

## 零待机模式超低相线电流原边反馈交直流转换器

### 概述

PN6368集成零待机模式的准谐振原边控制器及典型700V高雪崩能力智能功率MOSFET，适用于高性能、外围元器件精简的智能断路器电源。PN6368为原边反馈工作模式，可省略光耦和TL431，并且PN6368提供可控零待机模式，此时相线电流平均值可小于0.10mA。在恒压模式，输出电压通过FB脚的电阻比例进行调节；在恒流模式，输出电流通过CS脚的电阻值进行调节。该芯片还提供了极为全面的智能保护功能，包含逐周期过流保护、过压保护、开环保护、过温保护、输出短路保护和CS开/短路保护等。

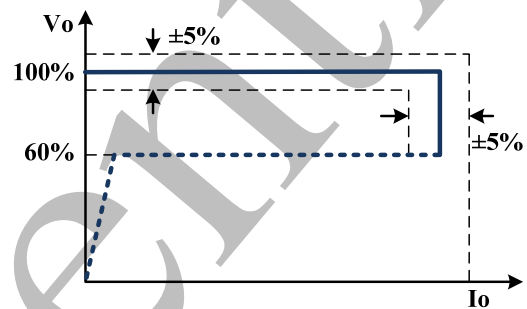
### 应用领域

- 智能断路器

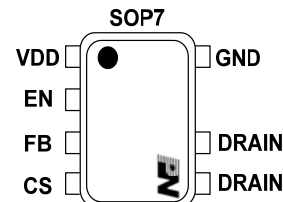
### 产品特性

- 内置典型700V高雪崩能力智能功率MOSFET
- 零待机模式，相线电流平均值可小于0.10mA
- 采用准谐振与多模式技术提高效率并消除音频噪声
- 全电压输入范围±5%的CC/CV精度
- 原边反馈可省光耦和TL431
- 无音频噪声
- 智能保护功能
  - ◇ 过温保护 (OTP)
  - ◇ VDD欠压&过压保护 (UVLO&OVP)
  - ◇ 逐周期过流保护 (OCP)
  - ◇ CS开/短路保护 (CS O/SP)
  - ◇ 开环保护 (OLP)

### 输出特性

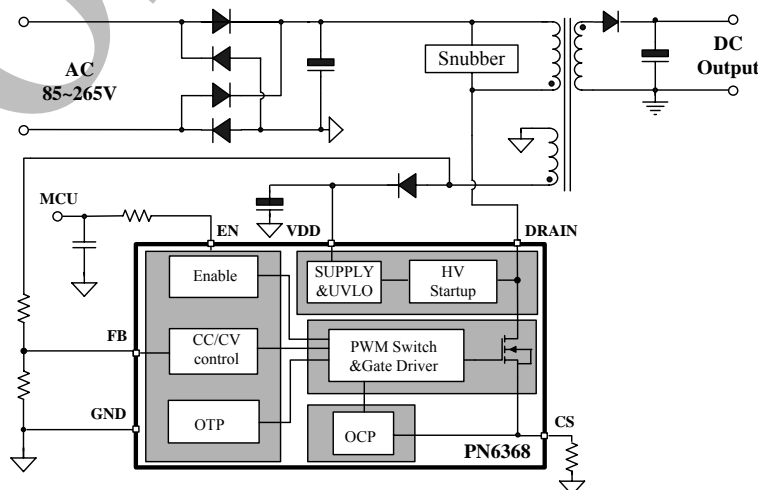


### 封装/订购信息



订购代码	封装	峰值功率
		85~265 V <sub>AC</sub>
PN6368SSC-R1	SOP-7	10W

### 典型应用



## 管脚定义

表 1. 管脚定义

SOP-7 管脚标号	管脚名	管脚功能描述
1	VDD	工作电压输入引脚
2	EN	零待机控制引脚
3	FB	反馈引脚，辅助绕组电压通过电阻反馈稳定输出
4	CS	电流检测引脚
5,6	DRAIN	智能功率MOSFET Drain端引脚，跟变压器初级相连
7	GND	地电位

## 峰值功率

表 2. 峰值功率

产品型号	封装	峰值功率 <sup>(1)</sup>
		85-265 V <sub>AC</sub>
PN6368	SOP-7	10W

备注:

1. 最大输出峰值功率是 IC 具备足够的散热条件，开放式 75°C 环境温度下持续工作的测试结果。

## 极限工作范围

VDD 脚耐压.....	-0.3~40V
DRAIN 脚耐压.....	-0.3~650V
EN,FB,CS 脚耐压.....	-0.3~5.5V
结工作温度范围.....	-40~150°C
存储温度范围.....	-55~150°C
封装热阻 (SOP-7).....	80°C/W
管脚焊接温度 (10秒).....	260°C
ESD 能力 <sup>(1)</sup> (HBM, ESDA/JEDEC JDS-001-2014).....	4.0kV
最大漏极脉冲电流.....	3A

备注: 1. 产品委托第三方严格按照芯片级 ESD 标准(ESDA/JEDEC JDS-001-2014)中的测试方式和流程进行测试。

## 电气特性

表 3. 功率部分 ( $T_J=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD}=21\text{V}$ ; 特殊情况另行说明)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
$V_{BVDSS}$	功率管耐压	$I_{SW} = 250\mu\text{A}$	650	700		V
$I_{OFF}$	关态漏电流	$V_{SW} = 550\text{V}$			100	$\mu\text{A}$
$R_{DS(on)}$	功率管导通电阻	$I_{SW} = 1\text{A}$ , $T_J = 25^{\circ}\text{C}$		6		$\Omega$
$V_{SW\_START}$	启动电压	$V_{DD}=V_{DDon} - 1\text{V}$		30		V

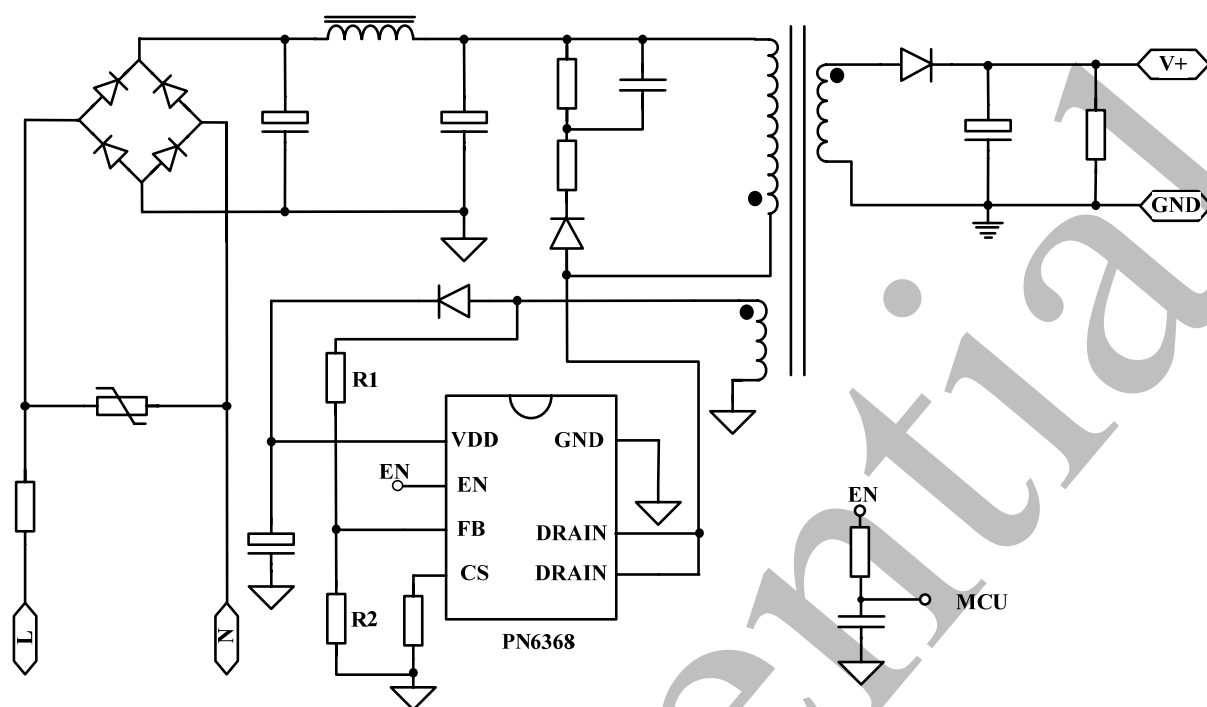
表 4. 电源部分 ( $T_J=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD}=21\text{V}$ ; 特殊情况另行说明)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
<b>VDD工作电压部分</b>						
$V_{DD}$	工作电压范围		8		30	V
$V_{DDon}$	VDD启动阈值电压		14.5	16.5	18.5	V
$V_{DDoff}$	VDD欠压保护阈值电压		7.5	8.5	9.5	V
$V_{DDovp}$	VDD过压保护电压		30	34	38	V
<b>VDD工作电流部分</b>						
$I_{DD\_CH}$	启动管对VDD充电电流	$V_{DD}=V_{DDon} - 1\text{V}$ , $V_{SW}=100\text{V}$		1.5		mA
$I_{DD}$	开关工作时芯片电流	$V_{DD} = V_{DDon} + 1\text{V}$		0.5		mA
$I_{DD\_FAULT}$	保护状态时芯片电流	$V_{DD}=15\text{V after fault}$		0.5		mA

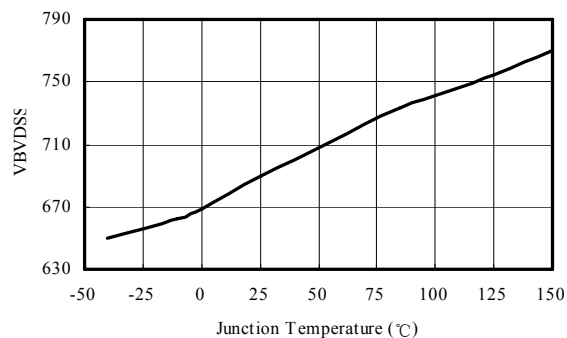
表 5. 控制部分 ( $T_J=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD}=21\text{V}$ ; 特殊情况另行说明)

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
<b>CS电流检测部分</b>						
$V_{TH\_OC}$	过流检测阈值电压		485	500	515	mV
$V_{TH\_OC\_MAX}$	最大过流检测阈值电压			550		mV
$V_{CS\_min}$	最小CS检测阈值电压			170		mV
$T_{LEB}$	前沿消隐时间			300		ns
$T_{onmax}$	最大开启时间			50		us
$T_{D\_OC}$	过流延时时间			100		ns
<b>FB电压检测部分</b>						
$V_{REF\_CV}$	空载反馈基准电压		2.475	2.5	2.525	V
$V_{FBOVP}$	输出过压保护阈值电压		2.85	3	3.15	V
$V_{UVP}$	输出欠压保护阈值电压			1.55		V
<b>ZC电压检测部分</b>						
$R_p$	下拉电阻			350		k $\Omega$
$V_H$	输入高电平阈值			1.5		V
$V_L$	输入低电平阈值			0.7		V
<b>过温保护部分</b>						
$T_{SD}$	过温保护温度		140	160		$^{\circ}\text{C}$
$T_{HYST}$	过温保护回差			30		$^{\circ}\text{C}$

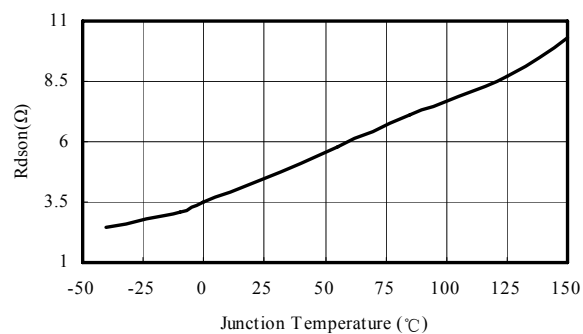
典型电路



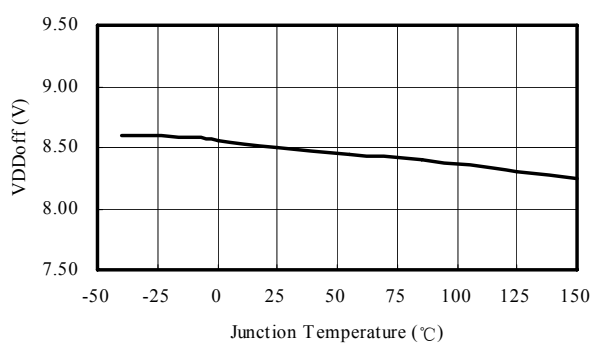
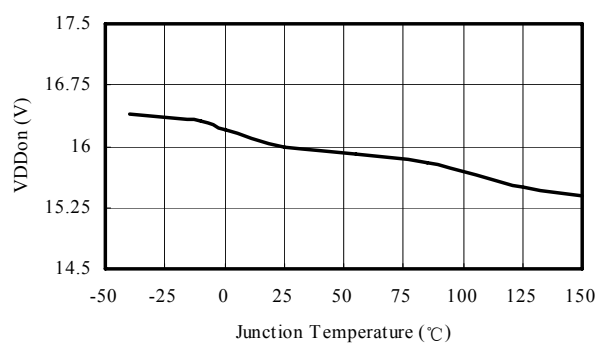
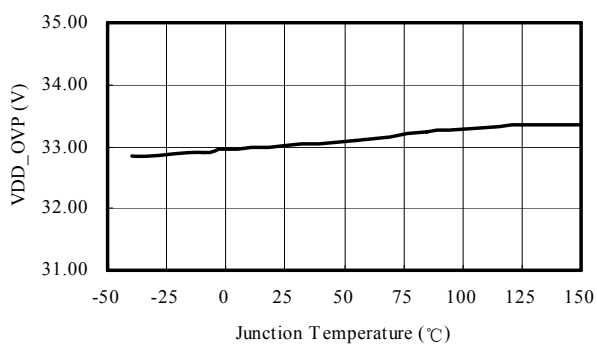
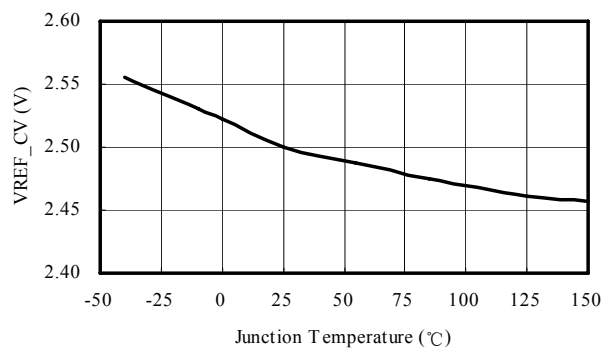
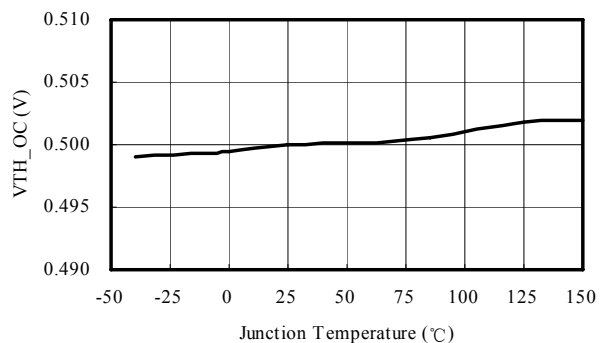
## 典型参数曲线



(a) BV vs Tj



(b) Rds(on) vs Tj

(c) V<sub>DDoff</sub> vs Tj(d) V<sub>DDon</sub> vs Tj(e) V<sub>DD\_OVP</sub> vs Tj(f) V<sub>REF\_CV</sub> vs Tj(h) V<sub>TH\_OC</sub> vs Tj

## 功能描述

PN6368是一款高性能的原边反馈控制器。PN6368工作在原边检测和调整模式，可省略系统的光耦和TL431。PN6368拥有恒压恒流控制环路，可以实现高精度的恒压、恒流输出。PN6368内置零待机模式，可轻松实现相线电流平均值小于0.1 mA，非常适合应用于智能断路器的应用需要。

### 1. 高压启动控制

在启动阶段，采用高压启动技术，芯片启动前1.5mA电流源为内部偏置电路供电并给外部VDD电容充电，快速启动。当VDD电压达到 $V_{DDon}$ ，芯片开始工作的同时高压启动电路关断；启动后，VDD通过辅助源供电，只要VDD电压不低于 $V_{DDoff}$ ，芯片维持正常工作。

### 2. 恒流工作模式

在恒流工作状态，PN6368采样FB引脚的信号（由辅助绕组信号通过电阻分压），辅助绕组信号脉宽决定振荡频率。输出电压越高，脉宽越小，同时振荡频率越高，这样可获得恒定的输出电流。

非连续模式的电流工作波形如图1所示。在MOSFET导通（ $T_{on}$ ）期间，原边电流 $I_{pri}$ 上升。当MOSFET关闭时，变压器原边的能量会传递到次级，次级电流最大值为

$$I_{sec\_pk} = I_{pri\_pk} \times N_{ps} \quad (1)$$

输出电流值为

$$I_O = \frac{I_{sec\_pk}}{2} \times \frac{T_{demag}}{T_p} = \frac{1}{2} N_{PS} \frac{V_{CS}}{R_{sense}} \frac{T_{demag}}{T_p} \quad (2)$$

当 $T_p = 2 \times T_{demag}$ ，且 $V_{CS}$ 恒定时，输出电流 $I_O$ 是恒定值，因此可以得到恒流输出。

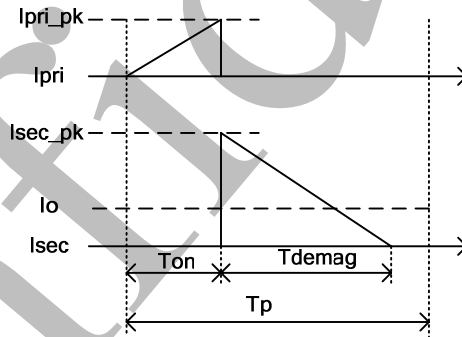


图1. DCM电流工作波形

### 3. 恒压工作模式

在恒压工作状态，PN6368使用脉冲采样 $V_{FB}$ 电压，并保持到下个采样点。将采样的电压和 $V_{REF\_CV}$ 基准比较，并放大误差。这个误差值代表负载情况，通过控制开关信号，调节输出电压，使得输出恒定。

输出电压 $V_O$ 和 $V_{REF\_CV}$ 的关系为

$$V_O = (V_{REF\_CV} \times \frac{R1 + R2}{R2}) \times \frac{N_S}{N_{AUX}} \quad (3)$$

其中， $N_S$ 和 $N_{AUX}$ 分别为次级绕组和辅助绕组的圈数， $R1$ 、 $R2$ 为FB的分压电阻（如典型电路图所示）。

在重载条件，芯片工作在PFM\_QR模式， $I_{peak}$ 不变，工作频率随输出电流减小而减小；当频率减小到25kHz左右，芯片进入PWM\_QR模式，频率调制变得非常缓慢， $I_{peak}$ 随输出电流减小而减小，该模式可以避免音频噪音，同时有利于提升25%带载效率；当芯片 $V_{cs}$ 调制到170mV，芯片进入空载模式（Standby模式）， $I_{peak}$ 不变，工作频率随输出电流减小而减小，工作模式如图2所示。

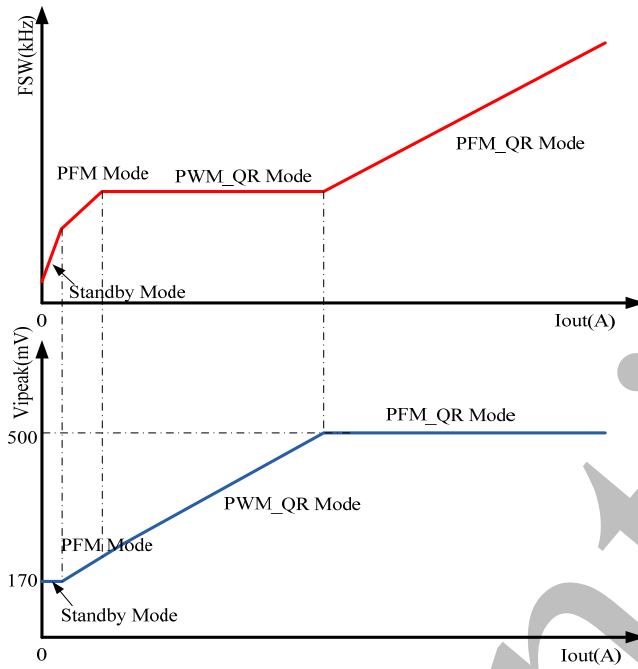


图2. 工作频率、Vipeak和负载关系

#### 4. 电流检测和前沿消隐

PN6368提供逐周期电流检测功能。芯片通过CS引脚的电阻检测功率管峰值电流，恒流模式设置点和最大输出功率都通过外部调整CS引脚上的电阻值来实现。功率管开通瞬间会产生尖峰电压，内部前沿消隐电路可防止误触发，因此不需要额外的RC滤波电路。

#### 5. 零待机模式

PN6368提供零待机功能。当芯片EN引脚电位为高电平，芯片关闭高压启动电路，进入零待机模式；当芯片EN引脚电位为低电平，芯片使能高压启动电路，进入正常工作模式。芯片EN引脚默认为低电平，即正常工作模式。

#### 6. 准谐振模式

PN6368包含一个独特的准谐振开关电路。在恒压工作状态下，这个电路检测每一个谐振周期的谷底位置，让芯片每个开关周期都在谷底导通。这个独特的电路可以减少系统的开关损耗。同时，准谐振模式可以让芯片的开关频率在不同的开关周期之间轻微的变化，提高EMI的裕量。

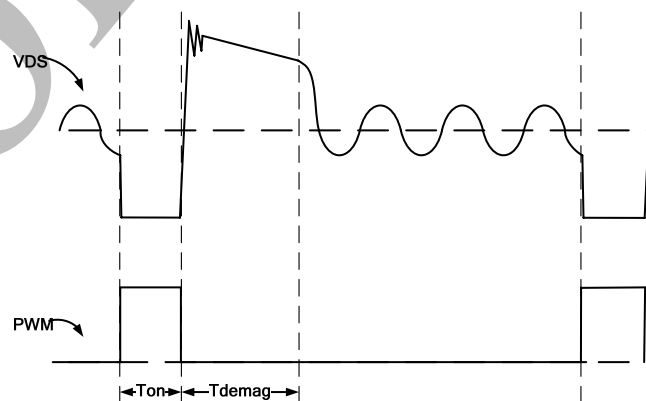


图3. 准谐振模式

#### 7. 保护控制

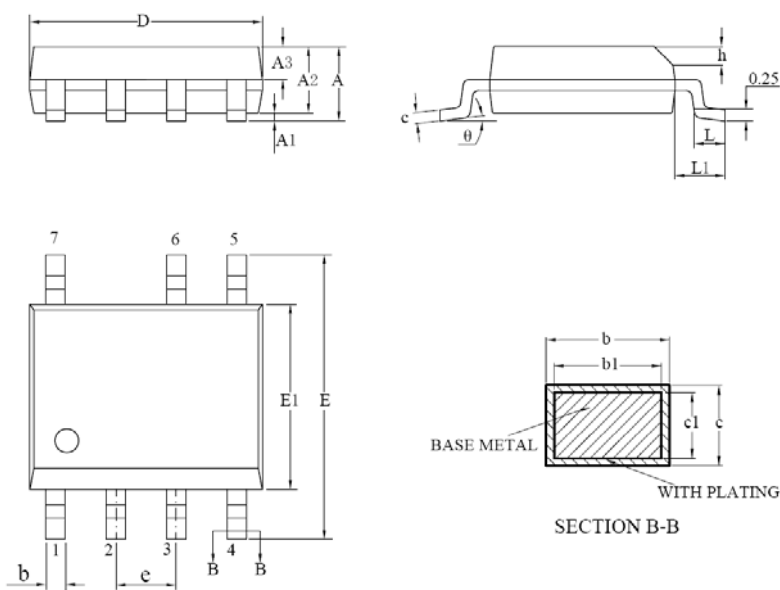
PN6368含有丰富的保护功能，包括：逐周期过流保护、过压保护、过温保护、开环保护、输出短路保护、CS电阻开/短路保护、VDD欠压锁定保护功能，并且这些保护具有自恢复模式。

## 封装尺寸 (SOP-7)

表 6. SOP-7 封装尺寸

尺寸 符号	最小(mm)	正常(mm)	最大(mm)	尺寸 符号	最小(mm)	正常(mm)	最大(mm)
A	—	—	1.75	D	4.70	4.90	5.10
A1	0.10	0.15	0.225	E	5.80	6.00	6.20
A2	1.30	1.40	1.50	E1	3.70	3.90	4.10
A3	0.60	0.65	0.70	e	1.728 (SC)		
b	0.39	—	0.48	h	0.25	—	0.50
b1	0.38	0.41	0.43	L	0.50	—	0.80
c	0.21	—	0.26	L1	1.05BSC		
c1	0.19	0.20	0.21	$\theta$	0°	—	8°

图 4. 外形示意图



表层丝印	封装
PN6368 YWWXXXXX	SOP-7

备注: Y: 年份代码; WW: 周代码; XXXXX: 内部代码