

## 特 点

- 输入电压  $V_{IN}$ : 2.7V~5.5V
- 输出电压  $V_{OUT}$ : 0.6V~ $V_{IN}$
- 空载静态电流 27  $\mu$  A
- 效率高达 98%
- 最大输出电流 400mA
- 开关频率 1.4MHz
- 软启动 120  $\mu$  s
- 快速的负载瞬态响应
- 过温保护
- 峰值电流保护
- 低压差工作占空比最大至 100%
- 关断电流小于 1  $\mu$  A
- SOT23-5 和 SC70JW-8 封装
- 工作温度范围: -40°C~85°C

## 应 用

- 便携电话
- 数码相机
- 手提设备
- 微处理器/DSP 核/IO 电源
- PDA 和手提电脑
- USB 设备

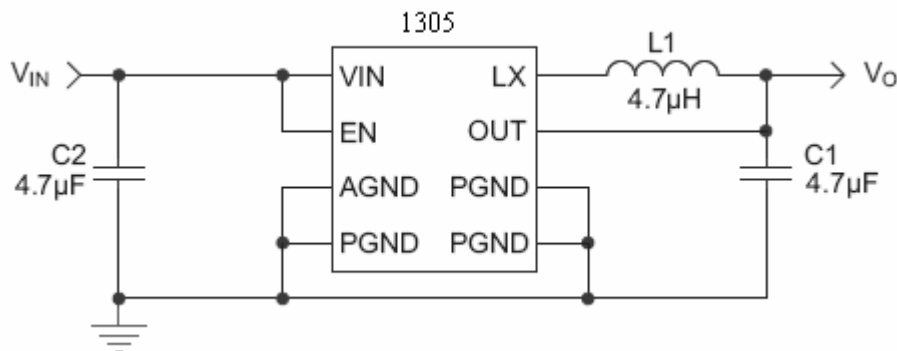
## 概 述

HYM1305 是一款 1.4MHz 的降压型稳压器，输入电压范围 2.7V 至 5.5V，最低输出电压 0.6V，此器件为负载的快速变化而优化。

HYM1305 芯片有两个版本；固定输出电压的内部反馈版本和可编程的外部反馈电阻版本。该芯片能够在 27  $\mu$  A 的空载静态电流的条件下输出 400mA 的负载电流。1.4MHz 的开关频率可以保持开关损耗较低同时减小外部元器件的体积。

HYM1305 被设计为在工作电压范围内维持高的效率，这一点对便携设备的应用非常重要。HYM1305 同时提供无铅，小体积 2.0\*2.1mm 的 SC70JW-8 和 SOT23-5 封装，工作范围为-40~85。

## 典型应用（固定输出电压）



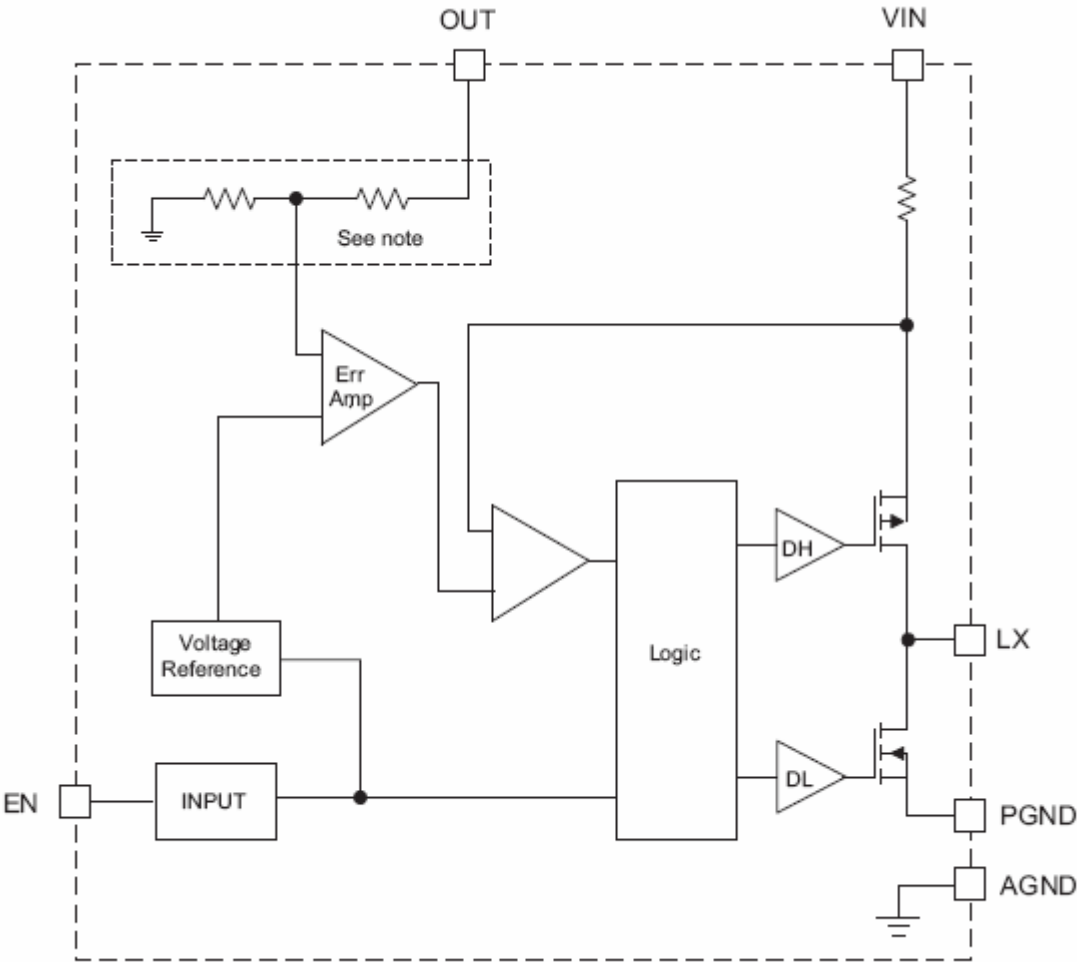
订购信息

输出电压(注 1)	编号	市场(注 2)	封装
可调 $V_{OUT}$ 大于 0.6	HYM1305IJS-0.6-T1	OXXYY	SC70JW-8
1.2	HYM1305IJS-1.2-T1	1JXYY	SC70JW-8
1.3	HYM1305IJS-1.3-T1	1KXYY	SC70JW-8
1.8	HYM1305IJS-1.8-T1	1CXYY	SC70JW-8
1.875	HYM1305IJS-1.875-T1	QMXYY	SC70JW-8
可调 $V_{OUT}$ 大于 0.6	HYM1305IGV-0.6-T1		SOT23-5

注 1： 其他输出电压情况请联系代理商。

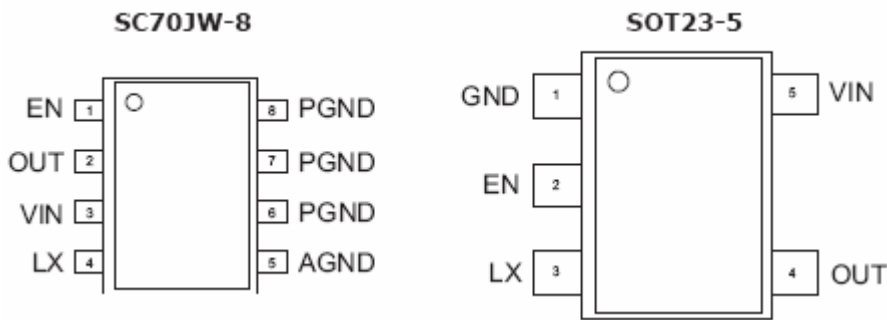
注 2： XYY 为数据码。

方框图和管脚功能



注：对于可调节版本，内部反馈分压电阻被忽略，并且 OUT 引脚直接与内部误差放大器连接。

管脚图



管脚说明

序号		管脚符号	功能描述
SC70JW-8	SOT23-5		
1	2	EN	使能端。
2	4	OUT	反馈输入引脚。该引脚直接连稳压器输出端或通过外接分压电阻来调整输出电压。
3	5	VIN	稳压器的电压输入端。
4	3	LX	输出端。该引脚外部连接电感，内部连接 MOSFET 的漏端。
5	1	AGND	交流信号接地引脚。
6, 7, 8		PGND	直流信号接地引脚。连接输入和输出电容。

最大额定值(注 1)

管脚符号	功能描述	限定值	单位
V <sub>IN</sub>	输入电压到地	6.0	V
V <sub>LX</sub>	LX 到地	-0.3 到 V <sub>IN</sub> +0.3	V
V <sub>OUT</sub>	OUT 到地	-0.3 到 V <sub>IN</sub> +0.3	V
V <sub>EN</sub>	EN 到地	-0.3 到 0.6	V
T <sub>J</sub>	工作结温范围	-40 到 150	℃
T <sub>LEAD</sub>	最大焊接温度	300	℃

热信息

管脚符号	功能描述		限定值	单位
P <sub>D</sub>	最大功耗（注 2, 3）	SC70JW-8	625	mW
		SOT23-5	667	
$\theta_{JA}$	热阻（注 2）	SC70JW-8	160	℃/W
		SOT23-5	150	

注 1：高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。除了以上详细的工作条件指标外，其它条件下的功能性操作都是不可取的。一次只能应用一种绝对额定最大值状态。

注 2：衬底在 FR4 板上。

注 3：超过 25℃，以 6.67 mW/℃递减。

## 电特性(注 1)

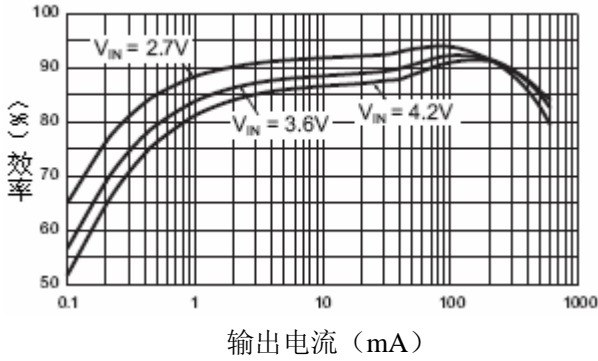
$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ ，除非特殊注明，典型情况下 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$ 。

符号	描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>降压稳压器</b>						
$V_{\text{IN}}$	输入电压		2.7		5.5	V
$V_{\text{UVLO}}$	UVLO 阈值	$V_{\text{IN}}$ 上升			2.7	V
		迟滞		100		mV
		$V_{\text{IN}}$ 下降	1.8			V
$V_{\text{OUT}}$	输出电压精度	$I_{\text{OUT}}=0\sim 400\text{mA}$ , $V_{\text{IN}}=2.7\sim 5.5\text{V}$	-3.0		+3.0	%
$V_{\text{OUT}}$	输出电压范围		0.6		$V_{\text{IN}}$	V
$I_{\text{Q}}$	静态电流	空载, 0.6V 可调		27	70	$\mu\text{A}$
$I_{\text{SHDN}}$	关断电流	使能端接地			1.0	$\mu\text{A}$
$I_{\text{LIM}}$	P 沟道电流门限		600			mA
$R_{\text{DS(ON)H}}$	高开关导通电阻			0.45		$\Omega$
$R_{\text{DS(ON)L}}$	低开关导通电阻			0.40		$\Omega$
$I_{\text{LXLEAK}}$	LX 漏电流	$V_{\text{IN}}=5.5\text{V}$ , $V_{\text{LX}}=0\sim V_{\text{IN}}$ , $\text{EN}=\text{GND}$			1	$\mu\text{A}$
$\Delta V_{\text{LINEREG}}$	线性调整率	$V_{\text{IN}}=2.7\sim 5.5\text{V}$		0.1		%/V
$V_{\text{OUT}}$	OUT 门限电压	输出 0.6V, 空载, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	591	600	609	mV
$I_{\text{OUT}}$	OUT 漏电流	输出 0.6V			0.2	$\mu\text{A}$
$R_{\text{OUT}}$	OUT 阻抗	输出大于 0.6V	250			$\text{k}\Omega$
$T_{\text{S}}$	启动时间	从使能到输出调节		150		$\mu\text{s}$
$F_{\text{OSC}}$	振荡器频率	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	1.0	1.4	2.0	MHz
$T_{\text{SD}}$	过温关断门限			140		$^{\circ}\text{C}$
$T_{\text{HYS}}$	过温关断迟滞			15		$^{\circ}\text{C}$
<b>EN</b>						
$V_{\text{EN(L)}}$	使能低门限				0.6	V
$V_{\text{EN(H)}}$	使能高门限		1.4			V
$I_{\text{EN}}$	输入低电流	$V_{\text{IN}}=V_{\text{OUT}}=5.5\text{V}$	-1.0		1.0	$\mu\text{A}$

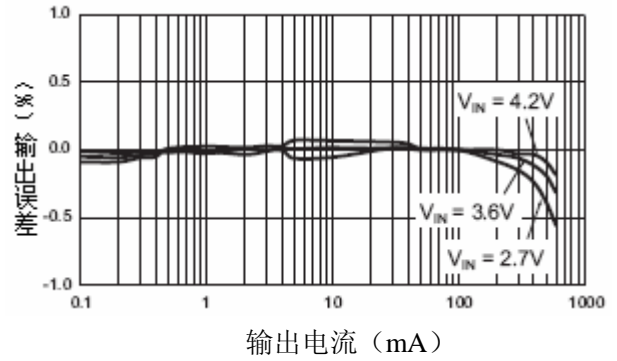
注 1: HYM1305 保证在 $-40^{\circ}\text{C}$ 到  $85^{\circ}\text{C}$ 的范围内满足规定要求，在 $-40^{\circ}\text{C}$ 到  $85^{\circ}\text{C}$ 工作温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程控制的相关性来保证。

## 典型特性

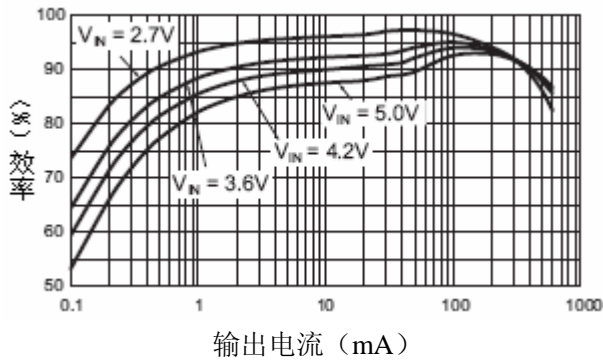
效率与负载曲线  
( $V_{OUT}=1.8V$ ,  $L=4.7\mu H$ )



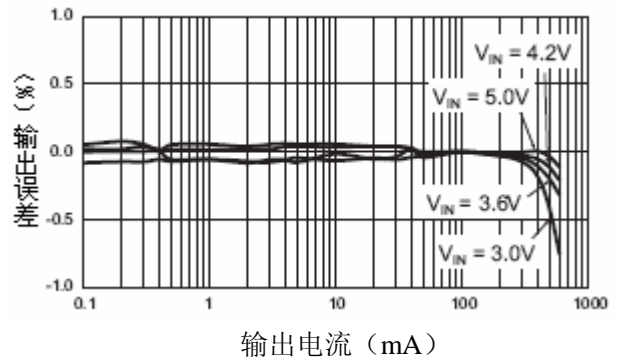
DC 调节  
( $V_{OUT}=1.8V$ )



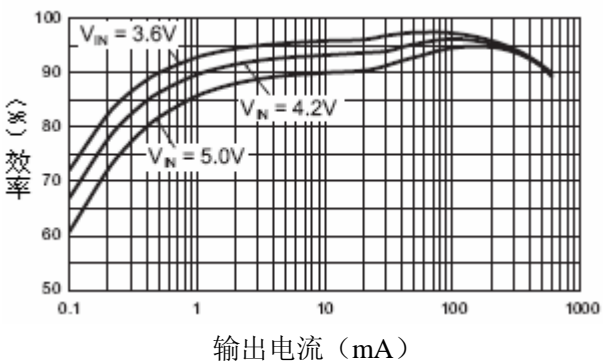
效率与负载曲线  
( $V_{OUT}=2.5V$ ,  $L=6.8\mu H$ )



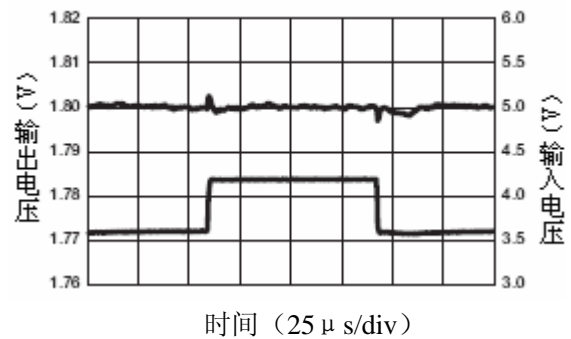
DC 调节  
( $V_{OUT}=2.5V$ )



效率与负载曲线  
( $V_{OUT}=3.3V$ ,  $L=6.8\mu H$ )

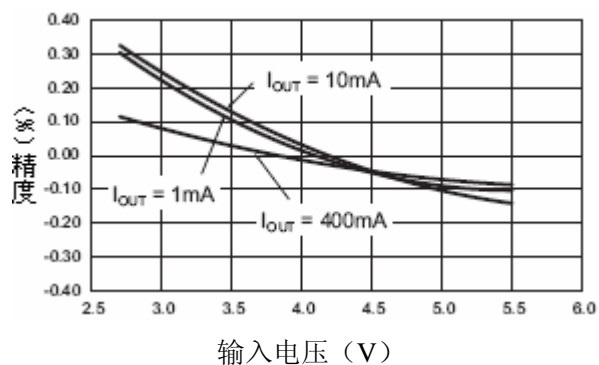
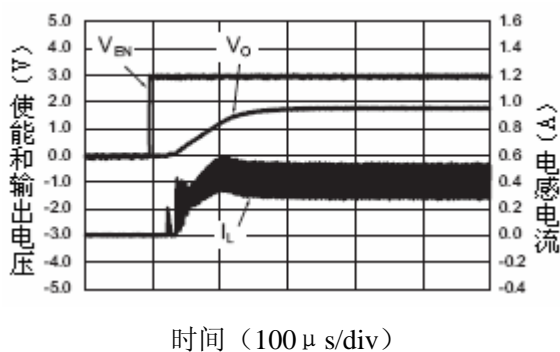


线性响应  
( $V_{OUT}=1.8V@400mA$ )

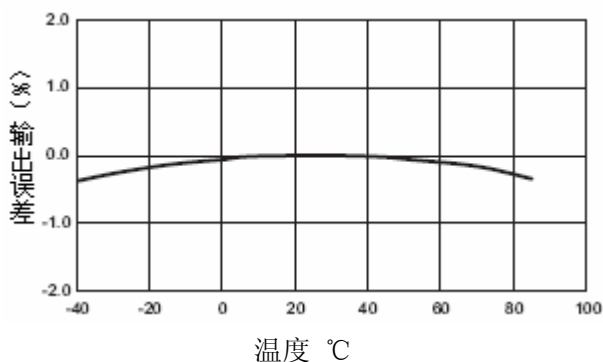


软启动  
( $V_{IN}=3.6V$ ,  $V_{OUT}=1.8V$ ,  $I_{OUT}=400mA$ )

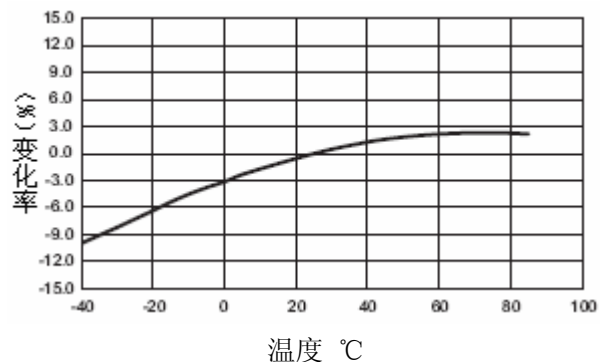
线性调节  
( $V_{OUT}=1.8V$ )



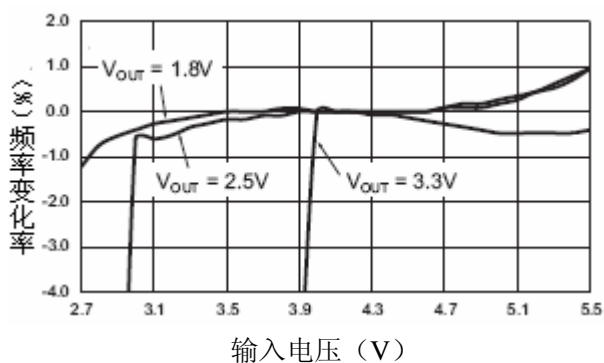
输出电压误差与温度曲线  
( $V_{IN}=3.6V$ ,  $V_{OUT}=1.8V$ ,  $I_{OUT}=400mA$ )



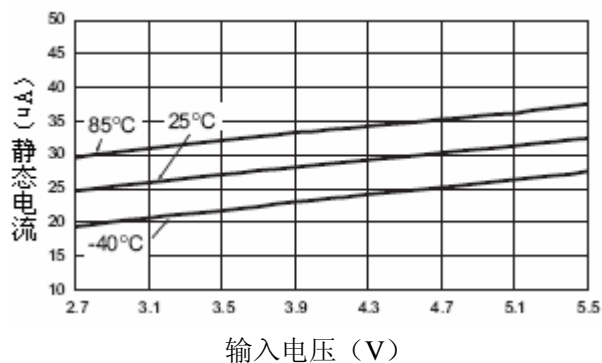
开关频率与温度曲线  
( $V_{IN}=3.6V$ ,  $V_{OUT}=1.8V$ )



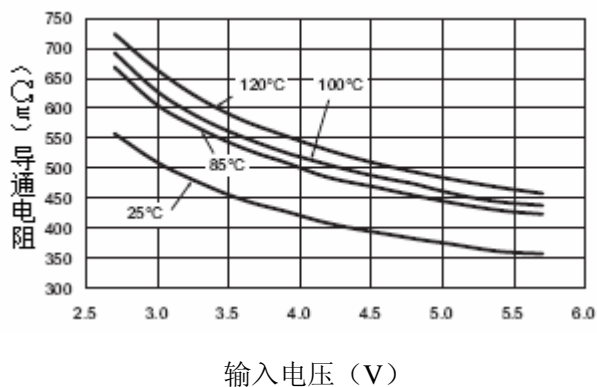
频率与输入电压曲线



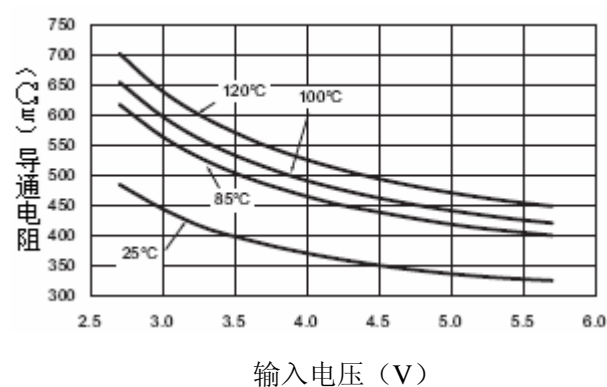
空载静态电流与输入电压曲线



MOS 导通电阻与输入电压曲线

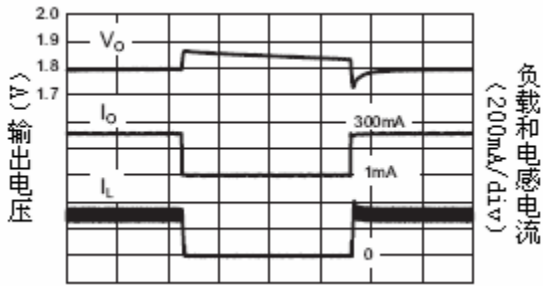


NMOS 导通电阻与输入电压曲线



## 负载瞬态响应

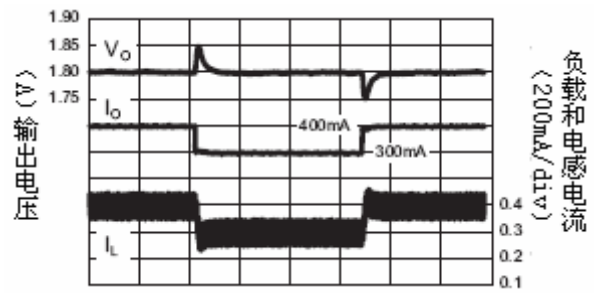
(1mA~300mA,  $V_{IN}=3.6V$ ,  $V_{OUT}=1.8V$ ,  
 $C_1=10\mu F$ ,  $C_{FF}=100pF$ )



时间 (50  $\mu s/div$ )

## 负载瞬态响应

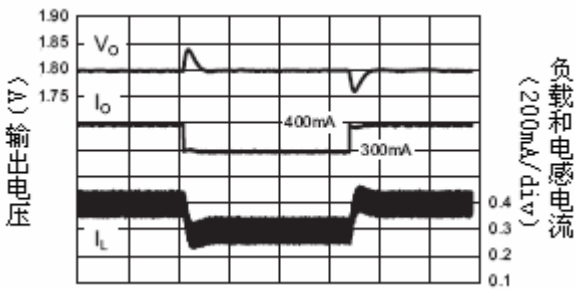
(300mA~400mA,  $V_{IN}=3.6V$ ,  
 $V_{OUT}=1.8V$ ,  $C_1=4.7\mu F$ )



时间 (50  $\mu s/div$ )

## 负载瞬态响应

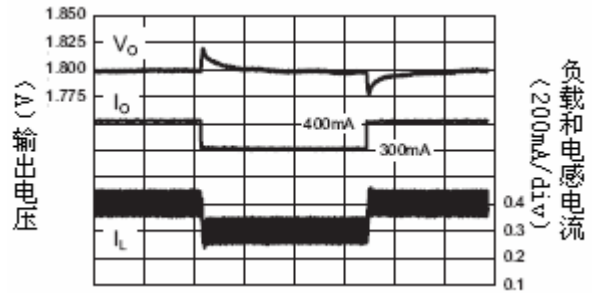
(300mA~300mA,  $V_{IN}=3.6V$ ,  
 $V_{OUT}=1.8V$ ,  $C_1=10\mu F$ )



时间 (50  $\mu s/div$ )

## 负载瞬态响应

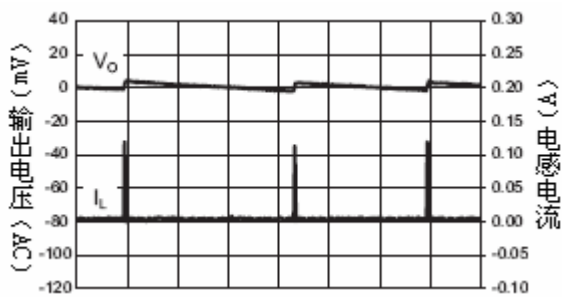
(300mA~400mA,  $V_{IN}=3.6V$ ,  $V_{OUT}=1.8V$ ,  
 $C_1=10\mu F$ ,  $C_{FF}=100pF$ )



时间 (50  $\mu s/div$ )

## 输出纹波

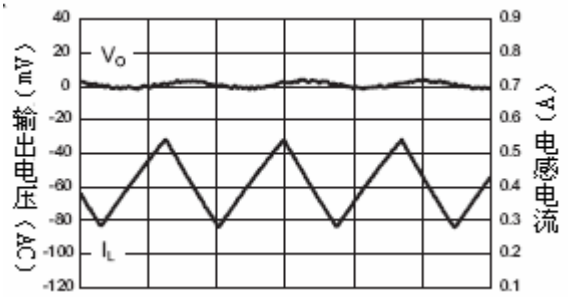
( $V_{IN}=3.6V$ ,  $V_{OUT}=1.8V$ ,  $I_{OUT}=1mA$ )



时间 (10  $\mu s/div$ )

## 输出纹波

( $V_{IN}=3.6V$ ,  $V_{OUT}=1.8V$ ,  $I_{OUT}=400mA$ )



时间 (500  $\mu s/div$ )

## 工作原理

HYM1305 是一款高性能 400mA, 1.4MHz 的单片降压型稳压器。该芯片在整个负载范围内保持开关损耗较低同时减小外部元器件的体积。除了小的旁路输入电容外, 只需要在输出端加上一个小的 LC 滤波器。典型情况下, 推荐的电感值为  $4.7\mu\text{H}$ , 陶瓷电容值为  $4.7\mu\text{F}$  (参见电感值表)。

固定输出电压版本要求仅有三个外部器件 (CIN, COUT, L)。可调节输出电压版本能够通过外部的反馈得到任意输出电压值, 其范围是 0.6V 到输入电压。外加的前馈电容也接在外部反馈上, 用来提高瞬态响应 (见图 1)。

稳压器在低压差的占空比增加到 100%, 并且输出电压会跟踪输入电压与 PMOS 功率管的导通电阻压降之差。

输入电压范围为 2.7V 到 5.5V。稳压器全负载范围内达到最优, 负载范围从空载到 400mA。

内部误差放大器与补偿电路提供了优越的瞬态响应, 负载以及线性调整率。软启动减小了当使能或输入电压供电时产生的输出电压过冲。

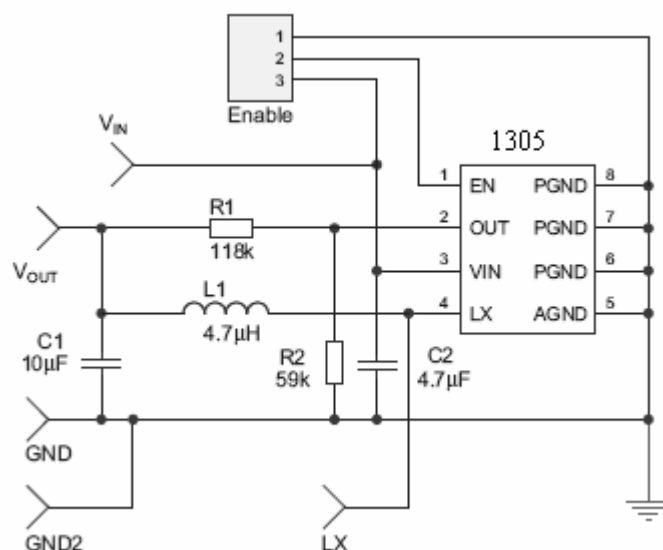


图 1 瞬态响应提高电路图

## 控制环



HYM1305 是一款峰值电流检测模式的降压型稳压器。通过 PMOS 功率管的电流，短路电流以及过载保护电流被采样到电流环路控制。固定的斜坡补偿信号叠加到采样电流，以保证占空比大于 50%情况下的稳定性。峰值电流模式环路可以看成随电压变化的电流源和输出电容并联。

误差放大器的输出电压与必要的峰值开关电流采样的电流模式环路，在所有负载以及线性调节的条件下，共同作用稳定输出电压。内部补偿环路限制了跨导电压误差放大器输出范围。对于固定电压版本，误差放大器的参考电压是通过稳压器输出电压内部分压提供；对于可调节输出电压版本，误差放大器的参考电压固定在 0.6V。

## 软启动/使能

软启动可以限制输入端的浪涌电流，并且减小输出端的过冲电压。低电平作用到使能端会使得 HYM1305 进入低功耗，开关关闭状态，此时总静态电流不超过 1  $\mu$  A。

## 过流与过温保护

在过载情况下，输入电流峰值受限。在电流达到限制值和短路条件下，为了减小功率消耗，在进入电流限制模式后，输出功率管会停止工作一段时间。若在 4 个连续的时钟周期检测到电流限制，则稳压器将在 7 个连续的时钟周期内被限定。

当内部功率损耗达到额定值时，热保护会使开关完全停止作用。PN 结的过温门限为 140°C，迟滞为 15°C。一旦过温或过流情况消失，系统自动恢复工作。

## 欠压闭锁

所有电路的内部偏置通过输入 IN 电压控制。欠压闭锁功能确保足够的 VIN 偏置以及所有的内部电路优先起作用，正常工作。

应用信息

电感选择

该降压型稳压器采用带斜坡补偿的峰值电流模式控制，以保证占空比大于 50%时环路的稳定性。输出电感值的大小必须保证电感电流的下降沿满足环路补偿的需要。HYM1305 在低电压、固定输出模式下的环路补偿是 0.24A/μs。这等效于在 1.5V 输出下，采用 4.7 μH 的电感，一个占电感电流下降环 75%的斜坡补偿。

$$m = \frac{0.75 \cdot V_o}{L} = \frac{0.75 \cdot 1.5V}{4.7 \mu H} = 0.24 A/\mu s$$

这适用于可调（0.6V）和低压固定模式下的斜坡补偿。当外部调整 0.6V 模式到 2.5V 时计算出的电感值是 7.5 μH。

$$\begin{aligned} L &= \frac{0.75 \cdot V_o}{m} = \frac{0.75 \cdot V_o}{0.24 A \frac{\mu s}{A}} \approx 3 \frac{\mu s}{A} \cdot V_o \\ &= 3 \frac{\mu s}{A} \cdot 2.5V = 7.5 \mu H \end{aligned}$$

这种情况下，选用标准 6.8 μH 的电感值。

在固定高压模式（≥2.5V）下，m=0.48A/μs。表 1 列出 HYM1305 在固定和可调电压模式下的电感值。

描 述	输出电压	电感
带外部反馈的 0.6V 可调节输出电压	1V, 1.2V	2.2 μH
	1.5V, 1.8V	4.7 μH
	2.5V, 3.3V	6.8 μH
固定输出电压	0.6V~3.3V	4.7 μH

表 1 电感值

制造商的规范给出的热限制的电感电流值和峰值电流值，均由饱和特性决定。在正常负载情况下电感电流不能达到饱和值。一些电感可能满足峰值和平均电流值，但却由于高的 DCR 表现出过大的损耗。因此在选择电容时需要考虑 DCR 损耗对稳压器效率的影响。

Sumida 公司 CDRH3D16 系列的  $4.7\mu\text{H}$  电感的 DCR 典型值为  $105\text{m}\Omega$ ，DC 电流值为  $900\text{mA}$ 。全负载输出电流  $400\text{mA}$ 、电压  $1.5\text{V}$  条件下，电感 DC 损耗为  $17\text{mW}$ ，这使得稳压器效率降低  $2.8\%$ 。

## 输入电容

选择  $4.7\mu\text{F}$  至  $10\mu\text{F}$  X7R 或 X5R 陶瓷电容作为输入。为了估计输入电容的尺寸，采用可接受的输入纹波值 ( $V_{PP}$ ) 来计算。计算值的大小随输入电压变化，当  $V_{IN}$  是  $V_{OUT}$  的两倍时达到最大。

$$C_{IN} = \frac{\frac{V_O}{V_{IN}} \left(1 - \frac{V_O}{V_{IN}}\right)}{\left(\frac{V_{PP}}{I_O} - ESR\right) \cdot F_S}$$

在  $V_{IN} = 2V_O$  条件下得到

$$\frac{V_O}{V_{IN}} \cdot \left(1 - \frac{V_O}{V_{IN}}\right) = \frac{1}{4}$$

$$C_{IN(MIN)} = \frac{1}{\left(\frac{V_{PP}}{I_O} - ESR\right) \cdot 4 \cdot F_S}$$

通常根据陶瓷电容的 DC 电压系数来选择其大小。例如， $10\mu\text{F}$ ， $6.3\text{V}$ ，X5R 陶瓷电容器应用在  $5.0\text{V}$  直流电压下，实际值是  $6\mu\text{F}$ 。

最大输入电容 RMS 电流是：

$$I_{RMS} = I_O \cdot \sqrt{\frac{V_O}{V_{IN}} \cdot \left(1 - \frac{V_O}{V_{IN}}\right)}$$

输入电容 RMS 纹波电流随输入输出电压变化，通常少于或等于总 DC 负载电流。

$$\sqrt{\frac{V_O}{V_{IN}} \cdot \left(1 - \frac{V_O}{V_{IN}}\right)} = \sqrt{D \cdot (1 - D)} = \sqrt{0.5^2} = \frac{1}{2}$$

由于  $V_{IN} = 2 \cdot V_O$ ， $I_{RMS(MAX)} = I_O / 2$ 。其中， $\frac{V_O}{V_{IN}} \cdot \left(1 - \frac{V_O}{V_{IN}}\right)$  项出现输入电压纹波项和输入

电容 RMS 电流方程中，当  $V_O$  时  $V_{OUT}$  的两倍时达到最大。这就是输入电压纹波

和输入电容 RMS 电流纹波在占空比为 50% 时最大的原因。

输入电容为 HYM1305 产生的脉冲电流提供了一个低阻环路。低 ESR/SEL 的 X7R 和 X5R 陶瓷电容是理想的选择。电容应尽量贴近芯片以减少漏电感，以满足输入电流高频下的需要，减少 EMI 和输入电压纹波。

输入电容 (C2) 的合理布局见图 2 的 PCB 版图设计。实验室测试时通常采用两根长线连接电源和评估板输入电压引脚。三端的电感和低 ESR 陶瓷输入电容组成了一个高 Q 值的拓扑结构可能影响到稳压器的性能。这个问题在负载瞬变时变得明显，使输出电压升高。环路相位和增益误差也能导致这种情况。

由于 PCB 连接线自感的影响，输入电压明显低于电源电压，许多应用并不存在这种问题。

在应用中，输入电源导致的电感不能降低到不影响稳压器性能的水平，一个高 ESR 的钽或铝电解电容需要和低 ESR、ESL 的陶瓷旁路电容并行放置。这能抑制高 Q 值拓扑，稳定系统。

## 输出电容

输出电容限制了输出电压纹波，并在大负载转换时产生迟滞。一个  $4.7\ \mu\text{F}$  至  $10\ \mu\text{F}$  的 X5R 或 X7R 陶瓷电容做 bulk 电容足以在大负载稳压时保证其稳定性，并且其 ESR、ESL 特性也满足低输出电压纹波的需求。

陶瓷输出电容控制的负载瞬变会导致输出电压降低。负载电流增加时，陶瓷输出电容单独提供输出负载电流，直到环路作出响应。在 2 到 3 个稳压周期内，环路产生响应，并且电感电流增加以满足负载电流的需要。3 个稳压周期内输出电压降低和输出电容大小的关系可以根据下式估算：

$$C_{OUT} = \frac{3 \cdot \Delta I_{LOAD}}{V_{DROOP} \cdot F_S}$$

当平均电感电流增加到 DC 负载水平，输出电压开始回升。上式估算了负载

瞬变条件下输出电容的最小值。

内部电压环的补偿限制了最小输出电容值为  $4.7 \mu\text{F}$ 。这是由于最小输出电容对环路带宽、相位裕度、增益裕度的影响。增大输出电容值会导致带宽的降低和相位裕度的提高。

最大输出电容 RMS 纹波电流：

$$I_{RMS} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{(V_{OUT}) \cdot (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}{L \cdot F \cdot V_{IN(MAX)}}$$

典型情况下，由 RMS 电流在陶瓷输出电容 ESR 里产生的功耗是很小的，小于局部热点温度上升的度数。

## 可调输出电阻选择

应用中要求产生可调节的输出电压，0.6V 的版本可以实现外部编程调节。图 5 中的电阻 R1 和 R2 改变输出电阻来得到高于 0.6V 的反馈电压。为了限制反馈电流，要减少噪声对反馈电压的影响，电阻 R2 的最小值建议为  $59\text{K}\Omega$ 。尽管更大的电阻值可以减小静态电流，但是同时也会增加反馈节点的阻抗，使得对外部噪声和外部影响更加敏感。表 2 总结了各种输出电压下的电阻值，R2 选取  $59\text{K}\Omega$  来获得较好的抗噪声能力，或者选取  $221\text{K}\Omega$  来减小空载输入电流。

$$R1 = \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) \cdot R2 = \left( \frac{1.5V}{0.6V} - 1 \right) \cdot 59\text{K}\Omega = 88.5\text{K}\Omega$$

HYM1305 的可调节的版本，联合外部前馈电容（图 1 中的 C3），增强了在极尖脉冲负载变化情况下的瞬态响应。前馈电容通常要求更大的输出电容 C1 来维持稳定性。

## 热计算

HYM1305 降压稳压器有三种类型的损耗：开关损耗，传导损耗和静态电流损耗。传导损耗是输出功率器件的导通电阻的特性有关。开关损耗主要由输出

功率开关器件的栅极充电决定。在满载情况下，假定工作在连续导通模式（CCM），LDO 损耗的简单公式表示如下：

$$P_{TOTAL} = \frac{I_O^2 \cdot (R_{DS(ON)(HS)} \cdot V_O + R_{DS(ON)(LS)} \cdot [V_{IN} - V_O])}{V_{IN}} + (t_{SW} \cdot F \cdot I_O + I_O) \cdot V_{IN}$$

其中  $I_Q$  是降压型稳压器的静态电流， $t_{sw}$  是用来减小满载时降压稳压器的开关损耗。

当降压型稳压器的低压差占空比为 100% 的情况下，总的功耗减小到：

$$P_{TOTAL} = I_D^2 \cdot R_{DS(ON)(HS)} + I_Q \cdot V_{IN}$$

其中  $R_{DS(ON)}$ ，静态电流与开关损耗都随着输入电压变化，总的损耗应该在输入电压范围内确定。给定总功耗，最大的结温度可以通过  $\theta_{JA}$  得出，SC70JW-8 封装下最大结温是  $160^\circ\text{C}/\text{W}$ 。

$$T_{J(MAX)} = \theta_{JA} \cdot P_{TOTAL} + T_{AMB}$$

V <sub>OUT</sub> (V)	R2=59 KΩ	R2=221KΩ	V <sub>OUT</sub> (V)	R2=59 KΩ	R2=221 KΩ
	R1 (KΩ)	R1		R1 (KΩ)	R1
0.8	19.6	75K			
0.9	29.4	113K	1.5	88.7	332K
1.0	39.2	150K	1.8	118	442K
1.1	49.9	187K	1.85	124	464K
1.2	59.0	221K	2.0	137	523K
1.3	68.1	261K	2.5	187	715K
1.4	78.7	301K	3.3	267	1.00M

表 2 0.6V 降压稳压器使用的可编程电阻值

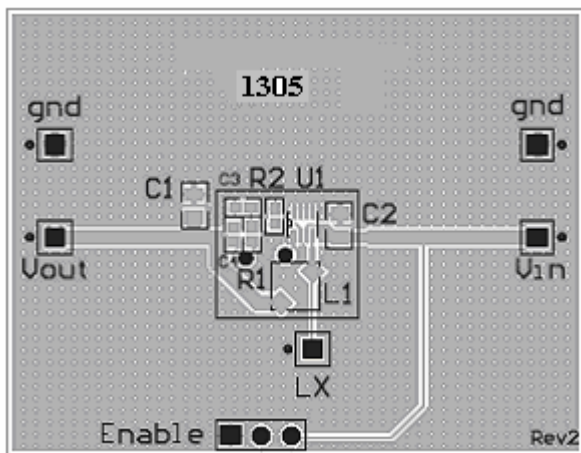


图 2 HYM1305 样品 PCB 板（顶部）

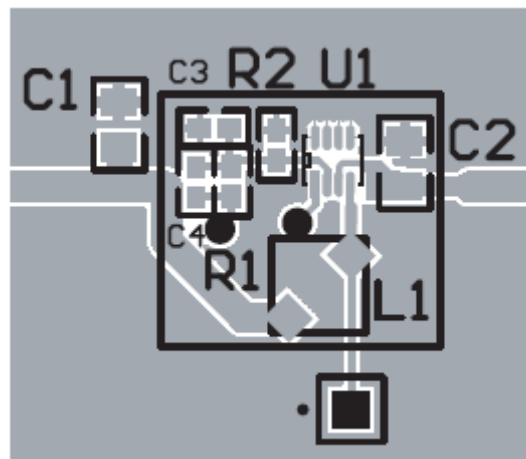


图 3 样品 PCB 板放大图

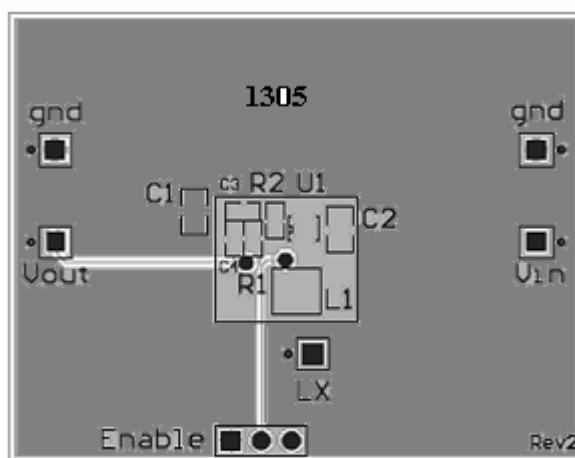


图 4 HYM1305 样品 PCB 板（底部）

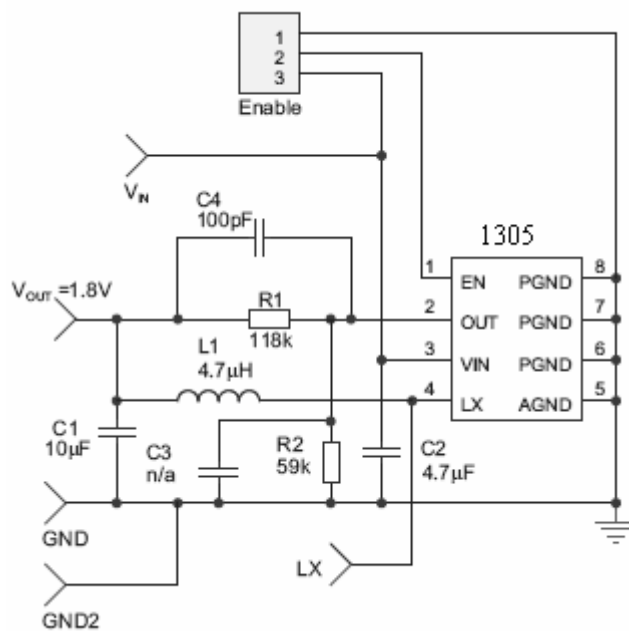


图 5 HYM1305 可调节输出电压的评估板电路图



## 版图

如图2，3和4中所示，HYM1305推荐用两层PCB板。下面规定可以帮助确定合适的PCB板。

1. 输入电容C2要尽可能的靠近VIN和直流地线。
2. 输出电容C2和L1要放得越近越好。LX引脚和L1的连线要尽可能短。
3. OUT引脚的反馈接线要与电源线分开并且尽量与负载点靠近。靠近高电流负载连线会降低DC负载调整率。如果使用外部反馈电阻，就必须放置在与OUT引脚尽可能近的地方，以减小高阻抗线的长度。
4. 从负载返回到直流地的连线的阻抗要保持尽可能小。这样可以帮助最小化DC调整率的误差，因为内部信号的地与电源地之间会有潜在的差异。

使用便宜的，微型的，非屏蔽式，高DCR的电感可以得到高密度，小面积的PCB板。应用这种电感得到的评估板如图6所示，总体净面积为40mm<sup>2</sup>。

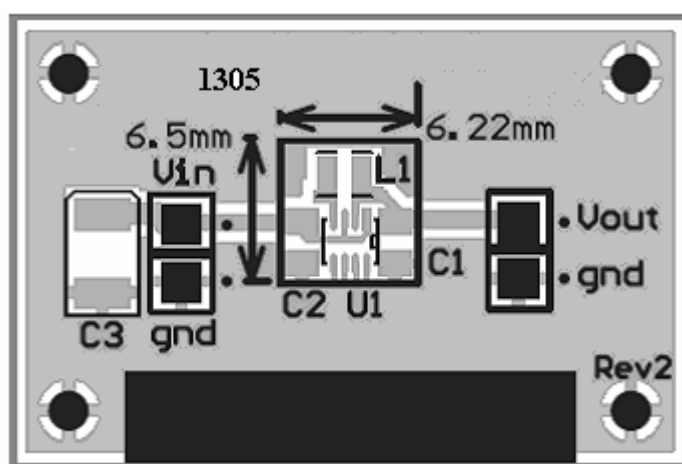


图6 使用 2.0mm x 1.6mm x 0.95mm 的电感得到的最小的 PCB 评估板



## 降压稳压器设计举例

### 指 标

$V_O = 1.8V @ 400mA$  (可调节输出电压版本为 0.6V), 脉冲负载  $\Delta I_{LOAD} = 300mA$ .

$V_{IN} = 2.7V \sim 4.2V$  (3.6V 为主)

$F_S = 1.4MHz$

$T_{AMB} = 85^\circ C$

### 1.8V 输出电感

$$L_1 = 3 \frac{\mu sec}{A} \cdot V_{O2} = 3 \frac{\mu sec}{A} \cdot 1.8V = 5.4\mu H \quad (\text{见 } 4.7\mu H, \text{ 表 } 1)$$

对于电感 CDRH3D16,  $4.7\mu H$ ,  $DCR = 105m\Omega$ .

$$\Delta I_{L1} = \frac{V_O}{L_1 \cdot F} \cdot \left(1 - \frac{V_O}{V_{IN}}\right) = \frac{1.8V}{4.7\mu H \cdot 1.4MHz} \cdot \left(1 - \frac{1.8V}{4.2V}\right) = 156mA$$

$$I_{PKL1} = I_O + \frac{\Delta I_{L1}}{2} = 0.4A + 0.068A = 0.468A$$

$$P_{L1} = I_O^2 \cdot DCR = 0.4A^2 \cdot 105m\Omega = 17mW$$

### 1.8V 输出电容

$$V_{DROOP} = 0.1V$$

$$C_{OUT} = \frac{3 \cdot \Delta I_{LOAD}}{V_{DROOP} \cdot F_S} = \frac{3 \cdot 0.3A}{0.1V \cdot 1.4MHz} = 6.4\mu F \quad (\text{见 } 10\mu F)$$

$$I_{RMS} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{(V_O) \cdot (V_{IN(MAX)} - V_O)}{L_1 \cdot F \cdot V_{IN(MIN)}} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{1.8V \cdot (4.2V - 1.8V)}{4.7\mu H \cdot 1.4MHz \cdot 4.2V} = 45mA_{rms}$$

$$P_{esr} = esr \cdot I_{RMS}^2 = 5m\Omega \cdot (45mA)^2 = 10\mu W$$

### 输入电容

输入纹波  $V_{PP} = 25mV$

$$C_{IN} = \frac{1}{\left(\frac{V_{PP}}{I_o} - ESR\right) \cdot 4 \cdot F_s} = \frac{1}{\left(\frac{25mV}{0.4A} - 5m\Omega\right) \cdot 4 \cdot 1.4MHz} = 3.11\mu F \quad (\text{见 } 4.7\mu F)$$

$$I_{RMS} = \frac{I_o}{2} = 0.2 Arms$$

$$P = esr \cdot I_{RMS}^2 = 5m\Omega \cdot (0.2A)^2 = 0.2mW$$

HYM1305 功耗

$$P_{TOTAL} = \frac{I_o^2 \cdot (R_{DS(on)(HS)} \cdot V_o + R_{DS(on)(LS)} \cdot [V_{IN} - V_o])}{V_{IN}} + (t_{sw} \cdot F \cdot I_o + I_o) \cdot V_{IN}$$
  
$$= \frac{0.4^2 (0.725\Omega \cdot 1.8V + 0.7\Omega \cdot [4.2V - 1.8V])}{4.2V} + (5ns \cdot 1.4MHz \cdot 0.4A + 70\mu A) \cdot 4.2V = 126mW$$

$$T_{J(MAX)} = T_{AMB} + \theta_{JA} \cdot P_{LOSS} = 85^{\circ}C + (160^{\circ}C/W) \cdot 126mW = 105.1^{\circ}C$$

可调节版本 (0.6V) V <sub>OUT</sub> (V)	R2=59KΩ R1 (KΩ)	R2=221KΩ R1 (KΩ)	L1 (μH)
0.8	19.6	75.0	2.2
0.9	29.4	116	2.2
1.0	39.2	150	2.2
1.1	49.9	187	2.2
1.2	59.0	221	2.2
1.3	68.1	261	2.2
1.4	78.7	301	4.7
1.5	88.7	332	4.7
1.8	118	442	4.7
1.85	124	454	4.7
2.0	137	523	6.8
2.5	187	715	6.8
3.3	267	1000	6.8
固定输出电压版本 V <sub>OUT</sub> (V)	R2, R4 未使用 R1 (KΩ)		L1 (μH)
0.6~3.3	0		4.7

表 3 评估板元器件值

生产厂家	型号	电感 ( $\mu\text{H}$ )	最大 DC 电 流值 (A)	DCR ( $\Omega$ )	尺寸 (mm) L*W*H	类型
Sumida	CDRH3D16-2R2	2.2	1.20	0.072	3.8x3.8x1.8	Shielded
Sumida	CDRH3D16-4R7	4.7	0.90	0.105	3.8x3.8x1.8	Shielded
Sumida	CDRH3D16-6R8	6.8	0.73	0.170	3.8x3.8x1.8	Shielded
Murata	LQH2MCN4R7M02	4.7	0.40	0.80	2.0x1.6x0.95	Non-Shielded
Murata	LQH32CN4R7M23	4.7	0.45	0.20	2.5x3.2x2.0	Non-Shielded
Coilcraft	LPO3310-472	4.7	0.80	0.27	3.2x3.2x1.0	1mm
Coiltronics	SD3118-4R7	4.7	0.98	0.122	3.1x3.1x1.85	Shielded
Coiltronics	SD3118-6R8	6.8	0.82	0.175	3.1x3.1x1.85	Shielded
Coiltronics	SDRC10-4R7	4.7	1.30	0.122	5.7x4.4x1.0	1mm Shielded

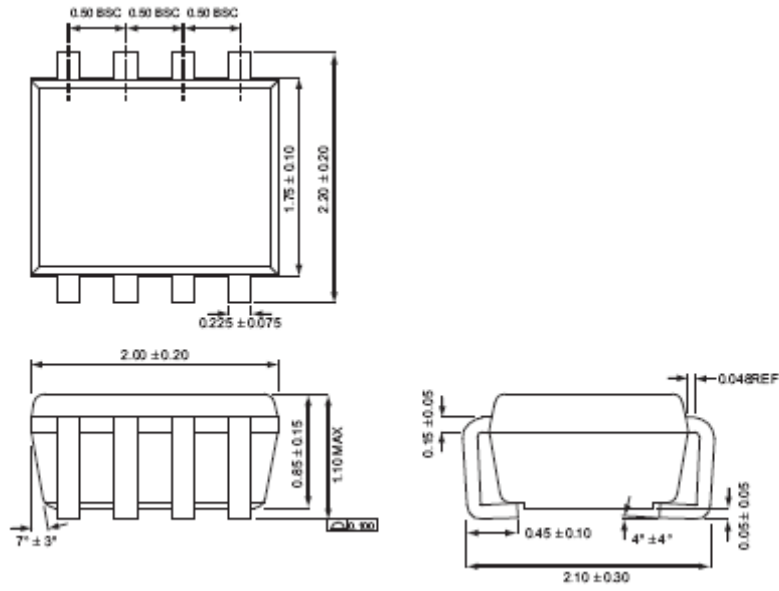
表 4 典型的表面封装电感

生产厂家	型号	典型值	电压
Murata	GRM219R61A475KE19	4.7 $\mu\text{F}$	10V
Murata	GRM21BR60J106KE19	10 $\mu\text{F}$	6.3V
Murata	GRM21BR60J226ME39	22 $\mu\text{F}$	6.3V

表 5 表面封装电容

封装信息

SC70JW-8



SOT23-5

