

## 基于 THD 优化的临界导通模式有源 PFC 控制器

### 主要特点

- 临界导通模式
- 具有总谐波优化的1/4象限乘法器
- 较小的启动电流和工作电流
- 启动定时
- 最小开关频率限制
- 内置前沿消隐电路
- 具有高箝位的图腾柱输出驱动
- 无音频噪声
- 基准电压精度可达1.5%
- 逐周期电流限制
- 峰值电流限制
- 完善的保护措施
  - 欠压锁定 (UVLO)
  - 动态过压和静态过压保护(OVP)
  - 使能控制 (DISABLE)
- 11V 到 32V 的宽输入范围
- 3000V ESD
- SOP-8L绿色封装

### 基本应用

- 电源适配器
- LED照明电源
- LCD-TV电源

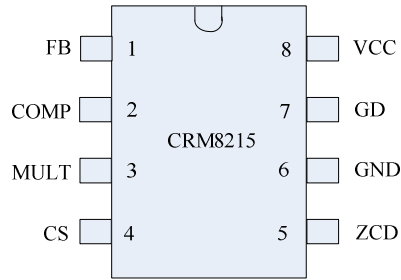
### 产品概述

CRM8215 是一款基于临界导通模式 (CRM) 的有源功率因数校正控制器 (PFC)，主要应用于 LED 照明电源、LCD-TV 电源。

CRM8215 内置了四分之一象限乘法器，能够减小 AC 输入电流的谐波失真，并且能够在很宽的输入范围内和很大的负载电流范围内实现对谐波失真的优化，使功率因数接近 1。CRM8215 还内置了启动定时器、零电流检测器、峰值电流比较器和图腾柱输出等。

CRM8215 为了确保系统稳定工作，针对可能出现的故障设计了一系列优良的保护措施，这些措施包括过压保护 (OVP)、欠压锁定 (UVLO)、逐周期电流限制、乘法器输出箝位和图腾柱输出驱动高箝位等。乘法器输出箝位用以限制开关的最大电流；图腾柱输出高箝位用于保护功率开关 MOSFET 的栅极免受损坏。

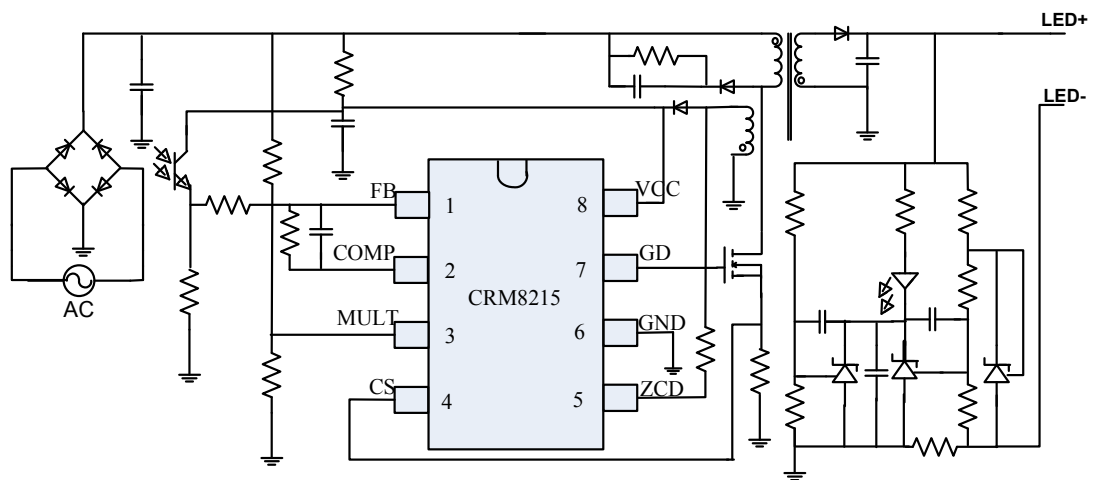
## 管脚排列图 (SOP-8L)



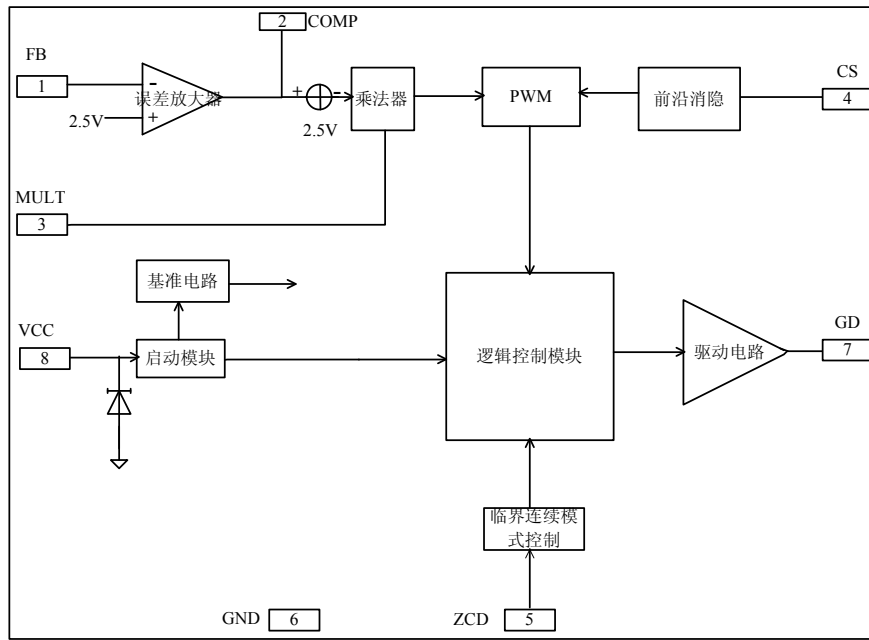
## 引脚描述

名称	引脚	描述
FB	1	误差放大器的反相输入端。
COMP	2	误差放大器的输出。一个反馈网络连接于 FB 引脚和此引脚之间用于稳定电压环路。
MULT	3	乘法器的输入。此引脚通过一个电阻分压器连接到整流桥后的线电压上，用于采样正弦形输入电压以控制电流环路。
CS	4	电流采样输入。
ZCD	5	零电流检测器的输入。此引脚一旦被触发，将会开启一个新的开关周期。同时，此引脚接到地时，控制器将被使能，将停止工作。
GND	6	芯片的地。
GD	7	图腾柱输出。此引脚用于驱动功率开关 MOSFET。
VCC	8	芯片的电源。

## 典型应用



## 结构图



内部电路结构简图

## 极限参数

符号	参数	值	单位
$V_{CC}$	工作电源电压	38	V
$I_{ZCD}$	零电流检测器允许最大电流	电流源	50
		电流沉	-10
$V_{FB}$	FB引脚工作电压	-0.3 to 7V	V
$V_{COMP}$	COMP引脚工作电压	-0.3 to 7V	V
$V_{CS}$	CS引脚工作电压	-0.3 to 7V	V
$V_{MULT}$	MULT引脚工作电压	-0.3 to 7V	V
$P_D$	功率消耗	600	mW
ESD	ESD能力-人体模式	3000	V
	ESD能力-机械模式	300	V
$T_L$	焊接温度20秒	260	°C
$T_j$	结温	-20 to 150	°C
$T_{STG}$	储存温度范围	-55 to 150	°C

## 推荐工作环境

符号	参数	最小~最大	单位
$V_{CC}$	工作电源电压	15~30	V
$T_{OA}$	工作环境温度	-20~85	°C

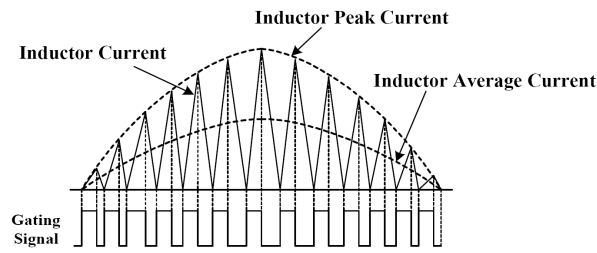
## 电气特性 ( Ta=25°C )

参数	引脚	描述	测试条件	最小	典型	最大	单位
<b>电源电压</b>							
V <sub>cc</sub>	8	工作范围	After Turn On	11		32	V
UVLO	8	UVLO (OFF)		15.5	16.5	17.5	V
	8	UVLO (ON)		8.0	8.8	9.6	V
Hys	8	UVLO 滞回			7.7		V
V <sub>Z</sub>	8	箝位电压	I <sub>cc</sub> =5mA	33.5	36.5	39.5	V
<b>电源电流</b>							
I <sub>VCC-start</sub>	8	启动电流	V <sub>cc</sub> =11V		5	15	μA
I <sub>q</sub>	8	静态电流, 无开关	V <sub>cc</sub> =14.5V		1.8	3.0	mA
I <sub>cc</sub>	8	工作电流	C <sub>L</sub> =1nf@ 70kHz		5	7	mA
<b>误差放大器</b>							
V <sub>FB</sub>	1	反馈输入电压	V <sub>cc</sub> =14.5V	2.45	2.5	2.55	V
G <sub>v</sub>		电压增益	Open loop	60	80		dB
G <sub>d</sub>		增益带宽			1.2		MHz
I <sub>comp</sub>	2	电流源	V <sub>comp</sub> =3.6V, V <sub>inv</sub> =2.4V	-2	-6	10	mA
		电流沉	V <sub>comp</sub> =3.6V, V <sub>inv</sub> =2.6V	2	6	10	mA
V <sub>comp</sub>	2	高箝位	I <sub>source</sub> =0.5mA		5.2		V
		低箝位	I <sub>sink</sub> =0.2mA		2.25		V
<b>乘法器</b>							
V <sub>mult</sub>	3	线性工作范围	V <sub>comp</sub> =3.0V	0 to 3.5			V
$\frac{\Delta V_{cs}}{\Delta V_{mult}}$		输出最大斜率	V <sub>mult</sub> =from 0 to 0.5V V <sub>comp</sub> =Upper clamp Voltage	0.95	1.1		V/V
K		增益	V <sub>mult</sub> =1V, V <sub>comp</sub> =3.5V	0.28	0.36	0.44	1/V
<b>电流感应比较器</b>							
V <sub>CS</sub>	4	峰值电流电压	V <sub>mult</sub> =2.5V V <sub>comp</sub> =Upper Clamp Voltage	0.94	1.0	1.06	V
T <sub>d</sub> (H-L)	4	输出延时			200	450	ns

零电流检测器							
V <sub>ZCD</sub>	5	上升沿输入阈值			0.25		V
		滞回			0.75		V
V <sub>ZCD</sub>	5	高箝位电压	I <sub>zcd</sub> =2.5mA	5.1	5.7	6.3	V
V <sub>ZCD</sub>	5	低箝位电压	I <sub>zcd</sub> =-2.5mA		0		V
I <sub>ZCD</sub>	5	电流源		-3		-5	mA
I <sub>ZCD</sub>	5	电流沉		3		10	mA
栅驱动							
V <sub>OL</sub>	7	低输出电压	V <sub>cc</sub> =14.5V, I <sub>o</sub> =100mA			1.5	V
V <sub>OH</sub>	7	高输出电压	V <sub>cc</sub> =14.5V, I <sub>o</sub> =100mA	8			V
T <sub>r</sub>	7	上升时间	C1=1000pf, 10 ~90%		80	150	ns
T <sub>f</sub>	7	下降时间	C1=1000Pf, 10 ~90%		30	70	ns
V <sub>oclamp</sub>	7	输出箝位电压	V <sub>cc</sub> =28V		16	18	V
过压保护							
		静态过压阈值			2.35		V
启动定时器							
T <sub>start</sub>		重启周期		45	55	65	μs

## 工作原理描述

CRM8215 是一款基于临界导通模式的有源 PFC 控制器，适用于中小功率的 AC/DC 开关电源。其控制思想为当电感电流过零时打开功率开关 MOSFET，当电感电流上升到输入电流平均值的两倍时关断功率开关 MOSFET，具体如下图所示。



电感电流波形

通过这种方式，输入电流的波形就能够很好地跟随输入电压，从而获得极低的谐波失真和很高（接近于 1）的功率因数。

## 启动

CRM8215 的供电电源端是 VCC，启动电阻提供了从高压端到 VCC 旁路电容的直流通路，为芯片提供启动电流。CRM8215 的启动电流小于  $15\mu\text{A}$ ，因此 VCC 能够很快被充到 UVLO（OFF）以上，从而使芯片快速启动并开始工作。采用较大的启动电阻可以减小整机的待机功耗。一旦 VCC 超过 UVLO（OFF），芯片就进入启动状态。VCC 的旁路电容一直为芯片提供供电直到输出电压足够高以至于能够支撑 VCC 通过辅助绕组供电为止。

## 误差放大器

FB 引脚通光耦电流采样输出电压，而后送入误差放大器的反相输入端，与一内部 2.5V 的基准电压进行比较放大，从而调整输出电压。

在 CRM8215 内部，误差放大器的输出连接到乘法器的输入和外部的补偿网络。一般情况下，系统的带宽被设定在 20Hz 以下，用以减小线电压交流纹波的影响，进而获得较高的功率因数。在误差放大器的输入 INV 和输出 COMP 之间接入一个电容作为补偿网络，稳定系统的电压环路。

## 乘法器

在 CRM8215 中，四分之一象限乘法器的输出限制了开关的峰值电流。通过限流比较器控制开关 MOSFET 的关断，使输入电流跟随输出电压，达到提高功率因数的目的。

乘法器包含两个输入端，一个输入端通过一个电阻分压器连接到整流桥后的线电压上，用于采样正弦形的输入电压，另一个输入端是误差放大器的输出 COMP 与内部基准电压  $V_{ref}$  的差值。

乘法器的输出最高电压被箝位在 1.7V，用于限制开关 MOSFET 上的最大电流。公式 (1) 给出了乘法器输出的计算方法。

$$V_m = K \times V_{MULT} \times (V_{COMP} - V_{ref}) \quad (1)$$

$K$ : 乘法器增益

$V_{MULT}$ : MULT 引脚上的电压

$V_{COMP}$ : 误差放大器的输出 COMP 引脚上的电压

$V_{ref}$ : 内部 2.5V 的基准电压

## 零电流检测器

CRM8215 工作于临界导通模式，内置的零电流检测器能够利用辅助绕组实现对电感上零电流的探测功能。当存储在电感上的能量完全被释放，则 ZCD 的电压将会减小。一旦电感电流减小到零，电感上电压的极性将会翻转。当 ZCD 的电压减小到 0.25V 以下，零电流检测器将会被触发，从而打开开关 MOSFET，开始一个新的开关周期。为了防止错误的触发，在 ZCD 上设计了一个 0.75V 的滞回电压。此外，零电流检测器的输入端 ZCD 还设计了一个高电压箝位和一个低电压箝位。高电压箝位使 ZCD 被箝位在 5.7V，防止电压击穿；低电压箝位被箝位在 0V，防止衬底干扰。

## 电流采样和前沿消隐

CRM8215 采样功率 MOSFET 上的电流是通过 CS 来实现的。CRM8215 不仅设计了逐周期的电流限制，而且设计了峰值电流限制，最大的峰值电流电压为 1.0V。因此，MOSFET 上最大的峰值电流为：

$$I_{peak(max)} = \frac{1.0V}{R_S} \quad (2)$$

CRM8215 在 CS 端设计了一个 RC 滤波器和前沿消隐电路用来防止在开关导通时刻错误的过流保护被触发。前沿消隐电路另外的一个重要作用是限制系统的最小导通时间，因此，在轻载时的谐波失真将会被弱化。

## 保护控制

CRM8215 为保证系统的正常工作，包含了多种保护措施。这些保护措施包括欠压锁定

(UVLO)、逐周期电流限制、过压保护（动态过压保护被屏蔽）。

### 使能控制

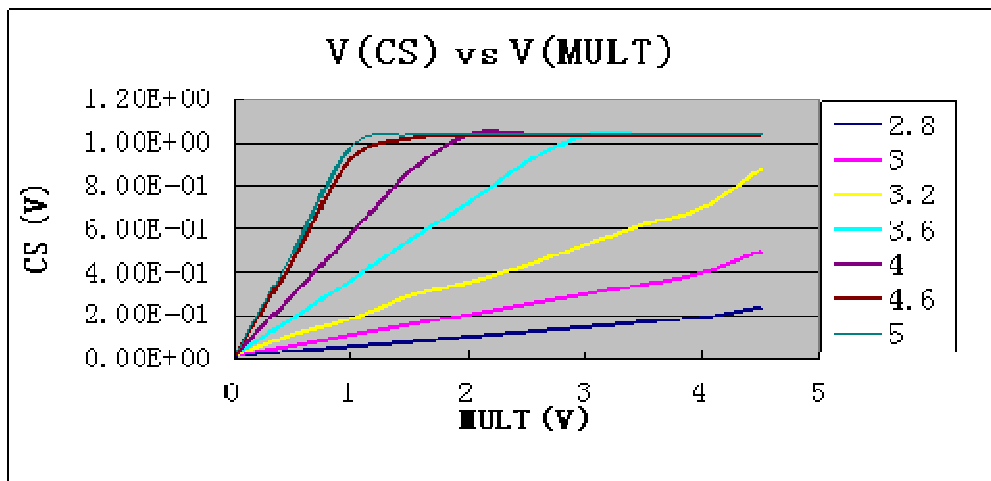
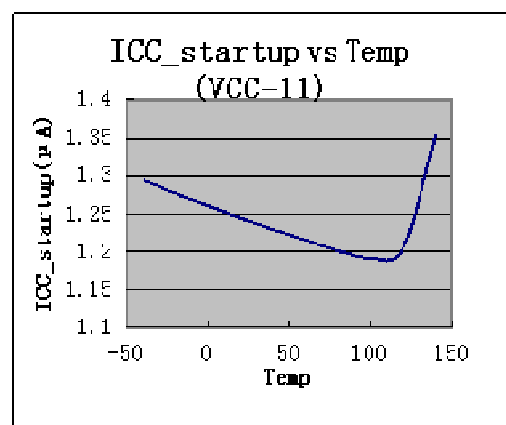
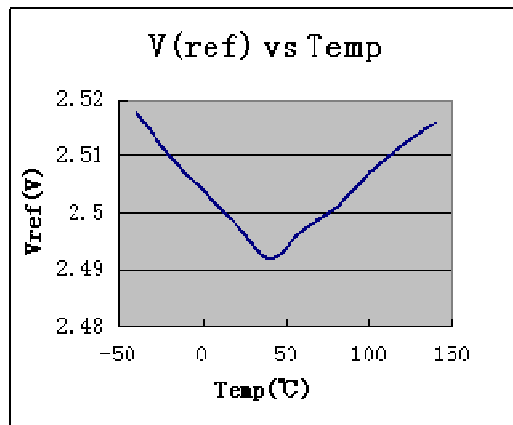
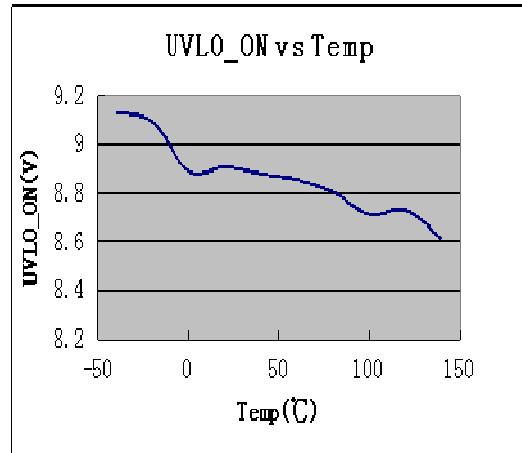
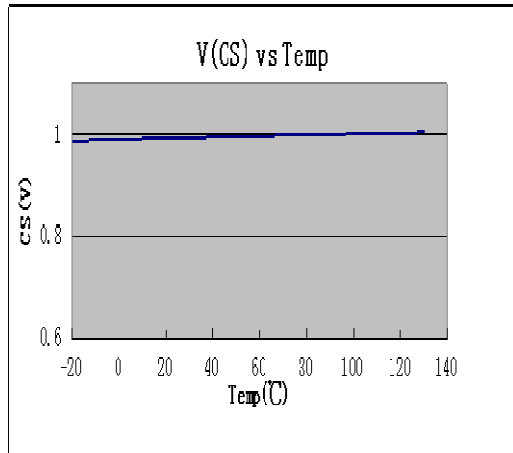
CRM8215 提供了使能控制功能。当 ZCD 引脚的电压低于 0.25V 时，CRM8215 被使能，停止工作，在这种情况下，系统的工作电流被降低到一个很低的水平用以降低系统的损耗直至使能被释放。

### 栅驱动

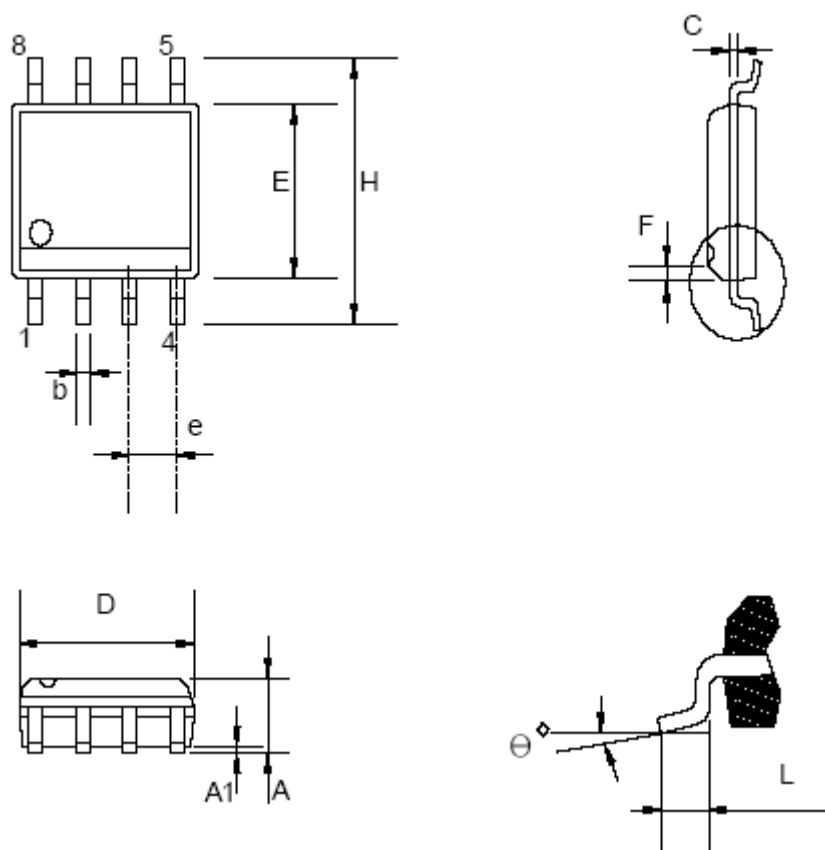
CRM8215的输出是一个单级的图腾柱输出，可以直接驱动功率MOSFET。当输出接1nF的电容时，CRM8215驱动输出的上升时间是80ns，下降时间是30ns。针对输出驱动，内置的16V高电平箝位可以防止损坏功率MOSFET的栅极。



特性曲线及波形



## 封装尺寸 (SOP-8L)



## Dimensions DISCLAIMERS

参数	毫米			英寸		
	最小	典型	最大	最小	典型	最大
A	1.346		1.752	0.053		0.069
A1	0.101		0.254	0.004		0.010
b		0.406			0.016	
c		0.203			0.008	
D	4.648		4.978	0.183		0.196
E	3.810		3.987	0.150		0.157
e	1.016	1.270	1.524	0.040	0.050	0.060
F		0.381X45			0.015X45	
H	5.791		6.197	0.228		0.244
L	0.406		1.270	0.016		0.050
$\theta$	0°		8°	0°		8°