

DC/DC开关电源设计与挑战

April 8, 2017

Wei Zhi

- 1 非隔离开关电源拓扑
- 2 外部元件选择
- 3 PCB布板
- 4 DC/DC开关电源评估
- 5 借助Maxim方案简化设计

1 非隔离开关电源拓扑

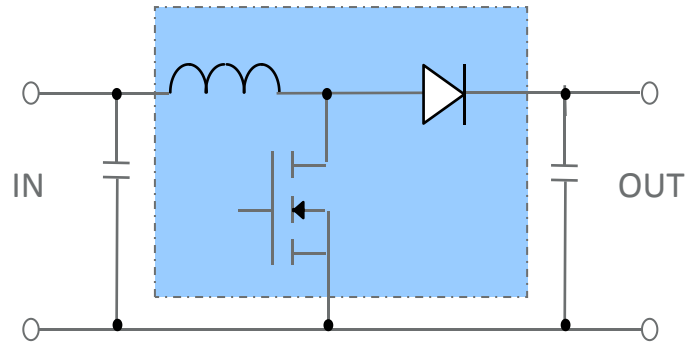
2 外部元件选择

3 PCB布板

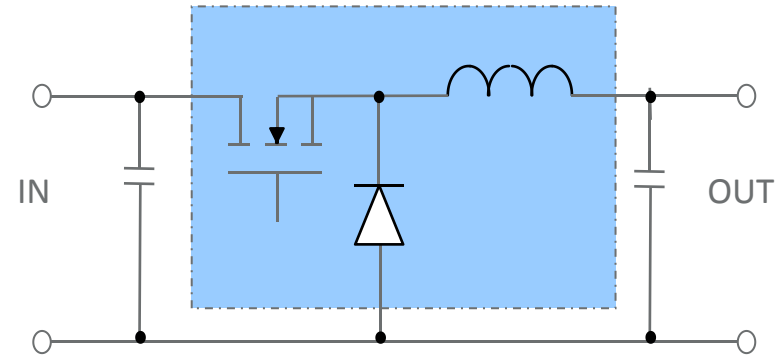
4 DC/DC开关电源评估

5 借助Maxim方案简化设计

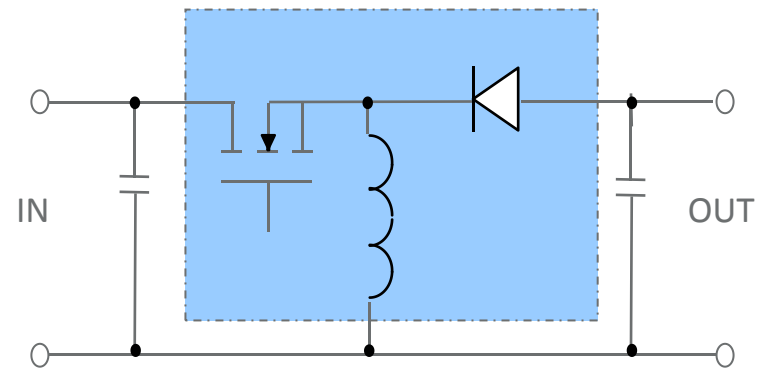
非隔离电源拓扑



Boost

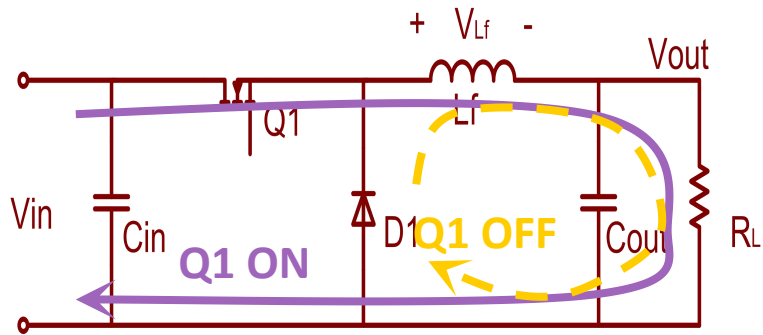


Buck



Buck/Boost

非隔离电源拓扑_Buck



$$T_{on}: V_{Lf} = V_{in} - V_{out} = L_f * \Delta I_{Lf} / D * T$$

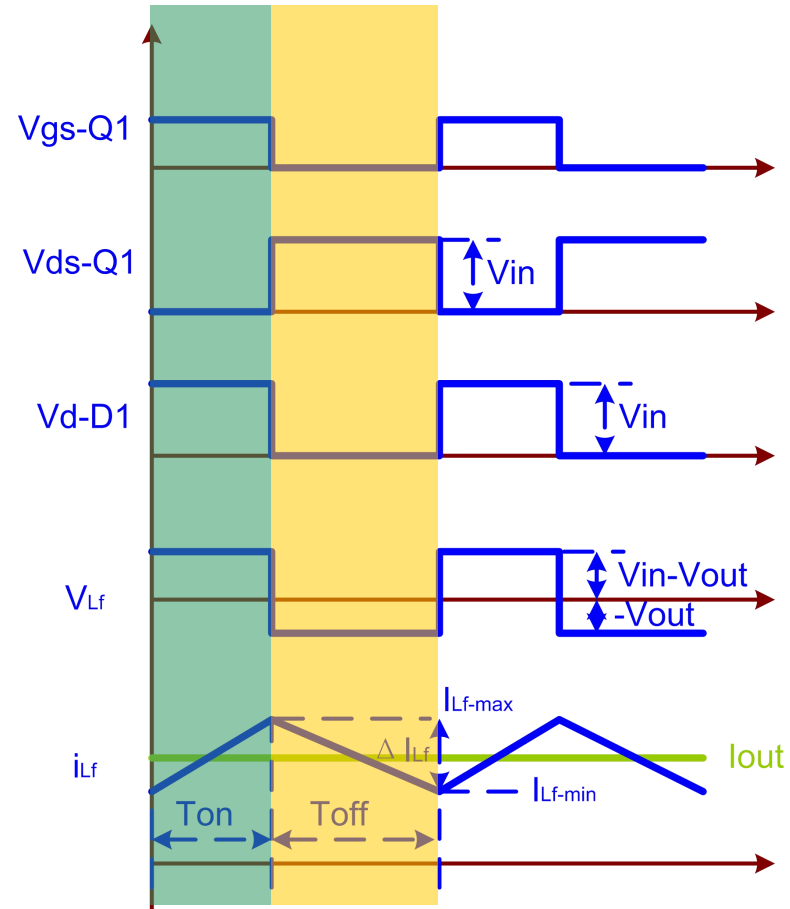
$$T_{off}: V_{Lf} = -V_{out} = -L_f * \Delta I_{Lf} / [(1-D) * T]$$



$$(V_{in} - V_{out}) * D * T = V_{out} (1-D) * T$$



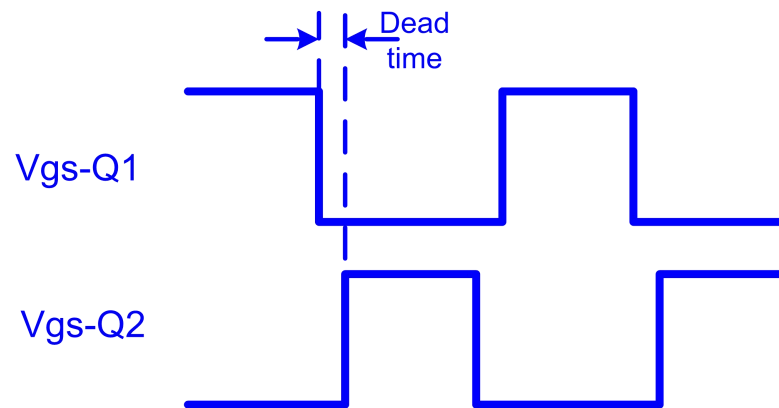
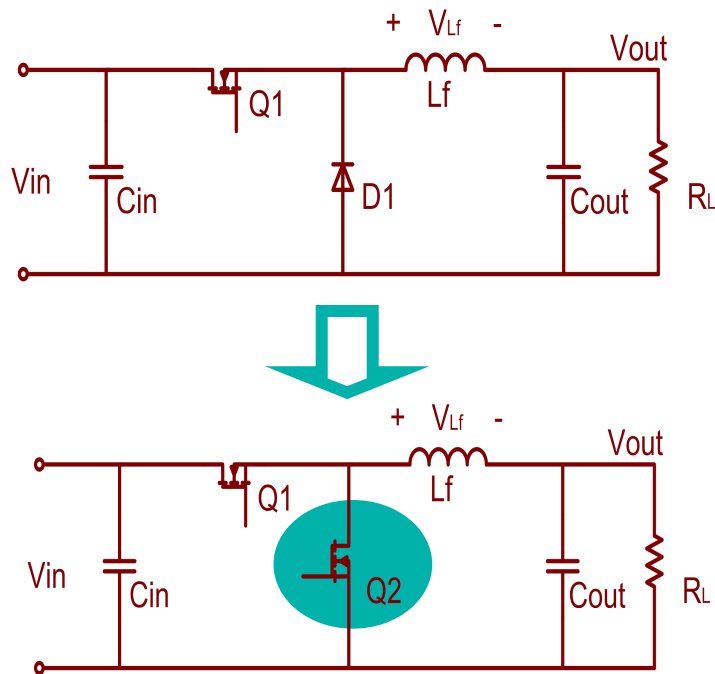
$$V_{out} = D * V_{in}$$



CCM ($I_{out} \geq \Delta I_{Lf} / 2$)

非隔离电源拓扑 - Buck

对于大电流设计，用MOSFET替代二极管，以提高效率。这种架构称作同步整流buck转换器。



$$V_{out} = D * V_{in}$$

非隔离电源拓扑

如何选择合适的拓扑？

对于非隔离电源设计，可以根据输入、输出电压的关系选择合适的拓扑。

Buck	$V_{out} = D * V_{in}$
Boost	$V_{out} = V_{in} / (1 - D)$
Buck/Boost	$V_{out} = - D * V_{in} / (1 - D)$

1 非隔离开关电源拓扑

2 外部元件选择

3 PCB布板

4 DC/DC开关电源评估

5 借助Maxim方案简化设计

外部元件选择

选择MOSFET

- 额定电压和额定电流
- 开关频率(f_{sw})越高、输入电压(V_{in})越高，要求MOSFET的栅极电荷(Q_g)越低，以降低开关损耗。较高的栅极电荷(Q_g)会导致较大的驱动损耗
- 低导通电阻[$R_{ds(on)}$]

外部元件选择

选择电容

- 电容值
- 额定电压
- 电容类型和等效串联电阻(ESR)
- 温度范围、温度系数
- 封装和等效串联电感 (ESL)

外部元件选择

选择电感

根据纹波电流的要求选择电感。通常，纹波电流范围选择为20%~40% I_{out}

选择小电感值：

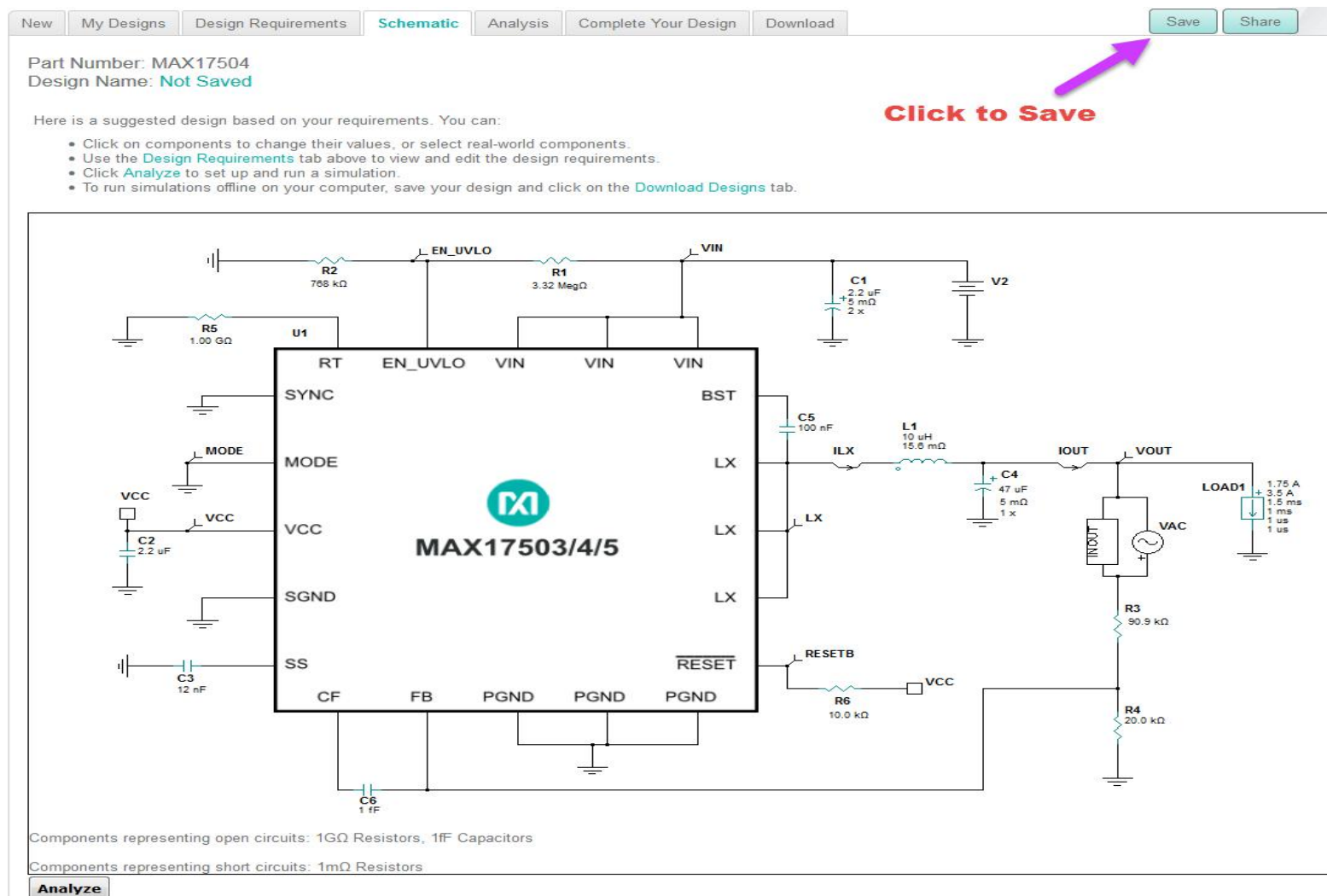
- 低DCR
- 高额定电流
- 高 di/dt
 - 1) 更好的瞬态响应
 - 2) 规定负载瞬变条件下，要求较小的输出电容

选择大电感值：

更小的纹波电流

- 1) 低AC损耗
- 2) MOSFET流过电流幅值(RMS)较小
- 3) 电容电流幅值(RMS)较低
- 4) 规定输出纹波条件下，输出电容较小

EE-Sim工具提供完整的原理图设计



1 非隔离开关电源拓扑

2 外部元件选择

3 PCB布板

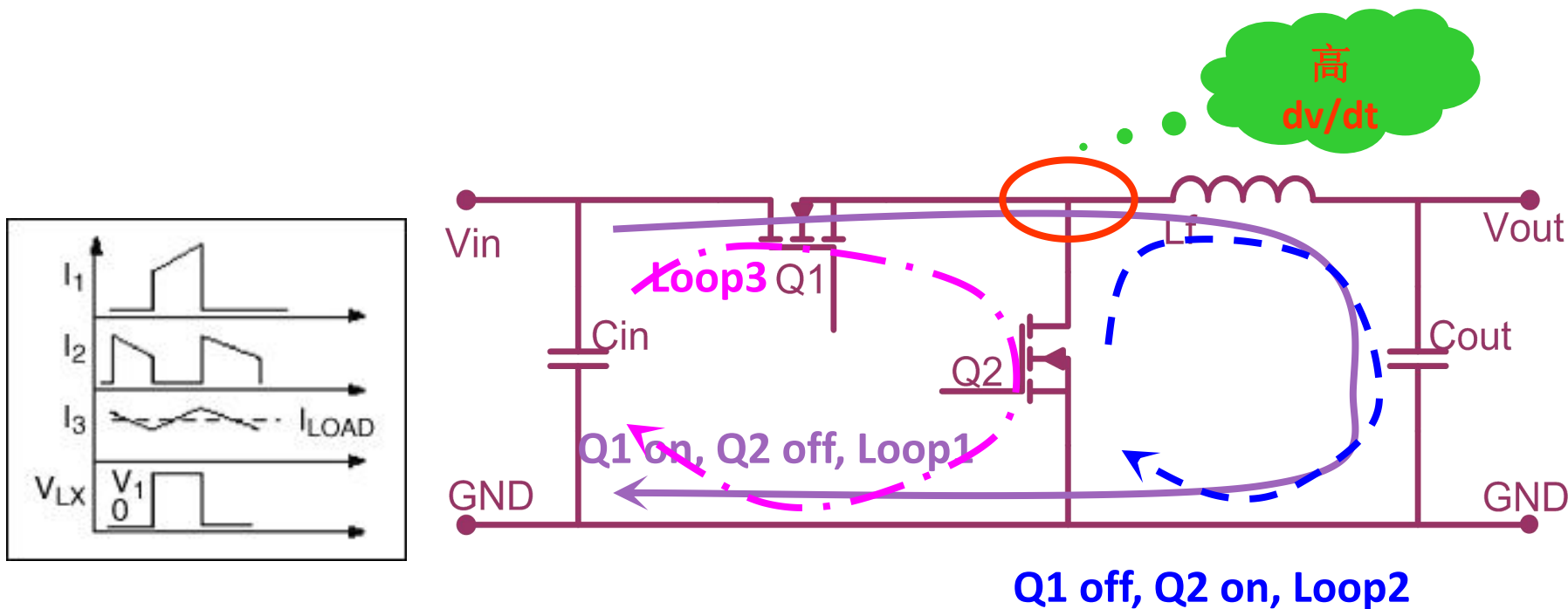
4 DC/DC开关电源评估

5 借助Maxim方案简化设计

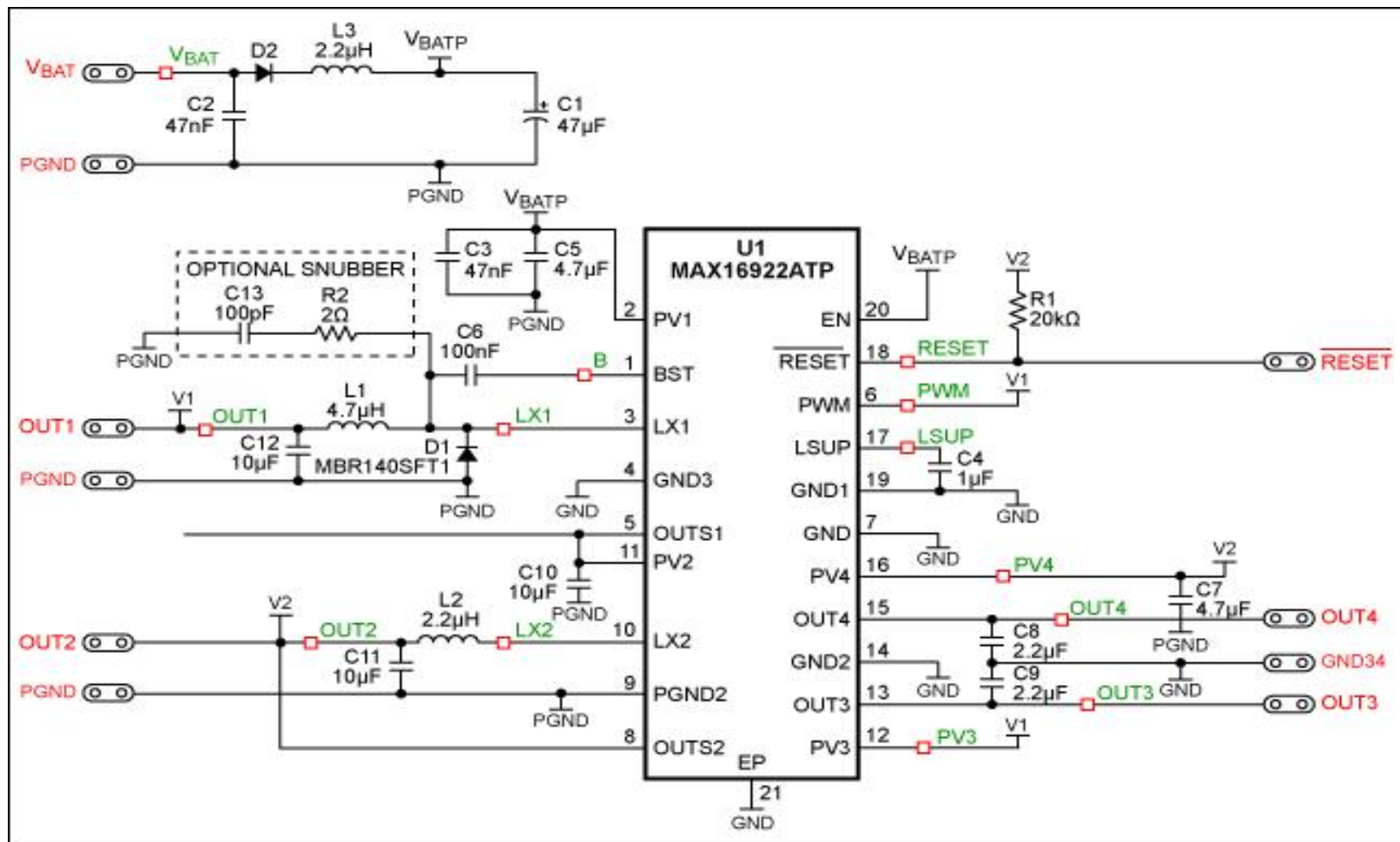
PCB布板 — 元器件布局

1. 高 di/dt , dv/dt 环路面积最小，旁路电容、滤波电容紧靠IC放置

电流环路(以BUCK为例):

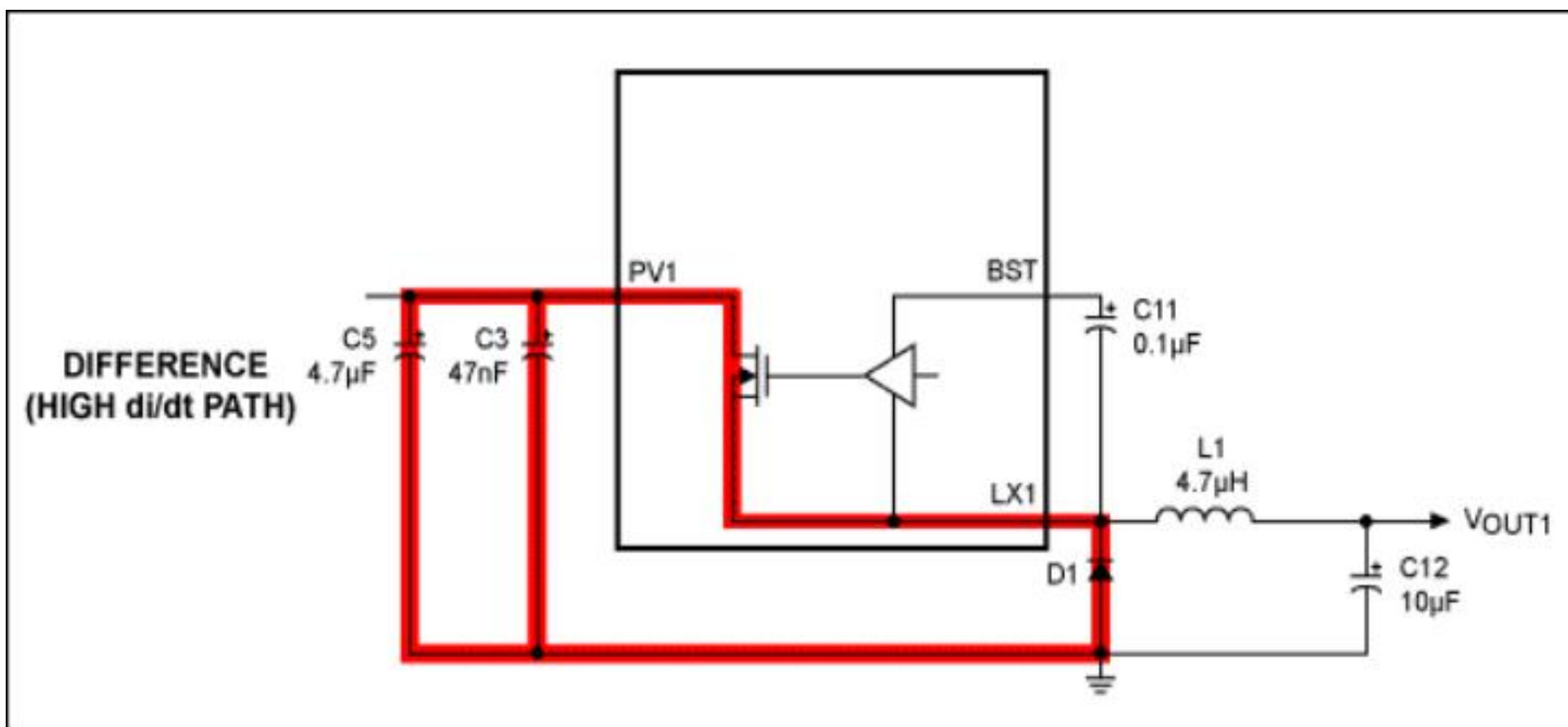


PCB布板 — 元器件布局: 示例



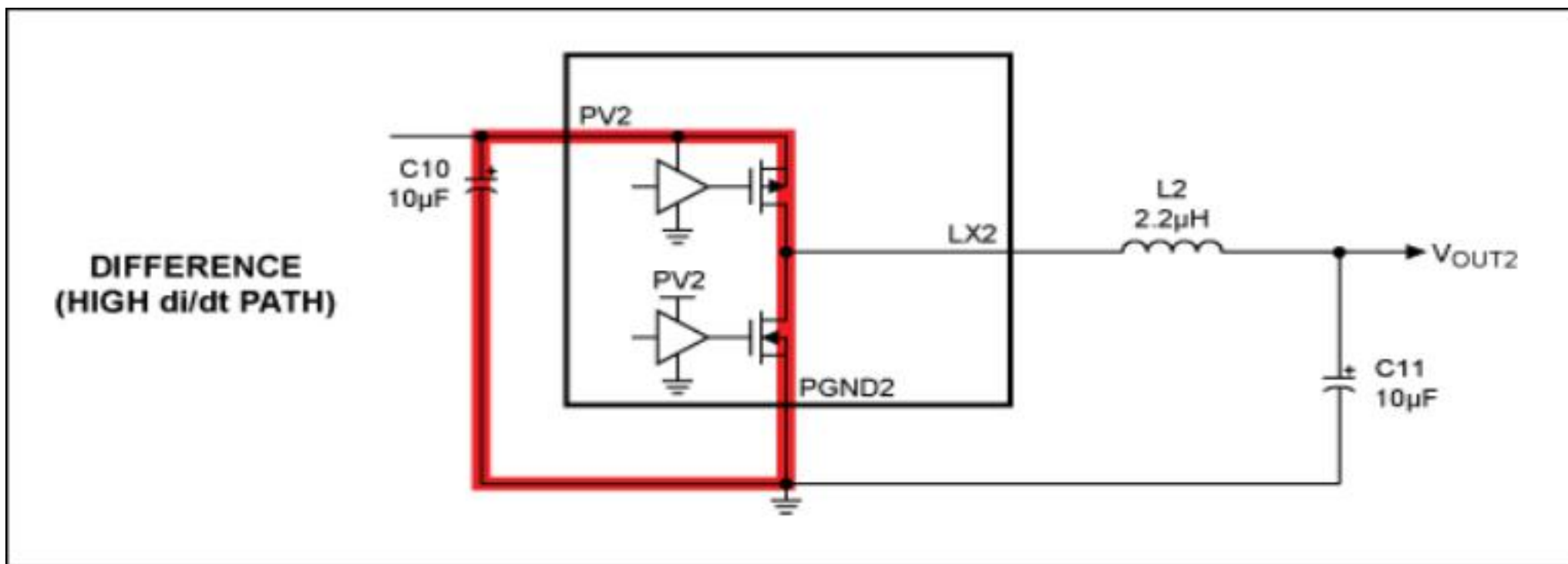
PCB布板 — 元器件布局: 示例

- 红线代表开关通/断条件下的电流环路，C3旁路高频



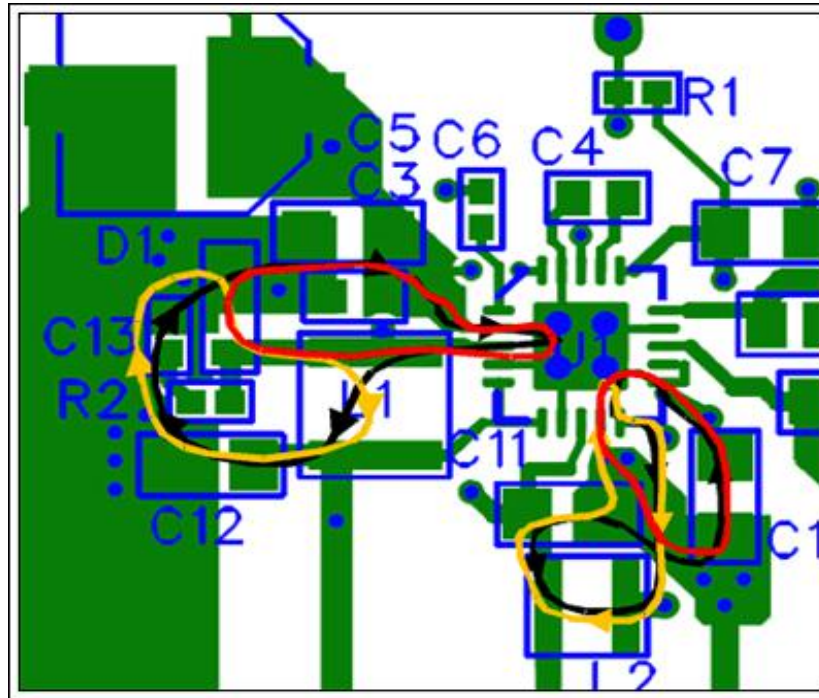
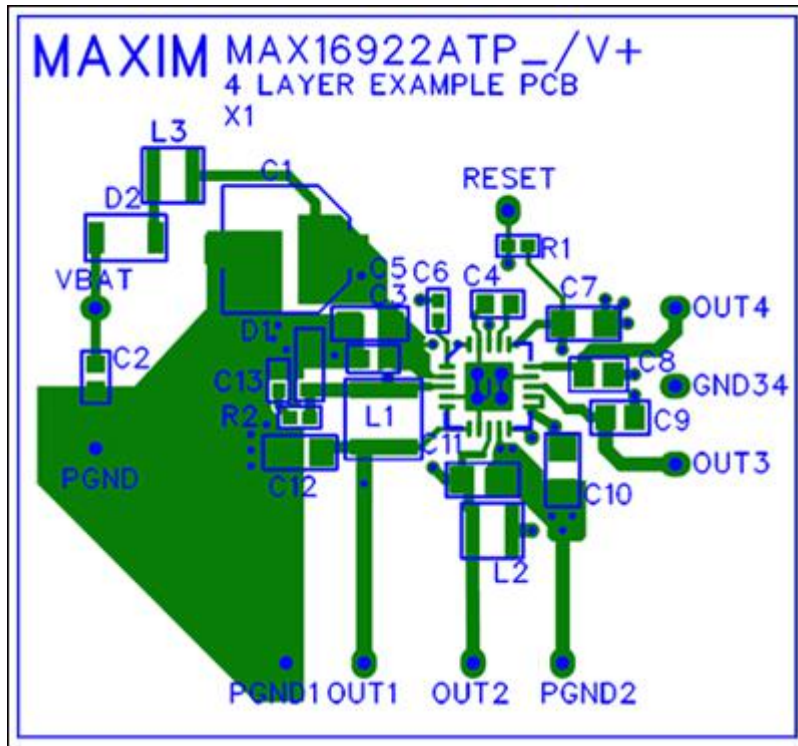
PCB布板 — 元器件布局: 示例

- 红线代表开关通/断条件下的电流环路



PCB布板 — 元器件布局: 示例

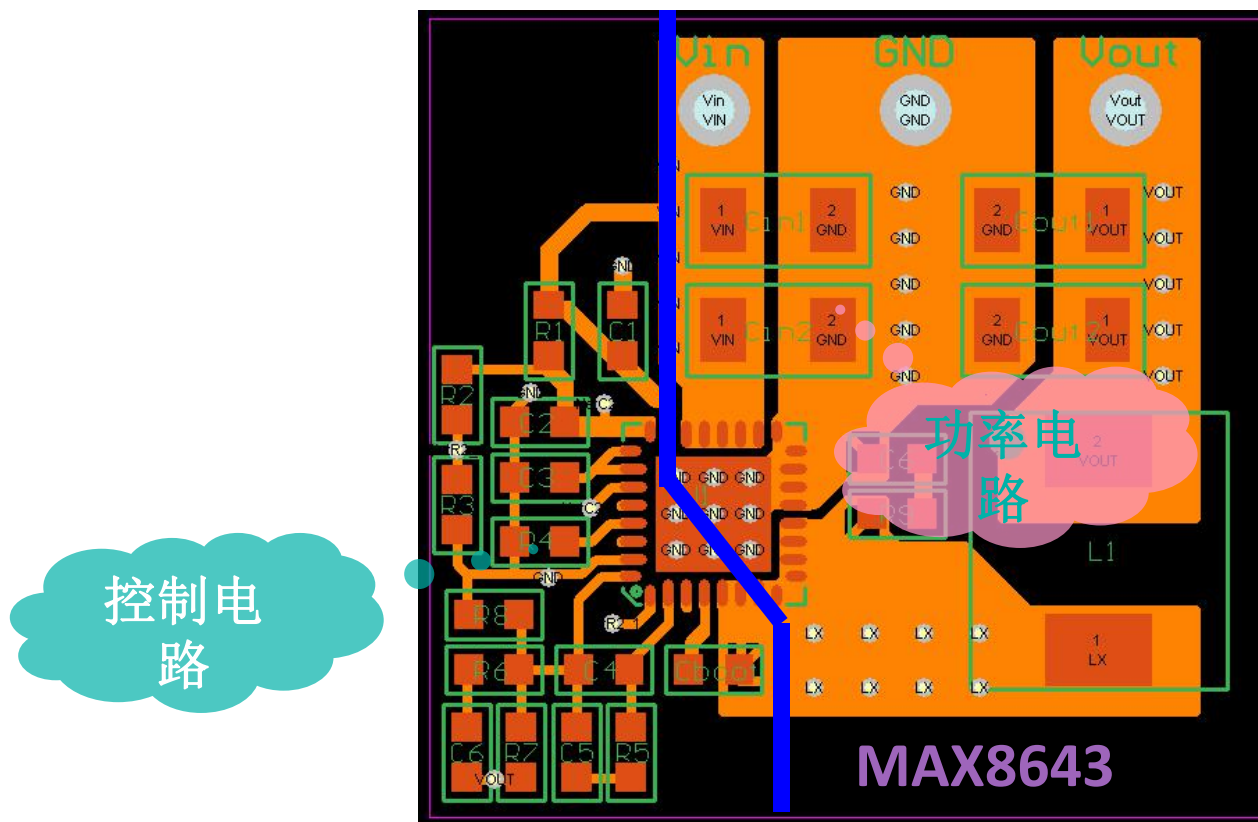
- 最关键的AC环路和开关通/断条件下的DC环路



Black = ON cycle
Orange = OFF cycle
Red = Difference

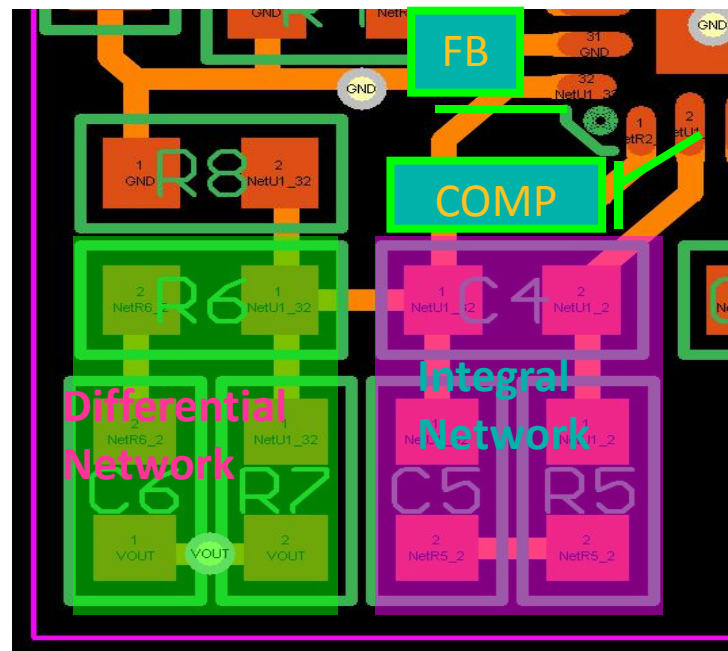
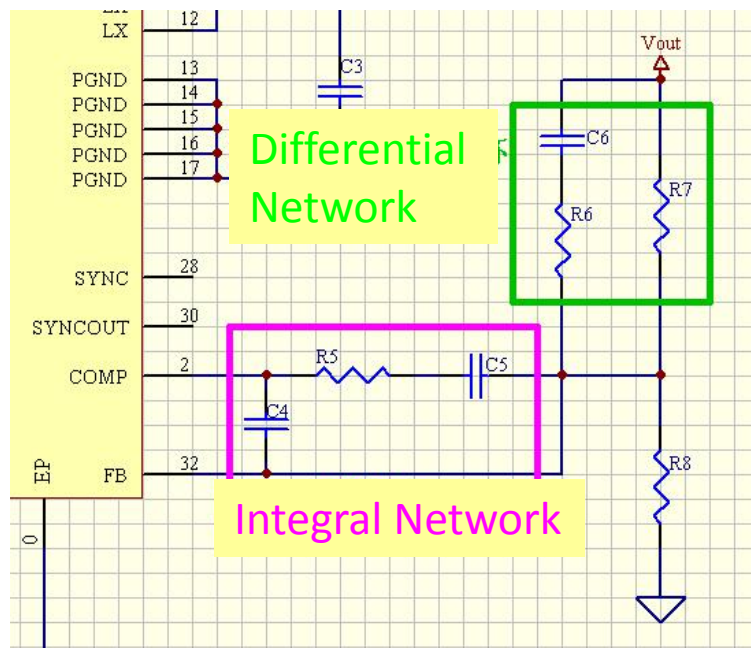
PCB布板 — 元器件布局

2. 功率电路与控制电路分开



PCB布板 — 元器件布局

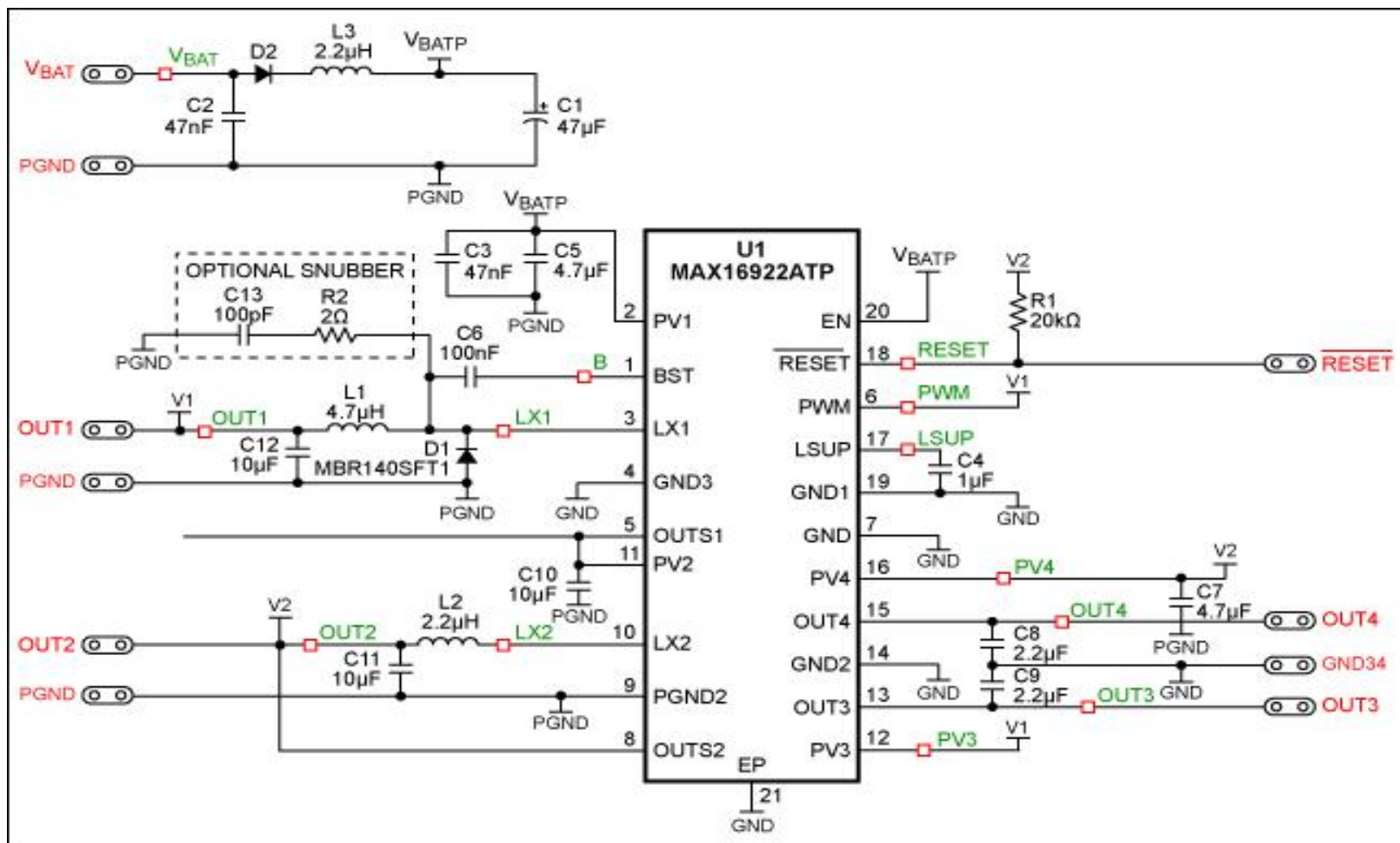
3. 补偿元件靠近IC放置



Place differential network and integral network closely to reduce the noise

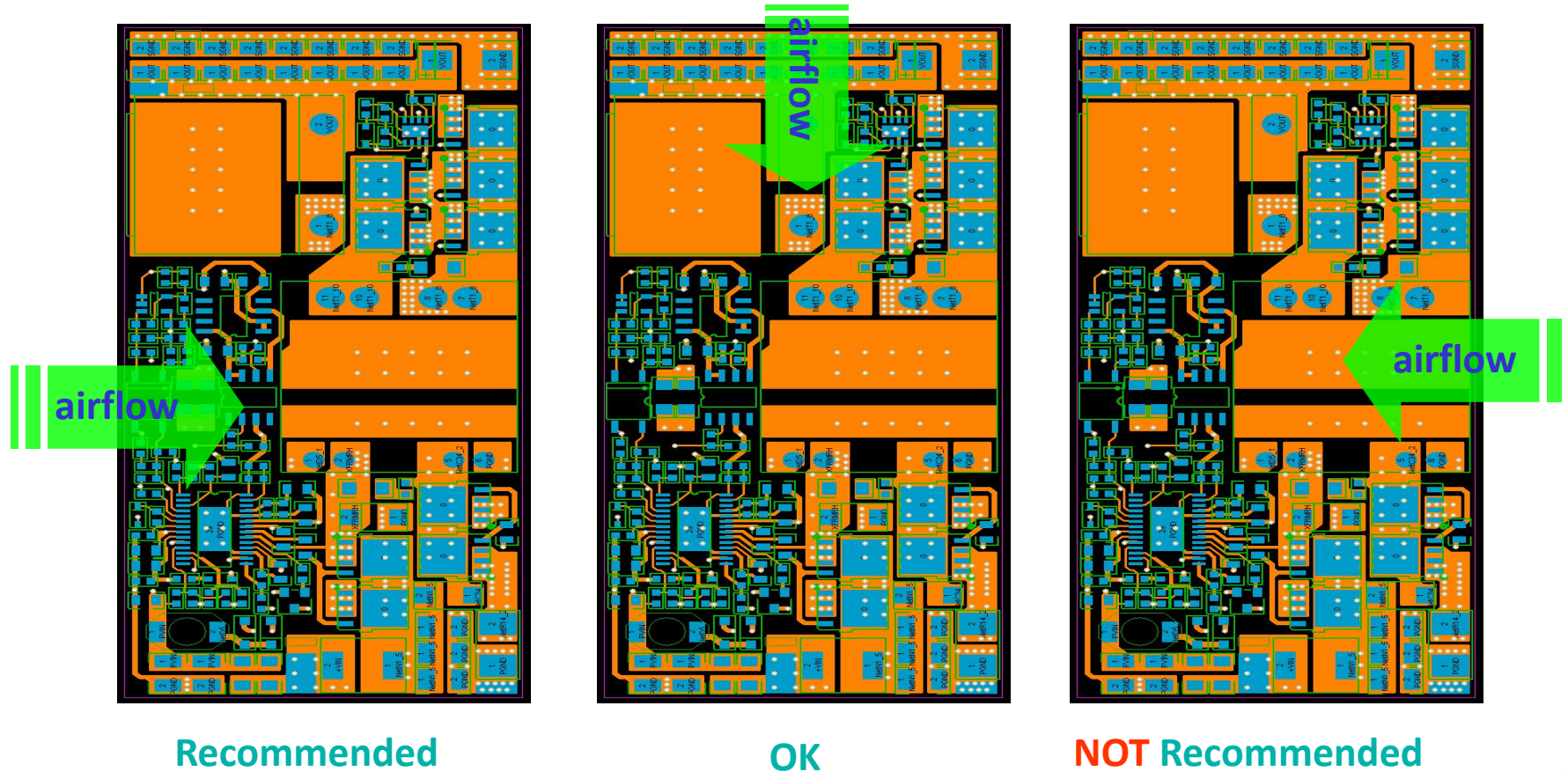
PCB布板 — 元器件布局

4. 在LX节点增加Snubber



PCB布板 — 元器件布局

5. 热传导



PCB布板 — 合理布线

1. 布线基本原则

- 输入电源与输出电源线隔开，避免平行走线；二者之间填充GND
- 功率电路与控制电路隔开
- 高频信号线与低频信号线隔开

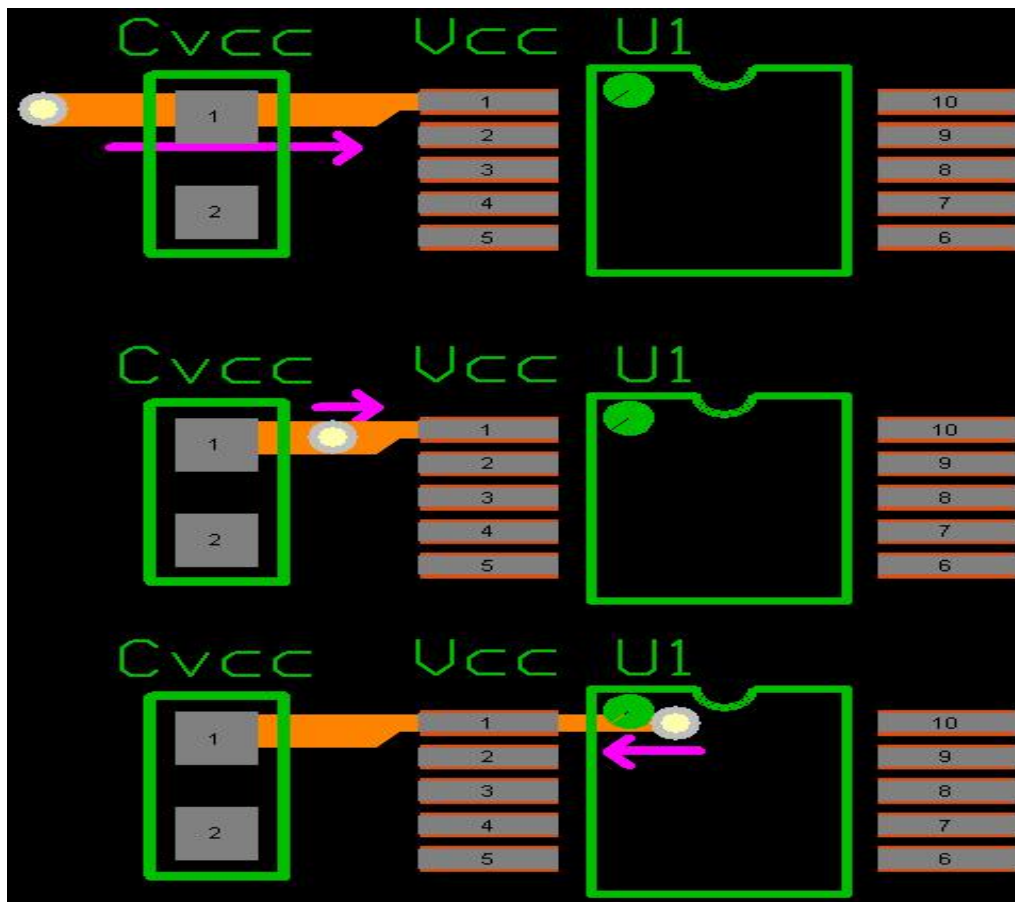
PCB布板 — 合理布线

2. 线宽

- 线宽要求取决于线上流过的电流
- 功率级布线要提供足够的线宽，以优化效率、减少发热
- 对于控制电路，Vcc，SGND，栅极驱动信号线宽至少20mil；其它信号线宽至少10mil

PCB布板 — 合理布线

3. 旁路/滤波电容



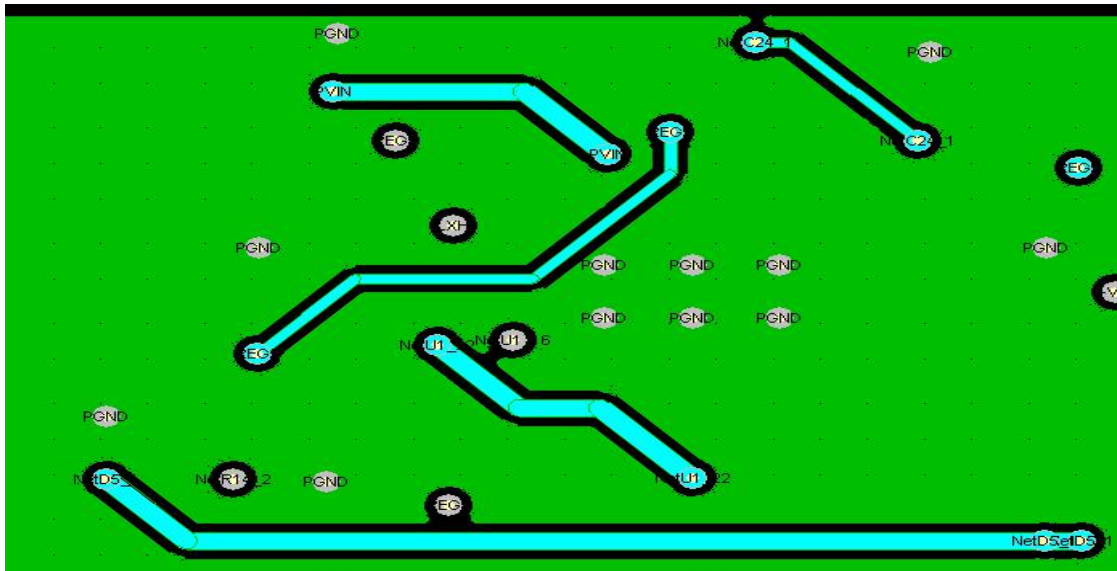
Recommended

NOT Recommended

NOT Recommended

PCB布板 — 合理布线

- ## 4. 接地
- ## 5. 敏感信号远离噪声源

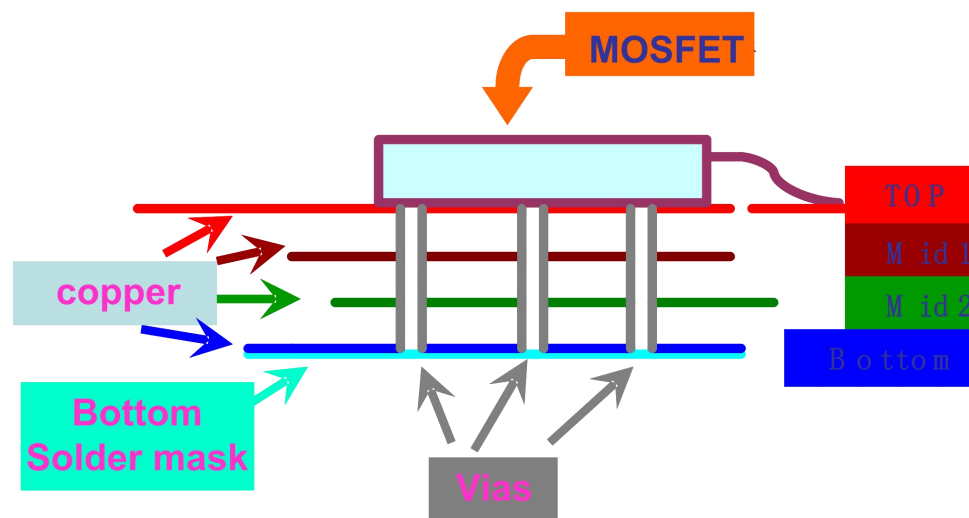
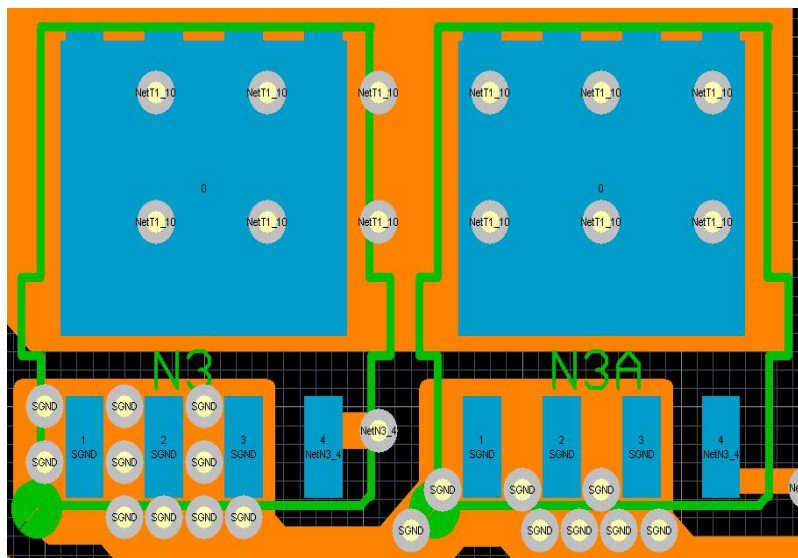


Surround sensitive signal with ground

PCB布板 — 合理布线

6. 散热

在MOSFET、电感周围提供足够的覆铜，改善散热
增加过孔，改善电路板内层散热



1 非隔离开关电源拓扑

2 外部元件选择

3 PCB布板

4 DC/DC开关电源评估

5 借助Maxim方案简化设计

DC/DC开关电源评估

- 效率 & 发热
- 电源调整率和负载调整率
- 纹波 & 噪声
- 负载瞬态响应
- 启动 & 关断
- 过流保护
- 过压保护

- 1 非隔离开关电源拓扑
- 2 外部元件选择
- 3 PCB布板
- 4 DC/DC开关电源评估
- 5 借助Maxim方案简化设计

便携电源

- 可穿戴
- 医疗监护
- IoT
- 移动终端

电源管理
电池管理

EE-Sim[®]工具



Maxim提供.....

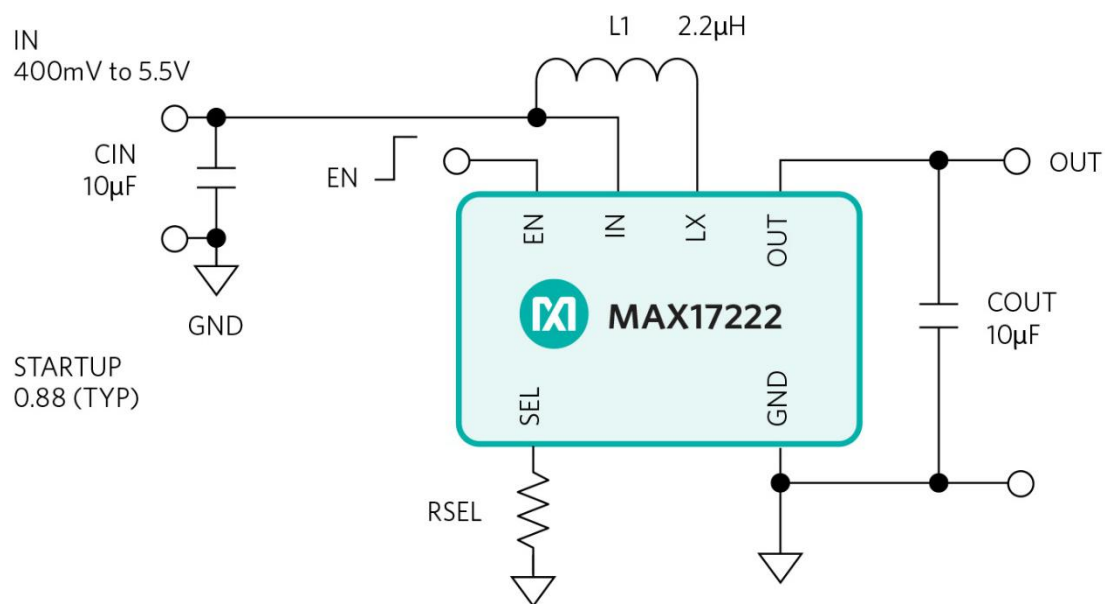
更长电池寿命

更小尺寸

更高效率

更低功耗

MAX17222 nanoPower Boost



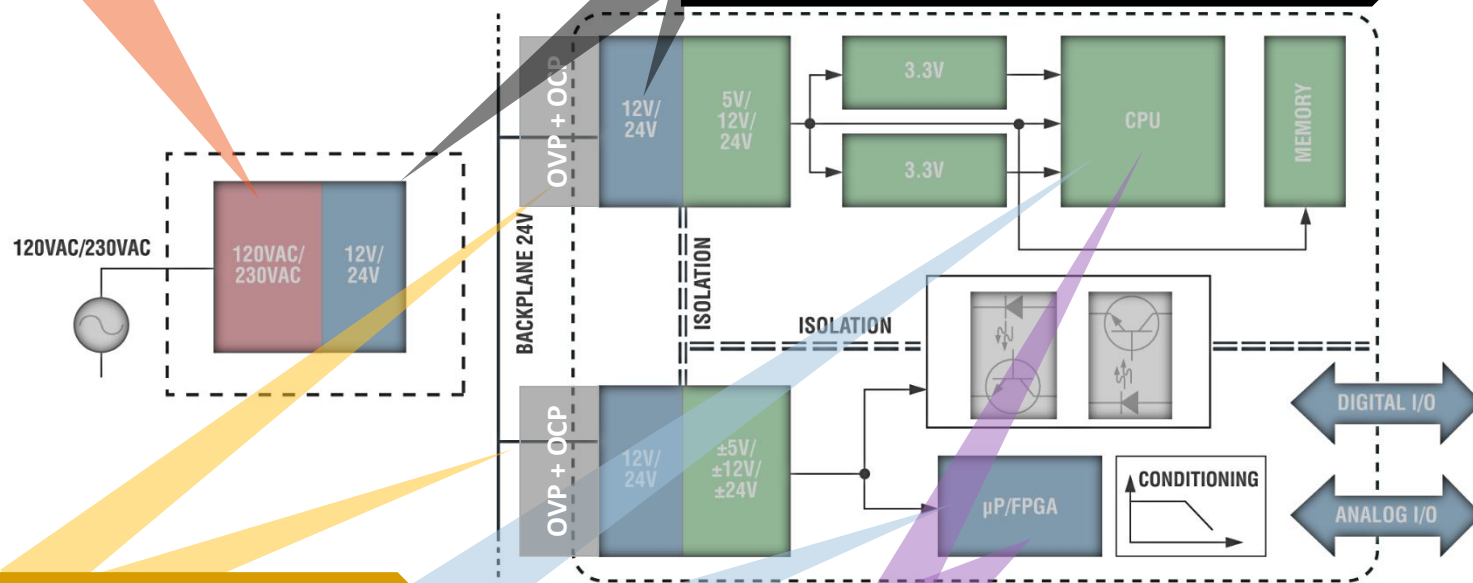
- 300nA静态电流
- True Shutdown™
> 0.5nA关断电流
- 95%峰值效率
- 0.4V - 5.5V输入范围
- 1.8V - 5V输出电压范围
- 500mA输入限流保护

以最小尺寸提供最低 I_Q

工业电源

隔离PWM & MOSFET驱动器
高性价比

高压Buck, Boost, LDO
同步整流, 高效, 紧凑



端口保护
集成MOSFET, 可调节

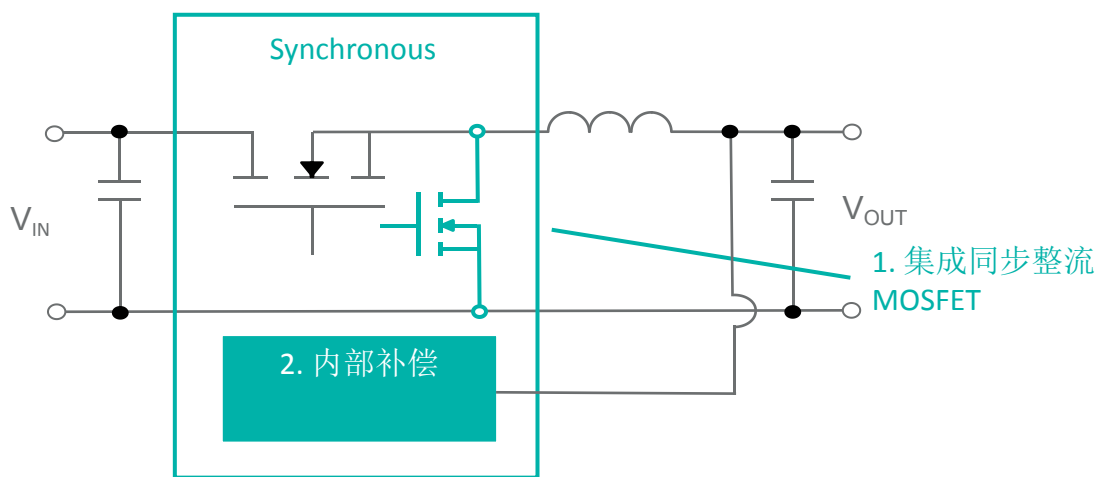
负载点(POL)
多通道, I²C

电源模块
内置电感.....

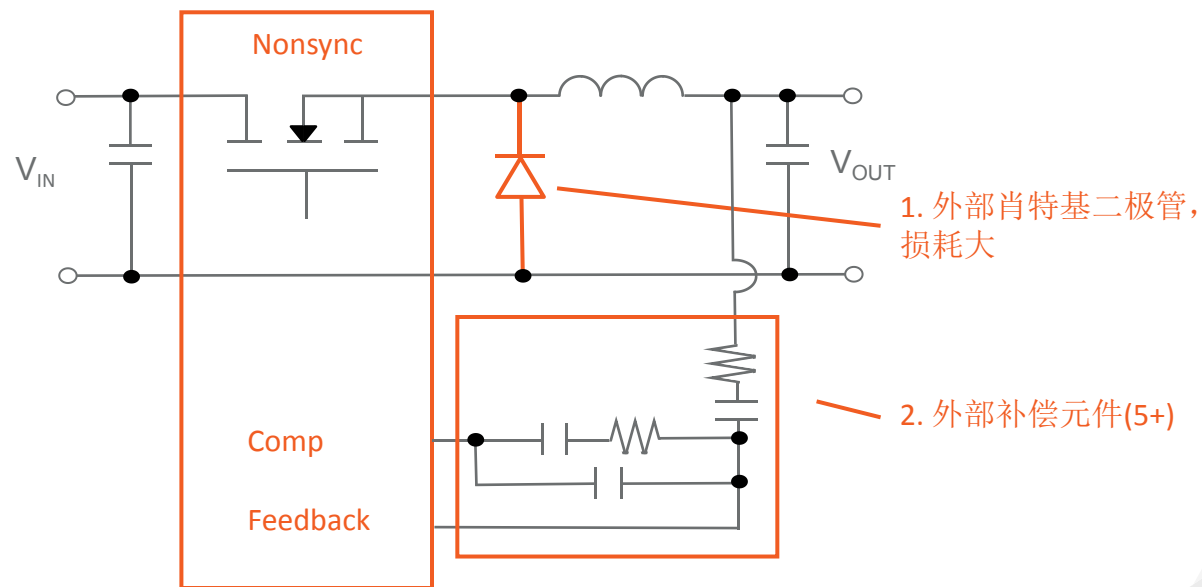
Maxim Himalaya系列产品: 同步整流 Buck & 内部补偿

与传统方案相比:

1. 同步整流 减少发热
2. 集成低边MOSFET和补偿元件 方案尺寸缩小50%
3. 多模工作 灵活优化设计



Maxim's Himalaya DC-DC

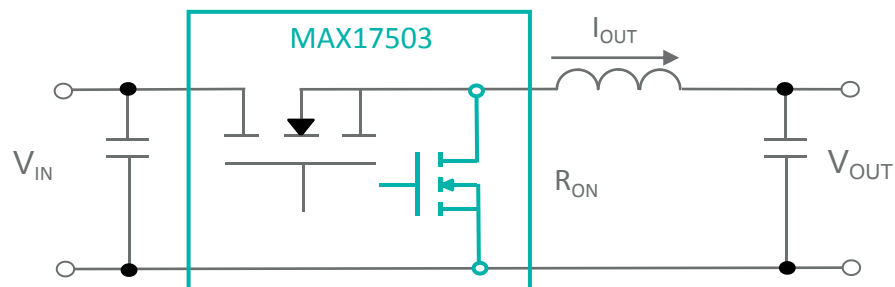


非同步整流方案

同步整流 vs 异步整流

功耗降低50%

$V_{IN} = 24V, V_{OUT} = 5V, I_{OUT} = 2.5A @ 500KHz$



$R_{ON} = 0.08 \text{ ohm}$

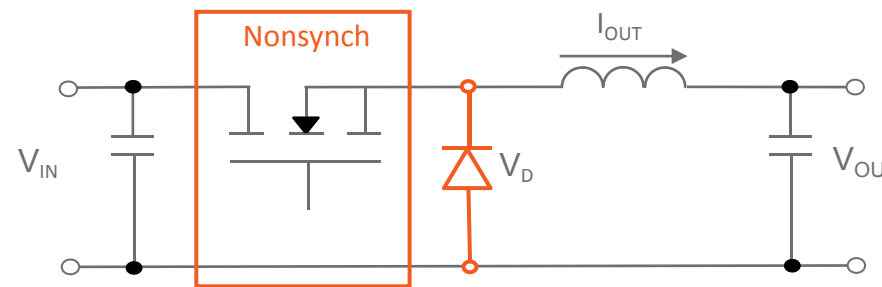
FET功耗:

$$P_{FET} = R_{ON} \times I_{OUT}^2 \times (1 - V_{OUT}/V_{IN}) = 0.40W$$

总功耗 = **1.1W**



30°C Cooler

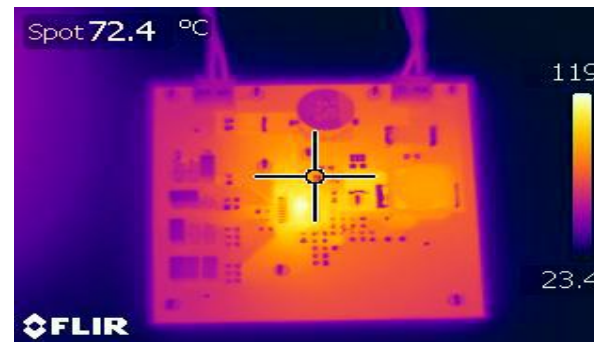


二极管压降: $V_D = 0.5V$

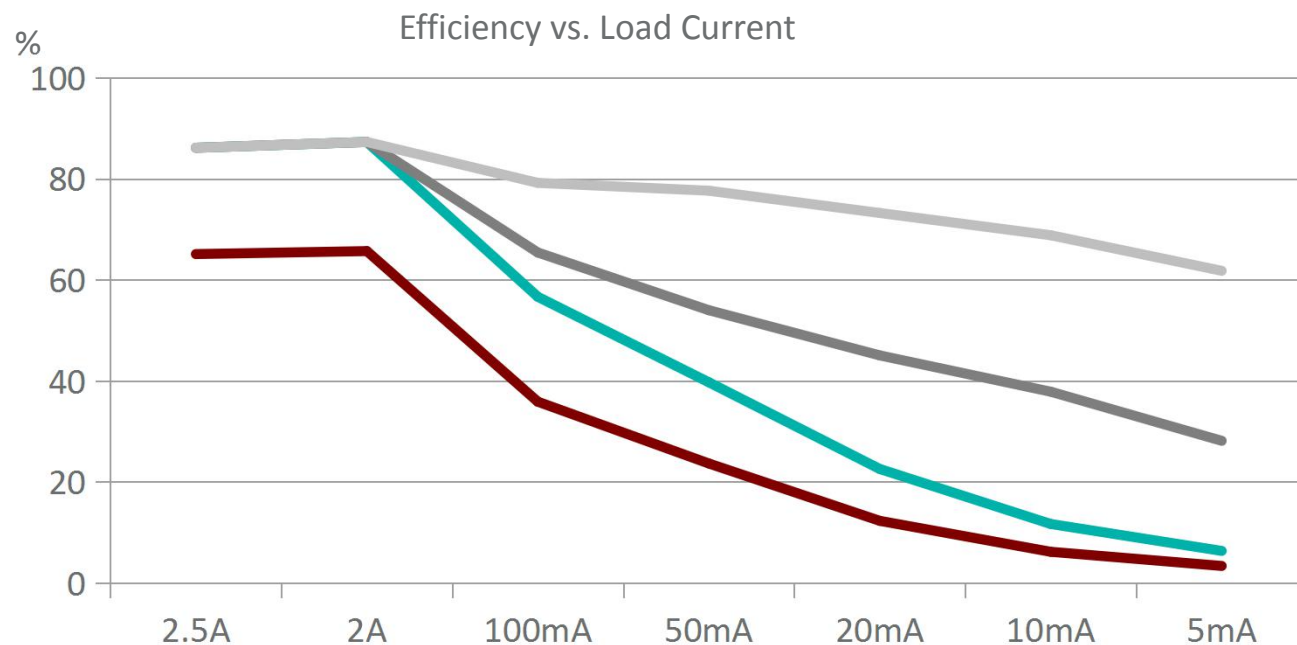
二极管功耗:

$$P_D = V_D \times I_{OUT} \times (1 - V_{OUT}/V_{IN}) = 0.99W$$

总功耗 = **2.3W**



Maxim Himalaya系列产品：多模式工作灵活优化设计



- 同步整流PWM @ CCM*: 快速瞬态响应(重载、轻载)
- 同步整流PWM @ DCM*: 轻载下瞬态响应速度较低
- 同步整流PFM*: 高效, 但输出纹波较高、轻载下瞬态响应速度最低
- 非同步整流**: 低效

* MAX17503, ** 非同步整流方案

Maxim电源模块

- 封装

- > 高度2.8mm
- > 类似于QFN的封装，表贴安装

- 高度集成

- > 精简BOM

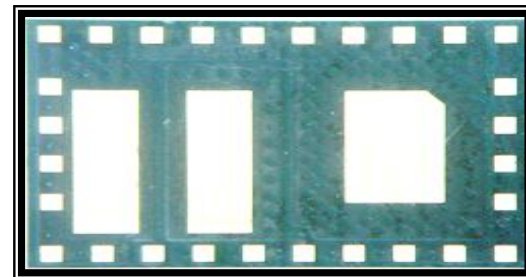
- 简化设计

- > 最简单的引脚排列
- > 引脚兼容提供不同负载电流产品

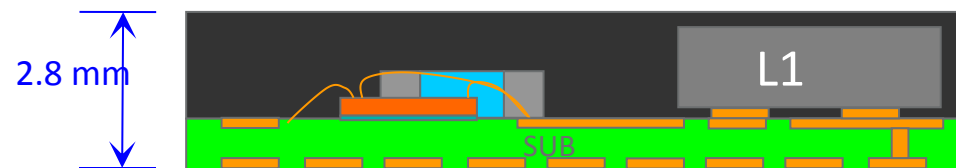
- 改善性能

- > 最高效率、最佳散热
- > -40°C至125°C

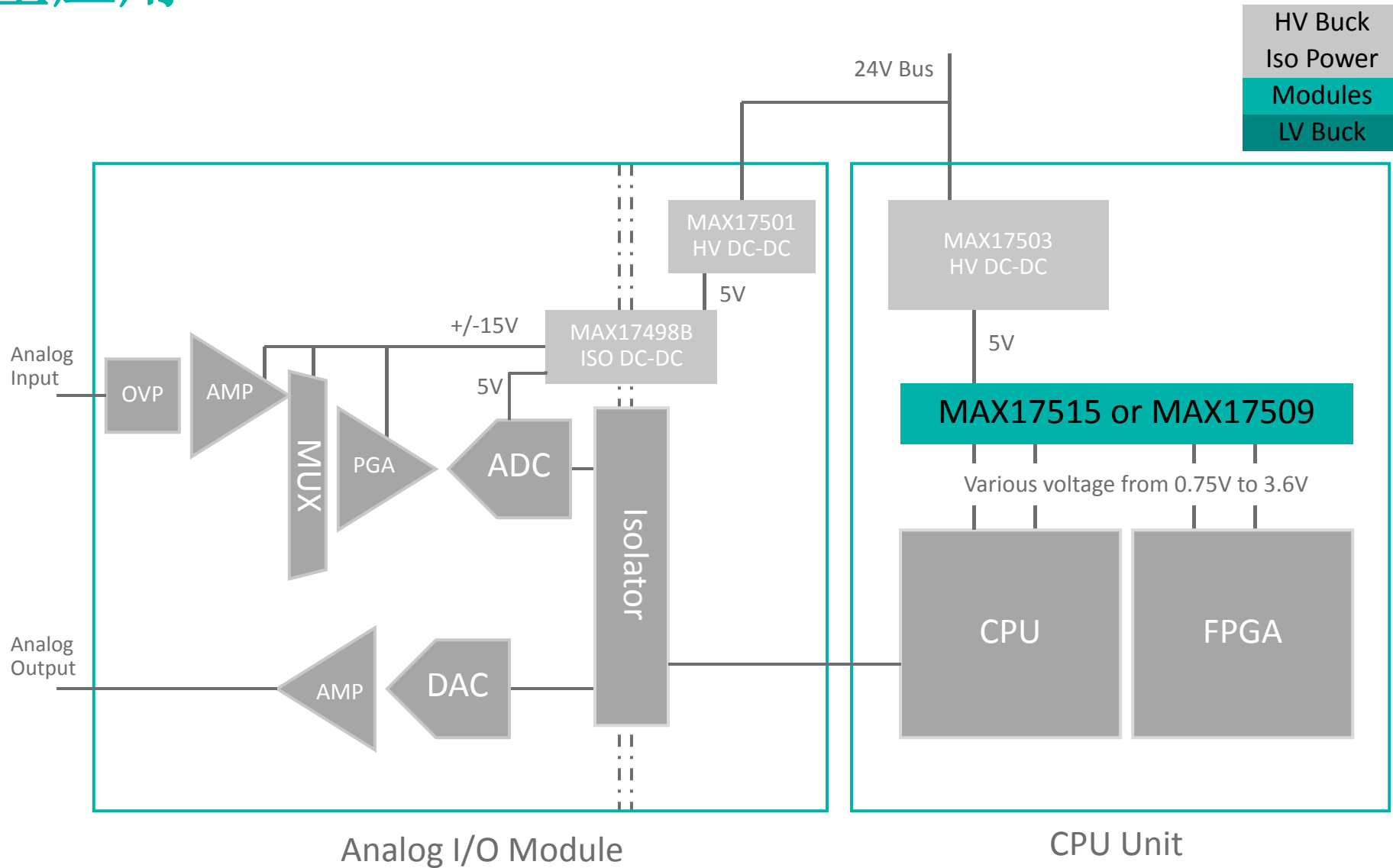
QFN-Like Pinout



Low Height



PLC典型应用





关注美信官方微信
尽享一手资讯



Empowering Design Innovation