



降压稳压器架构

4.5 电流/仿真电流模式降稳压器

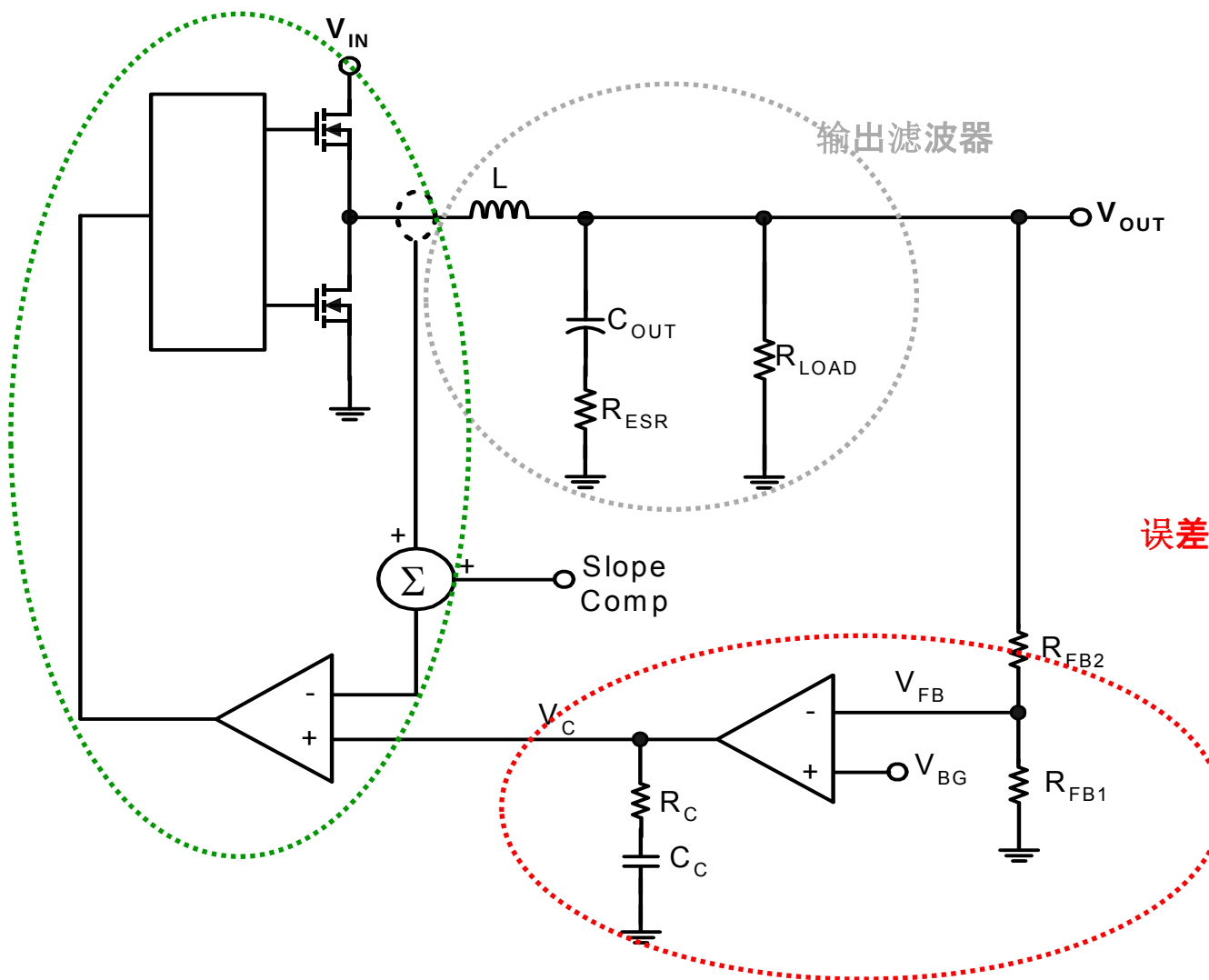


电流模式



电流模式降压稳压器

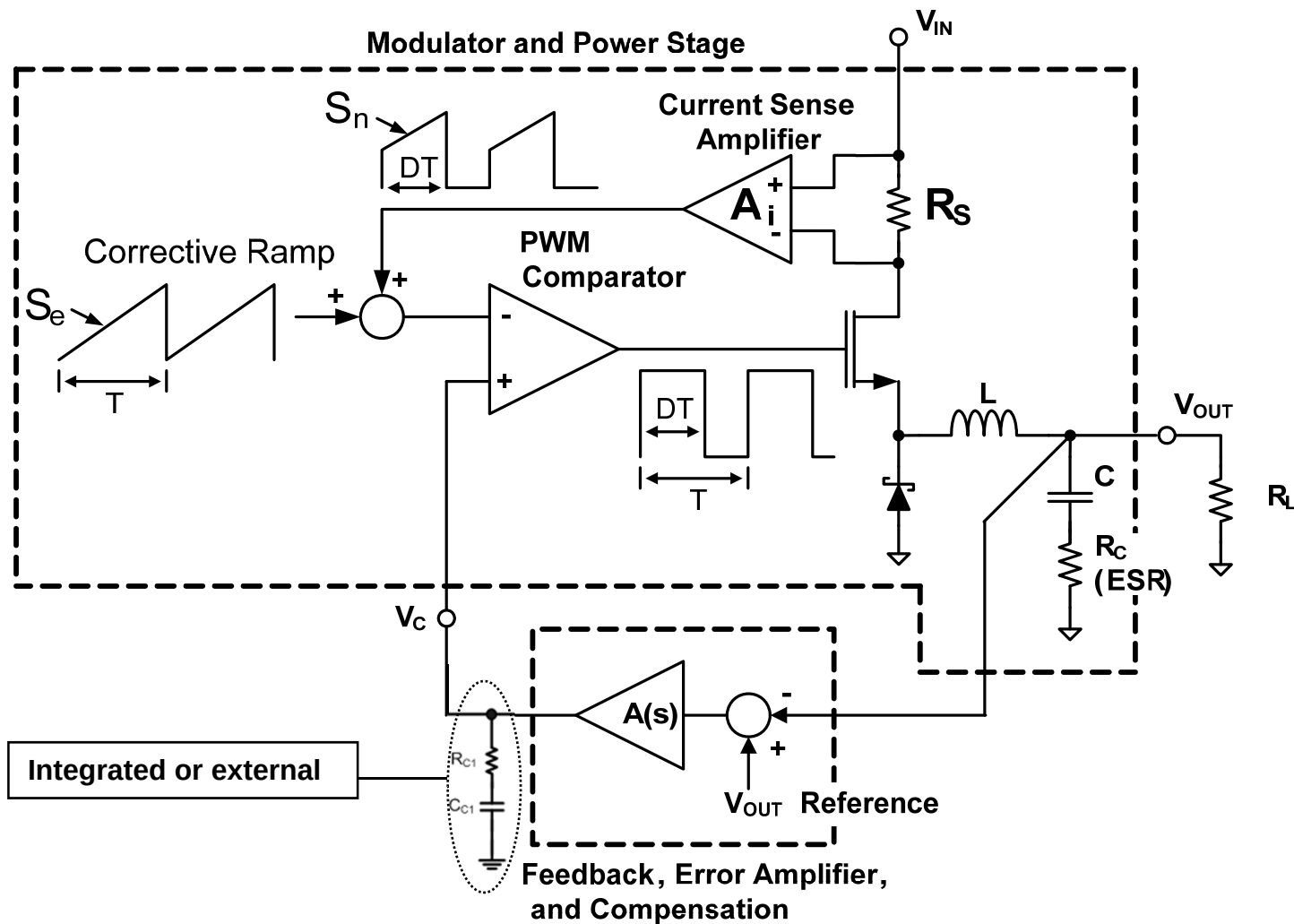
调制器



误差放大器



电流模式降压稳压器架构





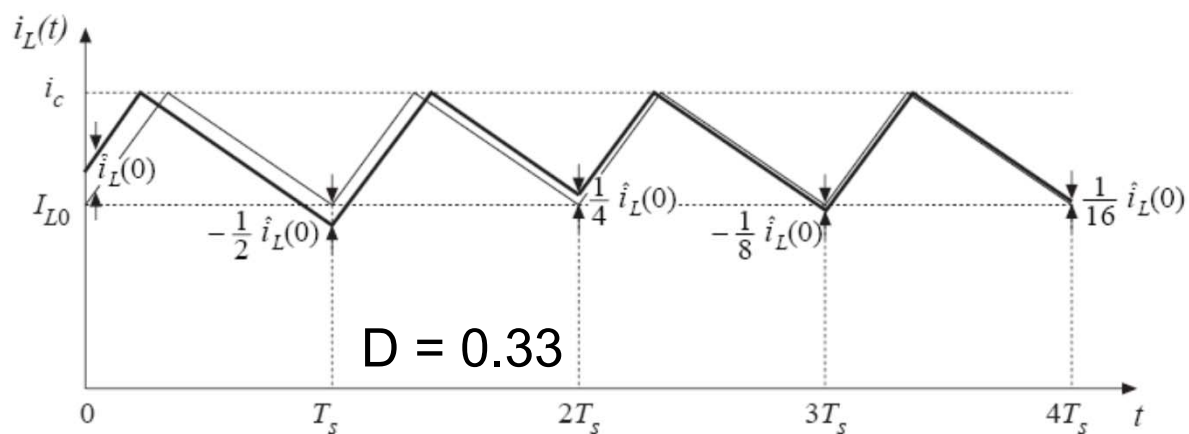
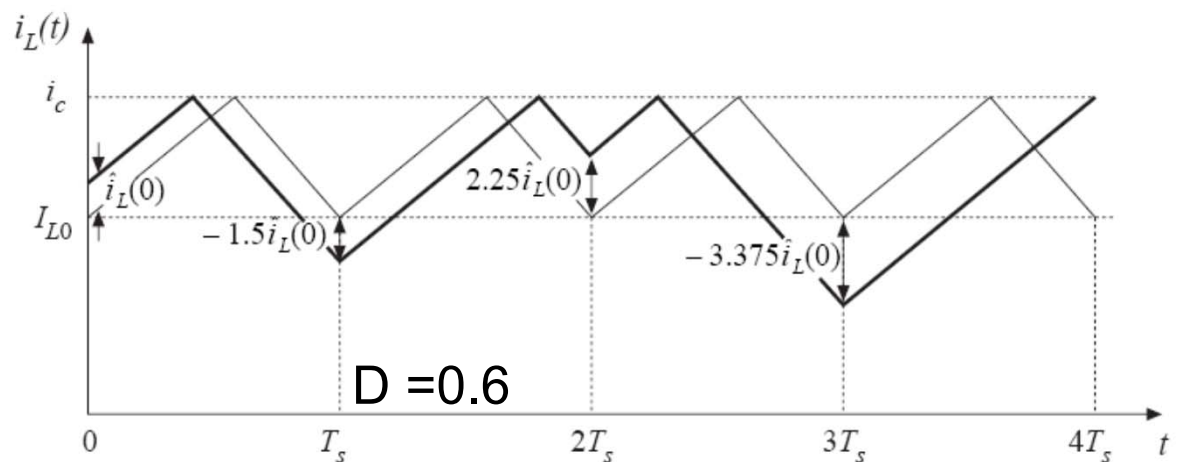
优势与劣势

- 优势
 - 电源设备增益可提供一种单极点滚降
 - 具有抑制输入扰动能力
 - 逐周期电流限制保护
 - 均流
- 劣势
 - 噪声
 - 要求最小导通时间
 - 需要检测电阻器



CMC 次谐波振荡

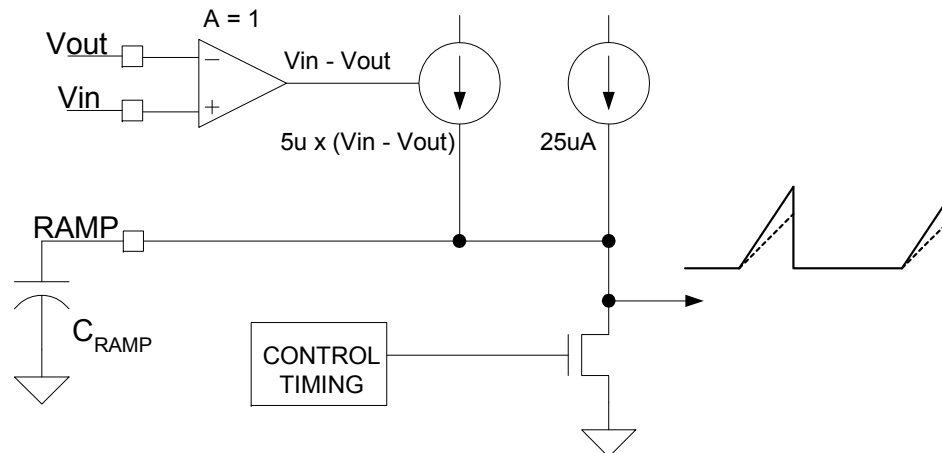
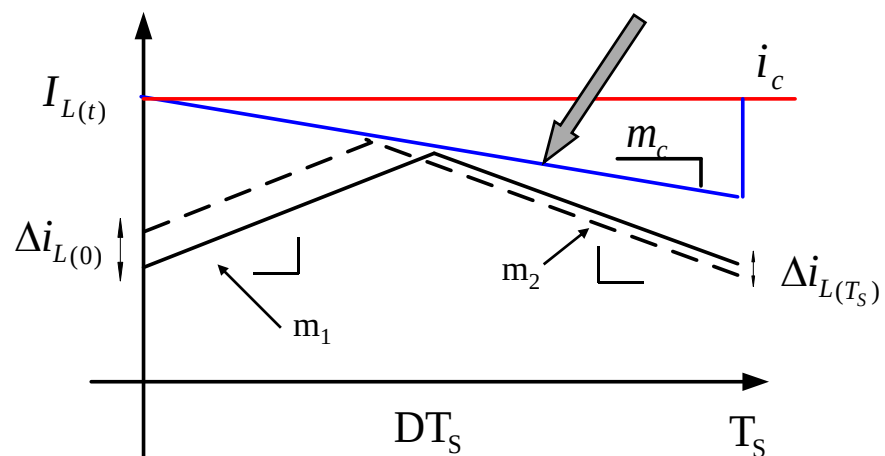
- 在 $>50\%$ 占空比条件下运作的电流模式控制型电源转换器容易产生次谐波振荡
- 峰值上升电流中的扰动 (ΔI) 在周期的末端增大





斜坡补偿

m_c = 内部斜坡补偿

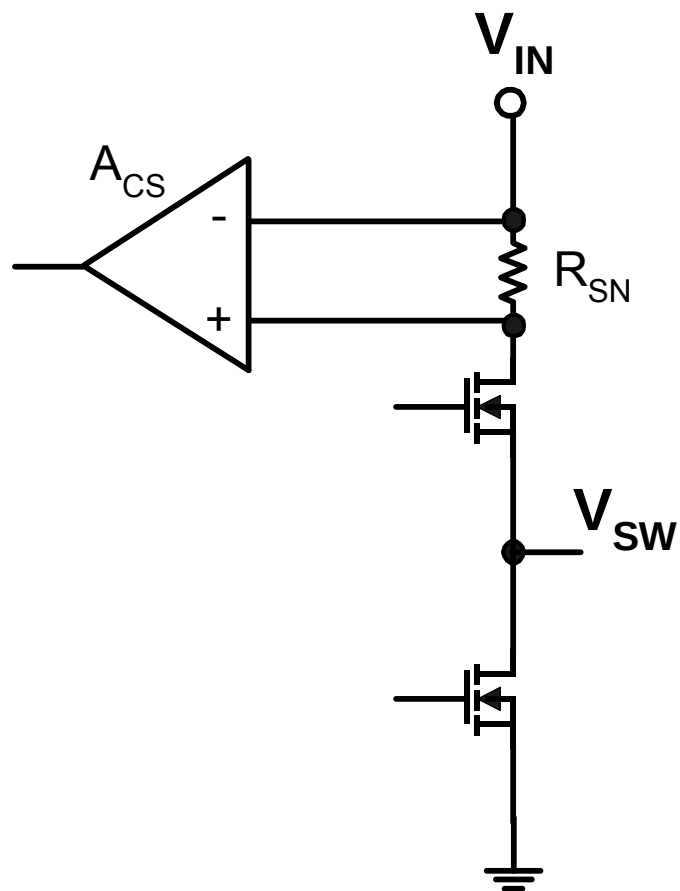


稳定性准则

$$1 > \frac{m_2 - m_c}{m_1 + m_c}$$



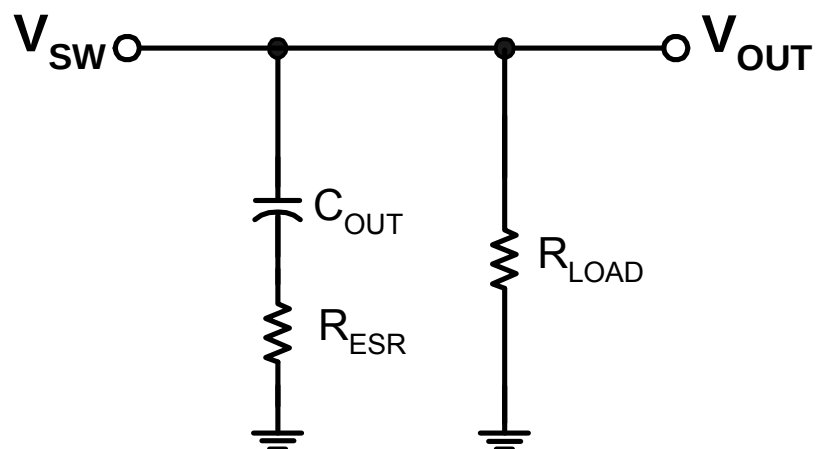
调制器增益



电流检测元件通常是一个电阻器或 FET 的 R_{DS-ON} 。



输出滤波器

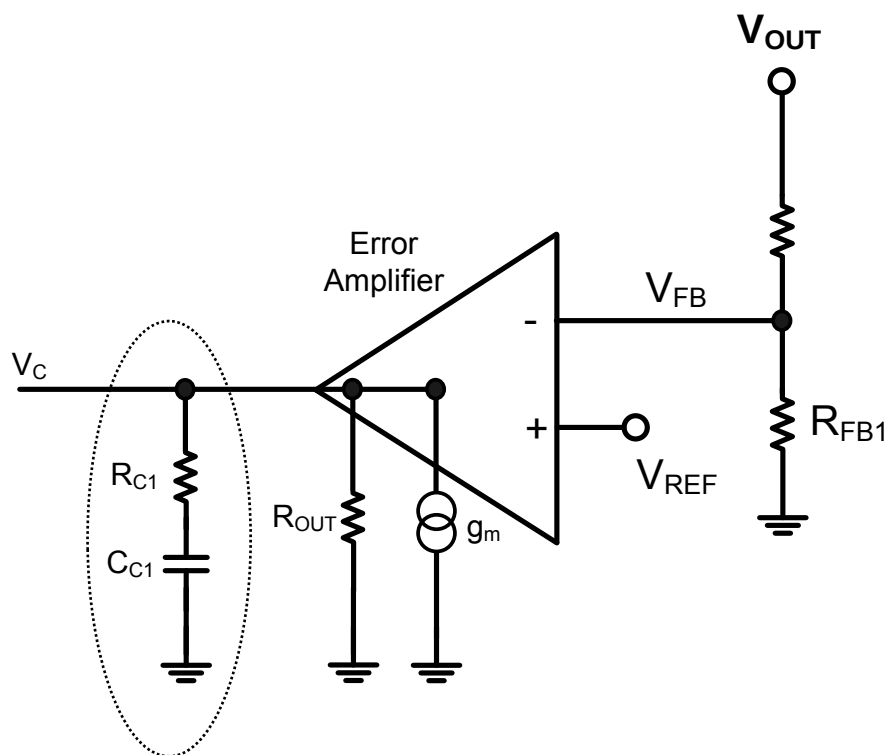


$$\omega_{z1} = \frac{1}{C_{OUT} R_{ESR}}$$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{C_{OUT} R_{LOAD}} + \frac{1}{f_s L C_{OUT}} (m_c D' - 0.5)$$



误差放大器



$$A_{FB} = \frac{R_{fb2}}{R_{fb1} + R_{fb2}} = \frac{V_{FB}}{V_{out}}$$

$$\omega_{z2} = \frac{1}{C_{C1}R_{C1}}$$

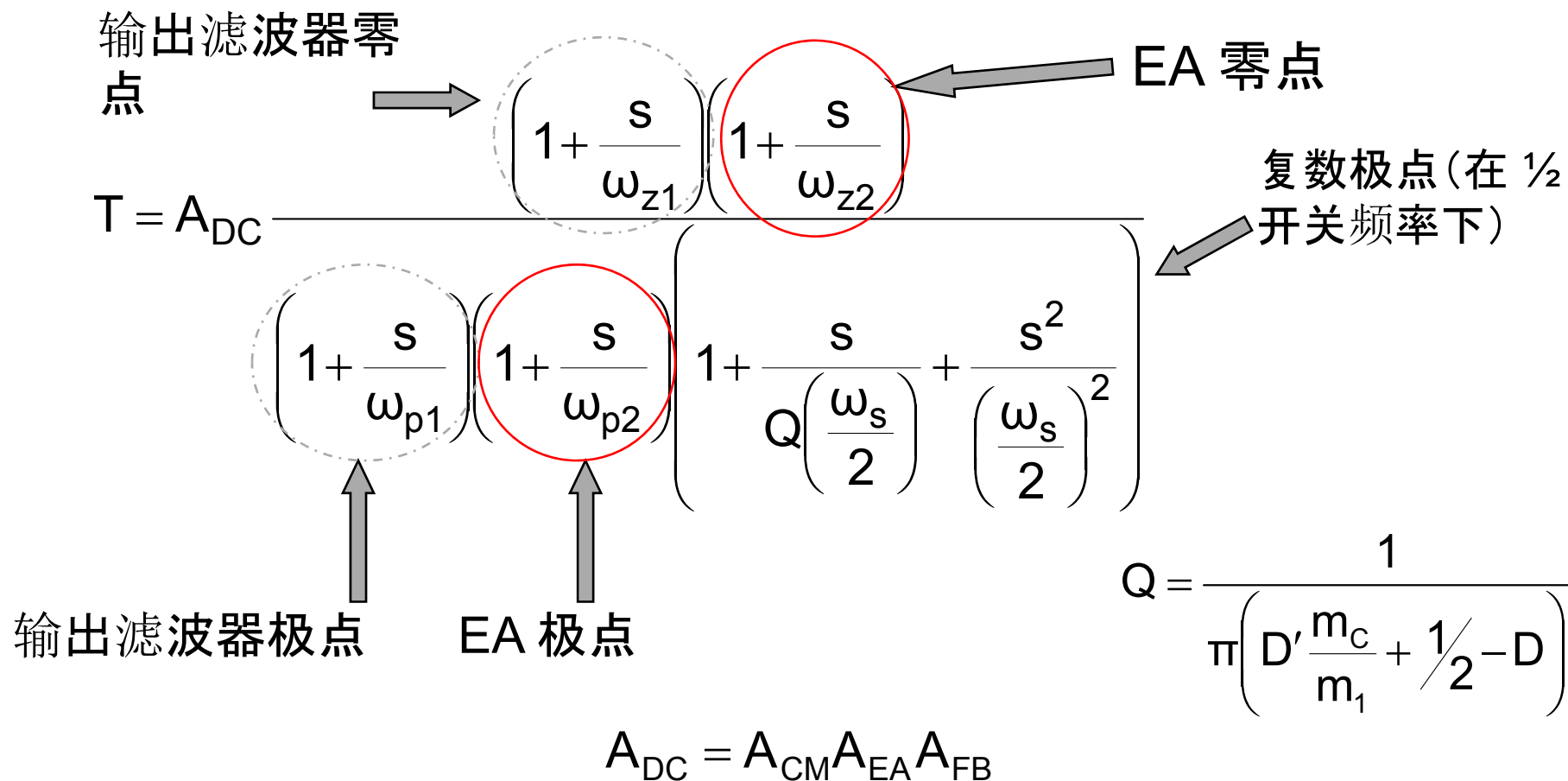
$$\omega_{p2} = \frac{1}{C_{C1}R_{OUT}}$$

在某些器件中，补偿元件是内置的

$$A_{EA} = g_m R_{OUT}$$

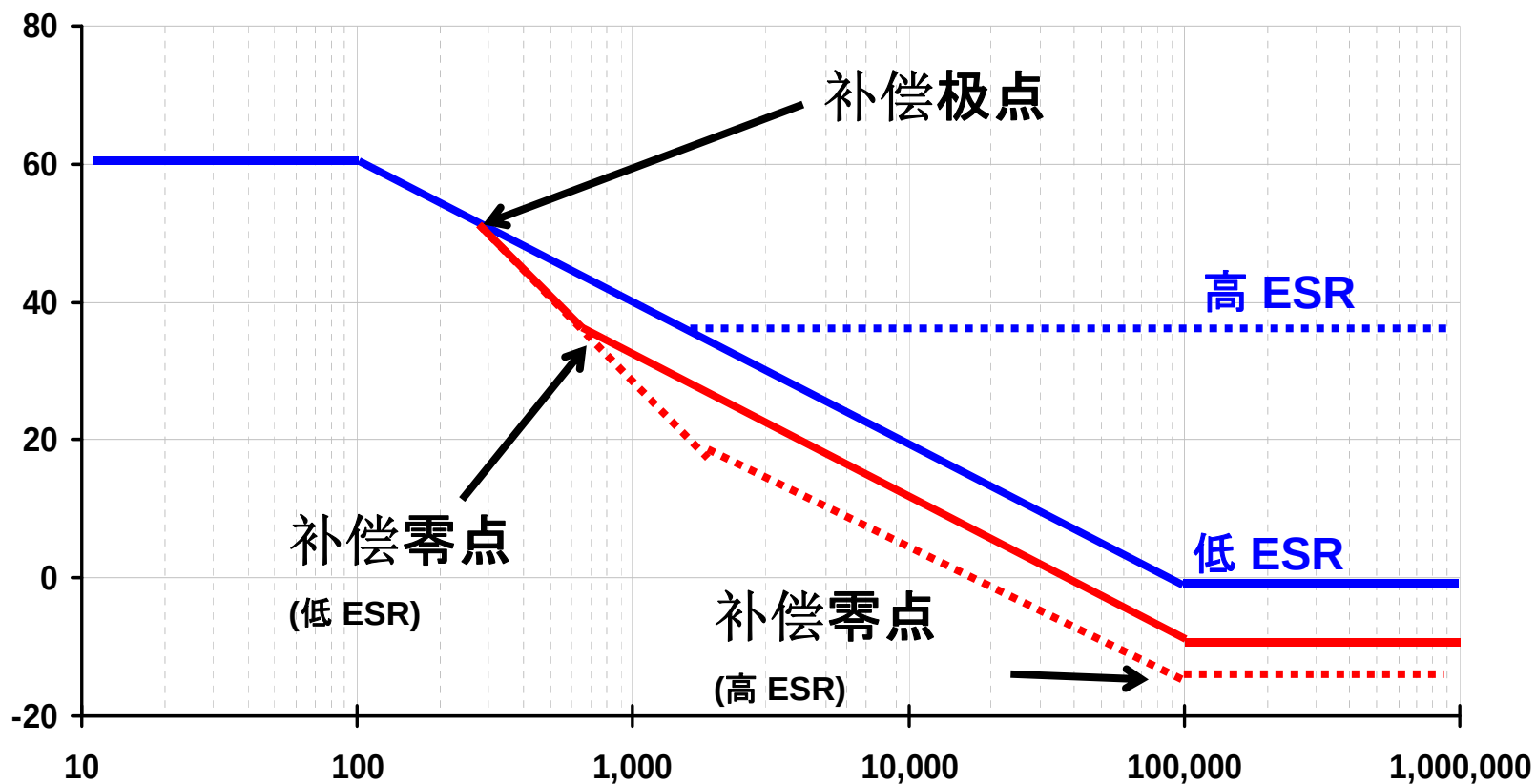


控制环路增益





误差放大器 + 输出滤波器





控制环路考虑因素

- 经验法则
 - 穿越频率位于 $1/5$ 开关频率, 并具有 45° 的相位裕量
 - 穿越频率的提高会引致瞬态响应速度的加快, 以及出现不稳定的可能性的增加
 - 穿越频率的降低会引致瞬态响应速度的减缓, 以及实现稳定的可能性的增加



电流模式负载瞬变 – 性能折衷

- 电流模式控制的作用就像一个驱动输出电容器的电流源
- 一个闭环系统的输出阻抗为：

$$Z_{\text{OUT_CLOSED_LOOP}} = \frac{Z_{\text{OUT_OPEN_LOOP}}}{1 + \text{Loop_Gain}}$$

- 针对高频负载瞬变 ($t_{\text{SLEW}} \leq 1/f_{\text{CROSSOVER}}$) 的经验法则是：

$$\Delta V_{\text{OUT}} = Z_{\text{OUT}} \Delta I_{\text{OUT}}$$

其中, Z_{OUT} 是输出电容器在穿越频率下的阻抗



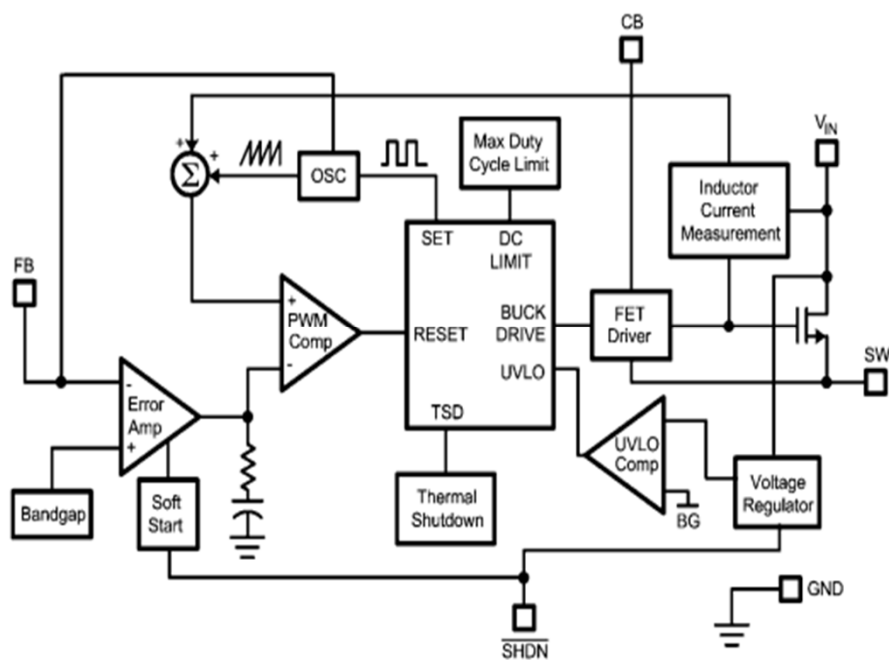
电流模式输入电压瞬变 – 性能折衷

- 输入电压的骤变可通过使用一个大输入电容来减轻
- 由于内含输入电压前馈的缘故, 因此响应性能较好是电流模式的固有特性
- 使用多个并联电容器可减小 ESR, 这也起到了改善性能的作用
- 高穿越频率使控制环路能快速适应系统中的扰动

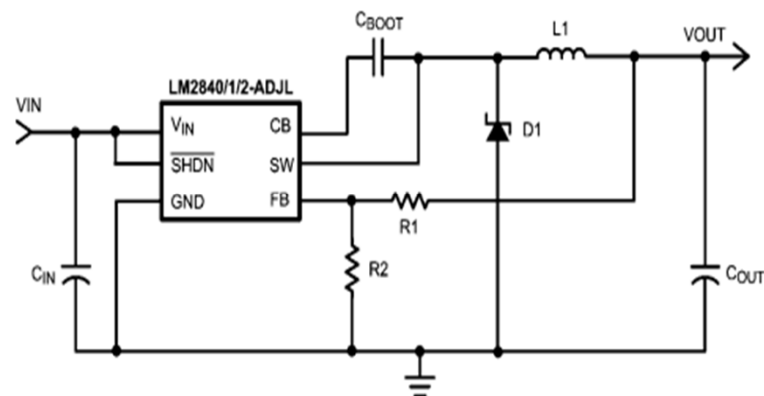


电流模式控制示例 – LM284x

内部方框图



典型应用电路



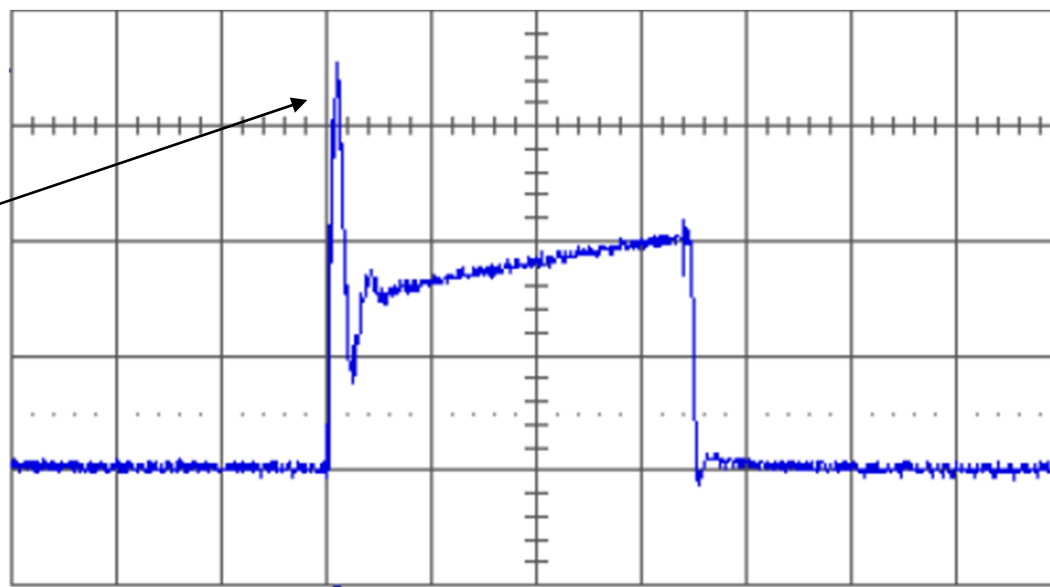


仿真电流模式 (ECM) 降压稳压器



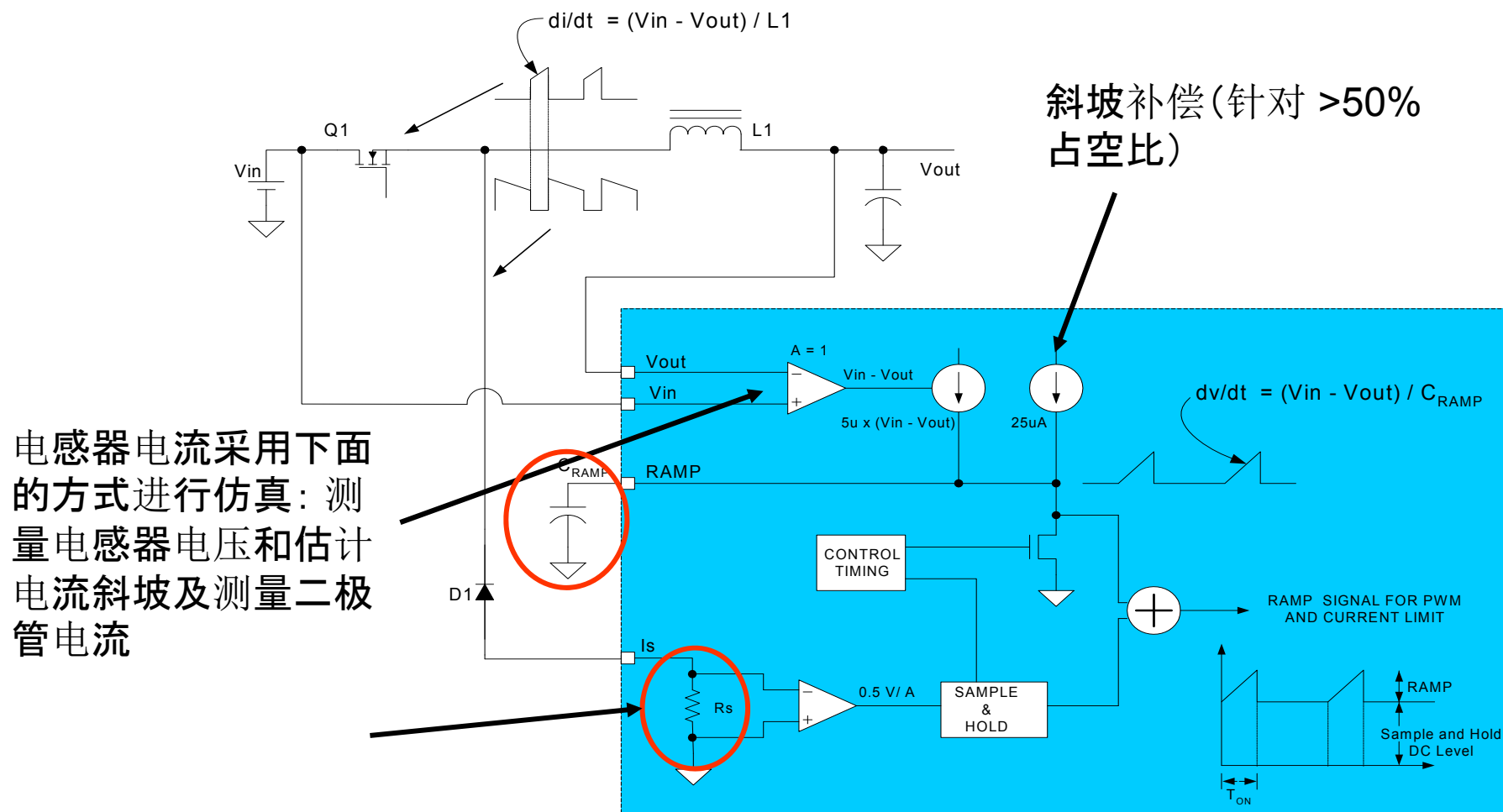
为什么采用仿真电流模式？

前沿脉冲尖峰，传统电流模式控制。





它的工作原理是怎样的？

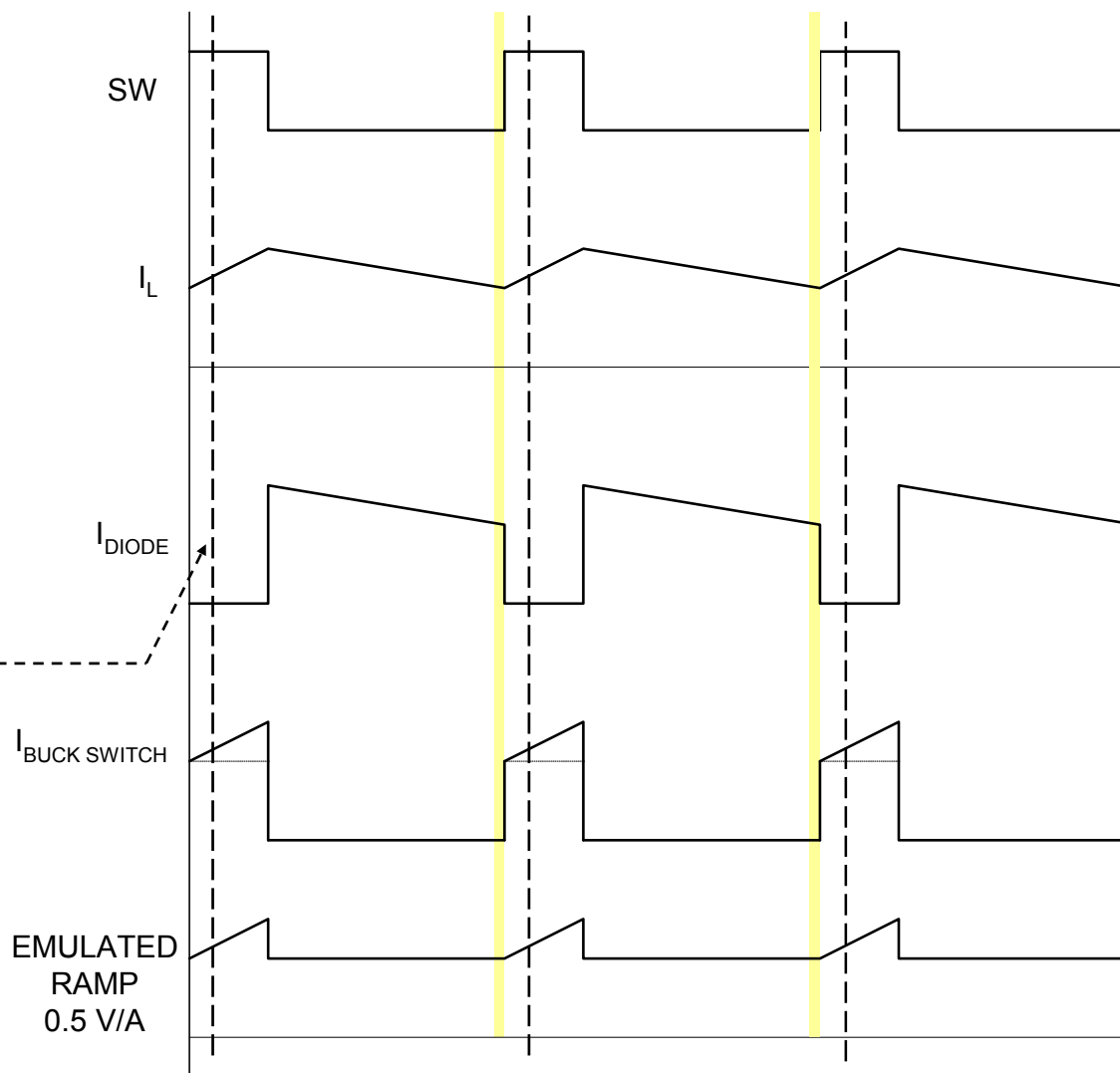




仿真电流模式波形

仿真电流模式控制器
时序

二极管(电感器)电
流的采样及保持

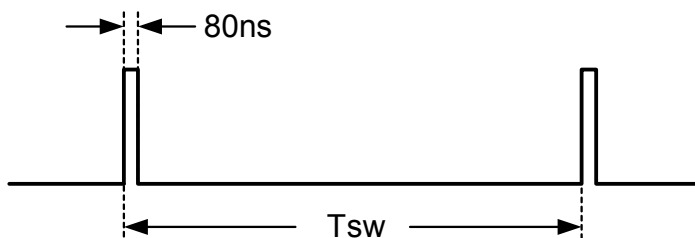




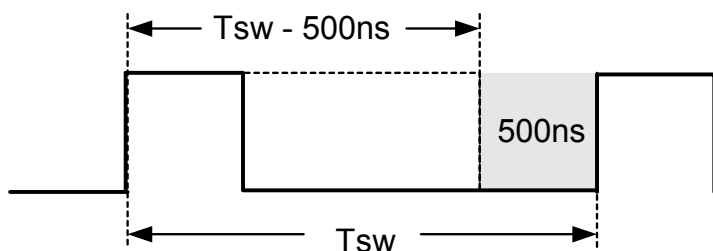
输入电压与工作频率的关系

- 最大工作频率是最小和最大导通时间以及输入电压的一个函数
- $F_{SW} = (V_{OUT} + V_D) / (T_{ON(MIN)} \times V_{IN})$

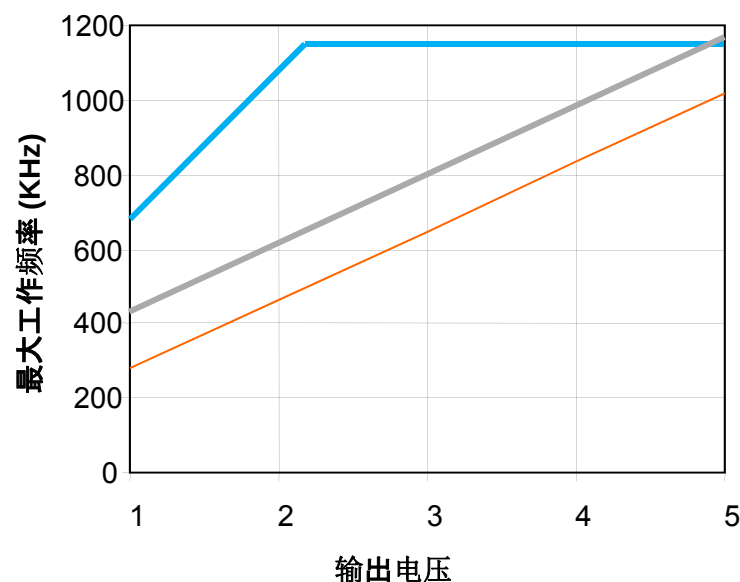
最小导通时间



最小关断时间



最大工作频率与输出电压的关系曲线
($V_{IN} = 36V$)



— 最小导通时间 80 ns — 2.8 MHz 开关器, 最小导通时间 150 ns

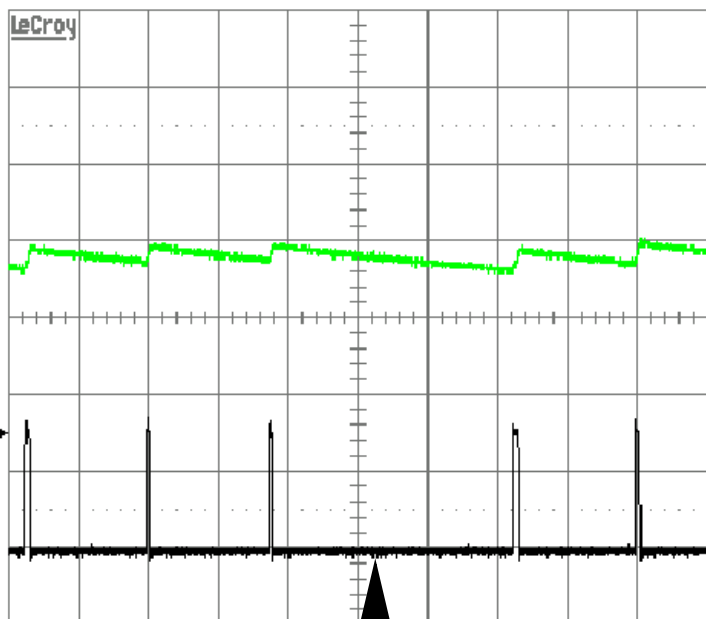


可靠的过流保护

1-Aug-05
15:01:11

1
2 μ s
50 V

4
2 μ s
1.00 A



2 μ s
1 5 V DC $\times 10$
2 .1 V DC $\times 10$
3 5 mV DC $\times 10$
4 .1 V DC $\times 10$

1 DC 75 V

1 GS/s

☐ STOPPED

$V_{IN} = 75V$

输出负载 = 短路

控制器跳过某些周期





谢谢！