

## 支持 CCM 模式准谐振原边反馈交直流转换器

### 概述

PN8390集成超低待机功耗准谐振原边控制器及650V高雪崩能力智能功率MOSFET，用于高性能、外围元器件精简的充电器、适配器和内置电源。

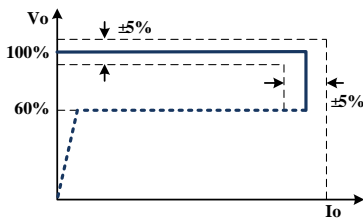
PN8390为原边反馈工作模式，可省略光耦和TL431，支持CCM和DCM两种工作模式。内置高压启动电路，可实现系统空载待机损耗（230VAC）小于50mW。在恒压模式，采用准谐振、多模式技术共同提高效率并消除音频噪声，使得系统满足6级能效标准，而特有频率抖动技术可实现较好的EMI特性；在恒流模式，输出电流和功率可通过CS脚的电阻进行调节。

该芯片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，同时还集成AC电压欠压保护功能，可通过FB分压电阻调节。

### 应用领域

- 充电器、适配器等外置电源
- 家用电器等内置电源

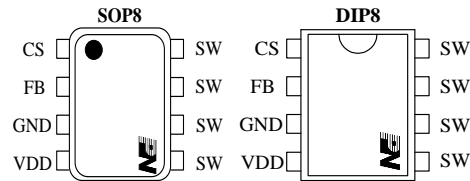
### 输出特性



### 特性

- 内置650V高雪崩能力智能功率MOSFET
- 内置高压启动电路，小于50mW待机损耗（230VAC）
- 支持CCM和DCM两种工作模式
- 采用准谐振与多模式技术提高效率，满足6级能效标准
- 采用斜坡补偿技术，无次谐波振荡
- 全电压输入范围±5%的CC/CV精度
- 原边反馈可省光耦和TL431
- 恒压、恒流、输出线补偿外部可调
- 无需额外补偿电容、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)
  - ◇ AC电压欠压保护 (BO)

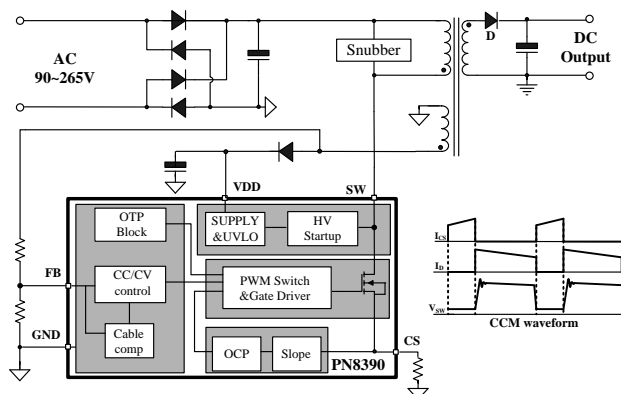
### 封装/订购信息



订购代码	封装	典型功率
		90~265V <sub>AC</sub>
PN8390SE-M1	SOP8	18W
PN8390NE-M1	DIP8	24W
PN8390SE-P1	SOP8	18W
PN8390NE-P1	DIP8	24W

注：典型输出功率是在环境温度40℃的密闭式应用情形下测试。

### 典型电路



## 管脚定义

管脚名	管脚标号	管脚功能描述
CS	1	电流检测引脚
FB	2	反馈引脚，辅助绕组电压通过电阻反馈稳定输出
GND	3	地电位
VDD	4	工作电压输入引脚
SW	5,6,7,8	智能功率MOSFET Drain端引脚，跟变压器初级相连

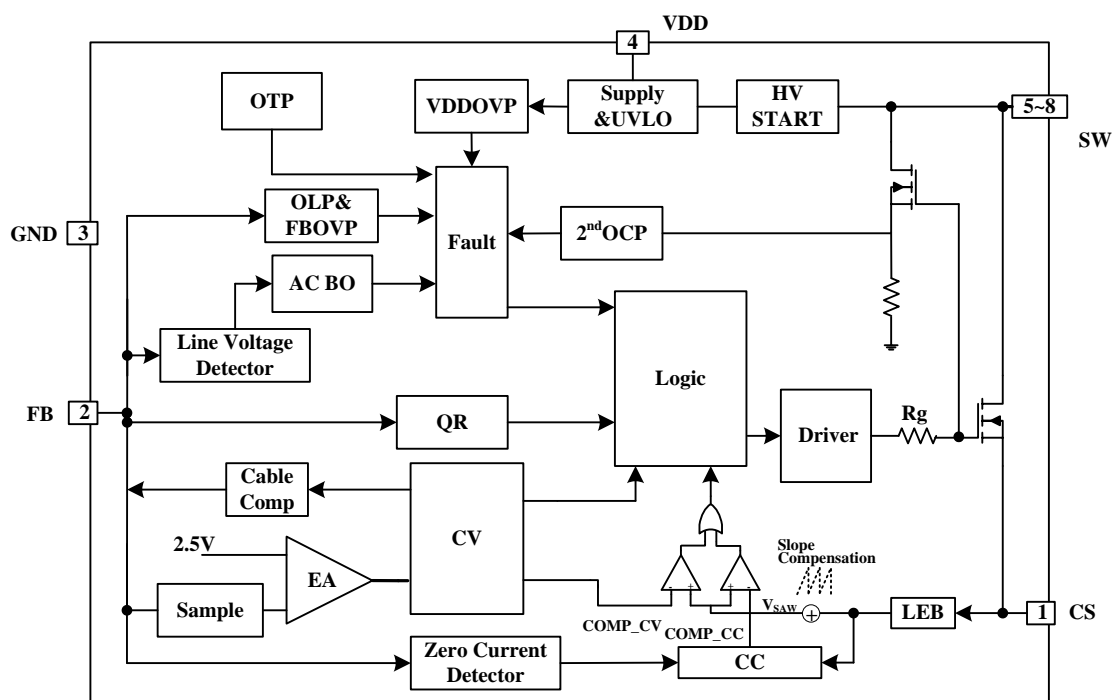
## 典型功率

产品型号	封装	密闭式条件 <sup>(1)</sup>
		90~265V <sub>AC</sub>
PN8390M	SOP8	18W
	DIP8	24W
PN8390P	SOP8	18W
	DIP8	24W

备注:

1.典型输出功率是在环境温度 40℃的密闭式应用情形下测试，输出电压为 12V。

## 功能框图



## 极限工作范围

VDD 脚耐压.....	-0.3~40V	管脚焊接温度（10秒）.....	260℃
FB 脚耐压（ $I_{FB} \leq 10\text{mA}$ ）.....	-1~5.5V	封装热阻 $\theta_{JC}$ （DIP8）.....	20℃/W
CS 脚耐压.....	-0.3~5.5V	封装热阻 $\theta_{JC}$ （SOP8）.....	40℃/W
SW 脚耐压.....	-0.3~650V	人体模式 ESD 能力 <sup>(1)</sup> （HBM）.....	$\pm 3\text{kV}$
结工作温度范围.....	-40~150℃	漏极脉冲电流（ $T_{\text{pulse}}=100\mu\text{s}$ ）.....	5A
存储温度范围.....	-55~150℃		

备注:

1. 产品委托第三方严格按照芯片级 ESD 标准(ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2017)中的测试方式和流程进行测试。

## 电气特性

(T<sub>A</sub>= 25℃, VDD=21V, 除非另有说明。)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>功率部分</b>						
功率管耐压	BV <sub>DSS</sub>	I <sub>SW</sub> =250uA, T <sub>J</sub> =25℃	650	690		V
功率管导通电阻- PN8390P	R <sub>DS(on)</sub>	I <sub>SW</sub> =1A, T <sub>J</sub> =25℃		1.6		Ω
功率管导通电阻- PN8390M	R <sub>DS(on)</sub>	I <sub>SW</sub> =1A, T <sub>J</sub> =25℃		2.0		Ω
关态漏电流	I <sub>OFF</sub>	V <sub>sw</sub> =500V, T <sub>J</sub> =25℃	10	20	50	uA
启动电压	V <sub>SW_START</sub>	VDD=VDD <sub>on</sub> - 1V		22	25	V
<b>VDD 电压部分</b>						
工作电压范围	VDD		10		30	V
VDD启动阈值电压	VDD <sub>on</sub>		14.5	17.0	18.0	V
VDD欠压保护阈值电压	VDD <sub>off</sub>		7.5	9.0	9.5	V
VDD过压保护电压	VDD <sub>ovp</sub>		30.0	32.0	35.0	V
<b>VDD 电流部分</b>						
启动管对VDD充电电流	I <sub>DD_CH</sub>	VDD=VDD <sub>on</sub> - 1V, V <sub>sw</sub> =100V	-2.5	-2.0	-1.0	mA
开关工作时芯片电流	I <sub>DD</sub>	VDD = VDD <sub>on</sub> + 1V	0.6	1.0	1.5	mA
保护状态时芯片电流	I <sub>DD_FAULT</sub>	VDD=15V after fault		1		mA
<b>CS 电流检测部分</b>						
最大过流检测阈值电压	V <sub>TH_OC_MAX</sub> <sup>(1)</sup>		720	750	780	mV
最小CS检测阈值电压	V <sub>cs_min</sub>			170		mV
斜坡补偿	V <sub>slope</sub>			30		mV/us
恒流环路计算参数	K <sub>CC</sub>			13.6		V/V
前沿消隐时间	T <sub>LEB</sub>			300		ns
过流延时时间	T <sub>D_OC</sub>			100		ns

## 电气特性（续）

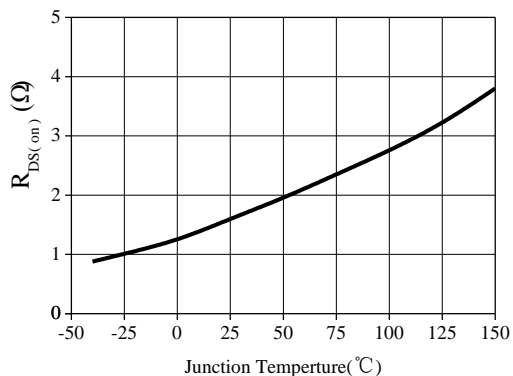
(T<sub>A</sub>= 25°C, VDD=21V, 除非另有说明。)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>FB 电压检测部分</b>						
恒压模式反馈基准电压	V <sub>REF_CV</sub>		2.475	2.5	2.525	V
恒流调制参考电压	V <sub>CC_R</sub>		2.57	2.6	2.63	V
输出过压保护阈值电压	V <sub>FBOVP</sub>		2.85	3	3.25	V
输出欠压保护阈值电压	V <sub>UVP</sub>		1.45	1.55	1.65	V
最大线电阻补偿电流	I <sub>icable</sub>	V <sub>FB</sub> =0V	54	59	64	uA
AC输入欠压保护阈值电流	I <sub>AC_BO</sub>			290		uA
<b>振荡器部分</b>						
恒压CCM模式开关频率	F <sub>CCM_CV</sub>	I <sub>AC</sub> >820uA	49	55	61	kHz
恒流CCM模式开关频率	F <sub>CCM_CC</sub>			62.5		kHz
最大占空比	D <sub>max</sub>			67		%
最大开关频率	F <sub>MAX</sub>			F <sub>CCM</sub> / D <sub>max</sub>		kHz
最小关断时间	T <sub>offmin</sub>	I <sub>AC</sub> >820uA		10.5		us
最大关断时间	T <sub>offmax</sub>			2.2		ms
输出欠压保护屏蔽时间	T <sub>UVP</sub>	开关频率50kHz	40		62	ms
<b>过温保护部分</b>						
过温保护温度	T <sub>SD</sub>		135	150		℃
过温保护滞回温度	T <sub>HYST</sub>			30		℃

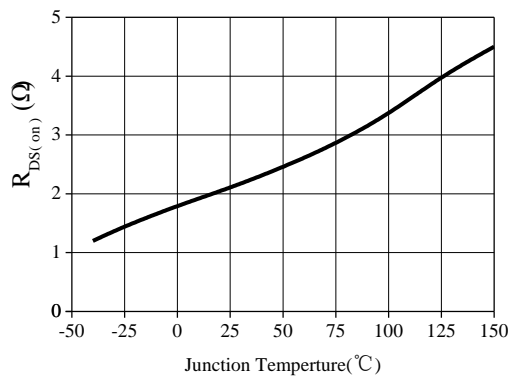
## 备注:

(1) 该参数为芯片不考虑电路延迟和开关延迟的真实可测值，实际测试和设计中应考虑延迟带来的影响。

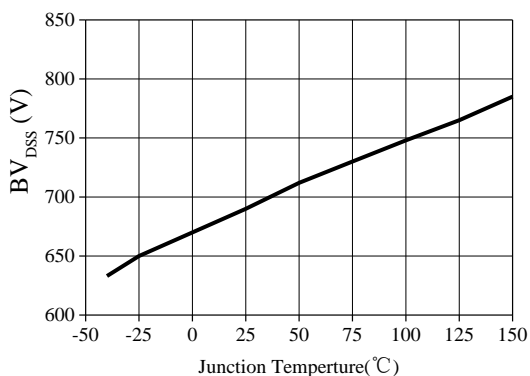
## 特性曲线



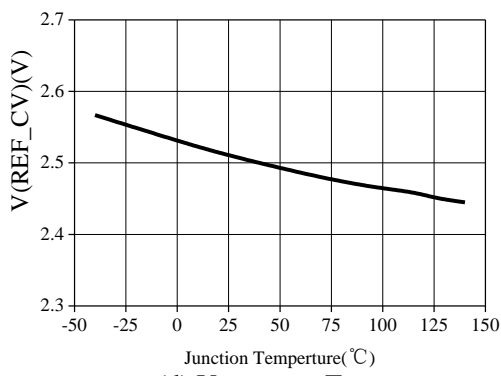
(a)  $R_{DS(on)}$ –PN8390P vs  $T_j$



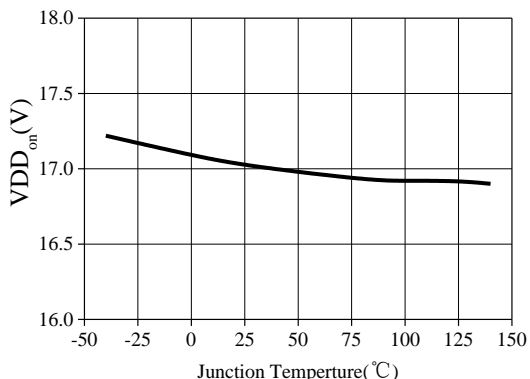
(b)  $R_{DS(on)}$ –PN8390M vs  $T_j$



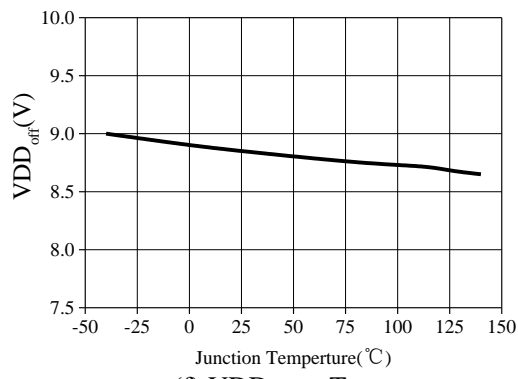
(c)  $BV_{DS(s)}$  vs  $T_j$



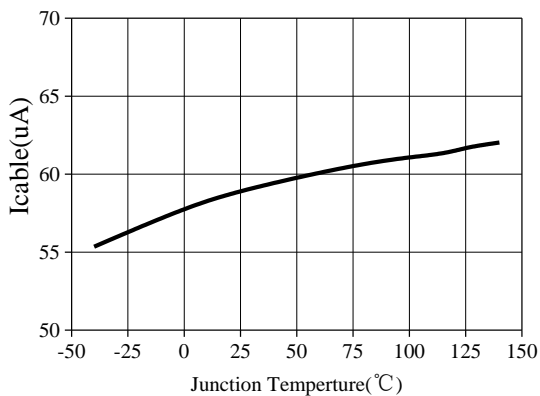
(d)  $V_{REF\_CV}$  vs  $T_j$



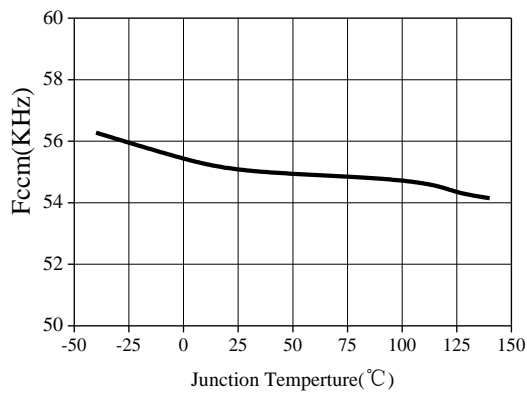
(e)  $V_{DD(on)}$  vs  $T_j$



(f)  $V_{DD(off)}$  vs  $T_j$



(g)  $I_{cable}$  vs  $T_j$



(h)  $F_{CCM}$  vs  $T_j$

## 功能描述

高性能的原边反馈控制器PN8390工作在原边检测和调整模式，可省略系统的光耦和TL431，支持CCM和DCM两种工作模式。PN8390拥有恒压恒流控制环路，可以实现高精度的恒压、恒流输出，以满足大部分充电器和适配器需求。PN8390内置高压启动电路和极低的芯片功耗使得系统能够满足较高的待机功耗标准。

### 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2.0mA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VDD<sub>on</sub>，芯片开始工作的同时高压启动电路关断；只要VDD电压不低于VDD<sub>off</sub>，芯片维持正常工作。启动后，偏置电路通过辅助源供电。

### 2. CC工作模式

在CC工作状态，PN8390采样FB引脚的信号（由辅助绕组信号通过电阻分压）和导通时间内CS管脚上的中点电压V<sub>CS\_MID</sub>，根据辅助绕组信号脉宽和CS管脚中点电压调整输出电流。

根据反激式开关电源的输出电流表达式，输出电流可以表示为

$$I_o = \frac{N_p}{N_s} \frac{V_{CS\_MID}}{R_{CS}} \frac{T_D}{T_P} \quad (1)$$

其中N<sub>p</sub>和N<sub>s</sub>分别为变压器原边绕组和次级绕组的圈数，T<sub>D</sub>为变压器励磁时间，T<sub>P</sub>为开关周期。

输出电流可以通过调整R<sub>CS</sub>电阻，实现恒流点调整。

$$R_{CS} = \frac{N_p}{N_s} \frac{1}{I_{O\_CC}} \frac{V_{CC\_R}}{K_{CC}} \quad (2)$$

其中V<sub>CC\_R</sub>为恒流调制参考电压，K<sub>CC</sub>是芯片内部设计值，为13.6，I<sub>O\_CC</sub>为系统的恒流值，建议为满载电流的1.2倍。因此通过调整CS电阻阻值和变压器的匝比可以得到需要的恒流输出值。

### 3. CV工作模式

在CV工作状态，PN8390使用脉冲信号采样FB电压，将采样的电压和V<sub>REF\_CV</sub>基准比较，并放大误差。这个误差值代表负载情况，通过控制下一个周期的开关信号，调节输出电压，使得输出恒定。

输出电压V<sub>O</sub>和V<sub>REF\_CV</sub>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<sub>AUX</sub> 辅助绕组的圈数，R1为反馈上电阻，R2为反馈下电阻。

PN8390采用多模式技术如图1所示，低压满载状态下，芯片工作在CCM模式，可以得到更高的满载效率；随着负载降低，芯片进入QR Mode升频模式和PFM Mode，都是谷底导通，降低开关损耗，提升效率；QR Mode模式下，最高频率F<sub>MAX</sub>被限定为82kHz（I<sub>AC</sub>>820uA）。当频率减小到23kHz左右，芯片进入DPWM Mode，频率不变，I<sub>peak</sub>随着负载降低而减小，该模式可以有效避免音频噪声，同时有利于提升25%带载效率；当芯片V<sub>CS</sub>调制到170mV，芯片进入空载模式（Standby模式），I<sub>peak</sub>不变，工作频率随负载减小而减小。因此采用多模式技术和谷底导通技术，可以使系统的效率轻松满足六级能效要求。

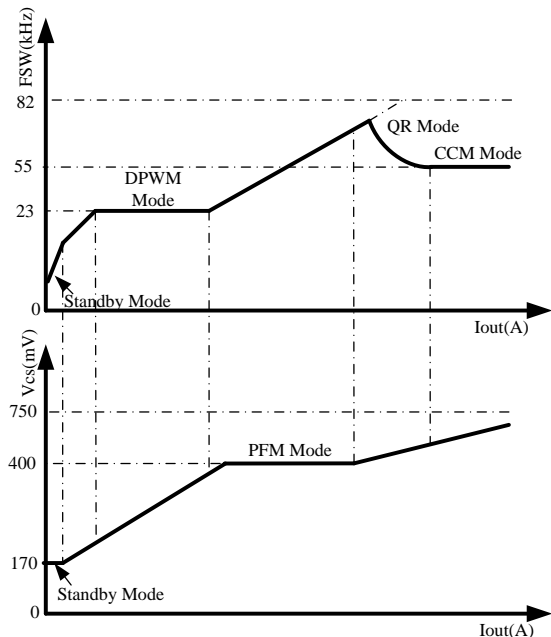


图1.工作频率、Vcs和负载关系

### 4. 电流检测和前沿消隐

PN8390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电流，CC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而不需要额外的RC滤波电路。

## 5. AC输入电压检测

如图2和图3所示，在MOSFET导通期间 $T_{ON}$ ，通过检测流出FB端口电流判断AC输入电压。MOSFET导通期间，辅助绕组电压 $V_{AUX}$ 正比于输入BULK电容电压 $V_{BULK}$ ，输入电压检测模块将FB端口电压嵌位在0V左右，所以流出FB端口电流 $I_{AC}$ 的公式如下：

$$I_{AC} = \frac{N_{AUX} \times V_{BULK}}{N_p \times R_1} \quad (4)$$

AC输入电压电流 $I_{AC}$ 可通过分压上电阻 $R1$ 调节，可用于AC输入电压欠压保护、最大过流阈值选择等功能。

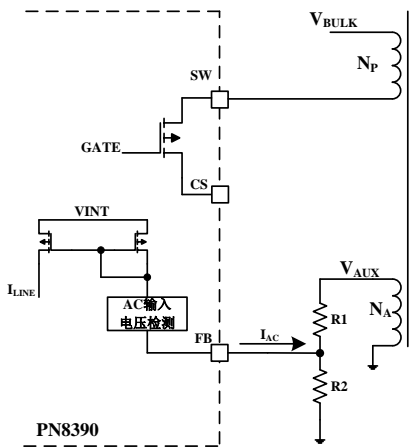


图2. 输入电压检测电路

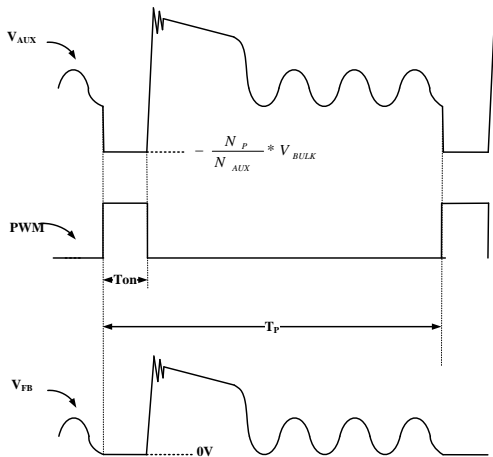


图3. 输入电压检测波形

## 6. 可编程线缆补偿功能

线缆补偿模块通过FB引脚输出一路补偿电流，流向分压电阻，如图4所示，通过改变电压反馈值，可以使输出线损得到补偿。当负载从满载减小到空载时，线损的压降也同样减小。PN8390通过设置FB电阻的阻值可以调整线补偿的幅度。调整幅度公式如下：

$$\frac{V_{cable}}{V_o} = \frac{I_{cable} \times (R2 // R1)}{2.5V} \quad (5)$$

由于受到芯片采样位置和系统其他器件的影响，实际线补偿幅度小于理论计算值，但是趋势不会改变。

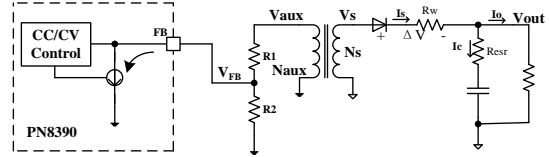


图4. 线补电流

## 7. 基准负温度补偿

如图4所示，FB采样电压为

$$V_{FB} = K(V_o + \Delta V), K = \frac{R2 \times N_{AUX}}{(R1 + R2) \times N_s} \quad (6)$$

其中 $\Delta V$ 随着温度上升而变小，K为定值。

PN8390的 $V_{REF\_CV}$ 电压基准采用负温度补偿技术，常温下， $V_{REF\_CV}$ 电压基准为2.5V；芯片温度上升时， $V_{REF\_CV}$ 电压基准值随着温度上升而变小，可以使 $\Delta V$ 随着温度上升而变小得到补偿，让输出电压 $V_o$ 在全温度范围内恒定，提高了恒压输出精度。

## 8. 准谐振模式

PN8390包含一个独特的准谐振开关电路。在CV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。

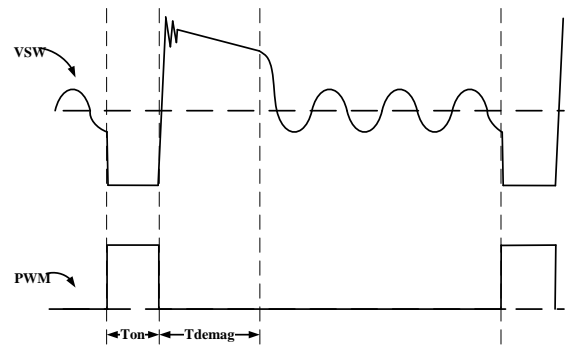


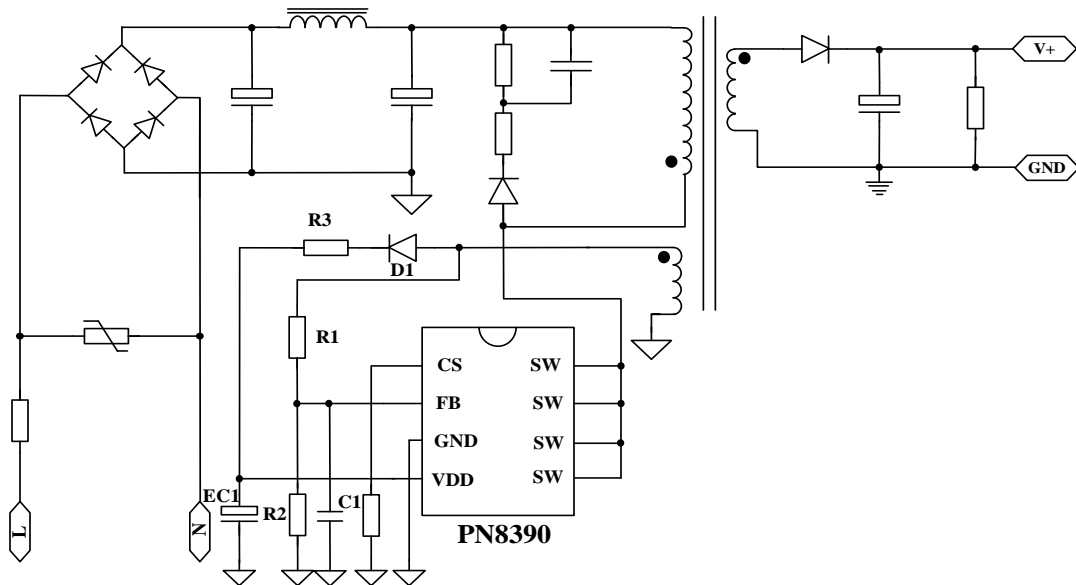
图5. 准谐振模式

## 9.保护控制

PN8390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、AC输入电压欠压保护功能，并且这些保护具有自恢复模式。



## 典型应用电路



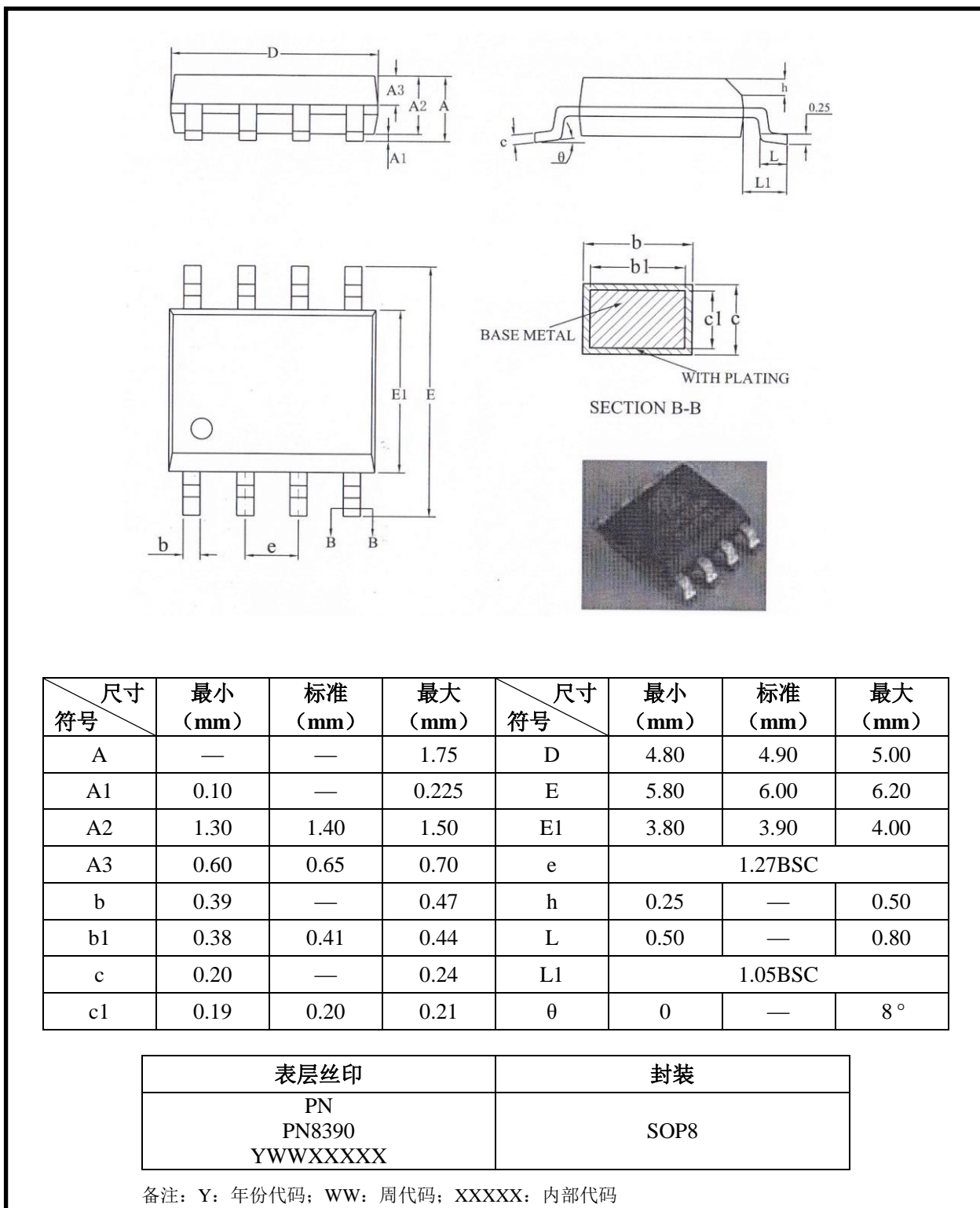
## 外围参数选择参考

为了获得更佳的 PN8390 系统性能，建议遵守以下规则：

1. VDD 电容 EC1 应放置在距离 VDD 引脚和 GND 引脚最近的地方；
2. VDD 整流回路串联 R1(推荐值 4.7ohm)，提高芯片的抗 EOS 能力；
3. VDD 整流二极管 D1 优选快管(推荐型号 RS1M)，提高芯片采样的准确性；
4. FB 引脚并联电容 C1(推荐值 47pF)，提高芯片采样的准确性；
5. 辅助绕组通过电阻分压后得到 FB 采样信号需要离 SW 2mm 以上，以避免芯片采样受干扰。

## 封装信息

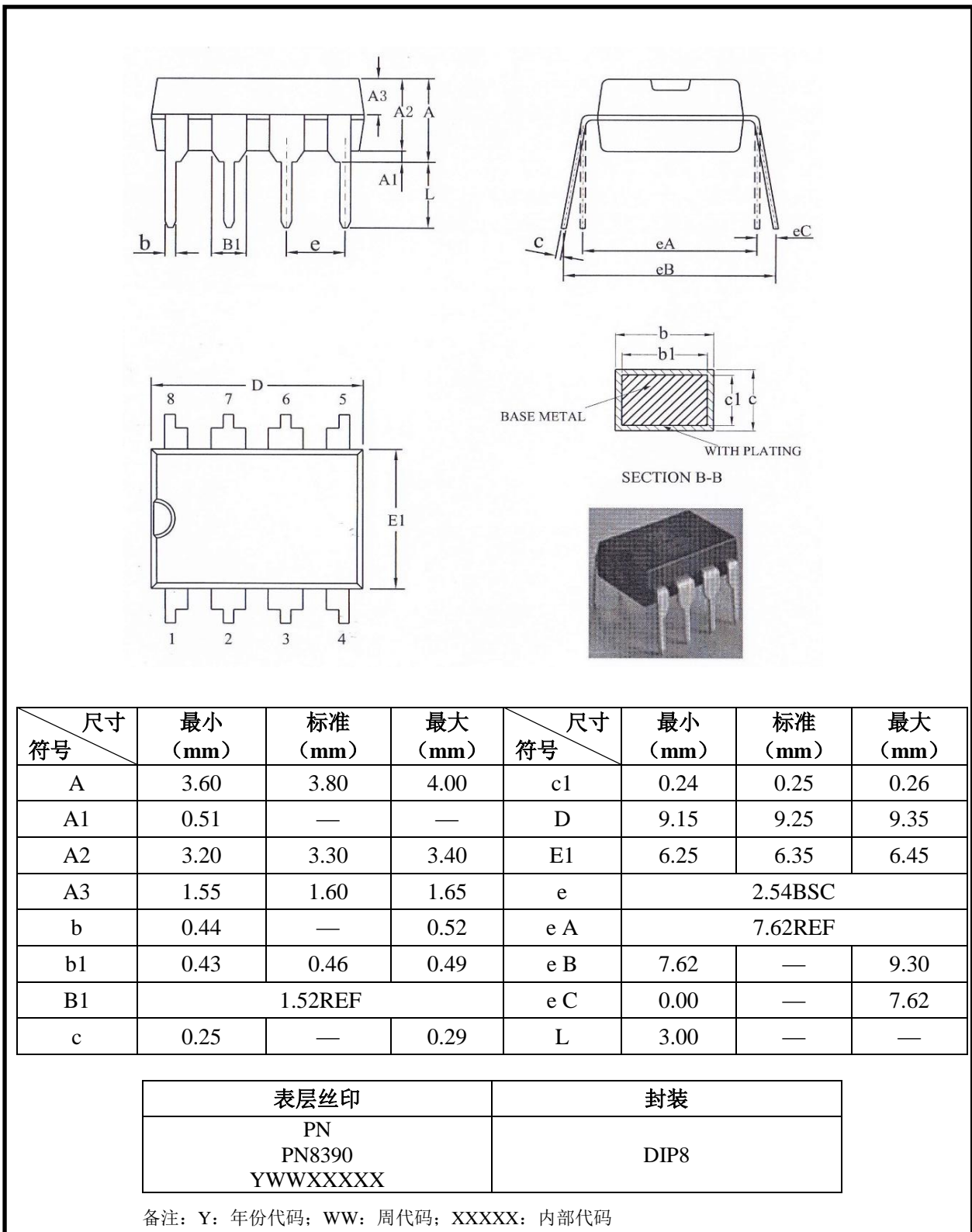
### 封装外形尺寸



备注:

1. 此制图可以不经通知进行调整;
2. 器件本体尺寸不含模具飞边。

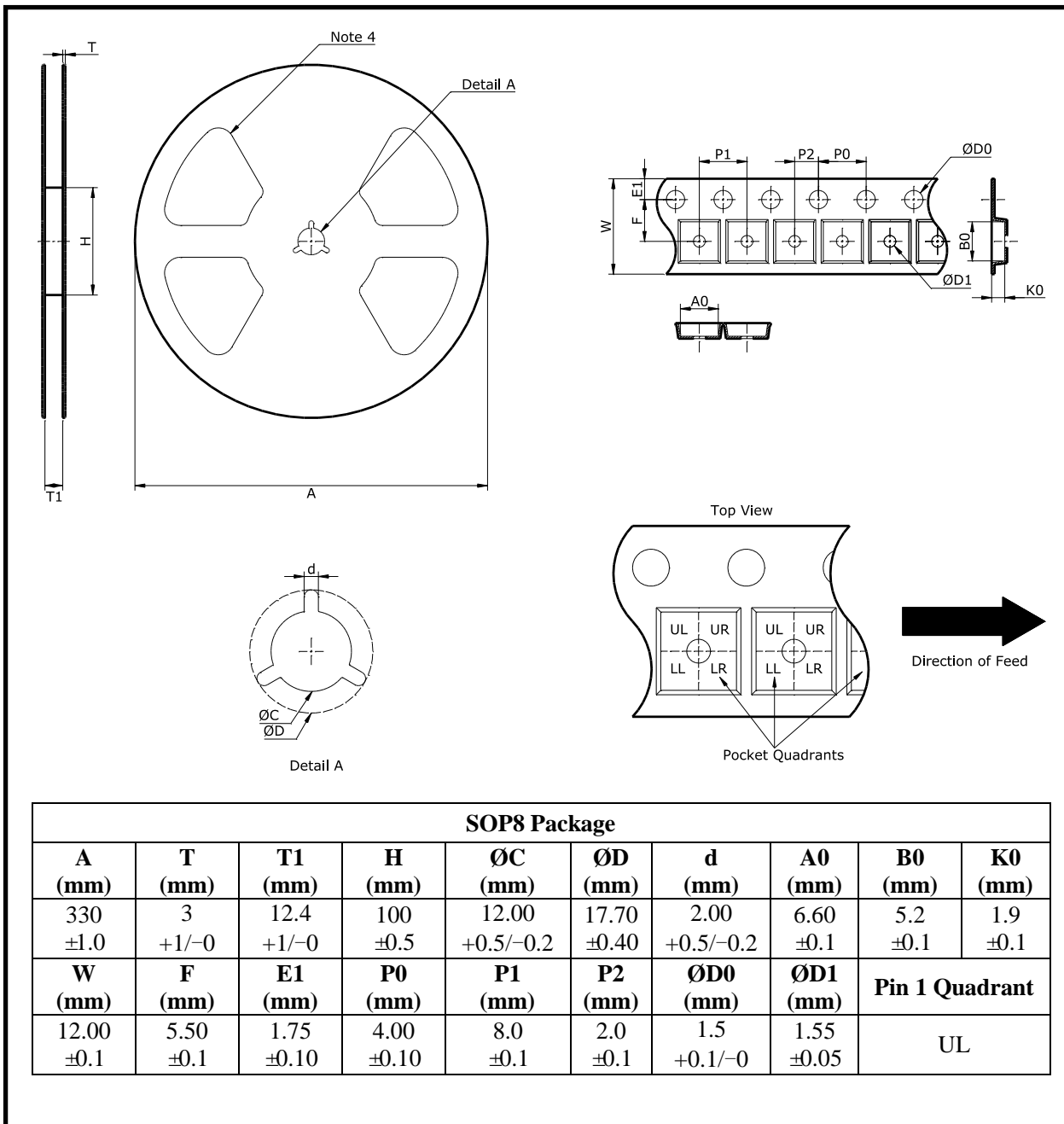
## 封装外形尺寸DIP8



备注：

1. 此制图可以不经通知进行调整；
2. 器件本体尺寸不含模具飞边。

## 编带和卷轴信息



备注:

1. 此制图可以不经通知进行调整;
2. 所有尺寸是毫米公制的标称值;
3. 此制图并非按严格比例, 且仅供参考。客户可联系芯朋销售代表获得更多细节;
4. 此处举例仅供参考。

## 重要声明

无锡芯朋微电子股份有限公司保留更改规格的权利，恕不另行通知。无锡芯朋微电子股份有限公司对任何将其产品用于特殊目的的行为不承担任何责任，无锡芯朋微电子股份有限公司没有为用于特定目的的产品提供使用和应用支持的义务。无锡芯朋微电子股份有限公司不会转让其专利许可以及任何其他的相关许可权利。