

CW_DIFF_PROBE_35

差動隔離測試板 使用說明書

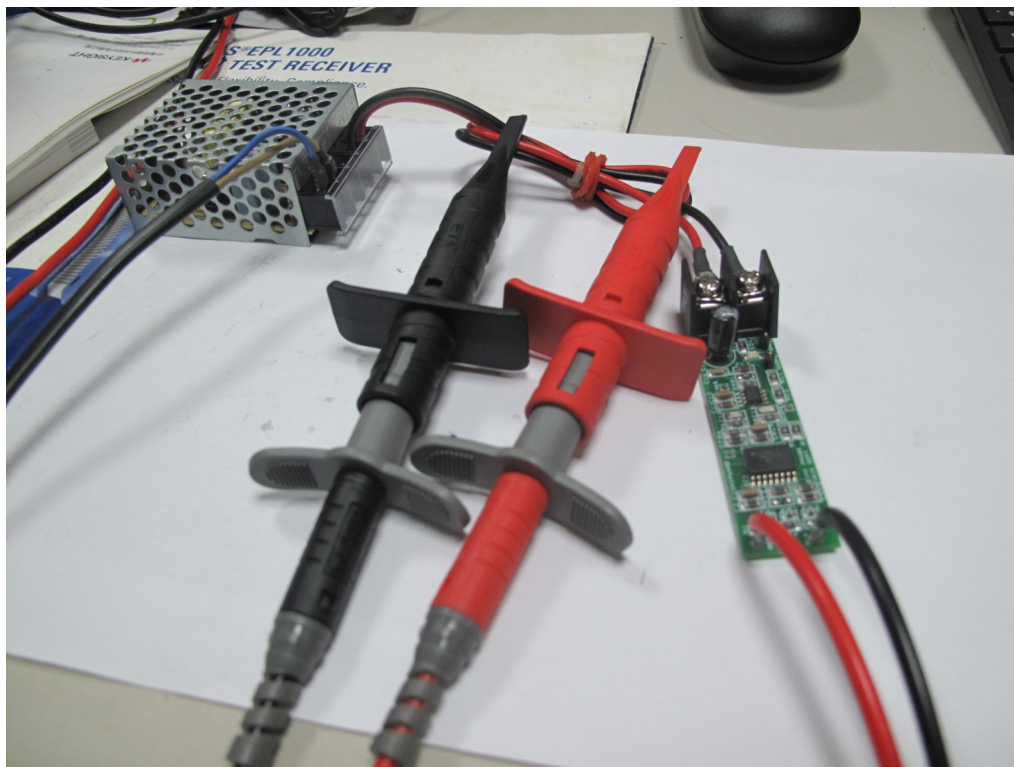


圖 1 一套完整的差動隔離測試板

版本：V2.0（2025 年 10 月修訂）

旗威科技有限公司 CHIPWARE SYSTEMS INC.

高雄市三民區昌裕街 18-1 號

TEL : 07-395 5152

<http://www.chipware.com.tw>

chipware@chipware.com.tw

service@chipware.com.tw

版本修訂記錄

版本	日期	修訂內容
V1.0	初版	原始說明書
V2.0	2025/10	新增安全章節、圖表更新

一、安全注意事項

在開始操作前，請務必詳閱以下安全事項，以確保人員與設備安全。

1. 請勿在電路帶電狀態下插拔測棒或調整電阻值。
2. 若量測電壓超過 48V，請使用絕緣手套並保持安全距離。
3. 示波器的 GND 端不得與高壓端共地。
4. 在不確定電位差時，請先以萬用電錶確認。
5. 操作環境請保持乾燥、清潔。
6. 若 LED 不亮或隔離板發燙或輸出異常，請立即關閉電源並檢查接線。

二、產品介紹與用途

2.1 產品概述

差動隔離測棒是一款專為馬達驅動器與 PWM 控制電路設計的差動隔離測試工具，可安全量測驅動器上不同電位間信號。

2.2 主要特點

- 採用 TI AMC3330 線性隔離 IC。
- 差動輸入與輸出、完全隔離地端。
- 頻寬約 350kHz。
- 內建 +2.5V offset 輸出。
- 小電流消耗 (<40mA)，可共用 5V3A 電源。

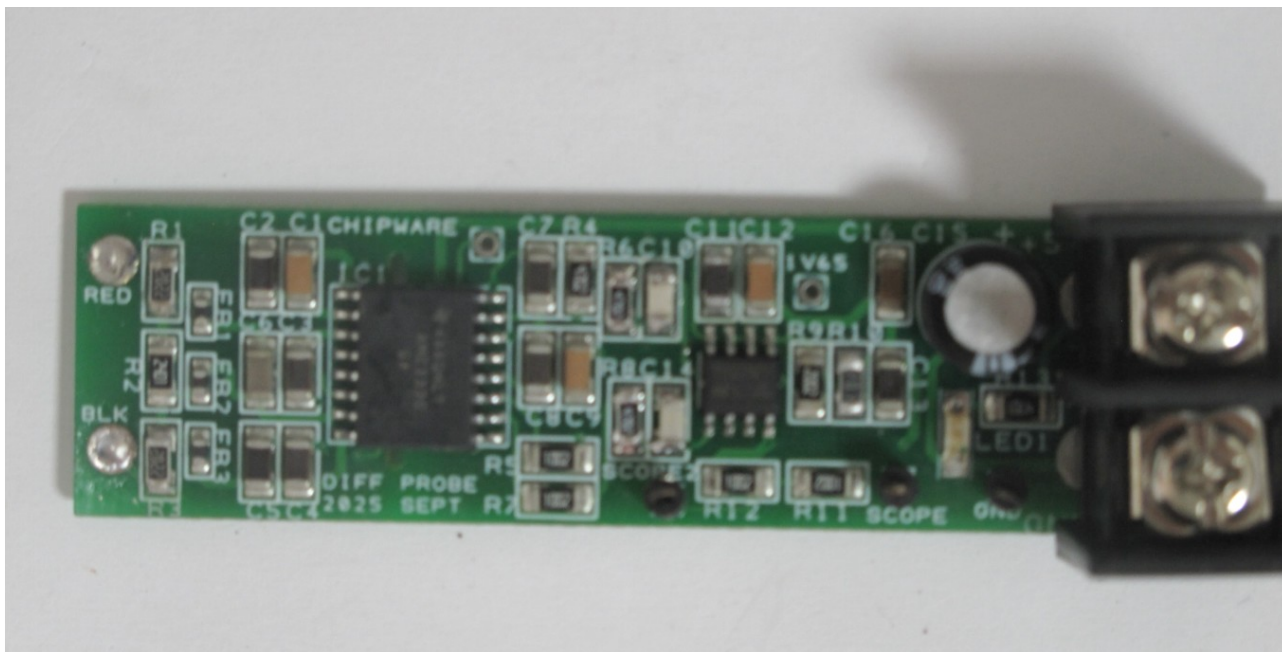


圖2 差動隔離板的全貌

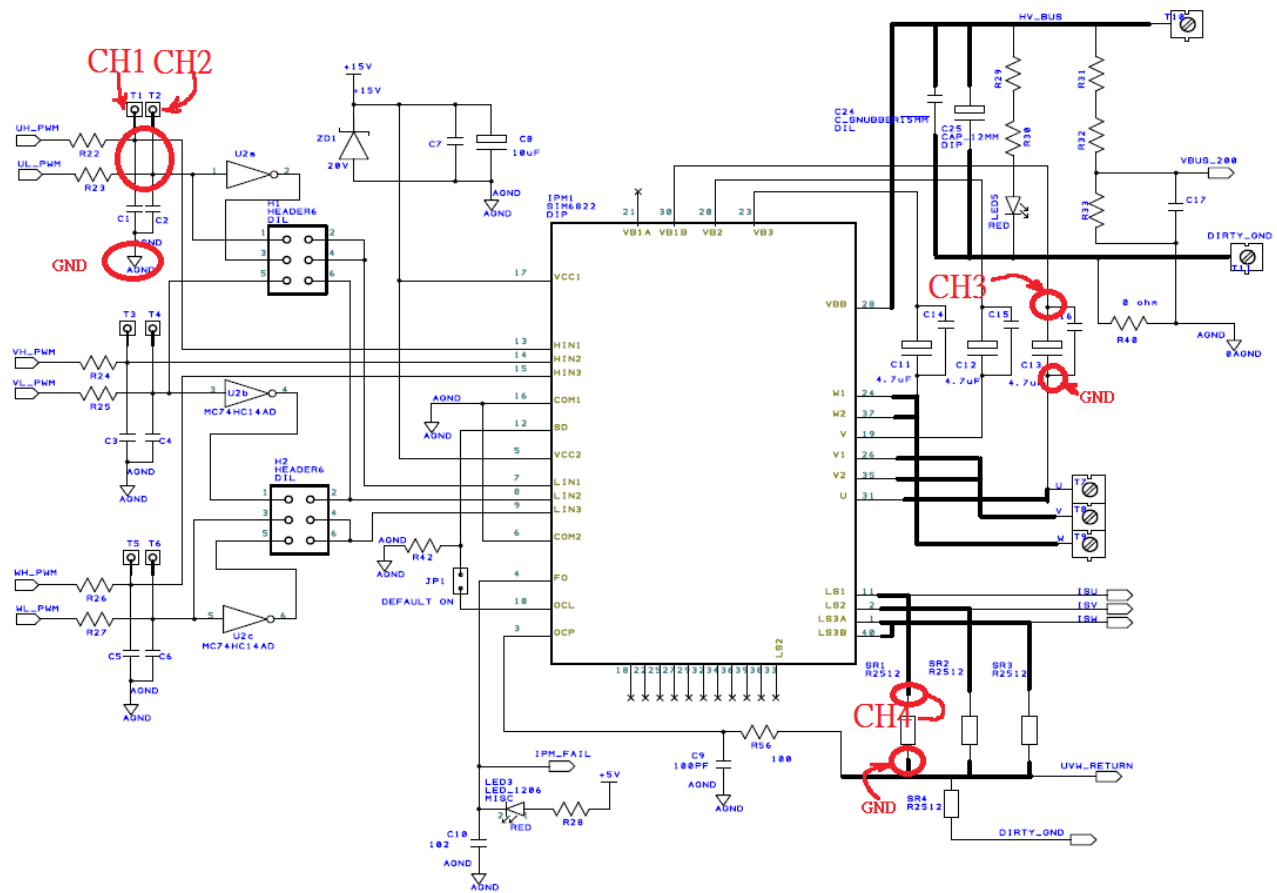
2.3 差動隔離測棒的特點

當你用示波器來量測馬達驅動器的多點信號時，一定會碰到 GND 地端的鱷魚夾要夾在哪裡的問題？如果都是看 MCU 送出來的 PWM 信號，那 GND 端就是 MCU 的數位 GND 這一點。可是如果要同時觀看 MCU 送出的 PWM 信號和功率輸出端的三相信號時，你就要小心再小心了。因為只要你的 GND 夾錯了，輕則馬達驅動器損壞，重則連示波器也一併掛彩，這原因是你把不同電位的點都當成 GND 點，把這些點當成示波器的參考 0 點，只要馬達驅動板一通電或一動作後，立刻造成電路板上電流的不正常流動，有可能零件損壞或銅箔因大電流而熔斷燒毀。

有經驗的工程師會跟你說，碰到這種情況最好是用隔離測棒來量，就不會有 GND 的困擾出現了。因為隔離測棒的正確名稱是差動隔離測棒，它只量測紅黑測棒間的電壓差，然後用信號隔離的方式，把信號轉送到輸出端(OUTP 和 OUTN)，這也是信號差動的輸出，只要我們外加一個差動運算放大電路，選一個頻寬 GBW 10MHz 以上和 slew rate 較高的運算放大器 OP，就可以忠實地呈現出原來信號的樣子。

旗威科技設計的差動隔離測試板就是依照上述的精神來設計的，用了一枚 TI 的線性隔離 IC AMC3330 和軌對軌的單電源 OP(+5V 供電)組合而成，在馬達驅動器的 20KHz 信號量測上應該已經足夠有餘了。隔離測棒的紅測棒請接信號的較高電壓端，黑測棒請接待測信號的較低電壓端，請注意這個黑測試棒這點不一定要是 GND 點。

圖 3 請留意 CH3 和 CH4 一定要用隔離測棒量測，否則會有驅動器或示波器損壞



三、產品構成與配件

3.1 標準配件

- 差動隔離測試主板 x1
- 紅黑量測勾棒 x1
- 紅黑量測導線 x1
- +5V/3A 交換式電源供應器 x1

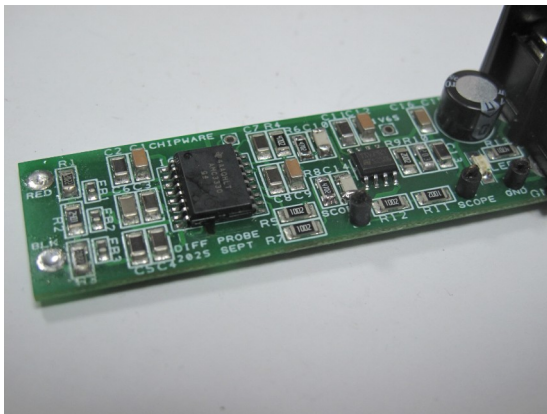


圖 4 隔離測棒的所有附件照片

3.2 差動隔離測棒實體相關附件說明

隔離板主體:由紅黑線輸入待測的電壓信號，輸出則是示波器連接點(SCOPE 和 GND)

量測用紅黑線:與數位電錶同等級的測試線材

紅黑測試棒(勾棒):可耐高壓的測試勾棒

+5V3A 電源供應器:可同時供應多組隔離測試板用

3.3 技術規格摘要

項目	規格
主控制 IC	德儀 TI AMC3330
隔離耐壓	1200 Vrms
供電電壓	+5.0V $\pm 5\%$
頻寬	約 350 kHz
靜態耗電	<40 mA
操作溫度	-40°C ~ +125°C
典型輸入範圍	$\pm 40V$ (可調整)
典型輸出範圍	0.5V ~ 4.5V
LED 顯示	紅色電源指示燈

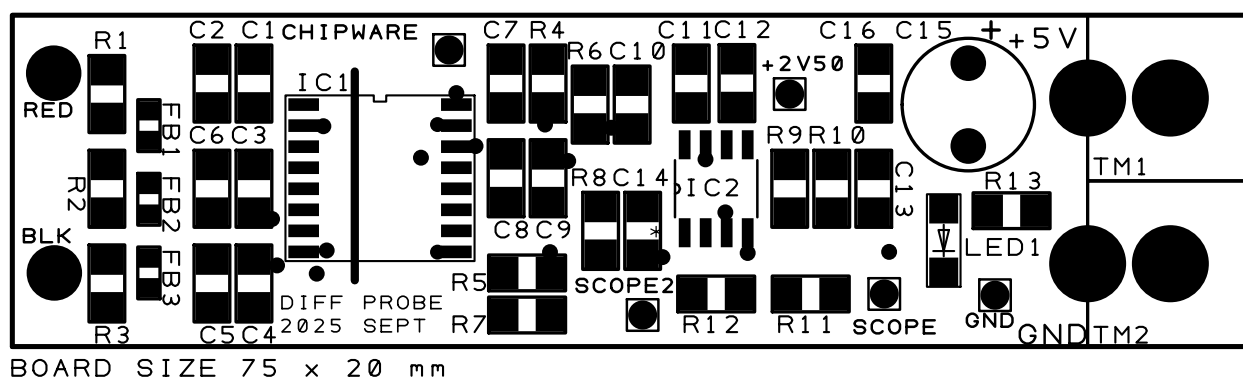


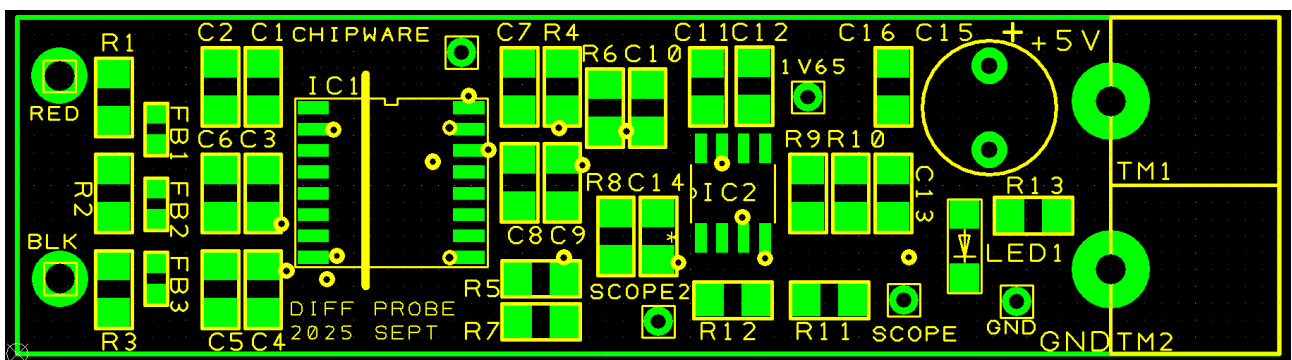
圖 5 +5V 供電的正負端和接示波器的 SCOPE 和 GND 都在照片右邊，最右邊則是供電的+5V 和 GND

四、Quick Start

請注意，輸入端的衰減電阻阻值，出廠內定值是R1=47K，R2=2K4，R3=47K。本隔離板內定是量測40V以內的信號，其衰減值是1/20，請先確定輸入的電壓峰值必須小於40V，輸入電壓超過40V時，有可能造成隔離IC的損壞，請務必留意！若要度量更高的電壓值請自行更改這三個電阻值，但請看完這裡所有的說明，明白其中的道理後才進行變動。

4.1 DC 靜態電壓量測

- 步驟1 請對隔離輸入板供應+5.0V的電壓，並看到紅色LED燈亮，這電壓越準確會越好
- 步驟2 插上紅色與黑色的隔離測試勾棒，數位電錶分別搭在隔離板的SCOPE和GND點上
- 步驟3 找來可輸出到40V的直流電源供應器，輸出不接到隔離板上，先用數位電錶觀察紅黑測棒上的SCOPE電壓，量到的電壓應該是+2.50V
- 步驟4 電源供應器送電並將輸出調整在10.0V左右，然後用隔離測棒勾好，紅測棒接+10V端，黑測棒接0V端，這時數位電錶改觀察隔離板的輸出SCOPE電壓
- 步驟5 數位電錶量測隔離板的輸出(SCOPE和GND)應該是+3.00V上下
- 步驟6 電源供應器調整到+20V輸出，隔離板的輸出成為+3.50V上下
- 步驟7 電源供應器再調整到+30V輸出，隔離板的輸出成為+4.00V上下
- 步驟8 電源供應器再度調整到+40V輸出，隔離板的輸出成為+4.50V上下，此時的誤差應該稍大一點
- 步驟9 如果每10V的變化就可以讓隔離板也有0.5V的變化，這表示這塊隔離板是正常運作的，接下來你可以拿來量測馬達驅動器的所有動態信號了
- 步驟10 V_{test} 待測DC電壓的計算公式 $V_{test} = (V_{measure} - 2.50) \times 20 \text{ (Volt)}$



4.2 AC 動態電壓量測

- 步驟1 請對隔離輸入板供應+5.0V的電壓並看到紅色LED燈亮，插上紅色與黑色的隔離測棒主體，數位示波器分別勾在隔離板的SCOPE和GND點上
- 步驟2 示波器的輸入方式先切在DC mode，此時示波器顯示的橫軸電壓應該在+2.5V上，這表示隔離板沒信號時的輸出值正在供應電壓的中點上
- 步驟3 示波器的輸入方式改切在AC mode，它會把DC+2.5V的直流成分濾除，只顯示AC交流的信號
- 步驟4 把紅黑勾棒夾在馬達三相的UVW輸出端其中兩相，直接觀看兩相的PWM信號。這個動作只有用隔離測棒才可以量測，主要理由是解決共地的問題，請特別小心
- 步驟5 把示波器的其他CH拿來觀察MCU的PWM輸出信號，此時量測的GND地端是MCU的GND，也是隔離板電源的GND。**隔離板的紅黑測試勾棒跟這裡的GND一點關係都沒有，而且與紅黑測棒有超過1200Vrms的隔離電壓保護**
- 步驟6 由於AMC3330隔離IC的硬體限制，其輸入頻寬被限制在350KHz左右，在實際操作量測時，超過20KHz的信號會被衰減或延遲，信號可能稍有變形。此點在量測時請留意

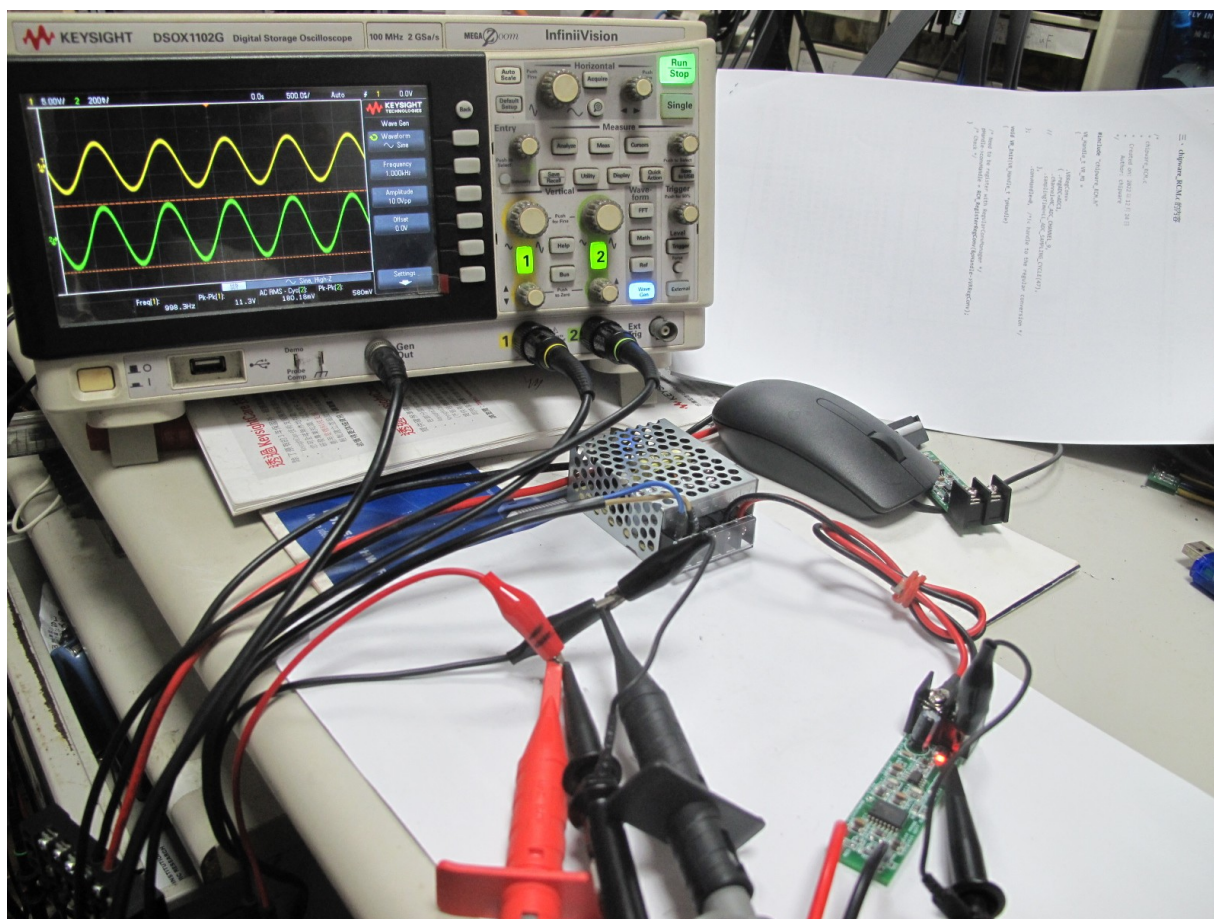


圖7 隔離測試板的交流信號量測

五、使用前特別說明

測棒量測待測電路前，請先確認輸入端的 R1、R2、R3 電阻的阻值，以免損壞隔離 IC 的輸入點，此點請務必留意。如果 R1 和 R3 的阻值只有數十 K 歐姆，應該就是用在低壓(<48V)的量測。反之 R1 和 R3 的阻值有數百 K 歐姆，應該就是用在較高電壓的量測上。當量測電壓超過 48V 以上時，請注意自身的安全。AMC3330 隔離 IC 的資料顯示，其耐壓的程度約為 1200Vrms 左右，對於一般的隔離量測都已足夠。

如果你要量測較高電壓的信號，請自行更換 R1, R2 和 R3 的阻值，正確的計算方式請看稍後的敘述。

5.1 隔離 Probe 使用說明

步驟 1

請確定外接的+5V 電源的電壓是正確的，並用正式端子接在隔離板上，接上後隔離板上的紅色 LED 會亮起來，這時用數位電表再次檢查供應電壓，並且量測標示 1V65(silkscreen 文字標示錯誤)的測試點，這點應該是+2.50V 才對

步驟 2

將示波器的測棒分別接上，請先接上 GND 點，再勾住隔離板的 SCOPE 輸出點。如果不接任何輸入時，隔離板的輸出將保持在供電中點電壓+2.50V 上下

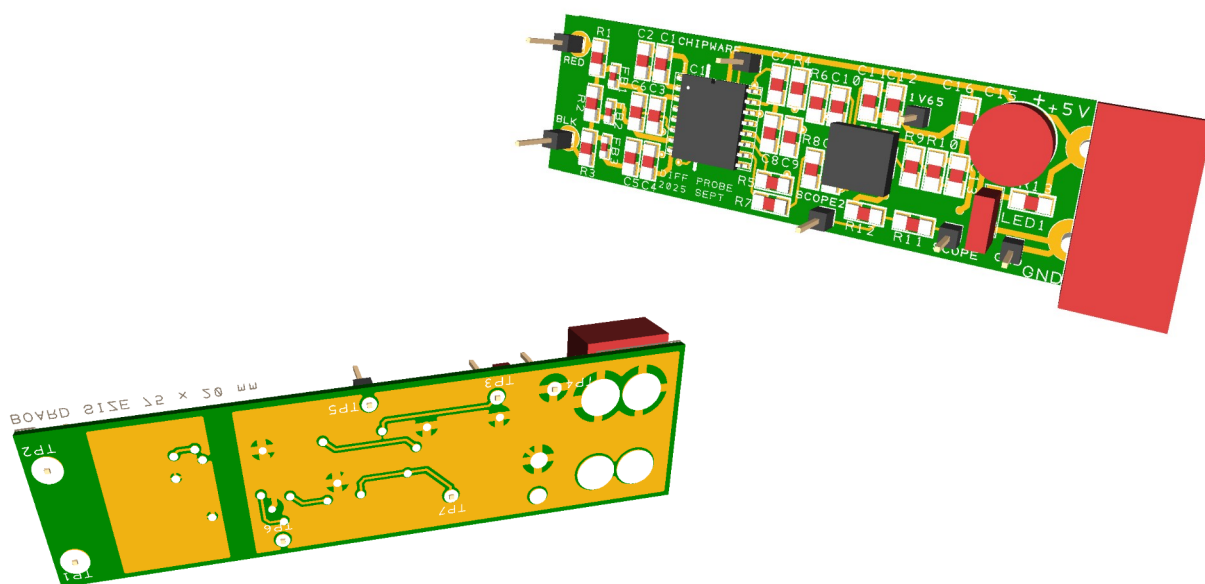
步驟 3

把要量測的信號點用隔離板專用的紅黑測試勾棒接上，請留意輸入電壓不得超過量測範圍

步驟 4

調整示波器的水平和垂直旋鈕，以便得到一個有效可讀取的穩定值

圖 8 PCB CAD 產生的隔離測試板的 3D 畫面



5.2 隔離 Probe 主要電路動作說明

本隔離板是以德州儀器(TI)的 AMC3300 線性隔離 IC 為主體，配合高速運算放大器組成一個馬達驅動器專用的信號測量板。圖 9 為基本的控制方塊圖，輸入的信號經過電阻衰減到 $\pm 1V$ 的電壓值範圍，經過 AMC3300 隔離線性 IC 轉換後，變成 $\pm 2V$ 的電壓值，再經過 OP 做 1:1 只緩衝不放大，然後又 offset 到 $+2.5V$ 中點上，讓 OP 在 $+5V$ 供電下有最大的振幅，最終成為振幅 $0.5V-4.5V$ 的電壓輸出信號。

本隔離電路的重要精神就在輸入端電阻(R1, R2, R3)衰減的比例上，基本上 R1 和 R3 的阻值相同，而且 R1 和 R3 的阻值比 R2 大至少 20 倍以上。R2 上的電壓值原廠建議不得超過 $1.00V$ ，我們可以先從 R2 的阻值上算出流過的電流 $I = 1.0V/R$ ，然後可以推算出最大的輸入 AC 或 DC 電壓峰值，進而推導出這塊隔離板的轉換比例，以下就是幾個量測的參考計算範例。

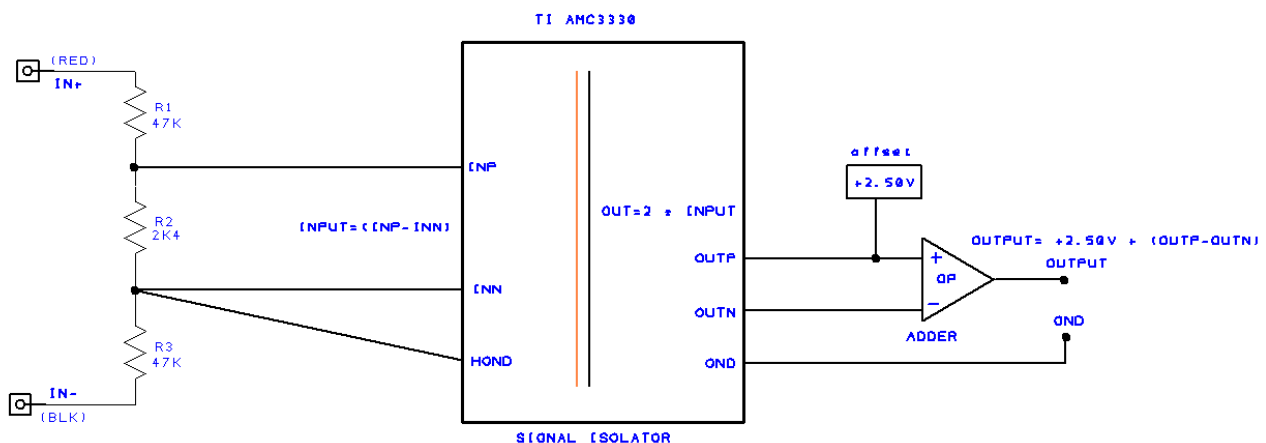


圖 9 輸入端衰減電阻 R1, R2, R3 的選擇很重要

5.3 輸入衰減範例

範例 1

$R1=47K$, $R2=2K4$, $R3=47K$ 。假設 $R2$ 上的電壓差是 $+1V$ ，則流過 $R2$ 的電流值
 $1V/2400=0.416mA=416\mu A$

另外加在輸入端的電壓是

$0.416mA \times (47000+2400+47000)=40102.4 \text{ mV}=40.1V$ ，輸入的最大電壓最好不要超過 $40V$ 這個值

當輸入是 $40.1V$ 時，隔離 IC 右邊的輸出就變成 $+2V$ ，再加上 $+2.5V$ 的 offset 電壓，最後的輸出值就是 $+4.5V$

此時的電壓轉換比例就是 $40.1V/2V=20.05$ ，大約就是 20 比 1，若輸入 $20V$ 時，輸出就是 $1V+2.5V(\text{offset})=3.5V$

範例 2

$R1=100K$, $R2=2K4$, $R3=100K$ 。假設 $R2$ 上的電壓差是 $+1V$ ，則流過的電流值
 $1V/2400=0.416mA=416\mu A$

加在輸入端的電壓是

$0.416mA \times (100K+2.4K+100K)=84.2V$ ，輸入的量測最大電壓最好也不要超過 $84.2V$ 這個值

這時隔離 IC 的輸出就變成 $+2V$ ，再加上 $+2.5V$ 的 offset 電壓，最後的輸出值就是 $+4.5V$

此時的電壓轉換比例就是 $84.2V/2V=42.1$ ，約就是 42 比 1，若差動端輸入 $42.1V$ 時，輸出就是 $(42.1V/42.1)+2.5V=1V+2.5V=3.5V$

範例 3

如果我們要隔離板做 50 比 1 的轉換，在 $R2$ 不變時， $R1$ 和 $R3$ 要如何計算？

$0.416mA \times (X+2.4+X)=100V$ ，所以 $X=119K=R1=R3$

驗算一下

$0.416mA \times (119+2.4+119)=100V$ ，這代表 $R1$ 和 $R3$ 都必須是 $119K$ 歐姆

範例 4

如果我們要量測 $110Vac$ 的信號，該交流信號的峰值有可能會到 $160V$ 左右，所以我們的轉換比例至少要到 100/1 才行，假設允許的最大電壓是 $200V$ 。原廠的資料有建議流過隔離 IC $AMC3330$ 的電流至少要 $100\mu A$ 以上，才能有較高的精度，我們就選用 $R2=10K$ ， $R2$ 上的壓降剛好是 $1V$ ，所以流過 $R2$ 的電流值 $=1V/10K=0.1mA=100\mu A$ 的值來進行推導

$0.1mA \times (X + 10 + X)=200V$ ，所以 $X=995K$ 歐姆 $=R1=R3$

當我們在隔離板上得到 $3.1V$ 電壓值時，輸入端的電壓應該是 $(3.1V-2.5V) \times 100 \text{ 倍} =+60V$

範例 5

R1=47K, R2=2K4, R3=47K 時，輸入 10Vdc 電壓時，紅色正端接+10V，黑色負端接 0V，隔離板的輸出值為何？若故意反接紅色正端接 0V，黑色負端接+10V，隔離板的輸出值又為多少？

先用桌上型精密電表確認輸入直流電壓是+10.0V（實測值為 9.99316V）

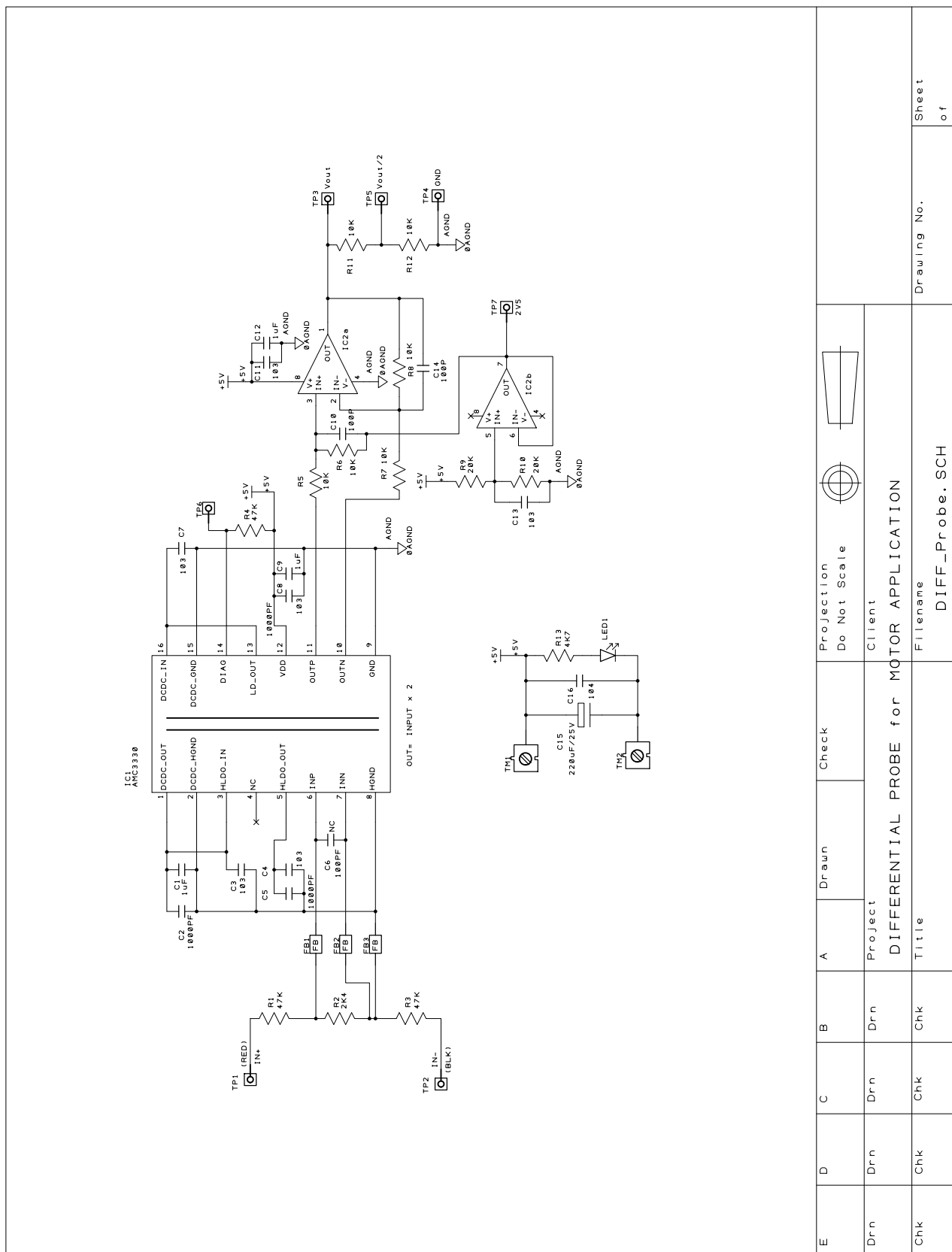
R2 上的電壓差為 $10V \times 2.4 / (47 + 2.4 + 47) = 0.2489V$

隔離 IC 的輸出為 $0.2489 \times 2 = 0.4979V$

OP 的輸出要再加上 offset 2.5V，最後是 $2.5 + 0.4979 = 2.9979V$ （實測值為 3.00071V）

而當我們把差動測棒紅黑顛倒接的時候，輸出是 $2.5 - 0.4979 = 2.0021V$ （實測值為 2.00747V）
所以靜態的 DC 電壓量測也是可行的

圖 10 差動隔離測棒完整電路圖



六、隔離測棒配合示波器觀察動態信號照片

圖 11 差動測棒不接時，隔離輸出板的輸出在+2.5V。C1 輸入信號(YEL)，C3 輸出信號(BLU)

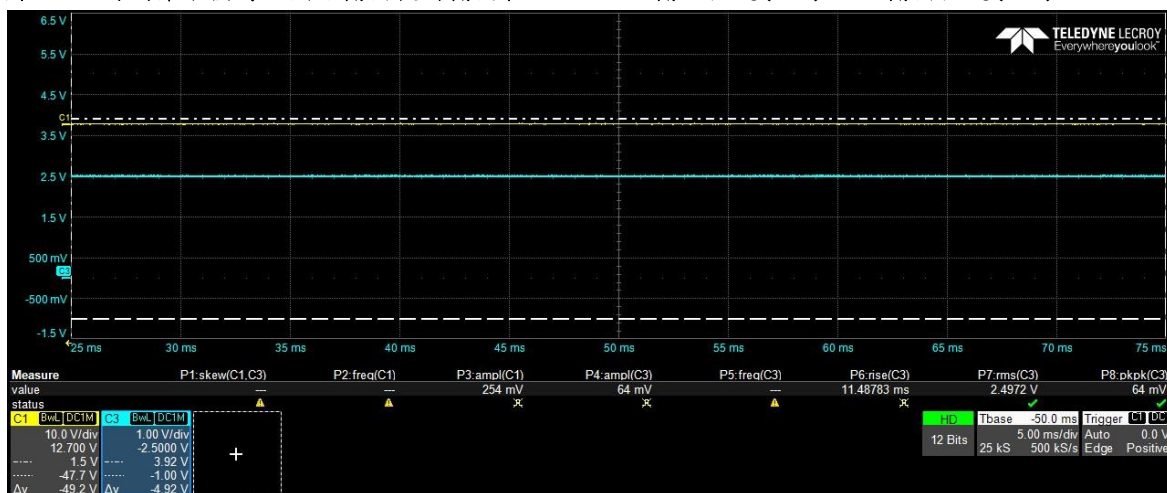


圖 12 1KHz 弦波信號驗證。C1 輸入信號(YEL)，C3 輸出信號(BLU)

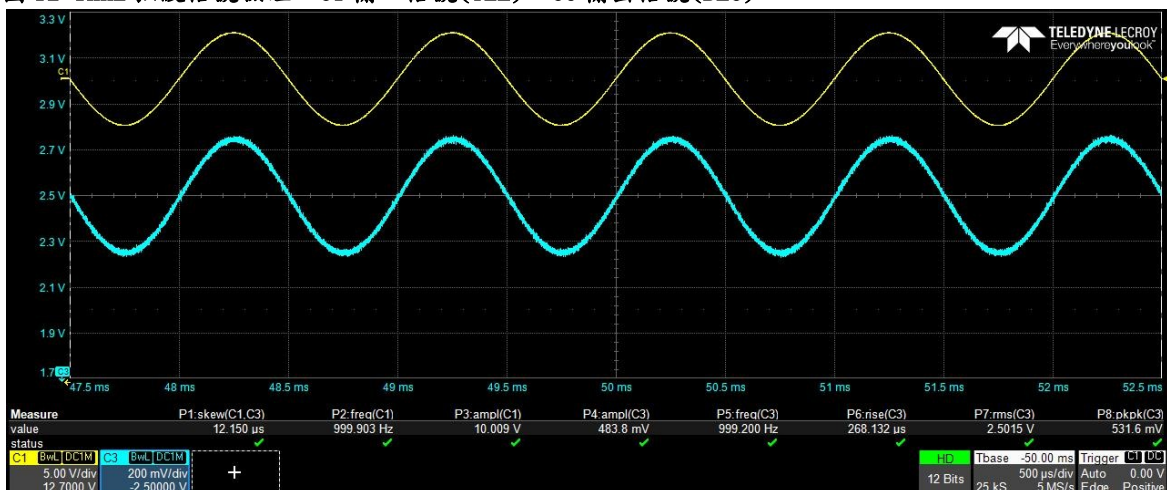


圖 13 10KHz 弦波信號驗證。C1 輸入信號(YEL)，C3 輸出信號(BLU)



圖 14 20KHz 弦波信號驗證。C1 輸入信號(YEL)，C3 輸出信號(BLU)



圖 15 10KHz 方波信號驗證。C1 輸入信號(YEL)，C3 輸出信號(BLU)

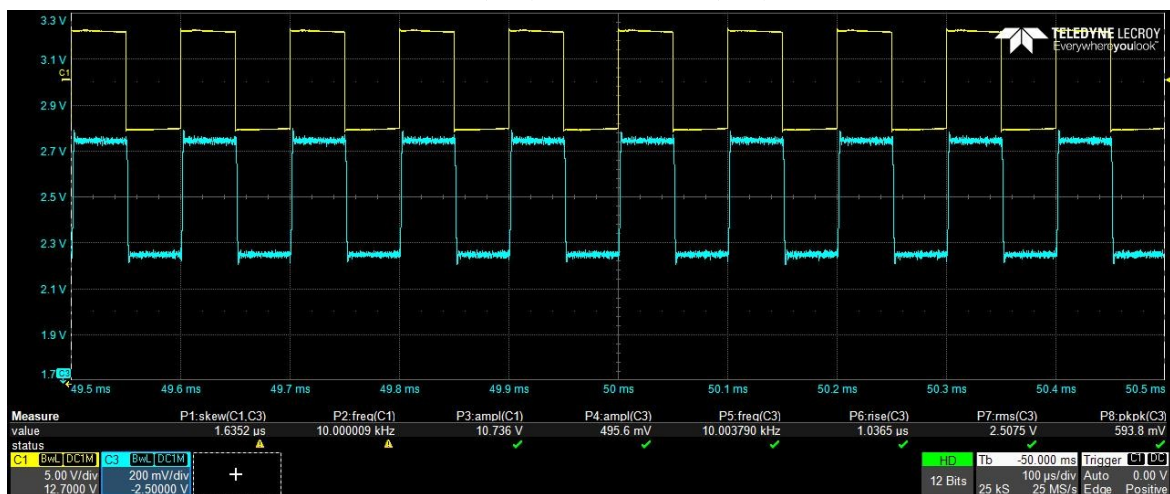


圖 16 20KHz 方波信號驗證。C1 輸入信號(YEL)，C3 輸出信號(BLU)



七、差動隔離測棒正確的使用方法

- 1 AMC3330 的溫度範圍由-40 度 C 到+125 度 C，絕對符合量測的需要
- 2 R2 衰減電阻上的電壓盡量不要超過 $\pm 1.0V$ ，原廠標示可允許的最大值在 $\pm 1.25V$ ，我們預留了兩成的裕度
- 3 整塊隔離板的耗電只有 40mA 不到，可以三塊隔離板共用一台 5V3A 的交換式電源
- 4 進行動態量測時，請先勾住黑測試棒再來才勾住紅測試棒。移除量測時，請先移除紅測試棒，接下來才移除黑測試棒，請注意順序很重要
- 5 調整測量點時，請先關閉隔離板的電源，以免發生意外
- 6 隔離板的底部不可有任何金屬削削殘留，否則會有電路短路的情事發生
- 7 隔離測試勾棒都有 1000V 以上耐壓的能力，建議儘量採用這種連接方式及測量
- 8 隔離板的衰減電阻 R1, R2, R3 可以視需要調整，規格為 SMD1206 的包裝，其他零件則不建議自行調整，除非你對電路非常理解
- 9 量測其間若有發生問題，請先確認供應電源是否為+5.0V，測棒空接時 SCOPE 輸出的電壓應該是+2.50V，亦即供應電壓的一半。若不是+2.50V 時，請移除電源進行維修
- 10 若仔細觀察方波信號的輸出，你會發現有 1-1.5 μs 左右的信號延遲，這是 AMC3330 零件本身隔離信號傳遞的問題，在我們觀察馬達驅動信號時，這問題應該影響不大。如果是真的高速高壓的電路量測時，建議改買市售的隔離測棒來進行量測

圖 17 AMC3330 這類的零件，對於方波信號的反應會有一小段時間延遲，通常約是 1-2 μs ，照片摘自網路

