

和电源大咖一起夯 基础（第二部分）

课程回放：

请微信扫描二维码，
获取课程观看链接



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ADI 智库

一站式电子技术宝库

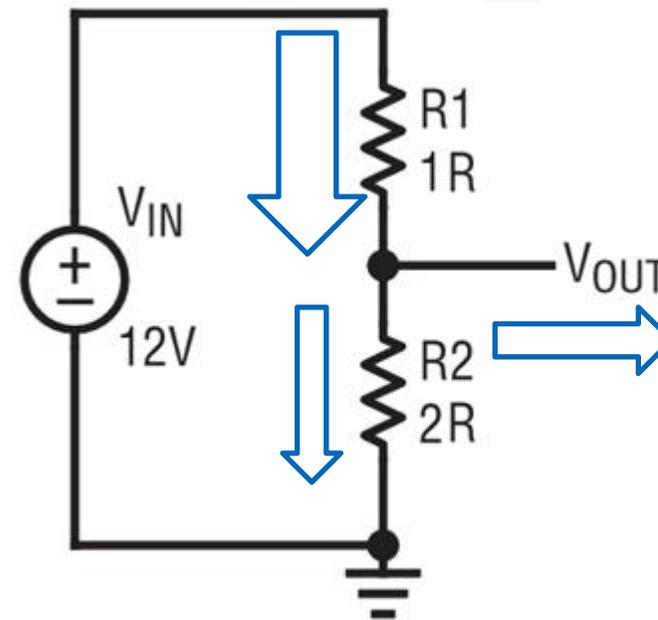
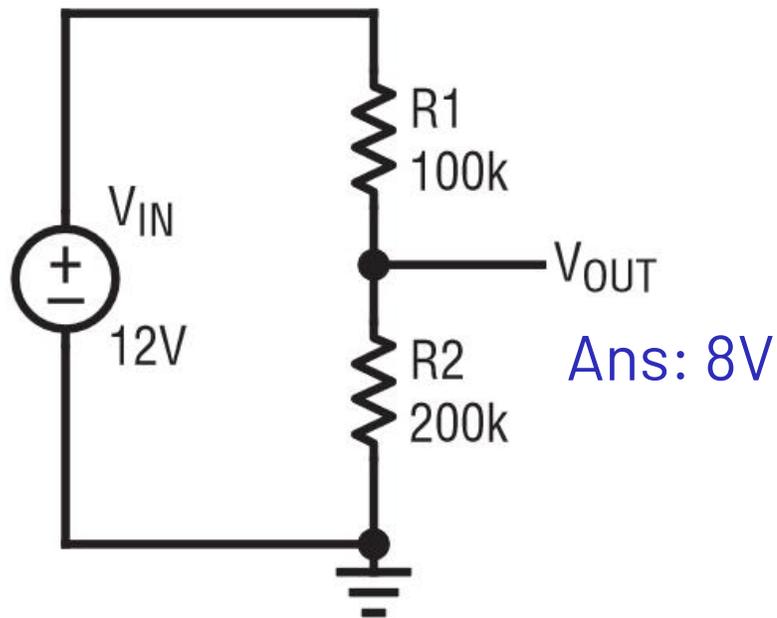
第四讲：线性稳压器 LDO选择与使用技巧



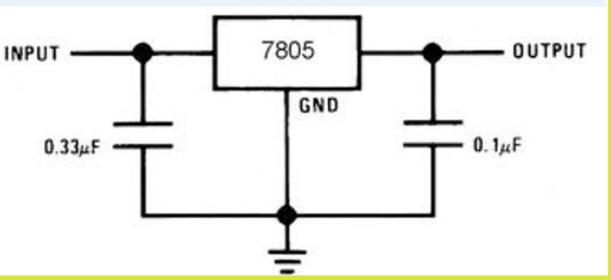
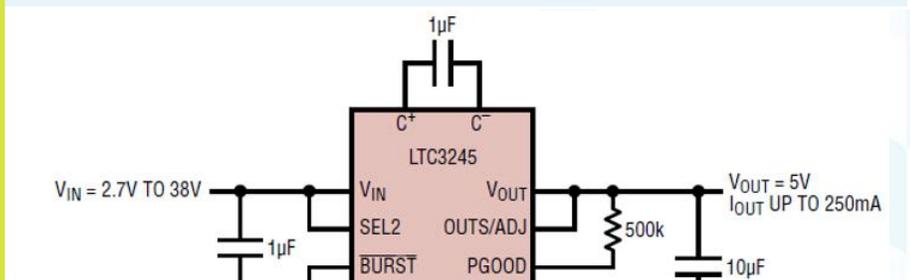
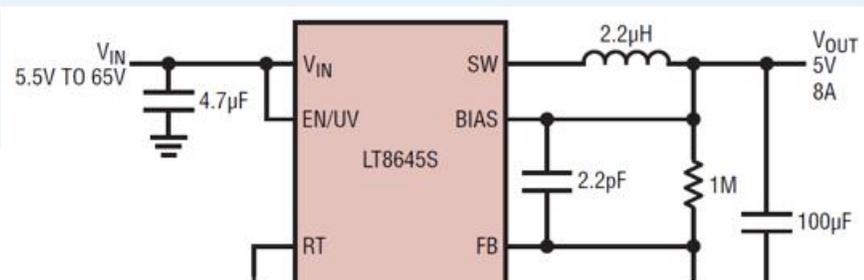
微信扫描二维码
获取课程观看链接

如何转换直流电源

- ▶ 如何获取想要的直流电源?
- ▶ 电压分配器

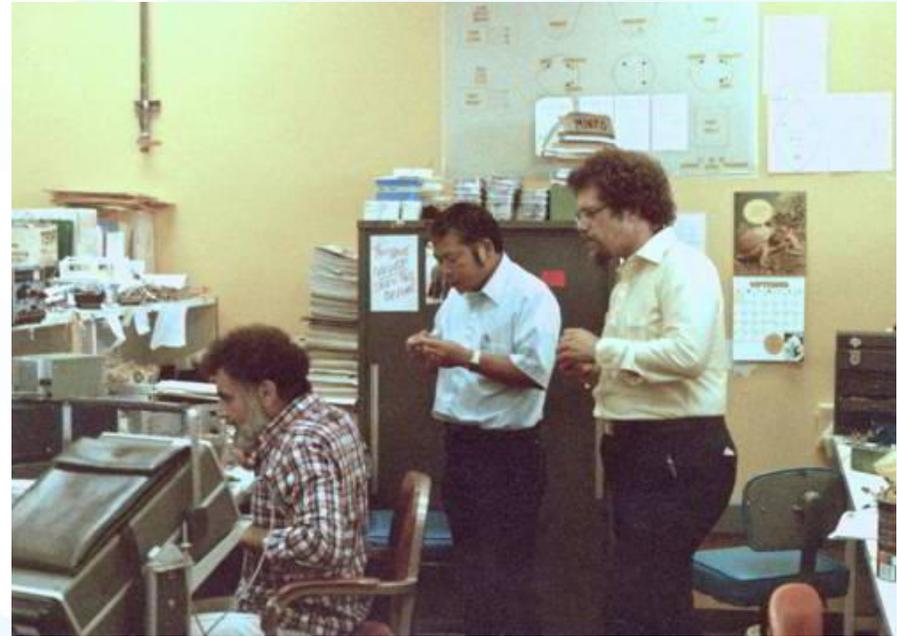
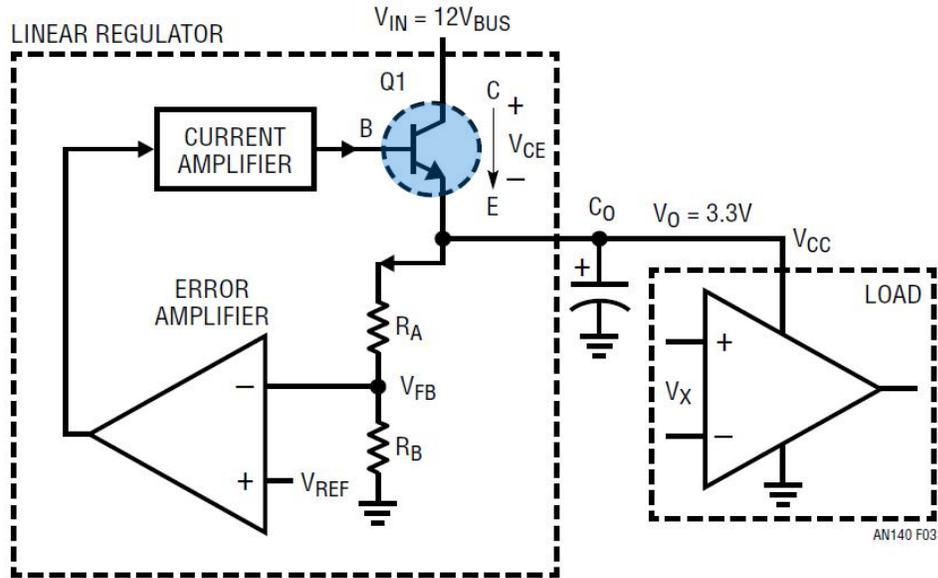


- ▶ 输出电压等于多少?
- ▶ 为何这不是一个好的电源?

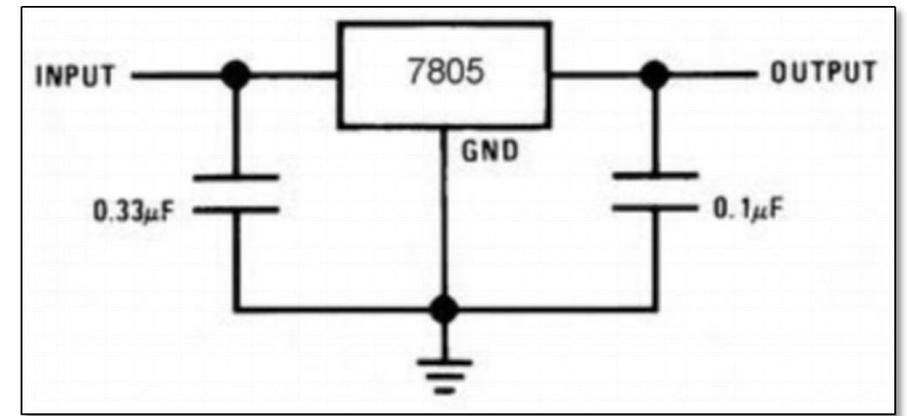
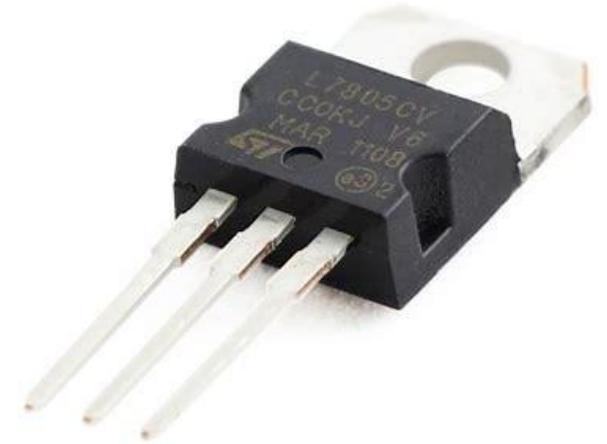
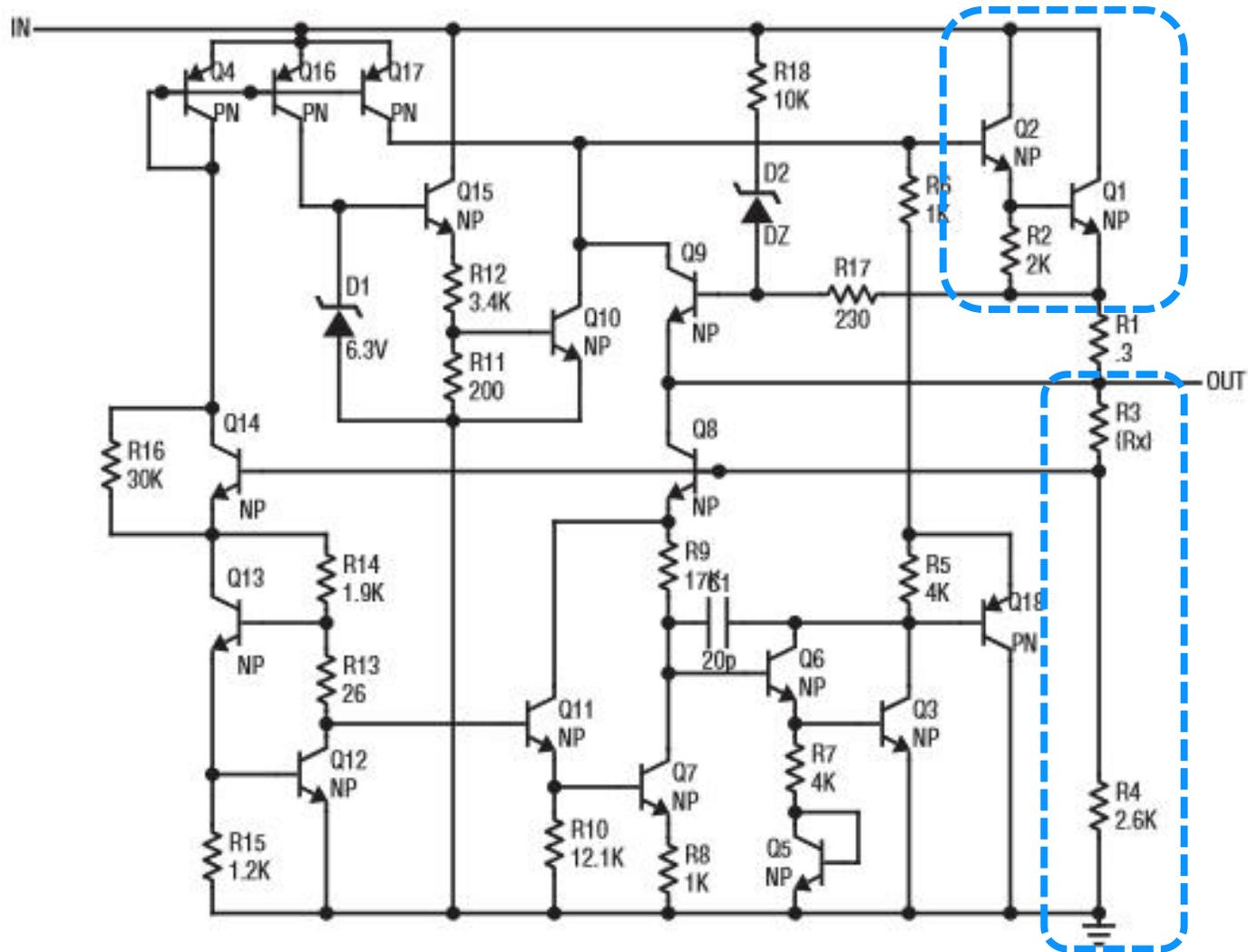
| 线性稳压器 (LDO) | 开关调压器 (DC/DC) | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 电容变换 (电荷泵) | 电感变换 |
| <ul style="list-style-type: none"> $V_0 < V_1$ | <ul style="list-style-type: none"> $V_0 > V_1$ (两倍, 三倍...) $V_0 < V_1$ (极少见) 负压输出 (反极性) | <ul style="list-style-type: none"> $V_0 > V_1$ (Boost) $V_0 < V_1$ (Buck) $V_{I_min} < V_0 < V_{I_max}$ (Buck-Boost) 负压输出 (反极性) |
| <ul style="list-style-type: none"> 简单易用 低噪声 快速的瞬态响应 | <ul style="list-style-type: none"> 比LDO更高的转换效率 设计简单, 只需要电容变化 | <ul style="list-style-type: none"> 能达到最高的效率 很多种不同的拓扑结构 可实现隔离变换 比较复杂的解决方案 |
| <ul style="list-style-type: none"> 不能升压 发热是个大问题 | <ul style="list-style-type: none"> 有限的输入输出范围 标准的电荷泵是不带调压的, 具有调压特性的电荷泵, 通常会有较高的损耗 非常有限的电流输出能力 | <ul style="list-style-type: none"> 引入磁场 不可避免的开关噪声 可满足更多设计的需求 |
|  |  |  |

线性变换器 (LDO)

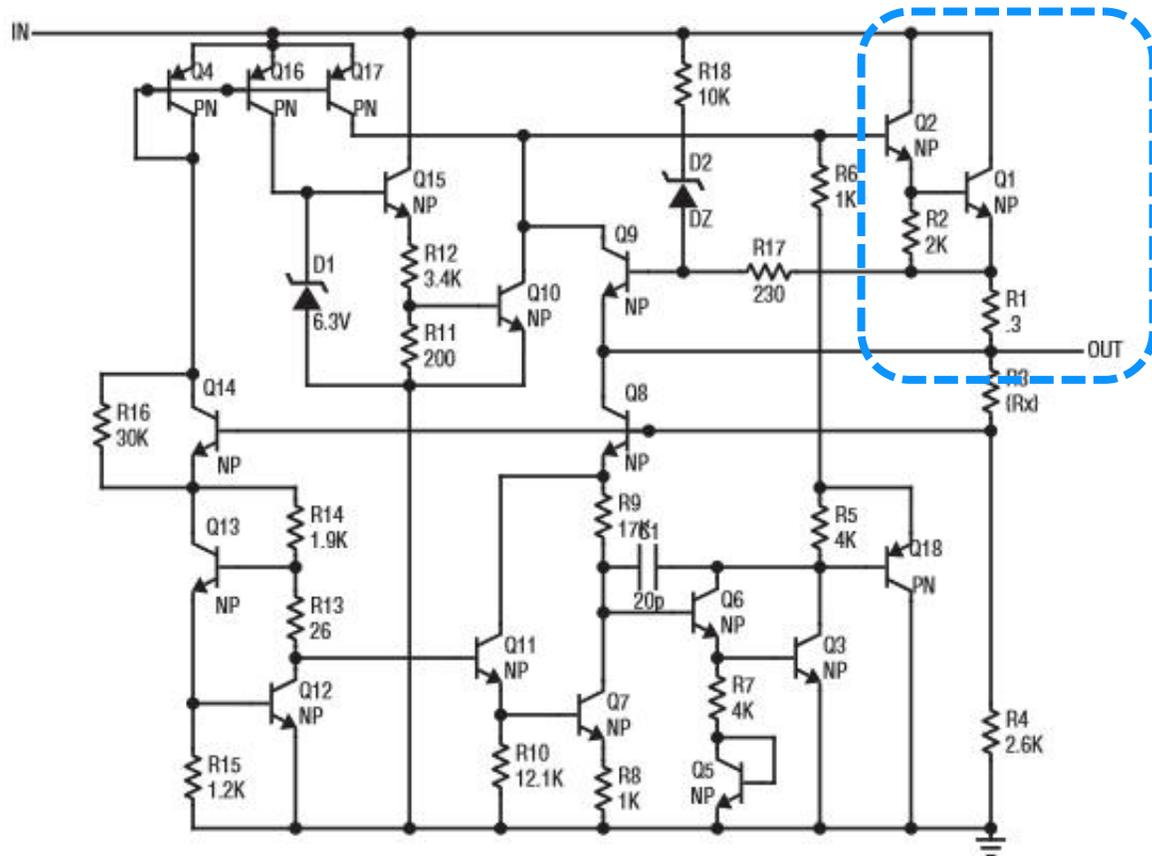
- ▶ 第一个推向市场芯片调压器(1970s)
 - LTC 创始人 Robert Dobkin and Bob Widlar 设计 LM317, 1976 (美国国家半导体)
- ▶ 回路中的晶体管运行于线性区
 - 就像放置了一个可调电阻在输入与输出之间, 勉强承受两个节点之间的电压降



一个最常见的线性调压器- 7805



LDO的效率问题



If $V_O = 11.5V$, $V_{IN} = 12V$, $\eta_{LR} = 95.8\%$
Very high, right?

$$\eta_{LR} = \frac{P_O}{P_{IN}} = \frac{V_O}{V_{IN}}$$

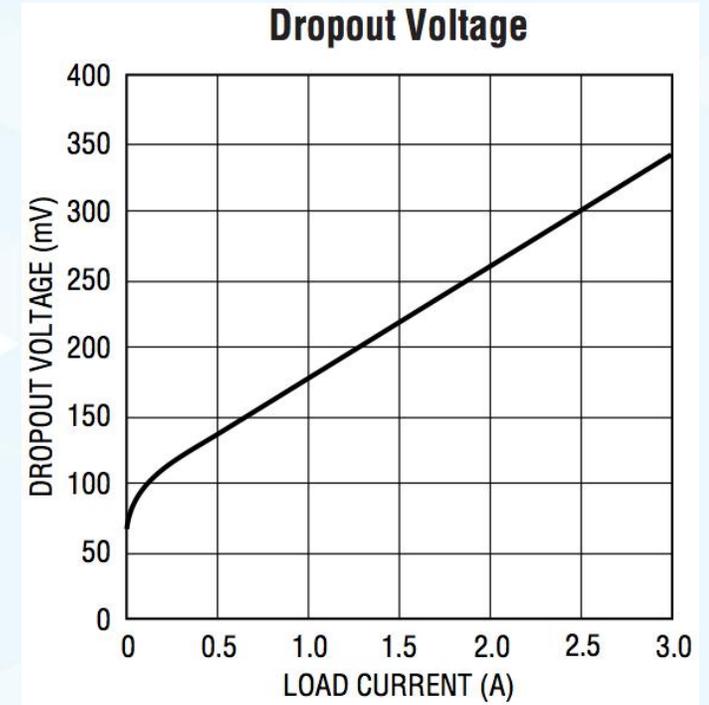
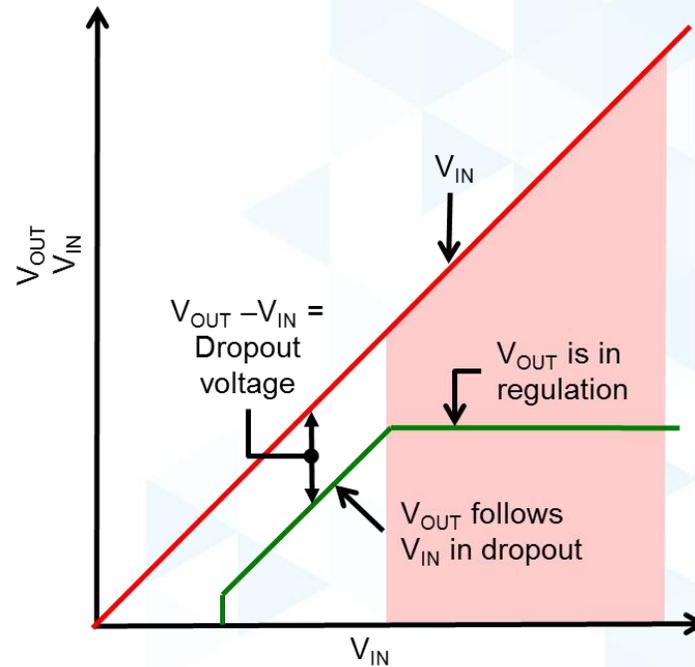
$$\therefore I_O \approx I_{IN}$$

$$V_O = 3.3V, V_{IN} = 12V$$

$$\eta_{LR} = 27.5\%$$

LDO 电压降

- ▶ 压降 (V_{DO}): 输入与输出之间能够维持正常工作的最小压差
- ▶ 对于稳压输出, 输入必须比输出高,
 $=V_{OUT}+V_{DO}$
 - LM7805 需要至少 2V 的降
 - LDO - 低压差器件, 通常 $<1V$ (~300mV 比较常见)
 - VLDO - 极低压差器件, $<100mV$
 - LT3071 只有 85mV 压差 @ 5A 输出
- ▶ 压差和输出电流有直接关系



损耗功率与热问题

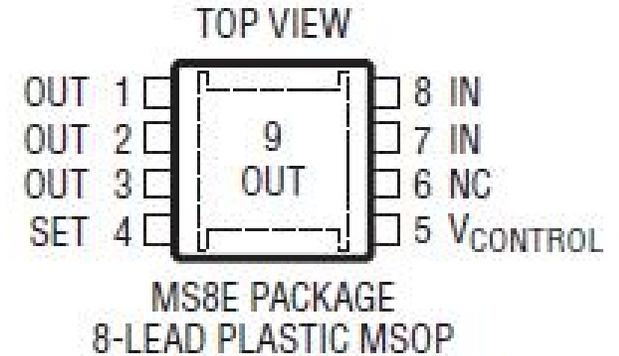
▶ 最大功率损耗(P_D)

- $P_D = [V_{IN(max)} - V_{OUT}] * I_{out} + I_Q * V_{IN(max)}$

▶ 结温(T_J)

- $T_J = T_A + P_D * (\theta_{HEATSINK} + \theta_{CASE - HEATSINK} + \theta_{JC})$
 - T_A = 环境温度
 - $\theta_{HEATSINK}$ = 散热器到空间热阻
 - $\theta_{CASE - HEATSINK}$ = 壳体到散热器热阻
 - θ_{JC} = 内核到外壳热阻

▶ 加散热器的目的: 确保内核温度 T_J 不会超过最大的规格书标定的可以正常运行的结温 T_J



$T_{JMAX} = 125^{\circ}\text{C}$, $\theta_{JA} = 60^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JC} = 10^{\circ}\text{C/W}$

EXPOSED PAD (PIN 9) IS OUT, MUST BE SOLDERED TO PCB

损耗功率与热问题

最大功率损耗(P_D)

- $P_D = [V_{IN(max)} - V_{OUT}] * I_{out} + I_Q * V_{IN(max)}$

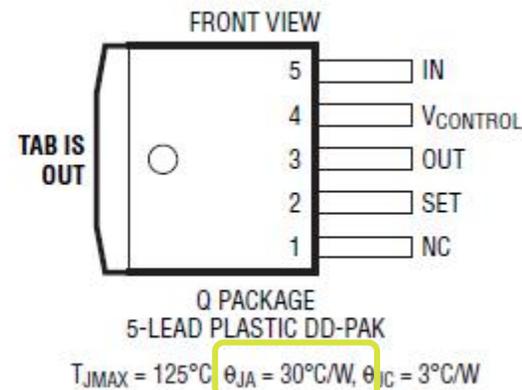
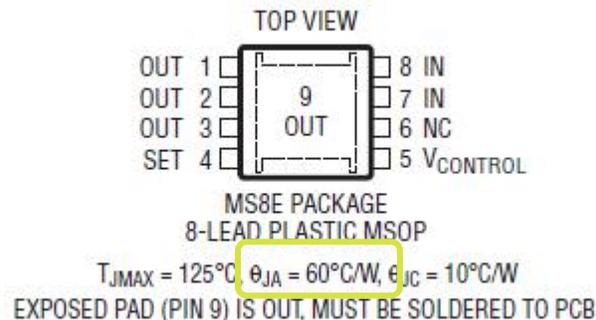
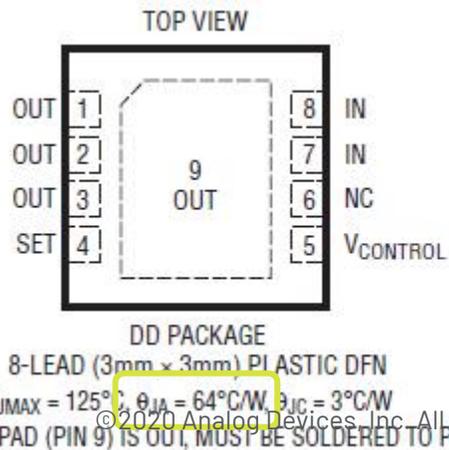
结温(T_J)

- $T_J = T_A + P_D * (\text{HEATSINK} + \text{CASE - HEATSINK} + \theta_{JC})$

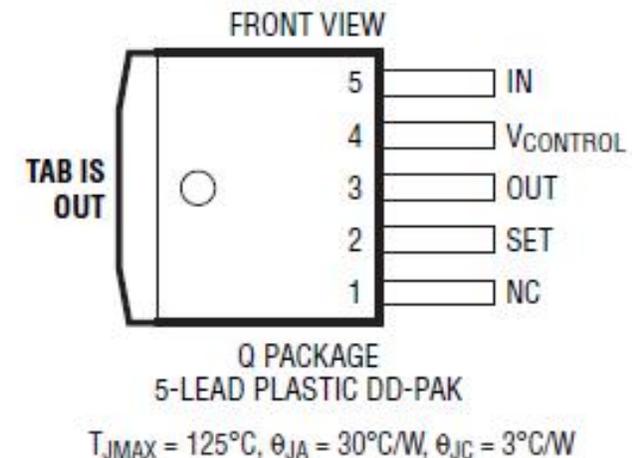
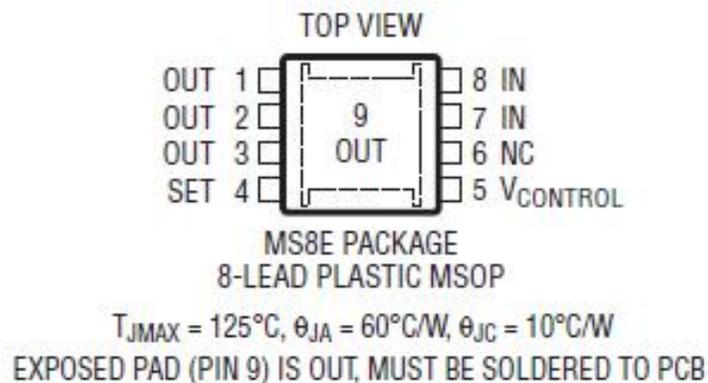
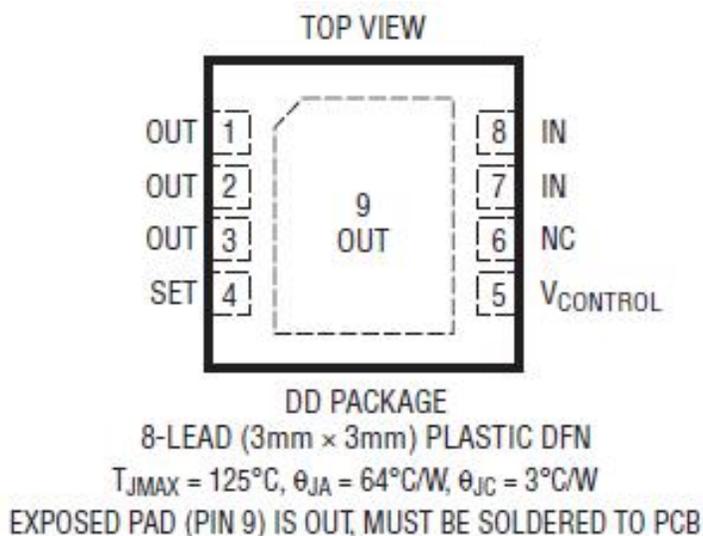
- T_A = 环境温度
- HEATSINK = 散热器到空间热阻
- CASE - HEATSINK = 壳体到散热器热阻
- θ_{JC} = 内核到外壳热阻

加散热器的目的: 确保内核温度 T_J 不会超过最大的规格书标定的可以正常运行的结温 T_J

不同封装有不同的热阻, 依照最大PD选择正确的封装形式.



损耗功率与热问题



假设环境25度
压差2V, 电流0.7A

$$T_J = 25 + 1.4 \times 64 = \mathbf{114.6^{\circ}\text{C}}$$

$$T_J = 25 + 1.4 \times 60 = \mathbf{109^{\circ}\text{C}}$$

$$T_J = 25 + 1.4 \times 30 = \mathbf{67^{\circ}\text{C}}$$

假设环境40度
压差2V, 电流0.7A

$$T_J = 40 + 1.4 \times 64 = \mathbf{129.6^{\circ}\text{C}}$$

$$T_J = 40 + 1.4 \times 60 = \mathbf{124^{\circ}\text{C}}$$

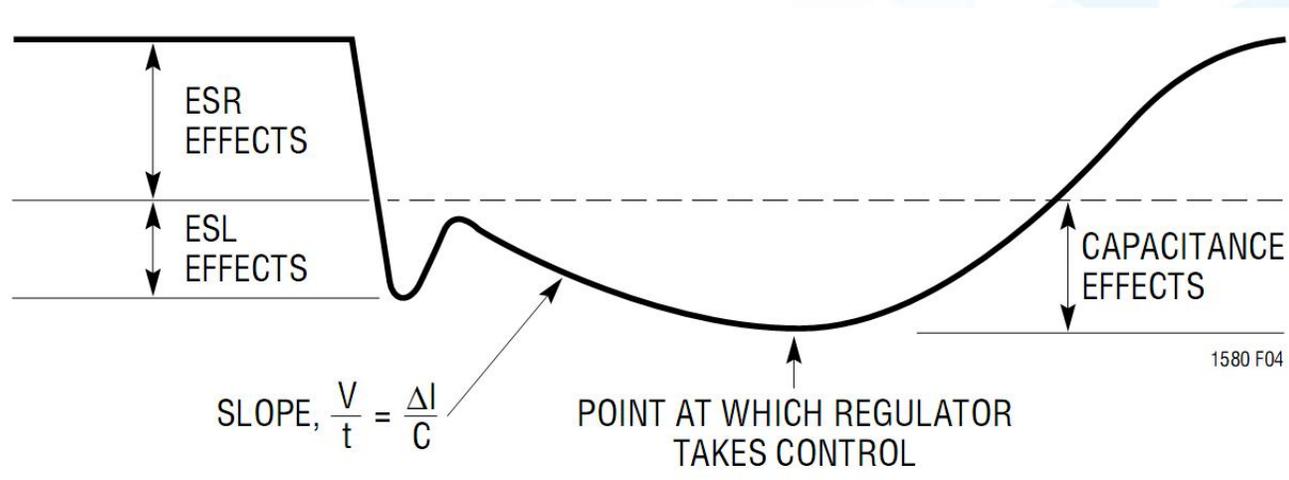
$$T_J = 40 + 1.4 \times 30 = \mathbf{82^{\circ}\text{C}}$$

$$T_J = T_A + P_D * (\text{HEATSINK} + \text{CASE - HEATSINK} + \text{JC})$$

$$P_D = [V_{IN}(\text{max}) - V_{OUT}] * I_{out} + I_Q * V_{IN}(\text{max})$$

输入输出电容的影响

- ▶ 适当大小的C_{IN}，防止调整器在瞬态突变负载时进入跌落状态。
- ▶ C_{out}特性影响稳定性和瞬态响应。
 - 如果c_{out}的类型和/或值没有选择恰当，一些LDO可能存在稳定性问题。
- ▶ 一般来说，较大的c_{out}值会减少峰值偏移，改善瞬态响应
- ▶ 通常，用于暂态响应的最佳c_{out}是不同类型电容器并联组合



FEATURES

- Outputs May be Paralleled for Higher Current and Heat Spreading
- Output Current: 1.1A
- Single Resistor Programs Output Voltage
- 1% Initial Accuracy of SET Pin Current
- Output Adjustable to 0V
- Low Output Noise: 40 μ V_{RMS} (10Hz to 100kHz)
- Wide Input Voltage Range: 1.2V to 36V
- Low Dropout Voltage: 350mV (Except SOT-223 Package)
- <1mV Load Regulation
- <0.001%/V Line Regulation
- Minimum Load Current: 0.5mA
- Stable with 2.2 μ F Minimum Ceramic Output Capacitor
- Current Limit with Foldback and Overtemperature Protected
- Available in 8-Lead MSOP, 3mm \times 3mm DFN, 5-Lead DD-Pak, TO-220 and 3-Lead SOT-223

LM1117

SNOS412N – FEBRUARY 2000 – REVISED JANUARY 2016

Dropout Linear Regulator

3 Description

The LM1117 is a low dropout voltage regulator with a dropout of 1.2 V at 800 mA of load current.

The LM1117 is available in an adjustable version, which can set the output voltage from 1.25 to 13.8 V with only two external resistors. In addition, it is available in five fixed voltages, 1.8 V, 2.5 V, 3.3 V, and 5 V.

The LM1117 offers current limiting and thermal shutdown. Its circuit includes a Zener trimmed bandgap reference to assure output voltage accuracy to within $\pm 1\%$.

A minimum of 10- μ F tantalum capacitor is required at the output to improve the transient response and stability.

Device Information⁽¹⁾

| PART NUMBER | PACKAGE | BODY SIZE (NOM) |
|--------------------|-------------|-----------------------------|
| LM1117, LM1117I | SOT-223 (4) | 6.50 mm \times 3.50 mm |
| | TO-220 (3) | 14.986 mm \times 10.16 mm |
| | TO-252 (3) | 6.58 mm \times 6.10 mm |
| | WSON (8) | 4.00 mm \times 4.00 mm |
| | TO-263 (3) | 10.18 mm \times 8.41 mm |

AMS1117功能

AMS1117是一个低漏失电压调整器，它的稳压调整管是由一个PNP驱动的NPN管组成的，漏失电压定义为： $V_{DROP} = V_{BE} + V_{SAT}$ 。

AMS1117有固定和可调两个版本可用，输出电压可以是：1.2V, 1.5V, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.0V, 3.3V, 和5.0V。片内过热切断电路提供了过载和过热保护，以防环境温度造成过高的结温。

为了确保AMS1117的稳定性，对可调电压版本，输出需要连接一个至少22 μ F的钽电容。对于固定电压版本，可采用更小的电容，具体可以根据实际应用确定。通常，线性调整器的稳定性随着输出电流增加而降低。

AMS1117极限参数

| 参数 | 符号 | 范围 | 单位 |
|-------------|-------------------|------------|----|
| 输入工作电压 | V _{IN} | 20 | V |
| 引脚温度 (焊接5秒) | T _{Lead} | 260 | °C |
| 工作结温范围 | T _J | 150 | °C |
| 储存温度 | T _{STG} | -65 ~ +150 | °C |
| 功耗 | P _D | 内部限制 (注1) | mW |
| ESD能力 (最小值) | ESD | 2000 | V |

注1：最大允许功耗是最大工作结温T_J(max)，结对空热阻 θ_{JA} 和环境温度T_{amb}的函数。最大允许功耗在给定的环境温度下， $P_D(max) = (T_J(max) - T_{amb})/\theta_{JA}$ 。超过最大允许功耗会导致芯片温度过高，调整器因此会进入到过热切断状态。不同封装类型的结对空热阻 θ_{JA} 是不同的。

低噪声LDOs

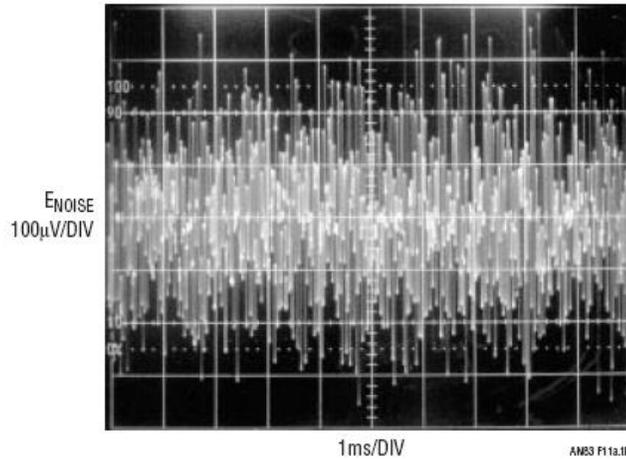
▶ 需要低噪声电源的:

▶ 通讯设备

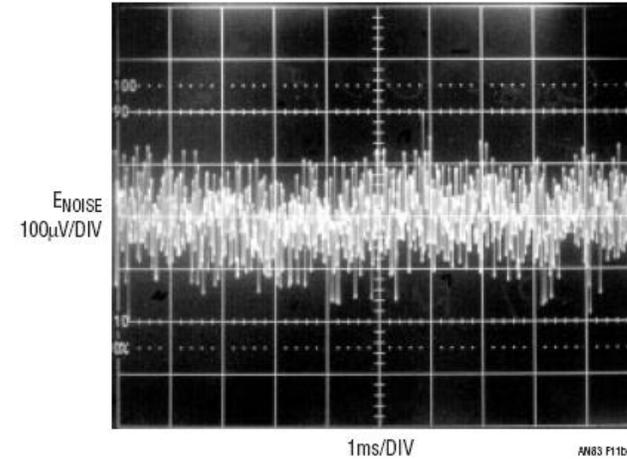
▶ 网络

▶ 音频

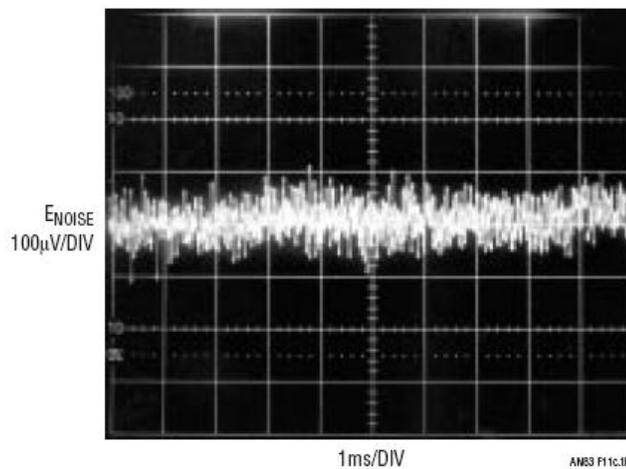
▶ 仪器仪表



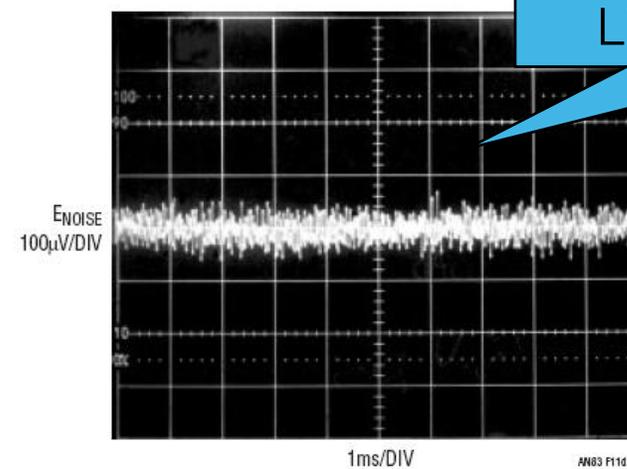
(11a) Manufacturer "MI" Output Voltage Noise (5V Output)



(11b) Manufacturer "NS" Output Voltage Noise (5V Output)



(11c) Manufacturer "MA" Output Voltage Noise (5V Output)



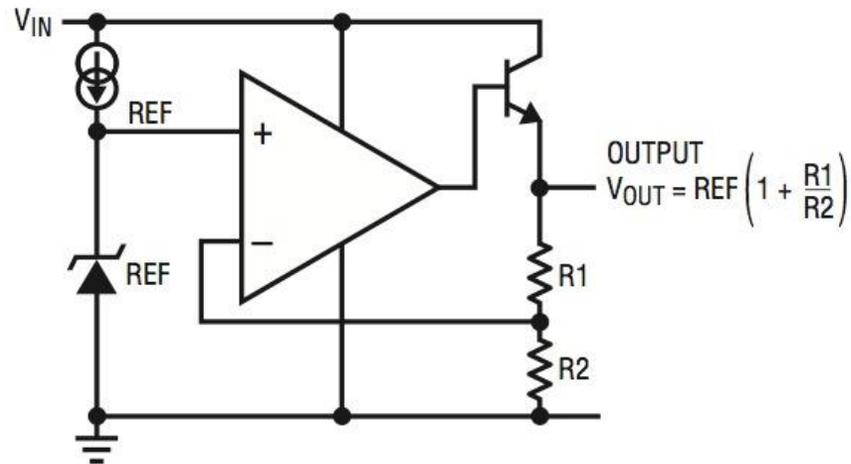
(11d) LT1761-5 Output Voltage Noise (5V Output)

LT1761-5 has 20uVrms

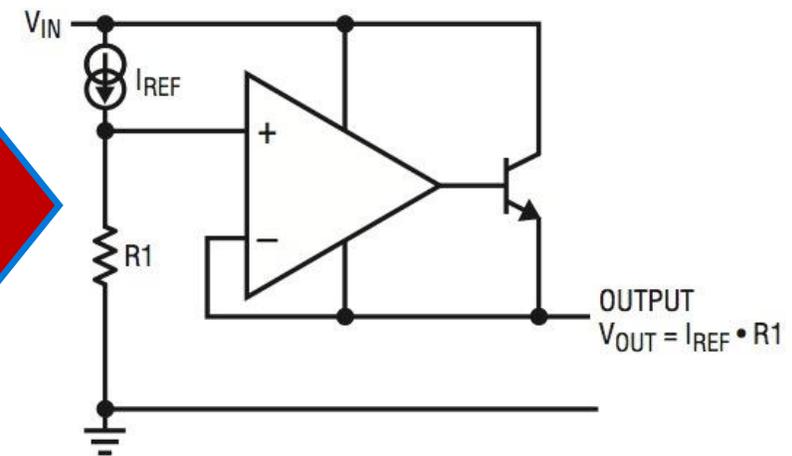
LDO的新发展

新的线性调节器结构具有精确的电流源基准
相比旧的构架，极大改善了电压调节能力和瞬态响应。

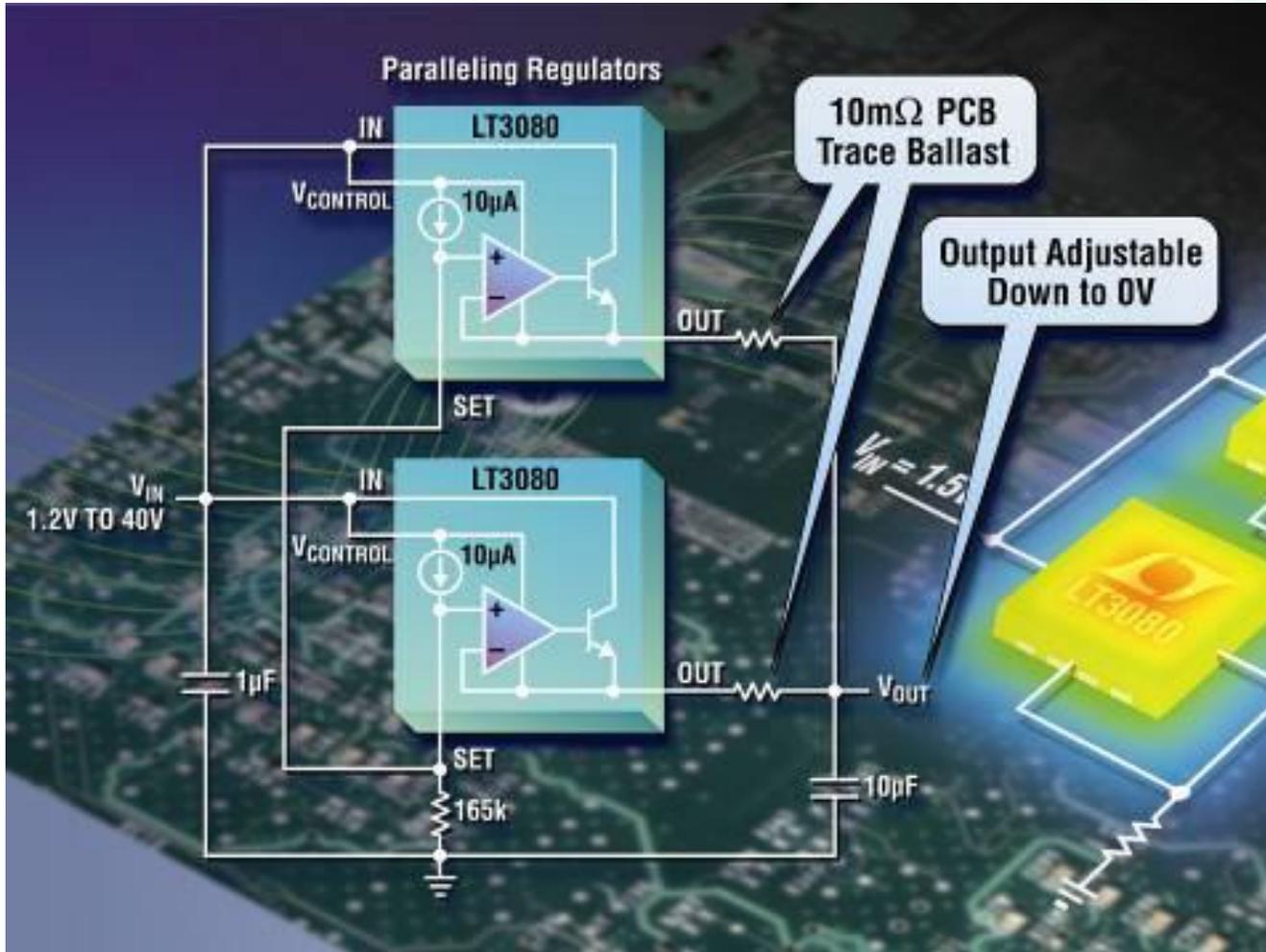
- ▶ 输出电压降到零是可能的
- ▶ 可以非常简单并联可以获得更大的输出电流和用户自定义的电流限制。



第一代LDO发明人的新产品构架



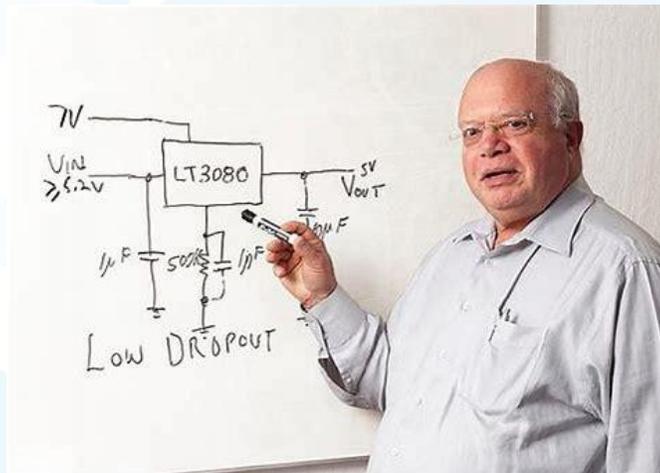
LT3080: 第一个推向市场的创新产品



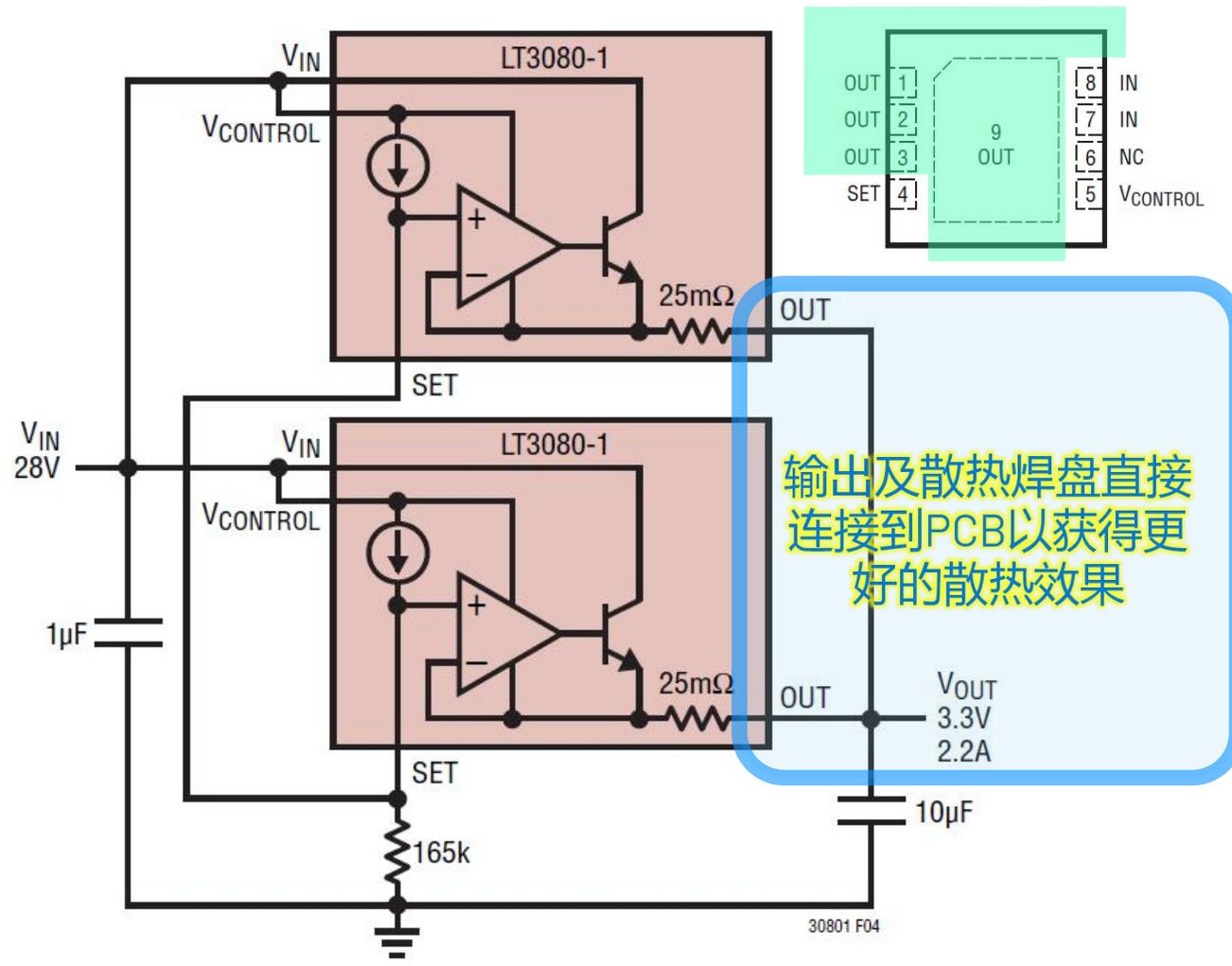
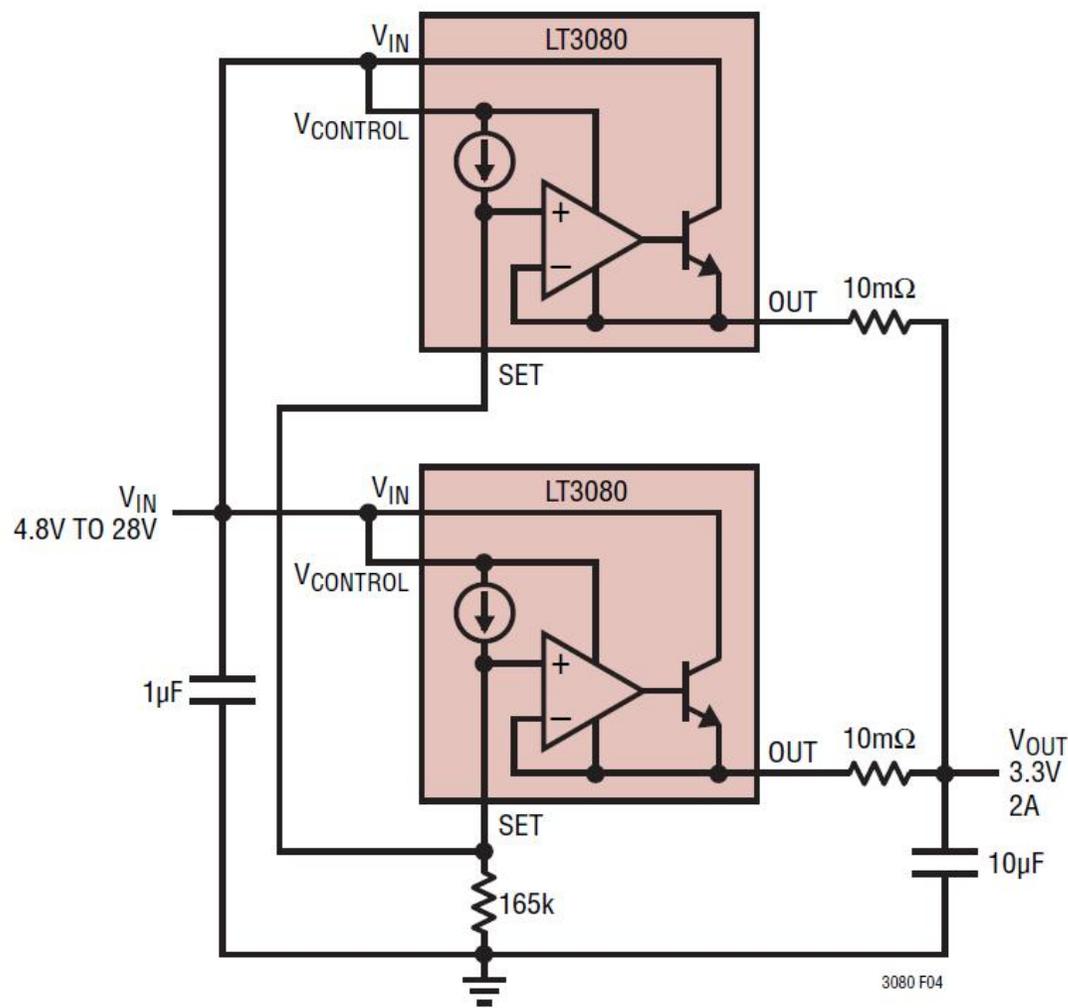
独特的电流源基准允许:

- 并联以获得更高的输出电流, 分担PCB热量
- 用一个电阻设置 V_{OUT}
- V_{OUT} 可以从0V起调

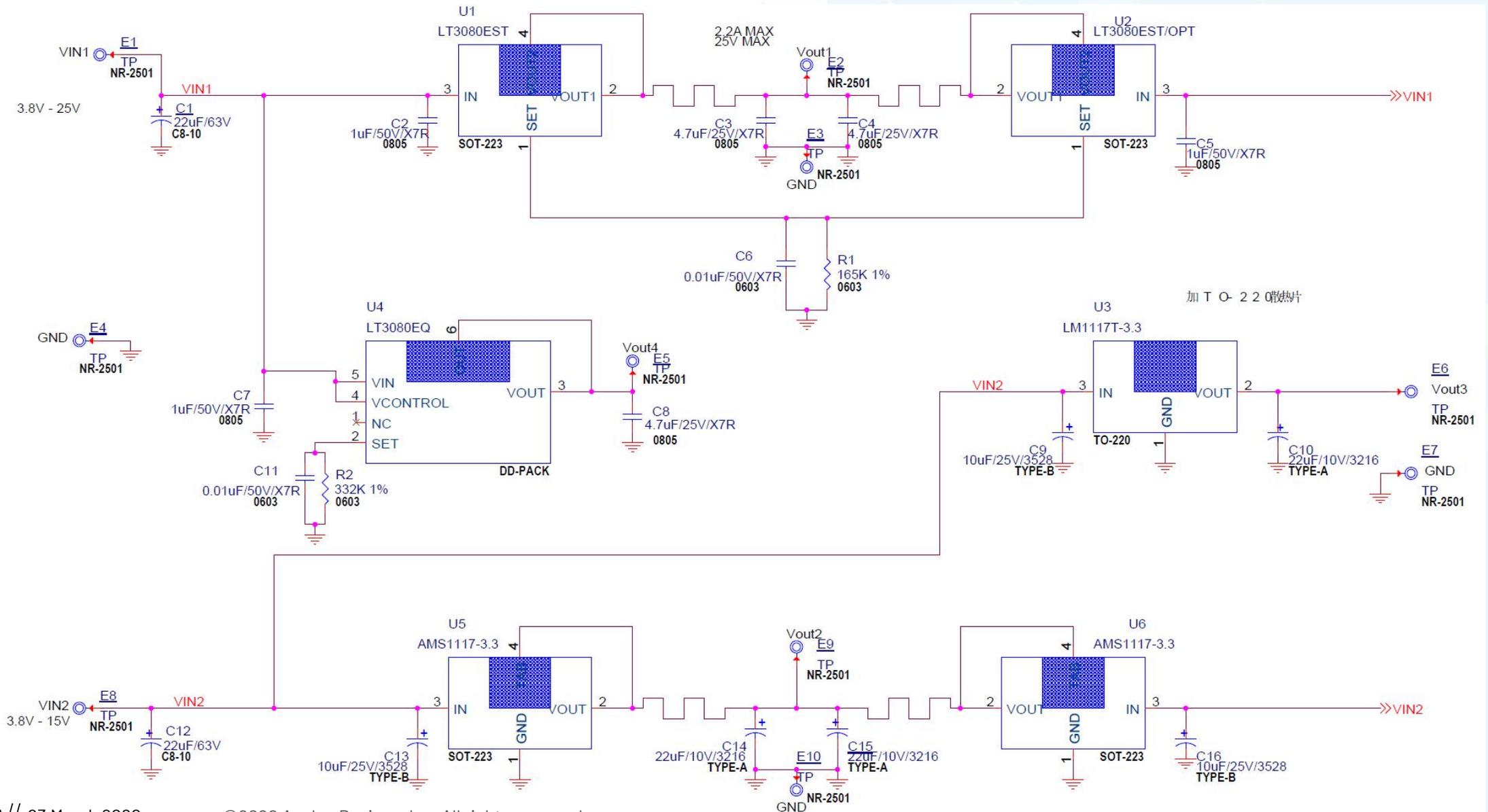
First New LDO Architecture in
~30 Years (2006)!



LT3080-1, LT3080的简化版本



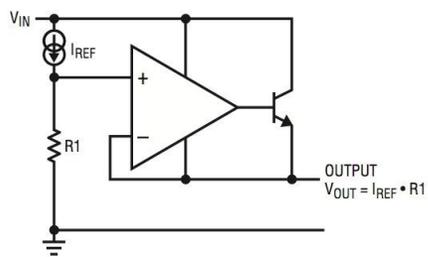
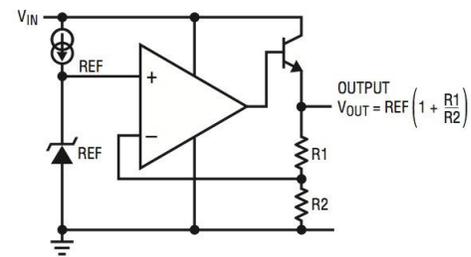
将要展现的电路



将要展现的电路

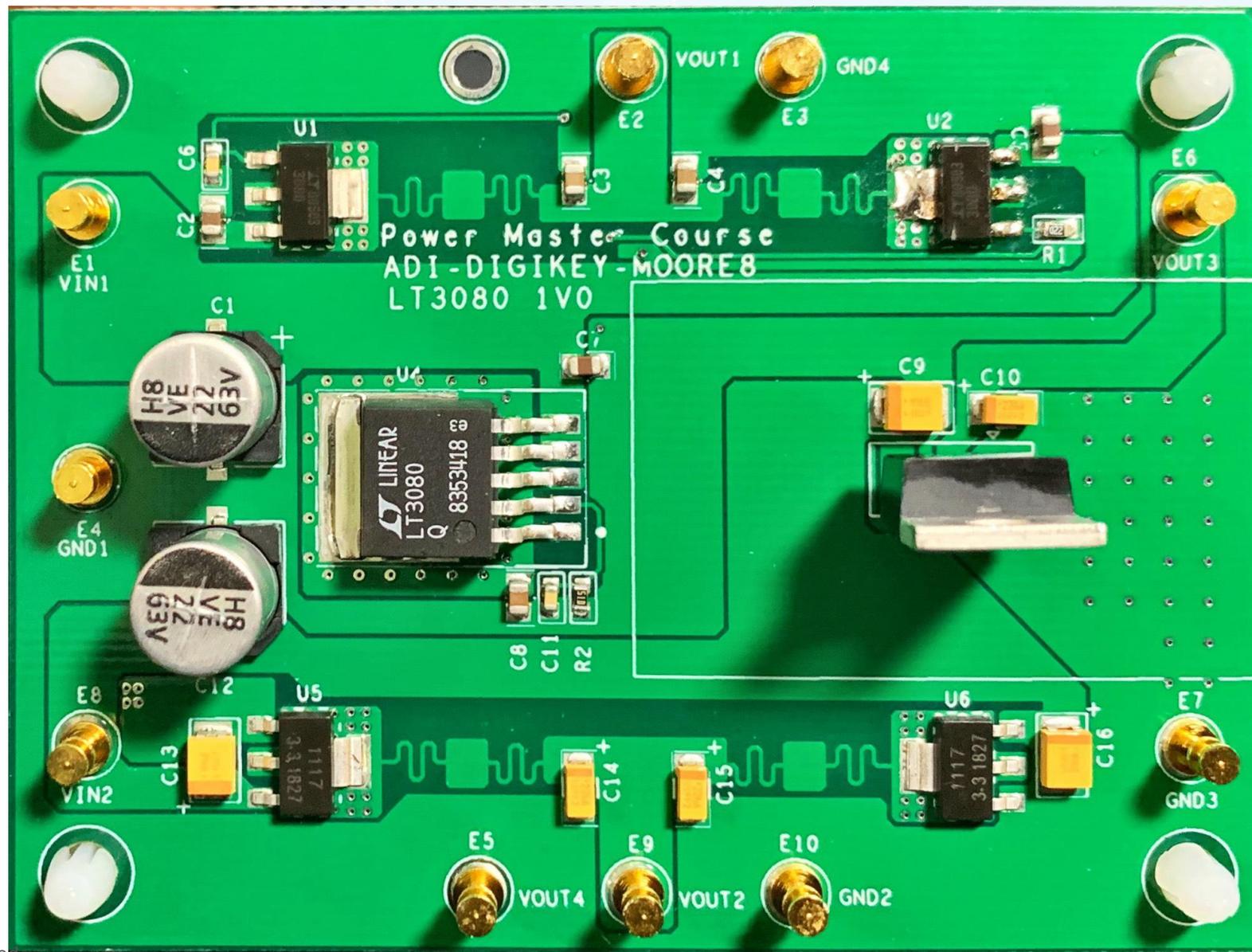
实验验证

- ▶ LDO热阻问题
- ▶ 散热片对LDO的帮助
- ▶ 密闭腔体下散热器的帮助，需要进一步验证
- ▶ 空气流动的重要性
- ▶ 两类LDO并联问题



更多实验

- ▶ 导热胶垫对散热效果的影响
- ▶ 电容对LDO稳定性的影响
- ▶ 瞬态响应比较



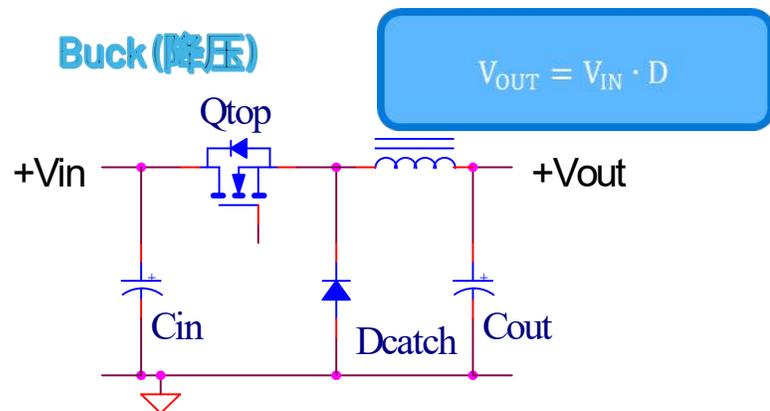
第五讲：开关电源 拓扑结构



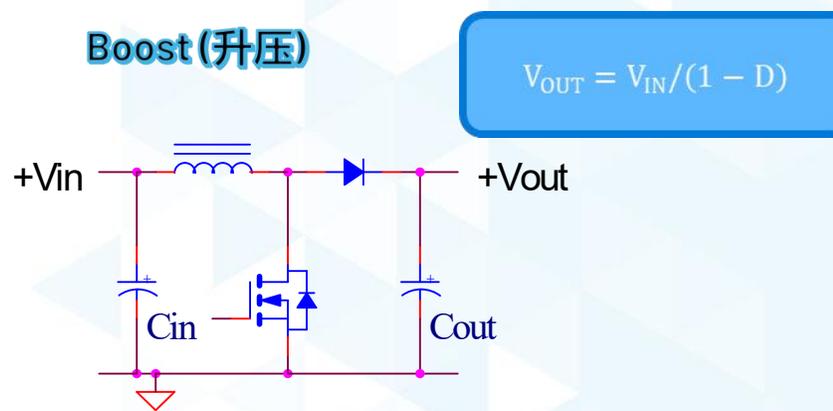
微信扫描二维码
获取课程观看链接

板上电源常见的非隔离拓扑

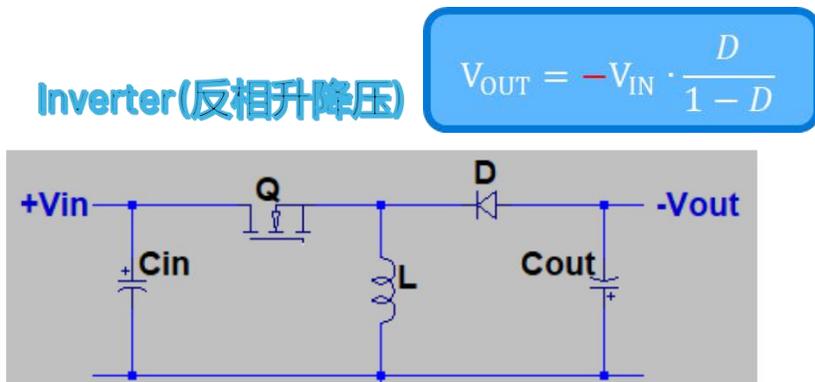
输出总是低于输入



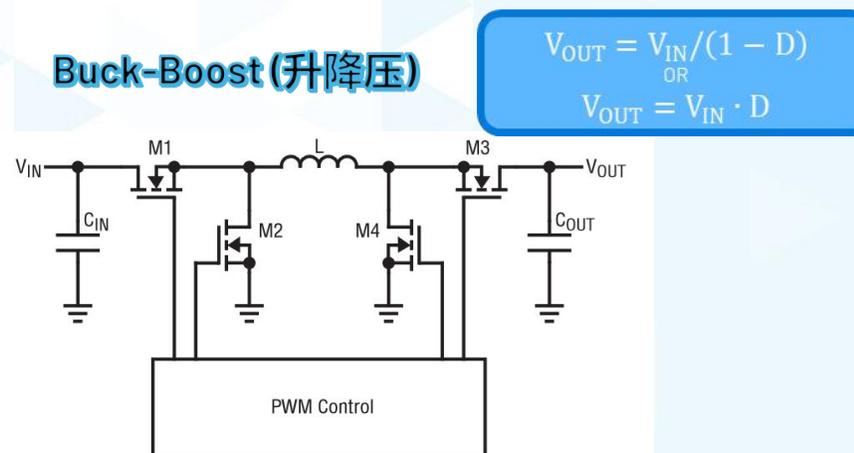
输出总是高于输入



输出可能低于输入,也可能高于输入

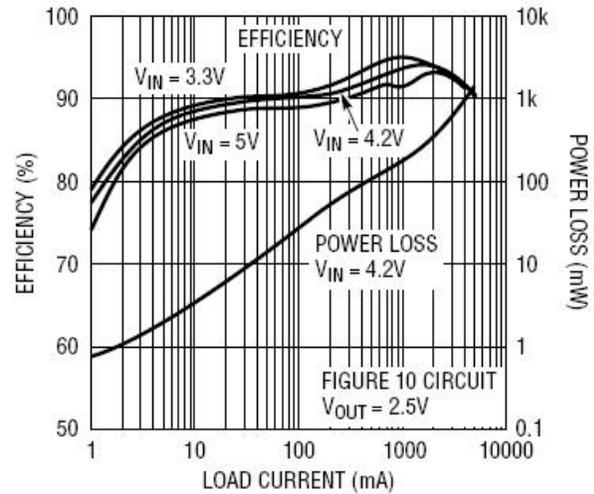
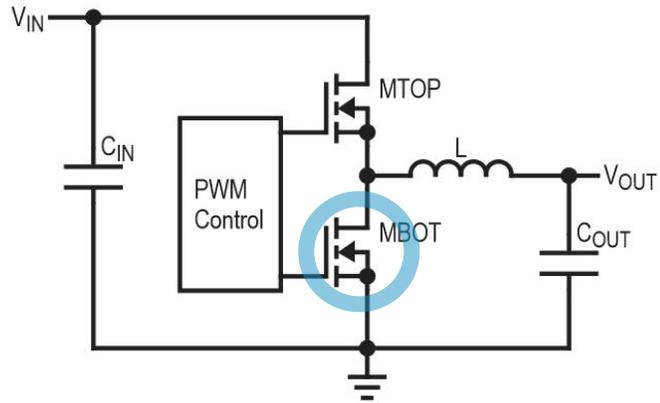


Buck-Boost (升降压)



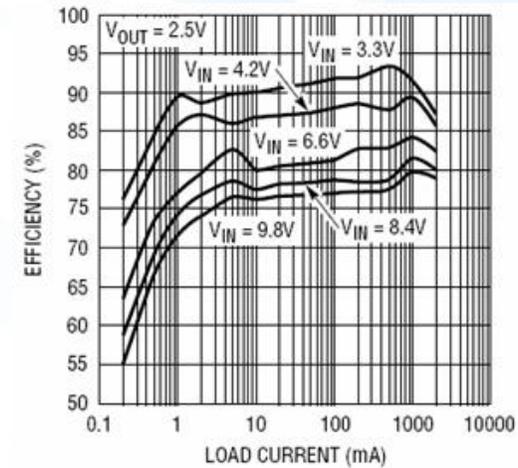
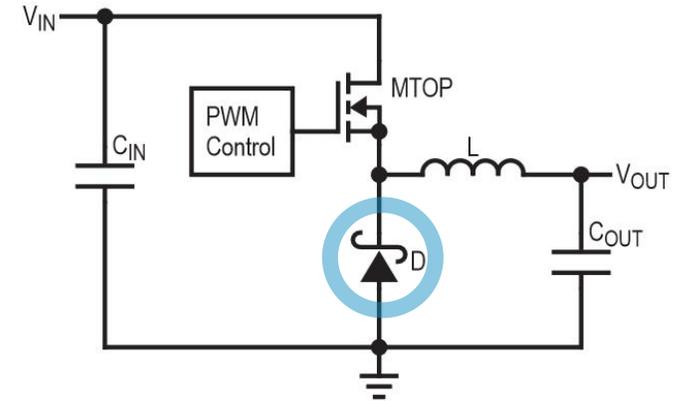
同步 vs. 非同步BUCK

使用同步MOS管作为续流管



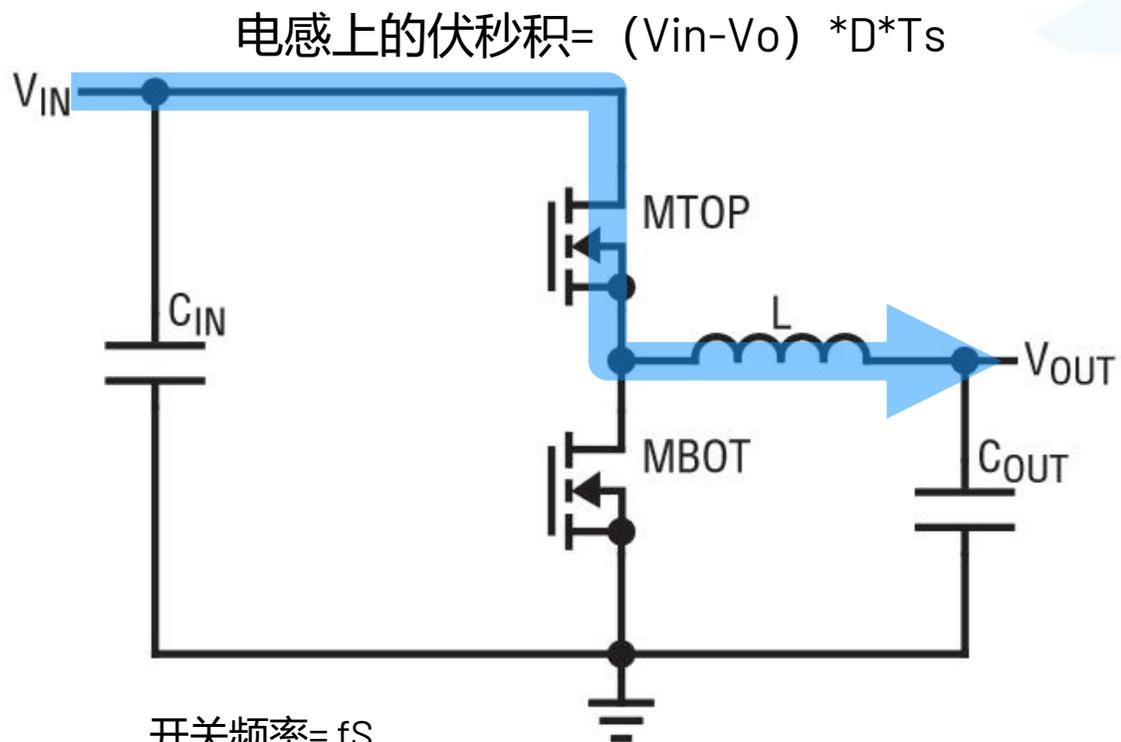
LTC3809, 同步BUCK

使用肖特基二极管作为续流管



LTC3801, 非同步BUCK

Buck 工作



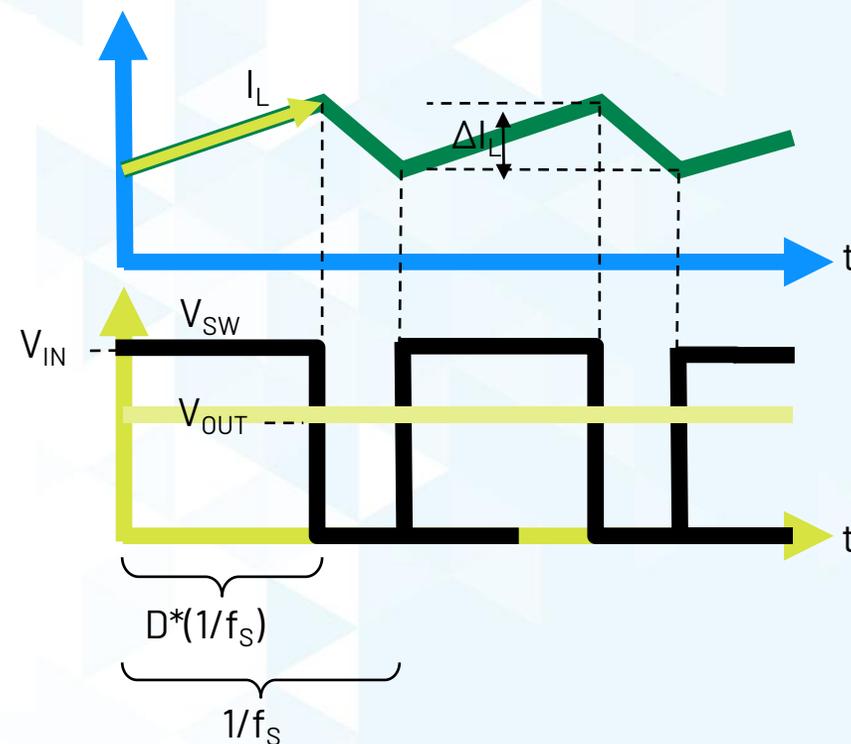
开关频率= f_s

M_{TOP}: 开关管

M_{BOT}: 续流管

C_{IN} 提供高频开关电流

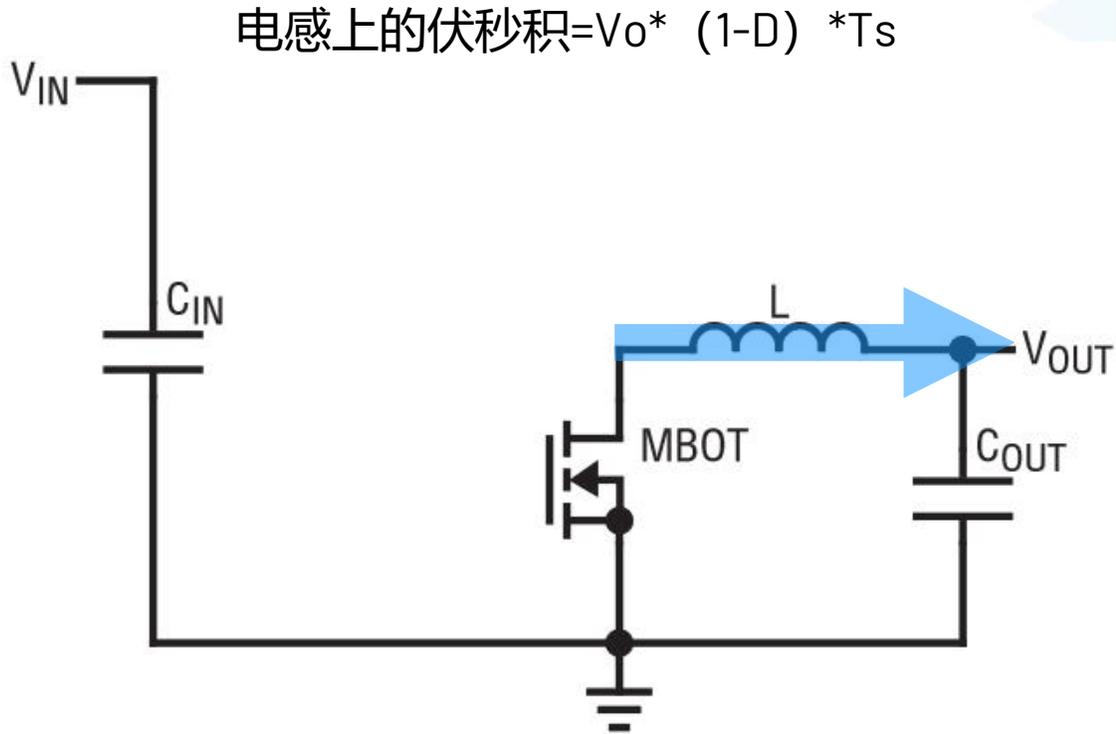
L C_{OUT} 输出滤波



开通M_{TOP}: $D * (1/f_s) = T_{on} = D * T_s$

电感两端的电压是左正右负，流过电感的电流线性上升；

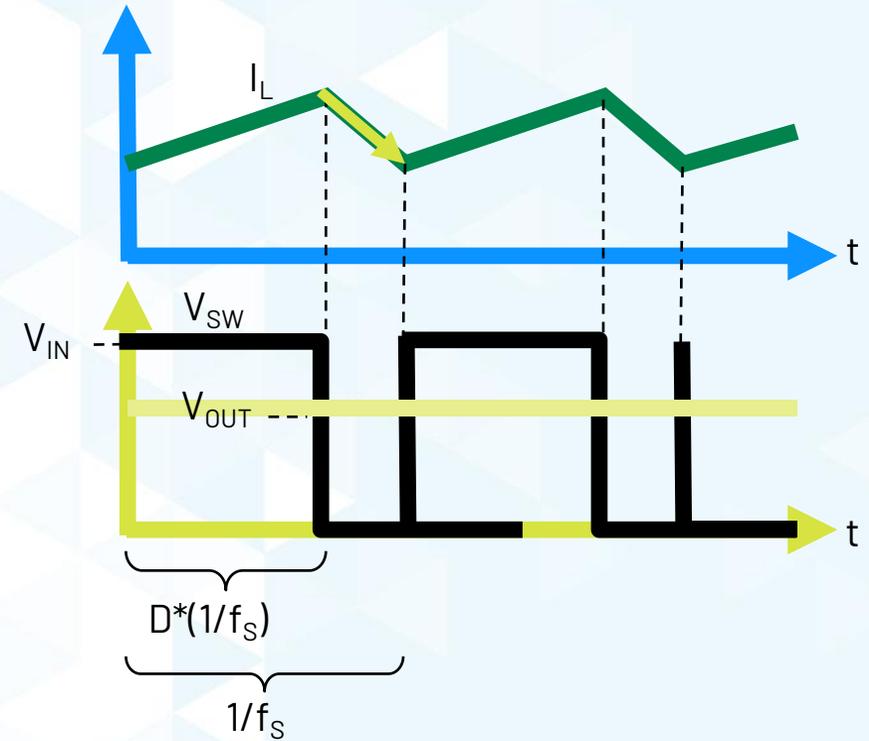
Buck 工作



稳态, 连续 (CCM), 器件理想

电感电流在开通和关断电流变化相等

开通关断伏秒积平衡 $V_o = V_{in} * D$



开通MBOT: $(1-D) * (1/f_s) = T_{off} = (1-D) * T_s$

输出电压夹在电感两端, 电感上的电压为右正左负, 电感电流线性下降。

Buck数学公式

- $V_{OUT} = V_{IN} \cdot D; D = t_{ON} \cdot f_s$
- $\Delta I_L = \frac{V_{OUT} \cdot (1 - V_{OUT}/V_{IN})}{L \cdot f_s};$ 最大纹波电流出现在最高输入 (LT8650S Demo)
- 一般原则: $\Delta I_L = 0.2I_O$ to $0.4I_O$ 去计算电感
- $L = \frac{V_{OUT} \cdot (1 - V_{OUT}/V_{IN})}{\Delta I_L \cdot f_s};$ 电感量计算要按照最高输入电压计算
- $I_{L(MAX)} = I_{OUT} + 0.5\Delta I_L$ 要求小于电感饱和电流
- $V_{RIPPLE} = \Delta I_L \cdot \left(ESR_{C_{OUT}} + \frac{1}{8f_s C_{OUT}} \right)$ 输出纹波, 容性分量+阻性分量
- $I_{C_{IN}(RMS)} = \frac{I_{OUT(MAX)}}{\eta} \left(\sqrt{D(1-D)} \right)$ 输入电容纹波电流, D=0.5时最大

- ▶ 电感是开关电源中必不可少的器件之一，涉及到磁的理论知识；
- ▶ AC/DC用到的电感有：EMI滤波电感，PFC电感、输出滤波电感、反激变压器（实为耦合电感）；
- ▶ 板上DC/DC用到的电感多为EMI滤波电感、BUCK输出电感、Boost输入电感等；
- ▶ 电感相关知识点：
 - 能量存储型的电感都是有气隙的；
 - 电感按应用分有储能型电感和EMI滤波电感；
 - 电感按材质分可以分为铁氧体，铁粉（iron powder），磁粉（铁硅铝，MPP，高通等）；
 - 电感损耗包括铜损和铁损，铜损也就是线圈损耗，铁损是磁芯损耗。



滤波电感



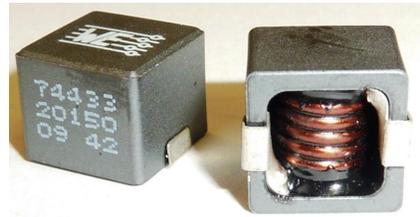
贴片储能电感-屏蔽



贴片储能电感-非屏蔽

铁氧体电感和一体成型粉芯电感

铁氧体
电感



磁芯损耗（涡流部分）相对较小
边缘磁通会有额外的损耗
硬饱和
尺寸较大

一体成型
电感（粉芯）



散热更好
软饱和
尺寸小
磁芯损耗（涡流部分）相对较大

电感相关参数

1. 尺寸：长x宽x高

正比于 $L * I^2$

$$L * I^2 = LI * I = N * B * Ae * H * Ie / N$$
$$= B * B * Ae * Ie / \mu$$

如何减小尺寸？

a. 高频—电感量小

b. 多相— $L \left(\frac{I}{2}\right)^2 + L \left(\frac{I}{2}\right)^2 = 0.5L * I^2$

2. 额定电流（温升电流）

通常指线圈温升40度得到的直流电流值，该电流和封装成正比，和DCR成反比

3. 电感量

电感量是衡量电流产生磁通能力的一个参数，通常由20%的误差

引入磁阻概念 $R_m = l_e / (\mu_0 * \mu_r * Ae)$ $L = N^2 * 1 / R_m = N^2 * \mu_0 * \mu_r * Ae / l_e$,

$L_g = N^2 * \mu_0 * Ae / l_g$ (铁氧体磁芯开气隙电感量)

SMT Power Inductors

High Current Molded Power Inductor - PA4341.XXXANLT Series



- Height: 3.0mm Max
- Footprint: 7.4mm x 6.8mm Max
- Current Rating: up to 30.0A
- Inductance Range: 0.15uH to 22.0uH
- Shielded construction and compact design
- High current, low DCR, and high efficiency
- Minimized acoustic noise and minimized leakage flux

Electrical Specifications @ 25°C - Operating Temperature -55°C to +155°C

| Part Number | Inductance ⁵ 100KHz, 1V uH±20% | Rated Current A | DC Resistance | | Saturation Current A |
|----------------|-------------------------------------------------|--------------------|---------------|------------|-------------------------|
| | | | TYP. mΩ | MAX. mΩ | |
| PA4341.151ANLT | 0.15* | 30 | 1.7 | 2.1 | 40 |
| PA4341.221ANLT | 0.22 | 23 | 2.0 | 2.5 | 34 |

电感相关参数

4. 饱和电流

通常是额定电流的1.3-1.5倍

饱和电流指在该电流下电感量下降了额定值的30%

使用过程中电感峰值电流小于饱和电流值

5. DCR--直流阻抗

就是电感线圈的阻抗，规格书是25度测量值，该阻抗是正温度系数

SMT Power Inductors

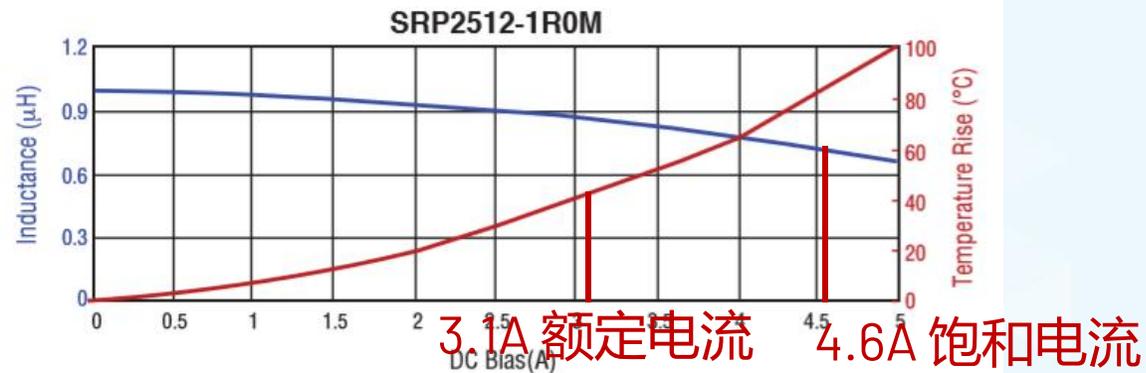
High Current Molded Power Inductor - PA4341.XXXANLT Series



- Height: 3.0mm Max
- Footprint: 7.4mm x 6.8mm Max
- Current Rating: up to 30.0A
- Inductance Range: 0.15uH to 22.0uH
- Shielded construction and compact design
- High current, low DCR, and high efficiency
- Minimized acoustic noise and minimized leakage flux

Electrical Specifications @ 25°C - Operating Temperature -55°C to +155°C

| Part Number | Inductance ⁵ 100KHz, 1V uH±20% | Rated Current A | DC Resistance | | Saturation Current A |
|----------------|-------------------------------------------------|--------------------|---------------|------------|-------------------------|
| | | | TYP. mΩ | MAX. mΩ | |
| PA4341.151ANLT | 0.15* | 30 | 1.7 | 2.1 | 40 |
| PA4341.221ANLT | 0.22 | 23 | 2.0 | 2.5 | 34 |



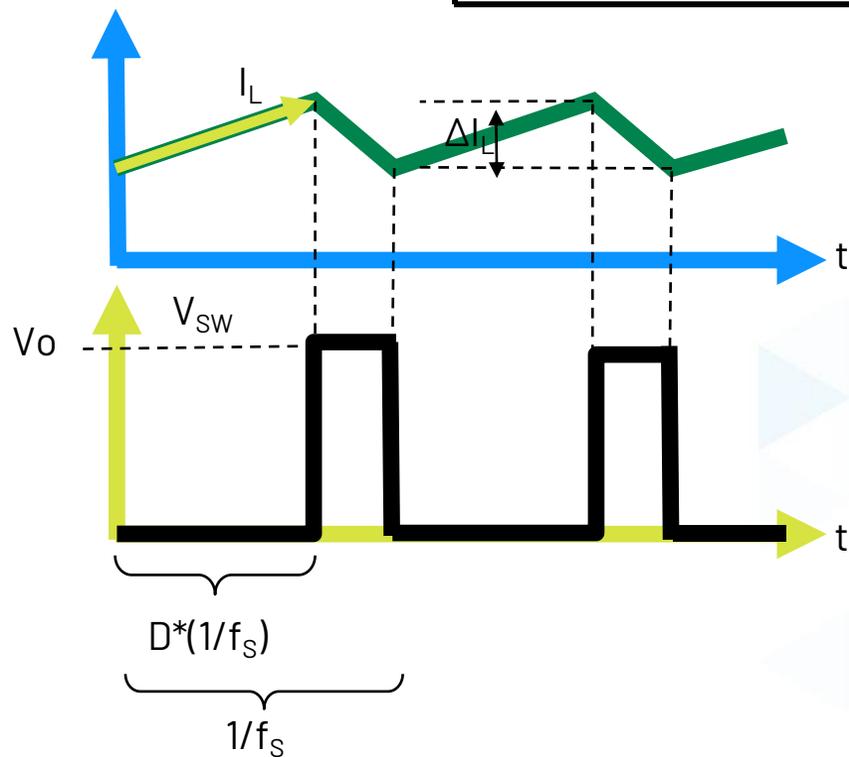
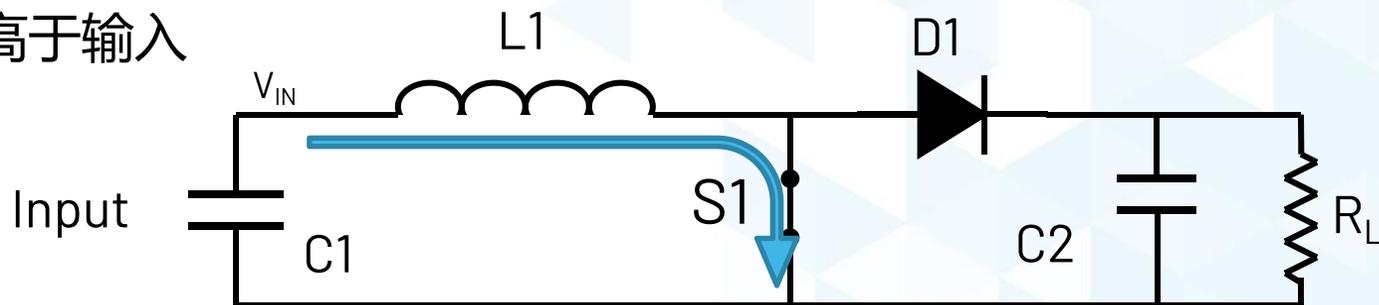
开关频率考虑

- ▶ 高频: 电感小, 电容小, 更快的动态响应, 尺寸小, 成本低
 - EMI更难应对, 开关损耗更大, 效率低
- ▶ 低频: 开关损耗小, 效率高, 更容易散热, 电感大, 电容大, 尺寸大
- ▶ 限制: 损耗, 热, 尺寸/成本, 控制最小开通/关断时间, EMI 噪声等.
 - 对于汽车应用, 为了避开AM频段 (530kHz to 1.8MHz). 通常开关频率取400kHz 或大于2MHz
- ▶ 设计优化: 如果在满足尺寸, 纹波, EMI和动态性能情况下, 频率越低效率越高.
- ▶ 趋势: 使用更好的器件高频化, 这样更小的方案和更高的集成度

Boost工作

- 输出总是高于输入

S1 closed

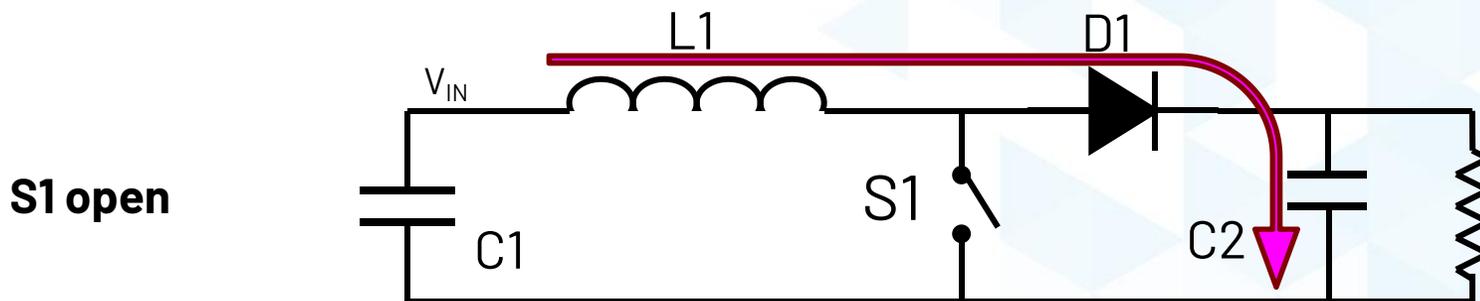


开通S1: $D \cdot (1/f_s) = T_{on} = D \cdot T_s$

电感两端的电压是左正右负，流过电感的电流线性上升；

电感上的伏秒积 = $V_{in} \cdot D \cdot T_s$

Boost工作



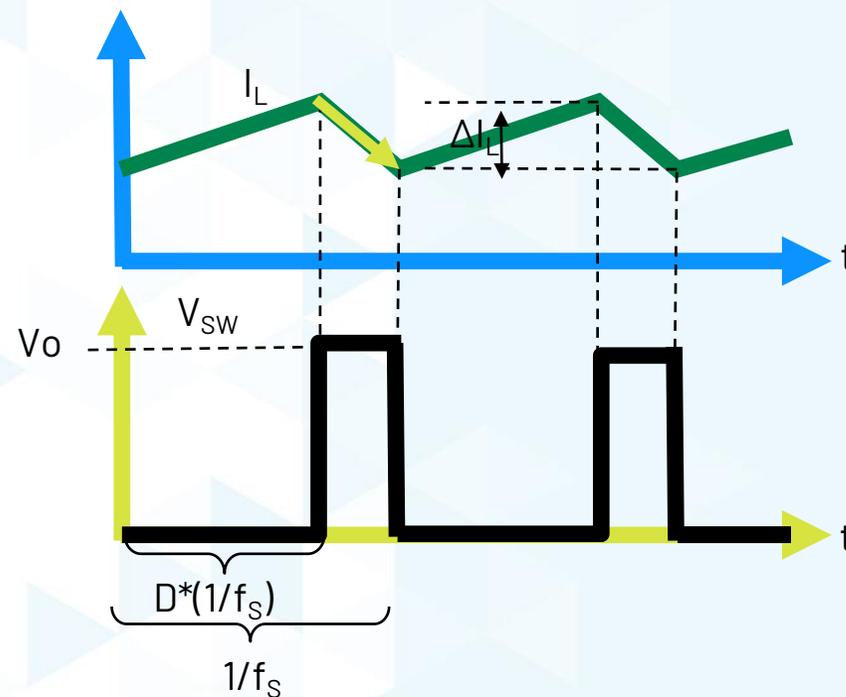
断开S1 $(1-D) \cdot (1/f_s) = T_{off} = (1-D) \cdot T_s$
电感两端的电压是右正左负，流过电感的电流线性下降；

电感上的伏秒积 = $(V_o - V_{in}) \cdot (1-D) \cdot T_s$

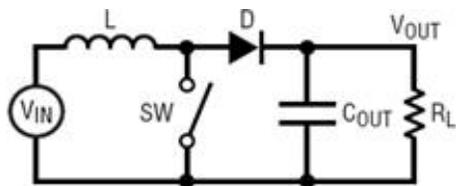
稳态，连续 (CCM), 器件理想

电感电流在开通和关断电流变化相等

开通关断伏秒积平衡 $V_o = V_{in} / (1-D)$

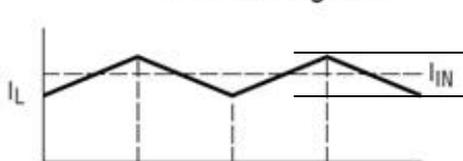


Boost数学公式



Circuit Diagram

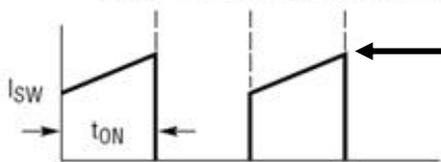
$$V_{OUT} = V_{IN} / (1 - D); \quad D = 1 - V_{in} / V_{out}$$



Inductor and Input Currents

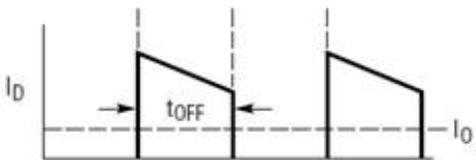
一般原则: $\Delta I_L = 0.2 I_{in}$ to $0.4 I_{in}$ 去计算电感量
电感纹波电流 ΔI_L : ($V_{in} = 1/2 V_o$ 时纹波最大)

$$\Delta I_L = V_{in} / L * T_{on} = \frac{V_{in} * (1 - V_{in} / V_{out})}{L * f_s}$$

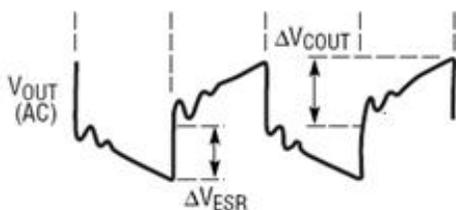


Switch Current

$I_{L,peak} = I_{out} * V_{out} / (V_{in}) + \Delta I_L / 2$ 要求小于电感饱和电流



Diode and Output Currents

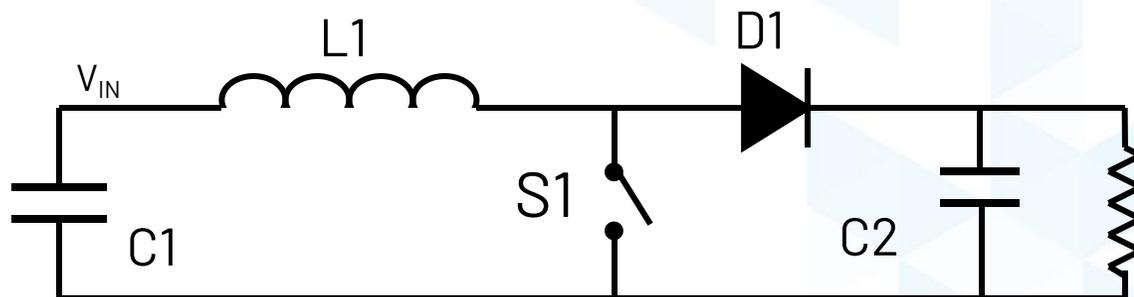


Output Voltage Ripple Waveform

$$I_{C_{out}(RMS)} = I_{OUT(MAX)} * (\sqrt{D / (1 - D)})$$

输出电容纹波电流, D 越大, 输出电容压力最大

Boost电路特点



因为二极管D1的存在，即使是同步整流，也有体二极管存在，那么带来的问题：

- 1.输出不能短路；
- 2.输入，输出不能彻底断开，存在输入到输出的漏电路径。

LTC3421表现如何？

LTC3421 Demo测试：

- 输出短路测试
- Shutdown测试

LTC3421帮助提升AA电池的使用时间

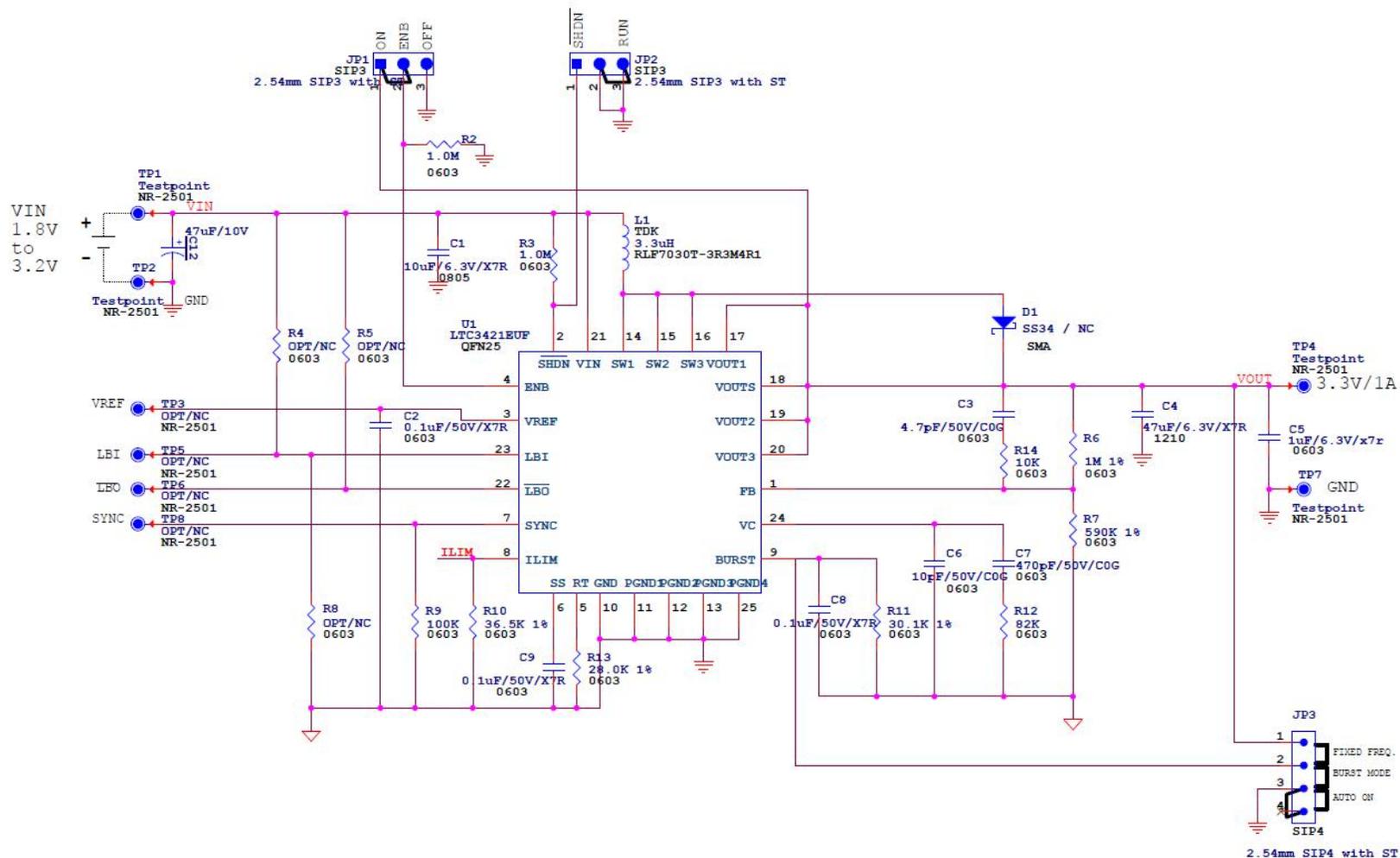
LTC3421支持最低0.5V输入，
可以帮助提升AA电池的放电容量

输入：南孚单节5号电池

输出：3.3V/100mA

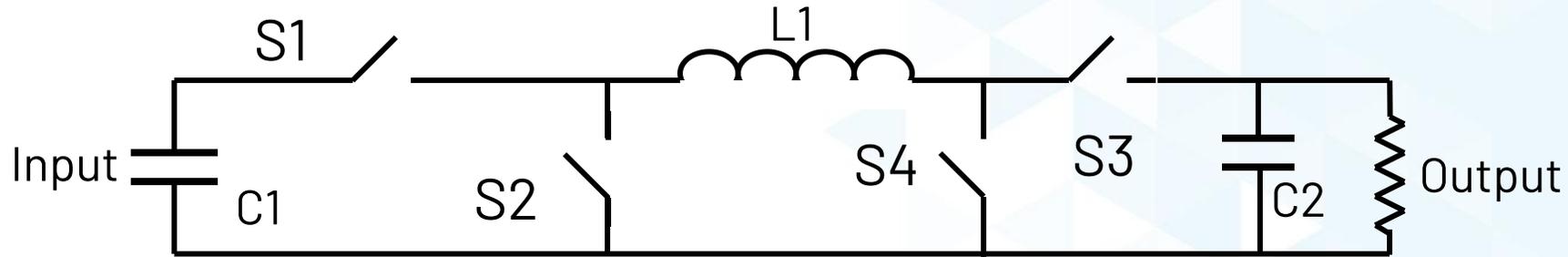
LTC3421 Demo课后测试：

- 放电到输入为1V的时间
- 放电到输入为0.5V的时间



升降压同步BUCK-BOOST

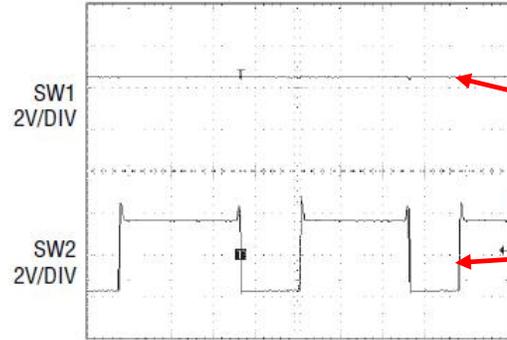
- 为什么需要BUCK-BOOST?
例如：锂电池2.8V-4.3V，输出3.3V
- 结合同步BUCK和同步BOOST



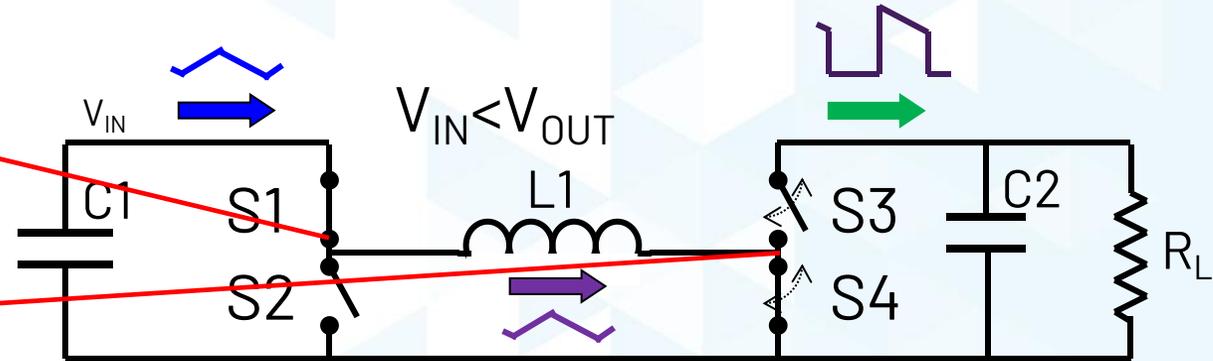
- 降压模式工作: ($V_{in} > V_o$)
 - S3始终闭合, S4始终断开
 - S1/S2互补导通, 和BUCK工作模式完全一样
- 升压模式工作: ($V_{in} < V_o$)
 - S1始终闭合, S2始终断开
 - S4/S3互补导通, 和BOOST工作模式完全一样
- 升降压工作模式 (V_{in} 接近 V_{out})
 - S1/S2/S3/S4全部工作在开关状态

BUCK和BOOST模式波形

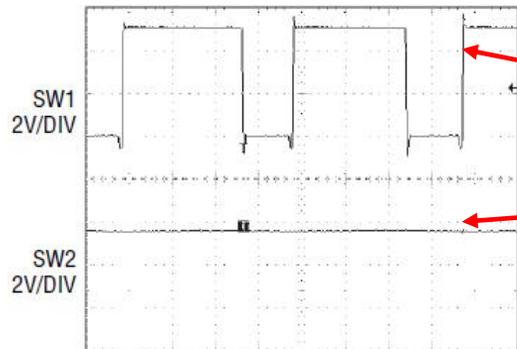
Switch Pins in Boost Mode



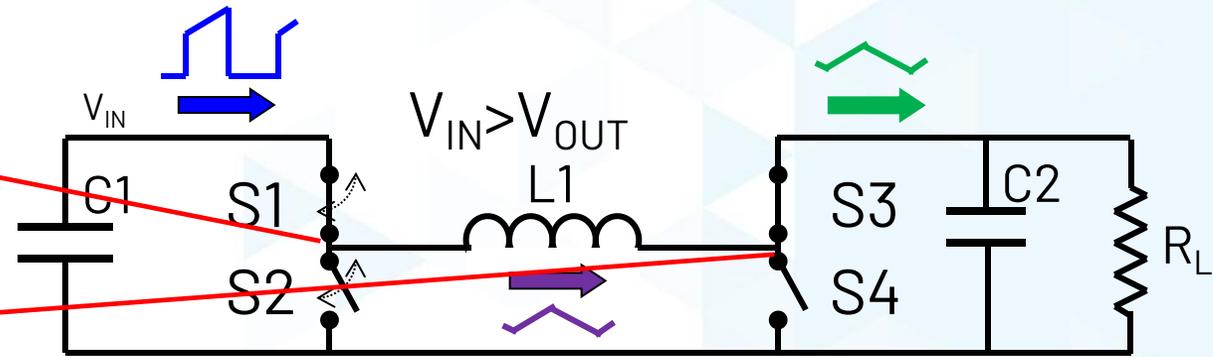
$V_{IN} = 2.5V$
 $V_{OUT} = 3.3V$
 $I_{OUT} = 250mA$
250ns/DIV 3440 G08



Switch Pins in Buck Mode

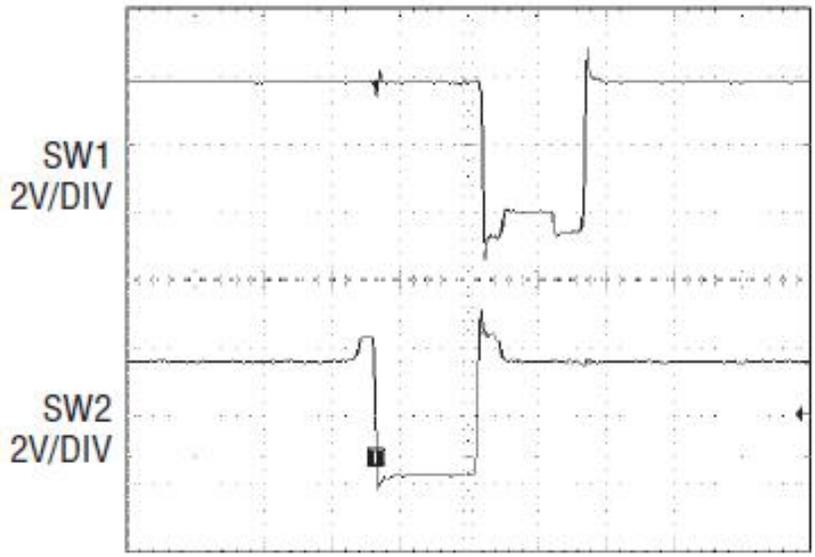


$V_{IN} = 5V$
 $V_{OUT} = 3.3V$
 $I_{OUT} = 250mA$
250ns/DIV 3440 G07

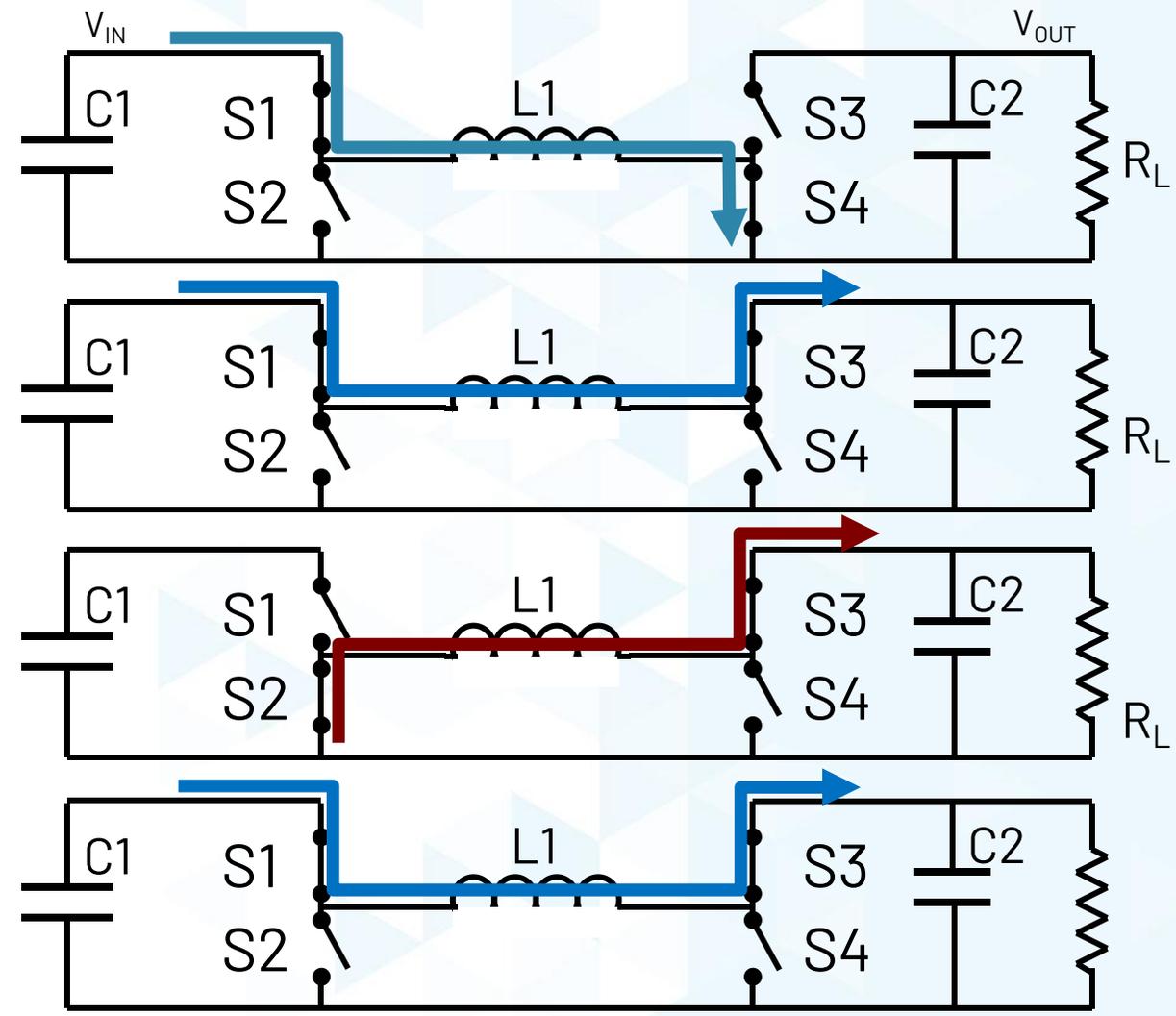


Buck-Boost模式波形

Switch Pins During Buck/Boost



$V_{IN} = 3.78V$
 $V_{OUT} = 3.3V$
 $I_{OUT} = 250mA$
3440 G04

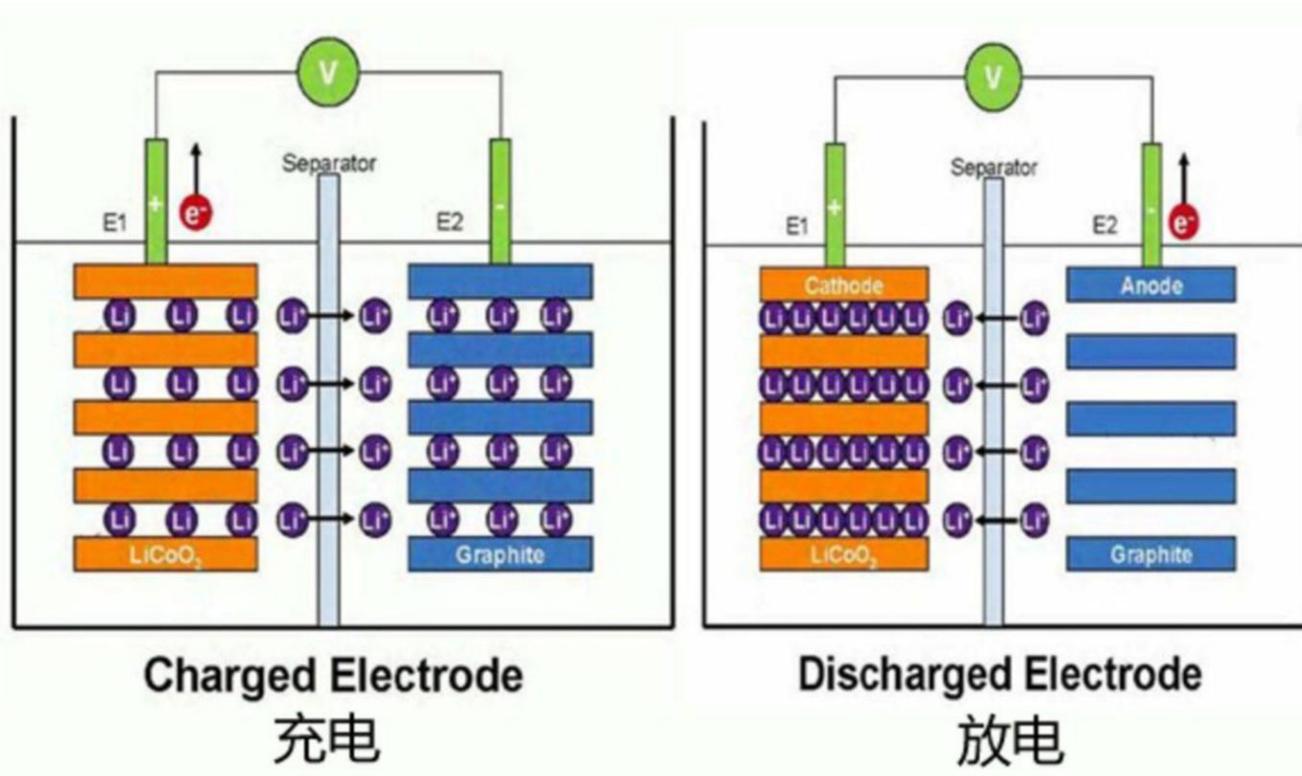


第六讲：锂离子电池 特性及充电电路设计



微信扫描二维码
获取课程观看链接

锂电池的基本原理及材料



钴酸锂

亚锰酸锂

磷酸铁锂

磷酸铁2锂

| | | |
|------------------------------------------------|-------|-----------|
| LiCoO ₂ | 3.7 V | 140 mAh/g |
| Li ₂ Mn ₂ O ₄ | 4.0 V | 100 mAh/g |
| LiFePO ₄ | 3.3 V | 100 mAh/g |
| Li ₂ FePO ₄ F | 3.6 V | 115 mAh/g |

锂电池的种类

18650 可充电锂电池

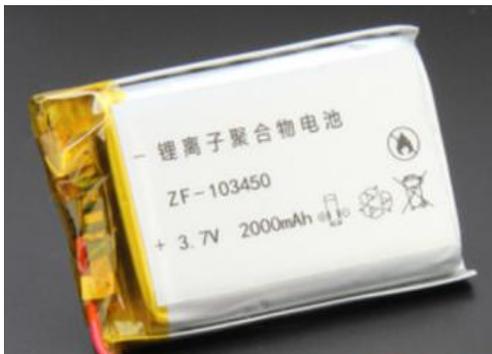


- 标称电压3.6V,
- 充电电压4.1V, 最大终止充电电压4.2V, 高于这个电压容易导致电池容量严重下降乃至报废。
- 最小放电终止电压: 2.75V, 低于这个电压容易导致电池容量严重下降乃至报废。
- 最高容量LG-3600mAh, 三洋, 松下, LG量产容量3500mAh 国产最高量产容量3200mAh



锂电池的种类

可充电锂聚合物 (Li-Polymer) 电池



- 标称电压3.7V,
- 充电电压4.2V, 最大终止充电电压4.2V, 高于这个电压容易导致电池容量严重下降乃至报废。
- 最小放电终止电压: 2.75V, 低于这个电压容易导致电池容量严重下降乃至报废。
- 容量与体积和形状有关。
- 理论最薄厚度可以做到0.5mm.

锂电池安全问题

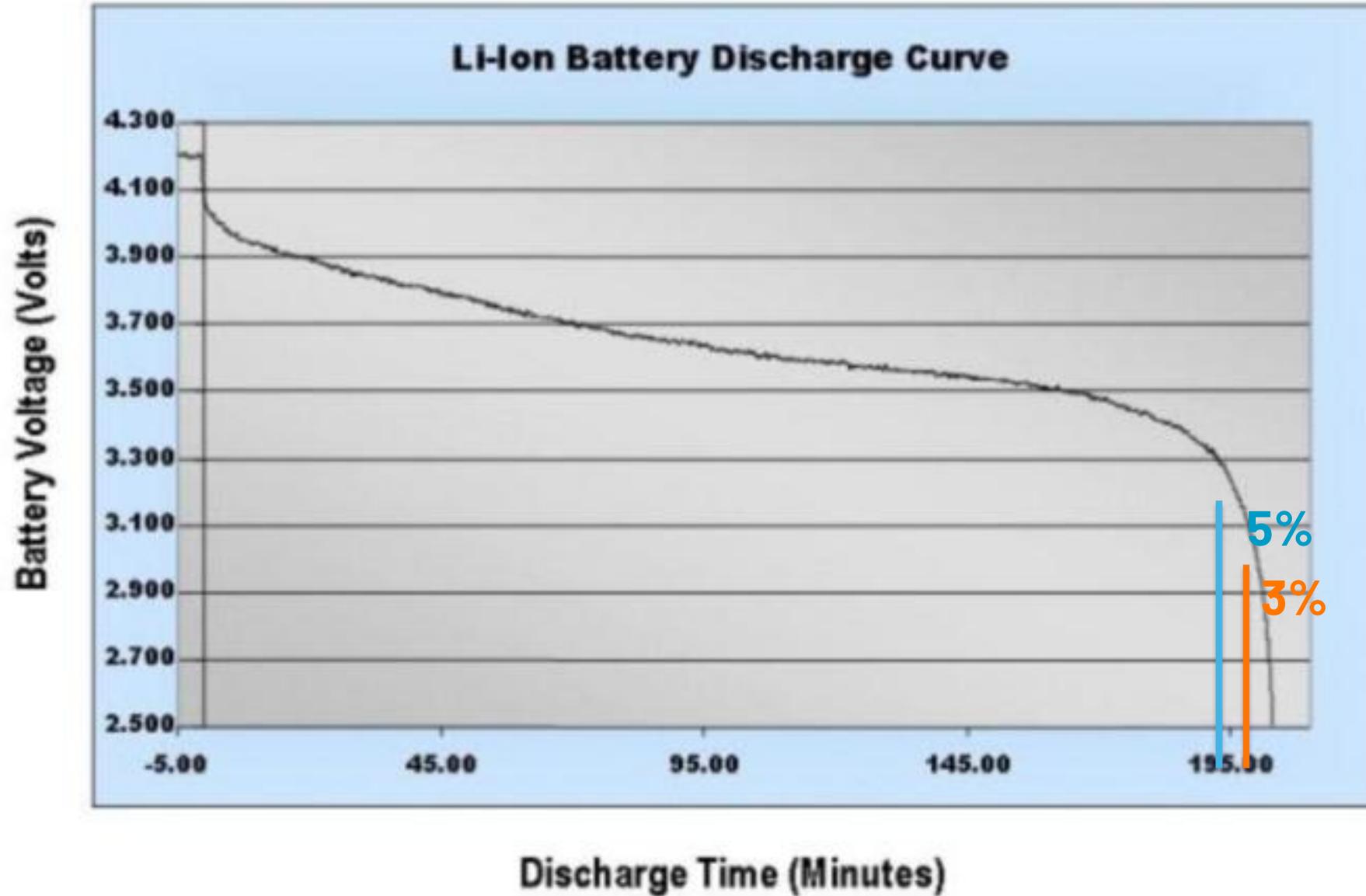
http://www.iqiyi.com/w_19s13p65uh.html

<https://v.qq.com/x/page/e0338ilkwge.html>

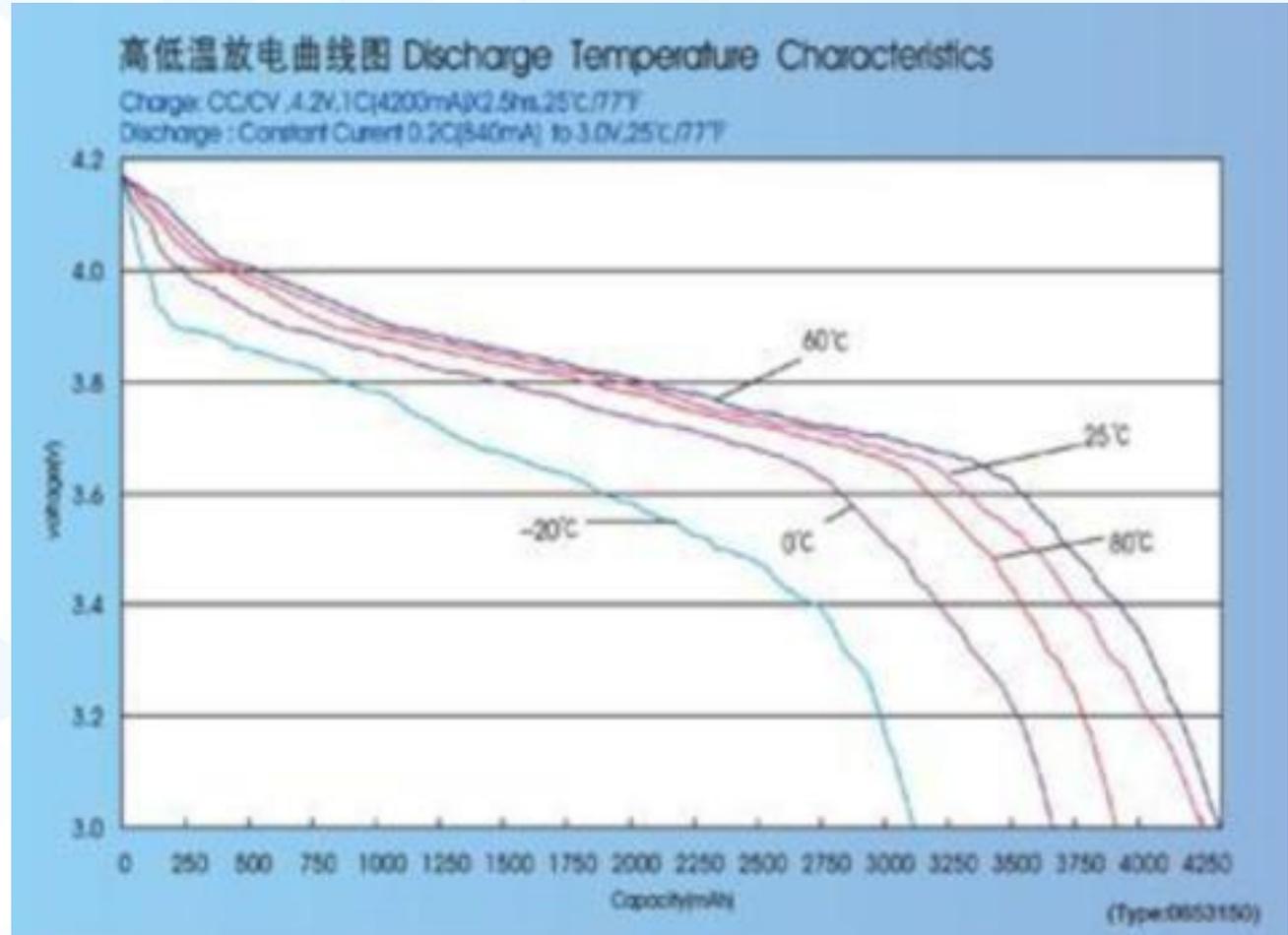
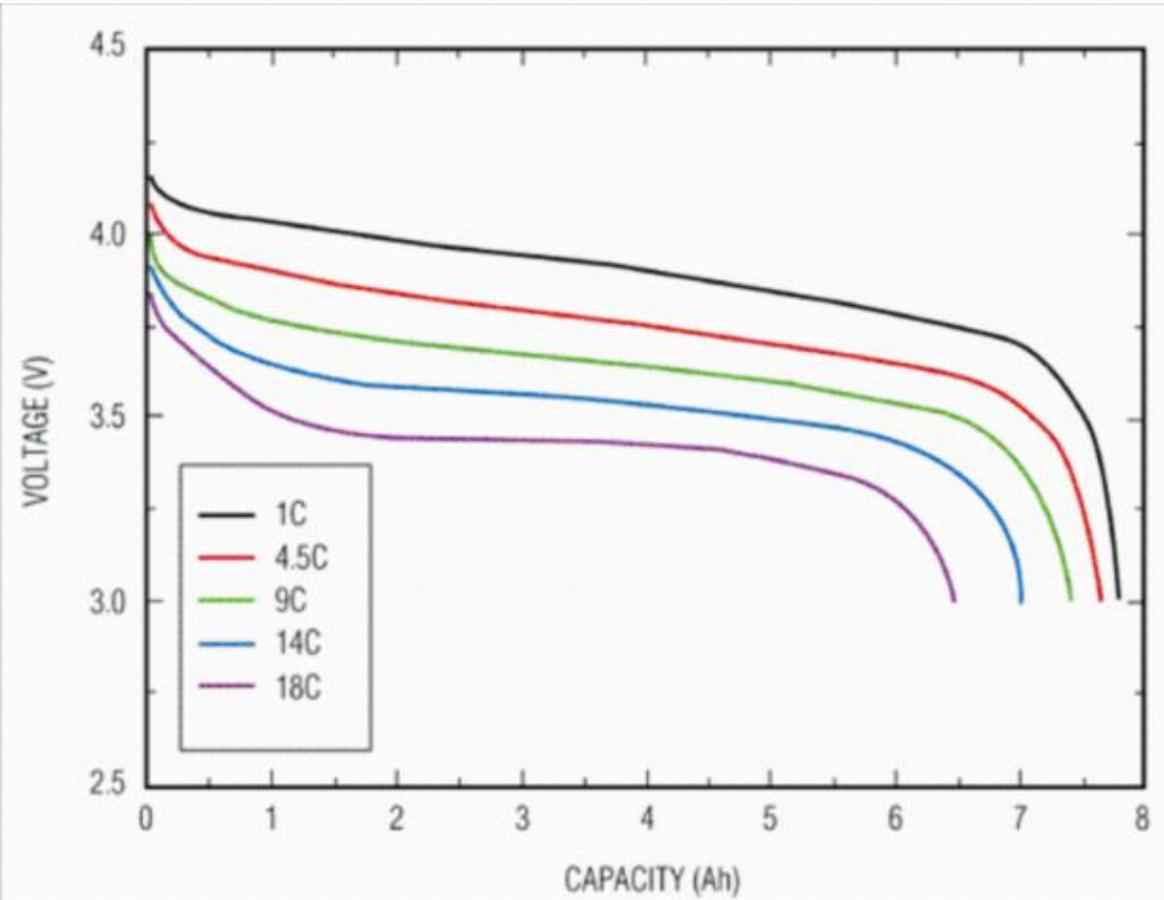
- **禁止穿刺**
- **禁止过充**
- **禁止过放**

- 锂的化学性质非常活跃，很容易燃烧，当电池放电、充电时，电池内部会持续升温，活化过程中所产生的气体膨胀，电池内压加大，压力达到一定程度，如外壳有伤痕，即会破裂，引起漏液、起火，甚至爆炸。
- 为了缓解锂离子电池的危险，加入了能抑制锂元素活跃的成份（比如钴、锰、铁等等），但这些并不能从本质上改变锂离子电池的危险性。
- 普通锂离子电池在过充、短路等情况时候发生时，电池内部可能出现升温、正极材料分解、负极和电解液材料被氧化等现象，进而导致气体膨胀和电池内压加大，当压力达到一定程度后就可能出现爆炸。而聚合物锂离子电池因为使用了胶态电解质，不会因为液体沸腾而产生大量气体，从而杜绝了剧烈爆炸的可能。

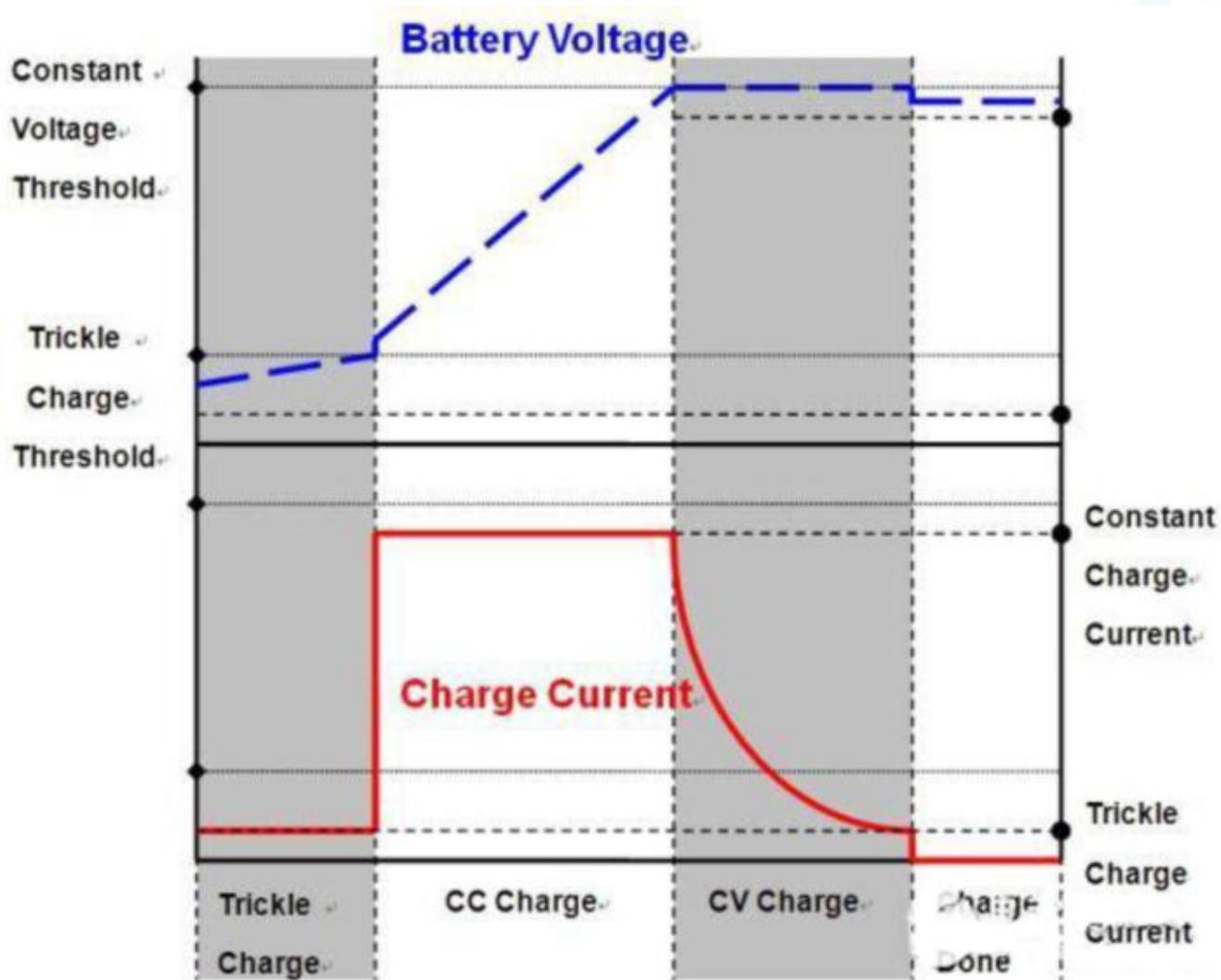
锂电池放电曲线



锂电池放电曲线



锂电池充电方法



第一步：判断电压 $<3V$ ，要先进行预充电， $0.05C$ 电流；

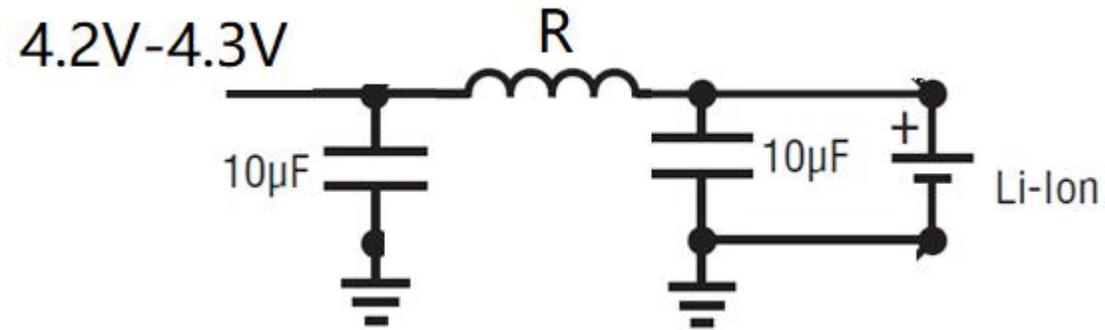
第二步：判断 $3V < \text{电压} < 4.2V$ ，恒流充电 $0.2C \sim 1C$ 电流；

第三步：判断电压 $>4.2V$ ，恒压充电，电压为 $4.20V$ ，电流随电压的增加而减少，直到充满。

控制锂电池充电停止的两种方式：

- **计时器Timer**
- **$C/10$ 终止**

为什么锂电池充电需要专用芯片



可以给电池充电么？

几大问题

- 无恒流，电池低电压电流反而最大。
- 充电时间不可控。
- 无温度保护。
- 无关断功能。
- 电压稳定性对电池寿命影响。

误区：“电池激活，前三次充电12小时以上”

- 对于锂电池的“激活”问题，众多的说法是：充电时间一定要超过12小时，反复做三次，以便激活电池。这种“前三次充电要充12小时以上”的说法，明显是从镍电池（如镍镉和镍氢）延续下来的说法。
- 锂电池的手机或充电器在电池充满后都会自动停充，并不存在镍电充电器所谓的持续10几小时的“涓流”充电。如果锂电池在充满后，放在充电器上也是也不再充电。

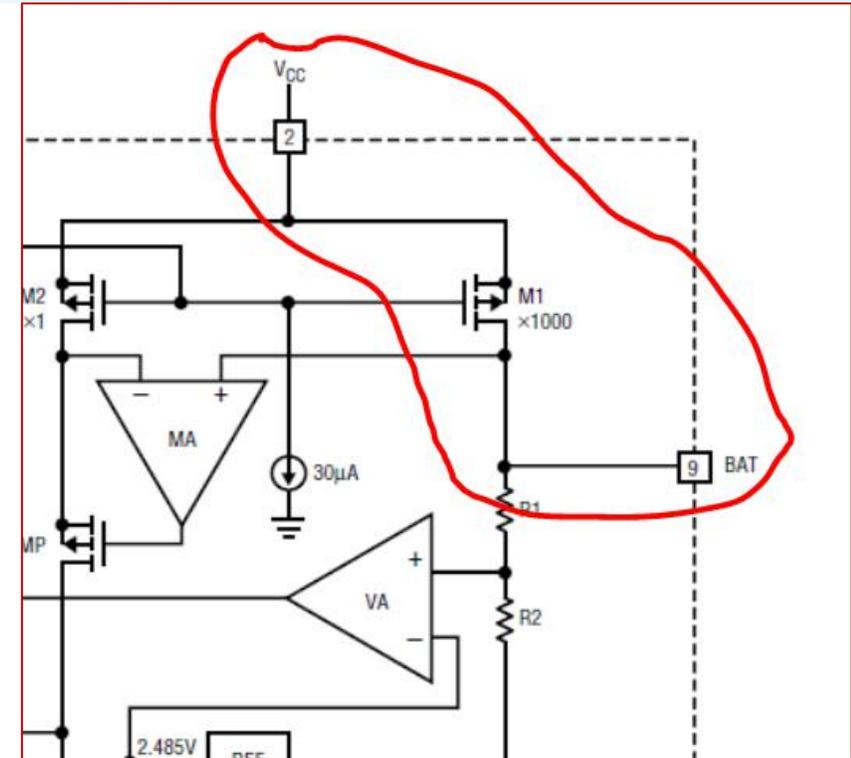
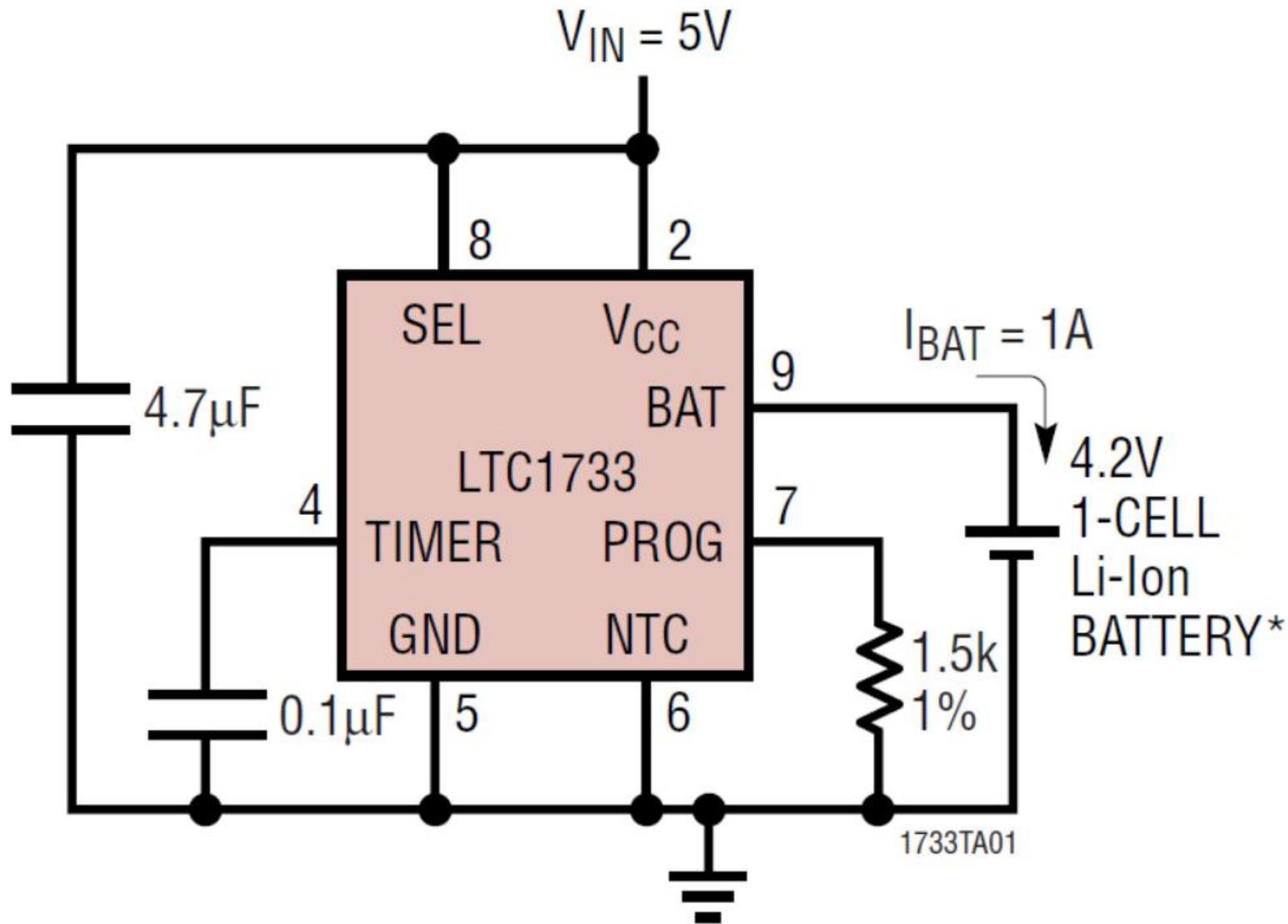
误区：不益长时间充电、电池完全用完再充电

- 超常时间充电和完全用空电量会造成过度充电和过度放电，将对锂离子电池的正负极造成永久的损坏，从分子层面看，过度放电将导致负极碳过度释出锂离子而使得其片层结构出现塌陷，过度充电将把太多的锂离子硬塞进负极碳结构里去，而使得其中一些锂离子再也无法释放出来。

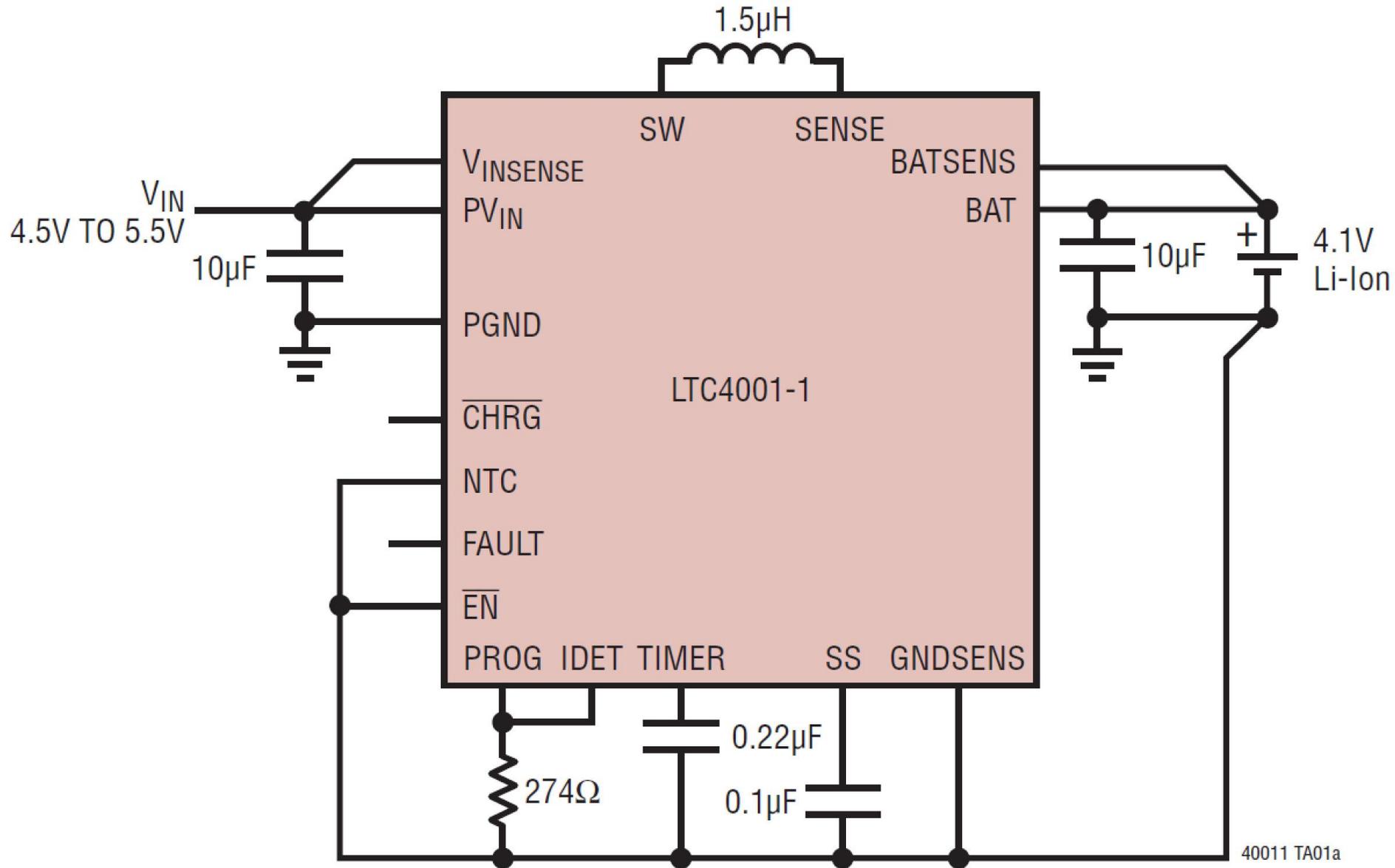
循环寿命 (10%DOD深度放电): > 1000次
循环寿命 (100%DOD深度放电): > 200次

“即用即充，即充即用”

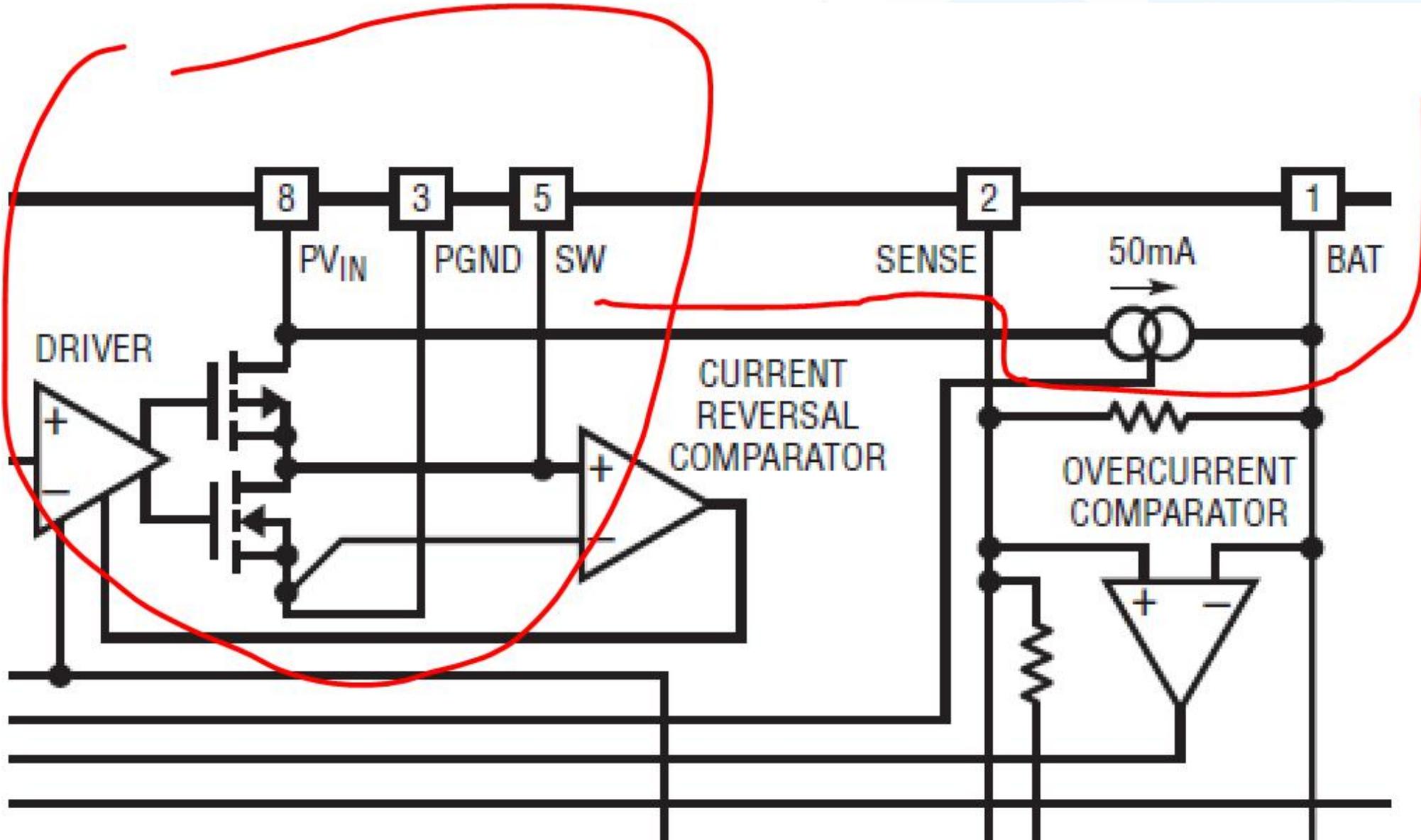
常见的充电方案-线性充电器



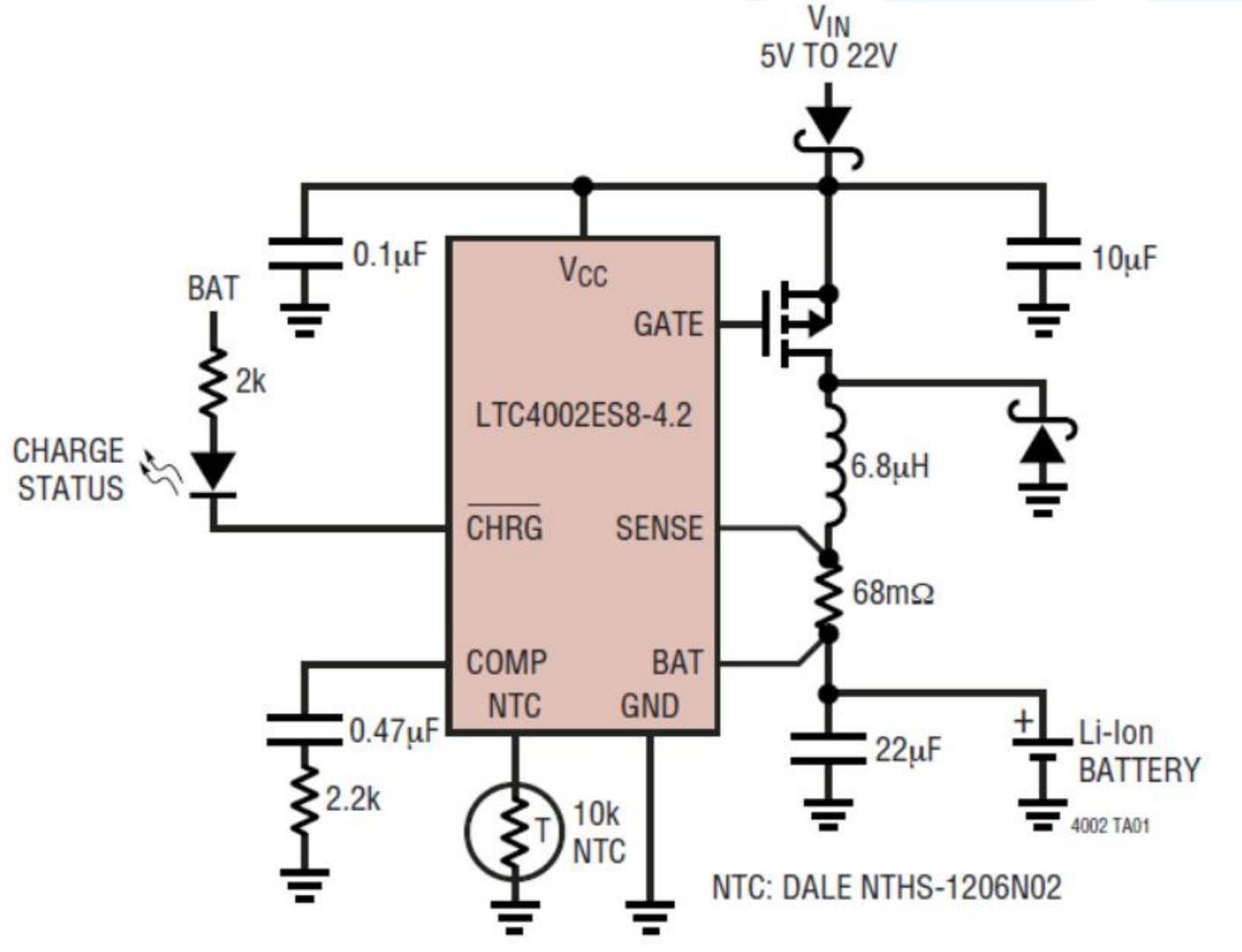
常见的充电方案-开关充电器



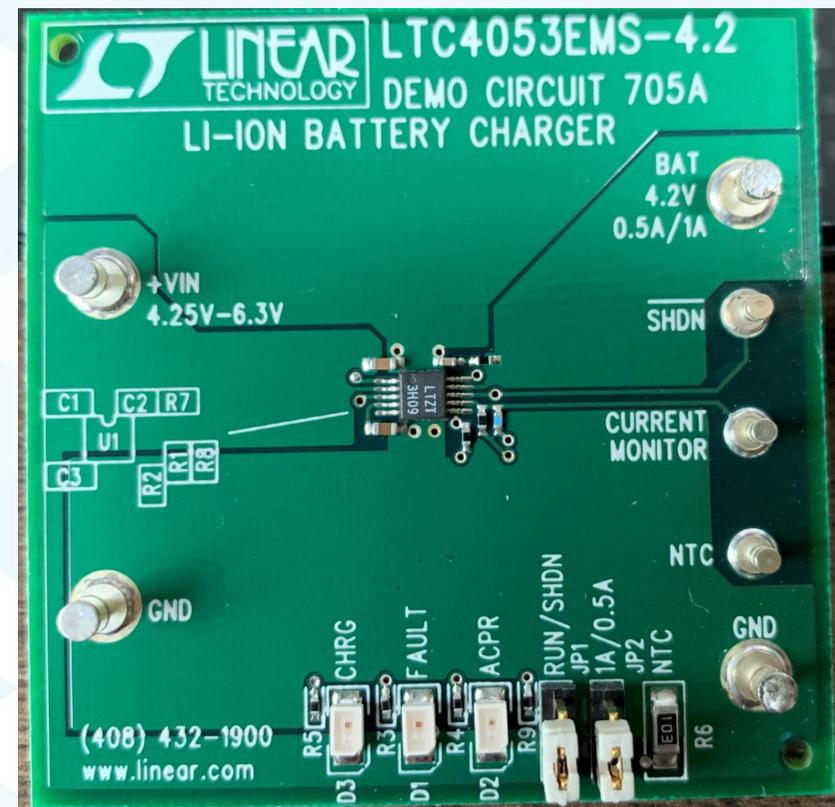
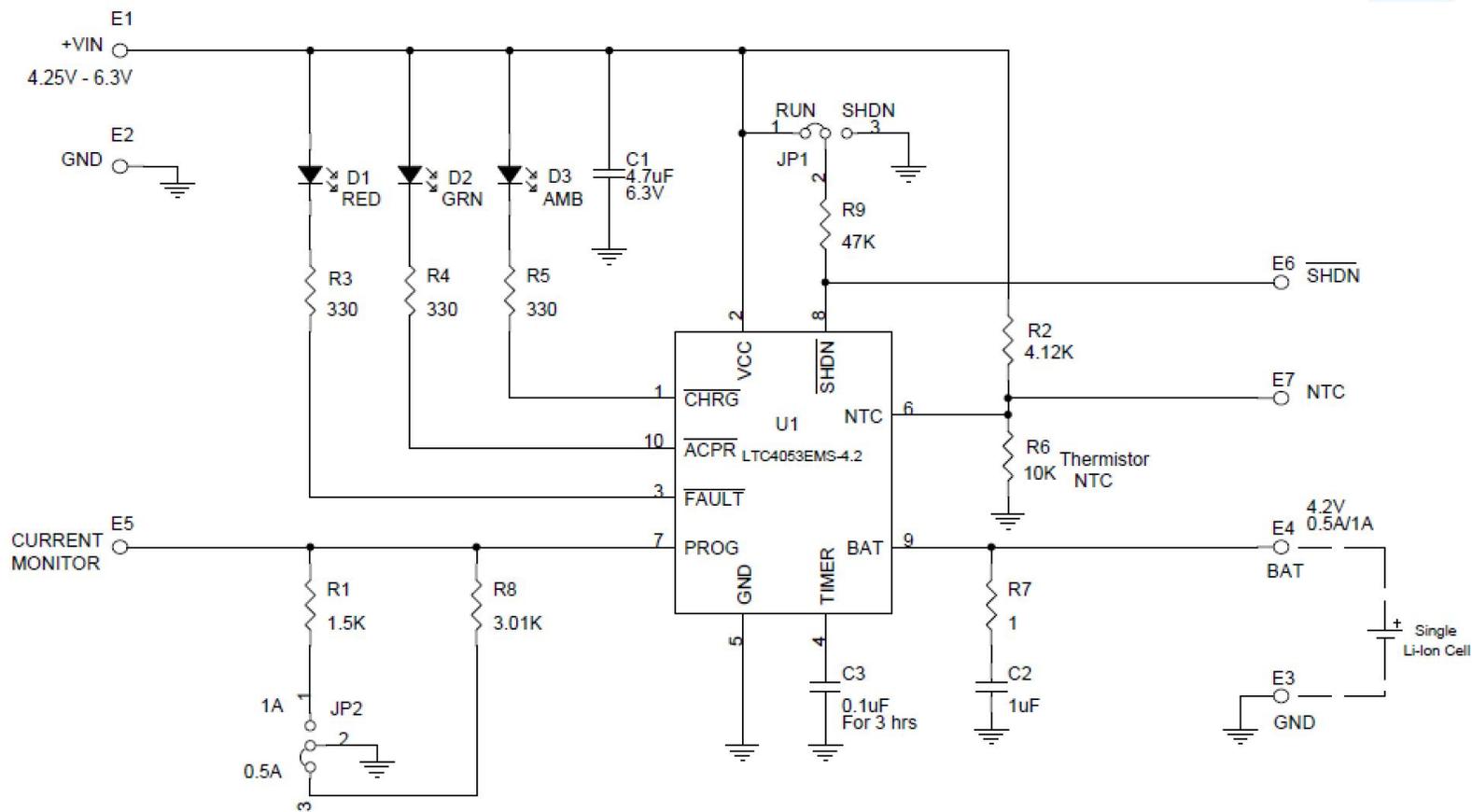
常见的充电方案-开关充电器



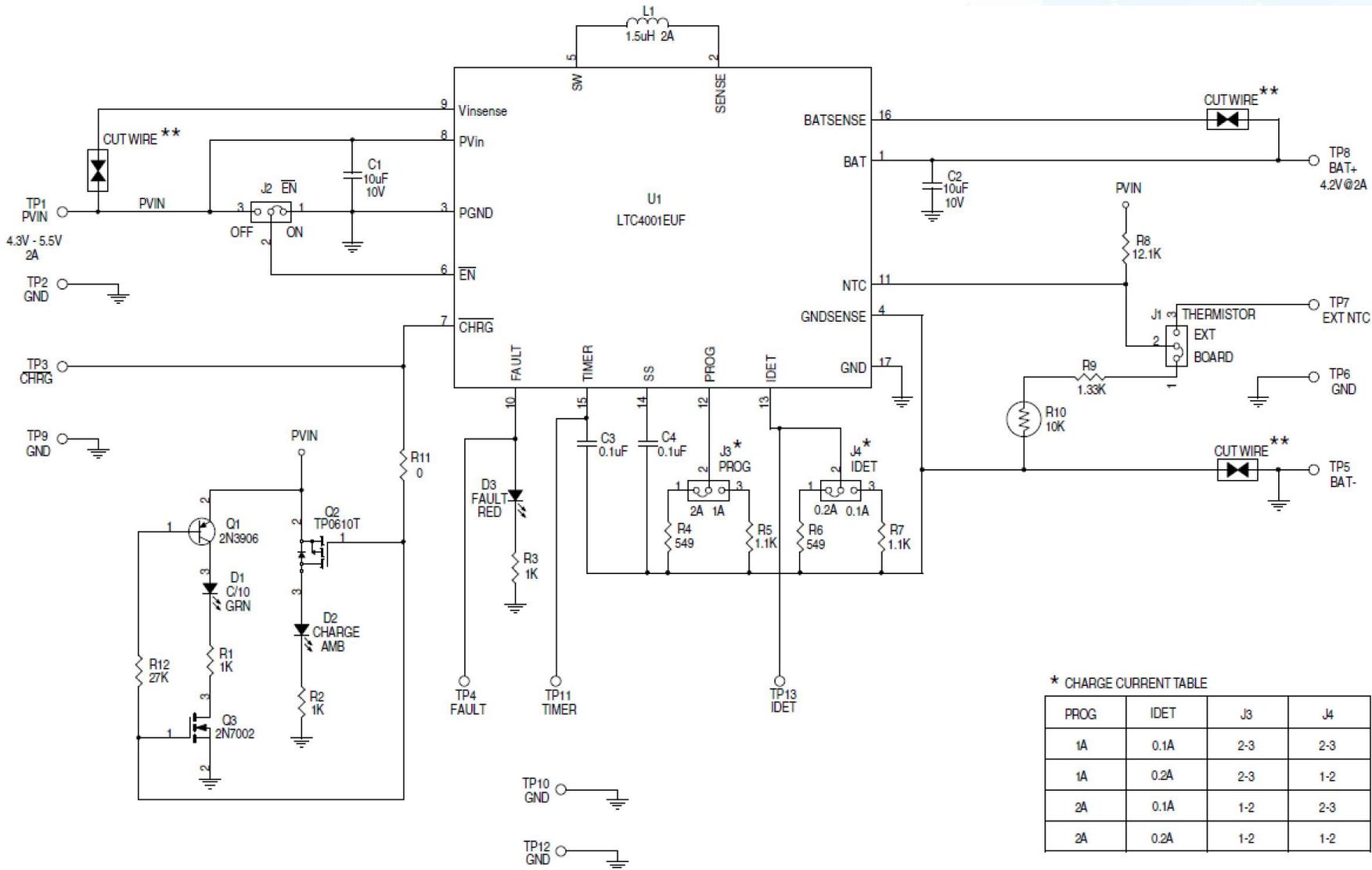
常见的充电方案-开关充电器



实验对比: NTC-温度保护 & 充电电流与温度

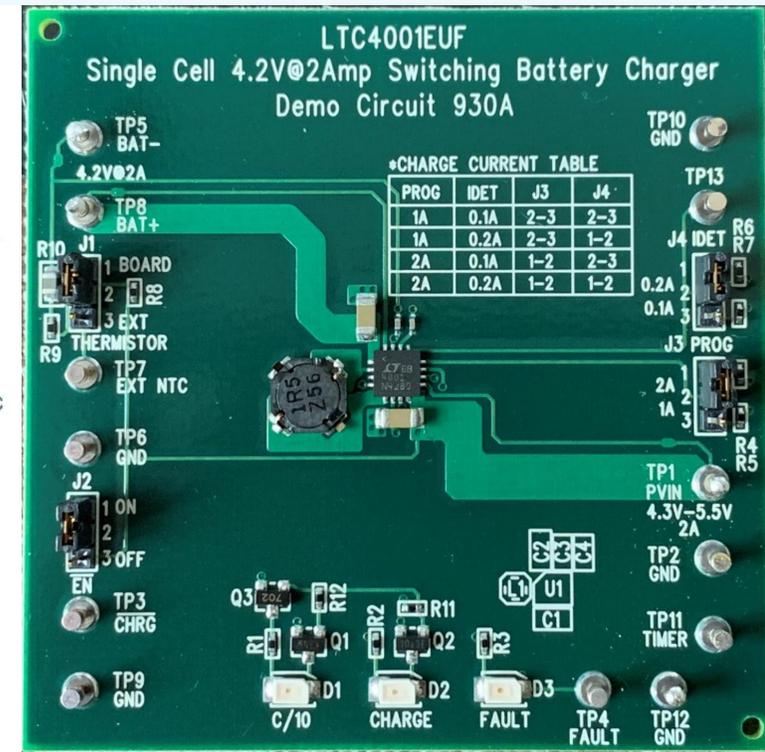


实验对比: NTC-温度保护 & 充电电流与温度



* CHARGE CURRENT TABLE

| PROG | IDET | J3 | J4 |
|------|------|-----|-----|
| 1A | 0.1A | 2-3 | 2-3 |
| 1A | 0.2A | 2-3 | 1-2 |
| 2A | 0.1A | 1-2 | 2-3 |
| 2A | 0.2A | 1-2 | 1-2 |



| PROG | IDET | J3 | J4 |
|------|------|-----|-----|
| 1A | 0.1A | 2-3 | 2-3 |
| 1A | 0.2A | 2-3 | 1-2 |
| 2A | 0.1A | 1-2 | 2-3 |
| 2A | 0.2A | 1-2 | 1-2 |

关于ADI智库

ADI智库是ADI公司面向中国工程师打造的一站式资源分享平台，除了汇聚ADI官网的海量技术资料、视频外，还有大量首发的、免费的培训课程、视频直播等。

加入ADI智库，您可以尽情的浏览、收藏、下载相关资源。此外，您还可一键报名线上线下会议活动，更有参会提醒等贴心服务。

课程回放：

请微信扫描二维码，
获取课程观看链接



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

ADI 智库

一站式电子技术宝库