

WS9003 非隔离降压型 LED 恒流控制器

特点

- 抗干扰能力强
- 临界模式工作，无需电感补偿
- 内置 500V 功率 MOSFET
- 源极驱动，无需辅助绕组供电
- 高达±3%的 LED 电流精度
- 高达 93%以上的系统效率
- LED 开路/短路保护
- 智能温度控制技术
- 芯片过温保护
- OVP 电压可调
- 掉电不回闪
- 可选择很小的输入电容

应用领域

- T5灯管
- T8灯管
- 球泡灯
- 其它LED灯管

概述

WS9003 是一款高精度的 LED 恒流控制芯片，应用于非隔离的降压型 LED 电源系统，适用于全电压 85VAC—264VAC 输入。

WS9003 内部集成 500V 功率 MOSFET，只需要很少的外围元件，即可实现优异的恒流特性。

WS9003 芯片内带有高精度的电流取样电路，同时采用了先进的恒流控制技术，实现高精度的 LED 恒流输出和优异的线性调整率。芯片工作在电感电流临界模式，系统输出电流不随电感量和 LED 工作电压的变化而变化，实现优异的负载调整率。

WS9003 采用先进的源极驱动技术，芯片工作电流只有 110uA，无需辅助绕组供电，简化设计，降低系统成本。

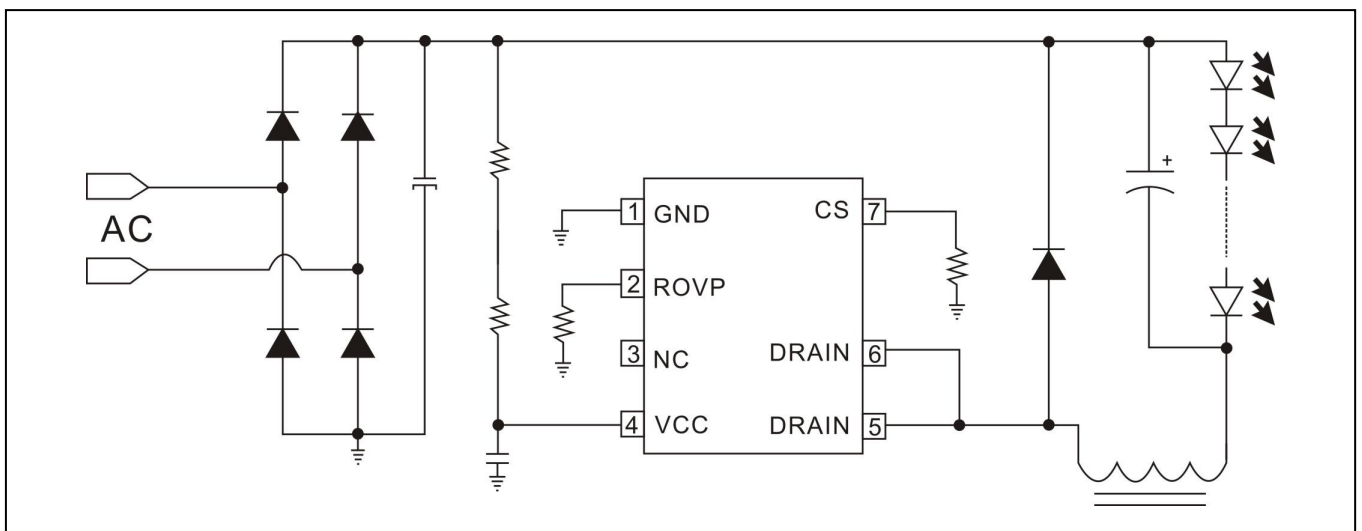
WS9003 采用专利的反相 OVP 逻辑，防止在潮湿天气或 PCB/胶漏电时，出现灯闪；开路保护电压通过 R_{ovp} 电阻可调，可满足不同应用需求，节约成本。

WS9003 内部采用了独特的智能温控技术，完全解决高温灯闪问题。

WS9003 具有多重保护功能，包括 LED 开路/短路保护、电流采样电阻短路保护和芯片过温保护。

WS9003 提供 7-Pin 的 SOP-7 与 DIP-7 封装。

典型应用图

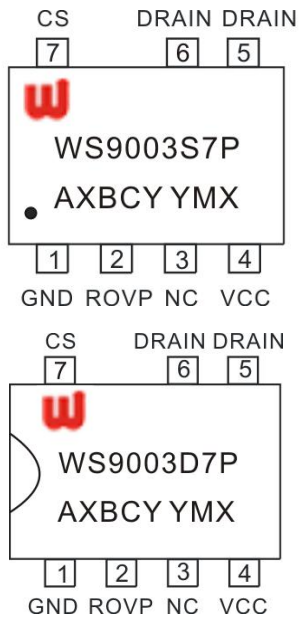


WS9003 Product Description



引脚定义与器件标识

WS9003 提供 7Pin 的 SOP-7 与 DIP-7 封装，如下图所示：



WS9003S7P: Product Code

A: 产品编码
X: 内部代码
BCY: 内部品质管控代码
YMX: D/C

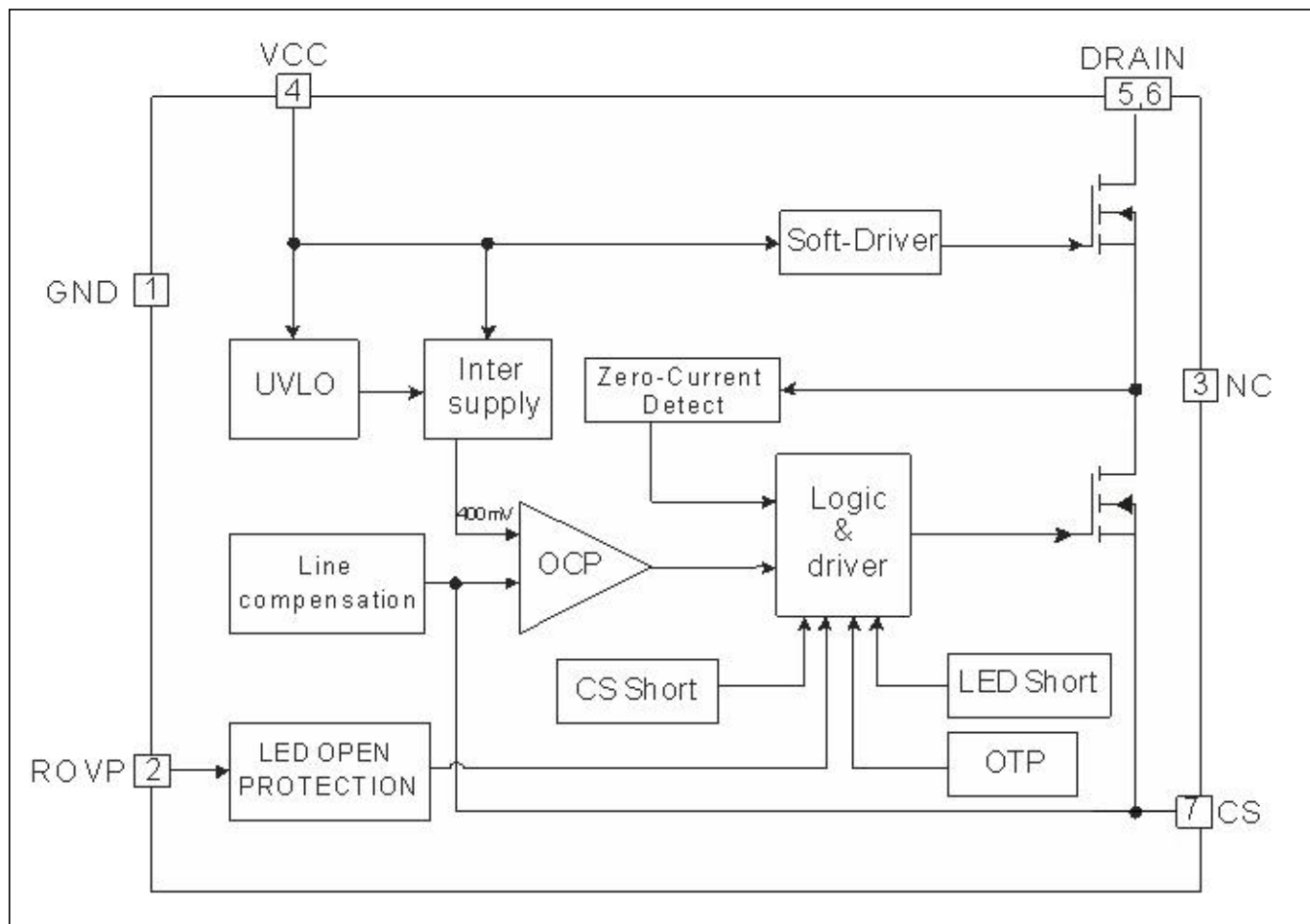
WS9003D7P: Product Code

A: 产品编码
X: 内部代码
BCY: 内部品质管控代码
YMX: D/C

引脚功能说明

引脚名	引脚号	功能说明
GND	1	芯片地
ROVP	2	通过该引脚电阻调节开路保护电压；无 OVP 应用场合，可悬空
NC	3	悬空脚；建议接地
VCC	4	芯片电源端
DRAIN	5,6	内部高压 MOSFET 的漏极
CS	7	电流采样端，接电流检测电阻到地

电路内部结构框图



订购信息

封装形式	芯片表面标识	采购器件名称
7-Pin SOP-7, Pb-free	WS9003S7P	WS9003S7P
7-Pin DIP-7, Pb-free	WS9003D7P	WS9003D7P

输出功率范围

型号	封装形式	输入电压	最大输出功率
WS9003	SOP-7	全电压（85VAC-264VAC）	80V/300mA
		单电压（175VAC-264VAC）	120V/280mA
			160V/220mA
	DIP-7	全电压（85VAC-264VAC）	80V/380mA
		单电压（175VAC-264VAC）	120V/360mA
			160V/280mA

最小帶載範圍

型号	封装形式	参数	参数范围
WS9003	SOP-7 / DIP-7	最小负载 LED 电压	> 9 V

极限参数

符号(symbol)	参数 (parameter)	极限值	单位 (unit)
V_{DS}	内部高压 MOSFET 漏极到源极峰值电压	-0.3~500	V
I_{CC_MAX}	最大电源电流	2.5	mA
V_{ROVP}	LED 开路保护电压调节端	-0.3~7	V
V_{SOURCE}	内部高压 MOSFET 的源极电压	-0.3~8	V
V_{CS}	CS 电流采样端电压	-0.3~7	V
P_{DMAX}	功耗	0.6	W
T_J	最大工作结温	150	°C
T_{STG}	最小/最大储藏温度	-55~150	°C

注意：超过上表中规定的极限参数会导致器件永久损坏。不推荐将该器件工作在以上极限条件，工作在极限条件以上，可能会影响器件的可靠性。

电气特性参数(若无特殊说明， $T_A=25^{\circ}C$ ， $V_{CC}=7V$)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源供电部分						
V_{CC_clamp}	VCC 钳位电压	$I_{VCC}=1mA$	6.9	7.3	7.9	V
I_{CC_clamp}	VCC 钳位电流				4	mA
V_{CC_ST}	芯片启动电压	VCC 上升	6.5	6.9	7.5	V
V_{UVLO_HYS}	欠压保护迟滞	VCC 下降		1.5		V
I_{st}	启动电流	$V_{CC}<V_{CC_ST}-0.5V$		145	200	uA
I_{op}	工作电流			110		uA
电流采样部分						
V_{CS_th}	电流检测阈值		390	400	410	mV
T_{LEB}	电流采样消隐时间			350		ns
T_{DELAY}	芯片关断延迟			300		ns
内部驱动						
T_{OFF_MIN}	最小退磁时间			3		us
T_{OFF_MAX}	最大退磁时间			310		us
T_{ON_MAX}	最大开通时间			50		us
高压 MOSFET 参数部分						
$R_{DS(on)}$	内部开关管导通阻抗	$V_{CC}=7V/I_D=0.5A$		3	3.5	ohm
V_{DS_BD}	内部开关管最大耐压	$V_{GS}=0V/I_D=250uA$	500			V
I_{DSS}	功率管漏电流	$V_{GS}=0V/V_{DS}=500V$			10	uA
过温保护						
T_{SD}	过热关断温度			160		°C
T_{SD_HYS}	过热保护迟滞			20		°C
T_{comp}	智能温度补偿起作用			150		°C

功能描述

WS9003 是一款专为 LED 照明设计的恒流驱动芯片，应用于非隔离的降压型 LED 电源系统。它内部集成 500V 功率 MOSFET，并且采用先进的恒流控制方法和源极驱动技术，只需要很少的外围元件就可以达到优异的恒流特性，系统成本低，效率高。

启动

系统上电后，线电压通过启动电阻对 VCC 电容充电，当 VCC 电压达到芯片开启阈值时，芯片开始工作。WS9003 内部将 VCC 电压被箝位到 7.3V。

系统启动电流的典型值为 145uA（最大值为 200uA）。例如当使用在 85VAC—264VAC 时，启动电阻应按如下公式设定为：

$$R_{ST} < \frac{V_{IN_MIN} - V_{VCC}}{I_{ST_MAX}} = 460K$$

考虑到 VCC 供电正常与输入电解电容有关系，启动电阻选择需考虑输入电容的容量及母线谷底电压，预留一定的余量；建议采用两颗或以上 1206 封装贴片电阻串联使用。

VCC 电容的选取

Vcc 电容是用于给芯片供电，从而确保芯片稳定工作。布板的时候，要尽可能贴近芯片放置。

推荐 Vcc 采用 1uF 或以上容量的电容。如果选用的是叠层瓷片电容（MLCC），推荐用 X7R 的材质，从而保证高低温下，容量的稳定性。另外，由于 MLCC 体积小，材质脆等特点，容易出现由于外应力损坏或者因为 PCB 板上杂质的存在而出现 Vcc 漏电，从而导致芯片启动不了的现象。请务必在布板和生产过程中加以严格的控制。

恒流控制，输出 LED 电流设置

WS9003采用专利的恒流控制方法，只需要很少的外围元件，即可实现高精度的恒流输出。芯片逐周期检测电感的峰值电流，CS 端连接到内部峰值电流比较器的输入端，与内部 400mV 阈值电压进行比较，当 CS 电压达到内部检测阈值时，功率管关断。CS 比较器的输出还包括一个 350ns 的前沿消隐时间。

电感峰值电流的计算公式：

$$I_{PK} = \frac{400}{R_{CS}} (mA)$$

其中，Rcs为电流检测电阻阻值。为了保证系统的恒流精度，建议采样电阻Rcs选用1%精度的电阻。

LED 输出电流计算公式：

$$I_{LED} = \frac{I_{PK}}{2} (mA)$$

其中，IPK是电感的峰值电流。

续流二极管

MOSFET导通时，二极管将会承受等于输入电压的反向电压。推荐使用耐压600V二极管。并且，由于续流二极管的工作频率在20K~120KHz，所以推荐使用Trr小于50nS的ES，ER等系列的超快恢复二极管。

输入电解电容

输出电解电容耐压必须考虑输入电压，常用的是400V。

通常，输入电解电容的容量设计可以采用如下的经验公式：

90Vac~264Vac: 1W 输出选用1uF输入电解电容

176Vac~264Vac: 1W 输出选用0.5uF输入电解电容

输出电容

推荐使用电解电容，稳定的容量可以提高电源效率，改善 LED 纹波电流，提高光效。

输出电解电容耐压必须考虑设置的Vovp电压。

储能电感

WS9003 工作在电感电流临界模式，当芯片输出脉冲时，外部功率 MOSFET 导通，流过储能电感的电流从零开始上升，功率管的导通时间为：

$$t_{on} = \frac{L \times I_{PK}}{V_{IN} - V_{LED}}$$

其中，L 是电感的感量；I_{PK} 是流过电感的电流峰值；V_{IN} 是输入交流经整流后的直流电压；V_{LED} 是输出 LED 上的电压。

当芯片输出脉冲关断时，外部功率 MOSFET 也被关断，流过储能电感的电流从峰值开始往下降，当电感电流下降到零时，芯片再次输出脉冲。功率管的关断时间为：

$$t_{off} = \frac{L \times I_{PK}}{V_{LED}}$$

储能电感的计算公式为：

$$L = \frac{V_{LED} \times (V_{IN} - V_{LED})}{f \times I_{PK} \times V_{IN}}$$

其中， f 为系统工作频率。WS9003 的系统工作频率和

输入电压成正比关系，设置 WS9003 系统工作频率时，选择在输入电压最低时设置系统的最低工作频率，而当输入电压最高时，系统的工作频率也最高。

WS9003 设置了系统的最小退磁时间和最大退磁时间，分别为 3us 和 310us。由 t_{off} 的计算公式可知，如果电感量很小时， t_{off} 很可能会小于芯片的最小退磁时间，这时系统就会进入电感电流断续模式，LED 输出电流会背离设计值；而当电感量很大时， t_{off} 有可能会超出芯片的最大退磁时间，这时系统就会进入电感电流连续模式，输出 LED 电流同样也会背离设计值。所以选择合适的电感值很重要。

过压保护电阻设置

WS9003 可以通过 R_{ovp} 电阻来调节开路保护电压。

当 LED 开路时，输出电压逐周期增加，消磁时间变短，可以根据需要设定开路保护电压，来计算相应的电感时间：

$$T_{ovp} = \frac{L \times V_{CS}}{R_{CS} \times V_{ovp}}$$

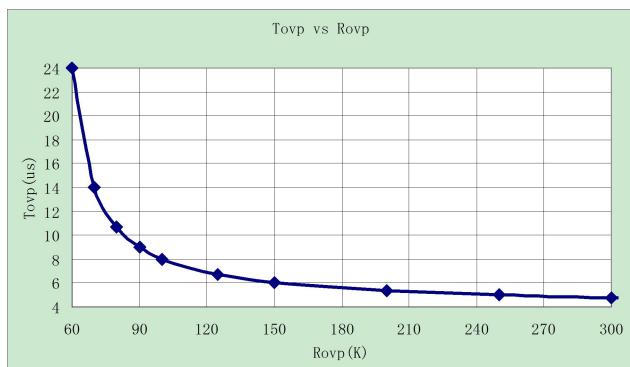
其中， V_{CS} 是 CS 的逐周期关断阈值(0.4V)； V_{ovp} 是所

设定的过压保护点；然后根据 T_{ovp} 来计算 R_{ovp} 的电阻阻值，

计算公式如下：

$$R_{ovp} = \frac{10^5 \times T_{ovp}}{2 \times T_{ovp} - 8us} \quad (\Omega)$$

T_{ovp} 和 R_{ovp} 关系曲线如下图：



正常应用时， T_{ovp} 最小值为趋近 4us，但是比 4us 稍大；

最小值建议取为 5us，最大值建议在 10us 以内，否则 T_{ovp} 随 R_{ovp} 变化斜率会迅速增大，导致精度变差；所以建议选取 R_{ovp} 在 80K Ω —250K Ω 之间选择。当 $R_{ovp} > 3.6M$ 时，芯片的开路保护功失效；对于无 OVP 的应用场合， R_{ovp} PIN 可悬空。

正常应用时，建议开路保护电压设置为最大带载电压的 1.5 倍或以上。

线电压补偿

WS9003 内置线电压补偿功能，使得 LED 电流在全电压范围内都能保持一致，具有非常小的线性调整率，确保高的恒流精度。

过热自动调节输出电流

WS9003 具有过热调节功能，在驱动电源过热时逐渐减小输出电流，从而控制输出功率和温升，使电源温度保持在设定值，以提高系统的可靠性。芯片内部设定过热调节温度点为 150℃。

保护控制

WS9003 内置多种保护功能，包括输出 LED 开路/短路保护，电流检测电阻短路保护和芯片过温保护。

芯片工作时自动检测负载状态，如果输出 LED 开路/短路、电流检测电阻短路或者电感饱和，芯片立刻进入保护状态，功率 MOSFET 被关断。同时，芯片不断检测负载状态，直到故障解除，芯片自动恢复到正常工作。

PCB 设计

在设计 WS9003 PCB 时，需要遵循以下指南：

Vcc 电容： VCC 电容需要紧靠芯片 VCC 和 GND 引脚

地线： 电流采样电阻的功率地线尽可能短，且要和芯片的地线及其它小信号的地线分头接到 Bulk 电容的地端

功率环路： 由输入电容，功率 IC 和续流二极管构成的功率环路的面积要尽量小，以减小 EMI 辐射

NC 引脚： 内部无连接，建议将其连接至 1 脚 GND PIN，提高 R_{ovp} PIN 抗干扰能力

DRAIN 引脚： 增加 DRAIN PIN 覆铜面积，提高新品散热能力

ESD 防护注意事项

为了保证生产中的良率与产品的可靠性,需做好 ESD 防护。

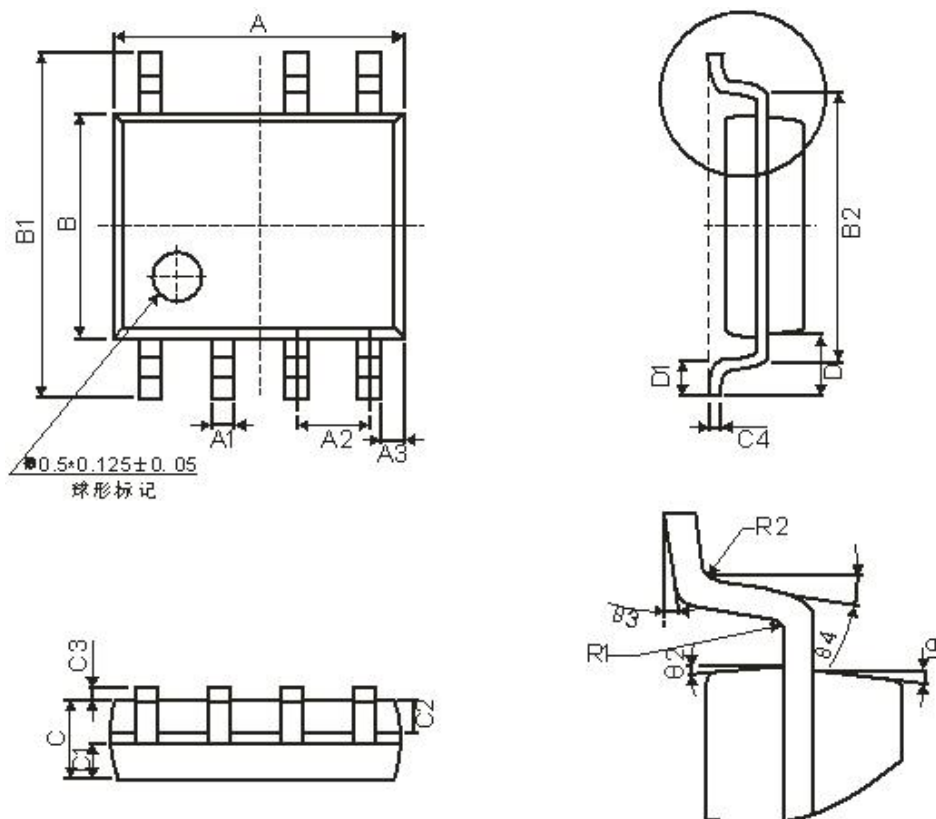
机械静电防护：凡是接触到电源板的测试仪器、生产设备均需要接地，如电烙铁、贴片机、波峰焊等设备。

人体静电防护：所有操作人员均需要佩戴静电手环（带地线）等防静电设备。

生产防护：生产时需避免电源堆板叠板的现象，以免出现高压端触碰到低压端，损坏低电压引脚。

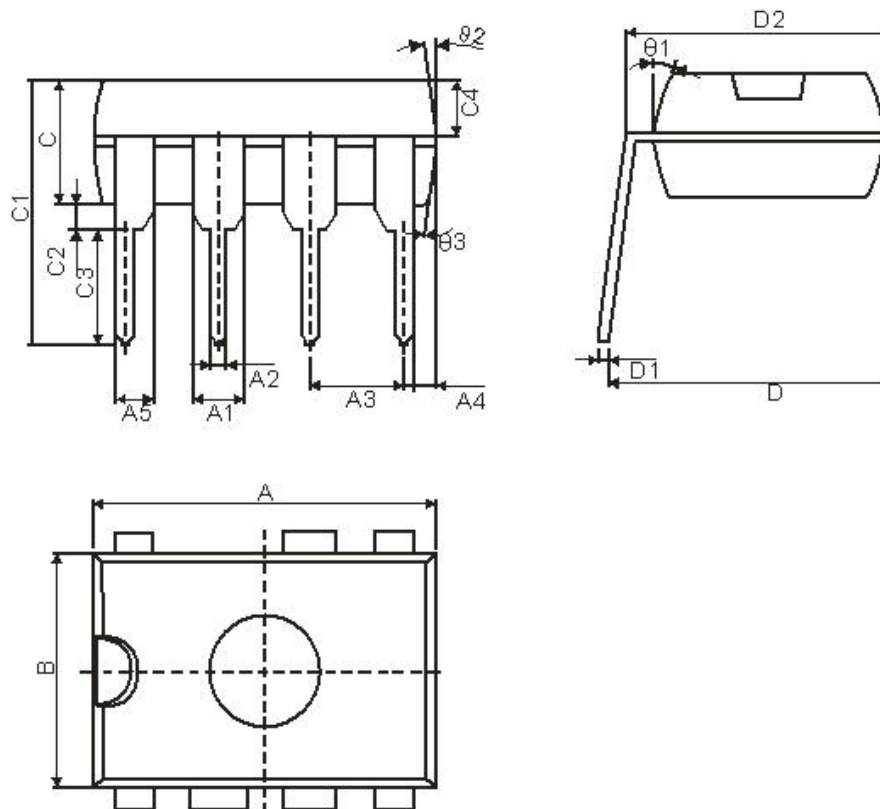
封装信息

SOP7封装外观图



Symbol	Winsemi			
	Dimensions in Millimeters		Dimensions in Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	4.70	5.10	0.185	0.201
B	3.70	4.10	0.146	0.161
C	1.30	1.50	0.051	0.059
A1	0.35	0.48	0.014	0.019
A2	1.27TYP		0.05TYP	
A3	0.345TYP		0.014TYP	
B1	5.80	6.20	0.228	0.244
B2	5.00TYP		0.197TYP	
C1	0.55	0.70	0.022	0.028
C2	0.55	0.70	0.022	0.028
C3	0.05	0.225	0.002	0.009
C4	0.203TYP		0.008TYP	
D	1.05TYP		0.041TYP	
D1	0.40	0.80	0.016	0.031

DIP7封装外观图



Winsemi				
Symbol	Dimensions in Millimeters		Dimensions in Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	9.00	9.50	0.354	0.374
B	6.10	6.60	0.240	0.260
C	3.0	3.4	0.118	0.134
A1	1.474	1.574	0.058	0.062
A2	0.41	0.53	0.016	0.021
A3	2.44	2.64	0.096	0.104
A4	0.51TYP		0.02TYP	
A5	0.99TYP		0.04TYP	
C1	6.6	7.30	0.260	0.287
C2	0.50TYP		0.02TYP	
C3	3.00	3.40	0.118	0.134
C4	1.47	1.65	0.058	0.065
D	7.62	9.3	0.300	0.366
D1	0.24	0.32	0.009	0.013
D2	7.62TYP		0.3TYP	

注意事项

1. 购买时请认清公司商标，如有疑问请与公司本部联系。
2. 在电路设计时请不要超过器件的绝对最大额定值，否则会影响整机的可靠性。
3. 本说明书如有版本变更不另外告知。

联系方式

深圳市津利帝科技有限公司

公司地址：深圳市龙岗区布吉街道上水径布龙路171号全伟达工业园3号楼2楼

邮编：518114

总机：0755-89818866

传真：0755-84276832

网址：<http://www.jinlidi.cn>

手机：13828992738 陈先生

QQ：3091784316