

概述



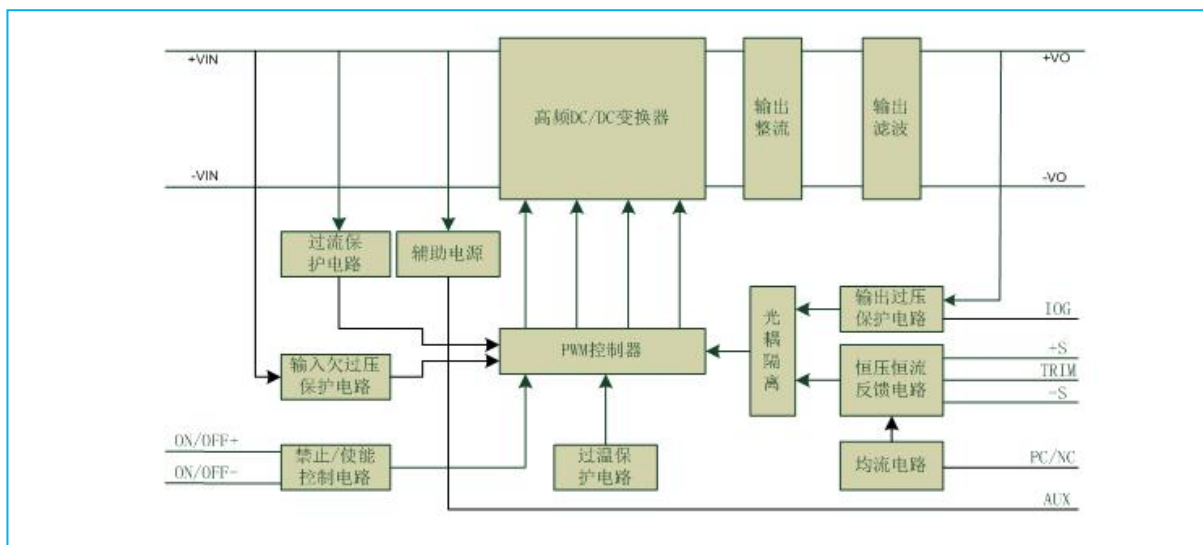
FQ400W-24 (48) SXXB 系列为宽范围、高可靠、高效率的单路输出隔离 DC/DC 变换器。该系列模块电源输入电压为 (9-36) V 或 (18-75) V，最大输出电流为 80A，最大功率 400W。FQ400W-24 (48) SXXB 系列模块提供使能控制，有正逻辑或负逻辑控制可选；散热安装方式有通孔或者螺纹孔可选；工作温度有 $-40^{\circ}\text{C}\sim+100^{\circ}\text{C}$ 或 $-55^{\circ}\text{C}\sim+100^{\circ}\text{C}$ 可选。

主要特性

- 400W 隔离输出
- 额定满载最大效率 $\geq 89\%$
- 固定开关频率
- 输入过欠压保护
- 输出过压/过流/短路保护
- 过温保护
- 远程禁止/使能控制
- MTBF 50 万小时
- 标准全砖封装 (116.8mm $\times$ 61.0mm $\times$ 12.7mm)
- 隔离电压 1500VDC

应用领域

- 工业控制系统
- 地面通信设备
- 分布式电源系统
- 半导体设备
- 车载系统
- 舰船系统



模块功能框图



产品订购编码

系列名	输出功率	输入电压范围	-	额定输入电压	输出路数	输出电压	特征码	控制逻辑	质量等级	散热器安装方式
FQ	400	W	-	24	S	05		P	I	T
FQ: 全砖	400: 400W	W: (9-36)V 或 (18-75)V	-	24: 24V	S: 单路	05: 5V 12: 12V	缺省: B:	P: 正逻辑 N: 负逻辑	I: -40℃~+100℃	T: 通孔 L: 螺纹孔

产品选型列表

型号	输入电压	输出电压	输出电流		额定空载 输入电流	纹波与噪声 (峰-峰值)	额定效率 (%)	容性负载
			最小	最大				
FQ400W-24S05B□□□	(9-36)V	5.0V	0mA	80.0A	500mA	100mV	89.0	(470-10000)μF
FQ400W-24S12B□□□	(9-36)V	12.0V	0mA	33.3A	250mA	120mV	86.5	(470-10000)μF
FQ400W-24S15B□□□	(9-36)V	15.0V	0mA	26.7A	250mA	150mV	86.5	(470-8000)μF
FQ400W-24S24B□□□	(9-36)V	24.0V	0mA	16.7A	250mA	240mV	87.0	(470-5600)μF
FQ400W-24S28B□□□	(9-36)V	28.0V	0mA	14.3A	250mA	280mV	88.0	(470-4700)μF
FQ400W-24S36B□□□	(9-36)V	36.0V	0mA	11.1A	250mA	360mV	88.0	(470-3300)μF
FQ400W-24S48B□□□	(9-36)V	48.0V	0mA	8.3A	TBD	TBD	TBD	(470-2200)μF
FQ400W-48S05B□□□	(18-75)V	5.0V	0mA	80.0A	TBD	TBD	TBD	(470-10000)μF
FQ400W-48S12B□□□	(18-75)V	12.0V	0mA	33.3A	TBD	TBD	TBD	(470-10000)μF
FQ400W-48S24B□□□	(18-75)V	24.0V	0mA	16.7A	TBD	TBD	TBD	(470-5600)μF
FQ400W-48S28B□□□	(18-75)V	28.0V	0mA	14.3A	TBD	TBD	TBD	(470-4700)μF
FQ400W-48S48B□□□	(18-75)V	48.0V	0mA	8.3A	TBD	TBD	TBD	(470-2200)μF

**FQ400W-24 (48) SXXB 系列规格**

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
极限参数					
持续输入电压	-0.7		40	V	24V 输入系列, 持续通电
	-0.7		80	V	48V 输入系列, 持续通电
瞬间输入电压			50	V	24V 输入系列, 瞬间 <100ms
			100	V	48V 输入系列, 瞬间 <100ms
禁止/使能引脚 电流	0		10	mA	
工作温度 (I 档)	-40		100	°C	基板
工作环境温度 (I 档)	-40		85	°C	
贮存温度 (I 档)	-55		125	°C	
引脚焊接温度			260	°C	波峰焊接, 时间小于 10s
			425	°C	手工焊接, 时间小于 5s
输入特性					
输入电压范围	9	24	36	V	24V 输入系列
	18	48	75	V	48V 输入系列
输入欠压保护	7.0	7.5	8.5	V	24V 输入系列
	14.0	15.0	17.0	V	48V 输入系列
输入欠压恢复	8.0	8.5	9.0	V	24V 输入系列
	16.0	17.0	18.0	V	48V 输入系列
输入过压保护	38.0	41.0	44.0	V	24V 输入系列
	79.0	82.0	85.0	V	48V 输入系列
输入过压恢复	37.0	40.0	43.0	V	24V 输入系列
	76.0	79.0	82.0	V	48V 输入系列
最大输入电流			58	A	24V 输入系列, 低压输入, 满载输出
			26	A	48V 输入系列, 低压输入, 满载输出
空载输入电流		300	500	mA	24V 输入系列, 额定输入, 5V 输出
		150	250	mA	24V 输入系列, 额定输入, 其它输出
		100	250	mA	48V 输入系列, 额定输入, 5V 输出
		75	125	mA	48V 输入系列, 额定输入, 其它输出

**输入特性**

静态输入电流		100	200	mA	24V 输入系列, 5V 输出, 使能禁止
		50	100	mA	24V 输入系列, 其它输出, 使能禁止
		50	100	mA	48V 输入系列, 5V 输出, 使能禁止
		25	50	mA	48V 输入系列, 其它输出, 使能禁止
推荐输入保险丝		100		A	24V 输入系列
		50		A	48V 输入系列
推荐外部输入电容	470	820		μF	24V 输入系列
	220	470		μF	48V 输入系列
输入反射电流纹波		60	100	mA	24V 输入系列额定输入, 输入接 10μH 电感和 820μF 电容
		60	100	mA	48V 输入系列额定输入, 输入接 10μH 电感和 470μF 电容

FQ400W-24(48) SXXB 系列规格**一般特性**

开关频率		300		kHz	
开机延时		100	150	ms	输入电压上升至欠压恢复点到输出电压上升至 10%
上升时间		30	50	ms	输出电压从 10% 上升至 90%
使能开机电压					ON/OFF+相对于 ON/OFF-
正逻辑	3.0		10.0	V	
负逻辑	0		0.8	V	
使能关机电压					ON/OFF+相对于 ON/OFF-
正逻辑	0		0.8	V	
负逻辑	3.0		10.0	V	
使能引脚电流	0		10	mA	
过温保护	100	110	115	℃	基板温度
过温恢复	80	90	95	℃	基板温度
平均无故障时间 MTBF		500		K hours	T _c =25℃, I _o =80%额定负载, 根据 MIL-HDBK-217F 计算
重量			230	g	
尺寸	116.8×61.0×12.7			mm	
外壳材料	铝基板加塑料外壳				



安规特性

绝缘性能					
隔离电压:					
输入-输出		1500		Vdc	
输入-基板		1500		Vdc	
输出-基板		1500		Vdc	
绝缘电阻					
输入-输出		100		MΩ	直流 500V
输入-基板		100		MΩ	直流 500V
输出-基板		100		MΩ	直流 500V
绝缘电容					
输入-输出		2000		pF	
输入-基板		-		pF	
输出-基板		-		pF	
安规标准	符合 IEC/EN60950 要求				

EMC 特性

电磁兼容			
传导发射	CE102		需加外部滤波器
辐射发射	RE102		需加外部滤波器
传导敏感度	CS101/CS114		
电场辐射敏感度	RS103		
静电放电敏感度	接触放电 $\geq 2\text{kV}$, 空气放电 $\geq 4\text{kV}$		

其他特性

扫频振动	(20-2000-20)Hz 20g 每轴向 4 次 每次 4min		GJB548B-2005 方法 2007 条件 A
随机振动	2g ² /Hz, 三轴向, 每次 15min		GJB360B-2009 方法 214 条件 I (E)
冲击	半正弦波 1000m/s ² 6ms 每轴向 3 次, 共 18 次。		GJB360B-2009 方法 213 条件 C
稳态加速度	1000m/s ² 三轴向, 每次 5min		GJB360B-2009 方法 212 条件 A
稳态湿热	40℃, 95%, 240h		GJB360B-2009 方法 103 等级 A
耐湿热	25℃ ~ 65℃; 95%; 24h/循环; 循环次数: 10 次		GJB360B-2009 方法 106
高温贮存	最高贮存温度; 保温 48h		GJB150.3A-2009
高温工作	最高工作温度; 输入低压、标压、高压各 8h		
低温贮存	最低贮存温度, 保温 48h		GJB150.4A-2009
低温工作	最低工作温度; 输入低压、标压、高压各 8h		
温度循环	-55℃ ~ +125℃; 保持时间: 30min; 循环次数: 10 次; 高低温切换时间小于 1min		GJB548B-2005 方法 1010.1 条件 B
稳态寿命	标称输入电压, 最高工作温度, 1000h		GJB548B-2005 方法 1005.1
盐雾	NaCl: (5±1)%; PH:6.5~7.2 ((35±2)℃); 96h		GJB360B-2009 方法 101 条件 A

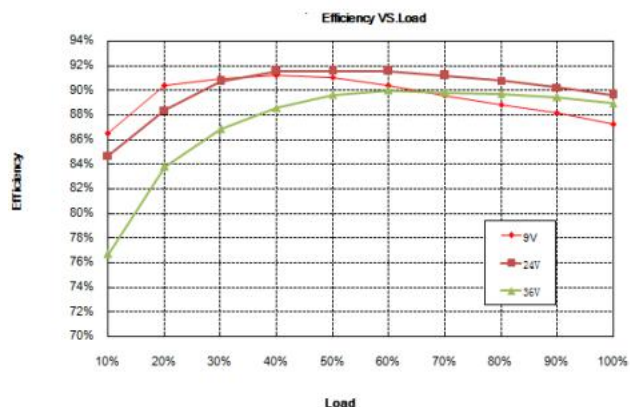
注: 除非特别说明, 所有规格均在 25℃ 环境温度、额定输入、满载输出条件下测得

FQ400W-24S05B 电气特性

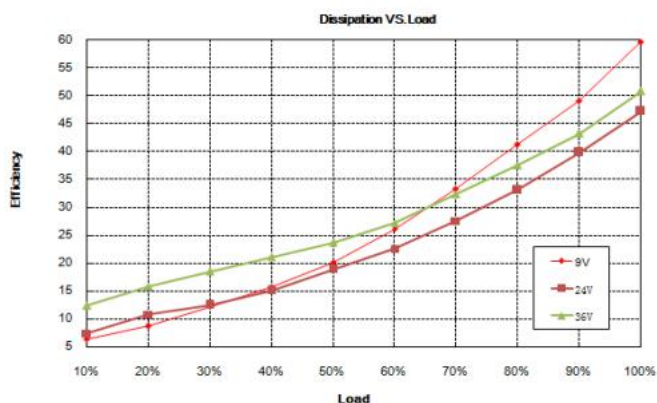
项 目	最 小 值	典 型 值	最 大 值	单 位	备 注
输 出 特 性					
输出电压设定值	4.92	5.00	5.08	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		0.02	%/°C	
输出电压范围	4.88		5.12	V	
额定输出电流			80	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		75	100	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	470		10000	μF	阻性负载
负载动态跳变					
电压变化值		±3	±5	%	负载变化:75%~100%~75% 额定负载, di/dt=0.1A/μs, 输出电容:470μF
恢复时间		400	500	μs	
输出电压调节范围	-20		+10	%	TRIM 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		140	%	打嗝保护
输出过流保护	110		150	%	恒流模式
均流度	-	-	-	%	此型号不作并联使用
辅助电源输出	7		13	V	最大输出电流 20mA
效 率					
半载效率	89.0	91.0		%	额定输入, 参考效率曲线
满载效率	87.0	89.0		%	额定输入, 参考效率曲线

注意: 输出电压上调或输出并联时, 输入电压范围: 10V~36V。

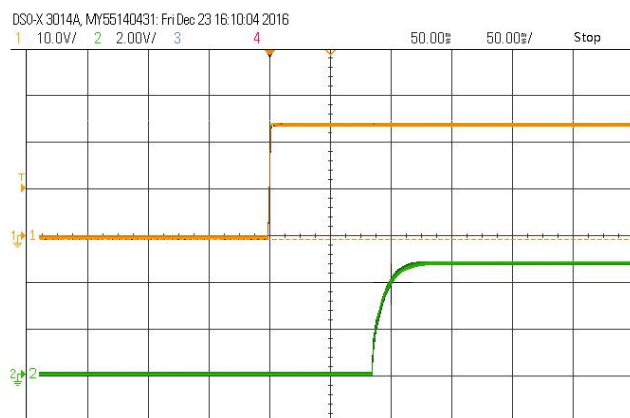
FQ400W-24S05B 典型曲线和波形



效率曲线

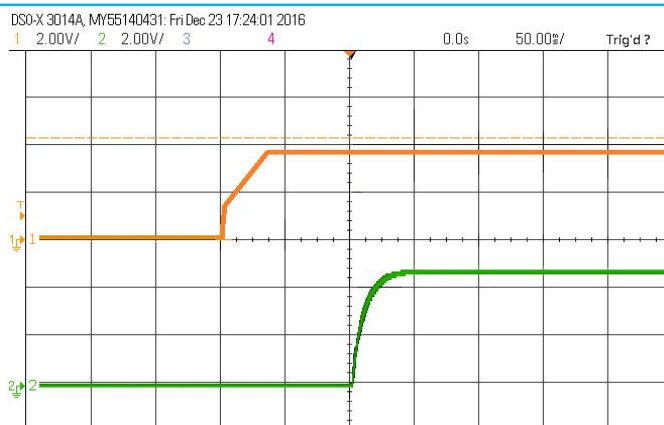


损耗曲线



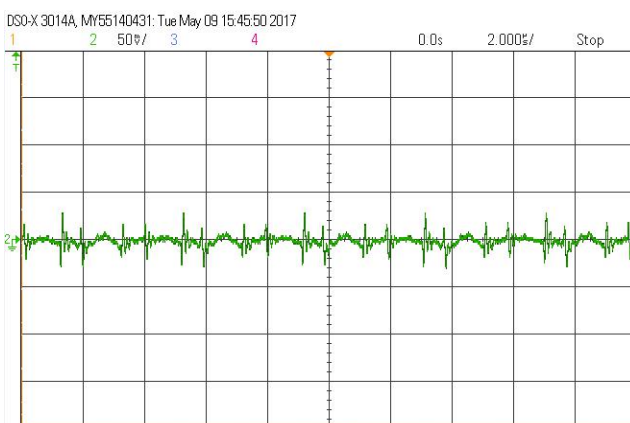
启动波形(额定输入,满载)

CH1:输入电压 CH2:输出电压

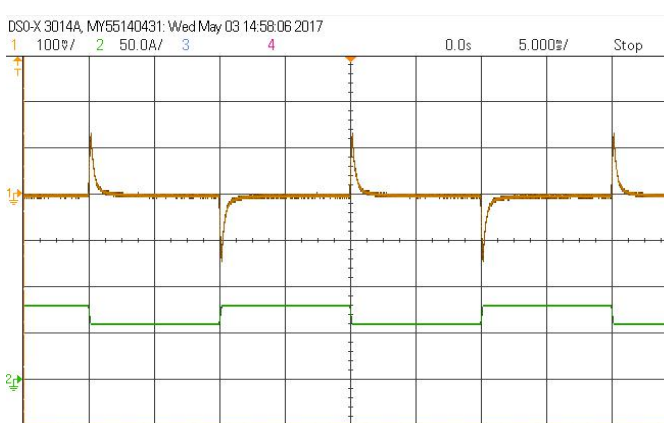


使能起机波形 (正逻辑)

CH1: 使能引脚电压 CH2: 输出电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)



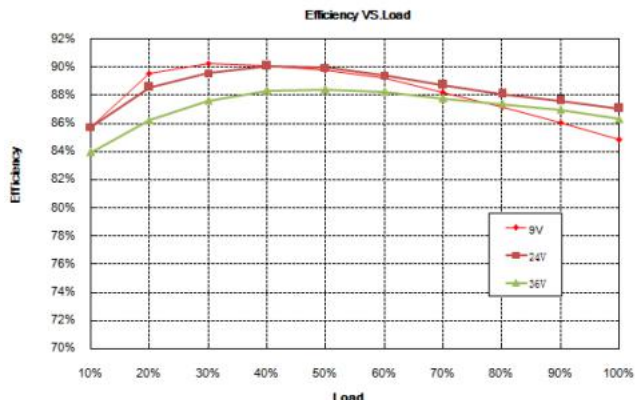
输出电压动态波形 (额定输入, 75%~100%~75% Iout)

FQ400W-24S12B 电气特性

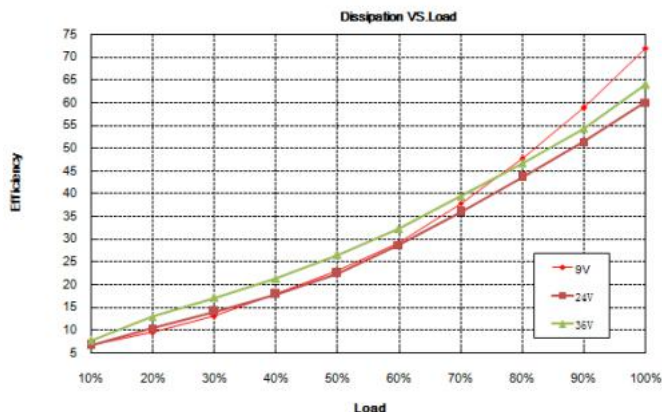
项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输出特性					
输出电压设定值	11.82	12.00	12.18	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		+0.02	%/°C	
输出电压范围	11.70		12.30	V	
额定输出电流			33.3	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		75	120	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	470		10000	μF	阻性负载
负载动态跳变					
电压变化值		±3	±5	%	负载变化:75%~100%~75% 额定负载, di/dt=0.1A/μs, 输出电容:470μF
恢复时间		400	500	μs	
输出电压调节范围	-20		+10	%	TRIM 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		140	%	打嗝保护
输出过流保护	110		150	%	恒流模式
均流度	-	±5	±10	%	额定输入, (50%~100%)*额定负载
辅助电源输出	7		13	V	最大输出电流 20mA
效率					
半载效率	87.5	89.5		%	额定输入, 参考效率曲线
满载效率	84.5	86.5		%	额定输入, 参考效率曲线

注意: 输出电压上调或输出并联时, 输入电压范围: 10V~36V。

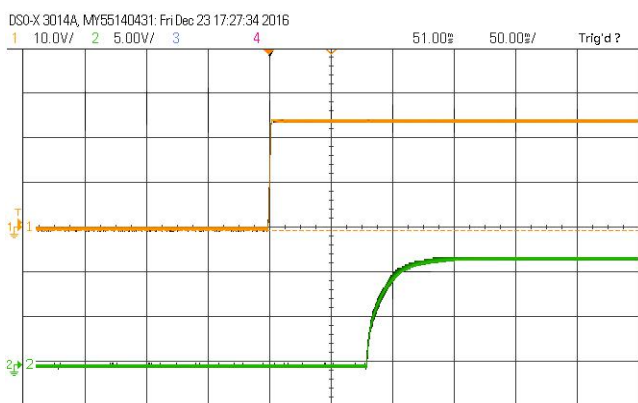
FQ400W-24S12B 典型曲线和波形



效率曲线

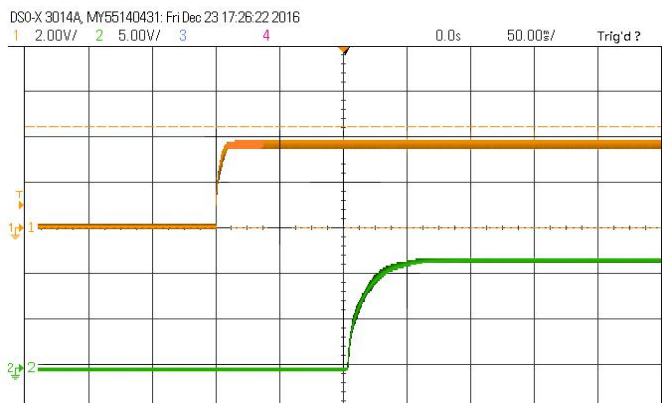


损耗曲线



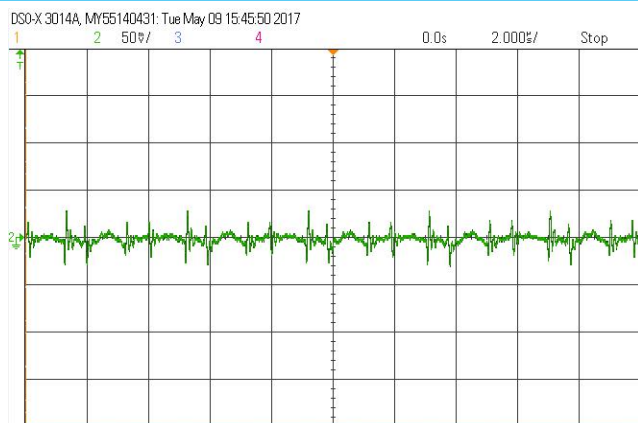
启动波形(额定输入,满载)

CH1:输入电压 CH2:输出电压

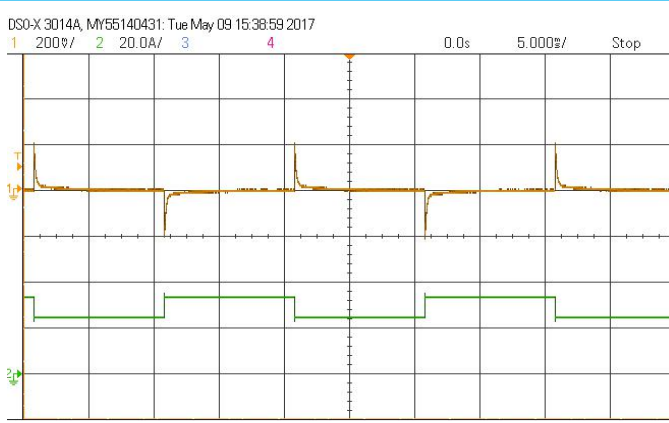


使能起机波形 (正逻辑)

CH1: 使能引脚电压 CH2: 输出电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)



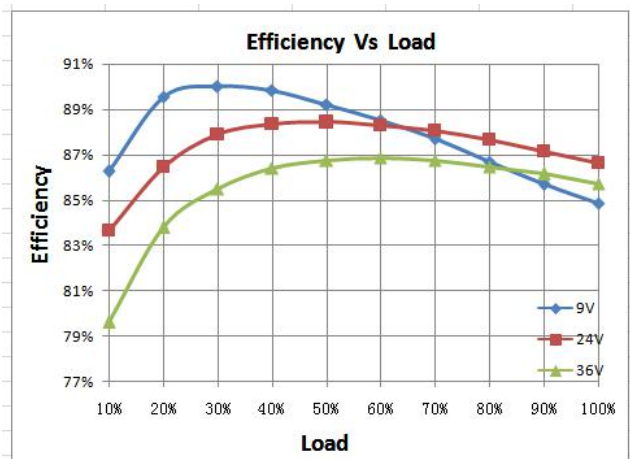
输出电压动态波形 (额定输入, 75%~100%~75% Iout)

FQ400W-24S15B 电气特性

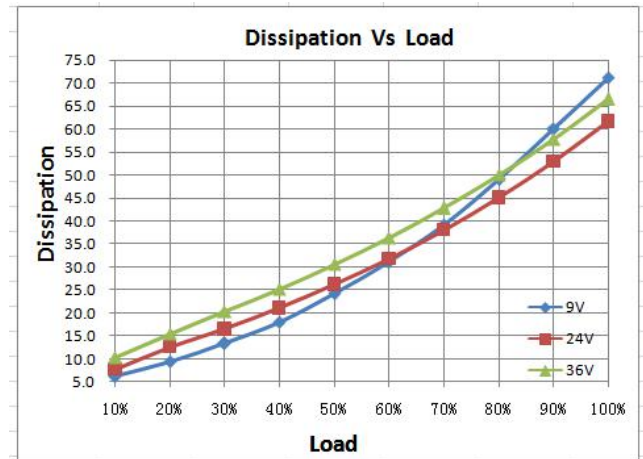
项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输出特性					
输出电压设定值	14.80	15.00	15.20	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		+0.02	%/°C	
输出电压范围	14.60		15.40	V	
额定输出电流			26.7	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		100	150	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	470		8000	μF	阻性负载
负载动态跳变					
电压变化值		±3	±5	%	负载变化:75%~100%~75% 额定负载, di/dt=0.1A/μs, 输出电容:470μF
恢复时间		300	500	μs	
输出电压调节范围	-20		+10	%	TRIM 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		140	%	打嗝保护
输出过流保护	110		150	%	恒流模式
均流度	-	±5	±10	%	额定输入, (50%~100%)*额定负载
辅助电源输出	7		13	V	最大输出电流 20mA
效率					
半载效率	86.5	88.5		%	额定输入, 参考效率曲线
满载效率	84.5	86.5		%	额定输入, 参考效率曲线

注意: 输出电压上调或输出并联时, 输入电压范围: 10V~36V。

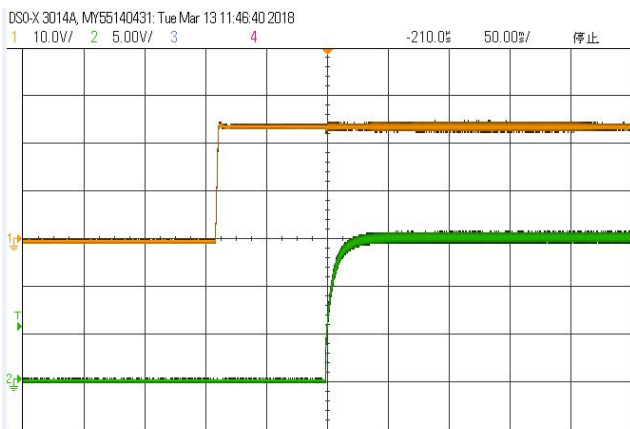
FQ400W-24S15B 典型曲线和波形



效率曲线



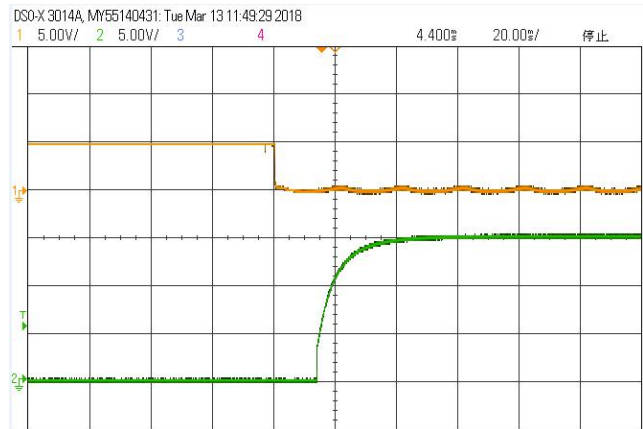
损耗曲线



启动波形(额定输入,满载)

CH1:输入电压

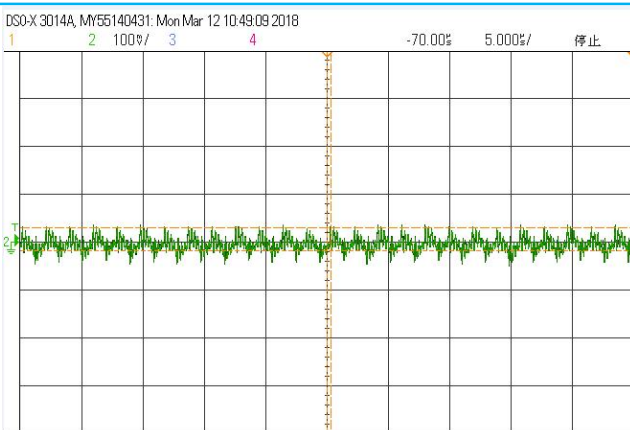
CH2:输出电压



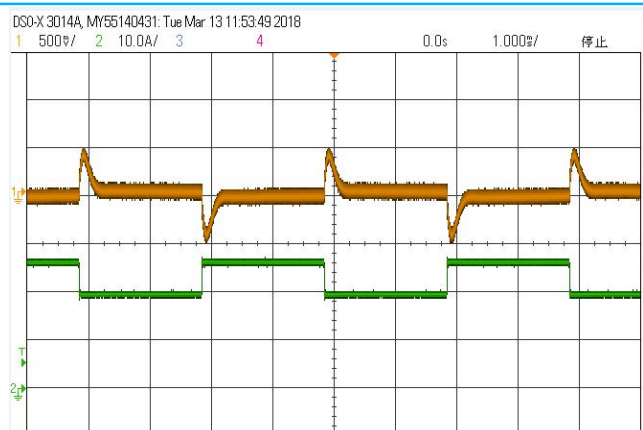
使能起机波形 (负逻辑)

CH1: 使能引脚电压

CH2: 输出电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)



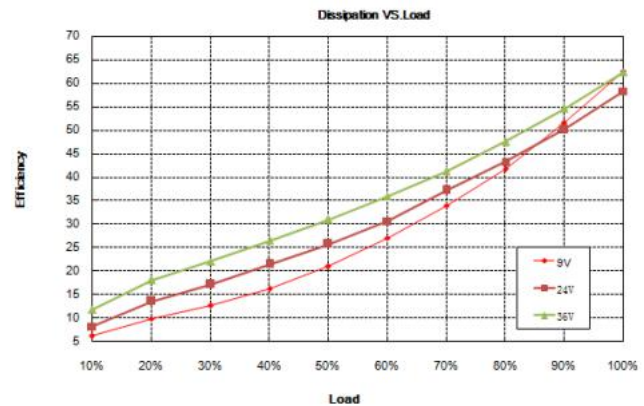
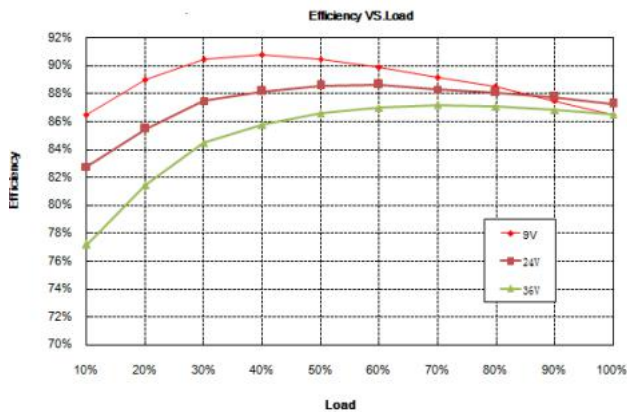
输出电压动态波形 (额定输入, 75%~100%~75% Iout)

FQ400W-24S24B 电气特性

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输出特性					
输出电压设定值	23.64	24.00	24.36	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		+0.02	%/°C	
输出电压范围	23.40		24.60	V	
额定输出电流			16.7	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		180	240	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	470		5600	μF	阻性负载
负载动态跳变					
电压变化值		±3	±5	%	负载变化:75%~100%~75% 额定负载, di/dt=0.1A/μs, 输出电容:470μF
恢复时间		400	500	μs	
输出电压调节范围	-20		+10	%	TRIM 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		140	%	
输出过流保护	110		150	%	
均流度	-	±5	±10	%	额定输入, (50%~100%)*额定负载
辅助电源输出	7		13	V	最大输出电流 20mA
效率					
半载效率	86.0	88.0		%	额定输入, 参考效率曲线
满载效率	85.0	87.0		%	额定输入, 参考效率曲线

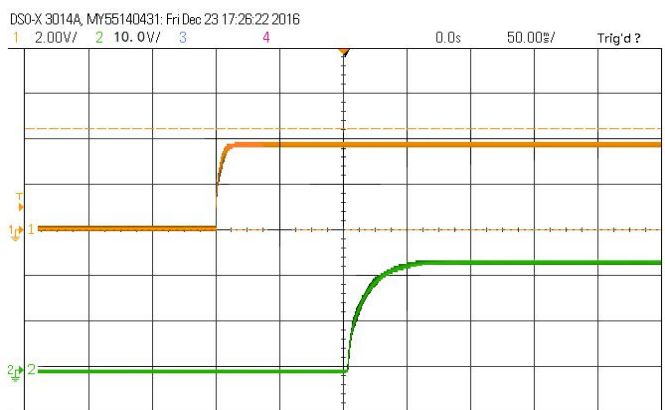
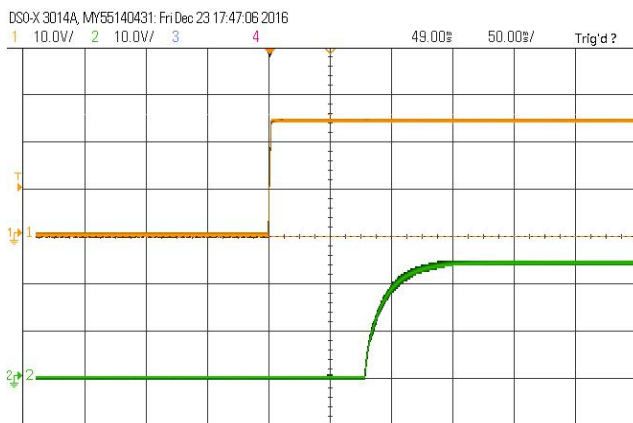
注意: 输出电压上调或输出并联时, 输入电压范围: 10V~36V。

FQ400W-24S24B 典型曲线和波形



效率曲线

损耗曲线



启动波形(额定输入,满载)

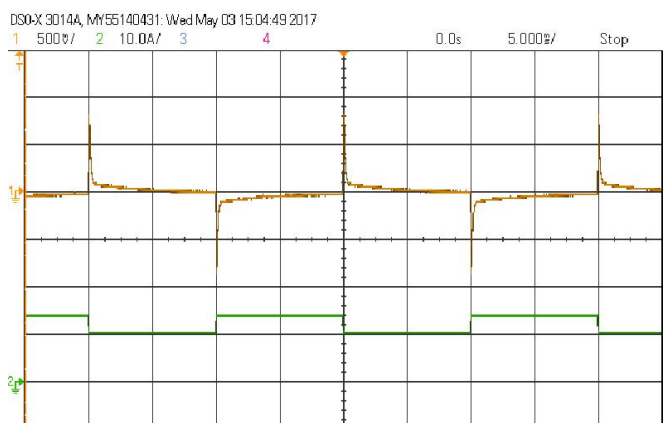
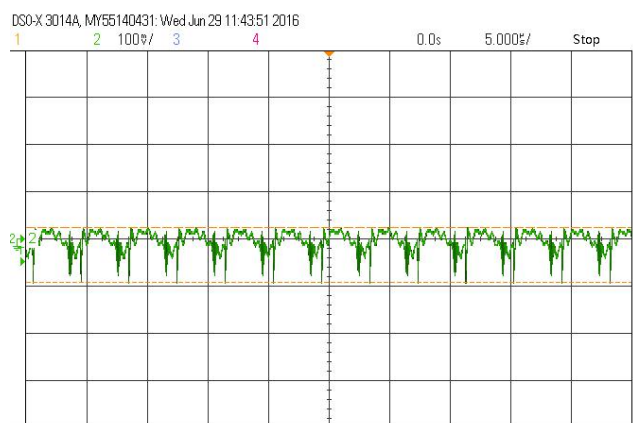
使能起机波形 (正逻辑)

CH1:输入电压

CH2:输出电压

CH1: 使能引脚电压

CH2: 输出电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)

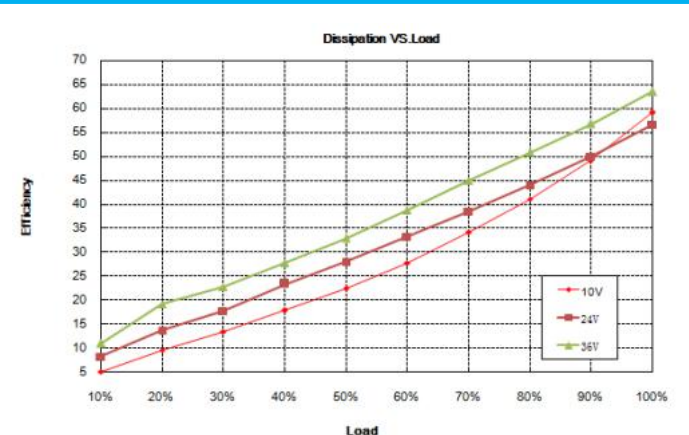
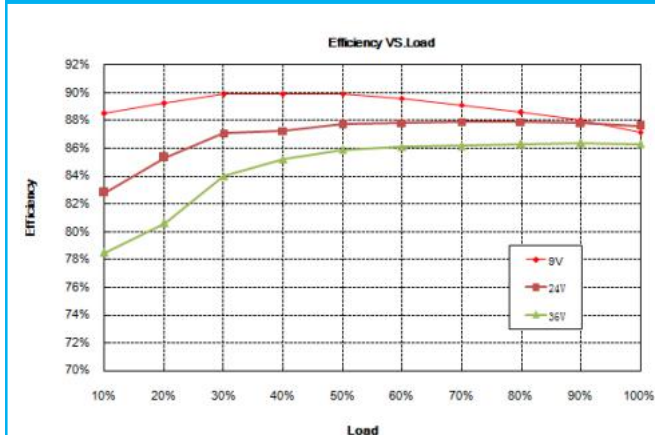
输出电压动态波形 (额定输入, 75%~100%~75% Iout)

FQ400W-24S28B 电气特性

项 目	最 小 值	典 型 值	最 大 值	单 位	备 注
输 出 特 性					
输出电压设定值	27.58	28.00	28.42	V	额定输入，半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		0.02	%/°C	
输出电压范围	27.30		28.70	V	
额定输出电流			14.3	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		200	280	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	470		4700	μF	阻性负载
负载动态跳变					
电压变化值		± 3	± 5	%	负载变化:75%~100%~75% 额定负载, di/dt=0.1A/μs, 输出电容:470μF
恢复时间		400	500	μs	
输出电压调节范围	-20		+10	%	TRIM 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		140	%	打嗝保护
输出过流保护	110		150	%	恒流模式
均流度	-	± 5	± 10	%	额定输入, (50%~100%)*额定负载
辅助电源输出	7		13	V	最大输出电流 20mA
效 率					
半载效率	86.0	88.0		%	额定输入，参考效率曲线
满载效率	86.0	88.0		%	额定输入，参考效率曲线

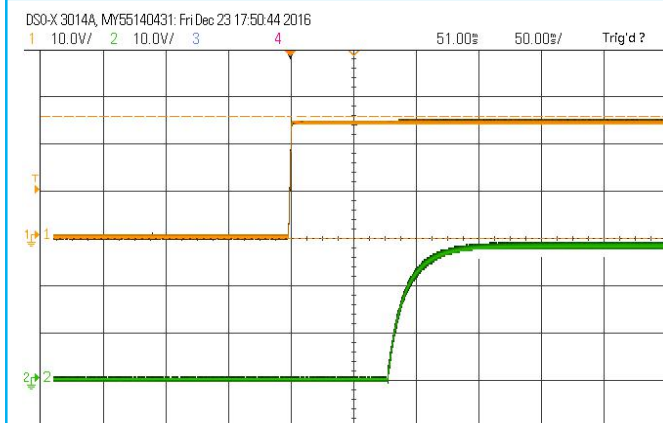
注意：输出电压上调或输出并联时，输入电压范围：10V~36V。

FQ400W-24S28B 典型曲线和波形



效率曲线

损耗曲线

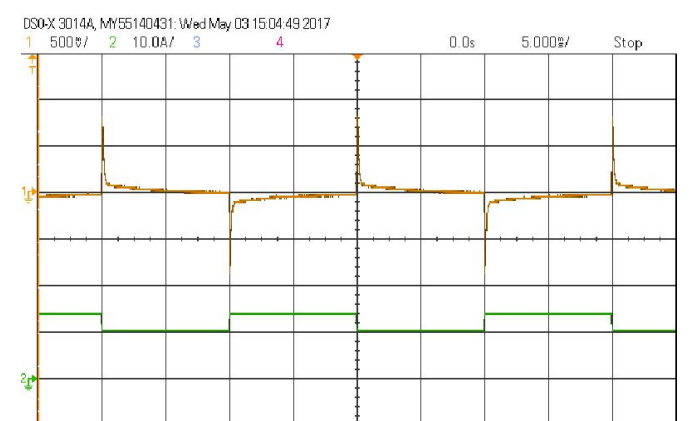
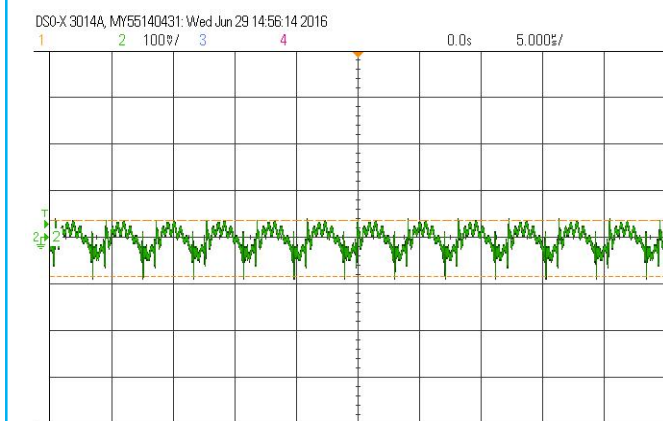


启动波形(额定输入,满载)

CH1:输入电压 CH2:输出电压

使能起机波形 (正逻辑)

CH1:使能引脚电压 CH2:输出电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)

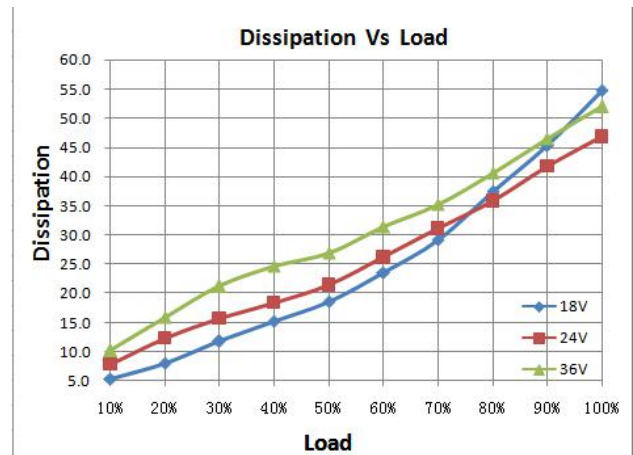
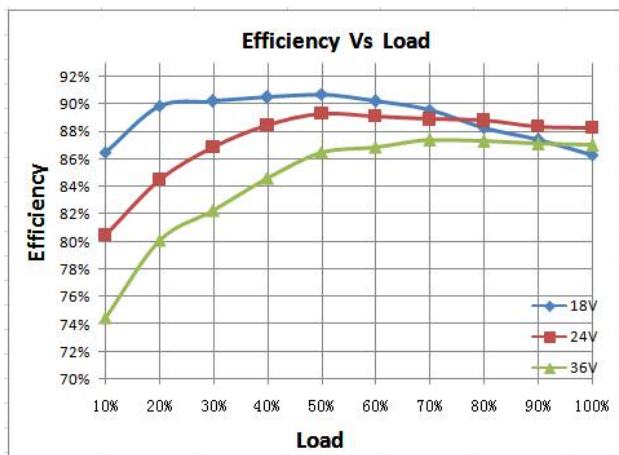
输出电压动态波形 (额定输入, 75%~100%~75% Iout)

FQ400W-24S36B 电气特性

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输出特性					
输出电压设定值	35.46	36.00	36.54	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		0.02	%/°C	
输出电压范围	35.10		36.90	V	
额定输出电流			11.1	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		250	360	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	470		3300	μF	阻性负载
负载动态跳变					
电压变化值		±2	±5	%	负载变化:50%~75%~50% 额定负载, di/dt=0.1A/μs, 输出电容:470μF
恢复时间		350	500	μs	
输出电压调节范围	-20		+10	%	TRIM 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		140	%	打嗝保护
输出过流保护	110		150	%	恒流模式
均流度	-	±5	±10	%	额定输入, (50%~100%)*额定负载
辅助电源输出	7		13	V	最大输出电流 20mA
效率					
半载效率	86.0	88.0		%	额定输入, 参考效率曲线
满载效率	86.0	88.0		%	额定输入, 参考效率曲线

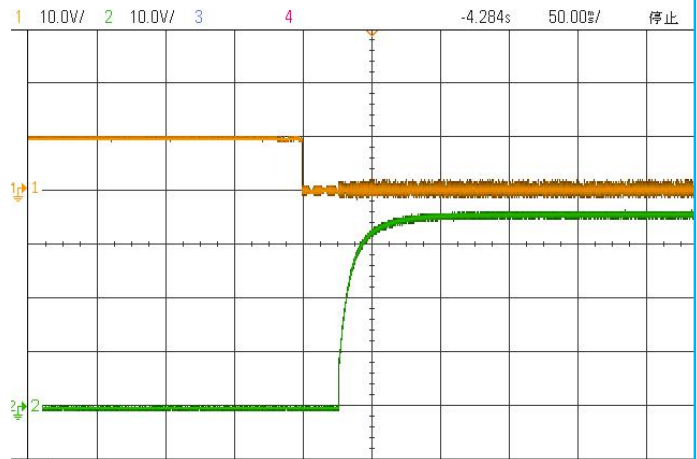
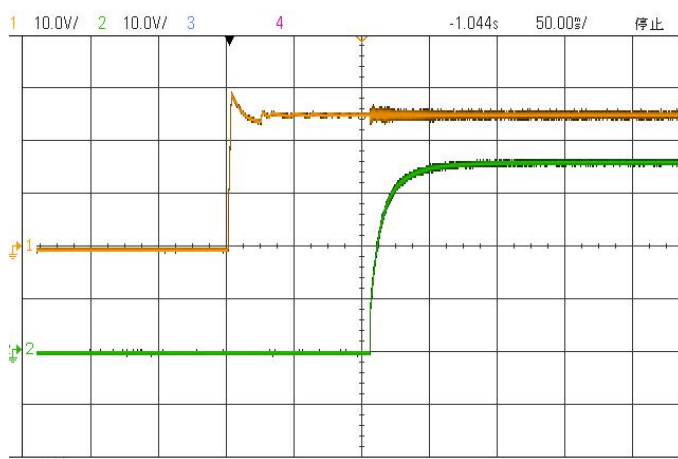


FQ400W-24S36B 典型曲线和波形



效率曲线

损耗曲线

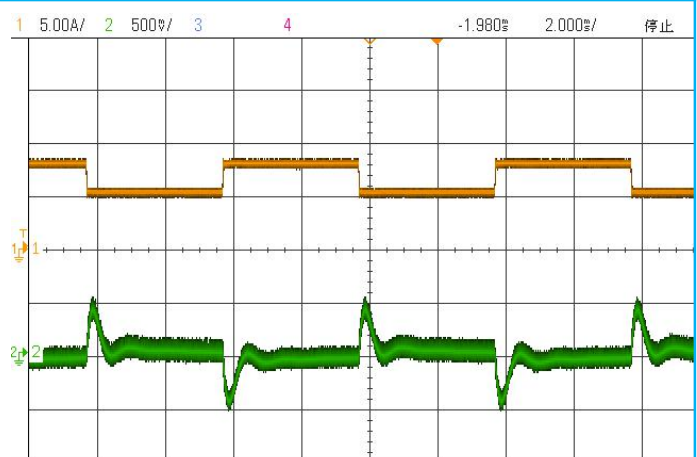
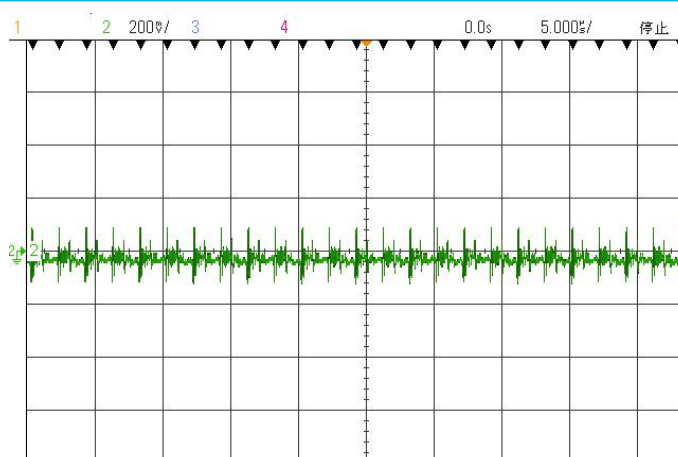


启动波形(额定输入,满载)

CH1:输入电压 CH2:输出电压

使能起机波形 (负逻辑)

CH1:使能引脚电压 CH2:输出电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)

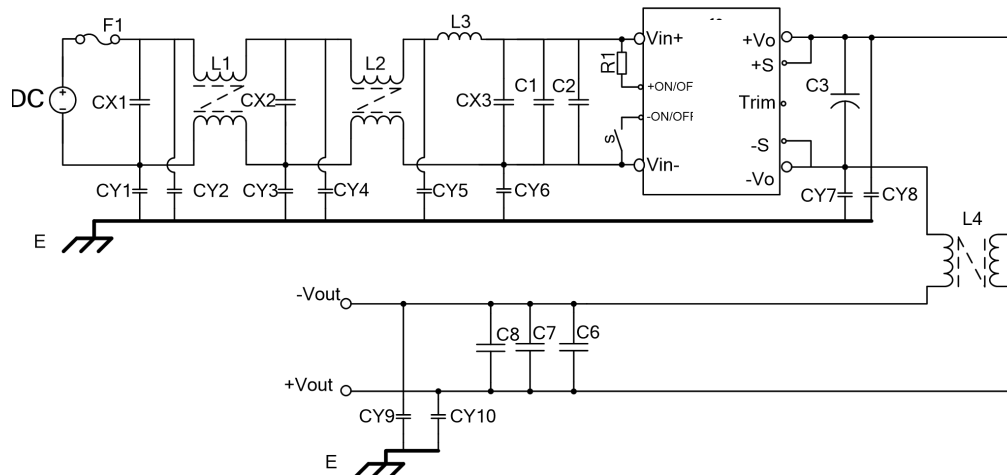
输出电压动态波形 (额定输入, 50%~75%~50% Iout)



EMI 性能

在该系列模块外部加入 EMI 滤波器，传导限值能够符合 CE102 标准要求。

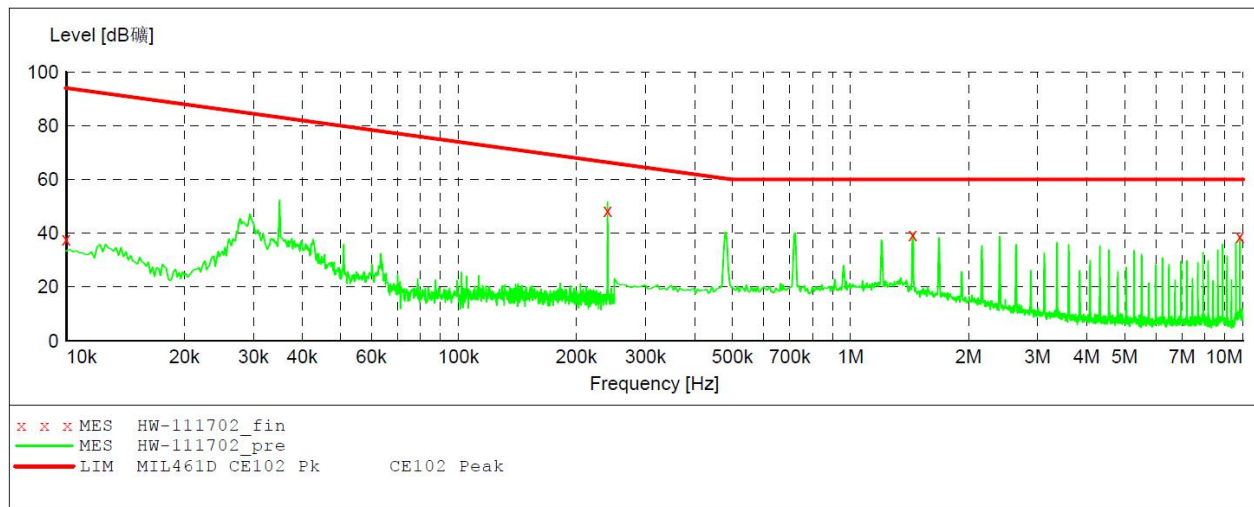
下图为典型应用线路。直流输入电压 24V，经 EMI 滤波器滤波整流后给模块供电，模块输出端不加共模滤波器，模块最大输出功率为 400W。



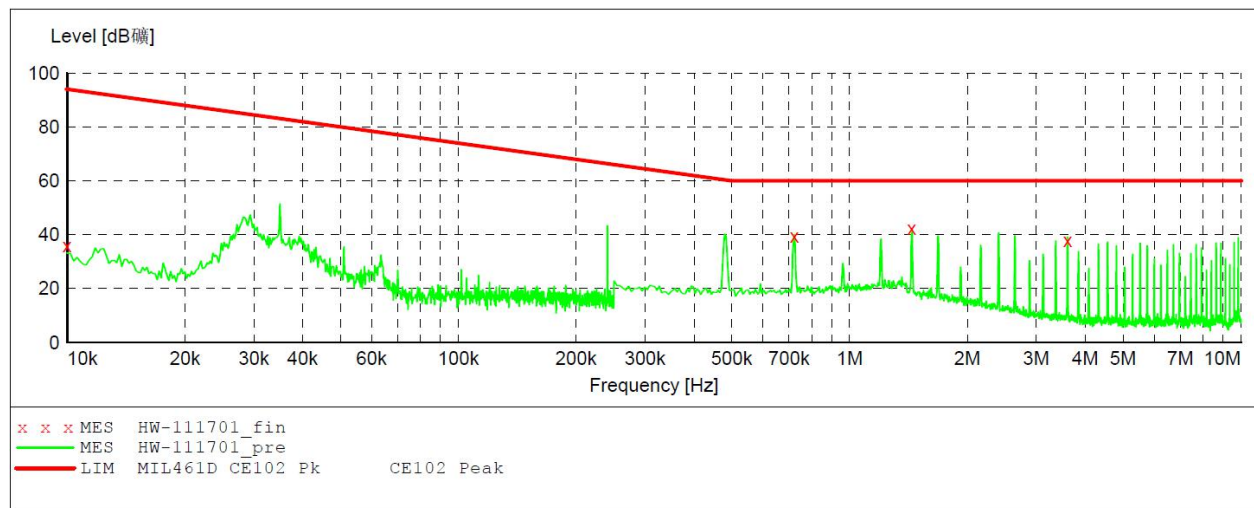
EMI 滤波器参数如下：

位号	规格	位号	规格
C1, C2	330 μ F/63V	F1	100A/50V
C3	1000 μ F/63V	L1	1mH/100KHz / T38、28*16*13
C6, C7, C8	100 μ F/63V(固态电容)	L2	2mH/100KHz / T38、30.5*20*12.5
CX1,CX2,CX3	2.2 μ F/250Vac	L3	10 μ H/CS229060
CY1, CY2	NC	L4	短路
CY3, CY4 CY5, CY6	1nF/250Vac	R1	10k Ω /1206
CY7, CY8, CY9, CY10	33nF/250Vac	S (开关)	闭合 (正逻辑)

传导测试结果如下图，包含准峰值。



FQ400W-24S28B 模块传导测试结果（正线）



FQ400W-24S28B 模块传导测试结果（负线）

外形尺寸及引脚定义

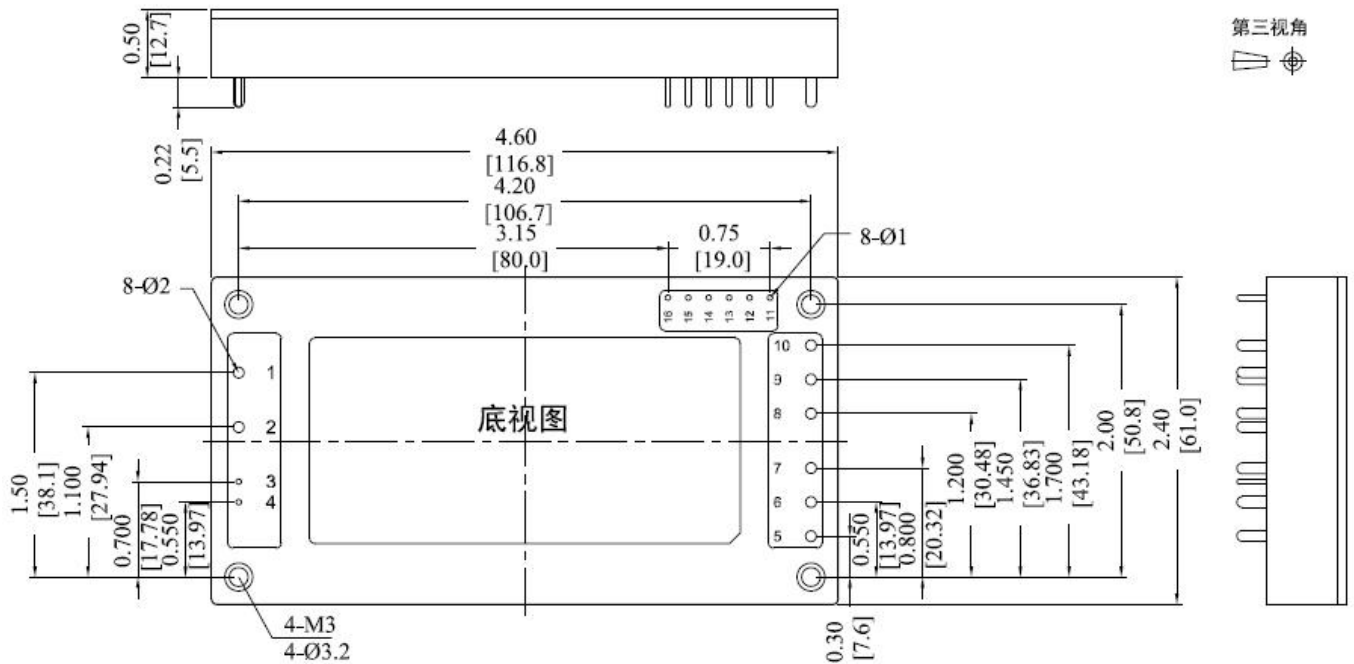


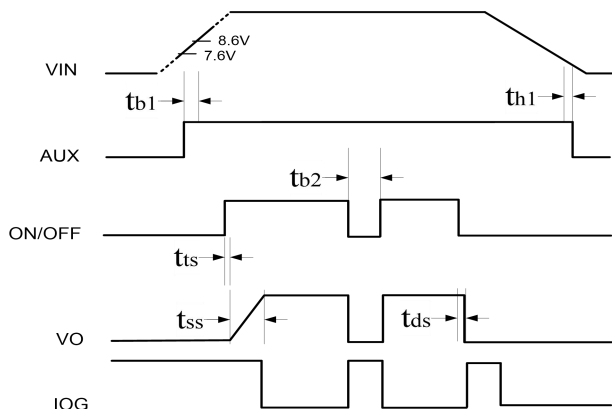
图 2 FQ400W 系列外形尺寸图

- 公差：英寸：X.XX=±0.02, X.XXX=±0.010，毫米：X.X=±0.5, X.XX=±0.25。
- Pin1、Pin2 和 Pin5~Pin10 为Φ2.0 的圆柱 Pin 针，作用应力应不大于 9.8N。
- Pin3、Pin4、Pin11、Pin12、Pin13、Pin14、Pin15、Pin16 为Φ1.0 的圆柱 Pin 针，作用应力应不大于 4.9N。
- 材质：Pin 针材质为红铜 C1100，表面镀金(3~5)μm；底板材质为铝板；盒盖材质为塑料。
- 安装方式：模块安装通过 M3 或者Φ3 的螺丝，每个螺丝施加的扭矩不超过 0.7Nm；模块与散热器之间推荐使用导热硅脂或导热垫片。
- 引脚功能说明如下

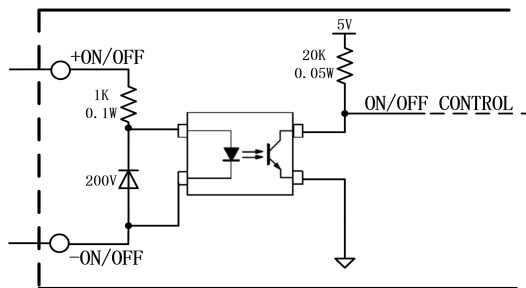
序号	引脚符号	引脚定义	功能说明
1	-VIN	输入负	模块输入正、负端。
2	+VIN	输入正	
3	-ON/OFF	禁止/使能负	远程控制端，控制模块工作/停止，即禁止/使能控制引脚。
4	+ON/OFF	禁止/使能正	
5、6、7	+VO	输出正	直流输出正、负端。
8、9、10	-VO	输出负	
11	-S	输出负补偿	输出远端补偿，可弥补输出线路上的压降。
12	+S	输出正补偿	
13	TRIM	输出调节	输出电压调节端。通过在+S或-S间外接电阻，可调节输出电压。
14	PC/NC	均流母线	模块并机均流总线。并机时每个模块PC/NC脚要接在一起。
15	I OG	指示信号	故障信号指示脚（需外接1kΩ上拉电阻）。
16	AUX	辅助电源	辅助电源输出脚，最大可输出直流电流为20mA。

应用说明

关键时序

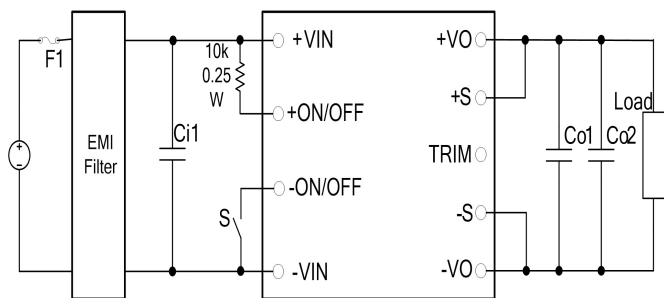


SHBS400W-24 (48) SXXB 正逻辑模块电源时序图



图示为模块遥控引脚连接简图，引脚内部采用光耦隔离方式，使得遥控控制信号与 FQ400W 模块电源相隔离，同时支持多个模块直接并联进行控制。

典型应用接法

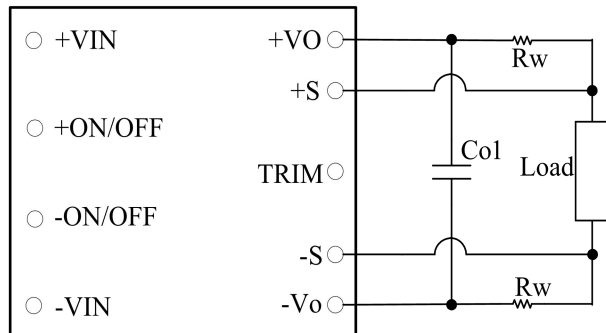


上图给出了模块典型的使用接法。模块电源输入端因输入源引线距离长短差异较大，为了防止输入线过长引起输入震荡，建议在模块的输入引脚附近增加输入电容。同理在模块的输出端增加输出电容。具体推荐参数为：输入电容 $C_{i1}=820\mu\text{F}$ 或 $470\mu\text{F}$ 电容， $\text{ESR}<0.1\Omega$ 。输出电容 C_{o1} 用 $10\mu\text{F}$ 钽电容， C_{o2} 电容 $\text{ESR}<0.1\Omega$ ，具体容值参考电气特性表中容性负载电容值。

遥控功能

模块电源遥控引脚 (Remote Control) 或者叫做禁止/使能引脚供用户对电源输出进行控制。控制采用高低电平控制方式，一般有两种控制逻辑，正逻辑或者负逻辑控制方式。

远端补偿功能



远端补偿功能可以弥补输出线路上的压降。模块补偿功能不超过 10%，也就是：

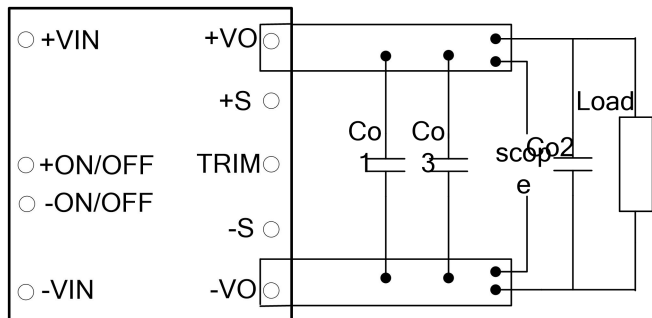
$$[(+VO)-(-VO)] - [(+S)-(-S)] \leq 10\% \times V_{O,SET}$$

如果远端补偿功能不使用，需要将 +S 引脚和 +Vo，-S 引脚和 -Vo 直接在模块输出端附近短接。

注意：

- 电源模块补偿后电压不能超出模块最大输出电压；
- +S、-S 与输出电压的极性保持一致，否则电源模块可能会损坏；
- 模块的最大输出功率不变，如果输出电压增大，输出电流应相应减小；
- R_w 为导线直流阻抗；
- $V_{O,SET}$ 为输出电压设定值。

输出纹波



纹波测量一般在额定输入和输出情况下测量，在模块输出(3-5)cm左右的附近接测量。电容采用 10µF 的钽电容并联 0.1µF 的陶瓷电容，示波器带宽设置为 20MHz。

输入过欠压保护

电源模块具有输入过欠压保护功能，当输入电压低于欠压保护点，电源关闭输出电压；当输入电压回到欠压恢复点时，电源重新启动工作。当输入电压超过过压保护点时，电源关闭输出电压；当输入电压回到过压恢复点时，电源重新启动工作。具体参数，请参考输入特性部分。

输出过流及短路保护

模块输出电流超过过流保护电流或者模块输出处于短路状态时，模块进入过流保护，此时恒流环路起主导作用，限制模块输出电流的继续增大。当外部过流或者短路条件消失，模块自动恢复正常工作。

输出过压保护

当模块输出电压超过过压保护设定值之后，模块进入过压保护，保护方式为电源关闭输出电压。5s 后再次开启输出电压。当外部过压条件依然存在时，模块将再次进入过压保护，关闭输出电压；当外部过压条件消失之后，模块自动恢复正常工作。

过温保护

模块基板上有过温保护检测元件，防止模块因工作温度过高而损坏。当基板温度超过设定的过温保护

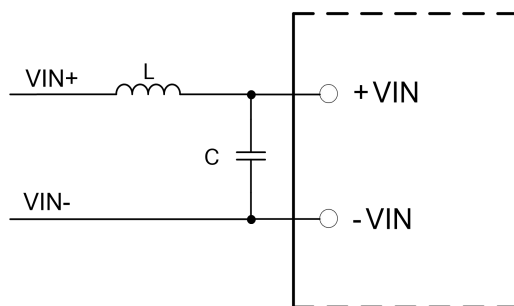
点，模块输出关闭。当模块基板温度低于设置的回滞温度之后，模块重新工作。

输入保险丝

电源模块没有内置输入保险丝，应用时推荐在模块输入端非接地线上安装一颗慢速熔断型保险丝。

输入滤波器与电容：

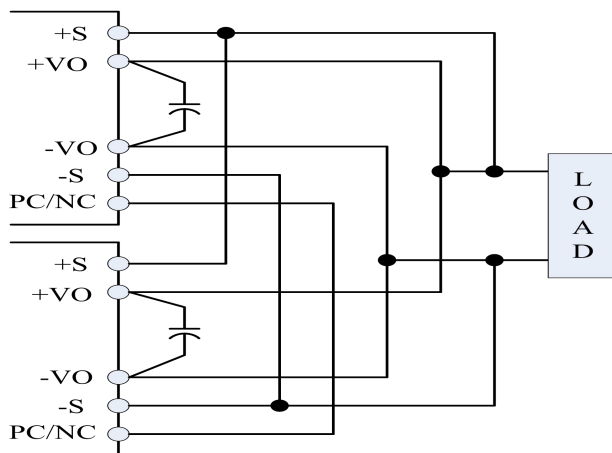
电源模块在前端接入 LC 滤波器，降低纹波电流对直流母线的干扰，L 推荐值为 10µH，C 推荐值为 820µF 或 470µF。



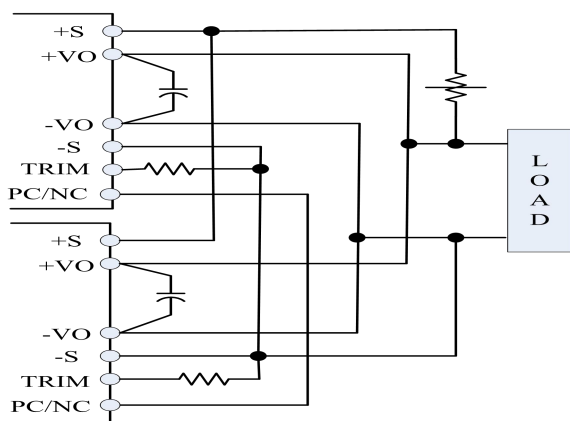
多模块并联均流

FQ400W 系列电源模块为并联操作设计，在并联均流时，把两个电源模块的 PC 端连接在一起就可以实现把负载电流平均分配在两个模块。同时还支持高可靠性的 N+1 冗余并联操作。

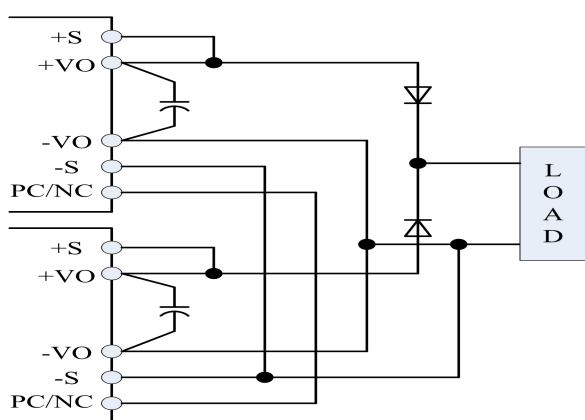
a)、均流并联线路



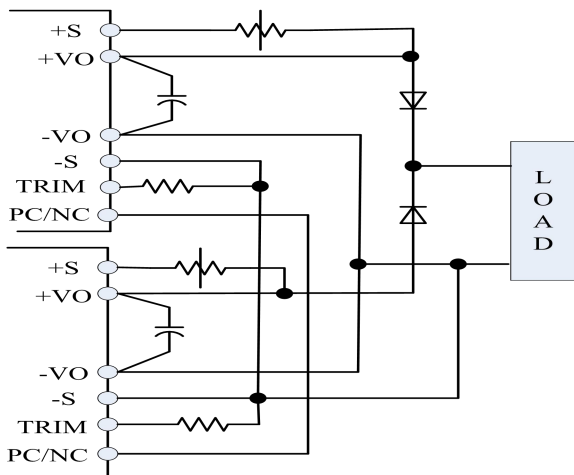
b)、输出可调的均流并联线路



c)、N+1 冗余均流并联线路



d)、输出可调 N+1 冗余均流并联线路



输出电压调节

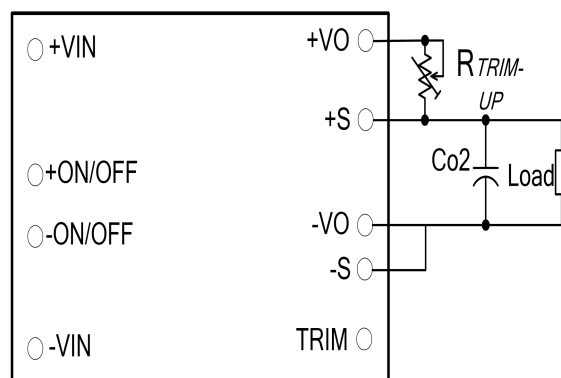
模块 TRIM 引脚提供输出电压调节功能。输出电压调节范围最大为 -20%~+10%。电阻加在 +VO 端与 +S 端之间，输出电压增大；电阻加在 TRIM 端与 -S 端之间，输出电压减小。调整过程中，调整电阻尽可能的

靠近电源模块的端子；不需要此功能时，TRIM 悬空；除输出上调外，+VO 与 +S 之间短接。

输出上调：在模块 +VO 与 +S 之间外接电阻，可以实现输出电压上调，上调电压值等于上调电阻值 (kΩ)。

$$R_{TRIM-UP} = \left(\frac{\Delta}{100} \times V_{O,SET} \right) k\Omega$$

输出上调连接方式如下图：

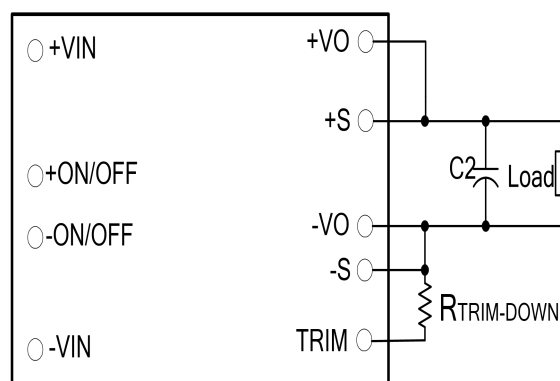


输出下调：在模块 TRIM 和 -S 之间外接电阻，可以实现输出电压下调。

输出下调计算公式如下：

$$R_{TRIM-DOWN} = \left[\frac{7.68 \times 33 \times (100 - \Delta)}{(7.68 + 33) \times \Delta + [1.24 \times 33 - (7.68 + 33)] \times 100} \right] k\Omega$$

输出下调连接方式如下图：



“ $V_{O,SET}$ ”为 TRIM 悬空时输出电压设定值，“ $V_{DESIRED}$ ”为调整后的输出电压，“ Δ ”为输出电压的变化率*100，如：把 28.0V 输出上调为 30.8V，即 $\Delta = (30.8 - 28.0) / 28.0 \times 100 = 10$ ；把 28.0V 输出下调为 25.2V，

即 $\Delta = (28.0 - 25.2) / 28.0 \times 100 = 10$ 。

例如输出电压 28.0V 上调 10%，即 $\Delta = 10$ ，此时输出电压为 30.8V，将 $\Delta = 10$ 代入上调电阻计算公式中有：

$$R_{TRIM-UP} = \left(\frac{10}{100} \times 28 \right) = 2.8k\Omega$$

下调 10%，即 $\Delta = 10$ ，此时输出电压为 25.2V，将 $\Delta = 10$ 代入上调电阻计算公式中有：

$$R_{TRIM-DOWN} = \left[\frac{7.68 \times 33 \times (100 - 10)}{(7.68 + 33) \times 10 + [1.24 \times 33 - (7.68 + 33)] \times 100} \right]$$

$$R_{TRIM-DOWN} = 53k\Omega$$

注意：

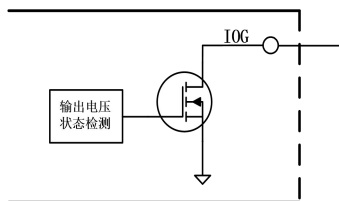
- $\Delta = \left| \frac{V_{DESIRED} - V_{O,SET}}{V_{O,SET}} \right| \times 100$
- $V_{DESIRED}$ ：输出调整后的输出电压；
- 模块最大额定功率不变，如果输出电压增大，输出电流应相应减小；
- 模块最大输出电流不变，如果输出电压减小，最大输出电流不变；
- 工作状态调节输出电压时，请缓慢调整相应的电阻阻值；如需快速调整电阻阻值，请务必关机操作。

AUX 辅助电源工作状态

模块 AUX 引脚提供辅助供电功能，FQ400W 的辅助供电 AUX 作为模块中的一个独立供电单元，不受模块电源遥控控制、过欠压保护、过温保护以及过流保护等保护关机信号的影响。

IOG 输出状态指示信号

模块 IOG 引脚提供模块输出电压状态指示信号。应用此信号时需外接上拉电阻。当输出电压低于一定值时，IOG 为高电平。



包装

采用本公司全砖用吸塑托盘独立包装，能够有效防止搬运、运输过程中产品碰撞造成损伤。包装示意图如下图1所示。

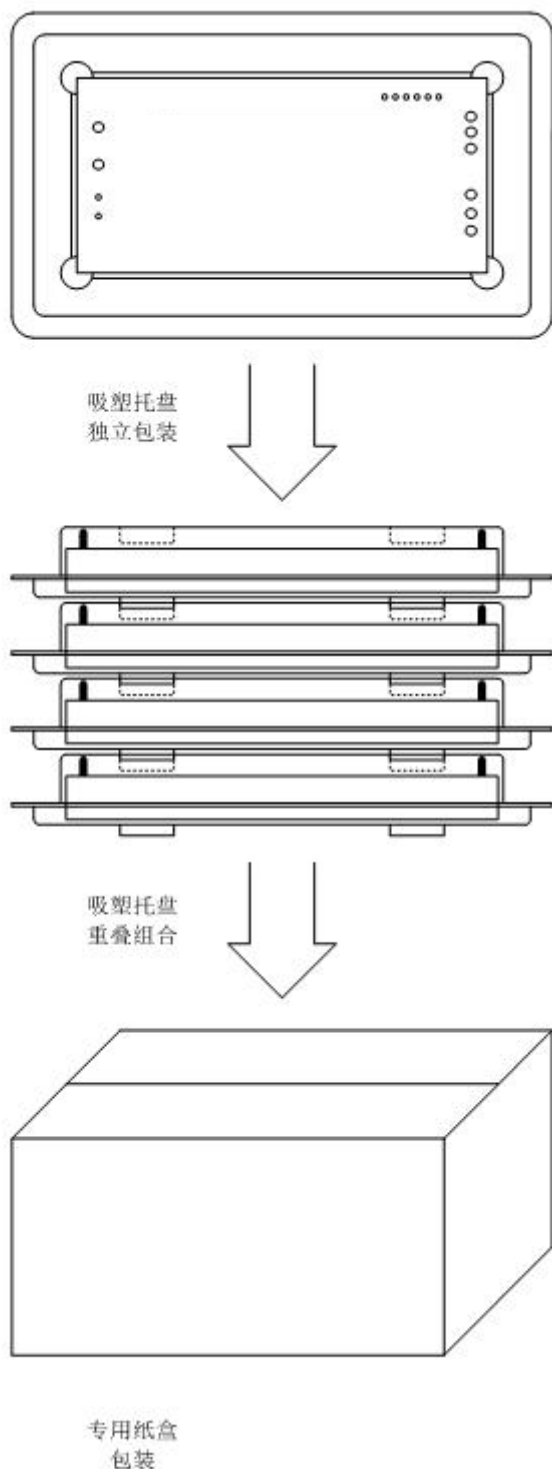


图 1 包装示意图



引用标准/设计规范

序号	编号	名称	备注
1	SJ20668-1998	微电路模块总规范	
2	GJB1422-1992	标准电子模块总规范	
3	GJB2438A-2002	混合集成电路通用规范	
4	GJB150A-2009	军用装备实验室环境试验方法	
5	GJB548B-2005	微电子器件试验方法和程序	
6	GJB 360B-2009	电子及电气元件试验方法	
7	GJB151A-97	军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求	
8	Q/HW5700A-2015	开关电源混合集成电路 DC/DC 变换器通用规范	
9	Q/HW2200A-2015	开关电源微电路模块 DC/DC 变换器通用规范	
10	Q/HW-QD-02	产品试验大纲	



用户须知

使用产品前请注意警告和注意事项部分，不正确的操作可能导致电源模块永久性损坏或引起火灾，使用产品前请确认已阅读警告和注意事项。

警告

- ✧ 产品通电时，请保持手部和脸部远离产品，避免受到意外伤害。
- ✧ 请不要改造、分解产品，否则可能会引起触电。若用户加工或改造，后果我司概不负责。
- ✧ 产品内部有高压和高温的地方，若触摸后可能引起触电或烧伤的可能，请不要触摸内部元器件。
- ✧ 产品通电时，请不要触摸产品外壳，避免烧伤的可能。

注意事项

- ✧ 确认产品输入/输出终端和信号终端按照产品说明书连接无误；接线时，请切断输入电源。
- ✧ 此电源模块输入端添加适当的慢速熔断型保险丝或其他过流保护装置。
- ✧ 产品的电路图以及参数仅供参考，完成电路设计之前请认真核实电路图及参数的有效性。
- ✧ 请在技术参数范围内使用电源；若超出范围使用，可能会引起产品永久性损坏。
- ✧ 必须考虑产品使用时输出端可能存在电击危险，确认终端产品用户不会接触到产品；终端设备制造商必须设计相应保护方案，确保操作时不会因为工程人员或工具因意外碰触电源端子而导致危险。
- ✧ 我司拥有对此产品说明的最终解释权；未经许可，不能以任何方式进行复制或转载。

存放要求

- ✧ 产品未使用应放在包装箱里，仓库的环境温度 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%，干燥、通风、无腐蚀性气体。
- ✧ 包装箱距离地面应超过 20cm, 距离墙壁，热源，通风口，窗口至少 50cm。
- ✧ 本规定条件下，贮存期为 2 年，超过 2 年后应重新检验

其它

- ✧ 本规格书最终解释权归本公司所有。