

改善 HDMI 訊號在 4K2K 解析度之電磁輻射干擾

董德安

學生

淡江大學電機研究所

E-mail : D097033@hotmail.com

劉寅春

副教授

淡江大學電機研究所

摘要

HDMI (High-definition multimedia interface, 高清晰多媒體介面) 是一種目前主流的全數位化影像及聲音傳送介面,而在如此高速訊號傳輸之狀況下,如何解決電磁干擾(ElectroMagnetic Interference, 簡稱 EMI)之問題,即成為各方研究討論之重要議題。本文所探討的是目前現階段消費型筆記型個人電腦(Note Book PC)針對 HDMI 之設計,目前的 CPU 標準輸出為 HDMI 1.4 規格,但為了要符合市場上新興的 4K2K 超高分辨度(4K resolution)輸出且搭配超高畫質電視,需要在 CPU 輸出訊號端加入去除抖動晶片,以增強及保持輸出訊號穩定。文中將實驗 HDMI 訊號線路的長度與 EMI 及眼圖(Eye Diagram)相互間之影響,並提供有關針對此高速訊號線路設計與抑制電磁輻射強度的方法與分析模擬。

關鍵詞：多媒體高清晰介面、電磁干擾、眼圖
共模濾波器

Abstract

HDMI (High-definition multimedia interface) is a current mainstream of all-digital video and audio transmission interface. Under such high speed signal transmission, electromagnetic interference (EMI) is a problem that engineers always have to solve.

What we explore in this paper is that the CPU of the consumer notebook PC standard output is HDMI 1.4b in current stage, but to meet the emerging 4K2K Ultra High Definition (4K resolution) output technology with superior picture quality TV in the market. When 4K offers four times resolution than previous 1080P, the signal quality of receiving end will also need to be more stable. It is necessary to add Jitter Cleaning chip on CPU output signal terminal when designing to enhance and keep a stable output signal. In this paper, we will experiment on the influence between the length of HDMI signal trace, EMI, and the Eye Diagram and

provide method and simulated analysis for this high-speed circuit design and signal intensity of electromagnetic radiation Suppression

Keywords: HDMI、EMI、PCB、4K2K、
JITTER

1. 前言

目前高清晰多媒體介面訊號 HDMI(High-Definition Multimedia Interface)是一種市面上目前非常普及的全數位化影像和聲音傳送介面。最初提出 HDMI 介面是為了整合家庭劇院中影音的部分,直到最近幾年也陸續出現在各類 3C 產品中(Notebook, Tablet PC, Smart phone, Desktop PC 等)幾乎成為必備之輸出埠[1]。

顯示解析度從也從最初的 HDMI 1.0 規範 1920*1200,提升到現今 HDMI 2.0 規範 3840*2160,這也就是目前消費市場中所謂的 4K*2K 解析度[2]。而當這個越來越追求高畫質及高清晰的時代,相較於此在電路設計上的 EMI 防治也越來越顯複雜及困難。

2. 主要內容

2.1 研究動機

現今在業界因為筆記型電腦尺寸越來越追求重量輕跟體積薄,所以初期設計內部主機印刷電路板(Printed circuit board 簡稱 PCB)也只能越來越小,但功能卻越來越多樣化,使得零件擺放位置也越來越複雜。但市場上因競爭廠牌越來越多,所以銷售價格上卻愈趨便宜。因此內部電路板的板層數因成本上的考量從最初的八層板設計漸漸的往六層板的方式下去做,使得 PCB 佈線工程師在設計線路時,通常因為 PCB 板大小空間問題無法將高清晰多媒體介面 HDMI 的訊號走線藏至 PCB 板內層,或因晶片擺放位置離輸出端過遠導致訊號

線貫孔數太多走線太長[7]，這些都會導致 HDMI 產生的電磁干擾 (ElectroMagnetic

本實驗所探討的 4K 解析度是種新興的數位電影及電腦視訊的超高解析度(UHD)標準。當解析度是之前 1080P 的 4 倍時，因所要求的訊號品質需更穩定。所以設計在 CPU 輸出訊號時加入一顆 Repeater(使用 PARADE PS-8407)的方式將輸入信號增強放大並轉換為 4K2K 訊號再傳送至輸出端。但要如何維持訊號的完整度又要防制電磁輻射干擾，將使用近場頻譜分析儀量測與訊號眼圖的結果做比較，最後在國際標準的 3 米電波暗室量測 30MHz~1000MHz 的 EMI 訊號，探討訊號品質與電磁輻射之間的差異與關係。

2.2 HDMI 介紹

HDMI 訊號線是用三對資料線 (Data) 及一對時脈線 (Clock) 做傳輸 (圖 1)。

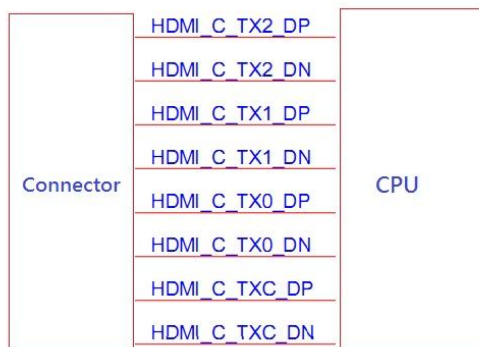


圖 1：HDMI 訊號線

HDMI 是屬於高速差動訊號的一種，HDMI 運用最小化傳輸差分訊號 TMDS(Transition Minimized Differential Signaling)來做為傳送接收資料的技術[3]。差動訊號將訊號分成 D+與 D-，兩個訊號相位角 180°相反，振幅相等如(圖 2)，訊號傳送的方式是利用電壓差的邏輯狀態 0 還是 1 來判斷接收到的資料。差動訊號有低串音(Crosstalk)抗干擾與訊號[6]。

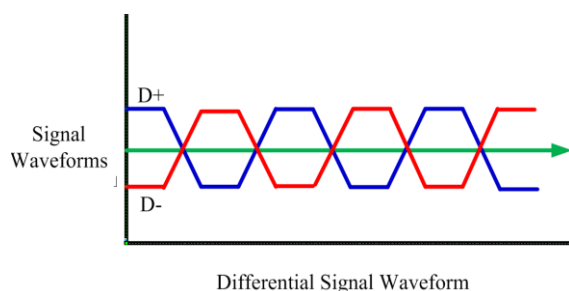


圖 2 差動訊號傳輸方式

Interference，簡稱 EMI)。

HDMI 的阻抗匹配(Impedance)在規範中 TMDS 的 Impedance 要控制在 100 ohm，正負 15%之間，但是 HDM 訊號有時候會因為需要解 EMI 的問題，增加共模濾波電感器 [4](Common mode chock)或是終端電阻為目前工程師在解決無法克服走線問題時，較為多人來抑制 HDMI 高速訊號線向外幅射的對策，但是這個效果有限，且 HDMI 有四對線，總共必須要加四顆共模電感，在成本上會大幅增加。

而另一個方式就是使用並聯電阻的方式調整 HDMI 訊號線的阻抗匹配[5]，降低 HDMI 訊號源的強度，但在線路上增加並聯電阻，會嚴重影響眼圖品質，因此雖然可以解決 EMI 工程師碰到的問題，但因訊號完整度遭到破壞，使得接受端品質下降，因此並不是最佳的解決方法。

2.3 問題陳述

本文所探討的樣品是以筆記型電腦上 4K2K 超高清高速差動訊號因印刷電路的板型限制(圖 6)，讓高速訊號走線距離過長，使得訊號衰減及異常，故需搭配一顆譜瑞(Parade) PS8407A(jitter- cleaning)晶片，其功能為去除高速訊號不穩定的抖動及增強信號再生器(圖 3)。

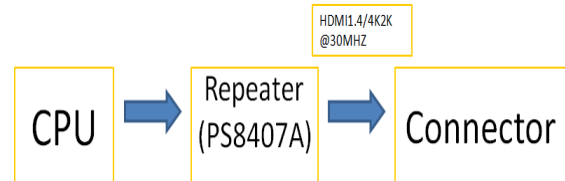


圖 3 HDMI 訊號加入訊號放大晶片

而當輸出解析度達 4K2K(3840*2160@30Hz)時，其基本工作頻率為 297MHz[2]，如(圖 4)。而這次問題就是出現在其三倍頻的工作頻 890MHz 的時候，因 EMI 電磁輻射過高，超出國家法規的標準，如(圖 5)

HDMI_VIC	Description	Pixel frequency (MHz)	Hactive	Hblank	Hfront		
					Hsync	Hback	
0x00	Reserved	-	-	-	-	-	-
0x01	4K x 2K 29.97, 30 Hz	297.000 296.703	3840	560	176	88	296
0x02	4K x 2K 25Hz	297.000	3840	1440	1056	88	296
0x03	4K x 2K 23.98, 24 Hz	297.000 296.703	3840	1660	1276	88	296
0x04	4K x 2K 24 Hz (SMPTE)	297.000	4096	1404	1020	88	296
0x05..0xFF	Reserved	-	-	-	-	-	-

圖 4 4K2K 解析度工作頻率

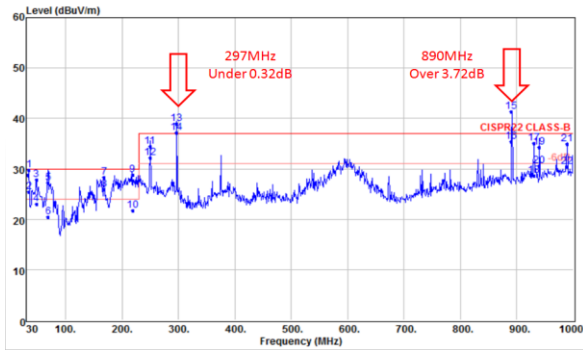


圖 5 發生輻射問題頻率點

3. 實驗方法及量測環境

本研究將針對印刷電路板上顯示晶片擺放距離、與 EMI 抑制元件以及訊號線路佈線設計等方法，藉由模擬及實際量測多媒體介面訊號在超高解析度輸出時的電磁波輻射干擾。最後會在有國際標準認證的實驗室實際測試其結果並做比較，來尋求最佳化的設計。

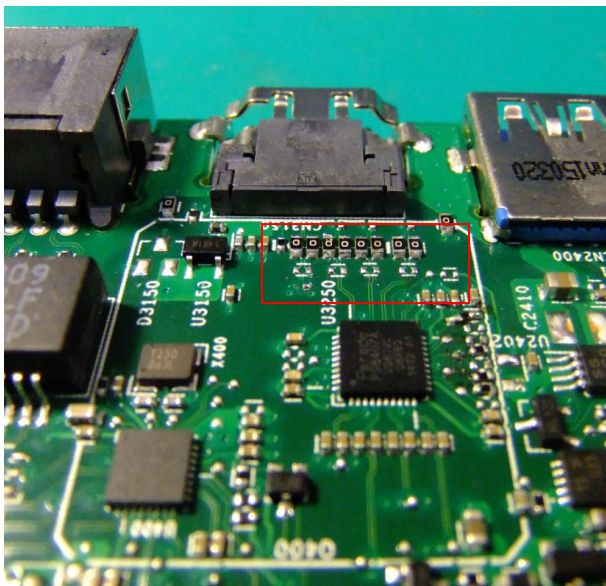


圖 6 初始訊號走線

3.1 實驗方法及項目

(對策一)測試訊號加入共模電感

在量測的 PCB 上 HDMI 的訊號線上只單獨使用加入共模電感[3] (圖 7) 的方式來做量測眼圖及 EMI。

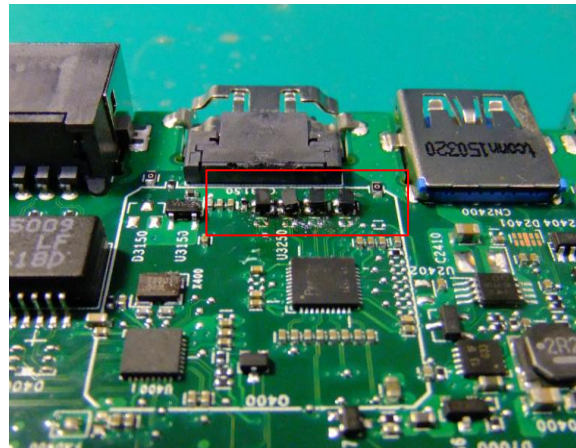


圖 7 訊號線加入共模電感

(對策二)測試訊號加入並聯電阻

在 HDMI 的四對訊號線上分別並聯 180 歐姆電阻 (圖 8) [4]量測眼圖及 EMI 的大小。

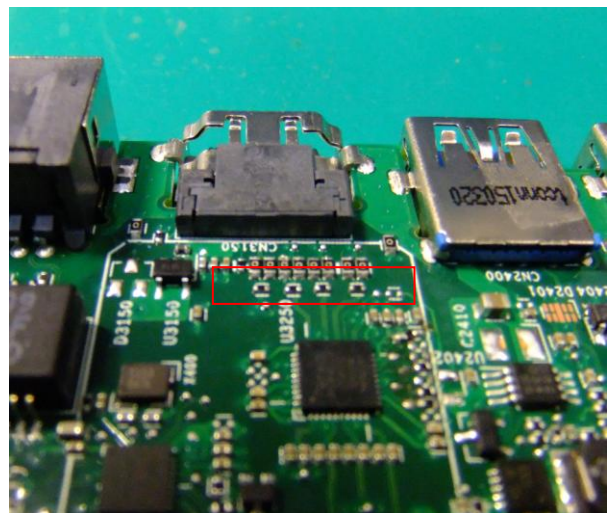


圖 8 訊號線加入並聯電阻

(對策三)調整訊號長度

調整實際 PCB 板上的 HDMI repeater 至 connector 的訊號線長度，搭配 Simulation 軟體模擬，模擬不同的 HDMI 訊號長度並觀察訊號眼圖及實際量測 EMI 的改變(圖 9)(圖 10)。

Single Signal Names	Traces Length
CN_HDMI_TX0_DN	1954.04 MIL
CN_HDMI_TX0_DP	1955.86 MIL
CN_HDMI_TX1_DN	1859.84 MIL
CN_HDMI_TX1_DP	1862.05 MIL
CN_HDMI_TX2_DN	1904.02 MIL
CN_HDMI_TX2_DP	1901.51 MIL

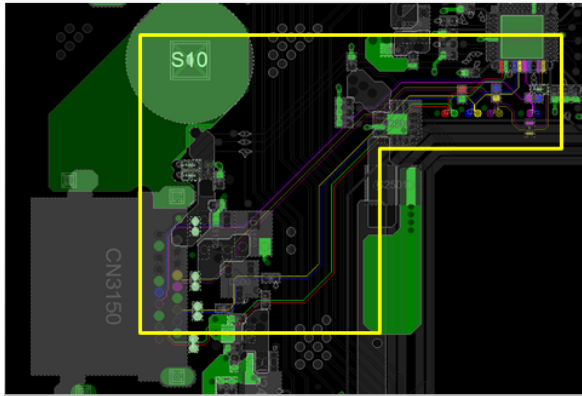


圖 9 原始訊號走線

3.2 量測環境

EMI 近場量測使用 Agilent E4402B 頻譜分析儀(Spectrum)如(圖 11) 與 高階示波器 Tektronix DSA 71604C(圖 12)分別量測各選項的眼圖及 EMI，並比較結果

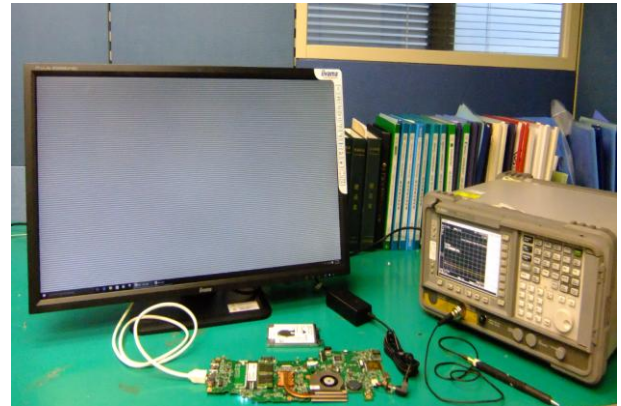


圖 11 頻譜分析儀

Single Signal Names	Traces Length
CN_HDMI_TX0_DN	353.84 MIL
CN_HDMI_TX0_DP	353.83 MIL
CN_HDMI_TX1_DN	646.28 MIL
CN_HDMI_TX1_DP	648.71 MIL
CN_HDMI_TX2_DN	587.07 MIL
CN_HDMI_TX2_DP	587 MIL

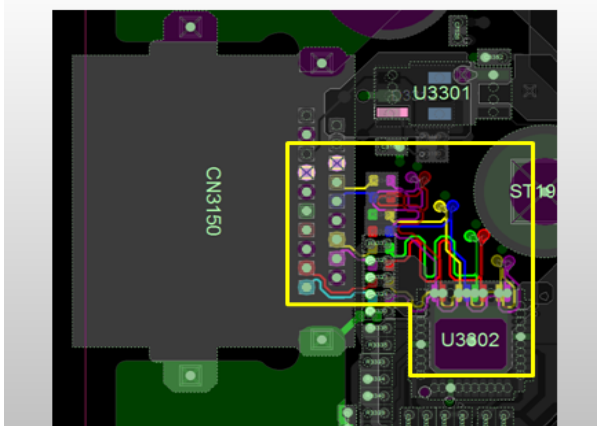


圖 10 訊號走線縮短

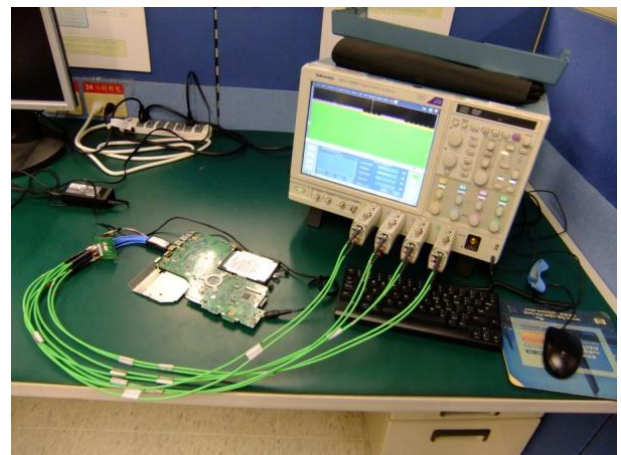


圖 12 示波器

EMI 的量測環境是使用 3 米電波暗室[5] (圖 13)，並參照 EMI 配置圖做量測(圖 14)。量測眼圖時，將先使用無額外設置的 PCB 板來進行量測，而在 3 米電波暗室量測時是整台待測物組裝起來接上 HDMI 輸出 4K2K(3840*2160@30Hz)解析度 至 32 吋螢幕做量測。

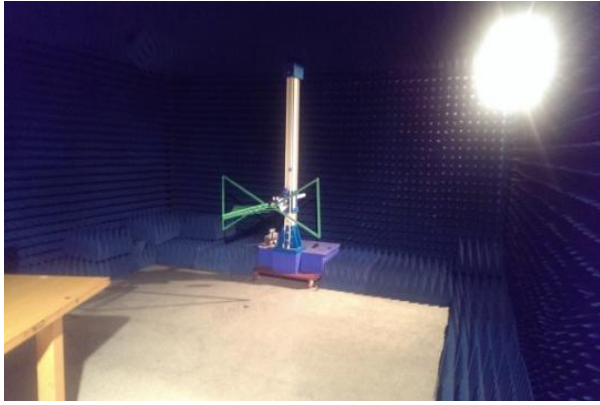


圖 13 3 米電波暗室

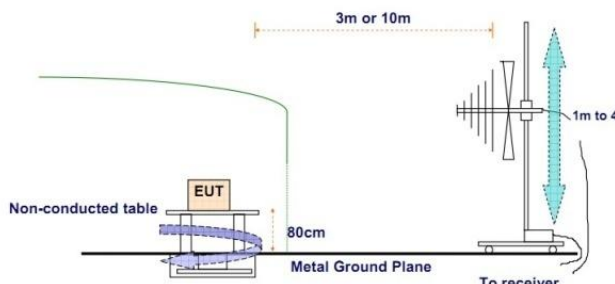


圖 14 EMI 量測配置圖

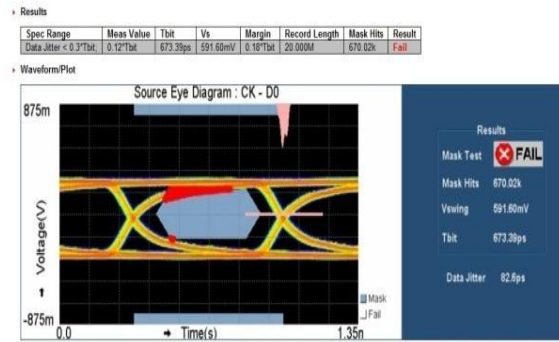
4. 量測結果比較

4.1 眼圖量測

研究將三個實驗的眼圖量測結果做成表格如以下所示(表1),原本預設的情況下2000mils及加入並聯電阻對策,眼圖是會 fail 的,可是在縮短訊號線距離後(圖 10)以及使用共模電感(Common mode choke)的狀況下眼圖是會 Pass 的。

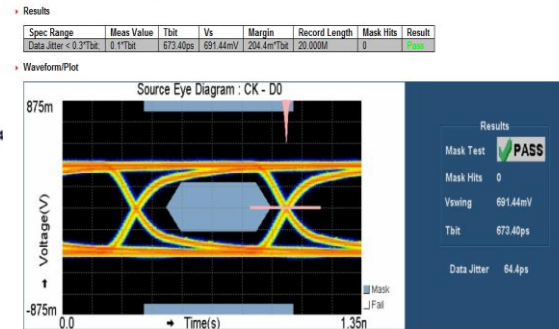
表 1

Status	PASS/FAIL
600mils	PASS
2000mils(初始值)	FAIL
2000mils(Common mode choke)	PASS
2000mils (Parallel resistance)	FAIL



初始狀態 trance 2000 mils

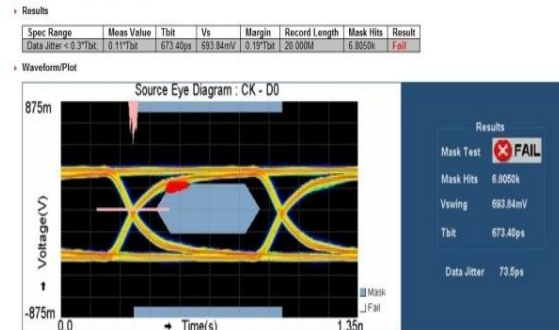
7-10 : Source Eye Diagram : CK - D0



對策一

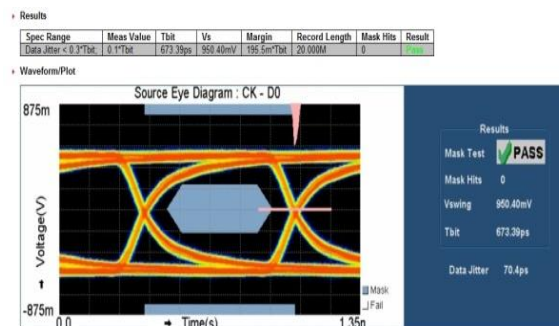
trance 2000 mils add Common mode choke

7-10 : Source Eye Diagram : CK - D0



對策二

trance 2000 mils add Parallel resistance



對策三 trance 600mils

trance 2000 mils add Common mode choke

4.2 頻譜近場量測

頻譜近場是 EMI 的量測數據表格如下(表 2)，接上 HDMI 量測 EMI 時，出現 Fail 的頻率是在 890MHz，在近場直接用頻譜分析儀量測頻率在 890MHz 時 EMI 輻射訊號，測出來的結果在原始 2000mils 是 57.79dBuV(圖 15)為最高，依次為加入(Common mode choke) 54.48 dBuV、並聯 180 歐姆電阻 51.93 dBuV、縮短訊號線距離至 600mils 51.75 dBuV 訊號為最低(圖 16)。

表 2

Status	Level(max)
600 mils	51.75 dBuV
2000mils(初始值)	57.79 dBuV
2000mils(Common mode choke)	54.48 dBuV
2000mils(Parallel resistance)	51.93 dBuV
Freq : 890MHz	

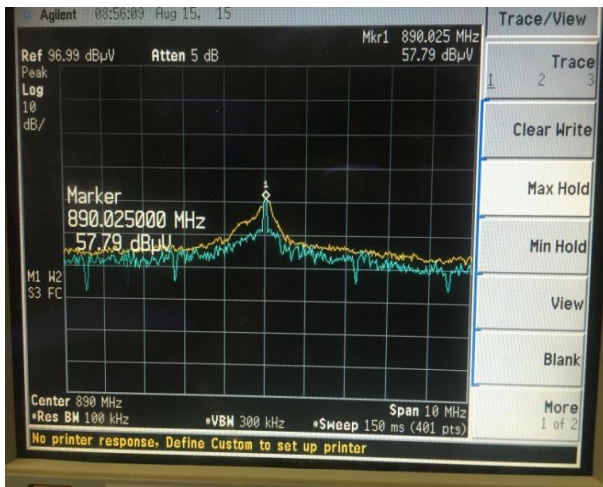


圖 15 原始訊號走線

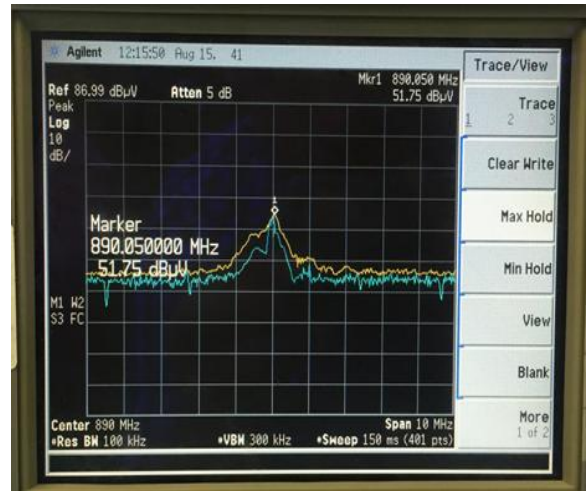
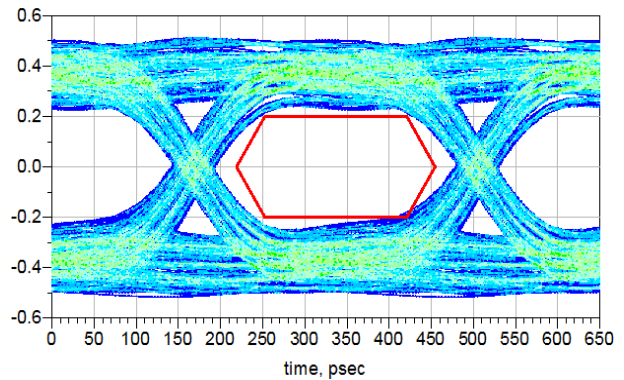


圖 16 縮短訊號走線後結果

4.3 Simulation 軟體模擬

HDMI 訊號長度和眼圖及 EMI 的影響(圖 17)(圖 18)

Simulation 模擬 Trace length= 2000mils



$$m1 = 297\text{MHz} / 0.44$$

$$m2 = 890\text{MHz} / 2.31$$

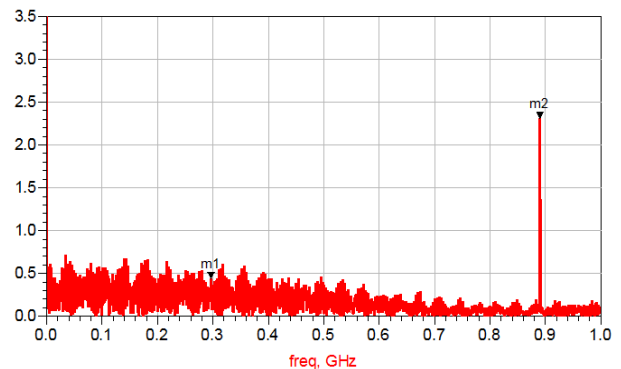


圖 17 模擬原始訊號走線

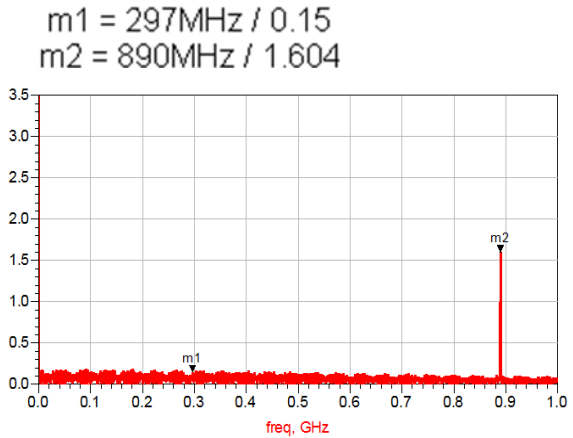
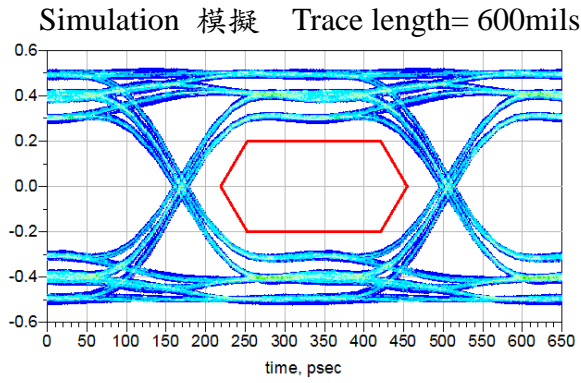


圖 18 模擬縮短訊號走線

4.4 3m chamber 量測

最後則是使用 EMI 3 米電波暗室 (圖 13)，並參照 EMI 配置圖做量測 EMI 的量測數據表格如下(表 3)，接上 HDMI 量測 EMI 時，出現 Fail 的頻率是在 890MHz，在 BSMI (經濟部標準檢驗局) CNS 13438 的法規規範中[7]，頻率在 890MHz 時 EMI 規範 limit 為 37dBuV/m，測出來的結果只有在預設值 2000mils 是 Fail，其他設計對策情況下都是可以 PASS 的，除了加入共模電感的時候較為 margin limit[5]。

表 3

Status	EMI Radiation	Eye diagram	Total Result
2000mils	Fail	Fail	Fail
600 mils	Pass	Pass	Pass
(Common mode choke)	Pass	Pass	Pass
(Parallel resistance)	Pass	Fail	Fail

5. 結論

本文藉由量測結果，比較不同達到眼圖及 EMI 規範要求的方法，從結果能得知藉由共模電感及加入並聯電阻，雖皆可達到 EMI 的規範，但只有共模電感才能達到眼圖標準，

表 4

Status	Result	Cost
600 mils	Pass	Low
2000mils (Common mode choke)	Pass	High

而共模電感則有高成本的問題(表 4)，若是在設計初期能盡量將 HDMI I/O 位置靠近 HDMI 顯示輸出晶片，減少 HDMI 高速差動訊號走線距離，減少可能的穿層貫穿導孔數量，與增加佈線的空間。不但讓訊號品質能達到超高分解度的輸出標準與符合 EMI 電磁輻射國家標準法規的要求。也能使後續產品開發成本減少而更具市場競爭力。本文提供有關超高速訊號線路設計與電磁輻射強度的方法與分析，給日後讀者相關問題的參考與應用。

參考文獻

- [1] 李永明、曾孝平，高速 PCB 設計中出現的干擾與機制，2007 年 3 月。
- [2] High-Definition Multimedia Interface Specification Version 1.4, June 5, 2009.
- [3] 蔡政憲，防護線對高速數位信號在板級的電磁干擾影響探討。國立交通大學，碩士論文，2009 年
- [4] 綺文，陶甫台，高速負載板之傳導線的阻抗匹配設計測量與分析。清雲科技大學，碩士論文，2005 年。
- [5] 中華民國國家標準 CNS 總號 13438，類別 C6357 “資訊技術設備-射頻擾動特性-限制值與量測方法” 95 年
- [6] S. H. Hall, G. W. Hall, and J. A. McCall, *High-Speed Digital System Design*, New York:JohnWiley&Sons,2000
- [7] Sreenivas Ranganathan, etal,“An expert system architecture to detect system-level automotive EMC problems”,IEEE 2002,