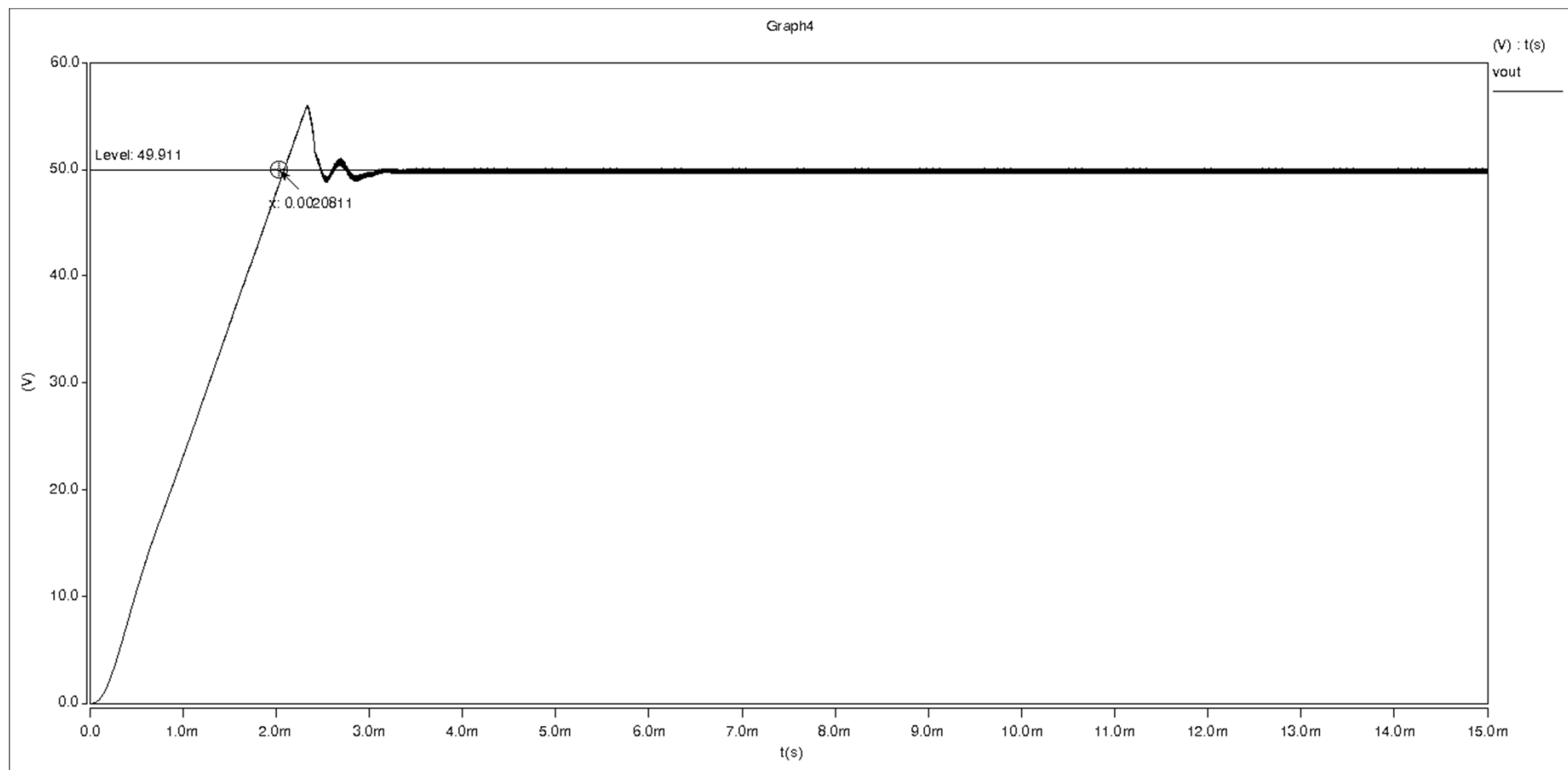
输出电压能够稳定在**50.59V**

闭环仿真

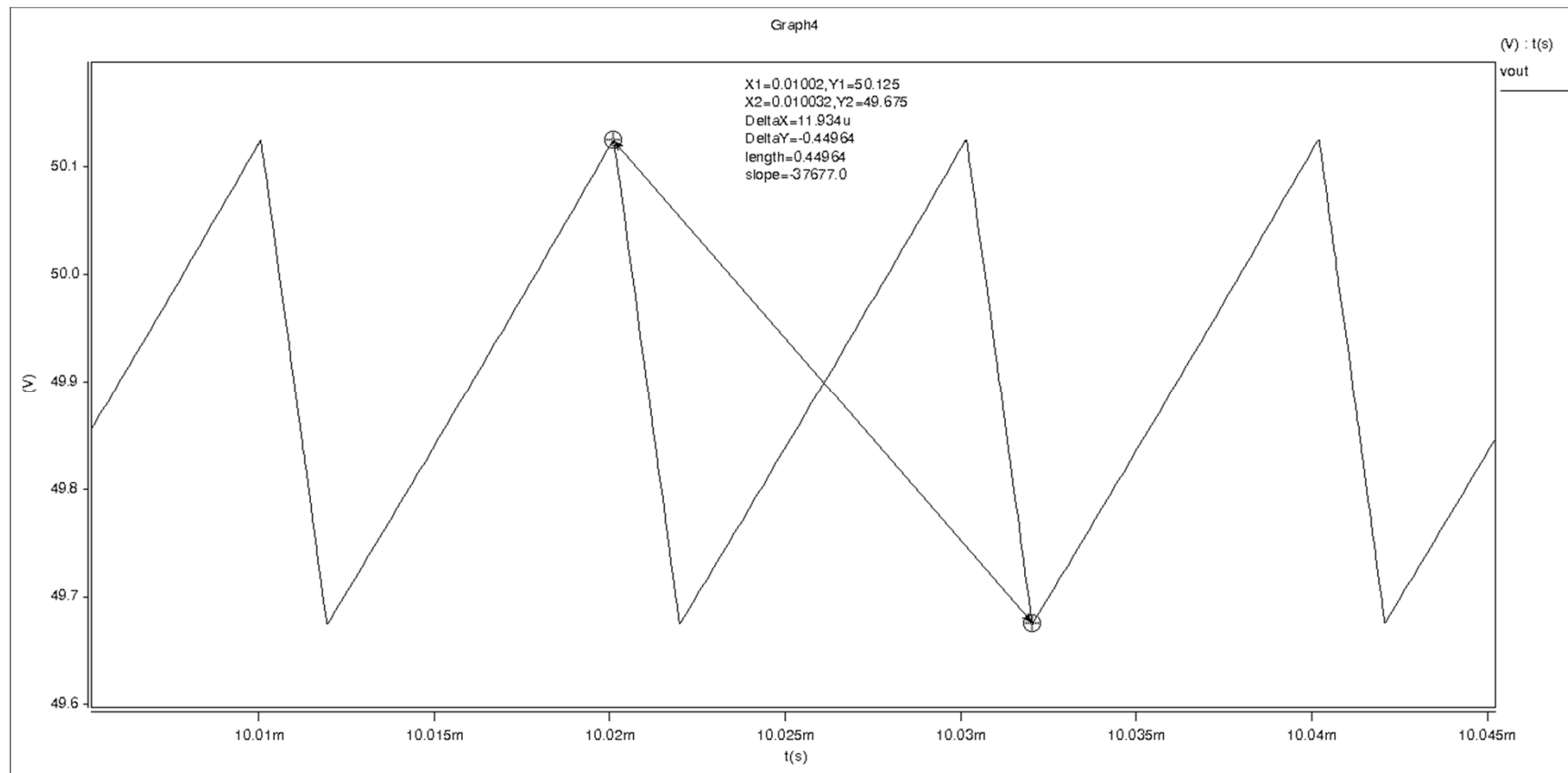








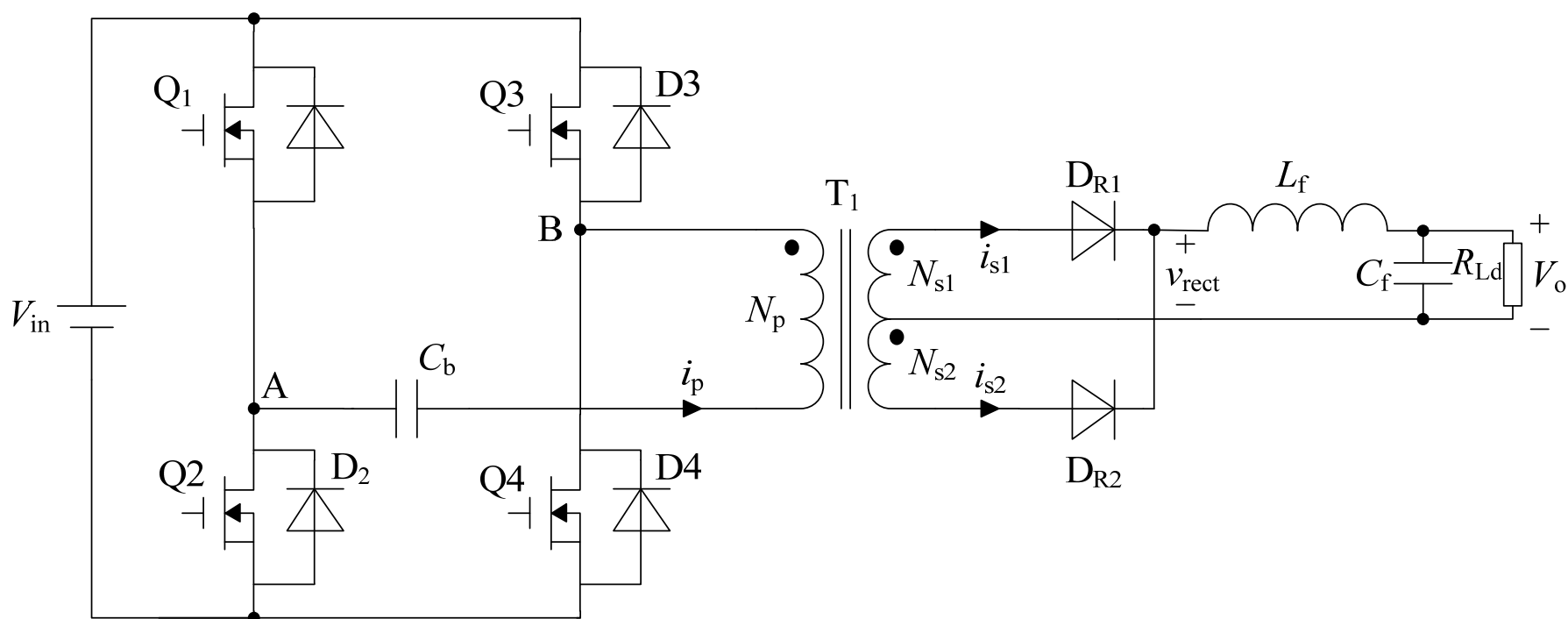
电路能够稳定输出**49.91V**



电压纹波为**0.22V**，输出电压的纹波控制在**1%**内

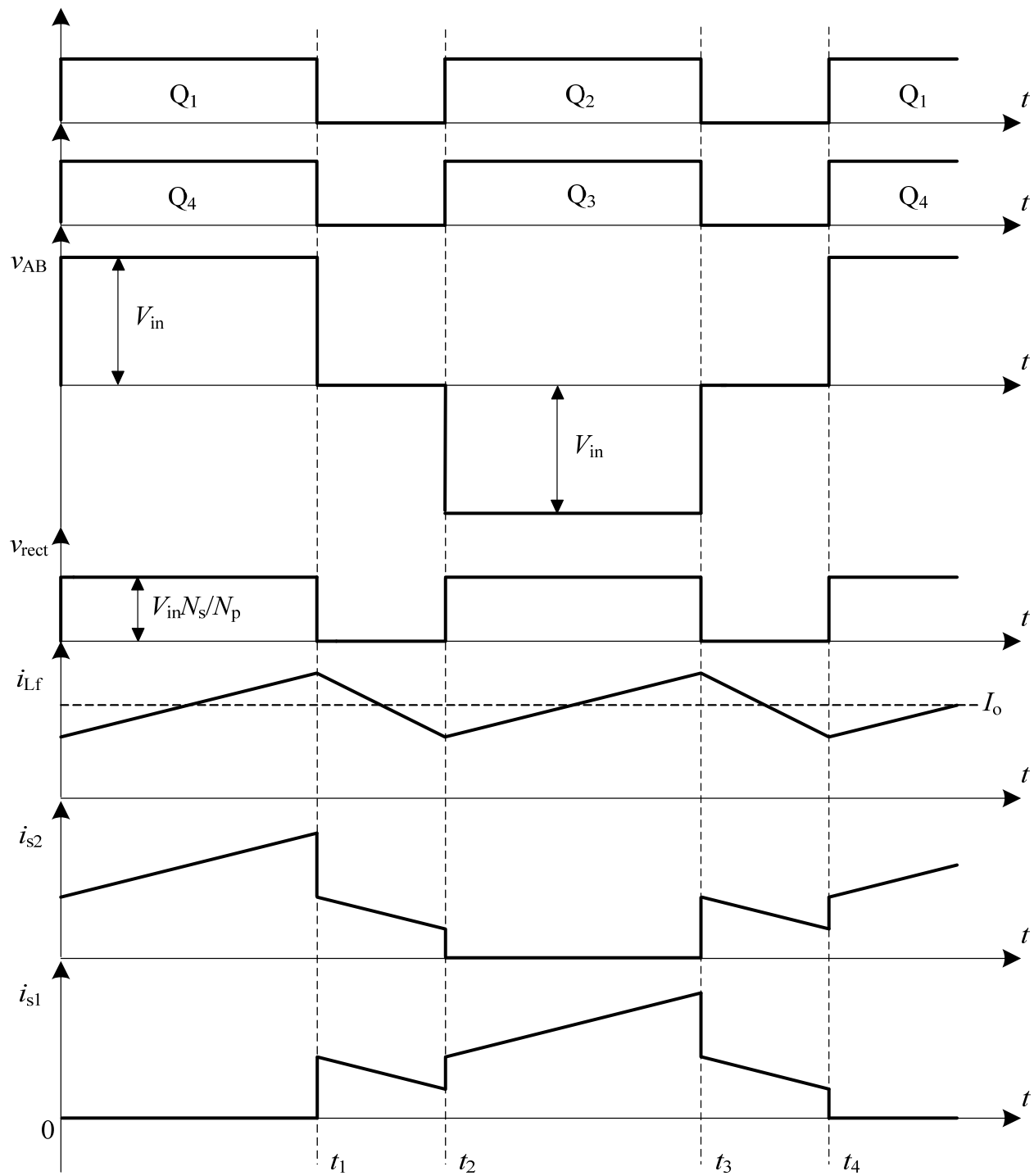
7.3 全桥变换器

基本工作原理

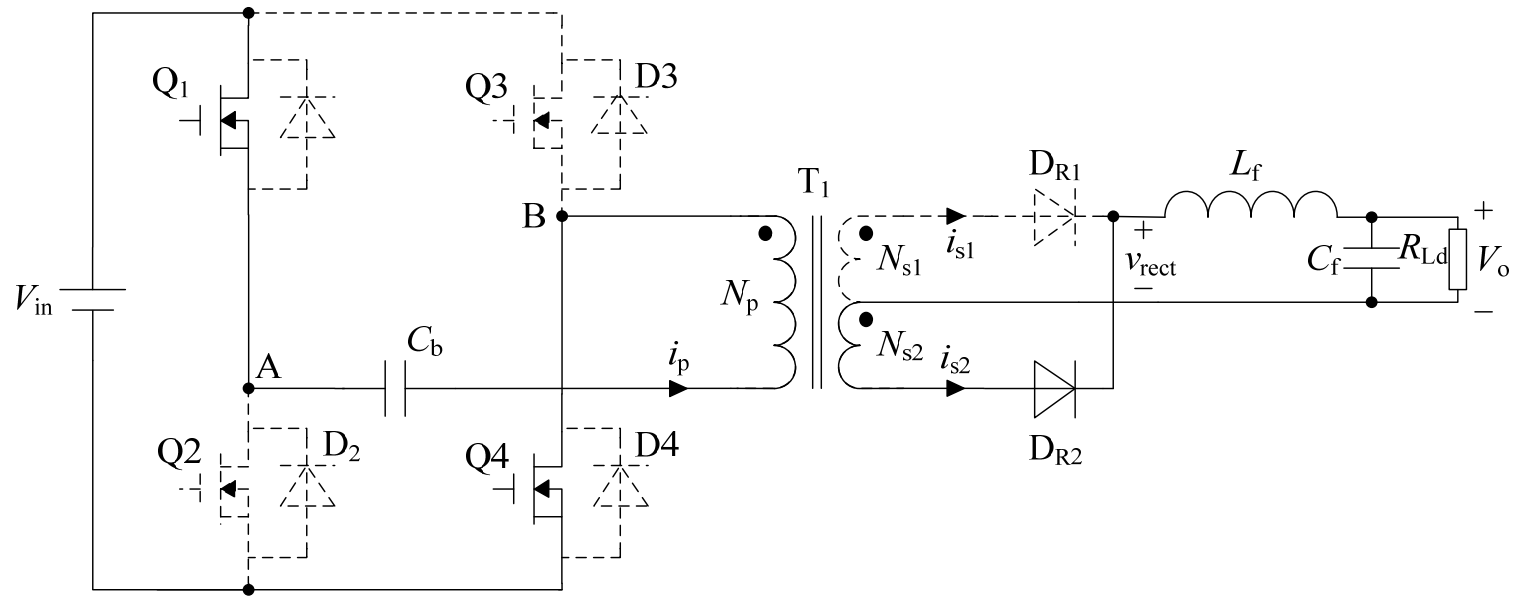


全桥变换器最主要的优点：

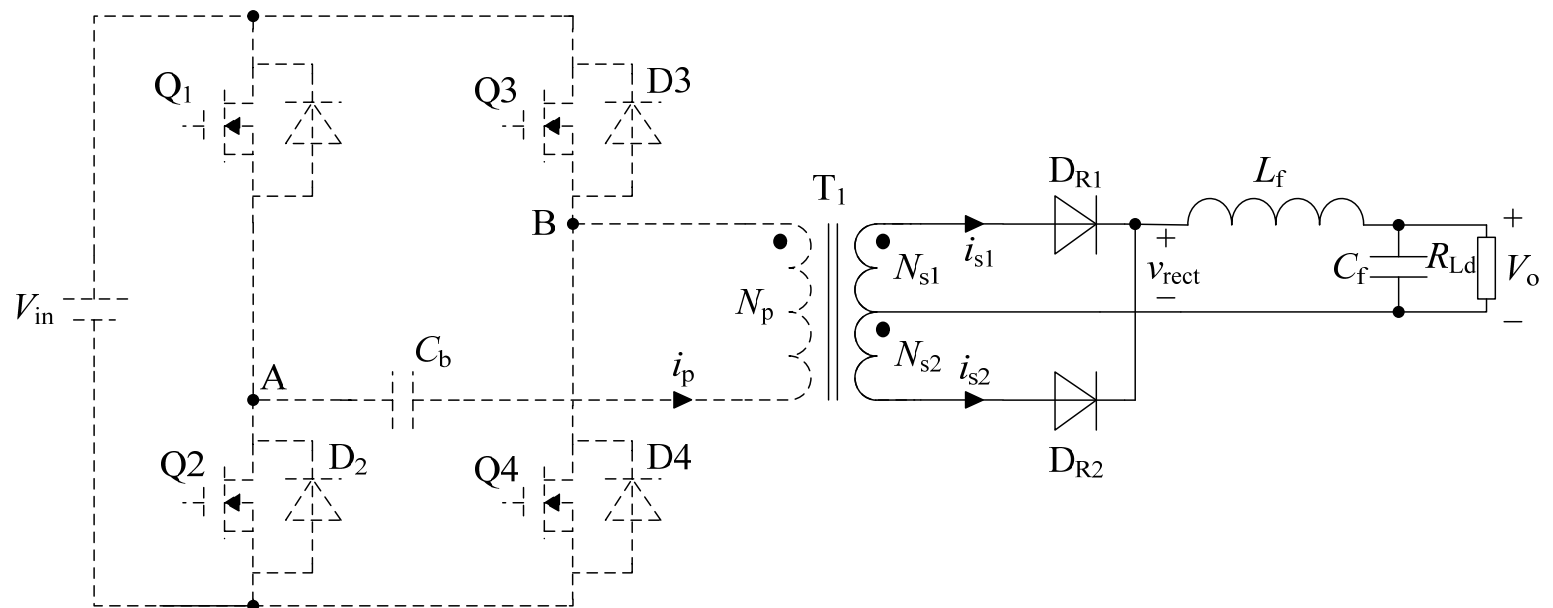
其初级施加的是幅值为 $\pm V_{in}$ 的方波电压，而非半桥变换器的 $\pm V_{in}/2$ ，但其开关管承受的关断电压却与半桥变换器相同，等于最大输入直流电压。



开关模态1 ($0 \leq t \leq t_1$)



开关模态2 ($t_1 \leq t \leq t_2$)



输出电压

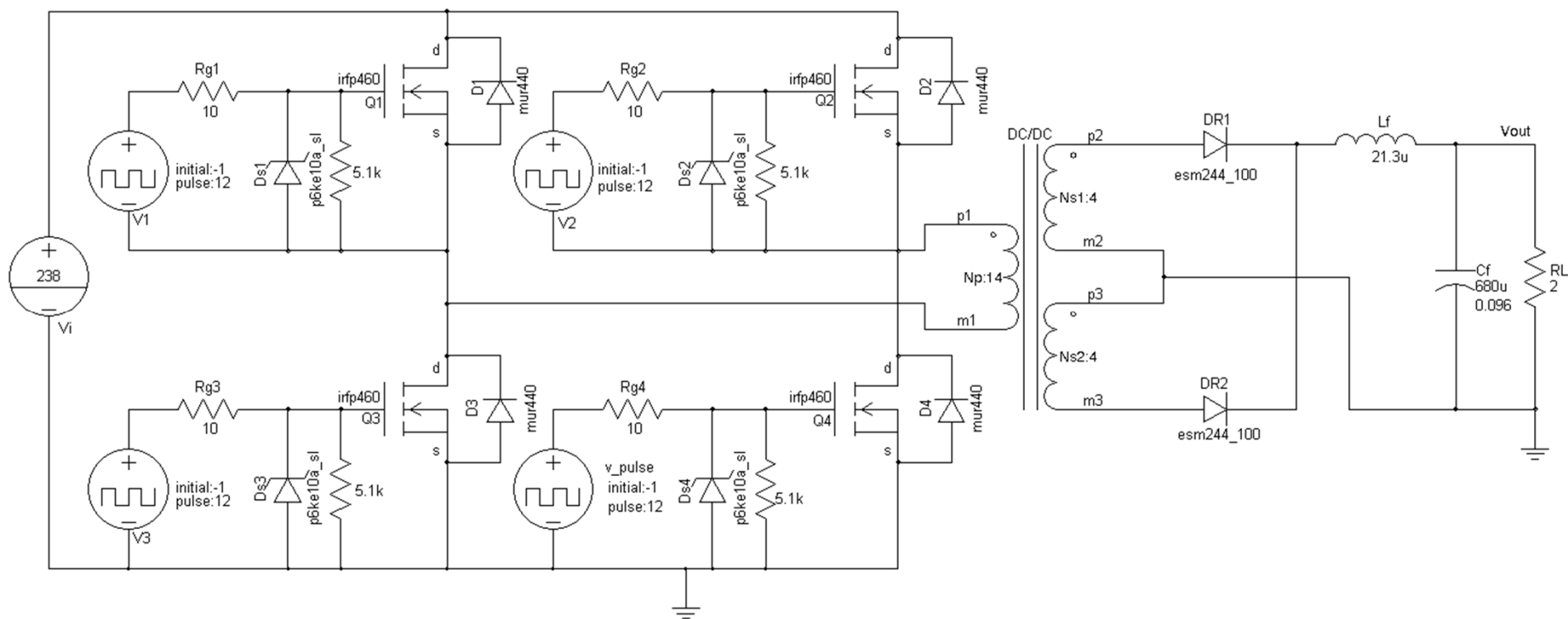
$$V_o = V_{in} \frac{N_s}{N_p} \cdot 2D$$

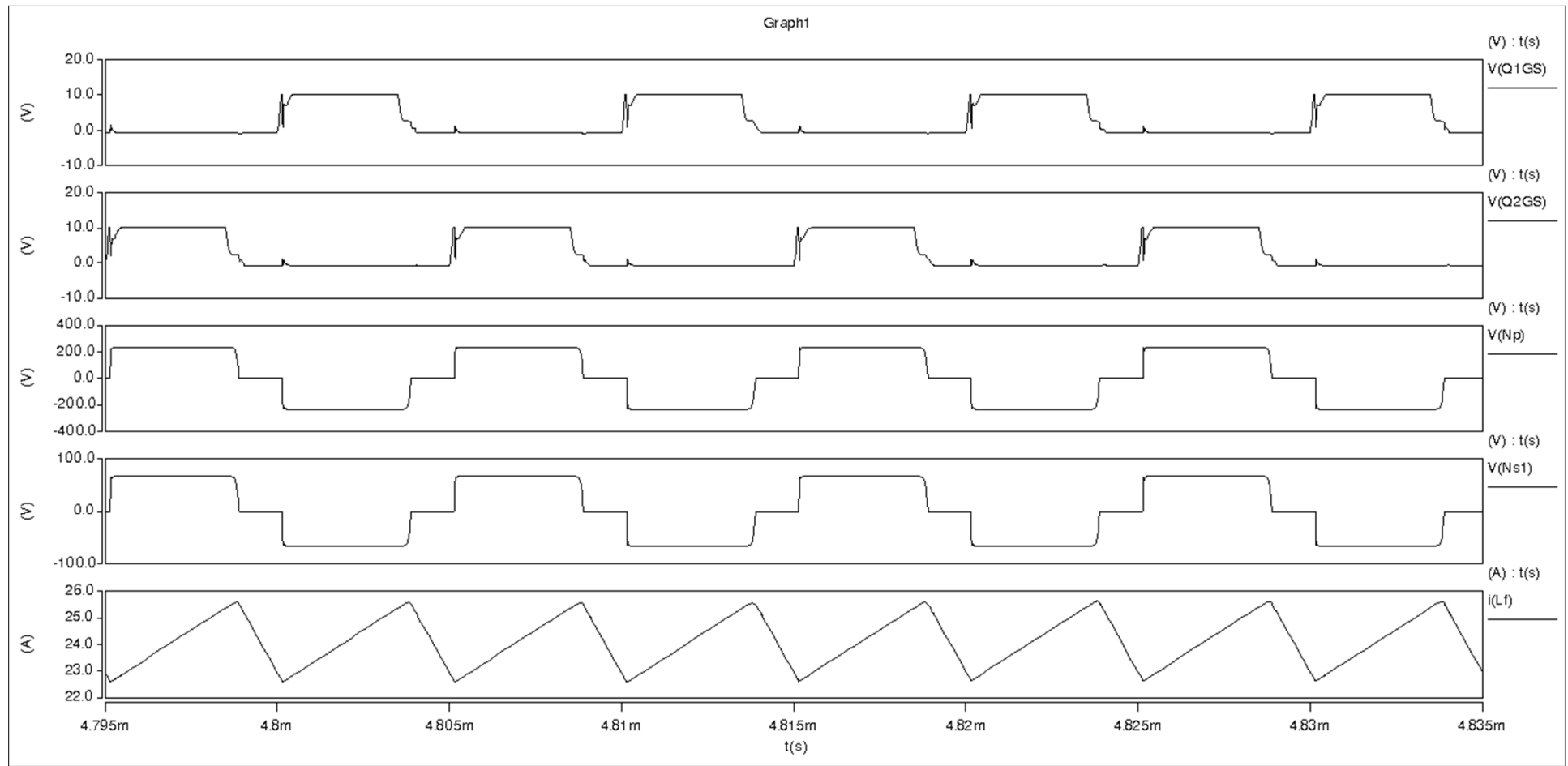
全桥变换器的参数设计

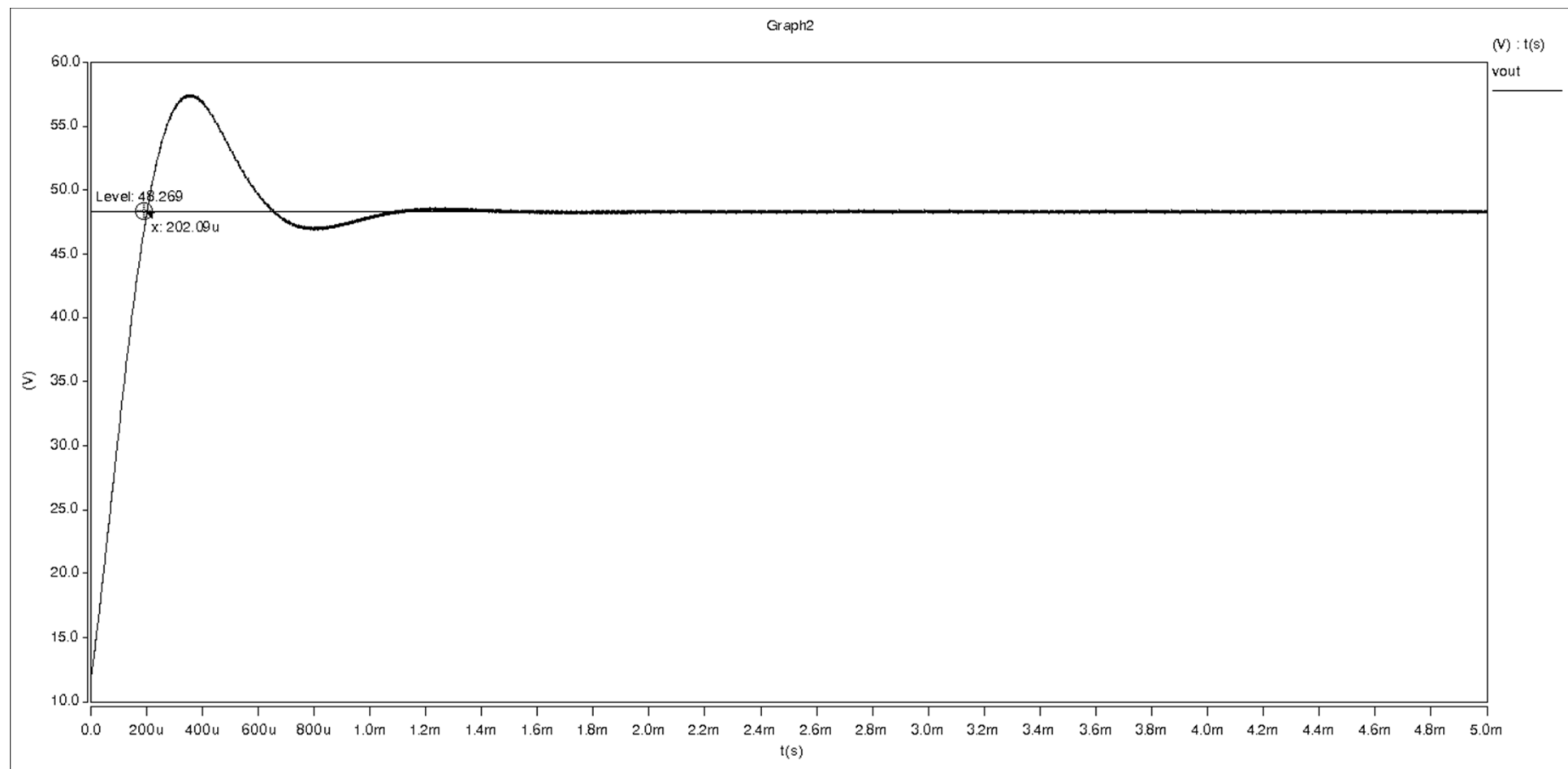
- 输入直流电压 **$V_{in}=238\sim342\text{VDC}$** （市电交流 **$220\text{VAC}$** 输入经整流滤波得到）。
- 输出电压 **$V_o=48\text{V}$** 。
- 额定输出电流 **$I_o=25\text{A}$** 。
- 输出电压纹波 **V_{rr}** ：1%的最大值。
- 开关频率 **$f_s=100\text{KHz}$** 。
- 期望效率 **$\eta=0.8$**

全桥变换器的仿真

开环仿真

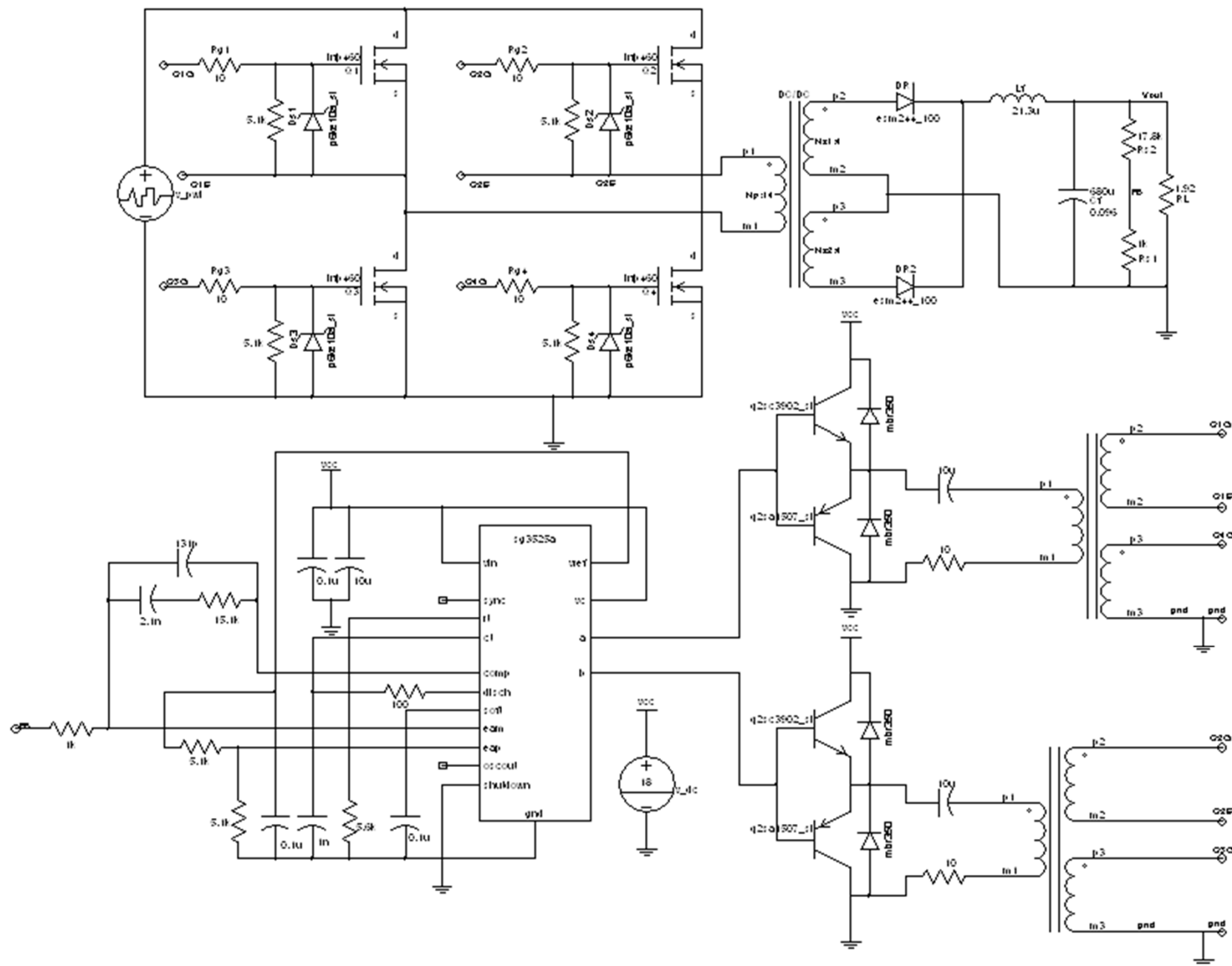


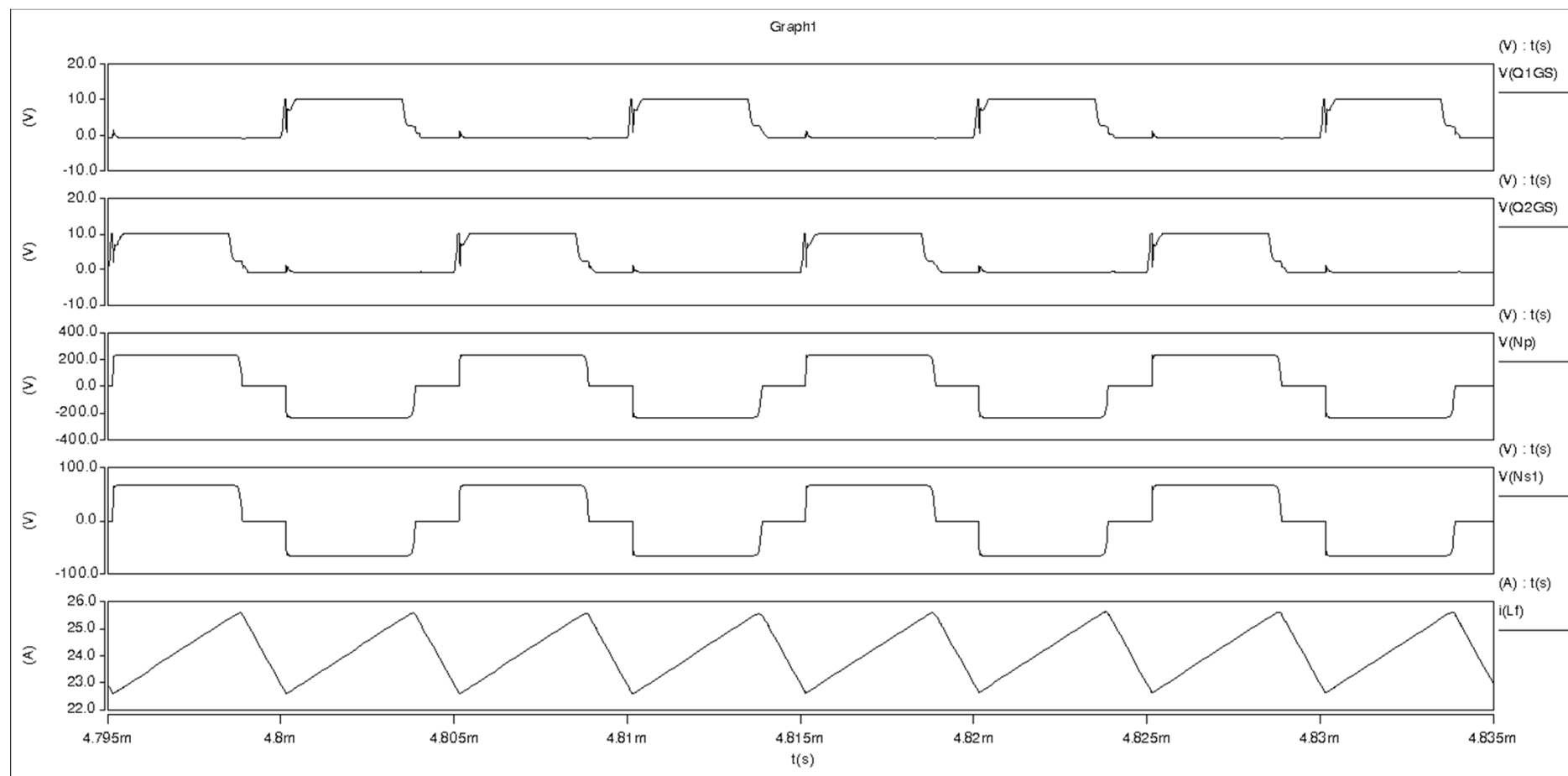


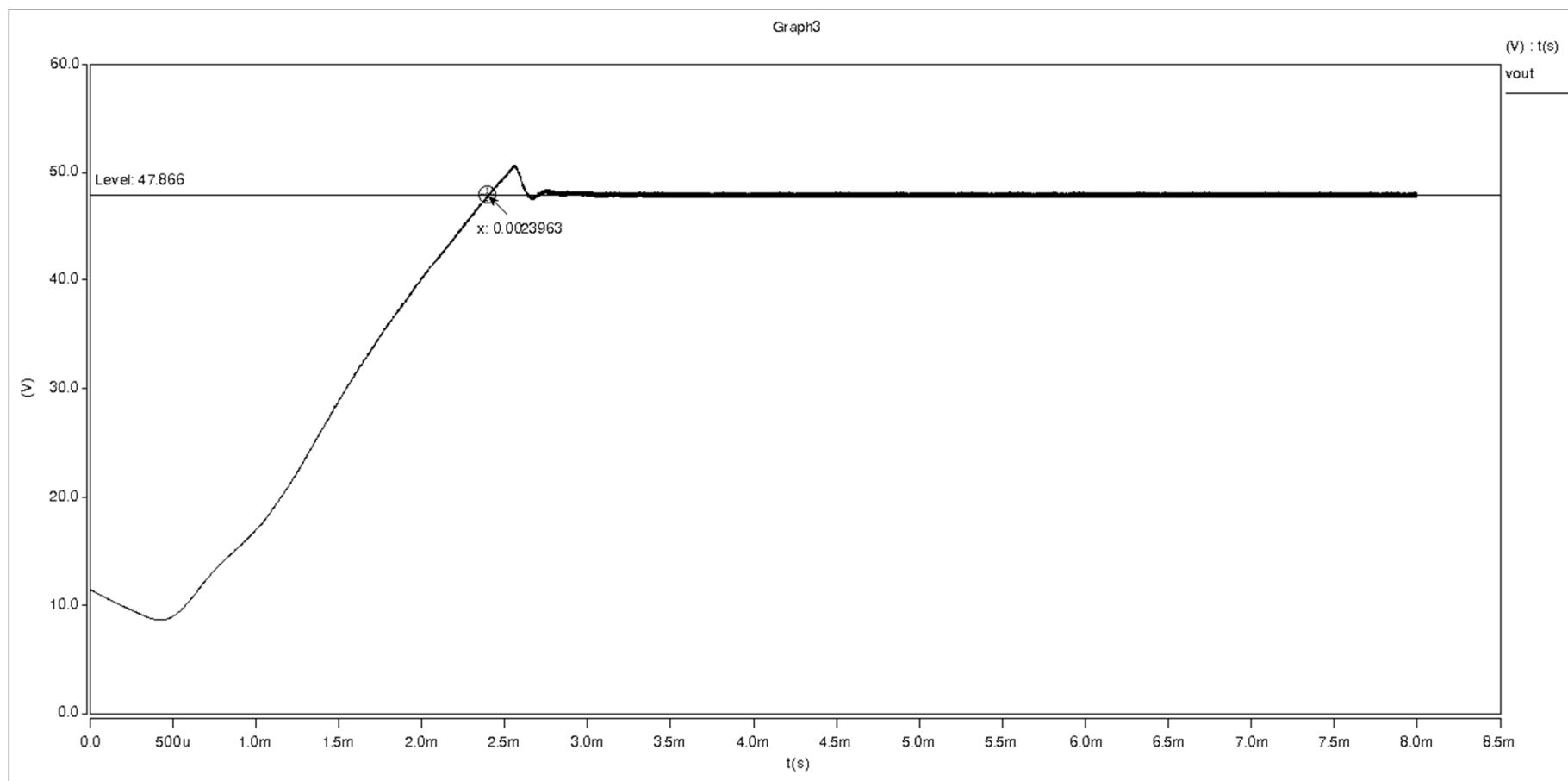


稳定输出**48.27V**

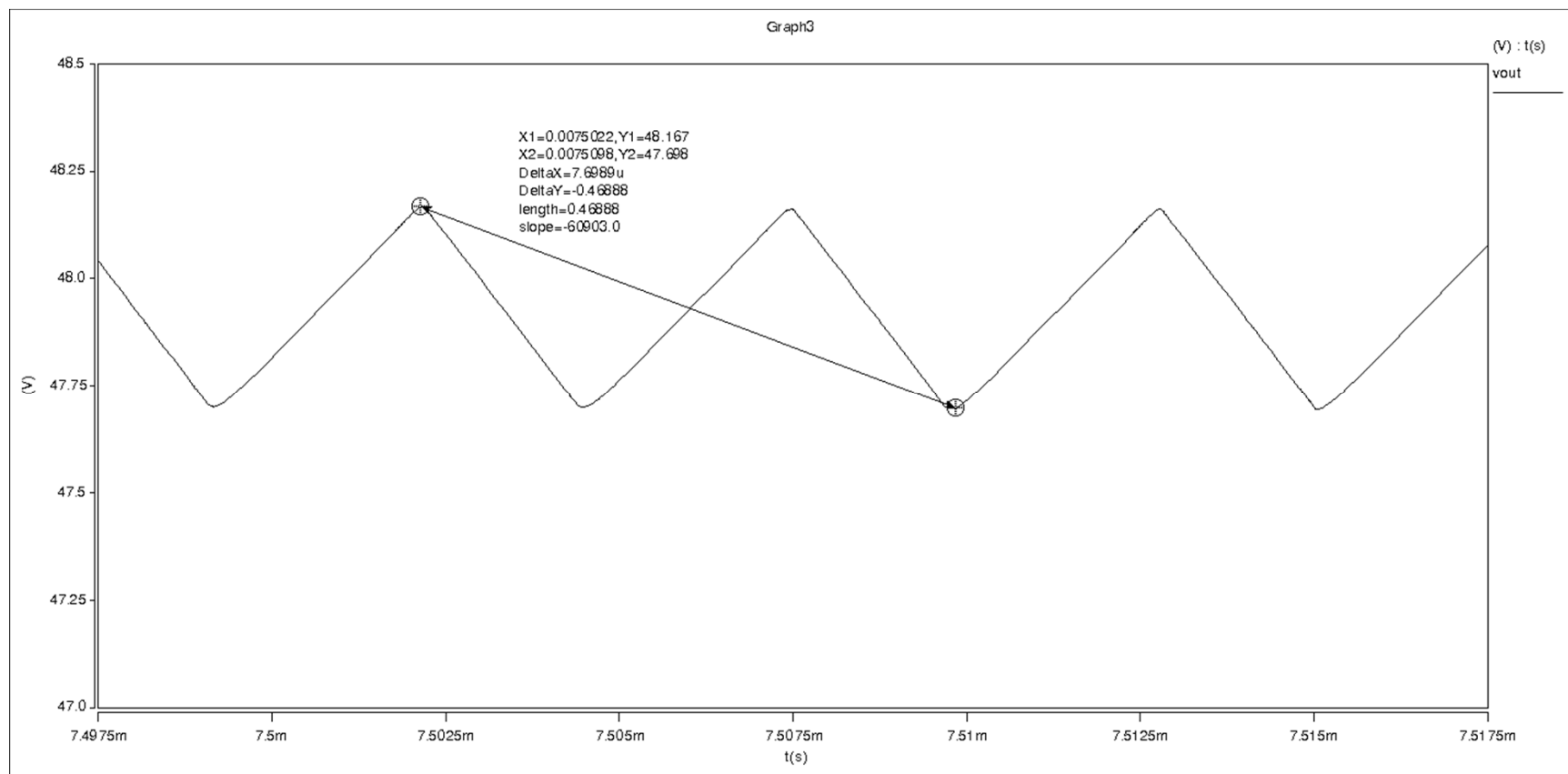
闭环仿真







电路能够稳定输出**47.87V**



电压纹波为**0.469V**，输出电压的纹波控制在**1%**内