

POWER-SEM

Plug and play 3-level IGBT driver

PSPC 432-EP4-I

PSPC 432-EP4-T

特点

- 基于新一代 PSHI 0432 驱动核设计
- 适配 EconoPACK 4 全系列三电平 IGBT 模块
- 用于“U”型及“T”型三电平拓扑
- 集成控制信号时序管理
- 支持普通二电平信号控制
- 监测 V_{CEsat} 提供短路及过流保护
- 有源钳位
- 动态尖峰抑制 (PSHI 0432 驱动核具备)
- 纳米晶变压器隔离
- 电源欠压保护 (<12.5V 保护)
- 门极电压监控
- 时序死区可调
- 集成 DC/DC 隔离电源
- $\pm 15A$ 峰值电流输出
- IGBT 门极驱动电压 +15V/-9V
- 350ns 信号转换时间
- 110ns 故障信号回馈时间
- 100ns 窄脉冲抑制消除射频干扰
- 最高工作频率 50kHz
- 具备故障同步功能, 低电平有效

应用

- 三电平拓扑
- 变频器
- 光伏逆变器
- 大功率 UPS
- APF 有源滤波器
- 大功率高频开关电源

基于 POWER-SEM 专用芯片组 (ASICs) 设计, 采用标准驱动核加简单外围的模块化组合方案, 电路简单, 结构紧凑, 使用方便, 性价比高。驱动核采用有机硅胶真空灌封, 具有抗冲击, 耐候, 抗老化及良好的电绝缘性能 ($\geq 25kV/mm$) 和优异的防水防潮性能。有机硅胶具有高度稳定的物理特征, 耐高低温、抗氧化、耐腐蚀, 适合于高海拔及恶劣环境下长期使用。驱动器适配板表面涂覆三防保护漆, 做到防水、防尘及防盐雾。

驱动器集成时序控制, 短路保护, 欠压保护, 门极异常保护, 有源钳位以及动态尖峰抑制等基本功能。

驱动器具有很强的适应能力, 只需简单调整 IGBT 门极电阻 R_{Gon} ; R_{Goff} 及参考曲线 V_{CEref} 的值即可驱动相同封装外壳的三电平 IGBT 模块。

即插即用设计意味着安装即可使用, 用户无须为调试及参数匹配投入更多的精力。

驱动器集成高隔离耐压的 DC/DC 隔离电源, 使控制侧免受高压损害, 用户无须为驱动器额外配置高压隔离电源即可可靠驱动三电平拓扑的一个桥臂, 降低使用成本。

搭配 PSHI 0330 或 PSHI 0432 驱动核, 隔离电压高达 5kV 交流 50Hz • 1 分钟, 支持全系列 VCE 阻断电压 650V 三电平 IGBT 模块;

搭配 PSHI 0432Pro 驱动核, 隔离电压高达 8kV 交流 50Hz • 1 分钟, 支持全系列 VCE 阻断电压 1200V 三电平 IGBT 模块。

PSPC 432-EP4-I: 适配 NPC (“U”型) IGBT 模块

PSPC 432-EP4-T: 适配 TNPC (“T”型) IGBT 模块



系统构成

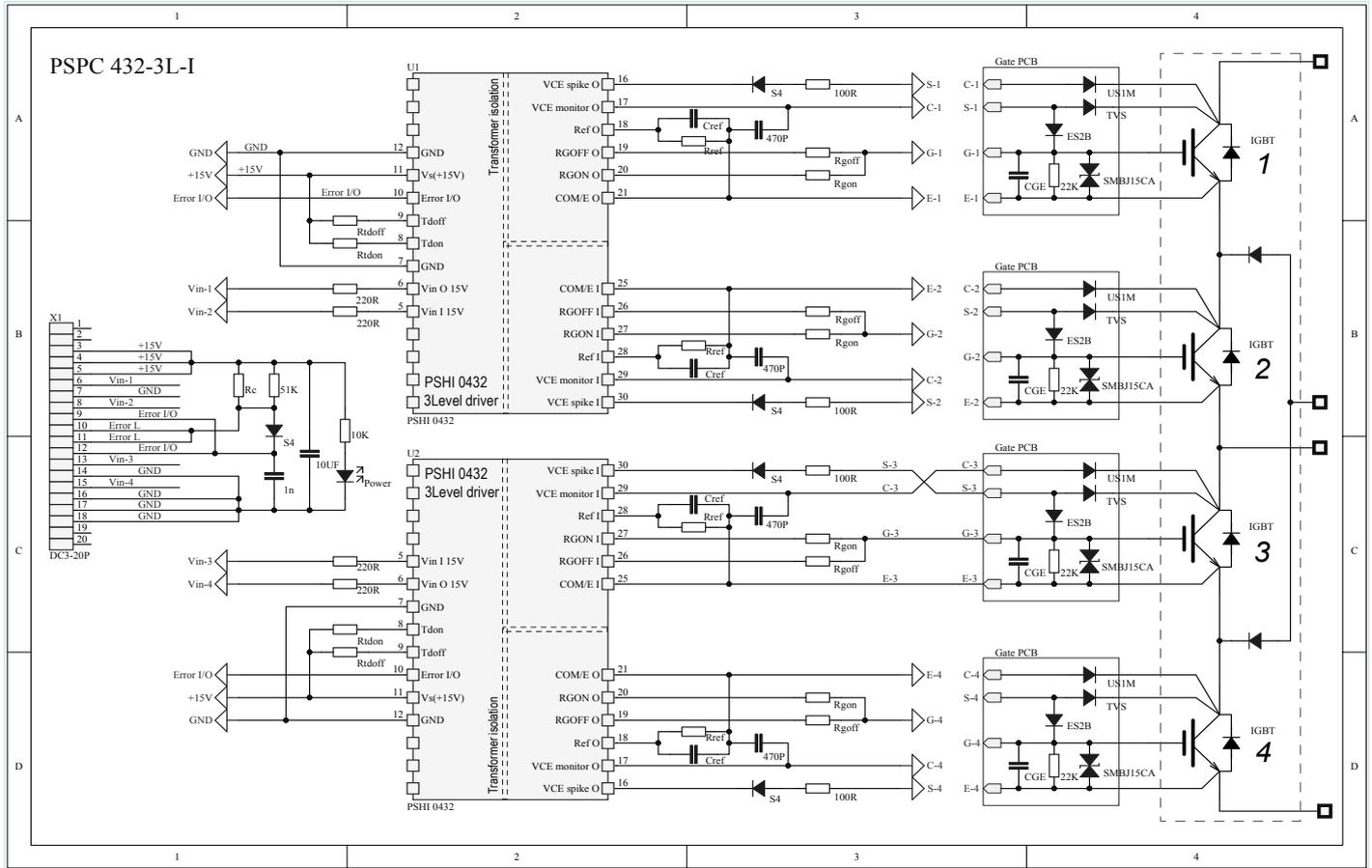
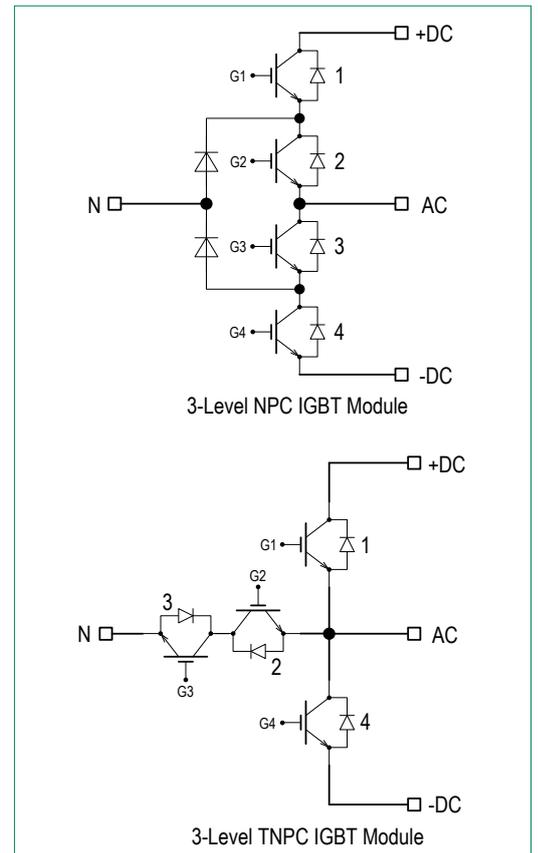


图 1，系统构成原理图

引脚功能与定义 *

引脚	符号	功能
X1.1	N.C	空脚
X1.2	N.C	空脚
X1.3	V_s	驱动器供电电源, +15V
X1.4	V_s	驱动器供电电源, +15V
X1.5	V_s	驱动器供电电源, +15V
X1.6	V_{in1}	1#IGBT(上桥臂外侧 IGBT) 控制信号输入端, 15V 电平
X1.7	GND	电源地及信号地
X1.8	V_{in2}	2#IGBT(上桥臂内侧 IGBT) 控制信号输入端, 15V 电平
X1.9	Error I/O	错误信号输入 / 输出端, 8V 阈值, 低电平有效
X1.10	Error L	错误信号输出, 低电平有效
X1.11	Error L	错误信号输出, 低电平有效
X1.12	Error I/O	错误信号输入 / 输出端, 8V 阈值, 低电平有效
X1.13	V_{in3}	3#IGBT(下桥臂内侧 IGBT) 控制信号输入端, 15V 电平
X1.14	GND	电源地及信号地
X1.15	V_{in4}	4#IGBT(下桥臂外侧 IGBT) 控制信号输入端, 15V 电平
X1.16	GND	电源地及信号地
X1.17	GND	电源地及信号地
X1.18	GND	电源地及信号地
X1.19	N.C	空脚
X1.20	N.C	空脚

* 默认安装 20 针 2.54mm 间距 DC3 牛角连接器



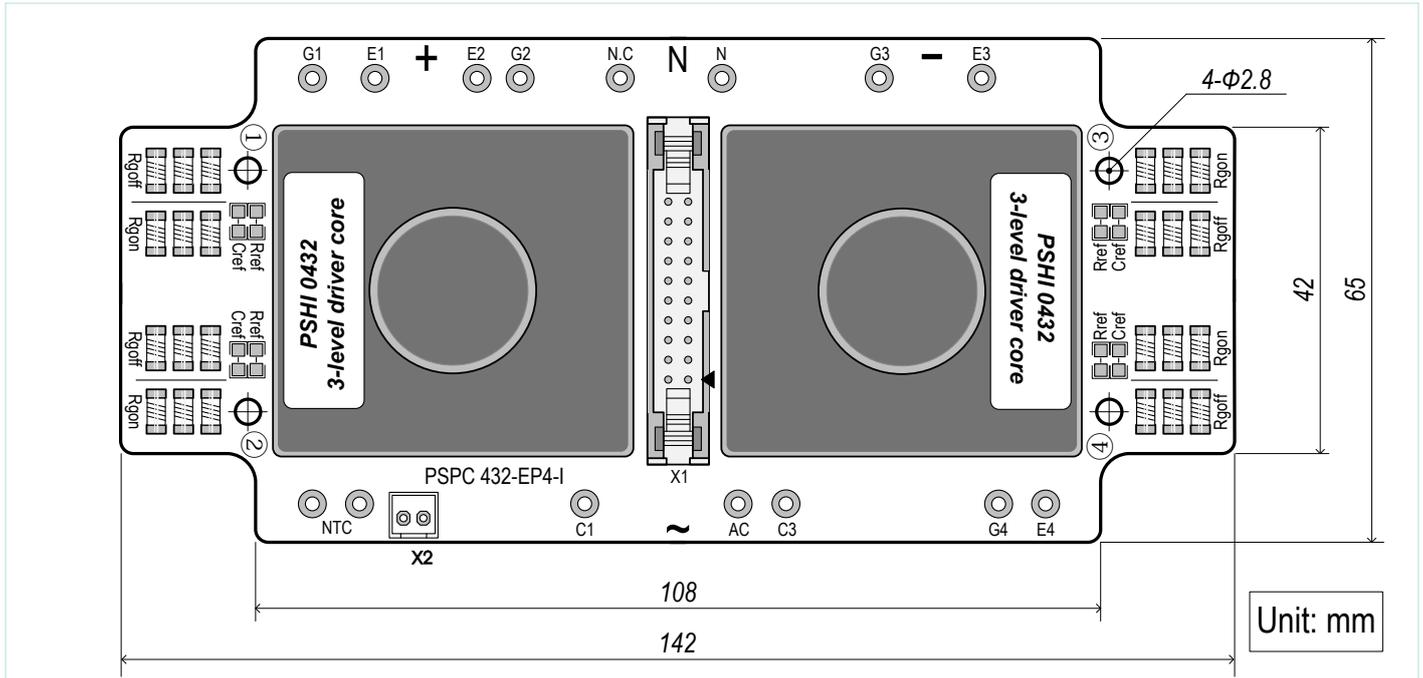
PSPC 432-EP4

三电平 IGBT 模块即插即用驱动器

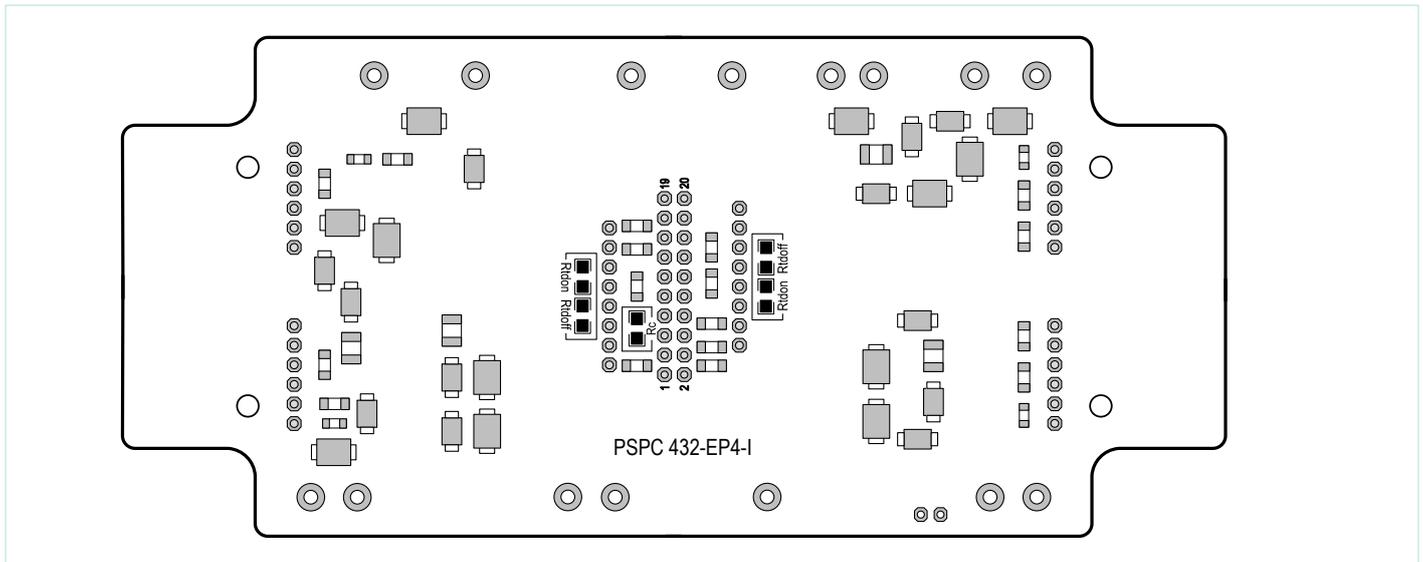
Special core makes you more professional

外形及安装尺寸

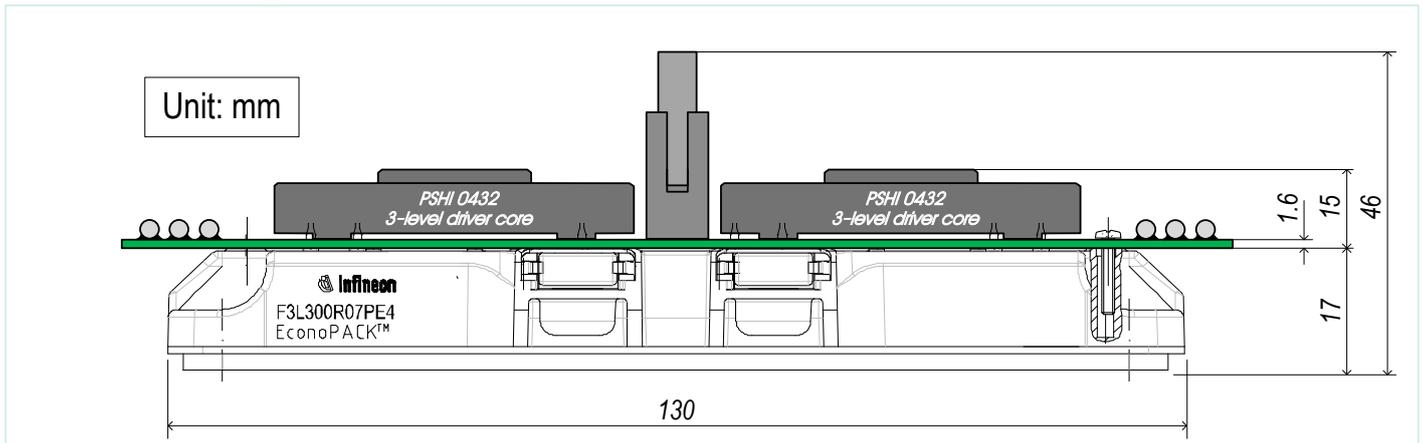
PSPC 432-EP4-I 顶视图



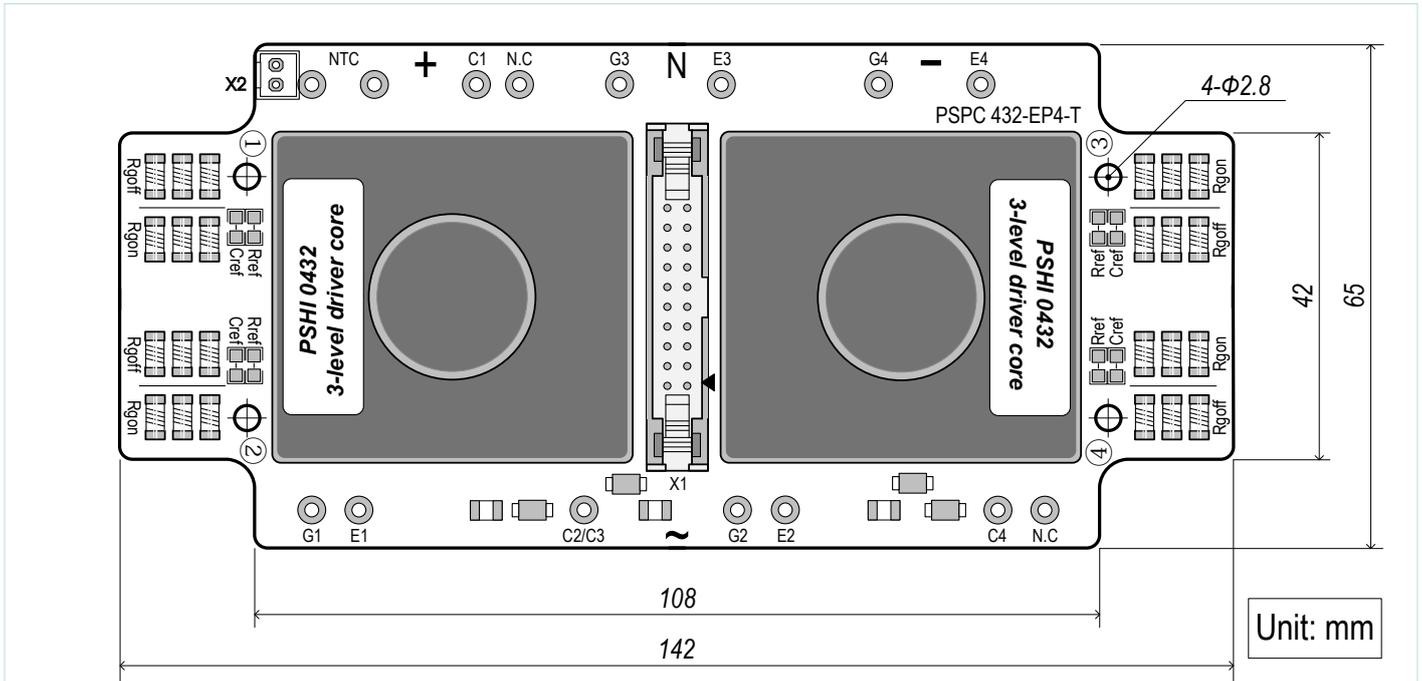
PSPC 432-EP4-I 底视图



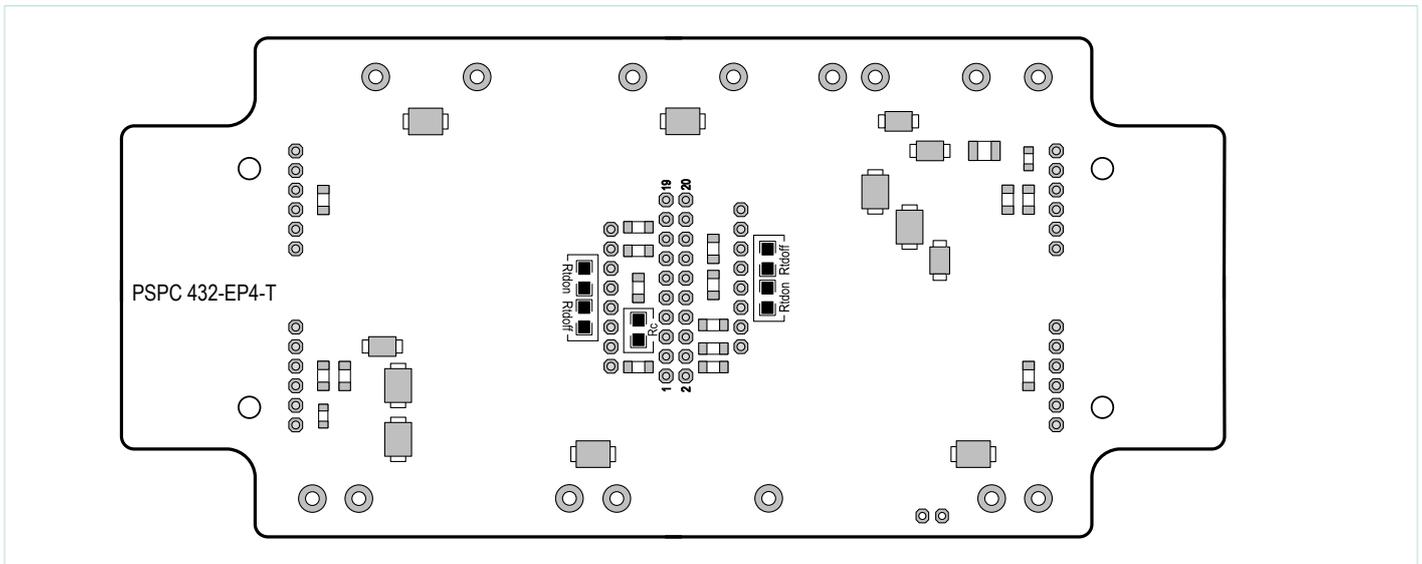
PSPC 432-EP4-I 装配高度示意图



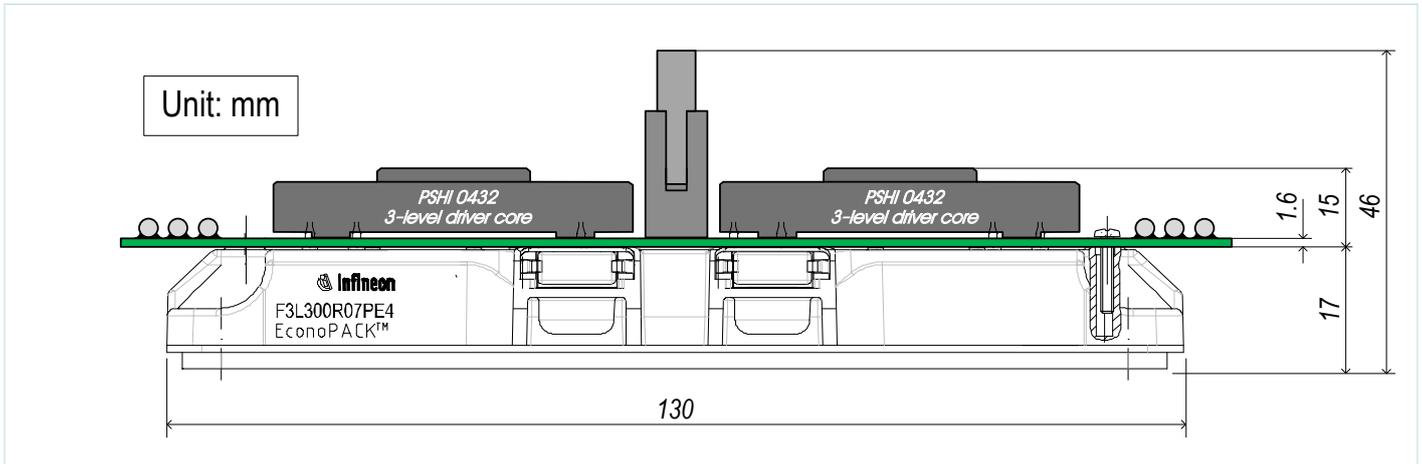
PSPC 432-EP4-T 顶视图



PSPC 432-EP4-T 底视图



PSPC 432-EP4-T 装配高度示意图



极限参数 (Ta=25°C)

符号	含义	参数	单位
V _{S MAX}	原边电源电压最高值	+16	V
I _{S MAX}	原边电源电流的最大值	660	mA
P _{DC/DC}	DC/DC 隔离电源输出的总功率	4×2.5	W
V _{in}	最高 PWM 输入电平 (V _{in1} ; V _{inO})	V _S +0.7	V
V _{IH}	最高逻辑信号输入电压 (外部故障信号)	V _S +0.7	V
I _{OC}	最大逻辑信号输出电流 (集电极开路输出)	10	mA
I _{outAV}	每通道输出的平均电流	90	mA
I _{outPEAK}	每通道输出的峰值电流	±15	A
V _{CES}	IGBT 集电极 - 发射极电压	650 / 1200	V
V _{isol IO}	输入 - 输出隔离电压 (1 minute.AC/50Hz) PSHI 0432 PSHI 0432Pro	5000 6000	V
V _{isol AB}	通道 A-B 的隔离电压 (1 minute.AC/50Hz)	4000	V
R _{G min}	最小门极开通 / 关断电阻	1.6	Ω
Q _{out/pulse}	输出电荷	±10	μC
dv/dt	电压变化率	75	kV/μs
f _{SW max}	最高工作频率	100	kHz
T _{op}	工作温度	-40...+85	°C
T _{stg}	储存温度	-45...+85	°C

电气参数 (Ta=25°C)

符号	含义	参数			单位
		Min.	Typ.	Max.	
V _S	原边电源电压	14.5	15	15.5	V
I _S	原边空载电流 f _{sw} =0		175		mA
V _{IH+}	输入高电平门槛: 15V 电平	12			V
V _{IH-}	输入低电平门槛: 15V 电平			7.5	V
R _{in}	输入阻抗		33		kΩ
V _{G(on)}	门极开通电压		+15		V
V _{G(off)}	门极关断电压		-9		V
t _{di(on)IO}	开通信号输入 - 输出延时		350		ns
t _{di(off)IO}	关断信号输入 - 输出延时		350		ns
t _{di(err)}	故障信号返回延时 V _{CE} 故障发生 - 错误信号输出		110		ns
t _{rnd}	窄脉冲抑制		100		ns
V _{CEstat}	V _{CE} 监测参考电压	2	6.8	7.5	V
V _{Level}	逻辑电平 (外部故障输入; 模式选择)		+8		V
t _{petor}	故障信号宽度		250		ms
t _{reset}	故障自动复位时间		250		ms
C _{PS}	一二次之间的分布电容		8		pf

一, 简介

PSPC 432-3L 系列驱动器基于 PSHI 0330 及 PSHI 0432 三电平专用驱动核设计, 用于驱动“1”型及“T”型三电平拓扑的一个桥臂四只 IGBT, 每块驱动核驱动同桥臂二只 IGBT (如 TOP 1# 与 2# 或者 BOT 3# 与 4#), 整块驱动器共用二块驱动核。

驱动器集成时序管理用以控制 1# 与 2# 以及 3# 与 4# IGBT 之间的开通及关断的时序, 并具备很强的开关时序纠正能力, 始终确保内侧 IGBT 先开后关, 使得 IGBT 可以在故障状态及各种控制信号异常状态下安全可靠地开通或关断。

驱动器具备对所有 IGBT 的短路 (过流) 监测、门极电压监测、供电电源欠压监测以及有源钳位、动态尖峰抑制 (PSHI 0432 及 PSHI 0432 Pro 驱动核具备)。

PSPC 432-EP4-I 用于驱动 EconoPACK 4 封装或具有相同机械外型的“1”型三电平 IGBT 模块, 常见的 IGBT 模块如:

英飞凌: F3L200R07PE4; F3L300R07PE4;
 赛米控: SEMiX205MLI07E4; SEMiX305MLI07E4; SEMiX405MLI07E4;
 SEMiX155MLI12E4; SEMiX205MLI12E4

PSPC 432-EP4-T 用于驱动 EconoPACK 4 封装或具有相同机械外型的“T”型三电平 IGBT 模块, 常见的 IGBT 模块如:

英飞凌: F3L200R07PE4; F3L300R07PE4;
 赛米控: SEMiX205TMLI12E4B; SEMiX305TMLI12E4B; SEMiX405TMLI12E4B



驱动器内部的核心芯片组 (ASICs) 及功率输出级器件均为静电敏感的 MOS 工艺器件, 虽然我们在驱动器的各个端口都做了 ESD 保护, 但在使用过程中仍然需要特别注意, 谨防静电危害!

二, 系统构成与应用

2.1 原边接口

控制侧接口示意图

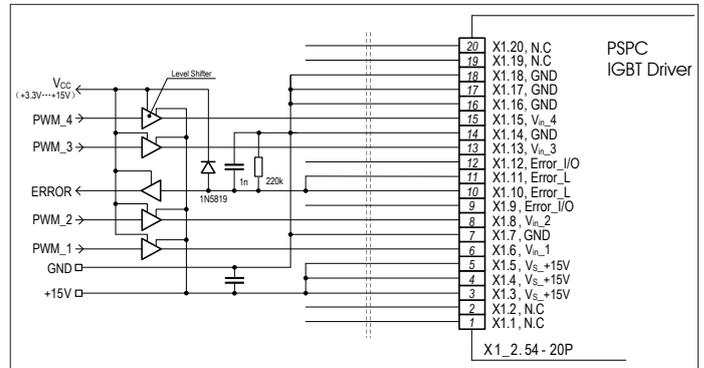


图 2.1, 控制侧接口示意图

2.2 信号电平

驱动器的控制信号输入 V_{in} 为 +15V 电平, 输入电平最高值为 V_S+0.7V; 输入电平最低值为 -0.7V, 输入阻抗为 33kΩ。输入级内置的施密特触发器翻转阈值为:

V _{in}	V _{IH+} (High)	V _{IH-} (Low)
15V input level	12V	7.5V

低于 12.5V 电平的控制信号必须转为 +15V 电平来控制。

如果控制信号电平为 10V--12V, 可以用 CD4000 系列 CMOS 逻辑电路直接转换, 简单且方便;

如果控制信号电平为 3.3V 或 5V, 可以用 CD4000 系列 TTL 电平转 CMOS 电平转换芯片转换, 同样非常简单。常见的 TTL 转 CMOS 电平芯片如 TEXAS 公司 CD4504B (六路) 及 CD40109B (四路);

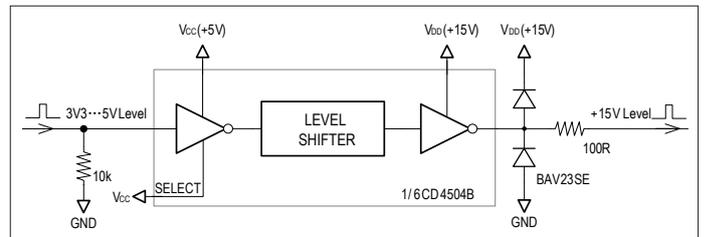


图 2.2, CD4504B 构成的电平转换电路

驱动器为正逻辑控制, 即输入高电平时 IGBT 开通; 输入低电平时 IGBT 关断。

驱动器内置窄脉冲抑制电路, 小于 100ns 的窄脉冲将被抑制。

控制器与驱动器之间的连接线要尽可能的短, 如果连接线较长推荐使用屏蔽电缆连接或外接干扰抑制网络。

2.3, 时序管理

三电平驱动核集成的时序时间管理电路用以控制 1# 与 2# (或 3# 与 4#) 开关管之间的开通及关断的时序, 确保内侧 IGBT 在任何情况下始终保持先开后关时序, 使得 IGBT 可以在故障状态及各种控制信号 (包括异常状态) 下安全可靠地开通或关断。通过改变适配板上的二组时序死区设置电阻 R_{don} 及 R_{doff} 的值可以分别缩短外管开通延时和内管关断延时的时序时间, 对于驱动 300A/650V 的 IGBT 来说, 时序时间 t_{don/off} 仅需要 1μs。在通常情况下这些时序时间均会被三电平的控制信号所覆盖, 不会对正常的三电平控制信号产生任何影响。

对于驱动“1”型三电平拓扑来说, 当外管开通发生过流时 (即长回路短路故障), 设置一个较大的关断时序 T_{doff} 对防止内管过压更加有效的; 当外管关断内管开通发生过流时 (即短回路短路故障), 由于 650V IGBT 的短路安全工作区 (SCSOA) T_{SC} 一般只有 6μs, 设置一个较小的关断时序 T_{doff} 对防止内管失效更加可靠。

PSPC 432-3L 驱动器默认的时序死区时间为 2.2μs，可以较好的兼顾内管或外管发生短路故障时安全关断所有 IGBT。时序管理如图 2.3.1，

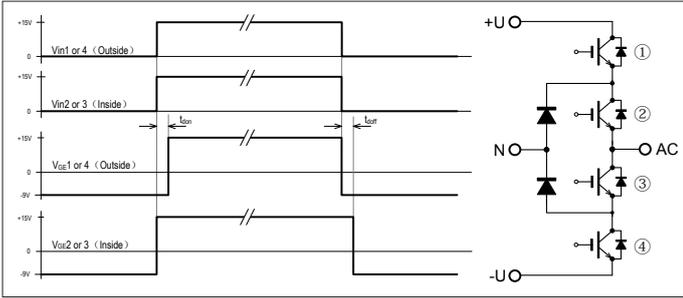


图 2.3.1，时序管理波形示意图

用户可以外接电阻 R_{IdON} 及 R_{IdOFF} 与内置的电阻并联来减小时序时间，电阻 R_{IdON} 及 R_{IdOFF} 与时序时间 t_{dON} 及 t_{dOFF} 的对应关系如表 2.2，

$R_{IdON/tdOFF}$	$t_{d(ON/OFF)}$	$R_{IdON/tdOFF}$	$t_{d(ON/OFF)}$
--	2.2 μs	47 kΩ	800ns
150 kΩ	1.75 μs	33 kΩ	650ns
100 kΩ	1.5 μs	22 kΩ	500ns
75 kΩ	1.3 μs	15 kΩ	
51 kΩ	1.1 μs	10 kΩ	

表 2.2，电阻 R_{IdON} 及 R_{IdOFF} 与时序时间 t_{dON} 及 t_{dOFF} 的对应关系表

R_{IdON} 及 R_{IdOFF} 电阻使用 0805 或 1206 封装 1% 精度，共 4 只，焊盘位置在 PCB 板上很容易找到。 R_{Id} 电阻最小值为 10k 欧姆，不得短接。

注意，驱动器仅控制 1# 与 2# (或 3# 与 4#) 开关管之间的开通及关断的时序死区，1# 与 3# (或 2# 与 4#) 开关管之间的开关死区需要控制信号给定。

2.4, 故障模式

驱动器故障输出为集电极开路输出，内置 51k 上拉 (+15V) 电阻，低电平有效，即正常输出高电平，故障输出低电平。

故障输出端 X1.10 及 X1.11 为故障输出端，并联输出，低电平有效；故障输出端 X1.9 及 X1.12 为故障输入 / 输出端，并联输出，低电平有效。

通过 X1.9 或 X1.12 可以将多块驱动器并联起来实现故障快速同步，并且控制侧上拉电平必须为 +15V，这时当故障输出端被外部信号拉低时，驱动器将封锁输出，并按时序关断 IGBT；当外部下拉信号撤销后驱动器将解除封锁，恢复到正常工作状态。

X1.9 或 X1.12 故障输出端也可以作为外部使能使用，如图 2.4.1。

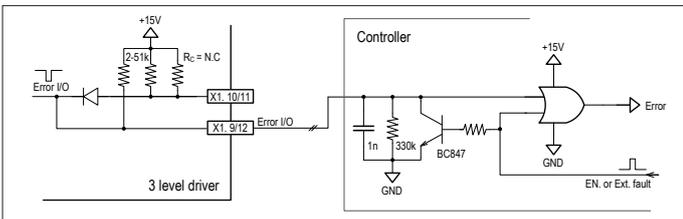


图 2.4.1 故障输出带使能控制接口示意图

引脚 X1.10 或 X1.11 故障输出端可以适应 +3.3V...+15V 任意电平接口，如 +12V、+5 及 +3.3V 电平，低电平有效。如图 2.4.2

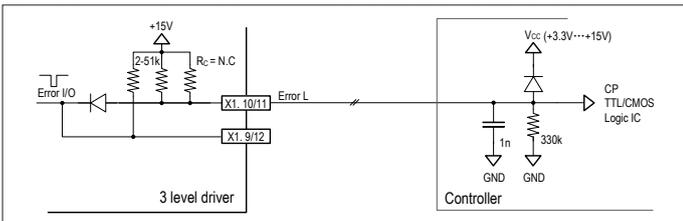


图 2.4.2 控制侧低于 15V 电平的故障输出接口示意图

如果故障输出需要驱动一只光耦，这时需要加装一只上拉电阻 R_C 与驱动器预装的 51k 上拉电阻并联来增大输出电流，驱动器的故障输出端最大灌入电流为 10mA， R_C 电阻最小值必须大于 2k 欧姆。

R_C 电阻焊盘为 1206 封装，在适配板背面很容易找到。如图 2.4.3

2.5, DC/DC 隔离电源

驱动核内部集成了一个双路 DC-DC 隔离电源，可以产生驱动 IGBT 所需要的 +15V/-9V 付边电压，原边与付边及付边二个通道之间的绝缘电压最高高达交流 8kV@1 分钟 (PSHI 0432Pro)。因此驱动器仅需要一个 +15V 的供电电源，多块驱动器可以共用一个 +15V 供电电源，无需隔离。

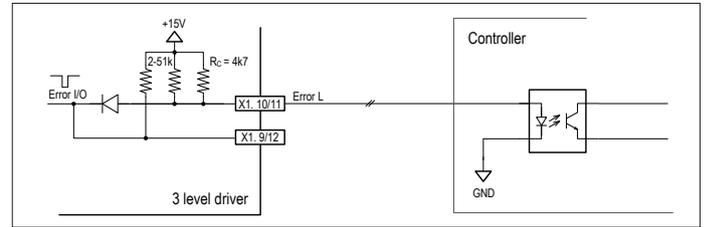


图 2.4.3 故障输出驱动光耦的接口示意图

2.6, 门极电阻

PSPC 432-3L 系列驱动器的门极电阻为 1/2W 0207 封装精密 Film-MELF 电阻并联使用，具有很高的热稳定性，开通电阻及关断电阻各用 3 只并联，共 6 只总功率高达 3W。门极电阻值依据 IGBT 厂家提供的 datasheet 给出的参数选择，一般选择较小的门极开通电阻值 (不要小于厂家的测试值) 利于降低开关损耗，选择较大的门极关断电阻值利于降低关断尖峰，须结合主回路结构和实际应用来做相应调整。

PSPC 432-3L 系列驱动器最小门极电阻为 1.6Ω (包含 IGBT 模块内置门极电阻 R_{Ginet})，并联后总的门极电阻值不得小于 1.6 欧姆，否则可能会导致驱动器不能正常工作。

门极电阻的总功耗依据 $P_G = \Delta V_{GE} \times Q_G \times f_{SW}$ 估算，式中门极电压差 ΔV_{GE} ($V_{Gon} - V_{Goff}$) 为 24V； f_{SW} 为工作频率； Q_G 为门极电压差下的门极电荷，降低工作频率可以降低门极电阻的温升。

当更换 IGBT 型号时，务必仔细调整门极电阻值以适应新型号的 IGBT 参数，以免造成不必要的损失。

2.7, 门极电压

V_{IN} 输入端为高电平时，门极电压为 +15V，IGBT 开通；

V_{IN} 输入端为低电平时，门极电压为 -9V，IGBT 关断。

2.8, 欠压保护

驱动器具备原边供电电源欠压监测及门极电压监控功能，当原边或付边的供电电压低于 +12.5V 时将产生一个故障信号并按时序关断驱动器，同时通过故障输出端向外部发出故障信号，当检测到门极输出短路故障时，驱动器将进入自保护状态，关闭输出并报出故障。

2.9, 短路 (过流) 保护

驱动器集成高度灵敏的有源动态 V_{CEsat} 监控电路以监测 IGBT 短路 (过流) 故障，当监测到故障时立即按时序关断所有 IGBT。

2.10, 故障复位

故障自动复位，故障后 20μs 驱动器自动复位，故障脉冲最小宽度同样为 250ms。

2.11, 有源钳位

驱动器的每个通道均具备有源钳位功能以抑制动态过电压尖峰，避免 IGBT 因过压尖峰损坏。

有源钳位电路的实现方法是在 IGBT 的集电极和门极之间用瞬态抑制二极管 (TVS) 建立一个反馈通道。当集电极 - 发射极尖峰电压超过预置的 TVS 击穿门槛电压时，这个尖峰电压击穿 TVS 直接作用到门极，迫使 IGBT 处于微导通状态，使 IGBT 的集电极 - 发射极电压得到抑制。

注意：有源钳位是以增加 IGBT 损耗来抑制过电压尖峰，当频繁出现过电压尖峰时将使 TVS 及 IGBT 的损耗迅速增加而失效，避免出现过电压尖峰的最佳方案是优化母线结构及吸收回路，降低主回路的寄生电感。

2.12, 有源动态 V_{CEsat} 监控与参考曲线 V_{CEref}

V_{CEsat} 监控

有源动态“ V_{CEsat} 监控”电路负责 IGBT 短路（过电流）监测，它在 IGBT 处于导通时检测 IGBT 集电极 - 发射极电压 V_{CEsat} 与参考曲线 V_{CEref} 进行比较，实现对短路（过电流）故障的监测。当检测到 V_{CEsat} 高于预设的参考值 V_{CEref} 时，驱动器将立即“软关断”IGBT，记忆故障并封锁输出。

参考曲线 V_{CEref}

参考电压 V_{CEref} 可以根据 IGBT 开关特性进行动态调整，当 IGBT 关断时该值被复位。 V_{CEref} 不是静态的，而是在 IGBT 导通瞬间开始迅速上升到一个最高点，然后由这个最高点开始依照时间常数 τ （受 C_{ref} 控制）以指数形式下降到 V_{CEstat} （由 R_{ref} 决定）。（图 2.12）

V_{CEsat} 监测的阈值 V_{CEstat} 是 V_{CEref} 的稳态值，受电阻 R_{ref} 控制，可通过电阻 R_{ref} 来调整到 IGBT 所需要的最大值，正常状态下它的取值应为 $V_{CEstat} > V_{CEsat}$ 。 V_{CEref} 的延时时间受电容 C_{ref} 及电阻 R_{ref} 共同控制，它控制 IGBT 导通后到 V_{CEsat} 监测启动之间的盲区时间 t_{dead} 。为了避免误报故障，在 IGBT 导通瞬间（这时的 $V_{CE} > V_{CEref}$ ）必须为 V_{CEsat} 下降提供足够的盲区时间 t_{dead} 。因为 V_{CE} 监测的内部门槛电压被限定在 10V，在 IGBT 导通瞬间，当 V_{CEref} 上升到 10V 时（即离开监测盲区 t_{dead} 后）只要 $V_{CEsat} > V_{CEref}$ ，“ V_{CEsat} 监控电路”即被触发并关断 IGBT。

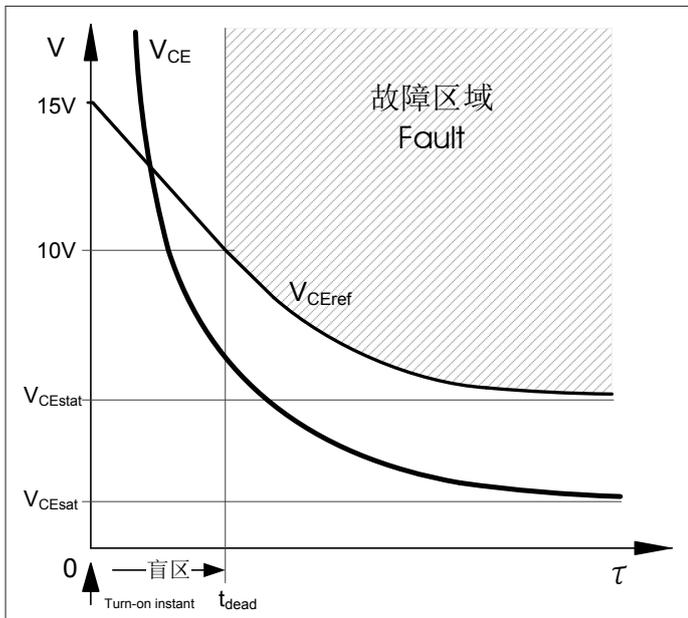


图 2.12 V_{CEsat} 电压监控曲线 V_{CEref} 及 IGBT 导通瞬间的 V_{CE} 电压波形示意图

调整盲区时间 t_{dead} 可以调整“ V_{CE} 监控电路”的监测灵敏度，通过调整电容 C_{ref} 的值可以延长监测盲区 t_{dead} ；通过调整电阻 R_{ref} 的值可以缩短监测盲区 t_{dead} 及降低 V_{CEstat} 监测的阈值 V_{CEstat} 。

有源动态“ V_{CEsat} 监控”电路可以高效检测到 IGBT 开通过慢故障、短路故障及任何导致 IGBT 开通过程变慢或导通压降变高的异常情况，比如电压升高或严重过流都会使 IGBT 开通过慢。

PSHI 0432 及 PSHI 0330 驱动核内置的 V_{CEref} 参数（出厂默认值）为： $R_{ref}=51k\Omega$ ； $C_{ref}=470pF$ ，对应的 $V_{CEstat}=7.5V$ ； $t_{dead}=6.0\mu s$ 。

实际使用时可以在驱动板上外接相应的 R_{ref} 、 C_{ref} 与内部的电阻及电容并联来得到合适的 V_{CEref} 参数（如图 2.1）。外接阻容 R_{ref} ； C_{ref} 与 V_{CEstat} ； t_{dead} 的对应关系如表 2.12

R_{ref}	C_{ref}	V_{CEstat}	t_{dead}	推荐值
---	---	7.5 V	6.0 μs	驱动核默认值
120 k Ω	---	6.9 V	4.7 μs	
	100 pF		5.7 μs	
68 k Ω	---	6.5 V	4.2 μs	
	100 pF		5.1 μs	
51 k Ω	---	6.2 V	3.75 μs	
	100 pF		4.5 μs	

	220 pF		5.3 μs	
33 k Ω	---	5.9 V	3.2 μs	
	220 pF		4.4 μs	
	330 pF		5.0 μs	
20 k Ω	---	4.8 V	2.5 μs	
	100 pF		2.9 μs	
	220 pF		3.5 μs	
	330 pF		3.9 μs	
	470 pF		2.9 μs	
	560 pF		3.5 μs	
	680 pF		3.9 μs	
	1000 pF		5.0 μs	

表 2.12 外接阻容 R_{ref} ； C_{ref} 与 V_{CEstat} ； t_{dead} 的对应关系表

三、前期检测

在正式使用之前建议首先对驱动器进行必要的简单测试，以确定驱动器工作是否正常。在没有连接 IGBT 模块的情况下，需要短接每路输出的 C 极及 E 极（即 C1 与 E1 短接；C2/E1 与 E2 短接；C3/E2 与 E3 短接；C4/E3 与 E4 短接）以屏蔽驱动器的故障监测（如果连接到 IGBT 模块测试则无需短接），用四通道示波器同时观察 4 个门极信号 G1，G2，G3，G4 的输出波形，如果仅有二通道的示波器，则需要对 G1，G2 和 G3，G4 的输出波形分别测量。

3.1、时序逻辑检测，驱动器的时序逻辑如下表

	TOP		BOT		TOP		BOT	
	V_{IN_1}	V_{IN_2}	V_{IN_3}	V_{IN_4}	V_{GE_1}	V_{GE_2}	V_{GE_3}	V_{GE_4}
1	-	-	-	-	-9V	-9V	-9V	-9V
2	●	-	-	-	-9V	+15V	-9V	-9V
3	-	●	-	-	-9V	+15V	-9V	-9V
4	-	-	●	-	-9V	-9V	+15V	-9V
5	-	-	-	●	-9V	-9V	+15V	-9V
6	●	●	-	-	+15V	+15V	-9V	-9V
7	●	●	●	-	+15V	+15V	+15V	-9V
8	-	●	●	●	-9V	+15V	+15V	+15V
9	-	-	●	●	-9V	-9V	+15V	+15V

* ●表示开通信号。上表 2 项及 5 项所示的二种控制信号是三电平拓扑控制禁止出现的信号，这里只是列出驱动器的纠错功能。

3.2、时序死区检测，由于驱动器集成的时序死区 t_{DON} 及 t_{DOFF} 在正常的三电平信号控制下被控制信号完全覆盖而无法显示，要想直观显示这些时序死区，建议分别将 V_{IN_1} 与 V_{IN_2} 输入端并联作为上桥臂 TOP 输入端； V_{IN_3} 与 V_{IN_4} 输入端并联作为下桥臂 BOT 输入端，用二电平的互补信号来控制。断开其中一根 C 与 E 的短接线可以观察到故障关断时的时序波形。如图 3.2

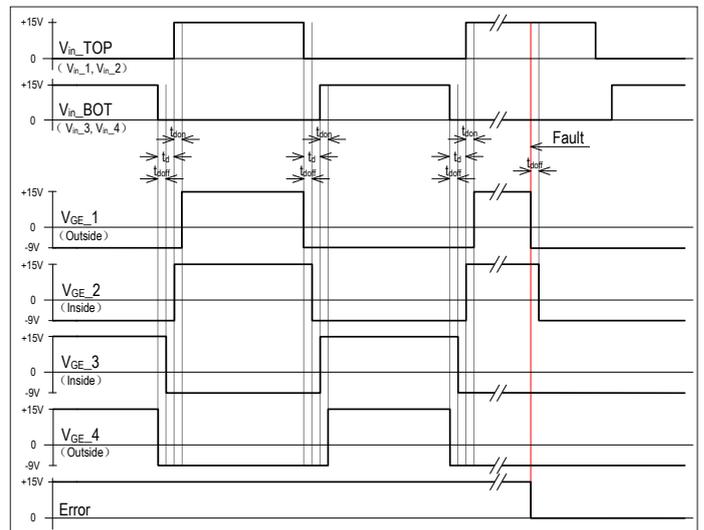


图 3.2 二电平信号控制下的开关时序及故障关断时序测试波形示意图

3.3, 双脉冲测试

在正式使用之前建议在实际使用的环境下做些脉冲测试，以确定驱动器预置的门极参数和保护参数是否合适，如双脉冲测试及短路测试。由于主回路总是存在寄生电感，这些杂散电感可能会对 IGBT 正常工作带来一些影响，驱动器预装的门极参数（如门极开通电阻 R_{GON} ，关断电阻 R_{GOFF} 及门极电容 C_{GE} ）可能不适合这些主回路使用，用户可以通过双脉冲测试来优化这些参数。如在 IGBT 额定电流 I_C 下开通时驱动器保护，这可能是存在过大的门极开通震荡，需要适当增加门极电阻 R_{GON} 来减缓开通速度，减轻震荡，适当增加门极电容 C_{GE} 来吸收这些震荡，降低导通压降，而不一定是保护阈值过低造成驱动器误报故障，而门极电阻温升过高则需要减小门极电容 C_{GE} 的值以减小门极损耗；关断尖峰过高则需要适当增加关断电阻 R_{GOFF} 来抑制关断电压尖峰。这些参数优化均需要脉冲测试来确定。

三电平拓扑的结构复杂性使双脉冲测试较为复杂，由于 POWER-SEM 三电平驱动器内部集成的时序控制可以支持二电平信号直接驱动三电平拓扑，使得三电平拓扑的双脉冲测试与普通二电平脉冲测试一样简单并且无风险。测试电路如图 3.3.1

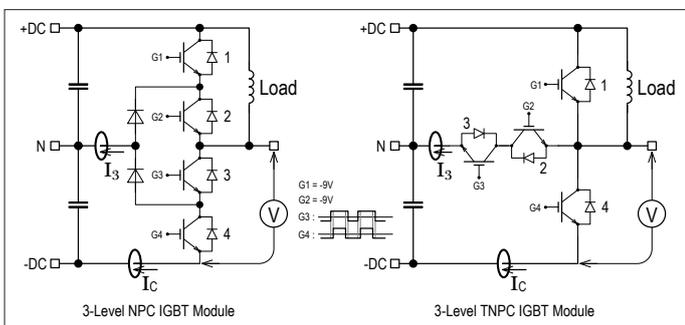


图 3.3.1 二电平控制的三电平双脉冲测试电路示意图

驱动器控制端分别将 V_{IN_1} 与 V_{IN_2} 输入端并联作为上桥臂 TOP 输入端，并且可靠接 GND（不得悬空）； V_{IN_3} 与 V_{IN_4} 输入端并联作为下桥臂 BOT 的测试脉冲输入端输入端， V_{GE_3} 与 V_{GE_4} 之间的开关时序由驱动器自动产生。如图 3.3.2

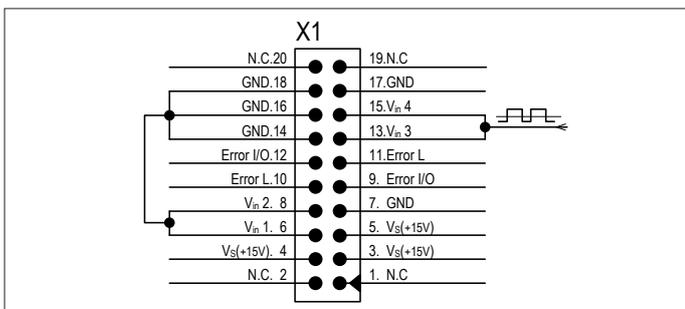


图 3.3.1 三电平双脉冲测试的二电平控制接口示意图