

# Power Delivery & DP

## USB Type-C Power/Data 角色介紹

DFP Advertisement	Current Source to 1.7 – 5.5 V	Resistor pull-up to 4.75 – 5.5 V	Resistor pull-up to 3.3 V ± 5%
Default USB Power	80 $\mu$ A ± 20%	56 k $\Omega$ ± 20% (Note 1)	36 k $\Omega$ ± 20%
1.5 A @ 5 V	180 $\mu$ A ± 8%	22 k $\Omega$ ± 5%	12 k $\Omega$ ± 5%
3.0 A @ 5 V	330 $\mu$ A ± 8%	10 k $\Omega$ ± 5%	4.7 k $\Omega$ ± 5%

- DRP的定義：

- DRP (Dual Role Port) 是指USB-C埠能夠動態地在「電源提供者」(Source, DFP, Downstream Facing Port) 和「電源接受者」(Sink, UFP, Upstream Facing Port) 之間切換的角色。
- 這種切換能力使設備可以根據連接的對端設備需求，靈活地扮演電源供應方或接收方。

- Rd和Rp的作用：

- **Rp (上拉電阻)**：當設備作為DFP (電源提供者) 時，會在CC (Configuration Channel) 線上使用上拉電阻Rp (通常連接到5V)，以表明其作為電源供應方的角色。Rp的值 (例如56k $\Omega$ 、22k $\Omega$ 或10k $\Omega$ ) 決定了可提供的電流能力 (如默認USB電源、1.5A或3A)。
- **Rd (下拉電阻)**：當設備作為UFP (電源接受者) 時，會在CC線上使用下拉電阻Rd (通常為5.1k $\Omega$ ，連接到GND)，以表明其作為電源接收方的角色。
- Rp和Rd形成電壓分壓，雙方控制器可以通過檢測CC線上的電壓來判斷對端設備的角色和需求。

- DRP設備是否同時有Rp和Rd：

- 在DRP設備中，硬體設計上必須具備Rp和Rd的電路，但它們不會同時啟用。DRP設備會根據當前角色動態切換：
  - 當設備作為DFP時，啟用Rp（上拉電阻），斷開Rd。
  - 當設備作為UFP時，啟用Rd（下拉電阻），斷開Rp。
- 這種切換通常由內部的控制器（例如USB-C控制器晶片）通過開關電路實現，確保在任何時刻只有Rp或Rd之一連接到CC線。
- TI (Texas Instruments) 的USB-C設計文件中提到，DRP設備需要一個切換機制來在Rp和Rd之間切換，以實現角色動態調整。

3.3V Base(Rp4.7k)		
Min	Typ	Max
1.51	1.72	1.93

5V Base(Rp10K)		
Min	Typ	Max
1.44	1.69	2.04

3.3V Base(Rp12k)		
Min	Typ	Max
0.84	0.98	1.14

5V Base(Rp22K)		
Min	Typ	Max
0.79	0.94	1.16

3.3V Base(Rp36k)		
Min	Typ	Max
0.30	0.41	0.56

5V Base(Rp56K)		
Min	Typ	Max
0.30	0.42	0.61

Ra kΩ		
-20%	Typ	+20%
0.8	1	1.2

### 3. 3V 與 OV 的差異

- 角色狀態：

- 3V：DFP 角色主導，Rp 連接到電源（可能 3.3V），無 Sink 拉低，或為 VCONN 狀態。
- OV：Sink 角色主導，Rd 拉低至 GND，或 DFP 未啟用 Rp。

- 連接狀態：

- 3V：可能無有效 Sink 連接，或處於待機/初始化狀態。
- OV：表示有效 Sink 連接，或電路未啟用 DFP 功能。

Data 角色	定義
DFP	相當於 Host PC 上的 Type-A Receptacle 接口
UFP	相當於 Device 上的 Type-B Receptacle 接口
DRD	Dual Role Data，同時具有作為 DFP 和 UFP 功能

依供電端與耗電端區分 Power 角色，廣義可分為下列三種：

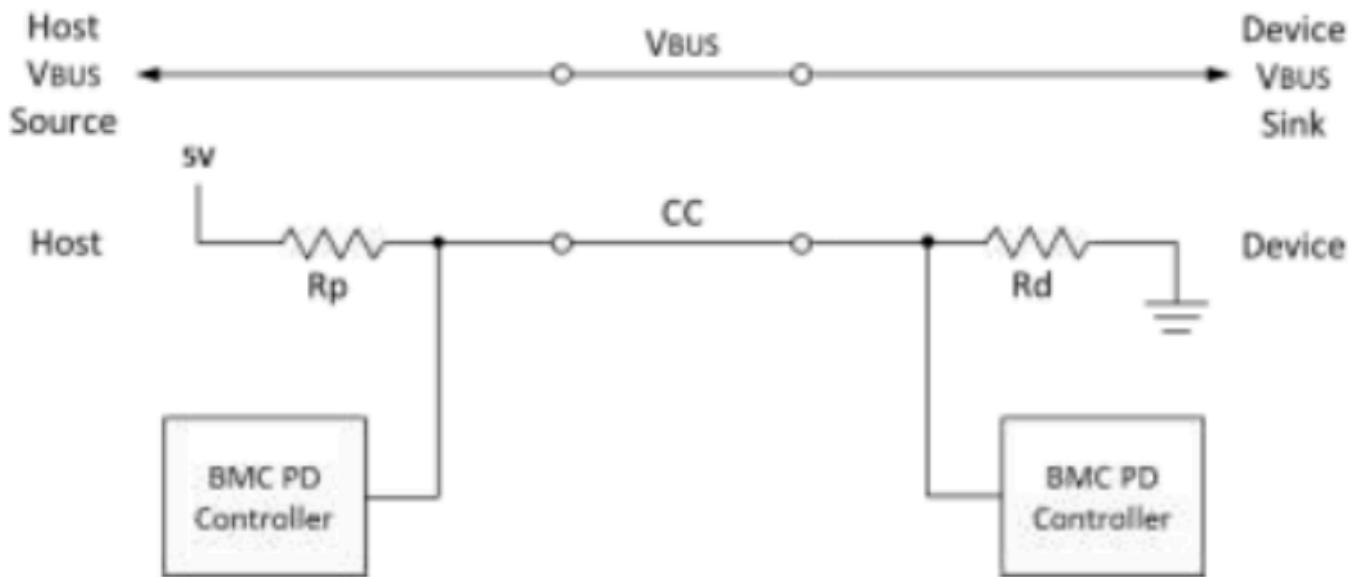
Power 角色	定義
Source	具有供電能力的供電端，CC pin 上設置有 Rp
Sink	耗電的一端，CC pin 上設置有 Rd
DRP	同時具有作為 Source 和 Sink 功能，CC pin 上同時設有 Rp 與 Rd

## 1. Source :

監測 CC pin 電壓，當 Source 偵測到 CC pin 上 Rd，表示接上 Sink，則 Source 會在 VBUS 輸出 5V

## 2. Sink :

偵測 VBUS，有 5V 時可知此時連接上 Source



Source 參考線材可支援的條件，送出 Source Capabilities 給 Sink 表示當下狀態的供電能力，Sink 會依需求從中選擇且回 Request 向 Source 要求當下需要的電壓電流，Source 收到後確認可以此條件供電就會回覆Accept，並且在狀態準備好之後再發 PS RDY。至此步驟 Explicit PD Contract 完成，在這之後雙方可再視狀況，重新協議新的 PD contract。

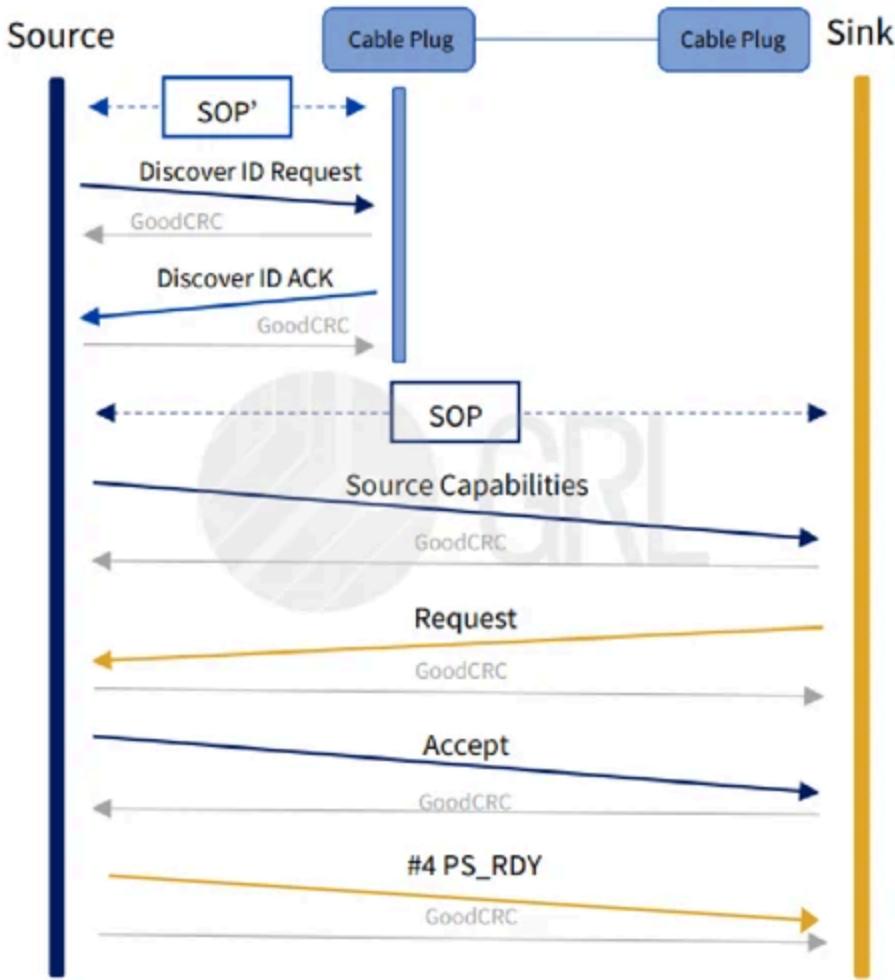


圖1: PD協議示意圖 ( Source 會用SOP'與Cable 溝通確認Cable的能力；用SOP與Sink 溝通完成PD協議 )

## Enter Alternate Modes介紹

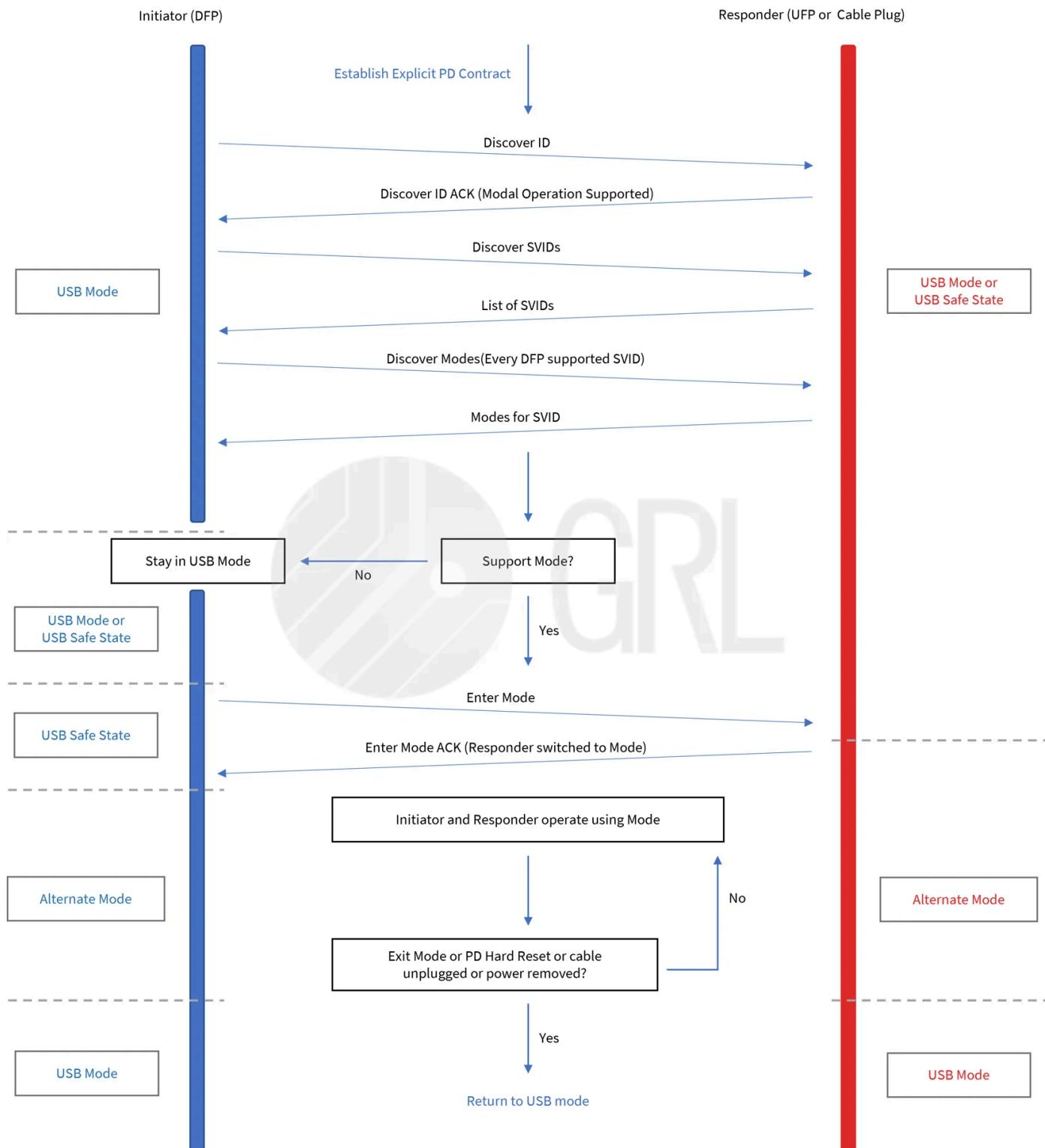
1. DFP會先發出Discover Identity Request訊息來確認UFP的身份和能力，在UFP回覆的Discover Identity ACK訊息中有個Modal Operation Supported的欄位，用來表示UFP是否支援Alternate Modes。

- Modal Operation 出現在 Discover Identity 的回應中，用於判斷是否需要進一步查詢替代模式。
- 如果 Modal Operation = 0，後續不會發送 Discover SVIDs 或 Discover Modes，因為設備不支援替代模式。
- 如果 Modal Operation = 1，Source（例如筆電）會繼續發送 Discover SVIDs 來獲取支援的 SVID（標準或廠商 ID），然後查詢每個 SVID 的具體 Mode 值。

2. Discover階段可以分成兩部分，第一階段DFP會先發出Discover SVID Request訊息來確認UFP支援多少Alternate Modes。SVID包含由協會制定的SID和協會所提供各家廠商的VID，常見的SVID有

0x8087 (Thunderbolt mode)、0xFF01 (Displayport mode)。確認UFP回覆的SVID後，第二階段DFP會發出Discover Modes訊息，其中包含DFP支援的SVID，目的是為了確認雙方都有支援這些Mode，UFP會以Discover Modes Ack訊息來表示有支援。

3. DFP發出Enter Mode來告知UFP要切換的Mode，確認到UFP的Enter Modes Ack訊息後，雙方切換成溝通好的Mode。直到要結束工作模式，DFP會以Exit Mode訊息來告知UFP。



## Discover Modes 的結構

Discover Modes 訊息由 **VDM Header** 和 **VDOs (Vendor Data Objects)** 組成，結構如下：

### 1. VDM Header (32 位元)

- **格式：**

- **Bit 31** : Structured/Unstructured (設為 1，表示 Structured VDM)。
- **Bits 30–28** : VDM Type (通常為 1，指示 VDM)。
- **Bits 27–16** : SVID (Standard or Vendor ID，例如 0xFF01 為 DisplayPort)。
- **Bits 15** : VDM Version (指示 VDM 規範版本，例如 0 = VDM 1.0)。
- **Bits 14–13** : Reserved (設為 0)。
- **Bits 12–8** : Object Position (未使用，設為 0)。
- **Bits 7–6** : Command Type (0 = Initiator，1 = Responder，2 = ACK，3 = NAK)。
- **Bits 5–0** : Command Code (0x03，表示 Discover Modes)。

- **範例 (十六進位)：**

- 假設 SVID = 0xFF01，Command Type = Initiator，Header 可能為：**0x8FF01003**。
  - 8 : Structured VDM，VDM Type = 1。
  - FF01 : SVID = DisplayPort。
  - 0 : VDM Version 和 Reserved。
  - 03 : Discover Modes。

### 2. VDOs (0 至 7 個，每個 32 位元)

- **請求訊息**：Discover Modes 請求通常不包含 VDO，僅在 VDM Header 中指定 SVID。
- **回應訊息**：回應包含 1 或多個 Mode VDO，每個 VDO 描述一個模式的詳細資訊。
- **VDO 內容**：取決於 SVID 的規範。例如：
  - **DisplayPort (SVID: 0xFF01)**：Mode VDO 包含 Pin Assignment、協議版本、頻寬等。
  - **Thunderbolt (SVID: 0x8087)**：Mode VDO 包含協議版本 (Thunderbolt 3/4)、PCIe 支援等。
  - **電纜**：Mode VDO 包含電流、電壓、資料速率等。

### Mode VDO 的數量：

- 最多支援 7 個 Mode (受限於 PD 訊息的最大長度：1 個 Header + 7 個 VDO)。
- 如果無支援的模式，回應為 NAK 或空 VDO。

## 範例：完整流程中的 Structured VDM

假設筆電（Source）連接到 DisplayPort 顯示器（Sink）：

- **Discover Identity (0x01)**：確認顯示器支援 Modal Operation = 1。
- **Discover SVIDs (0x02)**：顯示器回應 SVID = 0xFF01 (DisplayPort)。
- **Discover Modes (0x03)**：顯示器回應 Mode 1 (Pin Assignment C)。
- **Enter Mode (0x04)**：筆電啟動 DisplayPort 模式 (SVID = 0xFF01, Mode = 1)。
- **DP Status (0x10)**：顯示器發送 HPD = 1, Enabled = 1。
- **DP Configure (0x11)**：筆電設置 Pin Assignment C，啟動 8K@60Hz 輸出。
- **Attention (0x06)**：顯示器斷開時發送 HPD = 0。
- **Exit Mode (0x05)**：筆電退出 DisplayPort 模式。

## 什麼是 Unstructured VDM？

在 **USB Power Delivery (PD)** 協議中，**Vendor Defined Message (VDM)** 是一種用於進階功能（如設備身份識別、替代模式協商、廠商特定功能）的訊息，分為兩種類型：

- **Structured VDM**：由 USB-IF 或標準組織（如 VESA、Intel）定義，具有固定的命令碼（0x01–0x1F）和欄位結構，例如 Discover Identity (0x01)、DP Status (0x10)。
- **Unstructured VDM**：由廠商自行定義，格式和內容不受 USB-IF 規範限制，允許廠商實現專有功能或通信協議。

**Unstructured VDM 的核心特徵：**

- **靈活性**：無標準化的欄位結構，廠商可自由定義 VDM Header 和 VDO (Vendor Data Object) 的內容。
- **專有性**：通常僅在同一廠商的設備間有效，第三方設備無法解析。
- **用途**：支援非標準功能，例如專有充電協議、配件認證、除錯、韌體更新或自訂替代模式。
- **通信路徑**：支援 SOP (Source-to-Sink)、SOP' / SOP" (與 E-Marker 電纜) 封包。

**命令碼範圍：**

- Unstructured VDM 的命令碼由廠商自定義，範圍為 0x0000–0xFFFF (16 位元)，不像 Structured VDM 限制在 0x01–0x1F。

## Unstructured VDM 的結構

Unstructured VDM 的格式如下：

- **VDM Header** (32 位元)：
  - Bit 31 : Structured/Unstructured (設為 0 表示 Unstructured)。
  - Bits 30–28 : VDM Type (通常為 1，指示 VDM)。
  - Bits 27–16 : SVID (廠商 ID，例如 0x05AC 為 Apple)。
  - Bits 15–0 : 命令碼 (廠商自定義，0x0000–0xFFFF)。
- **VDOs** (0 至 7 個，每個 32 位元)：
  - 資料內容由廠商定義，可能包含指令、參數、狀態或任意資料。

**注意：**

- 由於 Unstructured VDM 的內容是廠商專有的，外部無法直接解析，除非有廠商的技術文件或逆向工程。

## 實際範例

Text  LiveSearch    

No filter: 371 records.

## Block View

Timestamp	Duration	Record													
0:02.827.207.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index 69</td><td>SVID PD SID</td><td>VDM Type Structured</td><td>Version 1.0</td><td>Cmd Type ACK</td><td>Command Disclidentity</td></tr> </table>	PD Data	Index 69	SVID PD SID	VDM Type Structured	Version 1.0	Cmd Type ACK	Command Disclidentity						
PD Data	Index 69	SVID PD SID	VDM Type Structured	Version 1.0	Cmd Type ACK	Command Disclidentity									
0:02.827.340.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index 70</td><td>USB Host 1</td><td>USB Dev 0</td><td>Cable Plug Passive</td><td>Modal Op 1</td><td>VID Cypress Semicond</td></tr> </table>	PD Data	Index 70	USB Host 1	USB Dev 0	Cable Plug Passive	Modal Op 1	VID Cypress Semicond						
PD Data	Index 70	USB Host 1	USB Dev 0	Cable Plug Passive	Modal Op 1	VID Cypress Semicond									
0:02.827.473.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index 71</td><td>XID 0x0000004fe</td></tr> </table>	PD Data	Index 71	XID 0x0000004fe										
PD Data	Index 71	XID 0x0000004fe													
0:02.827.607.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index 72</td><td>PID 0x681</td><td>bcdDevice 0x0000</td></tr> </table>	PD Data	Index 72	PID 0x681	bcdDevice 0x0000									
PD Data	Index 72	PID 0x681	bcdDevice 0x0000												
0:02.827.740.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index 73</td><td>HW Ver 0</td><td>FW Ver 0</td><td>Plug Type-C</td><td>Latency &lt;10ms (~1m)</td><td>Termination Vconn Req</td><td>SSTX1 Dir Configurable</td><td>SSTX2 Dir Configurable</td><td>SSRX1 Dir Configurable</td><td>SSRX2 Dir Configurable</td><td>Vbus Current Cap 5A</td><td>USB USB3 Gen1/2</td></tr> </table>	PD Data	Index 73	HW Ver 0	FW Ver 0	Plug Type-C	Latency <10ms (~1m)	Termination Vconn Req	SSTX1 Dir Configurable	SSTX2 Dir Configurable	SSRX1 Dir Configurable	SSRX2 Dir Configurable	Vbus Current Cap 5A	USB USB3 Gen1/2
PD Data	Index 73	HW Ver 0	FW Ver 0	Plug Type-C	Latency <10ms (~1m)	Termination Vconn Req	SSTX1 Dir Configurable	SSTX2 Dir Configurable	SSRX1 Dir Configurable	SSRX2 Dir Configurable	Vbus Current Cap 5A	USB USB3 Gen1/2			

Text   LiveSearch   

No filter: 371 records.

## Block View

Timestamp	Duration	Record	Detailed CAN FD Frame Structure															
			PD Packet	Source ▾	SOP Type	Header	Data 0	CRC										
0:03.181.271.000	631.000 us		101	SOP	SOP	0x15a1	0x2701912c	0x61a63d71										
0:03.181.271.000	631.000 us		BMC	Preamble	4b5b Encoded		125 Bits	125 Bits										
0:03.181.271.000	631.000 us		102	64 Bits														
0:03.181.484.000	66.000 us		PD Header	Source ▾	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev	Data Role	Msg							
0:03.181.484.000	66.000 us		103	SOP	0	1	2	Source	3.0	DFP	Source_Cap							
0:03.181.550.000	133.000 us		PD Data	Index	PDO Type	DRP	Suspend	UP	USB Comm	DRD	Unchunked	Peak	Fixed					
0:03.181.550.000	133.000 us		104	0	Fixed	1	0	0	1	1	1	0	5.00V Max 3.00A					

**Text**   **LiveSearch**   

No filter: 371 records.

### Protocol

### Block View

Timestamp	Duration	Record	USB2 Billboard Reserved						
		PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type	Command	
0:03.251.797.000	133.000 us		137	0	PD SID	Structured	2.0	ACK	Discrepancy
0:03.251.930.000	133.000 us		138	1	USB Host	USB Dev	UFP	Modal Op	DFP VID
0:03.252.063.000	133.000 us		139	2	XID 0x00000000				
0:03.252.197.000	133.000 us		140	3	PID	bcdDevice			
0:03.252.330.000	133.000 us		141	4	HW Ver	FW Ver	VDO Ver	Vconn Power	Vconn Reg Vbus Req USB
					0	0	0	1W	0 1 USB2 BillboardReserved

Text   LiveSearch   

No filter: 371 records.

## Block View

Timestamp	Duration	Record														
0:03.274.790.000	771.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Packet</td><td>Cable</td><td>SOP Type</td><td>Header</td><td>Data 0</td><td>Data 1</td><td>CRC</td></tr> <tr> <td>152</td><td>SOP<sup>*</sup></td><td>SOP<sup>*</sup></td><td>0x234f</td><td>0xff008042</td><td>0x04b40000</td><td>0x9949cd76</td></tr> </table>	PD Packet	Cable	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC	152	SOP <sup>*</sup>	SOP <sup>*</sup>	0x234f	0xff008042	0x04b40000	0x9949cd76
PD Packet	Cable	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC										
152	SOP <sup>*</sup>	SOP <sup>*</sup>	0x234f	0xff008042	0x04b40000	0x9949cd76										
0:03.274.790.000	771.000 us	<table border="1"> <tr> <td>BMC</td><td>Preamble</td><td>4b5b Encoded</td></tr> <tr> <td>153</td><td>64 Bits</td><td>165 Bits</td></tr> </table>	BMC	Preamble	4b5b Encoded	153	64 Bits	165 Bits								
BMC	Preamble	4b5b Encoded														
153	64 Bits	165 Bits														
0:03.275.003.000	66.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Header</td><td>Cable</td><td>Num Objects</td><td>Msg ID</td><td>Cable Plug</td><td>Spec Rev</td><td>Msg</td></tr> <tr> <td>154</td><td>SOP<sup>*</sup></td><td>2</td><td>1</td><td>Cable</td><td>2.0</td><td>VDM</td></tr> </table>	PD Header	Cable	Num Objects	Msg ID	Cable Plug	Spec Rev	Msg	154	SOP <sup>*</sup>	2	1	Cable	2.0	VDM
PD Header	Cable	Num Objects	Msg ID	Cable Plug	Spec Rev	Msg										
154	SOP <sup>*</sup>	2	1	Cable	2.0	VDM										
0:03.275.069.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index</td><td>SVID</td><td>VDM Type</td><td>Version</td><td>Cmd Type</td><td>Command</td></tr> <tr> <td>155</td><td>0</td><td>PD SID</td><td>Structured</td><td>1.0</td><td>ACK</td><td>DiscSVID</td></tr> </table>	PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type	Command	155	0	PD SID	Structured	1.0	ACK	DiscSVID
PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type	Command										
155	0	PD SID	Structured	1.0	ACK	DiscSVID										
0:03.275.202.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index</td><td>SVID 1</td><td>SVID 2</td></tr> <tr> <td>156</td><td>1</td><td>Cypress Semicond</td><td>Last VDO</td></tr> </table>	PD Data	Index	SVID 1	SVID 2	156	1	Cypress Semicond	Last VDO						
PD Data	Index	SVID 1	SVID 2													
156	1	Cypress Semicond	Last VDO													

Text   LiveSearch   

No filter: 371 records.

## Block View

Timestamp	Duration	Record																		
0:03.299.671.000	766.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Packet</td><td>Sink Δ</td><td>SOP Type</td><td>Header</td><td>Data 0</td><td>Data 1</td><td>CRC</td></tr> <tr> <td>167</td><td>SOP</td><td>SOP</td><td>0x248f</td><td>0xff00a042</td><td>0xff010000</td><td>0xd9f7e6eb</td></tr> </table>	PD Packet	Sink Δ	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC	167	SOP	SOP	0x248f	0xff00a042	0xff010000	0xd9f7e6eb				
PD Packet	Sink Δ	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC														
167	SOP	SOP	0x248f	0xff00a042	0xff010000	0xd9f7e6eb														
0:03.299.671.000	766.000 us	<table border="1"> <tr> <td>BMC</td><td>Preamble</td><td>4b5b Encoded</td></tr> <tr> <td>168</td><td>64 Bits</td><td>166 Bits</td></tr> </table>	BMC	Preamble	4b5b Encoded	168	64 Bits	166 Bits												
BMC	Preamble	4b5b Encoded																		
168	64 Bits	166 Bits																		
0:03.299.884.000	66.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Header</td><td>Sink Δ</td><td>Extended</td><td>Num Objects</td><td>Msg ID</td><td>Power Role</td><td>Spec Rev</td><td>Data Role</td><td>Msg</td></tr> <tr> <td>169</td><td>SOP</td><td>0</td><td>2</td><td>2</td><td>Sink</td><td>3.0</td><td>UFP</td><td>VDM</td></tr> </table>	PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev	Data Role	Msg	169	SOP	0	2	2	Sink	3.0	UFP	VDM
PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev	Data Role	Msg												
169	SOP	0	2	2	Sink	3.0	UFP	VDM												
0:03.299.950.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index</td><td>SVID</td><td>VDM Type</td><td>Version</td><td>Cmd Type</td><td>Command</td></tr> <tr> <td>170</td><td>0</td><td>PD SID</td><td>Structured</td><td>2.0</td><td>ACK</td><td>DiscSVID</td></tr> </table>	PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type	Command	170	0	PD SID	Structured	2.0	ACK	DiscSVID				
PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type	Command														
170	0	PD SID	Structured	2.0	ACK	DiscSVID														
0:03.300.083.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index</td><td>SVID 1</td><td>SVID 2</td></tr> <tr> <td>171</td><td>1</td><td>DisplayPort SID</td><td>Last VDO</td></tr> </table>	PD Data	Index	SVID 1	SVID 2	171	1	DisplayPort SID	Last VDO										
PD Data	Index	SVID 1	SVID 2																	
171	1	DisplayPort SID	Last VDO																	

	TID	Time	Duration	Event	Source	Destination	Content
3.0	182	0.03.321.259	766 us	14 B	2	Sink:UFP ↑	PD
3.0	183	0.03.323.874	766 us	14 B	2	Sink:UFP ↑	⌚ [3]VDM:DiscMode
3.0	184	0.03.323.874	766 us	230 b	2	Sink:UFP ↑	BMC
3.0	185	0.03.324.087	66.0...	2 B	2	Sink:UFP ↑	PD Header
3.0	186	0.03.324.153	133 us	4 B	2	Sink:UFP ↑	PD Data 0
3.0	187	0.03.324.286	133 us	4 B	2	Sink:UFP ↑	PD Data 1
	188	0.03.324.587	501 us	6 B	2	Source:DFP ↓	>⌚ [3]GoodCRC
3.0	191	0.03.344.734	631 us	10 B	2	Source:DFP ↓	>⌚ [0]VDM:EnterMode
	195	0.03.345.401	500 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	>⌚ [0]GoodCRC
3.0	198	0.03.348.594	630 us	10 B	2	Sink:UFP ↑	>⌚ [4]VDM:EnterMode
	202	0.03.349.229	497 us	6 B	2	Source:DFP ↓	>⌚ [4]GoodCRC
3.0	205	0.03.369.098	765 us	14 B	2	Source:DFP ↓	>⌚ [1]VDM:DPStatus
	210	0.03.370.006	496 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	>⌚ [1]GoodCRC

ext ▾  LiveSearch ▾  

o filter: 371 records.

Lock View

Timestamp	Duration	Record																				
0:03.323.874.000	766.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Packet</td><td>Sink Δ</td><td>SOP Type</td><td>Header</td><td>Data 0</td><td>Data 1</td><td>CRC</td></tr> <tr> <td>183</td><td>SOP</td><td>SOP</td><td>0x268f</td><td>0xff01a043</td><td>0x00000c05</td><td>0xda2acacc</td></tr> </table>	PD Packet	Sink Δ	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC	183	SOP	SOP	0x268f	0xff01a043	0x00000c05	0xda2acacc						
PD Packet	Sink Δ	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC																
183	SOP	SOP	0x268f	0xff01a043	0x00000c05	0xda2acacc																
0:03.323.874.000	766.000 us	<table border="1"> <tr> <td>BMC</td><td>Preamble</td><td>4b5b Encoded</td></tr> <tr> <td>184</td><td>64 Bits</td><td>166 Bits</td></tr> </table>	BMC	Preamble	4b5b Encoded	184	64 Bits	166 Bits														
BMC	Preamble	4b5b Encoded																				
184	64 Bits	166 Bits																				
0:03.324.087.000	66.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Header</td><td>Sink Δ</td><td>Extended</td><td>Num Objects</td><td>Msg ID</td><td>Power Role</td><td>Spec Rev</td><td>Data Role</td><td>Msg</td></tr> <tr> <td>185</td><td>SOP</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td><td>Sink</td><td>3.0</td><td>UFP</td><td>VDM</td></tr> </table>	PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev	Data Role	Msg	185	SOP	0	2	3	Sink	3.0	UFP	VDM		
PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev	Data Role	Msg														
185	SOP	0	2	3	Sink	3.0	UFP	VDM														
0:03.324.153.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index</td><td>SVID</td><td>VDM Type</td><td>Version</td><td>Cmd Type</td><td>Command</td></tr> <tr> <td>186</td><td>0</td><td>DisplayPort SID</td><td>Structured</td><td>2.0</td><td>ACK</td><td>DiscMode</td></tr> </table>	PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type	Command	186	0	DisplayPort SID	Structured	2.0	ACK	DiscMode						
PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type	Command																
186	0	DisplayPort SID	Structured	2.0	ACK	DiscMode																
0:03.324.286.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index</td><td>UFP_D Pins</td><td>DFP_D Pins</td><td>USB2 Signal</td><td>Cable</td><td>USB Gen2 Signal</td><td>DP v1.3</td><td>UFP_D</td><td>DFP_D</td></tr> <tr> <td>187</td><td>1</td><td>0</td><td>12</td><td>Yes</td><td>Plug</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	PD Data	Index	UFP_D Pins	DFP_D Pins	USB2 Signal	Cable	USB Gen2 Signal	DP v1.3	UFP_D	DFP_D	187	1	0	12	Yes	Plug	0	1	0	1
PD Data	Index	UFP_D Pins	DFP_D Pins	USB2 Signal	Cable	USB Gen2 Signal	DP v1.3	UFP_D	DFP_D													
187	1	0	12	Yes	Plug	0	1	0	1													

	TS	Value	Unit	Time	Event	Source:DFP	Type	JTAG:DM:CTRLMode	SOP H=0x01AF 0xFF01A104 CRC=0x07C90200 EOP
v3.0	195	0.03.345.401	500 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [0]GoodCRC	SOP H=0x0081 CRC=0x6341BBF5 EOP	
v3.0	198	0.03.348.594	630 us	10 B	2	Sink:UFP ↑	> [4]JVM:EnterMode	SOP H=0x188F 0xFF01A144 CRC=0xF661FD1C EOP	
	202	0.03.349.229	497 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [4]GoodCRC	SOP H=0x0961 CRC=0x44E3F0BD EOP	
v3.0	205	0.03.369.098	765 us	14 B	2	Source:DFP ↓	> [1]JVM:DPStatus	SOP H=0x23AF 0xFF01A110 0x00000001 CRC=0x00000000 EOP	
	210	0.03.370.006	496 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [1]GoodCRC	SOP H=0x0281 CRC=0x8D4FDAD9 EOP	
v3.0	213	0.03.373.195	766 us	14 B	2	Sink:UFP ↑	> [5]JVM:DPStatus	SOP H=0x2A8F 0xFF01A150 0x0000001A CRC=0x00000000 EOP	
	218	0.03.373.978	497 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [5]GoodCRC	SOP H=0x0B61 CRC=0xAAED9191 EOP	
v3.0	221	0.03.406.877	765 us	14 B	2	Source:DFP ↓	> [2]JVM:DPConfigure	SOP H=0x25AF 0xFF01A111 0x00000086 CRC=0x00000000 EOP	
	226	0.03.407.471	497 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [2]GoodCRC	SOP H=0x0481 CRC=0x642C7FEC EOP	
v3.0	229	0.03.417.517	630 us	10 B	2	Sink:UFP ↑	> [6]JVM:DPConfigure	SOP H=0x1C8F 0xFF01A151 CRC=0x6426FC71 EOP	
	233	0.03.418.194	501 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [6]GoodCRC	SOP H=0xD61 CRC=0x438E34A4 EOP	

ext   LiveSearch   

Jo filter: 371 records.

lock View

Timestamp	Duration	Record	Detailed Record Data							
0:03.348.594.000	630.000 us	• PD Packet Sink Δ	198	SOP	SOP Type	Header	Data 0	CRC		
					0x188f	0xff01a144	0xf661fd1c			
0:03.348.594.000	630.000 us	BMC	Preamble	4b5b Encoded						
		199	64 Bits	125 Bits						
0:03.348.807.000	66.000 us	PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev	Data Role	Msg
		200	SOP	0	1	4	Sink	3.0	UFP	VDM
0:03.348.873.000	133.000 us	PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Pos	Cmd Type	Command	
		201	0	DisplayPort SID	Structured	2.0	1	ACK	EnterMode	

210	0.03.370.000	766 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [5]VDM:DPStatus	SOP H=0x2A8F 0xFF01A150 0x0000001A CRC=0x693D1
213	0.03.373.195	766 us	14 B	2	Source:DFP ↓	> [5]GoodCRC	SOP H=0xB61 CRC=0xAED9191 EOP
218	0.03.373.978	497 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [2]VDM:DPConfigure	SOP H=0x25AF 0xFF01A111 0x00000806 CRC=0x083201
221	0.03.406.877	765 us	14 B	2	Sink:UFP ↑	> [2]GoodCRC	SOP H=0x0481 CRC=0x642C7FEC EOP
226	0.03.407.471	497 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [6]VDM:DPConfigure	SOP H=0x1C8F 0xFF01A151 CRC=0x6426FC71 EOP
229	0.03.417.517	630 us	10 B	2	Source:DFP ↓	> [6]GoodCRC	SOP H=0xD61 CRC=0x438E34A4 EOP
233	0.03.418.194	501 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [6]VDM:DPConfigure	SOP H=0x0481 CRC=0x6426FC71 EOP
230	0.03.418.194	501 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [6]GoodCRC	SOP H=0xD61 CRC=0x438E34A4 EOP

LiveSearch

er: 371 records.

View

Timestamp Duration Record

PD Packet	Sink Δ	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC
213	SOP	SOP	0x2a8f	0xff01a150	0x0000001a	0x693dba09
BMC	Preamble	4b5b Encoded				
214	64 Bits	166 Bits				
PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev
215	SOP	0	2	5	Sink	3.0
PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type	Command
216	0	DisplayPort SID	Structured	2.0	ACK	DPStatus
PD Data	Index	IRQ	HPD	Req Exit	Req USB	Multi Func
217	1	0	Low	0	1	1
PD Data	Index	Power Low	UFP_D Connected	DFP_D Connected		
218	1	0	0	1	0	1
219	1	0	0	1	0	0

v3.0	226	0.03.407.471	497 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [2]GoodCRC	SOP H=0x0481 CRC=0x642C7FEC EOP
v3.0	229	0.03.417.517	630 us	10 B	2	Sink:UFP ↑	> [6]VDM:DPConfigure	SOP H=0x1C8F 0xFF01A151 CRC=0x438E34A4 EOP
v3.0	233	0.03.418.194	501 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [6]GoodCRC	SOP H=0xD61 CRC=0x438E34A4 EOP
v3.0	236	0.03.483.891	631 us	10 B	2	Source:DFP ↓	> [3]VDM:DiscSVID	SOP H=0x17AF 0xFF00A002
v3.0	240	0.03.484.454			2		PD	
v3.0	241	0.03.484.564	493 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [3]GoodCRC	SOP H=0x0681 CRC=0x8A22
v3.0	244	0.03.488.116	763 us	14 B	2	Sink:UFP ↑	> [7]VDM:DiscSVID	SOP H=0xE8F 0xFF00A042
v3.0	249	0.03.488.862	497 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [7]GoodCRC	SOP H=0xF61 CRC=0xAD8
v3.0	252	0.03.524.324	631 us	10 B	2	Source:DFP ↓	> [4]VDM:DiscMode	SOP H=0x19AF 0xFF01A003
v3.0	256	0.03.524.780	496 us	6 B	2	Sink:UFP ↑	> [4]GoodCRC	SOP H=0x0881 CRC=0x6D9
v3.0	259	0.03.528.023	766 us	14 B	2	Sink:UFP ↑	> [0]VDM:DiscMode	SOP H=0x208F 0xFF01A043
v3.0	264	0.03.528.835	501 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [0]GoodCRC	SOP H=0x0161 CRC=0x4A38
v3.0	267	0.03.932.732	634 us	10 B	2	Sink:UFP ↑	> [1]VDM:DiscIdentity	SOP H=0x128F 0xFF00A101
v3.0	271	0.03.933.313	494 us	6 B	2	Source:DFP ↓	> [1]GoodCRC	SOP H=0x0361 CRC=0xA436
v3.0	274	0.03.938.011	635 us	10 B	2	Source:DFP ↓	> [5]VDM:DiscIdentity	SOP H=0x1BAF 0xFF00A181

Text LiveSearch

No filter: 371 records.

Block View

Timestamp Duration Record

PD Packet	Sink Δ	SOP Type	Header	Data 0	CRC
229	SOP	SOP	0x1c8f	0xff01a151	0x6426fc71
BMC	Preamble	4b5b Encoded			
230	64 Bits	125 Bits			
PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role
231	SOP	0	1	6	Sink
PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Cmd Type
232	0	DisplayPort SID	Structured	2.0	ACK
PD Data	Index	Power Low	UFP_D Connected	DFP_D Connected	
233	1	0	0	1	0
234	1	0	0	1	0
235	1	0	0	1	0
236	1	0	0	1	0
237	1	0	0	1	0
238	1	0	0	1	0
239	1	0	0	1	0
240	1	0	0	1	0
241	1	0	0	1	0
242	1	0	0	1	0
243	1	0	0	1	0
244	1	0	0	1	0
245	1	0	0	1	0
246	1	0	0	1	0
247	1	0	0	1	0
248	1	0	0	1	0
249	1	0	0	1	0
250	1	0	0	1	0
251	1	0	0	1	0
252	1	0	0	1	0
253	1	0	0	1	0
254	1	0	0	1	0
255	1	0	0	1	0
256	1	0	0	1	0
257	1	0	0	1	0
258	1	0	0	1	0
259	1	0	0	1	0
260	1	0	0	1	0
261	1	0	0	1	0
262	1	0	0	1	0
263	1	0	0	1	0
264	1	0	0	1	0
265	1	0	0	1	0
266	1	0	0	1	0
267	1	0	0	1	0
268	1	0	0	1	0
269	1	0	0	1	0
270	1	0	0	1	0
271	1	0	0	1	0
272	1	0	0	1	0
273	1	0	0	1	0
274	1	0	0	1	0
275	1	0	0	1	0
276	1	0	0	1	0
277	1	0	0	1	0
278	1	0	0	1	0
279	1	0	0	1	0
280	1	0	0	1	0
281	1	0	0	1	0
282	1	0	0	1	0
283	1	0	0	1	0
284	1	0	0	1	0
285	1	0	0	1	0
286	1	0	0	1	0
287	1	0	0	1	0
288	1	0	0	1	0
289	1	0	0	1	0
290	1	0	0	1	0
291	1	0	0	1	0
292	1	0	0	1	0
293	1	0	0	1	0
294	1	0	0	1	0
295	1	0	0	1	0
296	1	0	0	1	0
297	1	0	0	1	0
298	1	0	0	1	0
299	1	0	0	1	0
300	1	0	0	1	0
301	1	0	0	1	0
302	1	0	0	1	0
303	1	0	0	1	0
304	1	0	0	1	0
305	1	0	0	1	0
306	1	0	0	1	0
307	1	0	0	1	0
308	1	0	0	1	0
309	1	0	0	1	0
310	1	0	0	1	0
311	1	0	0	1	0
312	1	0	0	1	0
313	1	0	0	1	0
314	1	0	0	1	0
315	1	0	0	1	0
316	1	0	0	1	0
317	1	0	0	1	0
318	1	0	0	1	0
319	1	0	0	1	0
320	1	0	0	1	0
321	1	0	0	1	0
322	1	0	0	1	0
323	1	0	0	1	0
324	1	0	0	1	0
325	1	0	0	1	0
326	1	0	0	1	0
327	1	0	0	1	0
328	1	0	0	1	0
329	1	0	0	1	0
330	1	0	0	1	0
331	1	0	0	1	0
332	1	0	0	1	0
333	1	0	0	1	0
334	1	0	0	1	0
335	1	0	0	1	0
336	1	0	0	1	0
337	1	0	0	1	0
338	1	0	0	1	0
339	1	0	0	1	0
340	1	0	0	1	0
341	1	0	0	1	0
342	1	0	0	1	0
343	1	0	0	1	0
344	1	0	0	1	0
345	1	0	0	1	0
346	1	0	0	1	0
347	1	0	0	1	0
348	1	0	0	1	0
349	1	0	0	1	0
350	1	0	0	1	0
351	1	0	0	1	0
352	1	0	0	1	0
353	1	0	0	1	0
354	1	0	0	1	0
355	1	0	0	1	0
356	1	0	0	1	0
357	1	0	0	1	0
358	1	0	0	1	0
359	1	0	0	1	0
360	1	0	0	1	0
361	1	0	0	1	0
362	1	0	0	1	0
363	1	0	0	1	0
364	1	0	0	1	0
365	1	0	0	1	0
366	1	0	0	1	0
367	1	0	0	1	0
368	1	0	0	1	0
369	1	0	0	1	0
370	1	0	0	1	0
371	1	0	0	1	0

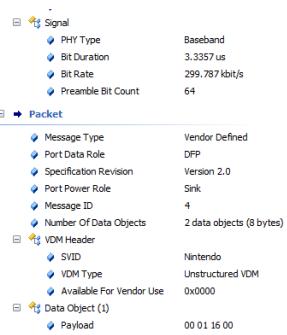
Text   LiveSearch   

No filter: 371 records.

## Block View

Timestamp	Duration	Record																						
0:04.609.906.000	762.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Packet</td><td>Sink Δ</td><td>SOP Type</td><td>Header</td><td>Data 0</td><td>Data 1</td><td>CRC</td></tr> <tr> <td>293</td><td>SOP</td><td>SOP</td><td>0x268f</td><td>0xff01a106</td><td>0x0000009a</td><td>0xf1190567</td></tr> </table>	PD Packet	Sink Δ	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC	293	SOP	SOP	0x268f	0xff01a106	0x0000009a	0xf1190567								
PD Packet	Sink Δ	SOP Type	Header	Data 0	Data 1	CRC																		
293	SOP	SOP	0x268f	0xff01a106	0x0000009a	0xf1190567																		
0:04.609.906.000	762.000 us	<table border="1"> <tr> <td>BMC</td><td>Preamble</td><td>4b5b Encoded</td></tr> <tr> <td>294</td><td>64 Bits</td><td>165 Bits</td></tr> </table>	BMC	Preamble	4b5b Encoded	294	64 Bits	165 Bits																
BMC	Preamble	4b5b Encoded																						
294	64 Bits	165 Bits																						
0:04.610.119.000	66.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Header</td><td>Sink Δ</td><td>Extended</td><td>Num Objects</td><td>Msg ID</td><td>Power Role</td><td>Spec Rev</td><td>Data Role</td><td>Msg</td></tr> <tr> <td>295</td><td>SOP</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td><td>Sink</td><td>3.0</td><td>UFP</td><td>VDM</td></tr> </table>	PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev	Data Role	Msg	295	SOP	0	2	3	Sink	3.0	UFP	VDM				
PD Header	Sink Δ	Extended	Num Objects	Msg ID	Power Role	Spec Rev	Data Role	Msg																
295	SOP	0	2	3	Sink	3.0	UFP	VDM																
0:04.610.185.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index</td><td>SVID</td><td>VDM Type</td><td>Version</td><td>Pos</td><td>Cmd Type</td><td>Command</td></tr> <tr> <td>296</td><td>0</td><td>DisplayPort SID</td><td>Structured</td><td>2.0</td><td>1</td><td>REQ</td><td>Attention</td></tr> </table>	PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Pos	Cmd Type	Command	296	0	DisplayPort SID	Structured	2.0	1	REQ	Attention						
PD Data	Index	SVID	VDM Type	Version	Pos	Cmd Type	Command																	
296	0	DisplayPort SID	Structured	2.0	1	REQ	Attention																	
0:04.610.318.000	133.000 us	<table border="1"> <tr> <td>PD Data</td><td>Index</td><td>IRQ</td><td>HPD</td><td>Req Exit</td><td>Req USB</td><td>Multi Func</td><td>Enabled</td><td>Power Low</td><td>UFP_D Connected</td><td>DFP_D Connected</td></tr> <tr> <td>297</td><td>1</td><td>0</td><td>High</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	PD Data	Index	IRQ	HPD	Req Exit	Req USB	Multi Func	Enabled	Power Low	UFP_D Connected	DFP_D Connected	297	1	0	High	0	0	1	1	0	1	0
PD Data	Index	IRQ	HPD	Req Exit	Req USB	Multi Func	Enabled	Power Low	UFP_D Connected	DFP_D Connected														
297	1	0	High	0	0	1	1	0	1	0														

DisplayPort Status Update (DPP_D connected, Not Enabled) > Ack (UFP_D connected, Enabled, HPD Low)	OUT	8 bytes {10 81 01 FF 01 00 00}		OK	2.495 949 851
DisplayPort Configure (Set Config as UFP_D, D) > Ack	OUT	8 bytes {11 81 01 FF 06 08 00}		OK	2.507 485 972
DisplayPort Status Update (DPP_D connected, Not Enabled) > Ack (UFP_D connected, Enabled, HPD Low)	OUT	8 bytes {10 81 01 FF 01 00 00}		OK	2.514 194 538
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0000 (00 01 16 00)	OUT	8 bytes {00 00 07 E6 05 00 01 16 00}		OK	2.531 692 813
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0000 packet (00 01 16 00)	OUT	8 bytes {00 00 7E 05 00 01 16 00}		OK	2.531 692 813
└ GoodCrc packet	IN	No data		OK	2.532 492 285
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0040 (00 02 17 00, 00 00 00 00)	IN	12 bytes {40 00 7E 05 00 02 17 00 00 00 00}		OK	2.535 819 412
└ GoodCrc packet	IN	12 bytes {40 00 7E 05 00 02 17 00 00 00 00}		OK	2.535 819 412
└ GoodCrc packet	OUT	No data		OK	2.536 823 654
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0000 (00 01 0B 00)	OUT	8 bytes {00 00 7E 05 00 01 0B 00}		OK	2.552 773 727
└ GoodCrc packet	IN	12 bytes {40 00 7E 05 00 02 0C 00 9A 0C 00}		OK	2.556 776 471
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0000 (00 01 18 00)	OUT	8 bytes {00 00 7E 05 00 01 18 00}		OK	2.574 249 093
└ GoodCrc packet	IN	12 bytes {40 00 7E 05 00 02 19 00 10 06 59 02}		OK	2.577 854 212
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0000 (01 01 01 00, 00 00 14 80)	OUT	12 bytes {00 00 7E 05 01 01 01 00 00 00 14 80}		OK	2.596 888 485
└ GoodCrc packet	IN	12 bytes {40 00 7E 05 01 02 02 00 00 00 14 80}		OK	2.600 976 503
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0000 (00 01 08 00)	OUT	8 bytes {00 00 05 E6 05 00 01 08 00}		OK	2.846 966 051
└ GoodCrc packet	IN	12 bytes {40 00 7E 05 00 02 0C 00 9A 0C 00}		OK	2.850 755 375
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0000 (00 01 10 00)	OUT	8 bytes {00 00 7E 05 00 01 10 00}		OK	2.867 758 776
└ GoodCrc packet	IN	12 bytes {40 00 7E 05 00 02 11 00 9A 0C 00}		OK	2.871 767 767
→ Nintendo Unstructured VDM 0x0000 (00 01 18 00)	OUT	8 bytes {00 00 7E 05 00 01 18 00}		OK	2.888 352 205
└ GoodCrc packet	IN	12 bytes {40 00 7E 05 00 02 19 00 10 06 59 02}		OK	2.892 816 823



## **Power Role Swap 介紹**

誰能夠負責發起PR\_Swap的訊息呢？筆電還是Dock？Source還是Sink？答案是，Source和Sink雙方皆可。但收到PR\_Swap要求的一方也可以視自身能力和當前狀況回應「接受（Accept）」、「拒絕（Reject）」或「等待（Wait）」的訊息來決定是否進行PR Swap的動作。

圖二我們以Sink發起PR\_Swap訊息為例，說明PR Swap一連串的過程及PD規範中對於PR Swap時CC切換和VBus電壓轉換的流程，圖三則是利用GRL-A1記錄下VBus在PR Swap過程的變化：

Initial Source/DPF

Initial Sink/UFP

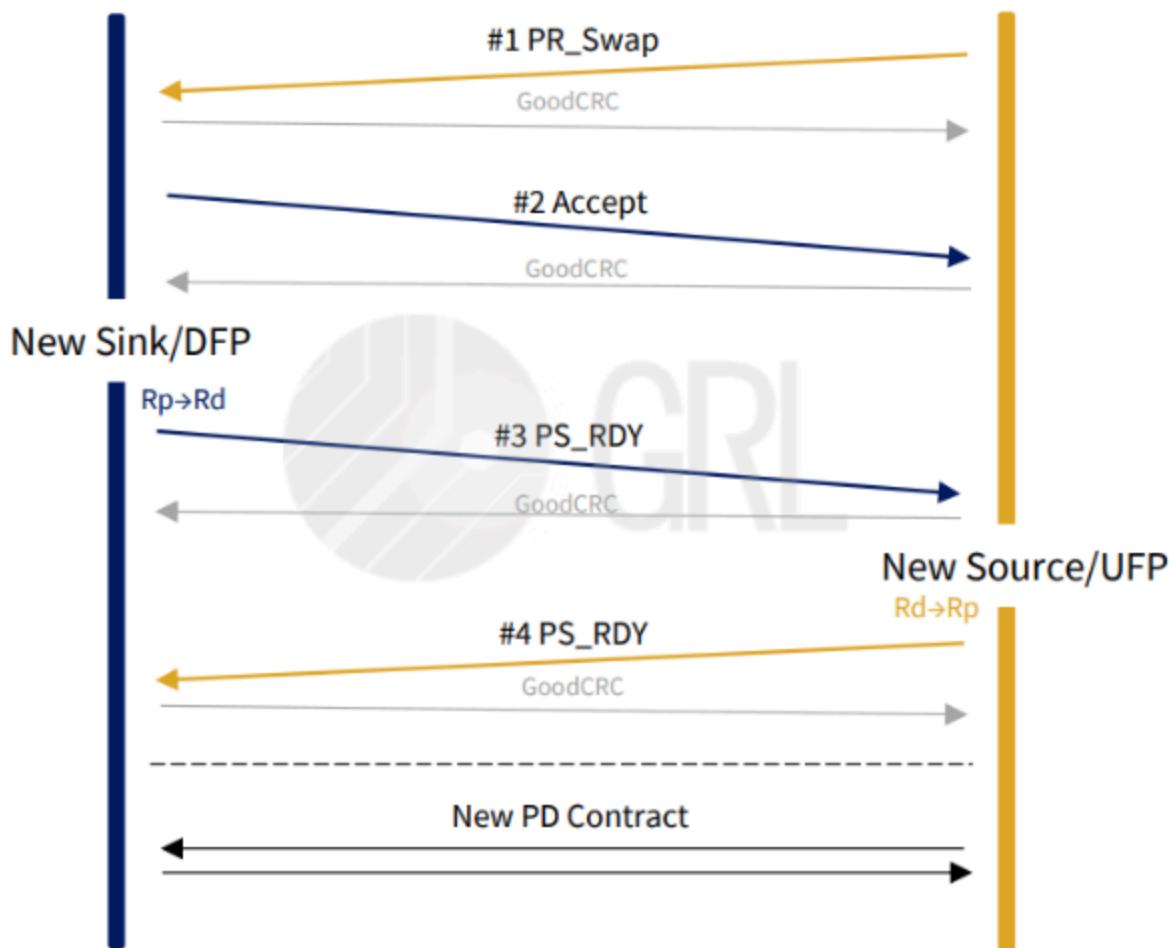


圖2: Sink Initiate PR Swap流程圖

#1 Sink在發起PR\_Swap後，#2、#3 Source接受PR Swap後發出Accept 的訊息並將CC Pin上的Rp切換到Rd後發出PS\_RDY成為New Sink。假如初始Source 不接受PR Swap或是正在忙碌需要Sink 等待，則可在收到PR\_Swap的請求後分別發出Reject 和Wait的訊息。

#4當初始Sink 收到從New Sink發出的PS\_RDY後，原始Sink 也會將Rd切換到Rp成為New Source並發出PS\_RDY，此時，PR Swap基本上就完成了。

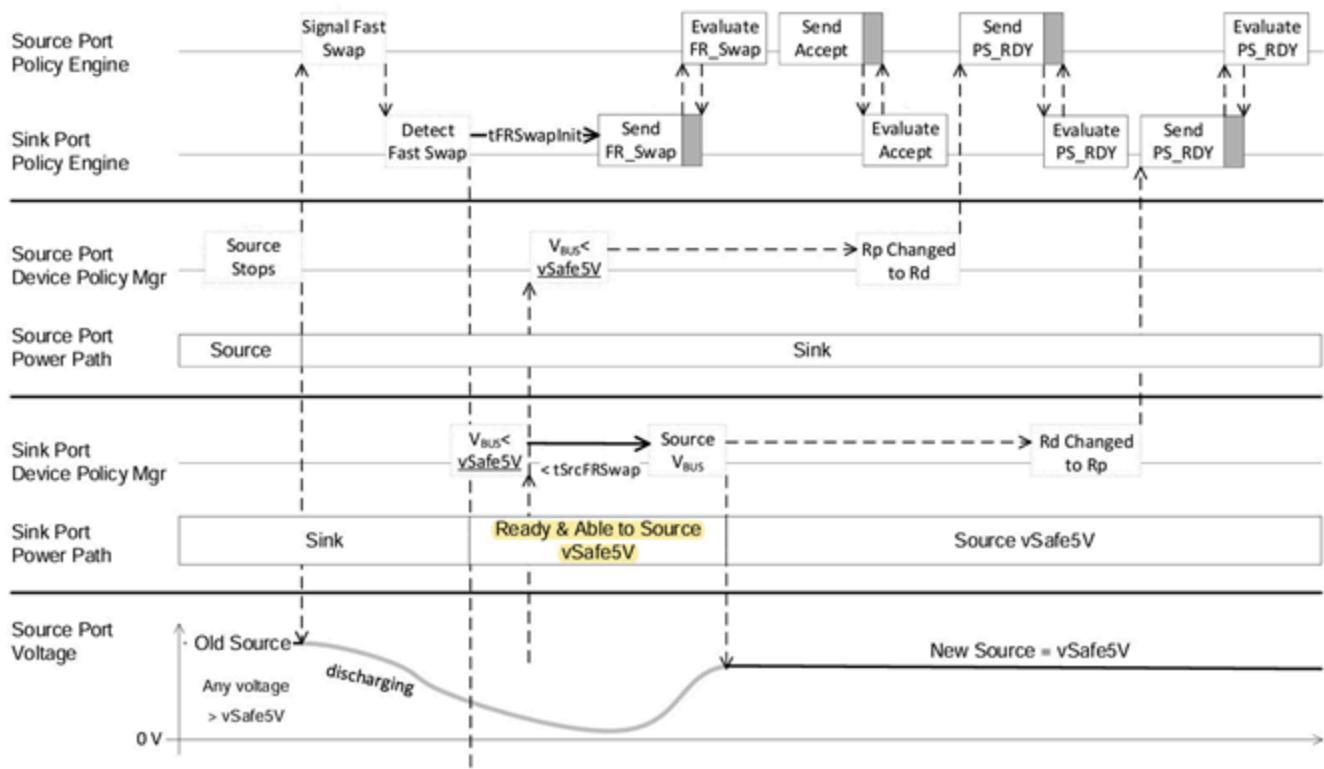
最後New Source會再發出新的Source Cap.與New Sink完成新的PD協議。



圖3: GRL A1 V<sub>Bus</sub> Transtition示意圖

## Fast Role Swap 介紹

當Dock偵測到電壓下降，會隨即發出一個Fast Role Swap signal，Host 接收到訊號後，便會傳送 FR\_Swap的訊息用以完成Source 和Sink 角色的交換，後面的溝通流程大致與PR Swap相同。除了在 Role Swap訊息溝通前會有一個Fast Role Swap Signal外，FR Swap與PR Swap 最大的不同，可以說是VBus的切換時間，若原先Dock與Host之間的VBus電壓 >5V，那麼當Sink 發現VBus <VSafe5V時，Sink隨時都會供給VBus電源，即便此時的Sink 尚未完成FR Swap的 PD 溝通成為Source，Sink (Host) 在此時為了維持與Dock之間的連接以及和Device的資料傳輸而緊急供給VSafe5V。



# 顯示器主要參數

$$\underline{3920} \times \underline{2222} \times \underline{60} \times \underline{3} \times \underline{8} = 12,542,745,600 \text{ (12.543G)}$$



# 解析度 (Resolution)

電視與電腦螢幕在傳送影像時，還會有不同的編碼格式，常見的有VESA協會主導的CVT、CVT-RB、CVT-RB2等，以及CTA（原為CEA）協會主導的CTA-861-H。每種規格又會有不同的有效頻寬使用率；我們以常應用在電腦螢幕上的DisplayPort介面的CVT-RB2規格，4K解析度為例，像素有效值與實際值分別如下：

$$H_{Active} = 3840 \quad H_{Total} : 3920$$

$$V_{Active} = 2160 \quad V_{Total} : 2222$$



- 頻寬效率：

- CVT-RB 和 CVT-RB2 的主要優勢是降低頻寬需求，允許顯示器在有限的介面（如 HDMI、DisplayPort）上支援更高解析度或刷新率。例如，CVT-RB2 能讓 4K@60Hz 在較舊的硬體上以更低頻寬運行。

## 更新率 (Refresh Rate)

以下圖為例，更新率為30Hz時，畫面每隔33毫秒才會更新一次，但採用120Hz時，會提高為每8.33毫秒更新一次，讓遊戲玩家觀察到更多的動態變化。



# 色彩格式 (Color Format)

## RGB

- 全名：Red, Green, Blue（紅、綠、藍）
- 意義：
  - RGB 是一種加色模型，基於紅、綠、藍三原色的組合來表示色彩。
  - 每個像素由紅 (R)、綠 (G)、藍 (B) 三個分量的強度值組成，通常每分量以 0 到 255 (8 位元) 或 0.0 到 1.0 的範圍表示。
  - 通過不同比例的紅、綠、藍組合，可以生成幾乎所有的可見顏色。例如，(255, 0, 0) 表示純紅，(255, 255, 255) 表示白色，(0, 0, 0) 表示黑色。
- 應用：
  - 常用於顯示設備（如螢幕、顯示器）及數位圖像處理，因為 RGB 直接對應於人眼視覺系統和顯示硬體的工作方式。
  - 適合圖形設計、遊戲渲染等場景。
- 特點：
  - 直觀，易於理解。
  - 數據量較大，因為每個像素需要儲存三個分量的完整資訊。

## YUV

- 全名：Y (亮度, Luma), U (藍色色度, Chroma), V (紅色色度, Chroma)
- 意義：
  - YUV 是一種色度-亮度分離的色彩編碼方式，將影像分解為亮度 (Y) 和色度 (U、V) 兩個部分。
  - Y (亮度)：表示影像的明暗資訊（灰階），決定了畫面的亮度細節，對人眼最敏感。
  - U (藍色色度)：表示藍色分量相對於亮度的偏移。
  - V (紅色色度)：表示紅色分量相對於亮度的偏移。
  - 色度 (U、V) 共同決定色彩的色調和飽和度，亮度 (Y) 則獨立控制明暗。
- 應用：
  - 廣泛用於視訊壓縮和傳輸（如 MPEG、H.264），因為人眼對亮度變化更敏感，對色度變化相對不敏感，可以對色度進行較高的壓縮（如 4:2:0 採樣），節省頻寬。
  - 用於電視廣播、視訊編碼、數位攝影等。
- 特點：
  - 通過分離亮度和色度，便於壓縮和傳輸。
  - 支援不同的採樣格式（如 4:4:4、4:2:2、4:2:0），靈活調整畫質和數據量。
  - 與 RGB 相比，YUV 更適合視訊編碼，因為它符合人眼的視覺特性。

# RGB 與 YUV 的主要區別

- 表示方式：

- RGB 直接用三原色表示，適合顯示。
- YUV 分離亮度和色度，適合壓縮和傳輸。

- 數據效率：

- RGB 每個像素需要完整的紅、綠、藍數據，數據量大。
- YUV 可通過降低色度採樣率（如 4:2:0）減少數據量，適合視訊壓縮。

- 用途：

- RGB 用於顯示和圖像處理。
- YUV 用於視訊編碼和傳輸。

- 轉換：

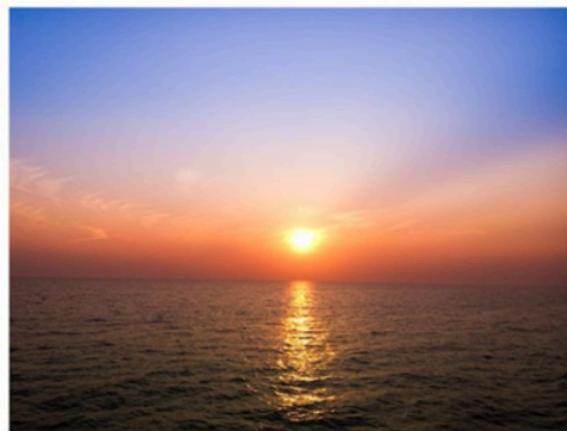
- RGB 和 YUV 可相互轉換，通過數學公式將 RGB 值轉為 YUV，或反之。例如：
  - $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$
  - $U = -0.147R - 0.289G + 0.436B$
  - $V = 0.615R - 0.515G - 0.100B$
- 這些轉換確保兩種格式之間的兼容性。

## 總結

- **RGB**：基於三原色，適合顯示和圖像處理，直觀但數據量大。
- **YUV**：分離亮度與色度，適合視訊壓縮和傳輸，節省頻寬且符合人眼視覺特性。

## 色彩深度 (Color Depth)

常見的設定為6, 8, 10 bit (一般電腦連接螢幕時預設為8bit)，色彩深度為電腦在呈現每個像素顏色所用的位元數，色彩深度越高，可呈現的顏色就越豐富；以8位元搭配三原色來說，每一原色會以  $2^8$  (256色階) 來呈現，全部共有16,777,216 種色彩。以10位元來搭配三原色，每一原色會以 $2^{10}$  (1024色階) 來呈現，全部共有1,073,741,824種色彩。



10 Bit



8 Bit

## 其他螢幕常見功能 (HDR10、Dolby Vision等)

HDR全名為High Dynamic Range（高動態範圍），這裡的範圍指的是圖像的明暗對比度，相較於SDR（Standard Dynamic Range 標準動態範圍）可以讓畫面上的亮部與暗部有更顯著的差異，進而達到更豐富的色彩範圍，以趨近於人眼所見的真實影像。如下圖，開啟HDR功能後，夜晚的天空變得黑白分明，每顆星星變得清楚可見。

常見的HDR規格有HDR10、HDR10+、Dolby Vision等。HDR10：由消費者技術協會（CTA）所推出的介面，因不需授權金，目前在市場上被最多產品所採用，其“10”代表運用10bit的色彩深度來呈現更好的光影變化。HDR10+則為HDR10的進階版，可支援到12bit的色彩深度。

而Dolby Vision（杜比視界）是由杜比實驗室所開發，為HDR10的主要競爭對手，可支援到最高12bit 的色彩深度。另外，HDR10 所支援的HDR是靜態的，當使用者開啟HDR10觀賞電影時，整部影片會套用相同的數據來增強畫面，但Dolby Vision可以提供動態的HDR效果，為每一幀畫面做不同程度的對比度、明暗度強化，使觀影者的視覺體驗更加豐富。



# 頻寬計算

了解各項顯示參數後，我們該如何算出不同解析度所需要的頻寬呢？很簡單，將以下各項參數乘起來即可。下面以一個標準4K@60Hz的解析度為例：

- 解析度:  $3840 \times 2160$  ( $H_{total}=3920$ 、 $V_{total}=2222$ )
- 更新率: 60Hz
- 色彩深度: 8bit
- 色彩格式 : RGB (RGB乘以3，YC422乘以2，YC420乘以1.5)

將以上四個相關參數乘起來，即可得到所需頻寬：

$$\underline{3920 \times 2222} \times \underline{60} \times \underline{3} \times \underline{8} = 12,542,745,600 \text{ (12.543G)}$$

解析度  
 $H_{Total} \times V_{Total}$

更新率  
(60Hz)

色彩格式  
(RGB)

色彩深度  
(8 Bit)

Data Rate (bit per second)	(Note 2)		
	4 Lane	2 Lane	1 Lane
HBR3 (8.1 Gbps) <b>有效頻寬</b>	32.4G <b>25.92G</b>	16.2G <b>12.96G</b>	8.1G <b>6.48G</b>
HBR2 (5.4 Gbps) <b>有效頻寬 (Note 1)</b>	21.6G <b>17.28G</b>	10.8G <b>8.64G</b>	5.4G <b>4.32G</b>
HBR (2.7 Gbps) <b>有效頻寬</b>	10.8G <b>8.64G</b>	5.4G <b>4.32G</b>	2.7G <b>2.16G</b>
RBR (1.62 Gbps) <b>有效頻寬</b>	6.48G <b>5.18G</b>	3.24G <b>2.59G</b>	1.62G <b>1.30G</b>

\* 藍字: 有效頻寬 (8b/10b)

表1: DisplayPort規格的有效頻寬

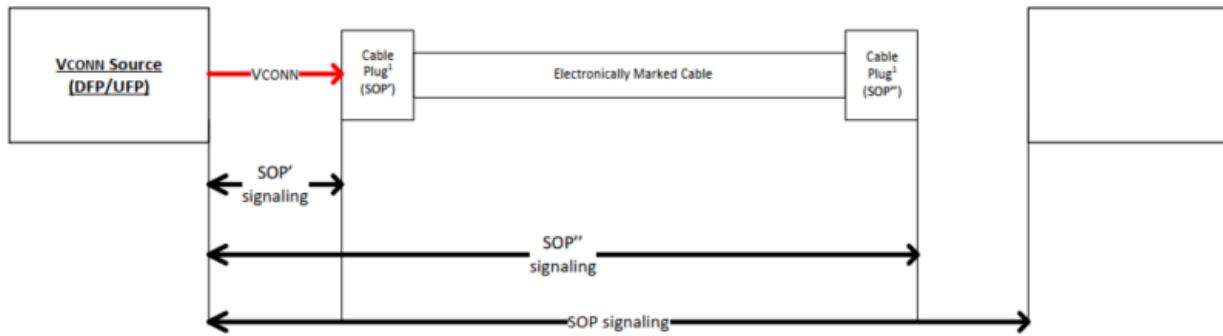
經過前面的運算，我們知道一個標準4K 的解析度所須的頻寬為**12.543 Gbps**，再對應上表可知，至少需要HBR2 且四通道的頻寬，或HBR3且兩通道的頻寬才能滿足。

- **RBR**：對應 DisplayPort 1.0 及以上，Alt Mode 1.0/2.0 均支援，適用於低解析度或低刷新率。
- **HBR**：對應 DisplayPort 1.0 及以上，Alt Mode 1.0/2.0 均支援，適合 1440p 或早期 4K@30Hz。
- **HBR2**：對應 DisplayPort 1.2 及以上，Alt Mode 1.0/2.0 均支援，常用於 4K@60Hz 或 1440p@165Hz。 
- **HBR3**：對應 DisplayPort 1.3/1.4 及以上，Alt Mode 1.0/2.0 均支援，支援 8K@60Hz (使用 DSC) 或 4K@120Hz。 

## SOP Communication

Source 與 Sink 之間使用 SOP 訊息，靠近 Vconn Source (負責供電給線材中 e-Marker) 訊息使用 SOP'，與較遠端 e-Marker 的訊息則用 SOP''。

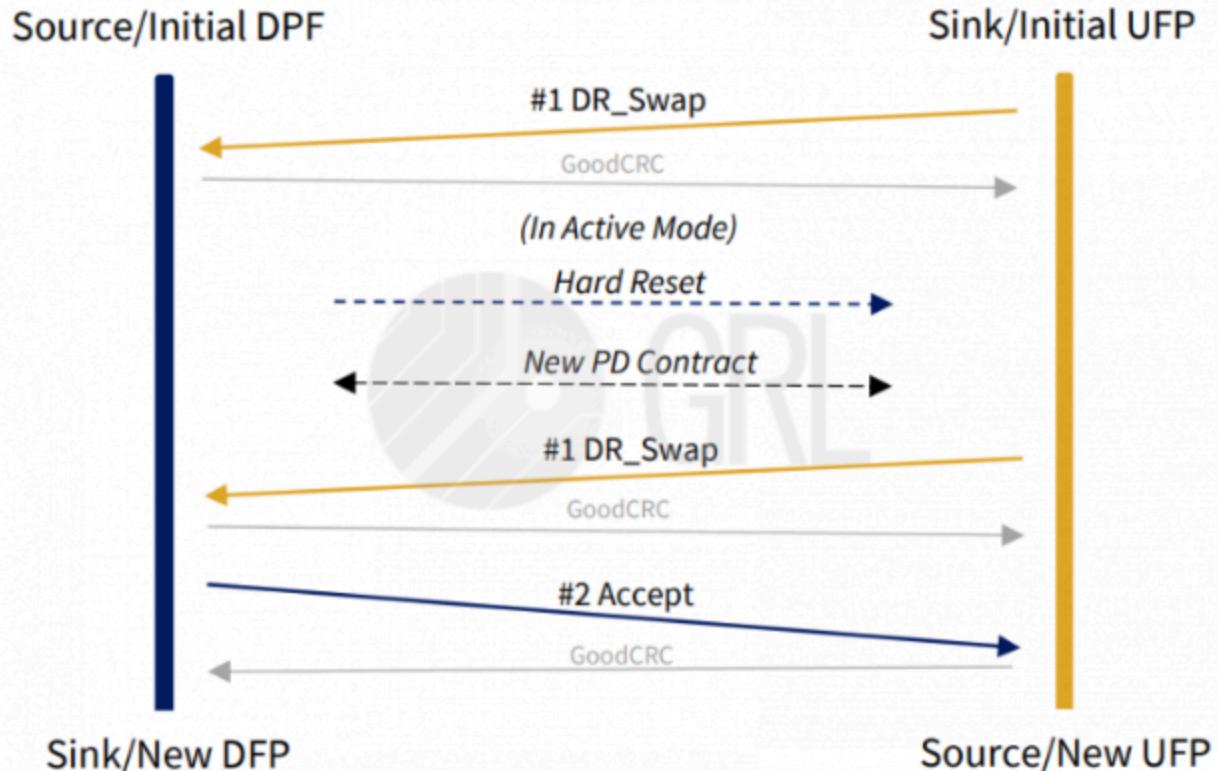
並非每一條線材都有搭載 e-Marker，若該線材支援 SuperSpeed 或大於 3 安培的電流，依規定就必須有 eMarker



## Data Role Swap 介紹

了解Power Role的角色轉換之後，接著我們看到Data角色的轉換，Data Role Swap（DR Swap）同樣是利用PD協議來完成。那麼為什麼需要DR Swap呢？因為對於DRP的Data角色來說，雙方一對接上，並在完成第一次的PD協議之前，隨機成為Source的一方會預設為DFP，反之，Sink則為UFP，所以當初步的PD協議完成後，產品一樣也可以依照需求提出DR Swap的要求。

DR Swap的整個流程（圖五）相對於PR Swap來說簡單的多，要留意的是，若收到DR\_Swap Request的當下，DFP/UFP已進入任一Active Mode，那麼在進行DR Swap前需先執行Hard Reset使雙方離開Active Mode再重新PD協議，若Cable也在Active Mode時，則Cable也需先離開Active Mode。



## VCONN Swap 介紹

#1 Initial VCONN Source 發出VCONN\_Swap。

#2、#3 UFP在接受VCONN\_Swap後接受請求回覆Accept訊息，此時UFP 開始對VCONN 供電並在tVONNSourceOn（表四）時間內發出PS\_RDY；假如接收VCONN\_Swap的一方不接受VCONN Swap或是需要VCONN Source等待，則可在收到VCONN\_Swap的請求後分別發出Reject 和Wait的訊息，若是不支援當VCONN Source則可發Not\_Supported。但要注意若收到VCONN\_Swap請求的一方現為VCONN Source，那麼是不能夠Reject 和Wait的。

而#4 Initial VCONN Source在收到PS\_RDY後，則在tVCONNSourceOff（表四）時間內關閉VCONN 供電，完成VCONN Swap動作。此時，可以發現與PR Swap不同的是，VCONN在過程中都不會斷電，來確保維持Cable的運作。

完成 VCONN Swap 後，New VCONN Source 需要用SOP'/SOP" 對Cable做Soft Reset，用以重新同步Message ID。

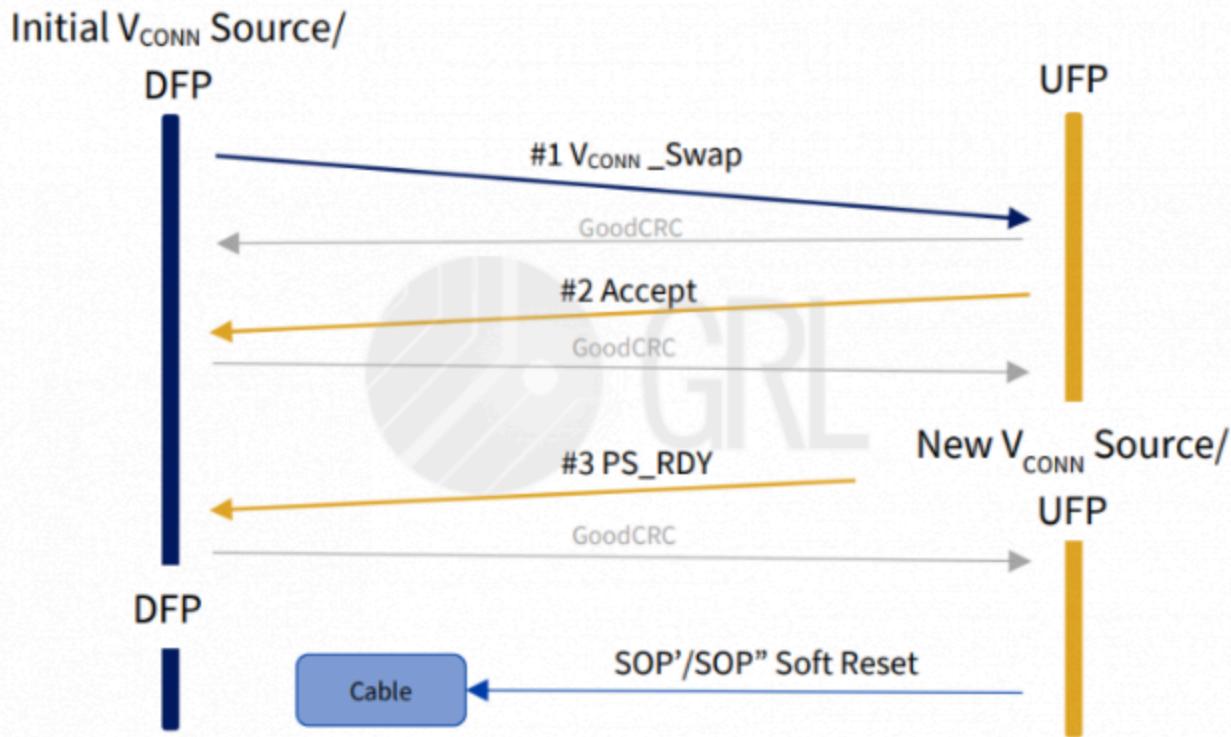


圖5: Initial V<sub>CONN</sub> Source Request V<sub>CONN</sub>\_Swap流程圖