

### 产品特点：

- ✓ 三相 220 Vrms ( L-N ) /380Vrms ( L-L ) 交流输入 PFC 模块
- ✓ 370V 输出，最大值不超过 390V
- ✓ 2000W 连续输出功率，2200W 峰值功率
- ✓ 97%的转换效率 ( 220Vrms L-N, 50Hz, 半载 )
- ✓ 极低的输入浪涌电流
- ✓ 小输出电容，47uF
- ✓ 支持全载启动

# EPFC-3PBN-2K0-370-FP/M

## 产品规格书

## PRODUCT SPECIFICATION

制造安全产品 驱动绿色世界 Power a Safe and Green world

Excellent 卓越 Creative 创造 United 协作



合肥华耀电子工业有限公司

ECU ELECTRONICS INDUSTRIAL CO.,LTD.



电话 TEL 4006659997/0551-62731110

传真 FAX+86-551-65324417 转0

安徽省合肥市蜀山区淠河路88号 No.88 <http://www.ecu.com.cn>

Pihe road P.O BOX 9023-20,Hefei

China

<http://www.ecupowersupply.com>

[sales@ecu.com.cn](mailto:sales@ecu.com.cn)

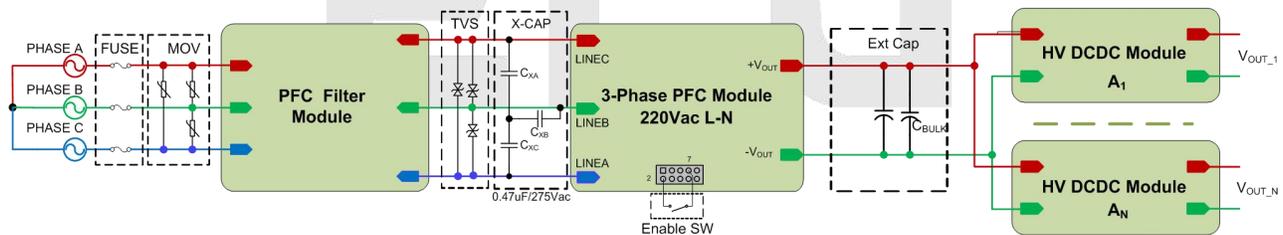
## 基本特性

- 三相220 Vrms (L-N) /380Vrms (L-L) 交流输入PFC模块
  - 输入电压范围180~264 Vrms (L-N)
- 自适应输入频率范围
  - N: 45~63Hz
  - W: 45~800Hz
- 370V输出，最大值不超过390V
- 2000W连续输出功率，2200W峰值功率
- 97%的转换效率（220Vrms L-N, 50Hz, 半载）
- 极低的输入浪涌电流
- 小输出电容，47uF
- 支持全载启动
- 极低的谐波和低至2.5%（满载典型值）的THD性能，
- 功率因素达到0.999 @50Hz/1.8KW
- 工作壳体温度范围：
  - i: -40 ~ 85°C
  - s/m: -55 ~ 100°C
- 紧凑的全砖尺寸
  - 65mm x 121mm x 13mm
- 满足军规标准：
  - GJB150A-2009, 《军用装备实验室环境试验方法》，对应于美军标MIL-STD-810G;
  - GJB151B-2013, 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量，对应于美军标MIL-STD-461 (C到F)
  - GJB181A-2003, 《飞机供电特性及对用电设备的要求》，对应于美军标MIL-STD 704 A到F
  - SJ20668-1998, 《微电路模块总规范》

## Description 概述

**EPFC-3PBN** 是三相三线相电压 220Vrms 交流输入、直流输出功率因素校正模块电源，采用标准全砖尺寸，具有极高的功率密度和温度性能，输出功率高达 2000W、峰值功率 2200W。全数字控制方案为模块的应用提供了各种灵活性和功能组合，超低谐波失调性能为应用系统创建优良的电磁环境；**基于 Buck 拓扑的功率变换电路无需担心开关管全部同时导通的情况下发生输入短路、危害电网安全的情况**，同时还具备良好的软启动功能、无需额外复杂的防浪涌电路。

### \*\*\*\*\* 典型应用电路 \*\*\*\*\*



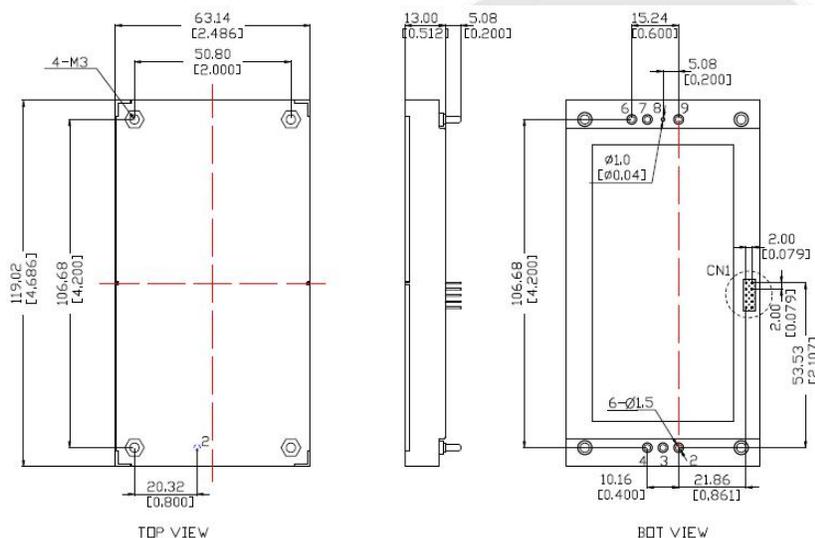
## 性能规格 (at $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ )

型号	输入(L-N)		输出			
	电压(Vrms)	频率(Hz)	功率(W)	设定点(V)	调整率(V)	效率(%)
EPFC-3PBN-2k0-370-F	180~264	45~63	2000	370	+/-1	97
EPFC-3PBW-2k0-370-F		45~800				

## 机构外形

单位: 毫米[英寸]

精度:  $x.x \pm 0.5\text{mm}[0.02\text{in}]$ ,  $x.xx \pm 0.25\text{mm}[0.01\text{in}]$ , 除非特别注明



A1	□	A2
A3	□	A4
A5	□	A6
A7	□	A8
A9	□	A10

PIN	DESCRIPTION
2	A 相输入
3	B 相输入
4	C 相输入
6	---
7	-Vout 输出
8	---
9	+Vou 输出
A1	同步启机
A2	控制信号地
A3	异步收发器接收
A4	异步收发器发送
A5	AC OK 交流输入正常
A6	DC OK 直流输出正常
A7	PFC EN, PFC 开启
A8	保护功能屏蔽
A9	3.3V 辅助源
A10	Sync Out 频率同步输出

## 订货信息

### EPFC-3PBN-2K0-370-FP/m

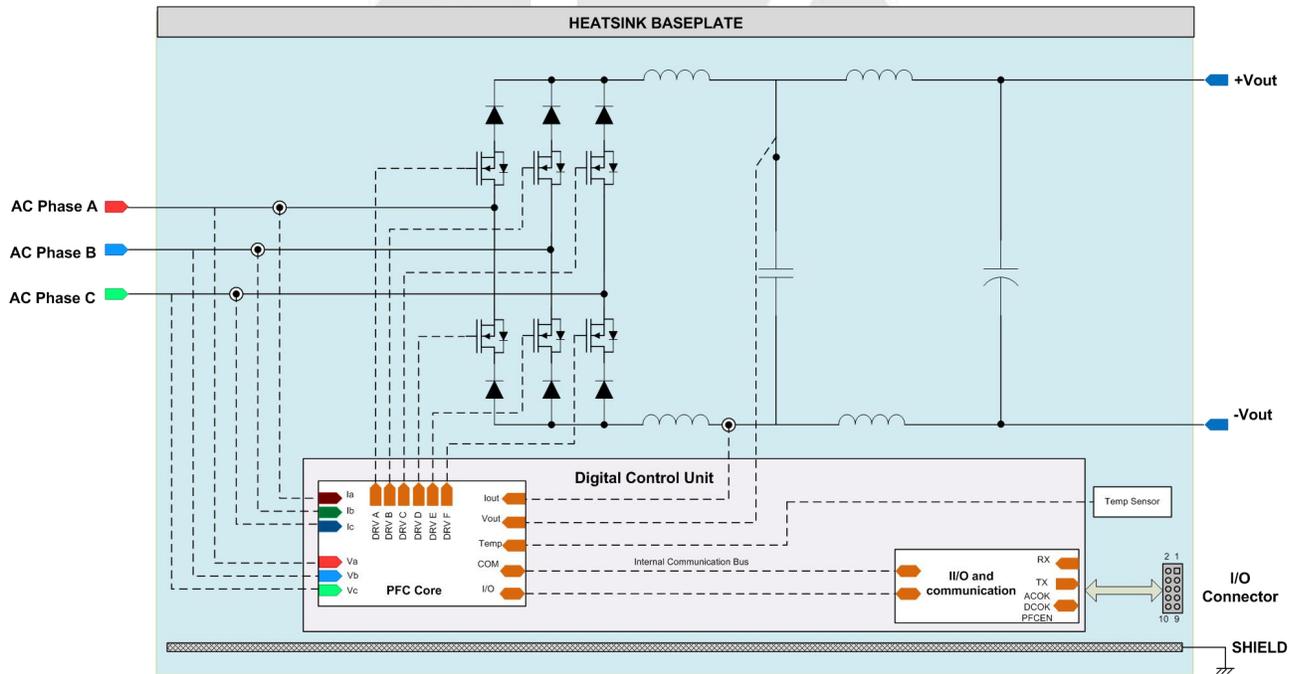
PFC系列产品	i: 工业温度
3P: 三相三线输入方式	s: 军温标准测试
B: 额定输入相电压220Vrms	m: 军温加强测试
输入频率范围:	P: 均流版本
N: 47~63Hz	X: 无均流功能
W: 47~800Hz	标准全砖尺寸
2000W持续输出功率	额定输出电压: 370V

## 绝对最大值

以下是模块可以承受的最大应力，将模块工作在超出最大应力指标条件下会对模块造成永久损伤；将模块置于这些条件下，可能会损害模块的长期可靠性；将模块工作在最大应力指标范围以下但推荐工作条件范围以外，模块不能工作或可以工作但部分指标不能满足规格书要求。

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit	
输入电压	$V_{IN}$		750	$V_{pk\ L-L}$ (线电压峰值)	
控制信号 (A1~A10)		-2	7	$V_{dc}$	
基板工作温度	s、m i	$T_a$	-55	100	$^{\circ}C$
			-40	85	
存储温度	$T_{stg}$	-65	135	$^{\circ}C$	
信号引脚与基板之间	—	—	2150	$V_{dc}$	
功率引脚与控制引脚之间	—	—	1000	$V_{dc}$	

## Internal Diagram



## 电气特性(环境温度为 25°C)

除非特别注明，规格参数适用于全输入电压、阻性负载和温度条件

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
工作输入电压	$V_{IN}$	180	220	264	$V_{ac, rms, L-N}$
启动电压			170	176	$V_{ac, rms, L-N}$
欠压保护		150	165		$V_{ac, rms, L-N}$
输入过压保护值	OVP	265	270		$V_{ac, rms, L-N}$
最大输入电流 (每相)	$I_{IN,max}$		2.9		Arms
工作电压输入频率	N	45		63	Hz
	W	45		800	

线阻抗不平衡范围	幅度				5	Vrms, L-N
	相位				5	deg
线不平衡告警和保护	幅度			80		Vrms, L-N
	相位			5		deg
功率因素 (50Hz, 1.8KW)		PF		0.999		
输入电流总谐波失真 (THD)	满载(1.8KW)	THD		2.3		%
功率损耗 (50Hz)	无负载			4.9		W
	待机			3.5		W
浪涌电流(忽略由于Xcap的窄脉宽冲击电流)				5		A
开关频率		fsw	—	150	—	kHz
基板最高温度	S、M				100	°C
	i				85	°C
基板最低温度	S、M				-55	°C
	i				-40	°C
过温保护	S、M	关机			125	°C
		恢复			100	°C
	i	关机			100	°C
		恢复			85	°C
低温保护 (只对“i”档有效)	关机				-45	°C
	恢复				-40	°C
VOUT特性						
输出电压设置值 (输入220Vrms, L-N, 50Hz, 空载, 25°C基板温度)	VO, set	365		370	375	Vdc
额定输出条件下的输出纹波 (额定输入、输出负载从最小到最大)						
有效值 (带宽5Hz~20MHz)		—		0.5	0.5	Vrms
峰峰值 (带宽5Hz~20MHz)		—		2.5	3	Vpk-pk
外部电容推荐值	Cext	47		100	470	μF
最大输出电容				1	7	mF
输入开机延时 (交流输入起至10%额定输出)				300		mS
使能开机延时 (使能有效起至10%额定输出)				150		mS
输出上升时间				300		mS
输出启动过冲				1		%
输出过压保护值				390	400	V
效率 (50Hz)						
	半载(1000W)			97		%
	满载(2000W)			96.5		

备注:

**注意: 模块内没有安装保险丝, 使用时在输入线上加装保险丝。**

此模块可以使用在各种应用中, 包括单机应用, 或者集成在一个复杂系统的电源架构中。为了保持最大的应用灵活性, 模块内部没有安装保险丝。为了保证最大的安全性和系统得到有效保护, 请在每一相输入线上加装保险丝。安规机构会要求在三个输入线、不接地的端子上使用一个延时型或者快熔型 10A 规格的保险丝 (具体参见安规特性章节)。根据本手册所提供的浪涌能量和最大电流信息, 可以使用同样类型但是规格更低的保险丝。更多信息参考保险丝供应商数据手册。

## 绝缘规格

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
引脚2~9和基板之间的绝缘电压 (基本绝缘)				2150	V
引脚2~9和基板之间的绝缘电容	Ciso, BP	—	2.2	—	nF
引脚2~9和信号引脚之间的绝缘电压 (功能绝缘)				1000	V
引脚2~9和信号引脚之间的绝缘电容	Ciso, sig	—	1	—	nF

绝缘电阻	Riso	10	—	—	MΩ
------	------	----	---	---	----

## 通用规格

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
根据MIL-HDBK-217F计算所得的可靠性数据	MTBF	TBD			Hours
重量			320		g

## 功能特性规格

除非特别注明，规格参数适用于全输入电压、阻性负载和温度条件。更多信息参见特性描述章节。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
开机同步，高电平有效					
允许同步启动		2.4	—	—	V
不允许同步启动		—	—	0.8	V
内部上拉电阻		—	10	—	kΩ
内部上拉电压		—	3.3	—	V
异步收发器发送 UART TX					
逻辑高电平		2.9	—	—	V
逻辑低电平		—	—	0.4	V
异步收发器接收 UART RX					
逻辑高电平		2.4	—	—	V
逻辑低电平		—	—	0.8	V
内部上拉电阻		—	10	—	kΩ
内部上拉电压		—	3.3	—	V
AC输入正常，高有效					Vrms, L-N
AC输入低阈值		160	165	170	Vrms, L-N
AC输入高阈值		—	170	—	Vrms, L-N
阈值回差		—	1	—	Vrms, L-N
输入频率低阈值		43	45	47	Hz
输入频率高阈值		860	900	940	Hz
逻辑低电平		—	—	0.4	Hz
内部上拉电阻		—	10	—	V
内部上拉电压		—	3.3	—	kΩ
					V
直流输出正常 PD，高有效					Vrms, L-N
直流输出正常阈值		—	340	—	Vrms, L-N
直流输出欠压阈值		—	150	—	Vrms, L-N
逻辑电平低		—	—	0.4	Vrms, L-N
内部上拉电阻		—	10	—	Vrms, L-N
内部上拉电压		—	3.3	—	kΩ
					V
PFC开启，低电平有效					
逻辑高电平		2.4	—	—	V
逻辑低电平		—	—	0.8	V
内部上拉电阻		—	10	—	kΩ
内部上拉电压		—	3.3	—	V
保护功能屏蔽，低电平有效					
逻辑高电平		2.4	—	—	V
逻辑低电平		—	—	0.8	V
内部上拉电阻		—	10	—	kΩ
内部上拉电压		—	3.3	—	V
3.3Vaux					
输出电压范围		3.19	3.3	3.43	V

输出电流		—	—	100	mA
频率同步输出Sync Out		2.9	—	—	V
逻辑高电平		—	—	0.4	V
逻辑低电平		—	—	—	V

## 电气性能测试

### 1) 效率和功耗

三相 PFC 整流器模块的效率如图 1 所示，图 2 为对应的功耗。

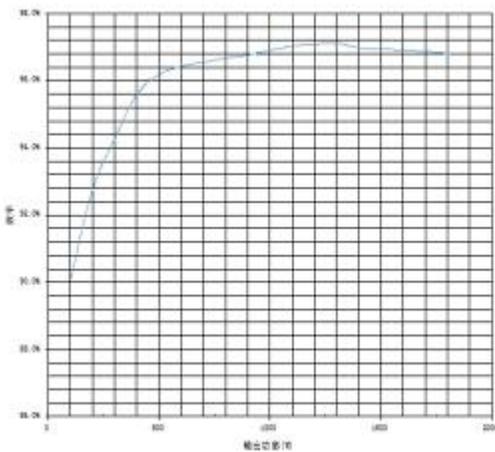


图 1: 效率 vs. 输出功率曲线 (30°C 基板温度)

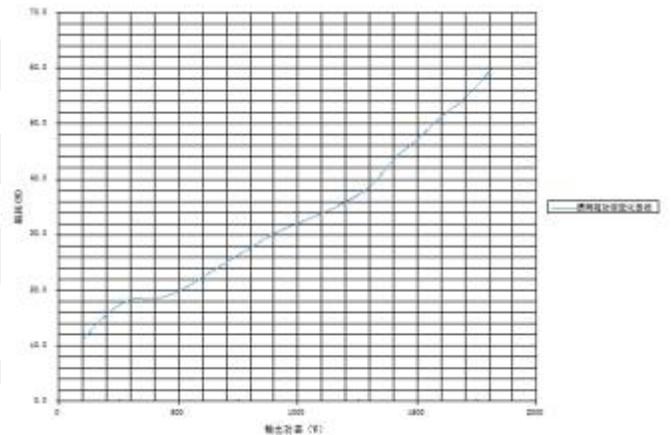


图 2: 功率损耗 vs. 输出功率曲线 (30°C 基板温度)

### 2) 输入电流失真度 (THD) & 功率因数 (PF)

输入电流失真度 (THD) 随负载变化如图 3 所示，由于有源 PFC 降压转换器在轻载时的不连续工作模式，轻载时本三相 PFC 整流器模块输入电流谐波含量 (THD) 轻微增加；当输出功率达到 500W 以上后，本模块输入电流 THD 表现较为理想。

功率因数(PF)随负载变化如图 4 所示。当输出功率高于 300w，功率因数都在 0.99 以上。

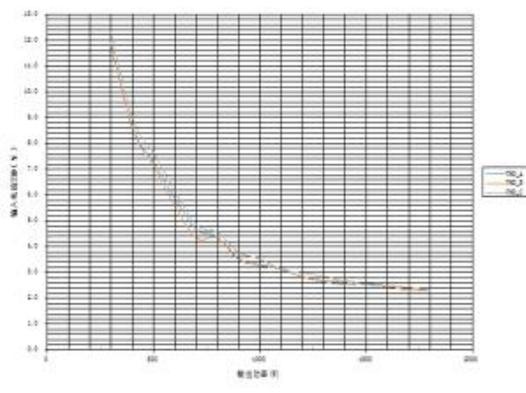


图 3: 输入电流 THD vs. 输出功率 (输入电压 220 L-N, 50HZ)

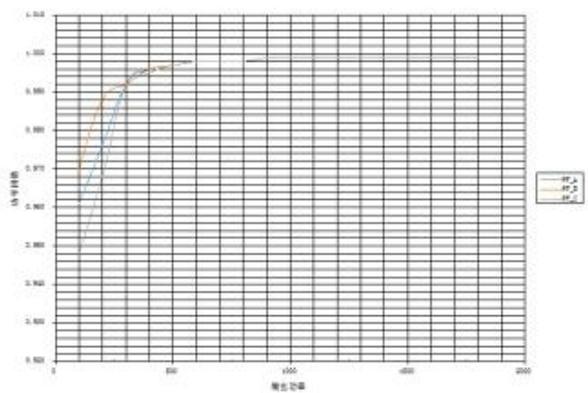


图 4: 输入超前功率因数 VS 输出功率(输入电压 220V L-N, 50HZ)

### 3) 输入电流波形&输出电压启动波形

输入电压 220Vac,rms(L-N)时, 负载 2000w 时输入电流波形如图 5 所示; 输入电压 220Vac,rms(L-N), 负载 1000W 时输入电流波形如图 6 所示;

C1: 输出电压  
C2: A 相电流  
C3: B 相电流  
C4: C 相电流

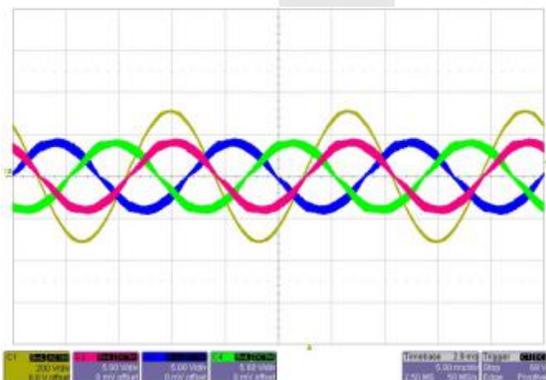


图 5: 满载条件下典型输入电流波形(2000W)

C1: 输出电压  
C2: A 相电流  
C3: B 相电流  
C4: C 相电流

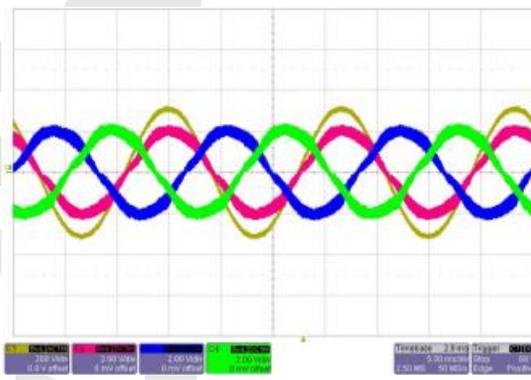


图 6: 半载情况下典型输入电流波形(1000W)

### 4) 输出电压启动波形

输入电压 220Vac,rms(L-N)时, 负载 2000w 时, 输出电压启动波形如图 7 所示; 输入电压 220Vac,rms(L-N), 负载 1000W 时输出电压启动波形如图 8 所示;

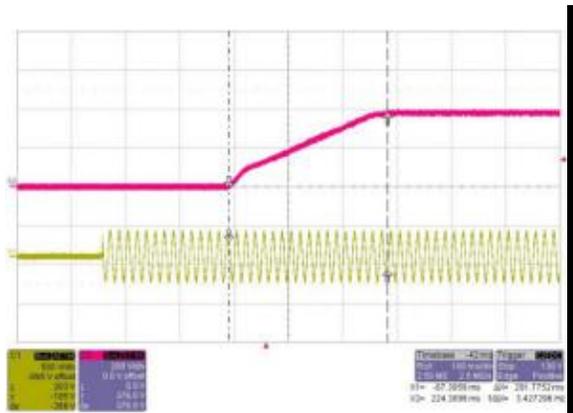


图 7: 满载条件下启机波形(2000W)

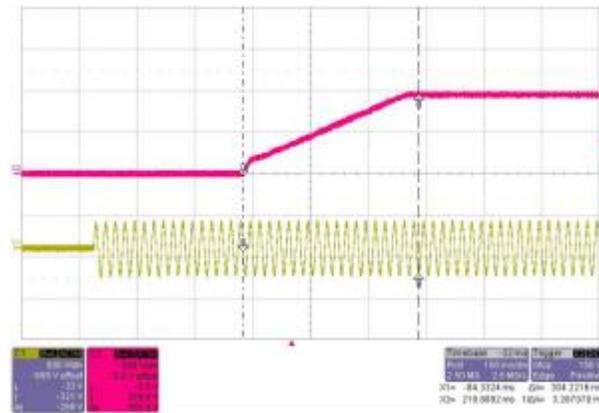


图 8: 半载情况下启机波形 (1000W)

## 电源电路概述

### 1) 浪涌和启动

由于主开关管前只需少量的 EMI 电容, 本三相 PFC 整流器模块采用的 PFC 降压拓扑结构可以很好地控制模块的启动浪涌电流。由于采用了恒流控制, 即使在 +VOUT 端存在很大的掉电维持电容、满载启动, PFC 降压环节也能很好地控制启动电流并对电容进行有序充电。模块只有在 AC OK 信号为高电平后, 才会启动。当满足以下三个条件时, 设备将开启, 启动波形参见图 7, 图 8。

- 1) EN 引脚被拉低
- 2) 输入相电压为 180Vrms (L-N) ~ 264Vrms (L-N)
- 3) 输入频率为 46Hz ~ 800Hz

### 2) 线路瞬间电脉冲

本三相 PFC 整流器模块采用的 PFC 降压级在器件选型时留有较大的设计裕量, 主开关管选用 900V MOSFET, 能承受较大的输入瞬态浪涌电压, 当超出典型的工作输入电压范围的瞬时高电压 (<750V) 施加在本模块时, 模块不会损坏且仍能正常工作、输出电压正常。

### 3) 线频率和相位旋转

本三相 PFC 整流器模块未采用内部锁相环, 因而可在 45 ~ 800 Hz 工作频率范围内实现无缝快速的输入频率瞬变。输入电压无论是 ABC 还是 CBA 输入电压相位旋转, 本三相 PFC 整流器模块均可正常工作。

### 4) +Vout 调节与输入线电压

作为降压转换器, PFC 整流器只能产生比输入线电压低的 VBUCK 输出。模块的 VBUCK 输出在较高的输入电压下保持不变, 即标称的 370; 但当交流输入电压低于 180Vrms (L-N) 时会降低。

### 5) 输出外接电容选择

在 +VOUT 的脉冲负载峰值功率高于 1.8kW 应用中, +VOUT 端需要更多的电容。在这种情况下, 加大 +VOUT 电容容量到足够满足脉冲负载能量要求。

下游功率转换器对稳定性电容有其自己要求。任何稳压电源转换器的输入均可能导致输入系统不稳定。如果这个下游转换器的输入功率是恒定的, 那么电压的增量下降将导致转换器吸收更多的电流。这可以建模为负阻 (在 DC 频率直到转换器输入电压前馈控制带宽时有效)。结合一个电感源, 这种负阻可能会引起较大的振荡, 这很可能发生在最低电源电压和最高工作功率下。典型的解决方案是在任何下游功率转换器的输入端用串联一个足够大的电容器的方式添加一个已知的正电阻。由于稳定性将取决于下游转换器的设计和所选外部电容值/串联电阻, 因此最好在最终应用中验证下游转换器的稳定性。

在 +Vout 外部连接的电容器应具有 450V 或更高的额定值, 标准铝电解电容器是可以使用, 但有几个明显的缺点:

- 5) 额定温度范围窄
- 6) 室温下 ESR 较高
- 7) 低温时 ESR 非常高
- 8) 高温下的可靠性差

薄膜电容器可以牺牲一些能量密度为代价来解决所有这四个问题。

## 保护特性

### 1) 过温关闭

当内部传感器温度升至125°C以上时，集成温度传感器通过关闭模块来防止模块被意外损坏。在满额定功率下，这相当于基板温度为110°C（在负载较低时意味着此温度更高）。内部传感器冷却到110°C以下后，模块会自动重新启动。过热关机功能（以及缺相关机）可以通过将PD信号连接到CTL GND进行屏蔽。

## 2) 缺相关机

在电源缺失一相输入的情况下，模块将在延迟150ms后关闭，并且在三相电源恢复正常约1s后自动重启。在电源缺失一相输入过程中，模块将尝试从剩余的两相输入中传递能量。但是缺相关机功能（和过温关机功能）可以通过将PD信号外部连接到CTL GND被屏蔽。

## 3) 短路电流限制

在大多数过载情况下，线性的6A（2200W）降压级电流限制就足够了。备用“短路电流限制”电路用于处理严重的输入瞬变或输出短路事件。冗余电流检测电阻和比较器串联在降压PFC级的正负两侧，动作阈值远高于线性电流限制阈值。当这个备用保护功能被激活时，大约200μs内模块将通过关闭所有和输入相关的功率回路，在此之后正常操作立即恢复。

## 4) 输入过压保护

如果任何两相之间输入瞬时电压超过700V（L-L）的阈值，则和输入相关的功率回路将被中断，并在输入电压再次下降到相同阈值以下1ms后恢复。（短于80μs的电压尖峰可能不会触发该保护。）在中断期间，VBUCK电压将以由电容和负载电流确定的速率下降。在此1ms中断期间维持正常工作所需的电容量可按照标题为“保持电容值”的部分进行计算。

## 5) 输入欠压关闭

输入电压必须高于170Vrms（L-N）才能激活AC OK，并允许模块启动。如果输入电压最终低于165Vrms（L-N）超过1s，则模块将关闭并保持关闭状态至少1s。

## 6) 输出过压保护

如果+VOUT超过395V，触发输出过压保护

## 7) VBUCK 欠压关闭

如果线性6A降压电流限制的动作将VBUCK电压降至100V以下超过150ms，则模块认为有持续过载并将关闭。1s后将自动重启。该功能在启动时也存在，用于限制输出短路时所传输的能量。

## 基板电气连接

PFC模块中的所有电路使用多层固体绝缘体与基板实现电气隔离，此隔离栅符合基本绝缘要求、生产时进行100%的2150Vdc耐压测试。因此基板和角安装柱可以连接到应用电路的保护地。所有外部电路应与连接到基板的四个角安装柱保持足够的电气间隙。

## 控制引脚

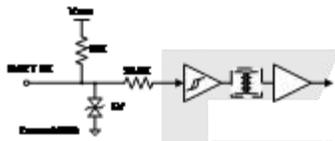


图25, UART TX内部电路

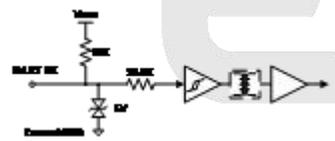


图28, EN内部电路

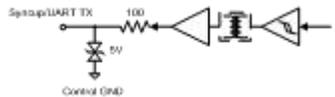


图30, UART RX和频率同步输出内部电路

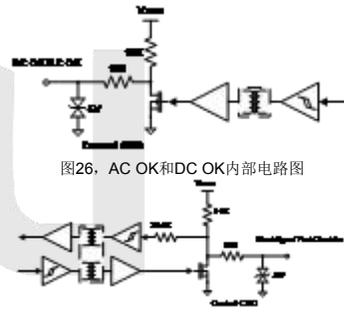


图26, AC OK和DC OK内部电路图

图29, 保护功能屏蔽和同步启动引脚内部电路

## START SYNC（引脚 A1）

引脚A1被指定为START SYNC，并且仅在在有并联选项模块上实现。

## CTL GND（引脚 A2）

CTL GND是所有控制信号的参考地。所有控制引脚和电源引脚之间满足1kV的功能绝缘。CTL GND可以在外部连接到任何电源引脚、

应用电路或悬空。因不提供安全隔离，所以将CTL GND连接到下游隔离DC/DC转换器的输出端将会破坏由这些转换器提供的任何安全等级。如果需要，可以用AUX给外部满足安全等级的隔离器供电。

## UART RX (引脚 A3)

通过内置的全双工异步串行接口可以访问各种工作参数（电压、电流、温度）。命令可以通过UART RX引脚以9600波特（8N1 - 8个数据位，无奇偶校验，1个停止位）传送到内部DSP。“起始位”或“零”位编码为逻辑低电平。内部波特率比SYNC OUT频率慢20.48倍。两个频率的精度均优于 $\pm 2\%$ 。外部接口电路的频率容限也应该优于 $\pm 2\%$ 的准确度，以确保输入串行数据的最后一位在合适的帧时间内到达。或者，SYNC OUT信号可用于连续校准外部接口电路的波特率，从而允许使用不太精确的振荡器。如果未使用，UART RX引脚可能会保持开路状态，并将在内部上拉至AUX，对应于“空闲”或“停止”状态。内部电路如图25所示。可直接连接到外部微控制器，但连接标准的RS232端口的话需要外部收发器IC来转换电平和极性（参见评估板原理图）。由于没有时钟信号且输入/输出方向已定义良好，因此只需使用一个外部数字隔离器即可实现安全隔离。

## UART TX (Pin A4)

每个命令的响应通过UART TX引脚以9600波特（8N1 - 8位数据，无奇偶校验，1个停止位）发送。输出对于“开始”或“零”位是低的。不传输时，输出为高电平，对应于“空闲”或“停止”状态。内部电路如图30所示。可直接连接到外部微控制器，但需要外部收发器IC来转换电平和极性以驱动标准RS-232端口

## AC OK (引脚 A5)

直到正逻辑AC OK输出为高时，模块才会开启，对应的输入相电压典型值为180Vrms（L-N）和264Vrms（L-N）之间。模块运行过程中，当输入电压（在PFC输入引脚处）低于165Vrms（L-N）或高于270Vrms（L-N）时，AC OK输出通常会变为低电平。模块内部测量的为瞬时线电压值，因此以上电压阈值会受到相位和/或幅度不平衡的影响。

## DC OK (引脚 A6)

启动期间，正逻辑的DC OK信号输出将保持低电平，直到+VOUT超过340Vdc上升沿阈值（见图27）。因此DC OK通常用于指示启动成功，而AC OK用于警告输入电源掉电。内部接口电路如图26所示。

## EN 使能 (引脚 A7)

必须使EN引脚为低电平模块才会工作，引脚内有一个10.0k $\Omega$ 上拉电阻连接到AUX。因此如果所有控制引脚悬空，则该模块将被禁用。从启用模块开始启动输出延迟时间典型值为240mS（见图27）。内部接口电路如图28所示。

## PD 保护功能屏蔽 (A8 引脚)

如果将PD引脚从外部拉低至CTL GND，则会禁用过温保护和相位跌落关闭功能。内部一个10.0k $\Omega$ 上拉电阻连接到AUX，内部接口电路如图29所示。

## AUX 电源 (A9 引脚)

只要交流电源在线、无论EN状态如何，AUX电源（标准版本3.3V，）可对外供电，额定电流高达100mA（定制版本另有定义）、回线为CTL GND。该独立电源由输入或主输出供电，因此如果输入电压中断，但外部保持电容（在+VOUT或VBUCK上），能够使得+VOUT电压仍维持在100Vdc以上，AUX电源输出将始终有效。在输出被禁止、输入400Hz、3相电压中只有2相有效的情况下，内部存储的能量足以保持AUX电源处于正常调节范围。如果3相中仅有1相有效，偏置电源会关闭并周期性重新启动。由于某些内部电路也由AUX供电，因此如果AUX发生外部短路，则此模块将不能使用。

## SYNC OUT 频率同步输出 (A10 引脚)

SYNC OUT输出同主开关同频率的连续脉冲；占空比为50%，因而只有上升沿能用作定时基准。降压和升压转换器之间同步、并以相同的频率工作。如果不使用SYNC OUT引脚，可保持开路。内部接口电路如图30所示。