

測試案例解析傳輸秘辛 DP連接電競高規格顯示器

文 | 柯盛智

電競產業持續成長，根據德國 Statista 調研機構統計，2023年，當全球最受歡迎電競遊戲《英雄聯盟》世界總決賽時，吸引了超過640萬人次觀看，遠超過當年NBA賽季的電視觀眾人數156萬人。此外，根據NewZoo報告預測，2025年，全球電競觀眾將高達6.4億人，相當於全球每8人中就有1人觀看電競賽事。2024年國際奧林匹克委員會也正式投票通過，宣布2025年將於沙烏地阿拉伯舉辦首屆奧林匹克電競運動會。此成長趨勢無疑為電競產業帶來更多商機，也使顯示技術在高解析度、多頻道傳輸及多設備

連接上的需求更加重要。

在全球多媒體技術高速發展的環境中，高畫質多媒體介面(High Definition Multimedia Interface, HDMI)和DisplayPort(DP)為兩大主流的視訊連接埠。自2000年代起，兩者在技術上各有其發展，分別以不同的產品類別在各自的領域中發光發熱。

HDMI特點是可支援高畫質影音傳輸，支援4K、8K解析度及HDR技術，並且可以同時傳輸音訊和影像，大部分應用在多媒體系統，例如電視、AV擴大機、機上盒和遊戲主機等領域，偏向於家電類產品的應用，普及率較高。

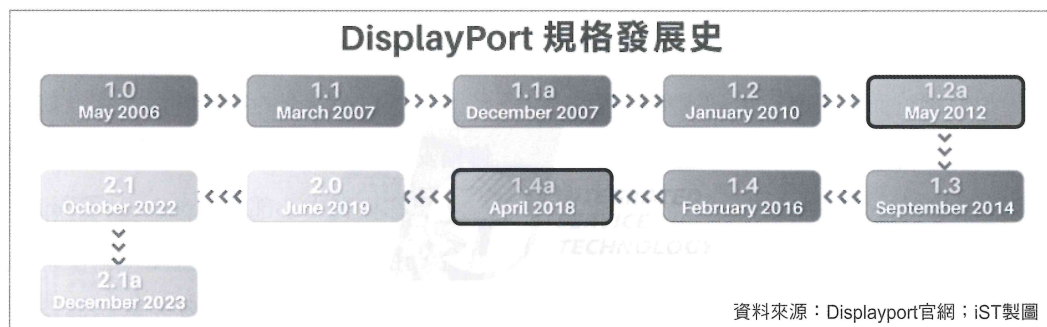


圖1 DP2.X經歷過了2.0, 2.1, 2.1a，由於2.0與2.1發布至今已經過了較久的時間，目前大家所討論的以DP2.1a標準為主。圖表灰色部分表示是版本過渡期；黑框部分為現行還有在執行認證使用的標準；淺灰色表示發展中

表1 DP2.1和1.4版本所支援的Link Rate，DP2.1也向下支援1.4的Link Rate。
UHBR: Ultra High Bit Rate; HBR: High Bit Rate; RBR: Reduced Bit Rate

DP version	2.1	1.4
Link Rate	• 20 Gbps/lane (UHBR20) • 13.5 Gbps/lane (UHBR13.5) • 10 Gbps/lane (UHBR10)	• 8.1 Gbps/lane (HBR3) • 5.4 Gbps/lane (HBR2) • 2.7 Gbps/lane (HBR) • 1.62 Gbps/lane (RBR)

資料來源：Displayport官網；iST製表

而DisplayPort特點是高刷新率、超高分解析度(理論值高達16K，但目前尚未有產品實際應用)，並可同時連接多個顯示器(需支援MST)，適合需要高性能和高頻寬的應用，常見於電腦顯示器、專業工作站。近年來DP亦與USB Type-C整合，在電競產業市場以及相容於USB Type-C的裝置有強大的優勢，亦可和通用序列匯流排(Universal Serial Bus, USB)與Thunderbolt等標準相結合。

本篇將針對DisplayPort(DP)近期測試上最常遇到的客戶難題，分享廠商如宜特訊號測試實驗室的實際案例，為客戶的產品前進電競市場、超高規專業影像處理等產業，提供第一手實用測試資訊。

為高效影音傳輸設計的連接標準

DisplayPort(DP)是由視訊電子標準協會(Video Electronics Standards Association, VESA)管理的視訊連接埠標準。DisplayPort是顯示晶片/顯示器產業開發的新一代影音傳輸介面，可以實現高顯示性能、高穩定性和多功能性，在各裝置間提供更好的使用

者體驗及操作。

從2006年第一個版本DP1.0開始，到2023年底最新推出的DP2.1a，DP已歷經超過十次的修訂(圖1)。現行最普及的版本為DP1.4，在2016年推出後將Data Rate從原本DP1.2最高支援5.4Gbps推高到了8.1Gbps，使其可以傳輸7680×4320p(8K)@30Hz的解析度，再搭配DP1.4的新功能影像壓縮傳輸(Display Stream Compression, DSC)後可以輕鬆地透過單條cable傳輸7680×4320p@60Hz的解析度。同時也導入了高動態範圍(High Dynamic Range, HDR)以及同步自動適應(Adaptive Sync)，讓整體的視覺體驗更上了一層樓。

近期推出的DP2.1可說是DP里程碑上的大躍進，先從Link Rate來看，從原本的8.1Gbps直接躍進到了最高可支援20Gbps；編碼也從原本的8b/10b新增支援128b/132b，使其能更有效率的使用通道；當然在DP2.1也支援DSC的功能(表1)，讓解析度也可以輕鬆地上到3840×2160p(4K)@240Hz或者是10240×4320(10K)@60Hz(未來規畫可支

援到16K的解析度，目前暫時還沒有看到產品實現)(圖2)。

為因應更高速率的傳輸，VESA也已推出新的傳輸線(Cable)以及Enhanced DP Connector規範，不過現行某些新規格的傳輸線長度仍較短，較不方便使用，為了解決這個問題，VESA正積極解決Cable長度的問題，相信不久後就可以看到相關的產品在市面上流通，讓整體的體驗更為順暢與方便(圖3)。不過測試者認為雖然目前有些規格的傳輸線較短，但實際應該可以應用在迷你電腦主機(例如Intel的NUC迷你電腦)掛在螢幕後面時使用，如此理

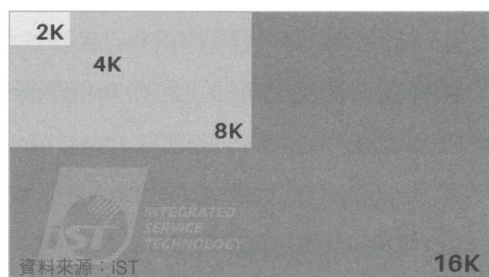


圖2 各解析度尺寸比較示意圖。解析度與頻寬的關係，概念上有如灌溉耕地時渠道的大小以及灌溉的面積；當需要灌溉更大面積的耕地時，就需要更大、更寬的渠道來進行水的供給

線就會更為方便。

DisplayPort多功能應用

DP的優點除了上述提到的具備超高刷新率、超高解析度，可提供觀影者更滑順流暢的畫面之外，還有以下幾個特點：

(一)支援性/擴充性

DP的裝置可以透過各類型的轉接頭(Adapter)來連接HDMI、數位視訊介面

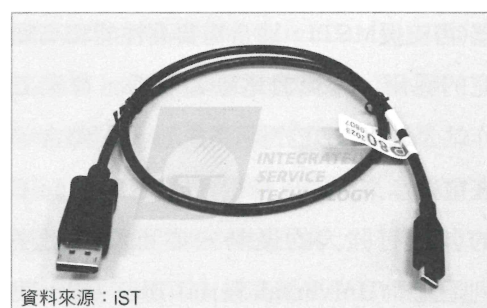


圖3 VESA推出的新傳輸線DP80 Type-C to Enhanced DP Cable(最高支援到UHBR20)，因傳輸線長度較短，使用上較不方便。另外，也因為傳輸線一端是DP接頭，另一端為Type-C接頭，在使用時只有單純的DP功能使用，無法像兩端都是Type-C連接埠的線材，可同時具備傳輸USB資料以及提供電力的能力，使用時要稍加留意

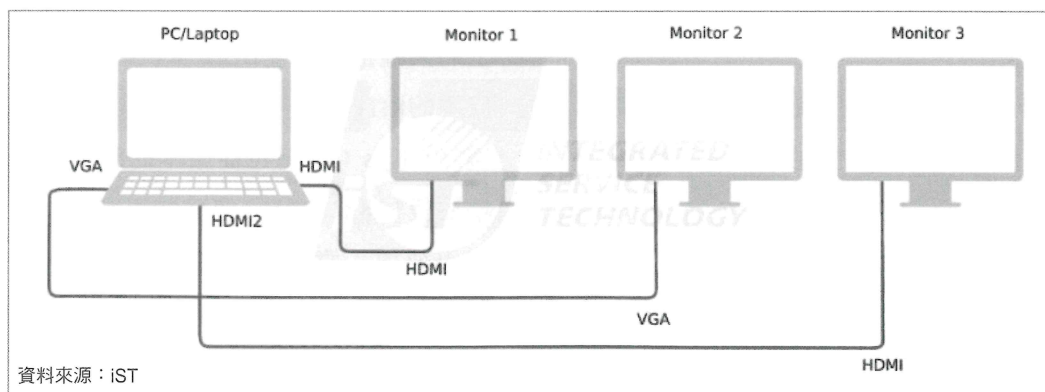


圖4 HDMI多螢幕工作圖示

(Digital Visual Interface, DVI)、視頻圖形陣列(Video Graphics Array, VGA)等傳統影像連接埠；在加入Type-C大家庭後，也可以簡單地透過一條Type-C cable進行影像、資料以及電力的傳輸；如果再搭配上Type-C的擴充基座(Docking Station)，就可以實現更多擴展的功能，可連接多種顯示連接埠，例如DP、HDMI、Type-C；又或是乙太網(Ethernet)、USB、SD Card 資料傳輸介面和耳機插孔、光纖音效傳輸介面等，工作者只需要攜帶筆記型電腦搭配擴充基座(Docking Station)透過一條Type-C傳輸線和兩個以上的擴充基座，就可以在多地點與多種裝置進行連接。

(二)多螢幕工作提升效率/娛樂體驗

如果工作上有多工的需求，DP還支援了多串流傳輸(Multi Stream Transport, MST)的功能，讓使用者只需透過簡單的接線，即可同時在多個螢幕上工作。以測試者的工作習慣來說，使用MST搭載三台螢幕，同時可以瀏覽四到六個文件檔案，讓整體工作效率提升。在需要時只拔除Type-C傳輸線就可以將筆記型電腦帶著走；又或是影像工作者，同時可以用直幅或橫幅來依照需求串接螢幕進行照片的編修；影音資料相關的工作者，也可以同時編輯瀏覽影片並跟夥伴開會討論，進行網頁文件閱讀等。在於休閒娛樂方面的使用

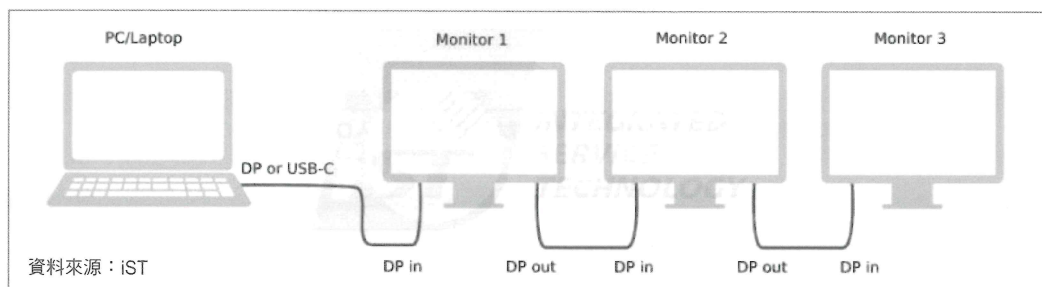


圖5 DP多螢幕工作圖示



圖6 MST與擴充基座(Docking Station)多螢幕實際使用情境，筆電可輕鬆串接三台螢幕以及周邊裝置

也是很方便的。

比較HDMI和DP多螢幕的連接方式(圖4~5)。使用HDMI連接多螢幕時，每個外接螢幕需要對應的HDMI插槽。然而，大多數筆電的HDMI插槽有限，因此難以擴展；而DP則能利用串接技術，將多個螢幕串連起來，進而擴展出更多外接螢幕(圖6)。

(三)螢幕透過傳輸線進行供電

測試者擁有一台有Type-C Port並支援DP ALT MODE的螢幕，該螢幕支援USB PD(Power Delivery)100W，也擁有一台微型電腦可透過Type-C Port來供電，這樣的組合配置下，僅需透過一條Type-C傳輸線就可以讓微型電腦靠著螢幕進行供電，並可同時傳輸畫面，USB裝置也可以透過螢幕

#	Timestamp	CH	OS	Power	Data	Cable PL	Type	Mes ID	Description
18	2s 721ms 1..	C..	SOP	Sink	UFP	Vendor_Defined	2		Discover SVIDs (ACK) (SVID=FF00h)(Object Position=0)(Ver.1.0)(SVID=FF01h)
19	2s 721ms 83..	C..	SOP	Source	DFF	GoodCRC	2		
20	2s 729ms 37..	C..	SOP	Source	DFF	Vendor_Defined	5		Discover Modes (Request) (SVID=FF01h)(Object Position=0)(Ver.1.0)
21	2s 730ms 15..	C..	SOP	Sink	UFP	GoodCRC	5		
23	2s 732ms 28..	C..	SOP	Source	DFF	GoodCRC	3		
24	2s 741ms 16..	C..	SOP	Source	DFF	Vendor_Defined	6		Enter Mode (Request) (SVID=FF01h)(Object Position=1)(Ver.1.0)
25	2s 741ms 94..	C..	SOP	Sink	UFP	GoodCRC	6		
26	2s 743ms 36..	C..	SOP	Sink	UFP	Vendor_Defined	4		Enter Mode (ACK) (SVID=FF01h)(Object Position=1)(Ver.1.0)
27	2s 744ms 4..	C..	SOP	Source	DFF	GoodCRC	4		
28	2s 751ms 58..	C..	SOP	Source	DFF	Vendor_Defined	7		DisplayPort Status Update (Request) (SVID=FF01h)(Object Position=1)(Ver.1.0)
29	2s 752ms 48..	C..	SOP	Sink	UFP	GoodCRC	7		
30	2s 753ms 99..	C..	SOP	Sink	UFP	Vendor_Defined	5		DisplayPort Status Update (ACK) (SVID=FF01h)(Object Position=1)(Ver.1.0)
31	2s 754ms 80..	C..	SOP	Source	DFF	GoodCRC	5		
32	2s 761ms 62..	C..	SOP	Source	DFF	Vendor_Defined	0		Vendor Defined Command (Request) (SVID=FF01h)(Object Position=1)(Ver.1.0)
33	2s 761ms 62..	C..	SOP	Source	DFF	Vendor_Defined	0		Vendor Defined Command (Request) (SVID=FF01h)(Object Position=1)(Ver.1.0)

Socket #22	Offs.	Len.	Field name	Value	Description	HEX	ASCII
Message Header	0..1	2	Port Capability	1h (1)	UFP_D-cabable	01	.
Data Object [1]	2..5	4	Signaling for Transport o..	1h (1)	Supports DP v1.3 signaling rates and electrical specification	01	.
Data Object [2]	6..7	1	Receptacle Indication	1h (1)	DisplayPort interface is presented on a USB Type-C Receptacle	01	.
	7..8	1	USB r2.0 Signaling Not U..	0h (0)	USB r2.0 signaling may be required on A6-A7 or B6-B7 while..	00	.
	8..15	8	DFF_D Pin Assignments S..	00h (0)	Pin Assignments are not supported	00	.
	16..23	8	UFP_D Pin Assignments S..	04h (4)	Pin Assignment C	04	.
	24..31	8	Reserved	00h (0)		00	.

資料來源：iST

資料來源：iST

圖7 利用PD Sniffer來錄製Log與問題分析，確認測試是否正常進入DP ALT MODE

AUX CHANNEL TRANSACTIONS AND EVENTS						TRANSACTION DETAILS	
Click entry to see details						# AUX_ACK - 8 bytes	
1	0.00	DPA-400	INFO	Starts: HFD=Low IN0=High IN1=H1		Info	
2	1955.33	Unknown	Event	Changed: HFD=High		2054.46ms	
3	2054.18	Source	Native	Req RD 8 bytes from 0x0000: 9		Entry type Native	
4	2054.46	Sink	Native	AUX_ACK - 8 bytes: 00 00 00 00		Sent from Sink	
5	2055.26	Source	Native	Req RD 3 bytes from 0x000d: 9		HEX Dump	
6	2055.55	Sink	Native	AUX_ACK - 3 bytes: 00 00 00 00		00 00 00 00 00 00 00 00	
7	2056.32	Source	Native	Req RD 5 bytes from 0x001b: 9		Content decoder	
8	2056.58	Sink	Native	AUX_ACK - 5 bytes: 00 00 00 00		Line #4 - 2054.46ms	
9	2057.38	Source	Native	Req RD 3 bytes from 0x0030: 9		AUX_ACK - 8 bytes	
10	2057.63	Sink	Native	AUX_ACK - 3 bytes: 00 00 00 00		LT-tunable PHY Repeater	
11	2058.40	Source	Native	Req WR 3 bytes to 0x0030: 80		LT_TUNABLE_PHY_REPEATER_FIELD_DATA_STRUCTURE_REV [R]	
12	2058.72	Sink	Native	AUX_ACK - 0 bytes: 00		0x0000 = 0x00	
13	2059.46	Source	Native	Req WR 9 bytes to 0x0030: 80		DPCD V0.0	
14	2059.81	Sink	Native	AUX_ACK - 0 bytes: 00		NOTE: DPCD rev 1.4a + DP 2.1 SUPPORT Decoder in use	
15	2060.54	Source	Native	Req WR 3 bytes to 0x0030: 80		LT-tunable PHY Repeater	
16	2060.86	Sink	Native	AUX_ACK - 0 bytes: 00		8b/10b MAX_LINK_RATE_PHY_REPEATER [R]	
17	2061.60	Source	Native	Req WR 1 bytes to 0x0034: 80		0x0001 = 0x00	
18	2061.89	Sink	Native	AUX_ACK - 0 bytes: 00		MAX_LINK_RATE = (eDP) By Link Rate Table	
19	2111.23	Source	Native	Req RD 16 bytes from 0x0000: 9		LT-tunable PHY Repeater	
20	2111.52	Sink	Native	AUX_ACK - 16 bytes: 00 12 14 c		PHY_REPEATER_CNT [R]	
21	2112.42	Source	Native	Req RD 16 bytes from 0x0220: 9		0x0002 = 0x00	
22	2112.67	Sink	Native	AUX_ACK - 16 bytes: 00 14 1e c		PHY_REPEATER_CNT = Invalid? (0x00)	
23	2113.57	Source	Native	Req RD 1 bytes from 0x0221: 9			
24	2113.86	Sink	Native	AUX_ACK - 1 bytes: 00 0a			
25	2114.59	Source	Native	Req RD 1 bytes from 0x0221: 9			
26	2114.88	Sink	Native	AUX_ACK - 1 bytes: 00 00			
27	2115.62	Source	Native	Req RD 9 bytes from 0x0050: 9			
28	2115.87	Sink	Native	AUX_ACK - 9 bytes: 00 00 e0 4c			
29	2116.70	Source	Native	Req RD 1 bytes from 0x0000: 9			
30	2116.99	Sink	Native	AUX_ACK - 1 bytes: 00 12			

資料來源：iST

圖8 利用AUX Monitor來進行AUX log的錄製與問題的分析，確認Link Training狀況以及DPCD(DisplayPort Configuration Data) States

幕的USB集線器來與微型電腦連接，這是以前無法想像的事情。

(四)先進應用的適應性

VR/AR設備需要高頻寬來傳輸高畫質的視訊，實現沉浸式的用戶體驗。DP在這方面的性能成為這些設備的理想選擇。早期的AR、VR顯示器必須透過各家特殊或是其他種類的傳輸線進行裝置的連接，在DP導入Type-C後，已經可以透過一條Type-C線進行資料、影像和電力的傳輸。也因為導入Type-C的關係，可更容易與一些隨身行動裝置連接使用，例如手機、掌上型遊戲機。

DP測試案例分享

廠商如宜特訊號測試實驗室，從產品除錯、測試到取得認證，嚴謹的對待每一個送測樣品。亦提供客戶多樣化的量測數據，以評估產品對於規範的完成度，包含了電氣特性(PHY)、溝通協定(Link)、顯示規範確認(Extended Display Identification Data, EDID)以及互操作性(IOP)的多樣化測試，也有專業的相容性部門提供客製化的測試服務內容。

以下為宜特訊號測試實驗室分享的常見案例，讓客戶對DP測試有更多的了解。

案例一：有效解決晶片測試初期常見問題

在案件初期，可藉由客戶提供的晶片

供應商資訊來判斷無法執行的現象並確認流程，以下為常見情況。

1.晶片A：若進入省電模式(Power Saving Mode)後會無法回報錯誤位元(Error Bit)，此時可以先從系統螢幕顯示選單(On Screen Display, OSD)進行關閉省電模式，或是透過其他方式使其不會進入省電模式。

2.晶片B：如果韌體(Firmware)沒有進行固定端口(Fixed Port)在執行測試上就會導致訊號無法鎖定(Lock)，可以先從設定上嘗試進行Fixed Port看現象有沒有改善。

3.晶片C：測試需特定模式，需確認待測物是否已切換至適合模式。

排除上述問題後，才會進一步檢查是否為韌體設定或其他問題。這些在產品送測初期容易遇到的狀況，在過去經驗的加持下，可避免進案後因工程師不了解產品的特性，而浪費掉客戶寶貴的時間，也可以隨時與實驗室的工程師連線溝通，迅速釐清問題。

案例二：第三方除錯工具提供數據分析支援

當DP產品在進行測試中遇到問題，也可以透過第三方工具協助，例如：PD Sniffer或是輔助訊號監控器(Auxiliary Monitor, AUX Monitor)來提供資料讓客戶進行分析，對於一些可以由宜特判斷的問題，也可以給予客戶一些建議或方向(圖7~8)。

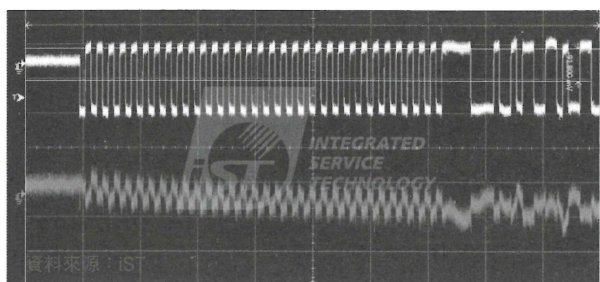


圖9a 使用示波器來進行DP AUX Channel的問題確認，示波器CH3的訊號明顯失真(見下方波型)

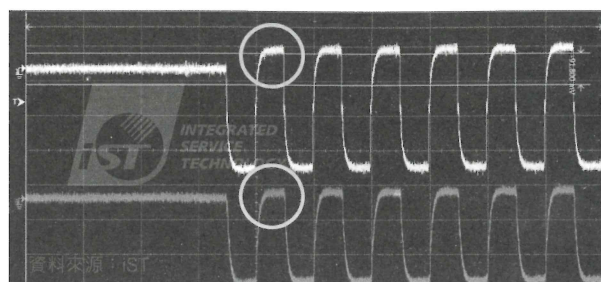


圖9b 使用示波器來進行DP AUX Channel的問題確認，AUX Channel的正負端相位相同

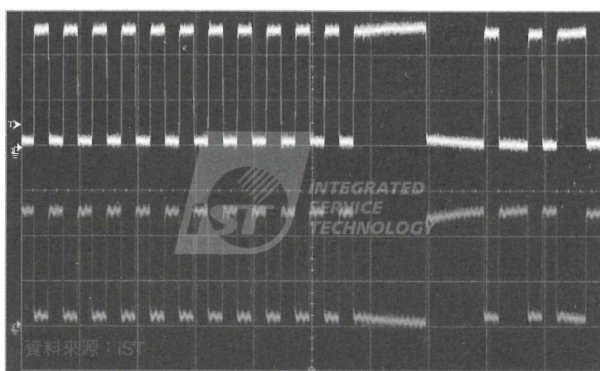


圖9c 此圖為AUX Channel正常工作的波形，正常的AUX Channel正負端訊號應該為振幅大小相同、相位相反的訊號

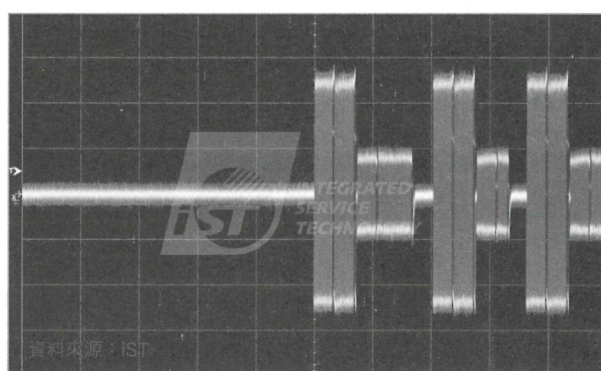


圖9d 正常的AUX Channel訊號在經過Differential處理後的樣子

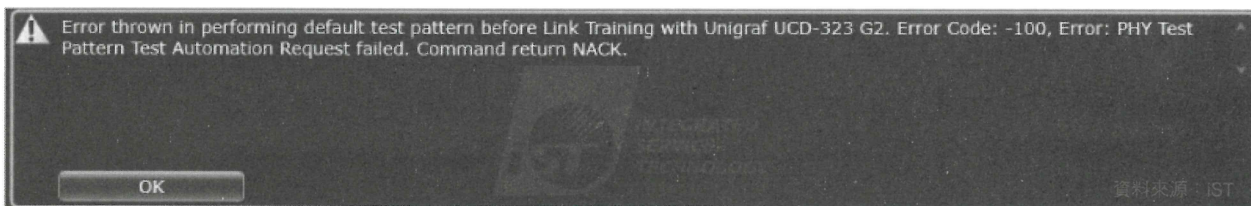


圖9e 當Source的AUX_CH DC Level配置錯誤時出現的警告對話框。此案例中AUX+-的電壓均為3V，正常為0.3V與3V。透過AUX Monitor來觀察現象，只看到Reference Sink進行了HPD的動作後，TX就沒反應了

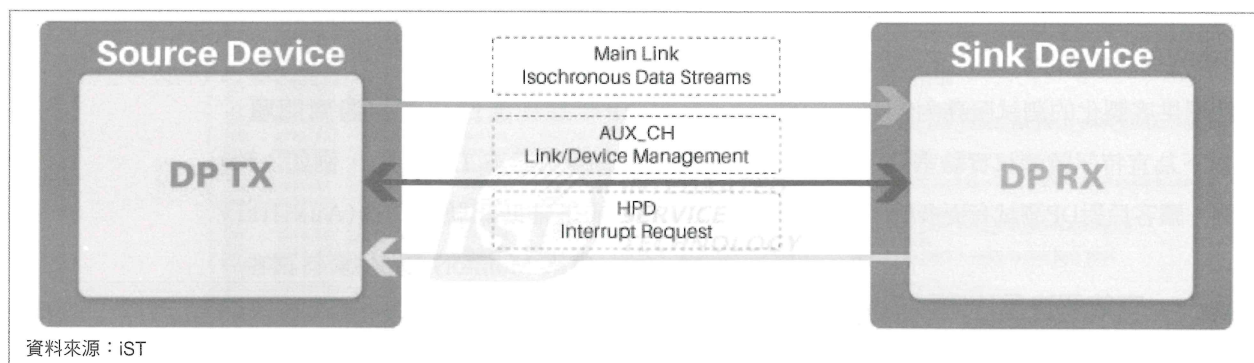


圖10 DP通道的主要組成，由一組4CH高速的Main Link，訊號傳輸方向是由DP TX傳向DP RX，加上一對AUX_CH，是一個雙向半雙工的通道，以及一個HPD(Hot Plug Detect)通道由DP RX發起HPD或是HPD_IRQ(Interrupt Request)

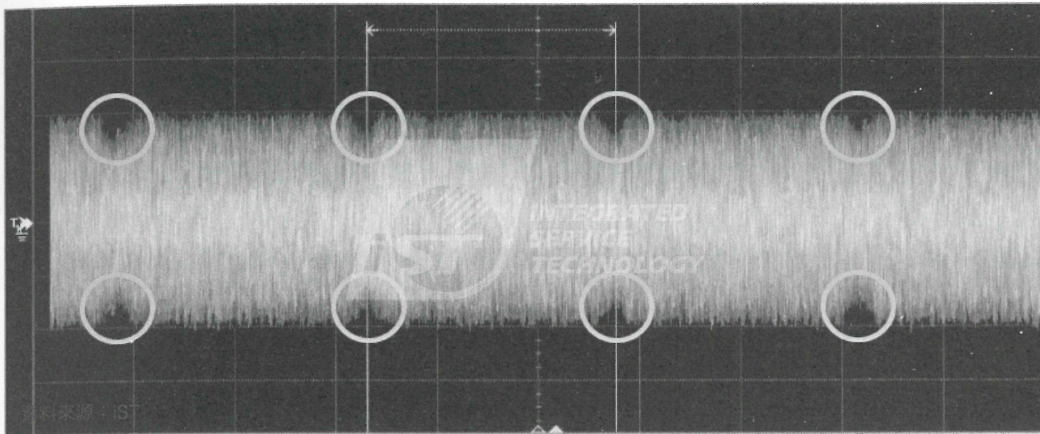


圖11 PHY量測時異常中斷，使用示波器來進行波形確認；發現待測物在固定週期發生訊號異常

案例三：AUX Channel訊號分析/故障排查

在DP測試中，AUX Channel作為Source與Sink之間的重要溝通橋樑。以下案例展示如何透過示波器量測，進行AUX Channel電氣訊號的分析。

圖9a中，AUX-端(下方)的訊號因為不正常配置，導致整個通道異常無法正確傳輸訊號，透過Single-end的探棒來進行訊號的分析量測。

圖9b則是配置上AUX Channel的正負端，應該要為一個相位相反、振幅大小相同的訊號(圖9c)，一樣在Single-end的檢查下發現，因為設定錯誤變成了兩個相位相同的訊號。如此一來，在經過Differential的處理後，振幅會變成非常的小，進而導致連接的裝置辨識失敗。而正常的AUX Channel訊號在經過Differential處理後的樣子，如圖9d所示。

當Source的AUX_CH DC Level配置錯誤時，由於AUX Detect機制可能造成無法與

AUX Controller溝通而導致無法測試(圖9e)。

當DP的AUX Channel無法正確的傳輸訊號時，將有可能造成DP的Link Training失敗而導致無法發揮完整的功能。DP AUX Channel的傳輸速度雖然不快，但在整個DP裡占有相當重要的角色，扮演裝置間連線溝通的橋樑，讓Source與Sink連接時能透過AUX Channel來進行訊息的交換，在完成Link Training後才能開始進行影像聲音的傳輸。可以從圖10來看DP的主要通道組成。

若進行PHY量測時異常中斷，可使用示波器來進行波形確認(圖11)。

在產品不斷推陳出新的世代，廠商如宜特作為VESA合格授權的實驗室，除了持續分享最新規範，也提供標準的認證測試，根據客戶提供的方塊圖或相關資料進行評估，推薦適合的測試內容。如果是非標準產品，也可以與工程團隊討論想要進行的測試，並評估其可行性。2cm

(本文作者為宜特科技技術經理)