



用户指南：

FEBFAN9673_B01H5000A

评测板

5 kW 三通道 CCM PFC

含 12 V_{SB} 模块

评测板

飞兆特色产品：

FAN9673

关于本测试板的直接问题或意见：

“全球支持中心”

Fairchild Semiconductor.com



目录

1. 引言	3
1.1. 特性.....	3
2. 评估板规格	3
3. 照片	4
4. 印刷电路板	5
5. 原理图	8
6. 材料清单	10
7. 变压器和绕组规格	13
7.1. TX2 规格	13
7.2. L1 和 L2 规格	14
7.3. L3、L4 和 L5 规格.....	15
7.4. L11 规格	16
8. 测试条件与测试设备	17
8.1. 特性.....	17
8.2. 测试步骤.....	17
9. 评估板性能	18
9.1. 交流上调和下调.....	18
9.2. PFC ON / OFF & RDY	18
9.3. 纹波和噪声	19
9.4. 效率.....	19
9.5. 谐波电流.....	20
10. 注意:	24
11. 安全预防措施	25
12. Revision History	26



本用户指南支持 5000 W 评估板，三通道 CCM PFC（使用 FAN9673）。应与 FAN9673、数据手册以及 Fairchild 应用笔记配合使用，有问题请咨询技术支持团队。请访问 Fairchild 网站：www.fairchildsemi.com/。

1. 引言

FAN9673 是一款用于控制 PFC 预调节器的 32-引脚，连续导通模式 (CCM) 功率因数校正 (PFC) 控制器 IC。FAN9673 包括平均电流和升压型功率因数校正，使电源完全符合 IEC1000-3-2 规范。TriFault Detect™ 功能帮助减少外部元件，并为反馈环路提供全面保护，如过压。当发生负载突然下降时，过压比较器关断 PFC 级。RDY 信号可用于通电序列控制。通道管理 (CM) 功能可以分别启用 / 禁用每个通道。FAN9673 也包括 PFC 软启动、峰值电流限制和输入电压导通/欠压保护。

1.1. 特性

- 连续导通模式控制
- 最多三通道 PFC 控制
- 平均电流模式控制
- PFC 从机通道外部信号 / 通道管理功能控制
- 可编程工作频率范围：18 kHz~40 kHz 或 55 kHz~75 kHz
- 可编程 PFC 输出电压
- 限流的两个类型
- TriFault Detect™ 防止反馈环路故障
- SAG 保护
- 可编程软启动
- 欠压锁定 (UVLO)
- 差分电流感测
- 在32-引脚 LQFP 封装内可用

2. 评估板规格

本表格中的所有数据均在 25°C 环境温度下测得。

表 1. 特性和性能总结

说明	符号	数值	评论
输出功率	P_O	5 kW	
效率	Eff, η	>95%	
输入电压	V_{AC}	180~264 V	
输入频率		47~63 Hz	
输出电压	V_{OUT}, V_{PFC}	393 V	$V_{PVO}=0 V$
接入 / 掉电电压	V_{AC}	170 V / 155 V	
PFC 频率	f_{SW}	40 kHz	
PFC RDY	V_{RDY}	2.4 V / 1.55 V (V_{PFC} 的 96% / 62%)	

3. 照片

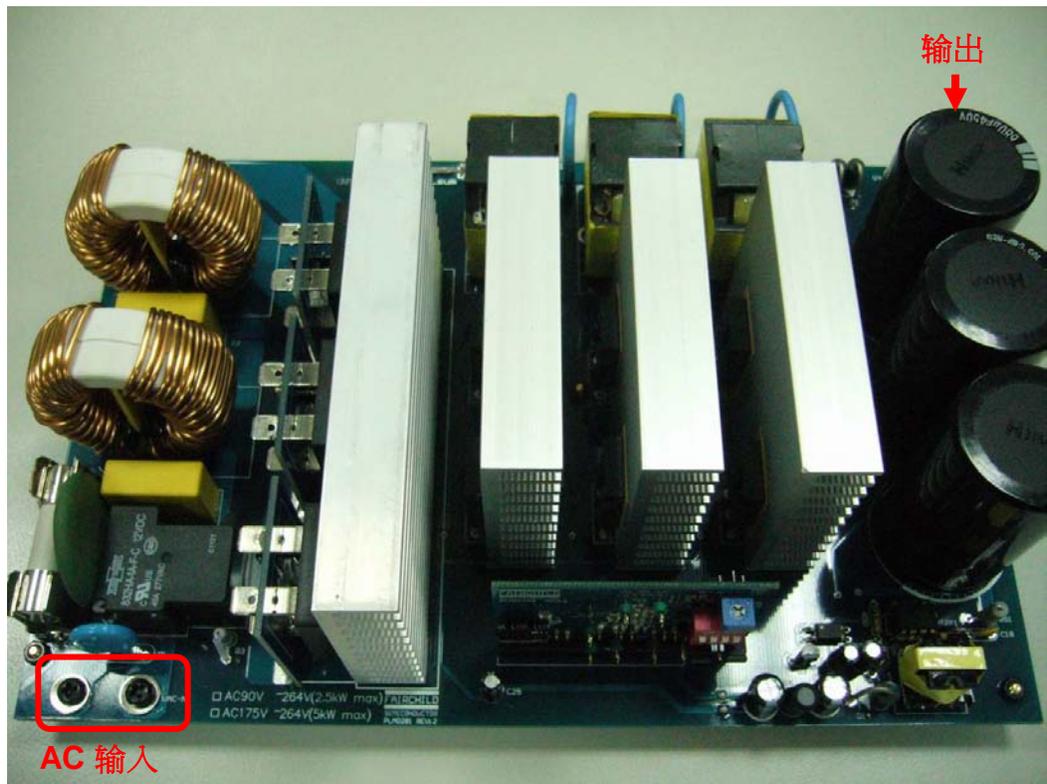


图 1. 测试板俯视图

4. 印刷电路板

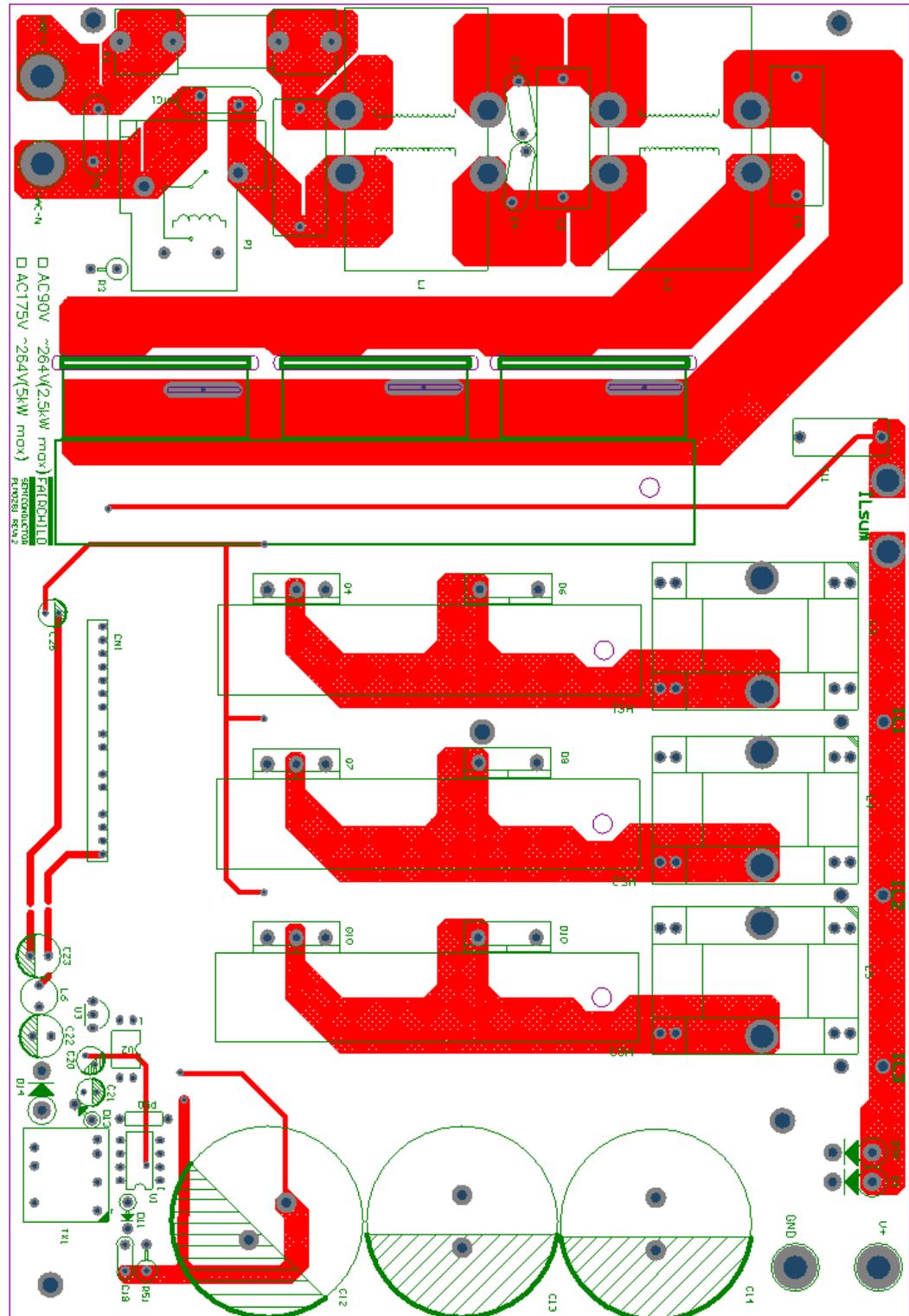


图 2. 评估板的顶层

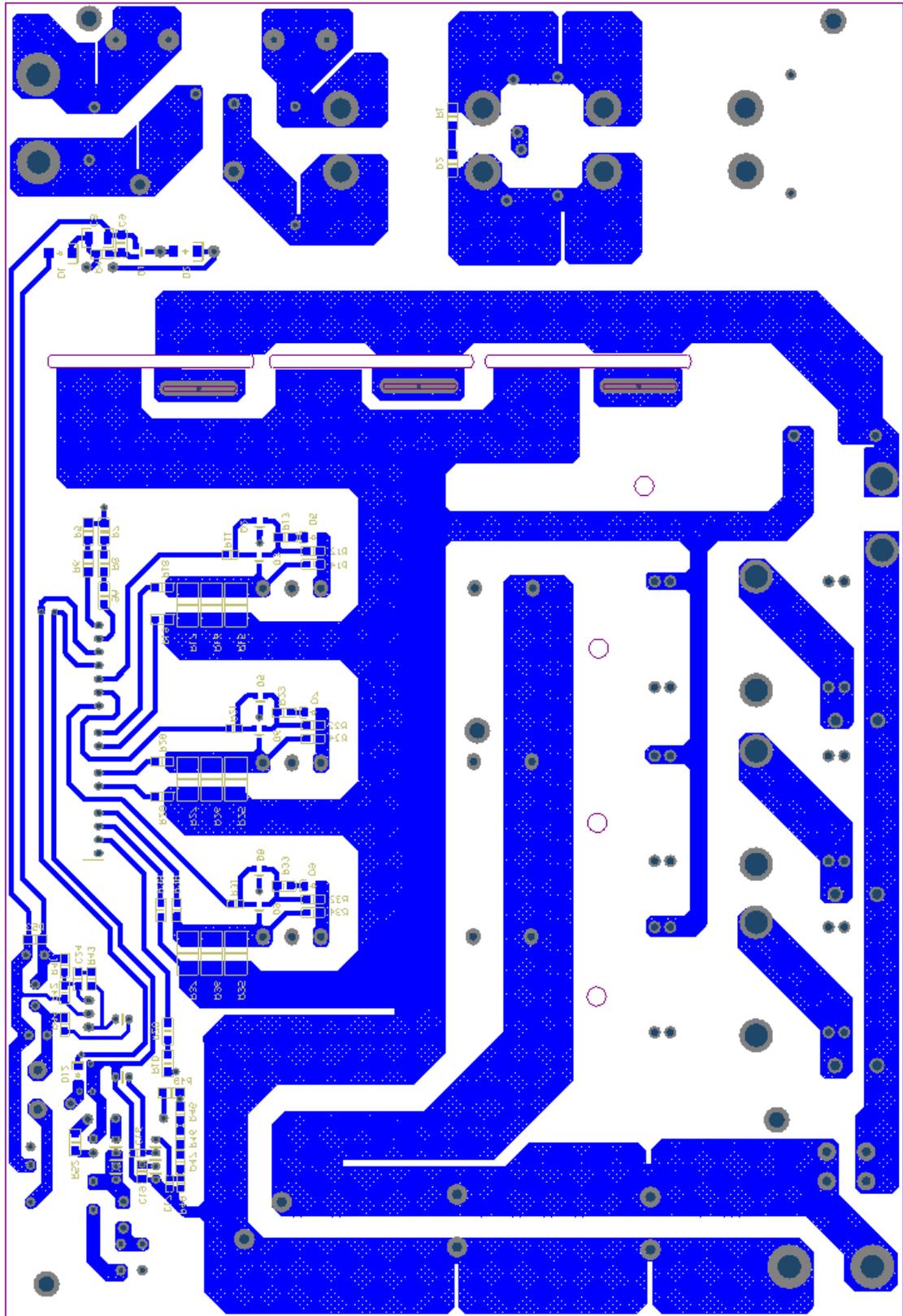


图 3. 评估板的底层

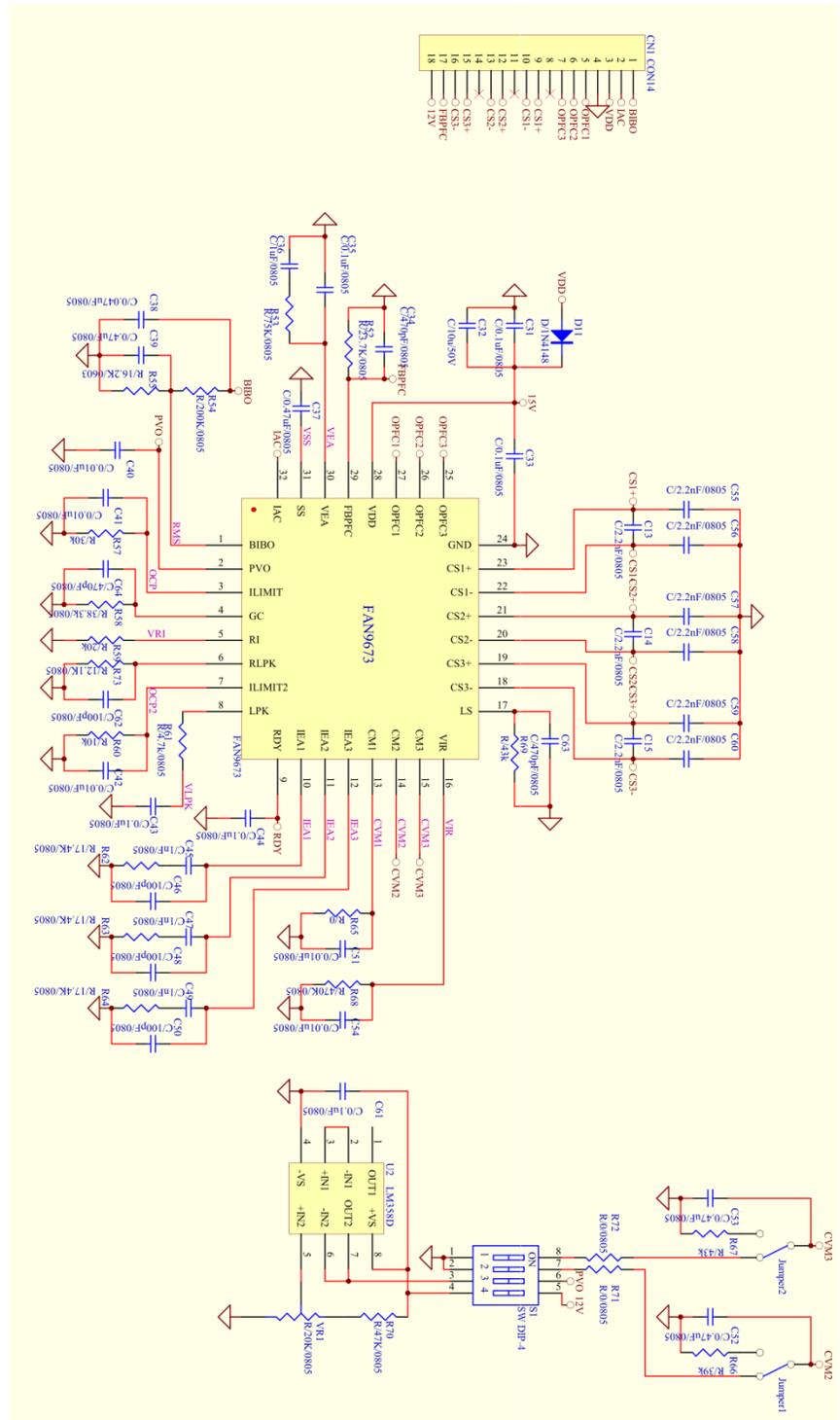


图 7. 子卡原理图



6. 材料清单

主板 (PLM281 修订版 .2)					
标号	数量	器件编号	数值	说明	生产厂商
BD1, BD2, BD3	3	GBPC5006			
PLM0276AV0 x3	3			Transfer Card for Bridge	
C1, C2, C5	3		1 μ F / 275 V		
C10	1		1 μ F / 450 V		
C12, C13, C14	3		680 μ F / 450 V		
C16	1		47 nF / 50 V		
C18	1		1 nF / 1 kV		
C19	1		0.1 μ F		
C20	1		4.7 μ F / 50 V		
C21, C25	2		22 μ F / 50 V		
C22, C23	2		330 μ F / 25 V		
C24	1		10 nF / 50 V		
C3, C4	2		2.2 pF / 250 V		
C8	1		10 μ F / 25 V		
C9	1		1 nF / 1 kV		
CN1	1			CON18	
D1, D2	2	S1J			
D11	1	UF1007			
D13	1	1N4935			FAIRCHILD
D14	1	EGP30D			
D3, D4	2	1N5406			Fairchild
D5, D7, D9, D12	4	1N4148			
D6, D8, D10	3	FFH30S60STU			Fairchild
F1	1	Slow Blow Fuse	40 A / 250 V		
HS1	1	H-sink			
HS2, HS3, HS4	3	H-sink			
L1, L2	2	FS4015H-2LB		EMI	FORMOSA SHING GA ENTERPRISE CO., LTE.
L3, L4, L5	3	Core Type: QP3925H	100 μ H		
L6	1		10 μ H		
M1	1		MOV		
Q1	1	2N7002A			
Q2, Q5, Q8	3	2222A			
Q3, Q6, Q9	3	2907			
Q4, Q7, Q10	3	FGH40N60SMDF			Fairchild
R1, R2, R4, R5, R6	5		1 M Ω		
R11, R21, R31	3		470 Ω		
R12, R22, R32	3		20 Ω		



主板 (PLM281 修订版 .2)					
标号	数量	器件编号	数值	说明	生产厂商
R13, R23, R33	3		12 Ω		
R14, R24, R34, R42	4		10 kΩ		
R15, R16, R25, R26, R35, R36	6		30 mΩ / 2 W		
R18, R19, R28, R29, R38, R39	6		470 Ω		
R20	1		1.5 MΩ		
R3	1		20 Ω		
R41	1		38.3 kΩ		
R43	1		20 kΩ		
R44	1		560 Ω		
R48	1		3.9 kΩ		
R49, R50, R52	3		0 Ω		
R51	1		100 kΩ		
R7	1		5.1 MΩ		
R8	1		4.7 MΩ		
R9A, R10	2		2.2 MΩ		
Relay1	1	Power Relay	40 A		
TX1	1	750342371		12 V _{SB} Transformer	Würth Elektronik
U1	1	FSL126HR		Controller	Fairchild
U2	1	PC-817			
U3	1	TL431			

子卡 (PLM0177A 修订版 .6)					
标号	数量	器件编号	数值	说明	生产厂商
C35, C40, C41, C42, C51, C54	6	SMD 0805	0.01 μF		
C38	1	SMD 0805	0.047 μF		
C31, C33, C43, C44, C61	5	SMD 0805	0.1 μF		
C36, C37, C39, C52, C53	5	SMD 0805	0.47 μF		
C45, C47, C49	3	SMD 0805	1.2 nF		
C46, C48, C50, C62	4	SMD 0805	100 pF		
C32	1		10 μ / 50 V		
C13, C14, C15	3	SMD 0805	2.2 nF		
C55, C56, C57, C58, C59, C60	6	SMD 0805	2.2 nF		
C34, C63, C64	1	SMD 0805	470 pF		
CN1	1			CON14	
D11	1		1N4148		
U1	1	FAN9673		Controller	Fairchild
U2	1	LM358D			Fairchild
R56, R65, R72, R71	4	SMD 0805	0 Ω		



子卡 (PLM0177A 修订版 .6)					
标号	数量	器件编号	数值	说明	生产厂商
R60	1	SMD 0805	10 kΩ		
R73	1	SMD 0805	12.1 kΩ		
R55	1	SMD 0603	16.2 kΩ		
R62, R63, R64	3	SMD 0805	17.4 kΩ		
R69	1	SMD 0805	43 kΩ		
R54	1	SMD 0805	200 kΩ		
R59	1	SMD 0805	20 kΩ		
VR1	1	SMD 0805	20 kΩ		
R52	1	SMD 0805	23.7 kΩ		
R57	1	SMD 0805	30 kΩ		
R58	1	SMD 0805	38.3 kΩ		
R61	1	SMD 0805	4.7 kΩ		
R68	1	SMD 0805	470 kΩ		
R66, R67, R70	3	SMD 0805	47 kΩ		
R53	1	SMD 0805	75 kΩ		
S1	1	DIP-4		Switch	

7. 变压器和绕组规格

7.1. TX2 规格

- 磁芯: EE-16 (3C94)
- 骨架: 10 个引脚

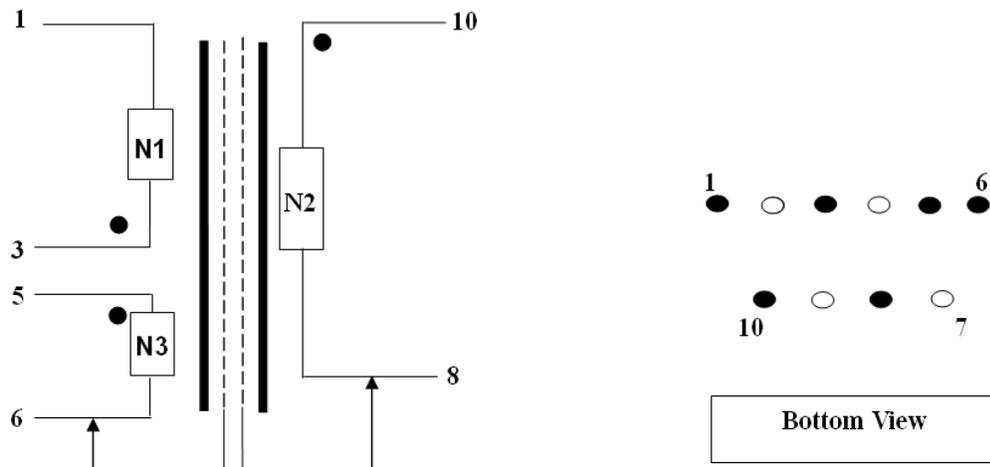


图 8. 变压器规格与结构

表 2. 绕组规格

编号	绕组	引脚 (S → F)	绕线	匝数	绕线方式
1	N1	3 → 2	0.29φ×1	36	螺线管绕制
2	绝缘: 聚脂胶带, 厚度 t = 0.025 mm, 3 层				
3	N2	10 → 8	0.35φ×3	10	螺线管绕制
4	绝缘: 聚脂胶带, 厚度 t = 0.025 mm, 3 层				
5	N1	2 → 1	0.29φ×1	18	螺线管绕制
6	绝缘: 聚酯带, t = 0.025 mm, 6 层				
7	N3	5 → 6	0.15φ×1	13	螺线管绕制
8	绝缘: 聚脂胶带, 厚度 t = 0.025 mm, 3 层				
9	铜箔 1.2T 至 PIN6				

表 3. 电气特性

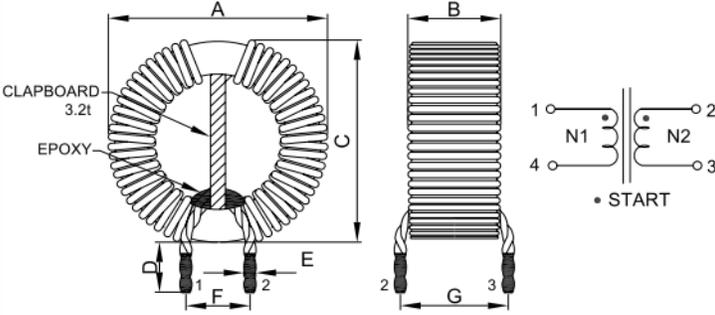
	引脚	规格
电感量	3 - 1	800 μH ±5%

7.2. L1 和 L2 规格

FORMOSA SHING GA ENTERPRISE CO., LTD.



SPECIFICATION FOR PRODUCTS

CUST	FAIRCHILD	OUT DWG NO.																	
ITEM	SN-403215-A	DATE	2014/06/16																
PART NO.		REV:A2																	
1.SCHEMATIC DIMENSION:																			
 <table border="1" style="float: right;"> <thead> <tr> <th colspan="2">SPEC.(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>53.0 MAX</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>27.0 MAX</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>49.0 MAX</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>10.0±1.0</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>4.0 MAX</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>10.0 REF</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>24.0 REF</td> </tr> </tbody> </table>				SPEC.(mm)		A	53.0 MAX	B	27.0 MAX	C	49.0 MAX	D	10.0±1.0	E	4.0 MAX	F	10.0 REF	G	24.0 REF
SPEC.(mm)																			
A	53.0 MAX																		
B	27.0 MAX																		
C	49.0 MAX																		
D	10.0±1.0																		
E	4.0 MAX																		
F	10.0 REF																		
G	24.0 REF																		
*Vacuum Varnish Processed																			
2.WINDING & ELECTRONICS: (150kHz 0.1V)30°C																			
ITEM	START	FINISH	MATERIAL	TURNS	COLOR	INDUCTANCE	DCR(mΩ)												
N1	1	4	2UEW φ 1.6*2P	16TS	N	1.0mH MIN	/												
N2	2	3	2UEW φ 1.6*2P	16TS	N	1.0mH MIN	/												
3.TEST INSTRUMENTS: L.C.R.CH-1062;502B																			
4.MATERIAL LIST:																			
NO	ITEM	MATERIAL	SUPPLIER	UL NO.	CLASS														
1	CORE	SN403215-A	FORMOSA SHING GA ENTERPRISE CO., LTD.																
2	WIRE	2UEW	PACIFIC ELECTRIC WIRE& CABLE CO.,LTD.	E201757	130°C														
3	EPOXY	G-9008	GUDAK CHEMISTRY TECH.(D.G)LTD	E218090	90°C														
4	CLAPBOARD	FR-4	HUIZHOU JIANYONG INSULATED PRODUCT CO.,LTD	E123995	130°C														
5	MYLAR TAPE	CT-280	HUIZHOU YAHUA STICKING TAPE CO.,LTD	E165111															
6	VARNISH	V1630FS	ELANTAS ELECTRICAL INSULATION ELANTAS PDG INC	E75225															
CUSTOMER		APPROVAL	CHECKED	DRAWN															
		AI-PING	STEVEN CHANG	SANDY CHEN															

TEL : 886-2-87875958 FAX : 886-2-87875969 E-MAIL : philip01@ms2.hinet.net

7.3. L3、L4 和 L5 规格

- 磁芯: QP3925H (3C94)
- 骨架: 7 个引脚

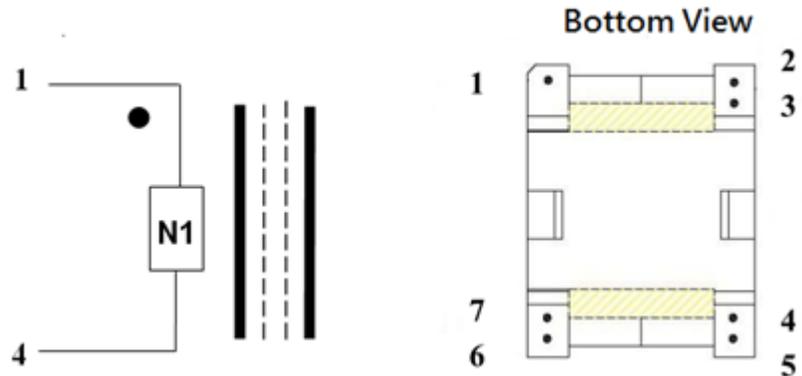


图 9. 变压器规格与结构

表 4. 绕组规格

编号	绕组	引脚 (S → F)	绕线	匝数	绕线方式
1	N1	1 → 6, 7	0.2φ×35 *1	25	螺线管绕制
2	绝缘: 聚酯带, t = 0.025 mm, 2 层				
3	铜箔 1.2T 至引脚 4, 5				

表 5. 电气特性

	引脚	规格
电感量	1 → 6, 7	100 μH ± 5%

7.4. L11 规格

- 磁芯：铁氧体磁芯 DRWW 6x10(6ψ*10 mm)
- 骨架：2 个引脚

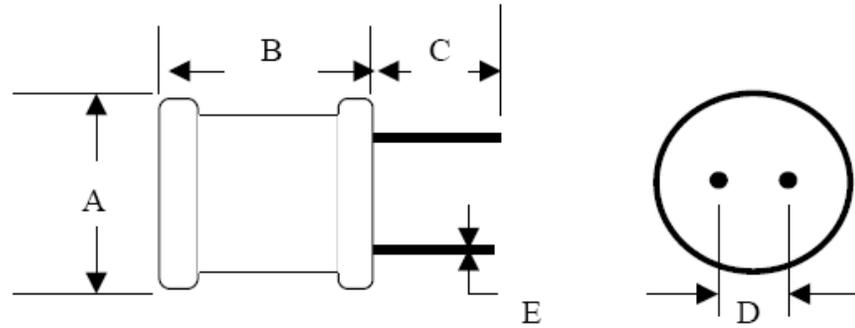


图 10. 变压器规格与结构

表 6. 绕组规格

编号	绕组	引脚 (S → F)	绕线	匝数	绕线方式
1	N1	1 → 2	0.55 mm	18	螺线管绕制
2	铁氧体磁芯 DRWW 6x10 (6ψ*10 mm)				

表 7. 电气特性

	引脚	规格
电感量	1 - 2	10 μH ± 5%



8. 测试条件与测试设备

8.1. 特性

表 8. 测试条件和测试设备

测试模式	FEBFAN9673_B01H5000A
测试日期	2013 年 11 月 4 日
测试温度	环境温度 25°C
测试设备	交流电源: EXTECH 6220 交流/直流电子负载: Chroma 63020 电表: HIOKI 3390 示波器: Lecroy Wavesurfer 424
测试项目	1. 交流上调和下调 2. PFC ON/OFF & RDY 3. 纹波和噪声 4. 效率 5. 谐波电流

8.2. 测试步骤

为评估板供电之前, 需验证交流电压源极是否与评估板的线路输入端相连, 以及, 交流-直流电子负载是否与 PFC 输出相连。

1. 设置电子负载为空载或轻载条件, 并将交流电压应用到评估板输入的两端。
2. 当交流电压 (180~264 V_{AC}) 为评估板供电时, FAN9673 开始正常操作, 板上反激转换器提供 12 V_{SB} 输出。反激变压器的辅助绕组为 V_{DD} 电压供电, 以便 FAN9673 为 PFC 级供电。
3. PFC 启动由 V_{EA} 电平控制。在软启动电压达到 6 V 之前, V_{EA} 电平由软启动限制。
4. 当批量电容或 PFC 输出电压达到稳态值, 392 V 时, 电子负载的负载条件可改为测试系统性能。

提示:

1. 需添加外部风扇以帮助评估板上的 NTC、IGBT、二极管和桥接散热。

9. 评估板性能

9.1. 交流上调和下调

测试条件:

将输入电压从 180 V 调至 264 V 或从 264 V 调至 180 V, 输出电压应正常, PFC 总线的输出应小于 450 V。

测试结果:

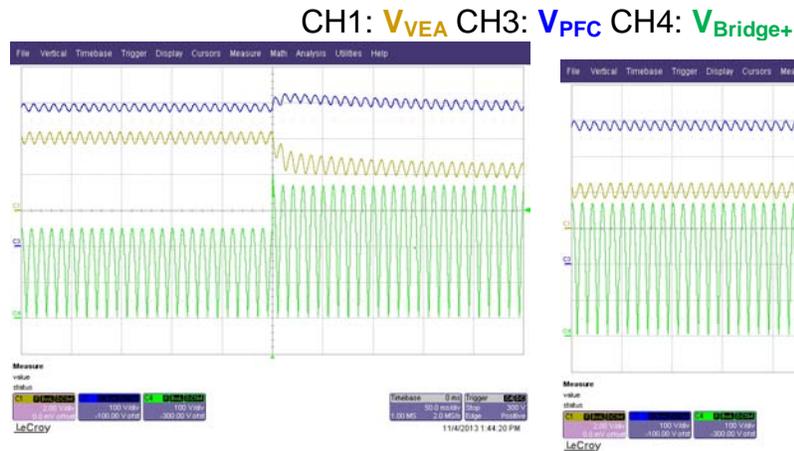


图 11. 180 V→264 V 5000 W 负载

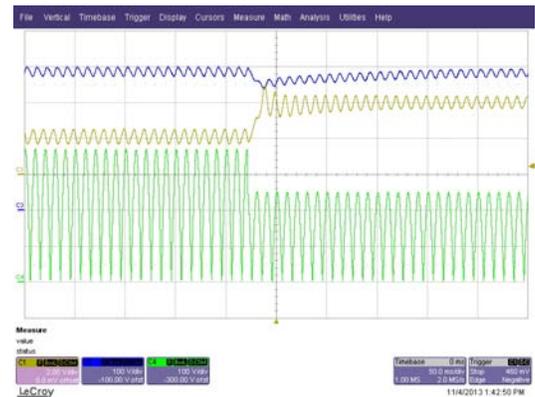


图 12. 264 V→180 V 5000 W 负载

9.2. PFC ON / OFF & RDY

测试结果:

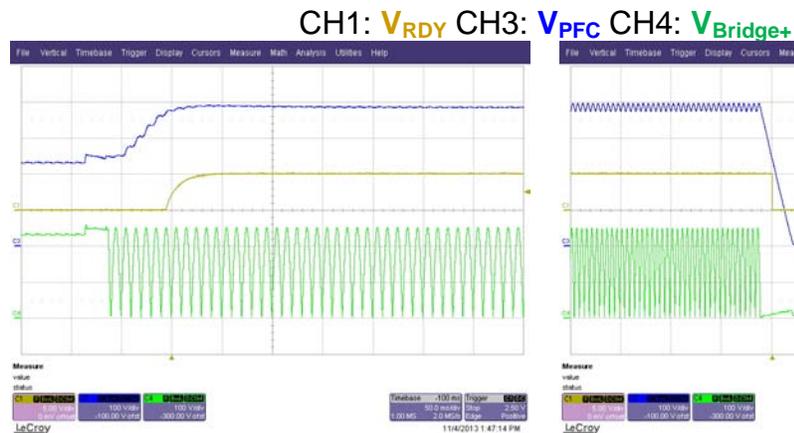


图 13. PFC 导通



图 14. PFC 关断

9.3. 纹波和噪声

测试结果:

CH3: V_{PFC}

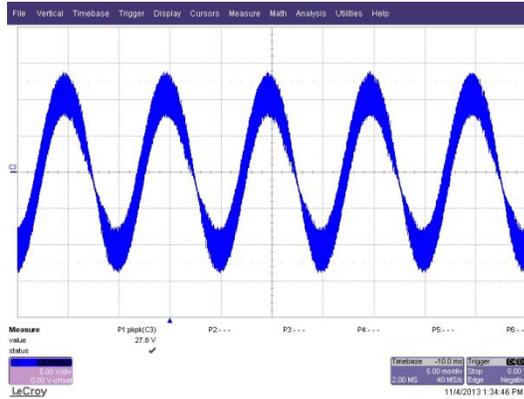


图 15. 180 V / 50 Hz

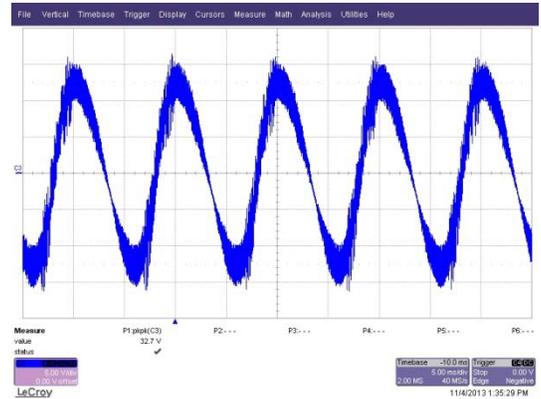


图 16. 264 V / 50 Hz

9.4. 效率

测试条件:

在最小、中等和最大负载时测量效率。

测试结果:

FAN9673	输入瓦数 (W)	输出瓦数 (W)	效率
A. $V_{IN}=180\text{ V}$ (在 25% 负载时)	1295	1250	96.5%
B. $V_{IN}=180\text{ V}$ (在 50% 负载时)	2590	2500	96.5%
C. $V_{IN}=180\text{ V}$ (在 75% 负载时)	3885	3750	96.5%
D. $V_{IN}=180\text{ V}$ (在 100% 负载时)	5195	5000	96.2%
E. $V_{IN}=220\text{ V}$ (在 25% 负载时)	1288	1250	97.0%
F. $V_{IN}=220\text{ V}$ (在 50% 负载时)	2573	2500	97.1%
G. $V_{IN}=220\text{ V}$ (在 75% 负载时)	3856	3750	97.2%
H. $V_{IN}=220\text{ V}$ (在 100% 负载时)	5149	5000	97.1%
I. $V_{IN}=264\text{ V}$ (在 25% 负载时)	1280	1250	97.6%
J. $V_{IN}=264\text{ V}$ (在 50% 负载时)	2553	2500	97.9%
K. $V_{IN}=264\text{ V}$ (在 75% 负载时)	3836	3750	97.7%
L. $V_{IN}=264\text{ V}$ (在 100% 负载时)	5122	5000	97.6%



9.5. 谐波电流

测试结果:

FAN9673			
输入电压	条件	PF	THD (%)
180 V / 50 Hz	25% 负载	0.9912	10.55
	50% 负载	0.9947	9.17
	75% 负载	0.9971	6.62
	100% 负载	0.9974	6.40
220 V / 50 Hz	25% 负载	0.9800	14.32
	50% 负载	0.9868	14.36
	75% 负载	0.9905	12.55
	100% 负载	0.9924	11.26
264 V / 50 Hz	25% 负载	0.9365	25.85
	50% 负载	0.9369	33.22
	75% 负载	0.9526	29.59
	100% 负载	0.9600	27.29

180 V / 50 Hz 输入电流波形和谐波



图 17. 25% 负载



图 18. 50% 负载



图 19. 75% 负载



图 20. 100% 负载

220 V / 50 Hz 输入电流波形和谐波

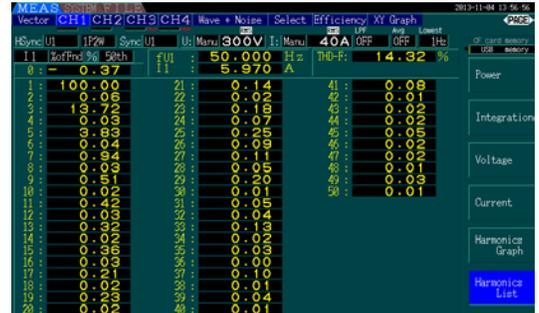


图 21. 25% 负载



图 22. 50% 负载



图 23. 75% 负载



图 24. 100% 负载

264 V / 50 Hz 输入电流波形和谐波



图 25. 25% 负载



图 26. 50% 负载



图 27. 75% 负载



图 28. 100% 负载

10. 注意:

为了正确操作高功率交错式 CCM PFC 评估板, 必须使用制冷风扇为开关 IGBT 和二极管散热。风扇常用的安装如下图所示。

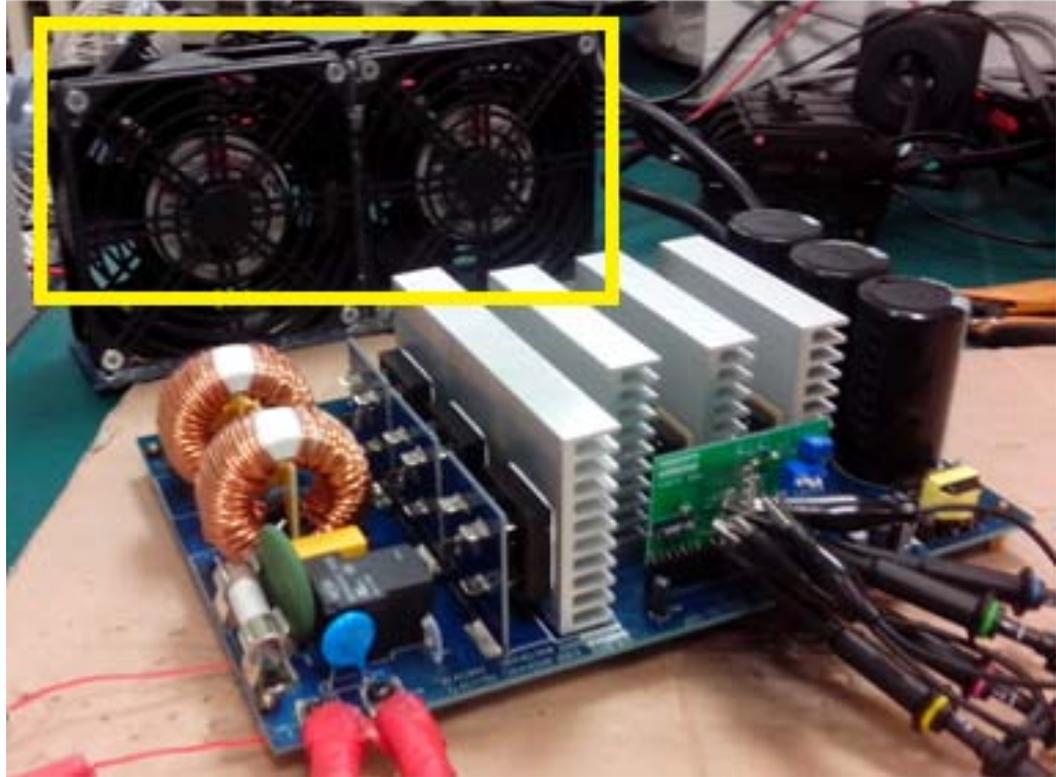


图 29. 建议风扇安装

注意:

2. 风扇不与评估板同时提供。提供风扇用于测试。

11. 安全预防措施



在接通 FEBFAN9673_B01H5000A 评估板的电源之前，所有人员必须阅读并了解安全预防措施和电源开关程序。

FEBFAN9673_B01H5000A 评估板在致命电压下运行，并具有存储大量电荷的大电容。意外接触可能导致实验室设备受损、人员受伤，甚至可能致命。请在接触和操作此板时格外小心。请始终遵守实验室安全预防措施，包括：

- A. 在将工作电压施加到电路板上之前，连接的所有电脑和测量设备都必须与交流市电绝缘。或者，电路板的交流/直流电源应相互绝缘。
- B. 在此电路板上使用示波器时，应与交流电线绝缘。或者，可使用高压 (700 V+) 绝缘探针。
- C. 工作台表面应保持整洁，无任何导电材料。
- D. 开启开关接通交流电源时，需谨慎。
- E. 存在交流线路电压时，千万不可探测或移动板上的探针。
- F. 在断开高功率负载之前确保批量电容进行放电。

注意：

请注意，即使通过外部供电将交流市电与电脑绝缘，也需要通过 LAN、VGA 接地，或者使用其它方式连接至外设。



12. Revision History

Rev.	Date	Description
1.0.0	Jan 2014	Initial release
1.0.1	April 2014	Update to BOM
1.0.2	July 2014	Update to BOM, Figure 6

警告与声明

请仅使用《用户指南》中元件列表（或材料清单）所示元件替换评估板上的元件。如有任何问题，请联系授权的飞兆代表。

本评估板供认证专家在实验室环境下使用，且使用时需遵循特定的安全步骤。用户自行承担使用风险。评估板（或评估套件）仅供演示使用，评估板或本用户指南均不构成销售合同，无论明示或暗示，对相关应用或产品都不提供任何形式的质量保证。飞兆半导体保证其产品符合飞兆半导体公布的技术规格，但不能保证其产品在任何特定应用中正常工作。飞兆半导体保留无需做出关于本文所述之任何产品的可靠性、功能或设计方面改进的变更通知的权利。如果飞兆半导体与买家签订适用销售合同，则产品销售条款以合同为准；如果未签订合同，则产品销售条款以飞兆发票背面的标准条款和条件为准。

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ANTI-COUNTERFEITING POLICY

Fairchild Semiconductor Corporation's Anti-Counterfeiting Policy. Fairchild's Anti-Counterfeiting Policy is also stated on our external website, www.fairchildsemi.com, under Sales Support.

Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. All manufacturers of semiconductor products are experiencing counterfeiting of their parts. Customers who inadvertently purchase counterfeit parts experience many problems such as loss of brand reputation, substandard performance, failed applications, and increased cost of production and manufacturing delays. Fairchild is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. Fairchild strongly encourages customers to purchase Fairchild parts either directly from Fairchild or from Authorized Fairchild Distributors who are listed by country on our web page cited above. Products customers buy either from Fairchild directly or from Authorized Fairchild Distributors are genuine parts, have full traceability, meet Fairchild's quality standards for handling and storage and provide access to Fairchild's full range of up-to-date technical and product information. Fairchild and our Authorized Distributors will stand behind all warranties and will appropriately address any warranty issues that may arise. Fairchild will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. Fairchild is committed to combat this global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.

EXPORT COMPLIANCE STATEMENT

These commodities, technology, or software were exported from the United States in accordance with the Export Administration Regulations for the ultimate destination listed on the commercial invoice. Diversion contrary to U.S. law is prohibited.

U.S. origin products and products made with U.S. origin technology are subject to U.S. Re-export laws. In the event of re-export, the user will be responsible to ensure the appropriate U.S. export regulations are followed.