

ST1101

PWM/VFM 降低 DC/DC 控制器

概述

ST1101 是一款基于 18V CMOS 工艺的低工作电流高效率 PWM/VFM 降压 DC/DC 转换控制器，可在 2.3~18V 的很宽输入电压范围内稳定工作。ST1101 包含一个 PWM 控制器、一个高精度的能带隙参考源、一个误差放大器、相位补偿电路、软启动电路、保护电路、PWM/VFM 切换电路、IC 使能电路、输出电压检测电阻和输入电压检测电路。内部的控制算法使芯片获得稳定的高性能。在高负载的情况下，当 IC 持续处于最大占空比状态达到一定时间后，IC 内部的保护电路就会工作，反复通过软启动来复位电路直到退出最大占空比状态；而在低负载的情况下，PWM/VFM 切换电路将 IC 的工作状态切换成 VFM，从而提高效率。此外，当输入电压小于或等于内置 UVLO 的阈值时，内置 UVLO 的功能就会起效，使 IC 处于待机状态，减小功耗，并且避免不稳定的操作。

只需几个外部元件，该 IC 就可以很容易构成一个低纹波高效率的降压型 DC/DC 转换器。本芯片同时有输出电压可调版本，可由外部电阻设置输出电压（可调版不含 PWM/VFM 切换电路）。ST1101 采用 SOT-23-5 封装。

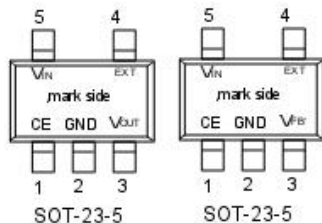
特点

- 输入电压范围：2.3~18V
- 高效率：典型为 90%
- 振荡频率：500KHz
- 输出电压：1.2~6.0V 间隔 0.1V；可调类型的输出电压为 1.0V
- 输出电压精度：+/-2%
- 输出电压低温系数：典型为 100ppm/°C
- 超低关断电流：典型为 0μA
- 内置软启动功能和保护功能
- CMOS 输出
- 封装形式：SOT-23-5

应用

- 移动式 DVD
- 数码摄像机、PMP、VCR
- 车载设备
- 便携电子产品，等等。

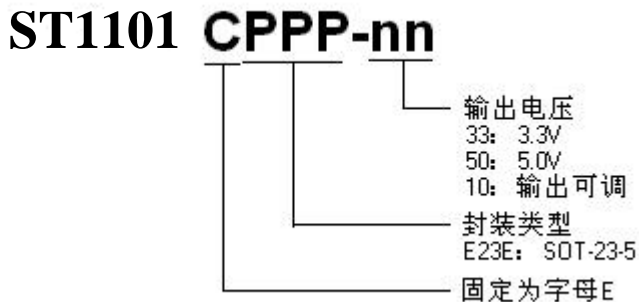
引脚定义



引脚描述

序号	符号	说明
1	CE	IC 使能管脚（高电平工作）
2	GND	接地脚
3	V _{OUT} /V _{FB}	输出电压采样管脚/反馈电压
4	EXT	外部晶体驱动管脚（CMOS 输出）
5	V _{IN}	电源管脚

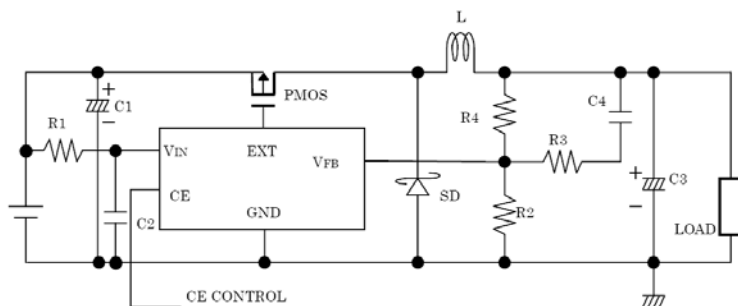
订货信息



ST1101

典型应用电路

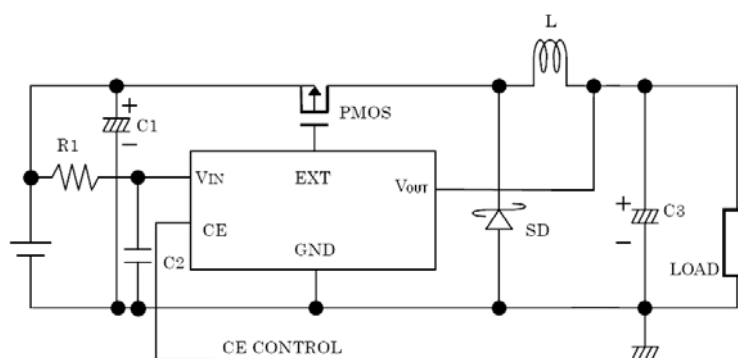
(1) 固定输出电压



元器件清单:

PMOS: IRF7406 (IR)
 L: CR105-270MC (Sumida, 27 μ H)
 SD1: RB063L-30(Rohm)
 C1: 10 μ F, Ceramic Type
 C2: 0.1 μ F, Ceramic Type
 C3: 47 μ F, Tantalum Type
 C4: 1000pF, Ceramic Type
 R1: 10 Ω ; R2: 10k Ω ; R3: 2.7 k Ω ; R4: 22 k Ω

(2) 可调输出电压. 如输出电压=3.2V



元器件清单:

PMOS: IRF7406 (IR)
 L: CR105-270MC (Sumida, 27 μ H)
 SD1: RB063L-30(Rohm)
 C1: 10 μ F, Ceramic Type
 C2: 0.1 μ F, Ceramic Type
 C3: 47 μ F, Tantalum Type
 R1: 10 Ω

最大额定值

符号	项目	极限值	单位
V_{IN}	V_{IN} 工作电压	20	V
V_{EXT}	EXT 管脚输出电压	-0.3~ $V_{IN}+0.3$	V
V_{CE}	CE 管脚输入电压	-0.3~ $V_{IN}+0.3$	V
$V_{OUT}/(V_{FB})$	V_{OUT}/V_{FB} 管脚输入电压	-0.3~ $V_{IN}+0.3$	V
I_{EXT}	EXT 管脚电感驱动电流	± 50	mA
P_D	功率消耗	250	mW
T_{opt}	工作温度范围	-40~+85	$^{\circ}$ C
T_{stg}	储存温度范围	-55~+125	$^{\circ}$ C
T_{solder}	引脚焊接温度	260 $^{\circ}$ C, 10s	

备注: 最大额定值是芯片在任何条件下都不允许超过的极限值, 在最大额定值之外工作会导致芯片的永久性损坏, 这些仅是应力极限, 并不表示在此条件下芯片可正常工作。

建议工作条件

项目	取值	单位
V_{IN} 工作电压	2.3-18	V
EXT 管脚输出电压	-0.3~ $V_{IN}+0.3$	V
CE 管脚输入电压	-0.3~ $V_{IN}+0.3$	V
V_{OUT}/V_{FB} 管脚输入电压	-0.3~ $V_{IN}+0.3$	V

ST1101

电气特性参数 (Topt=25℃ 除非另有指定)

(1) 固定输出

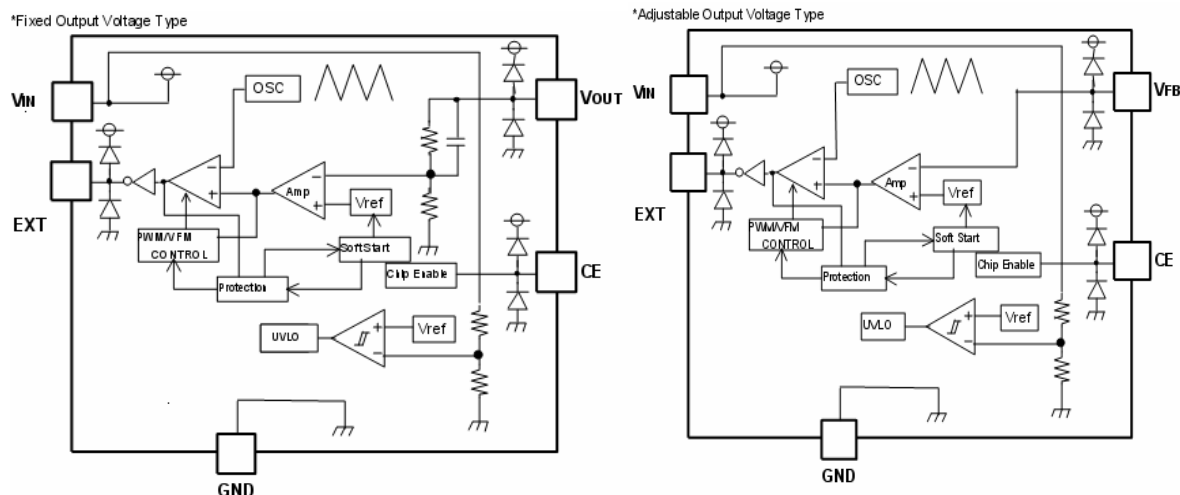
符号	项目	条件	Min	Typ	Max.	单位
V _{IN}	输入工作电压		2.3		18	V
V _{OUT}	输出电压	V _{IN} =V _{CE} =V _{SE} +1.5V, I _{OUT} =100mA	V _{SET} ×0.98	V _{SET}	V _{SET} ×1.02	V
ΔV _{OUT} /ΔT	输出电压温度系数	-40℃≤Top≤85℃		±100		ppm/℃
I _{Q1}	工作电流	V _{IN} =V _{CE} =18V, V _{OUT} =V _{SET} +1.5V		40	80	μA
I _{Q2}	关断电流	V _{IN} =18V, V _{CE} =V _{OUT} =0V		0	1	μA
fosc	振荡频率	V _{IN} =V _{CE} =V _{SET} +1.5V, I _{OUT} =-100mA	400	500	600	KHZ
Δfosc/ΔT	振荡频率温度系数	-40℃≤Topt≤85℃		±0.2		%/℃
I _{EXTH}	EXT 为高时输出电流	V _{IN} =V _{CE} =8V, V _{EXT} =7.9V, V _{OUT} =V _{SET} +1.5V		-17	-10	mA
I _{EXTL}	EXT 为低时输出电流	V _{IN} =V _{CE} =8V, V _{EXT} =0.1V, V _{OUT} =0V	20	30		mA
V _{CEH}	CE 为高时输入电流	V _{IN} =8V, V _{OUT} =0V	1.5			V
V _{CEL}	CE 为低时输入电流	V _{IN} =8V, V _{OUT} =0V			0.3	V
D _{MAX}	最大占空比		100			%
DV _{FM}	VFM 占空比			35		%
V _{UVLO1}	欠压锁定电压	V _{IN} =V _{CE} =2.5→1.5V, V _{OUT} =0V	1.75	2.0	2.25	V
V _{UVLO2}	欠压锁定释放电压	V _{IN} =V _{CE} =1.5→2.5V, V _{OUT} =0V		V _{UVLO1} +0.1	2.4	V
T _{SST}	软启动后延迟时间	V _{IN} =V _{SET} +1.5V, I _{OUT} =-10mA, V _{CE} =0V→V _{SET} +1.5V	5	10	20	ms
T _{PROT}	保护电路延迟时间	V _{IN} =V _{CE} =V _{SET} +1.5V, V _{OUT} =V _{SET} +1.5V→0V	5	15	30	ms

(2) 可调输出

符号	项目	条件	Min	Typ	Max.	单位
V _{IN}	输入工作电压		2.3		18	V
V _{FB}	反馈电压	V _{IN} =V _{CE} =8V, I _{FB} =350mA	0.98	1.00	1.02	V
ΔV _{OUT} /ΔT	输出电压温度系数	-40℃≤Top≤85℃		±100		ppm/℃
I _{Q1}	工作电流	V _{IN} =V _{CE} =18V, V _{FB} =2V		40	80	μA
I _{Q2}	关断电流	V _{IN} =18V, V _{CE} =V _{FB} =0V		0	1	μA
fosc	振荡频率	V _{IN} =V _{CE} =8V, I _{FB} =350mA	400	500	600	KHz
Δfosc/ΔT	振荡频率温度系数	-40℃≤Topt≤85℃		±0.2		%/℃
D _{MAX}	最大占空比		100			%
D _{MIN}	最小占空比				0	%
I _{EXTH}	EXT 为高时输出电流	V _{IN} =V _{CE} =8V, V _{EXT} =7.9V, V _{FB} =3V		-17	-10	mA
I _{EXTL}	EXT 为低时输出电流	V _{IN} =V _{CE} =8V, V _{EXT} =0.1V, V _{FB} =0V	20	30		mA
V _{CEH}	CE 为高时输入电流	V _{IN} =8V, V _{FB} =0V	1.5			V
V _{CEL}	CE 为低时输入电流	V _{IN} =8V, V _{FB} =0V			0.3	V
V _{UVLO1}	欠压锁定电压	V _{IN} =V _{CE} =2.5V→1.5V, V _{FB} =0V	1.75	2.0	2.25	V
V _{UVLO2}	欠压锁定释放电压	V _{IN} =V _{CE} =1.5→2.5V, V _{FB} =0V		V _{UVLO1} +0.1	2.4	V
T _{SST}	软启动后延迟时间	V _{IN} =8V, I _{FB} =10mA, V _{CE} =0V→2.5V	5	10	20	ms
T _{PROT}	保护电路延迟时间	V _{IN} =V _{CE} =2.5V, V _{FB} =2.5V→0V	5	15	30	ms

ST1101

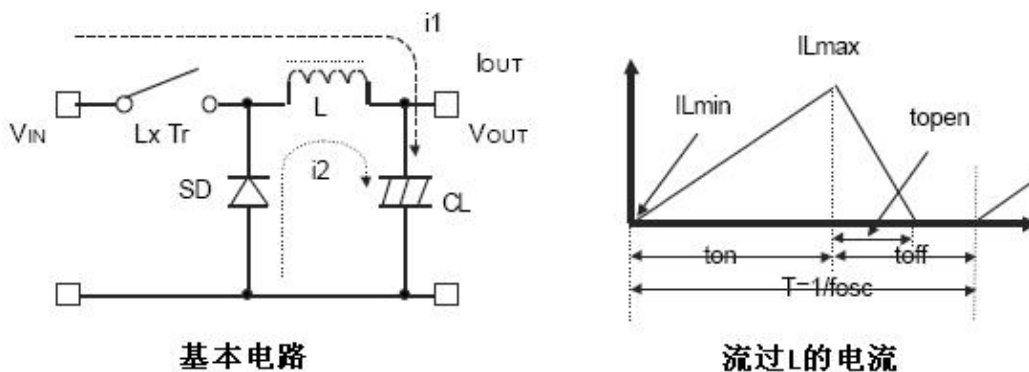
电路框图



工作原理描述

■ 降压直流转换电路的工作原理

降压直流转换电路在 L_x 开关管导通时向电感中存储能量，在 L_x 开关管关断时由电感向外释放能量，从而在输出端获得一个低于输入的电压值。其工作原理由下图演示：



第 1 阶段： L_x 开关管导通，流经 L 的电流 i_1 从 IL_{min} (0) 随导通时间线性增加到 IL_{max} ，能量被储存在电感 L 中。

第 2 阶段： L_x 开关管关断，而流过电感 L 的电流不可瞬变，必须维持在 IL_{max} ，所以此时肖特基二极管 SD 导通以构成 IL_{max} 电流的回路，如图中的 i_2 。

第 3 阶段：电感电流 IL 逐渐下降。对于非连续模式的转换电路，在下一个周期开始前， IL 下降到 0；而对于连续模式的转换电路，则在 IL 下降到 0 之前就开始下一个周期。

对 PWM 工作模式的系统，电路的振荡频率维持为常数，输出电压通过控制导通时间来维持。

■ PWM/VFM 切换机制

本芯片内含 PWM/VFM 切换电路，当开关占空比在 35% 以下时，芯片从 PWM 模式进入到 VFM 模式（漏脉冲模式），这一模式可以提高系统在轻载时的效率和限制自身消耗的电流。但是，当输出电压与输入电压比值低于 35% 时，即使系统处在大电流条件下，芯片仍然会维持在 VFM 模式，致使振荡频率下降，振荡波形不稳定。这一现象是带有 PWM/VFM 切换电路的芯片的典型特性。

■ 欠压锁定和输出短路保护功能

本芯片带有欠压锁定功能，当输入电压过低时，为防止芯片出现误操作，欠压锁定功能将芯片锁定在复位状态。

当输出短路时，芯片达到最大占空比，并由此进入复位状态，从而实现输出短路保护功能。

ST1101

应用设计指导

■ 输出电流与外围元器件的选取

定义 I_{RP} 为纹波电流峰-峰值， R_P 为Lx开关管的导通电阻， R_L 为电感的直通电阻，则当Lx开关管导通时：

$$V_{in} = V_{out} + (R_P + R_L) \times I_{out} + L \times I_{RP} / t_{on} \text{-----式 (3)}$$

当Lx开关管关断时：

$$L \times I_{RP} / t_{off} = V_F + V_{out} + R_L \times I_{out} \text{-----式 (4)}$$

将式(4)带入式(3)，定义导通比 $D_{ON} = t_{on} / (t_{on} + t_{off})$ ，则：

$$D_{ON} = (V_{out} + V_F + R_L \times I_{out}) / (V_{in} + V_F - R_P \times I_{out}) \text{----式 (5)}$$

纹波电流峰-峰值为：

$$I_{RP} = (V_{in} - V_{out} - R_P \times I_{out}) \times D_{ON} / f / L \text{-----式 (6)}$$

流经电感、开关管及SD的最大电流为：

$$I_{L \max} = I_{out} + I_{RP} / 2 \text{-----式 (7)}$$

根据 $I_{L \max}$ 、输入条件和输出条件选取外围元器件。

■ 外围元器件

1. 电感

选择允许峰值电流大于 $I_{L \max}$ 的电感。如果有超过允许电流的电流流过电感，就会发生磁饱和现象，从而使转换效率变差。当负载电流确定时，电感的取值L越小，则纹波电流越大。如果允许电流很大而直流电流很小，则对于大的输出电流，电感取值越小，效率越高。

2. 二极管

选用低 V_F 高开关速度的二极管，推荐选用肖特基管。二极管的额定反向击穿电压需高于输入电压 V_{in} ，额定电流需高于 $I_{L \max}$ 。

3. 电容

输入电容 C_{in} 要选用低等效串联电阻(ESR)的电容，稳定工作的电容取值要在 $10 \mu F$ 以上。

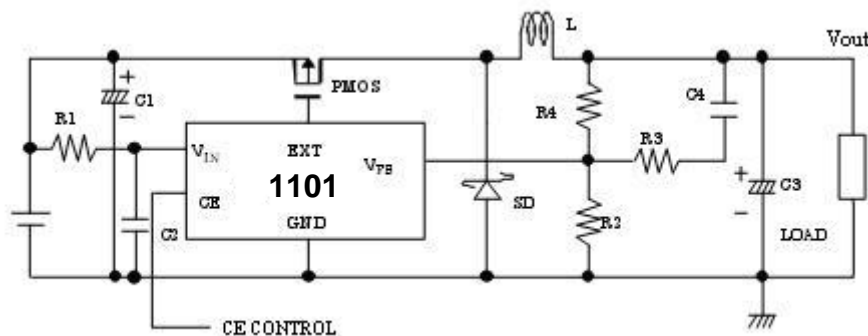
输出电容 C_{out} 可降低输出纹波，因此推荐选用 $47 \mu F$ 以上的钽电容。建议输出电容的耐压为输出电压的2倍以上，以防输出毛刺击穿电容。

4. Lx 开关管

本芯片须选用P型功率MOS管。其栅-源击穿电压须高于输入电压 V_{in} ，其最大连续导通电流须高于电路的峰值电流 $I_{L \max}$ 。如输入电压较低，则须选用低阈值电压的MOS管以使MOS管完全导通，确保效率。对大负载电流为主的应用，选用低导通电阻的MOS管以确保效率。对小负载电流为主的应用，选用小栅极电容的MOS管以确保效率。

■ 对可调输出电压版本：如何调整输出电压和做相位补偿

对可调电压输出电压的芯片，其 V_{FB} 电压固定为1.0V，因此，输出电压由典型应用电路中的 R_2 和 R_4 来确定。



正常工作时，芯片的 V_{FB} 引脚固定为1.0V，并且流入的电流为0，因此流过 R_2 和 R_4 的电流相等：

$$V_{FB} / R_2 = (V_{out} - V_{FB}) / R_4$$

ST1101

由上式可得:

$$V_{out} = V_{FB} \times (1 + R4 / R2)$$

选取 R2 和 R4 的值时, 需要结合考虑相位补偿。在 DC/DC 转换电路中, L 和 C 等外围元件可能使相位落在 180° 之后, 造成相位余量不够, 系统稳定性不足, 为此需要做相位补偿。由外围电感 L 和电容 C3 构成了一个如下极点:

$$F_{pole} \sim 1 / 2\pi\sqrt{L \times C3}$$

而 R4 与 C4 构成了一个零点:

$$F_{zero} \sim 1 / (2\pi \times R4 \times C4)$$

令零、极点抵消以作相位补偿。例如, 当 L=27μH, C3=47μF 时, F_{pole} 约为 4.5KHz, 如果 C4 取 1000pF, 则 R4 取 33KΩ。若需要 V_{out}=2.5V, 则 R2 取 22KΩ。

上图中的 R3 用来防止输出端的噪声反馈到 V_{FB} 端, 可取 2.7KΩ。

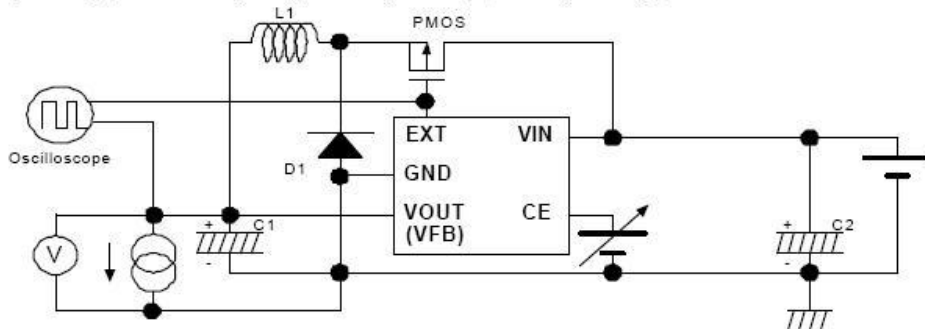
■ PCB 步图布线指导

为提高系统稳定性, 在 PCB 布图时可遵循下述指导:

1. 在芯片的每个引脚上都存在上、下寄生二极管, 在使用中不可令其导通。例如, 在 CE 端施加的高电平电压, 不可高于 V_{in} 电压。
2. GND 平面不要有缝隙。
3. 使外围元件尽量靠近芯片, 以使芯片与它们的连线最短, 尤其是输出端电容, 应该尽可能靠近芯片的 V_{out} 端, 连接线也要短而宽。须有足够的接地和电源连接, 因为可能有较大电流经过电源连接、电感和输出连接, 如果电源连接阻抗太高, 那么芯片的输入电压就会随电流而变化, 导致芯片工作不稳定。
4. V_{FB} 端点的覆铜面积要尽可能小, 并且要远离干扰源。
5. 减小 L_x 开关管结点的寄生电容, 可降低开关损耗。

测试电路

A) Output Voltage, Oscillator Frequency, CE"H" Input Voltage, CE"L" Input Voltage, Soft-start time



PMOS: HAT1044M (Hitachi) L: CD104-270MC (Sumida, 27μH)
SD1: RB491D (Rohm)
C1: 47μF (Tantalum Type) C2: 47μF (Tantalum Type)

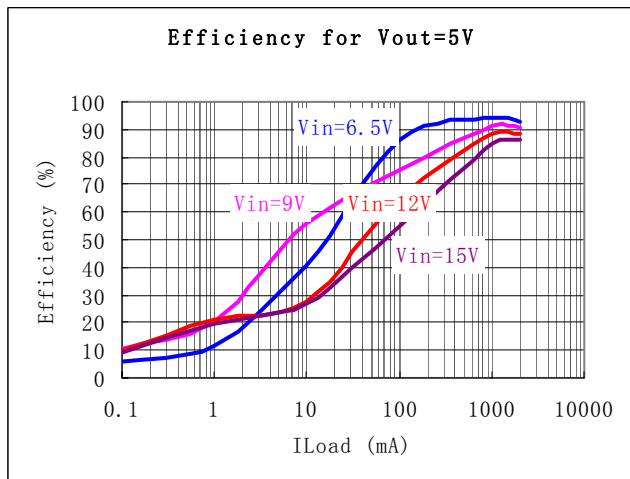
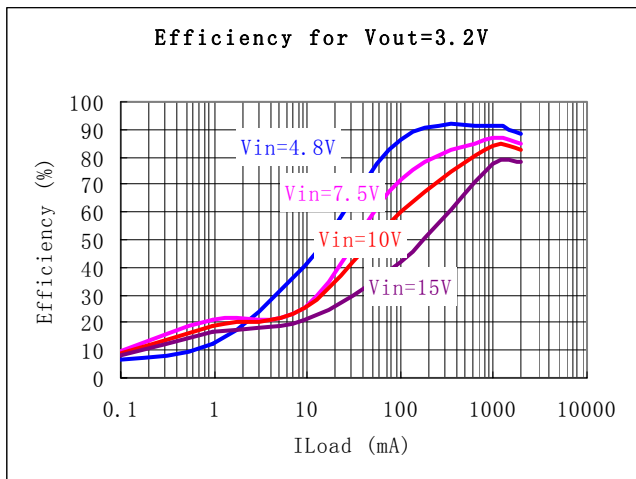
ST1101

典型工作特性

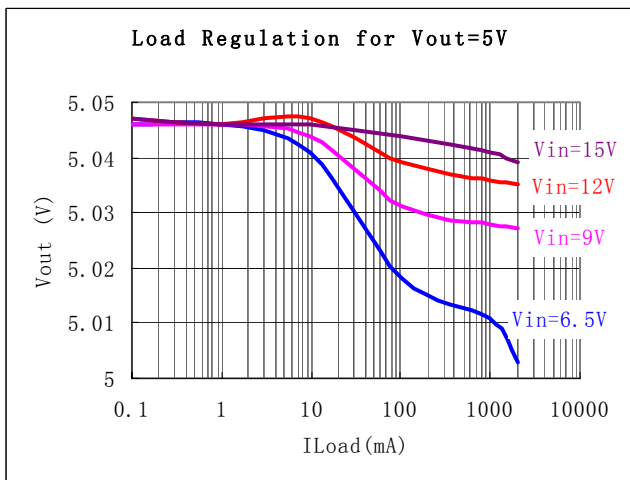
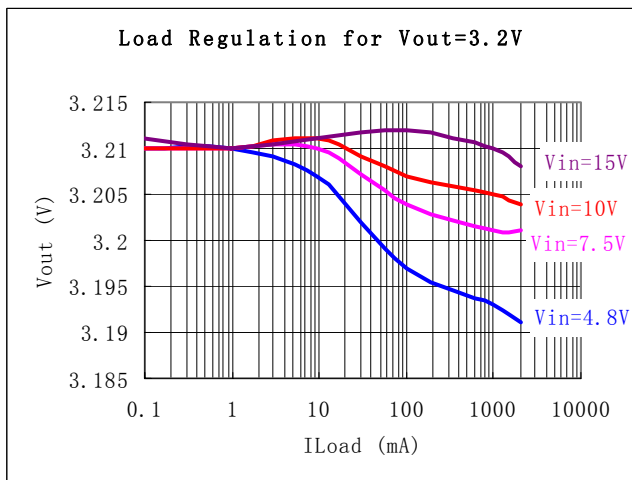
注：按测试电路图获得，外围元器件取值如下：

PMOS: IRF7406 (IR)	L: CR105-270MC (Sumida, 27 μ H)	SD1: SS24
C1: 10 μ F, Ceramic Type	C2: 0.1 μ F, Ceramic Type	C3: 47 μ F, Tantalum Type
R1: 10 Ω	R2: 10k Ω	C4: 1000pF, Ceramic Type
		R3: 2.7 k Ω
		R4: 22 k Ω

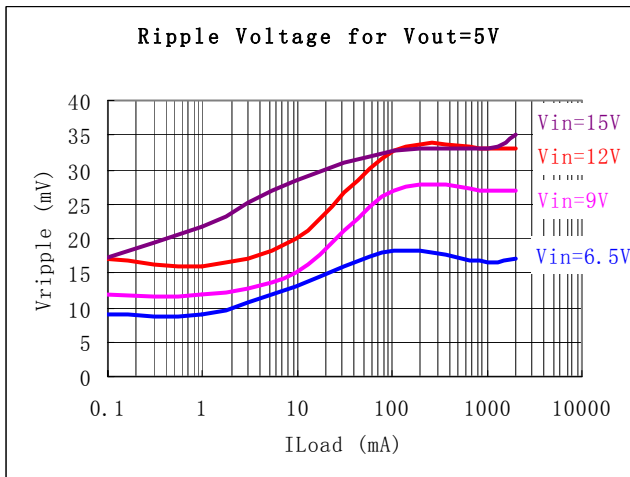
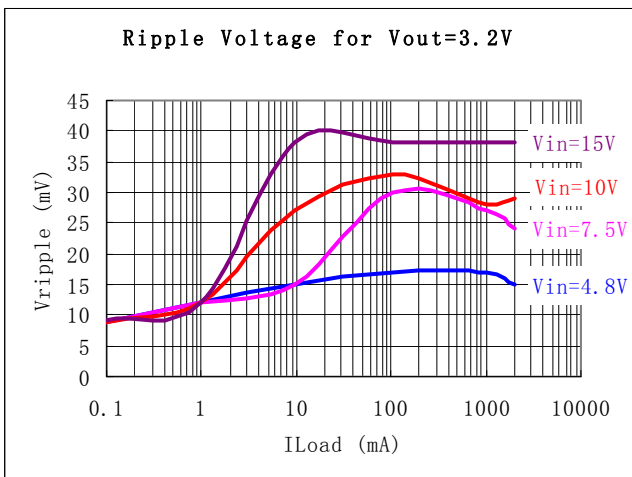
1. Efficiency vs. Output Current for 1101E23E-10



2. Load Regulation (Output Voltage vs. Output Current) for 1101E23E-10

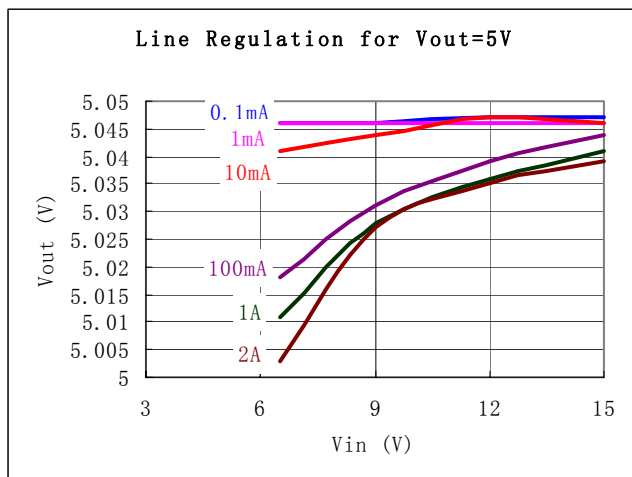
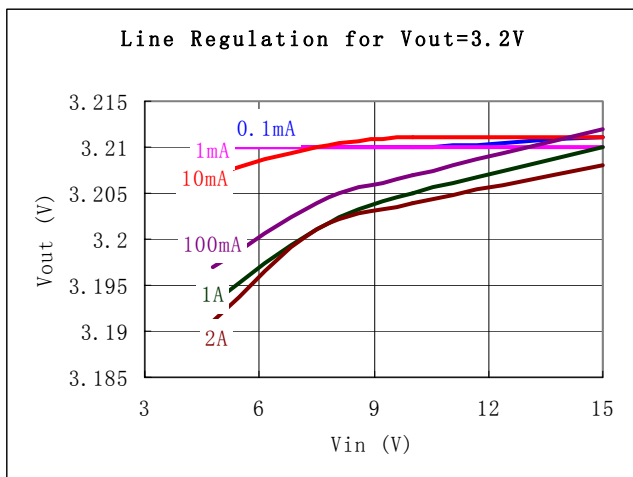


3. Ripple Voltage vs. Output Current for 1101E23E-10



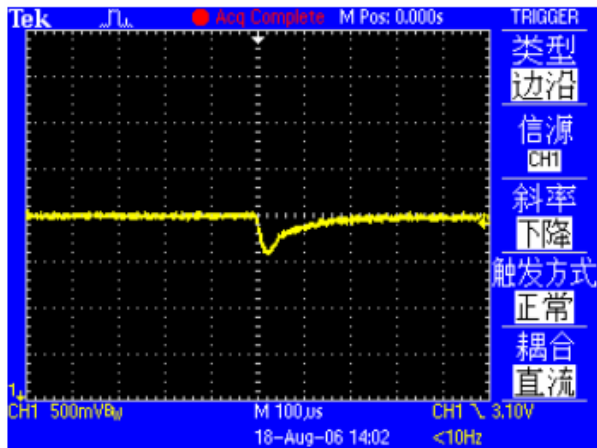
ST1101

4. Line Regulation (Output Voltage vs. Input Voltage) for 1101E23E-10

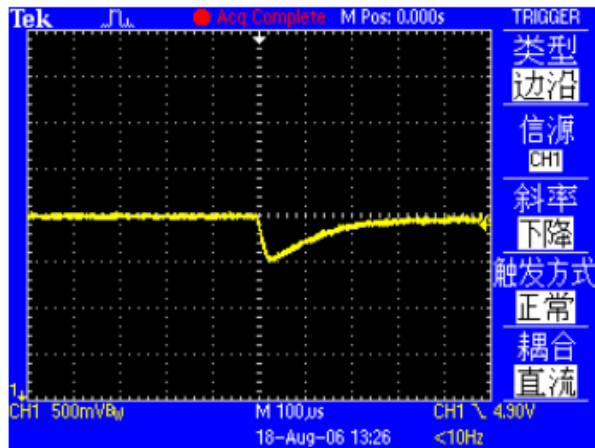


5. Load Transient Response

(1) ILoad from 0A to 1A

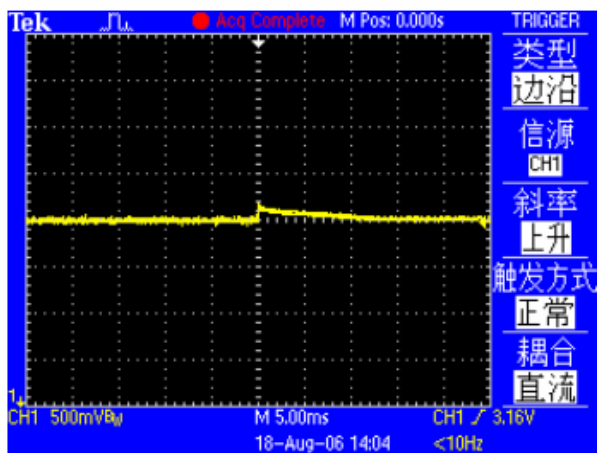


Vin=4.8V, Vout=3.2V, L=27µH, C=47µF

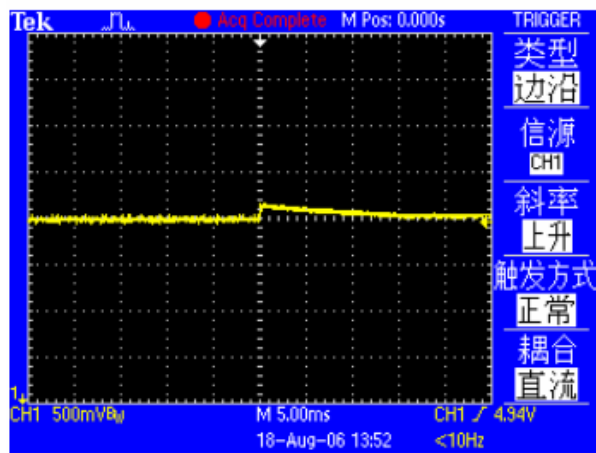


Vin=6.5V, Vout=5V, L=27µH, C=47µF

(2) ILoad from 1A to 0A



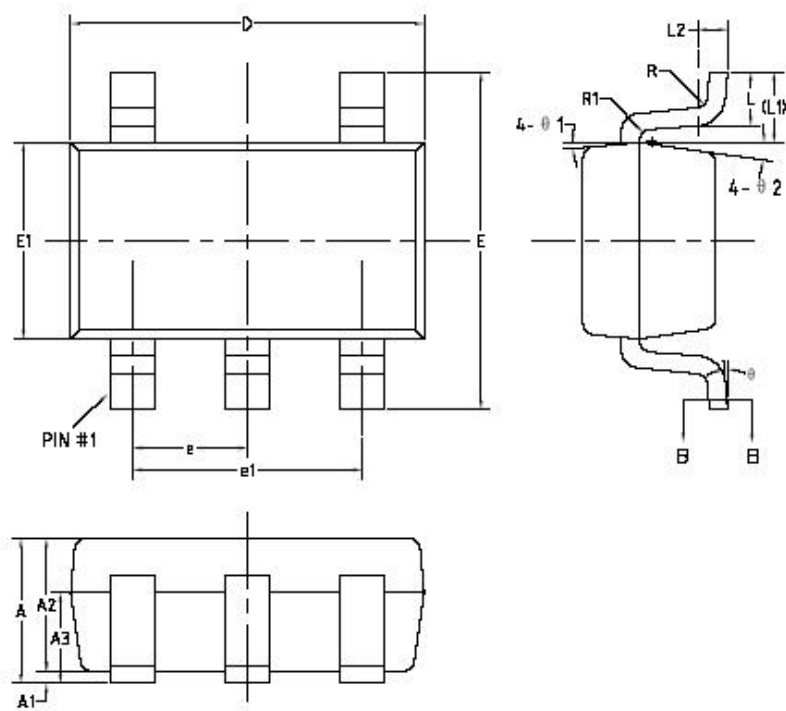
Vin=4.8V, Vout=3.2V, L=27µH, C=47µF



Vin=6.5V, Vout=5V, L=27µH, C=47µF

ST1101

封装外形尺寸



符号	尺寸 (单位: 毫米)		
	最小值	标称值	最大值
A	-	-	1.25
A1	0	-	0.15
A2	1.00	1.10	1.20
A3	0.60	0.65	0.70
D	2.826	2.926	3.026
E	2.60	2.80	3.00
E1	1.526	1.626	1.726
e	0.95BSC		
e1	1.90BSC		
L	0.35	0.45	0.60
L1	0.59REF		
L2	0.25BSC		
R	0.10	-	-
R1	0.10	-	0.25
θ	0	-	8
$\theta 1$	3	5	7
$\theta 2$	6	8	10