

TAI-TECH

Advanced Electronics Co., Ltd.

Lan X'former

創新技術的乙太網路接口產品
與防雷保護

New Product



Lan X' former應用領域

Multi
-Pair

10Base-T
100Base-TX
1000Base-T

2.5GBase-T
5GBase-T
10GBase-T

25GBase-T
40GBase-T



PoE

Single
-Pair

NG Base-T1
1000Base-T1
100Base-T1
10Base-T1



PoDL

10Base-T1S
10Base-T1L

15米

1000米



Lan X' former 目標市場



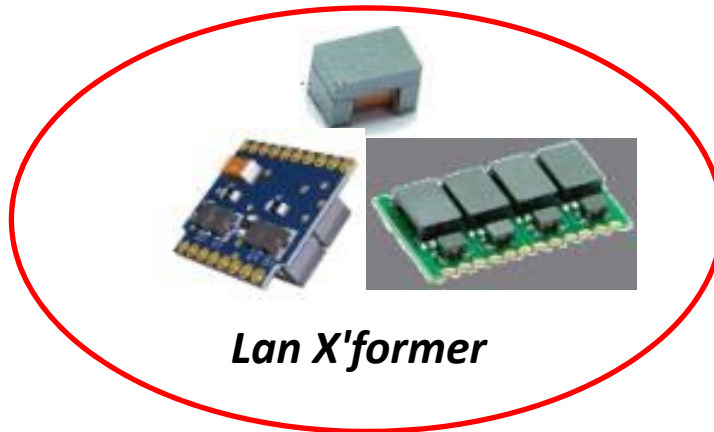
Desktop PC



NoteBook PC



HUB& Switch

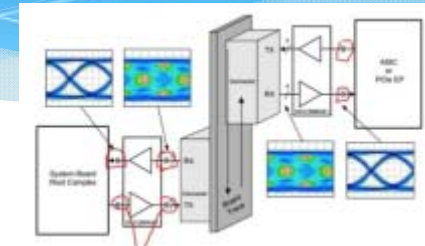


Lan X'former

For Ethernet (RJ45 Port)



AP Router



Chip-Chip



SET-TOP-BOX



Smart-TV

X' former 主要應用廠商

Computing related



Communication



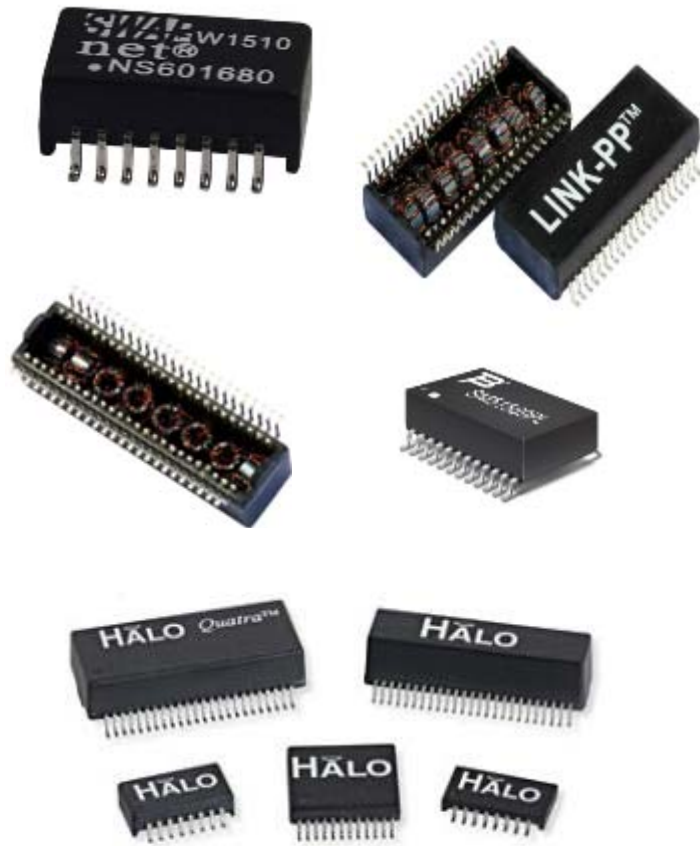
Consumer



僅取代表性或較早採用X' former方案廠商

現有網路變壓器的問題

種類多



使用人力多



製程複雜



1. 種類多:造成備庫困難, 容易產生呆滯料或缺料狀況
2. 使用人力多:容易產生人為錯誤, 品質不穩與無法應付急單
3. 製程複雜: 不易品質改進, 也較難應付急單

Lan X' former的創新

結構創新



鐵芯形狀改變



容易自動化



線頭處理方式



簡化生產流程

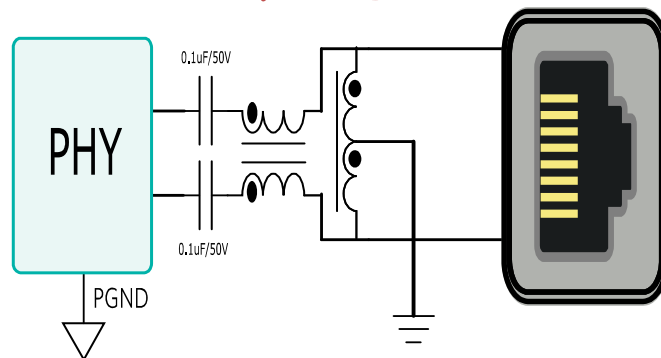
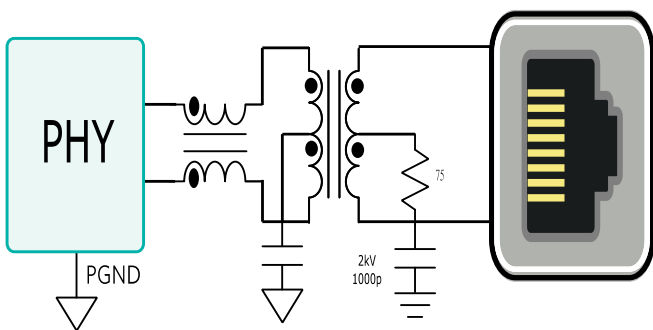


模組組裝方式



提高使用良率

電路創新



專利電路

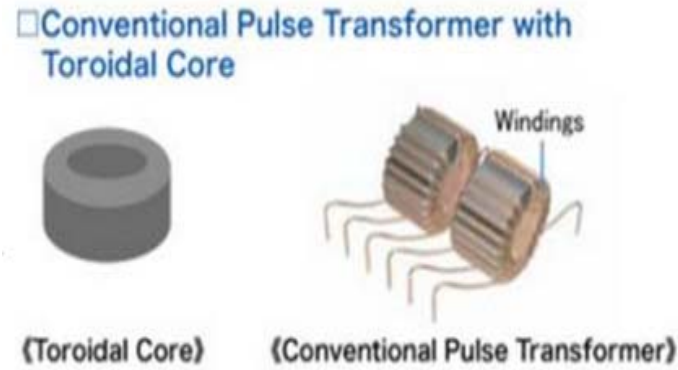
新電路新觀念

傳統網路變壓器與X' former 結構差異

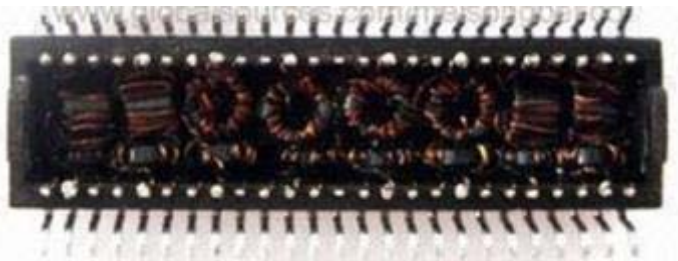
傳統變壓器

X' former

元件

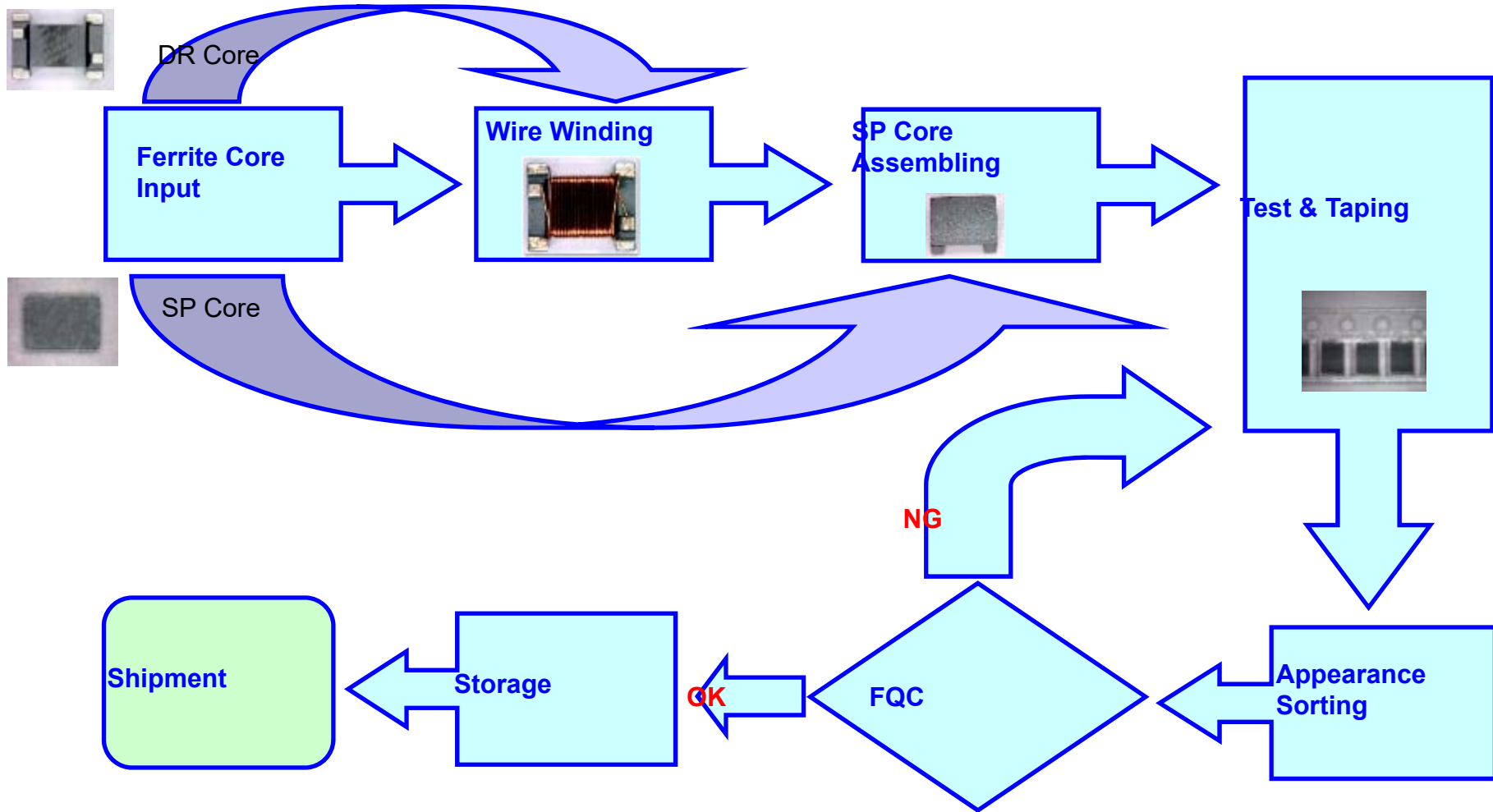


On Board



1. 傳統元件採用T-core 不易自動化, X' former 工字Core 易自動化
2. 傳統模組採用帶海鷗腳塑殼, 組裝過程複雜, 易產生焊錫性與平整性問題
3. X' former 採用SMT技術除製程簡單品質穩定外, 也可採元件On Board方案

X' former的元件生產流程TXF/TNH/WCM/TCM



X'former的元件生產設備-TXF/TNH/WCM/DCM



材料工廠



鐵芯工廠



高速測試包裝



100%外觀檢查



精密繞線製程



精密繞線製程

X' former 應用範例

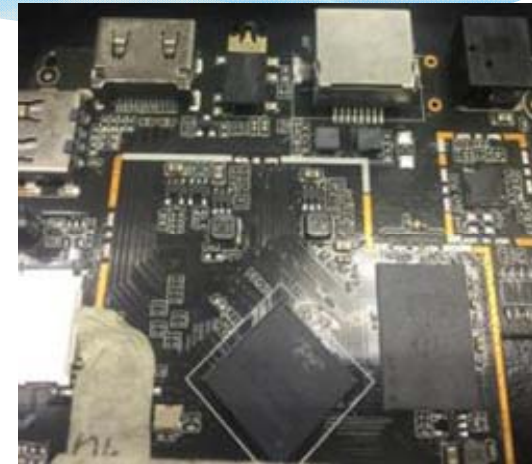
STP On Board



Switch On Board



OTT On Board



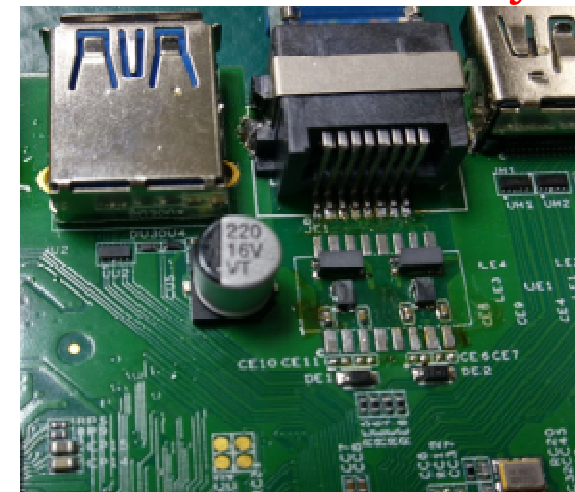
AP On Board



PON DIP CO-Lay



OTT SMD Co-Lay



X 'former相較於傳統網路變壓器的優點

傳統



半自動生產, 不良率無法降低

特性變化大, 除錯困難

尺寸與腳位固定Layout限制多

內部元件散置, 易產生干擾

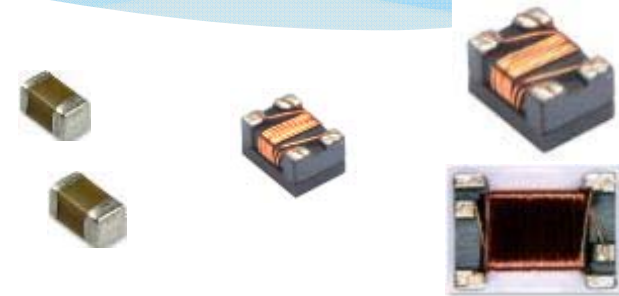
未針對EMI-RE設計最佳化

抗雷擊能力差需TVS輔助

有季節性缺工問題, 無法降成本

料號與品相多, 物料管理困難

X' former



全自動生產, 量產不良率低

特性穩定, 明確, 除錯容易

Layout有彈性, 整體所占空間小

元件排列固定, 網路延遲低

元件最佳化設計, EMI-RE效果佳

抗雷擊能力佳

人力需求少, 整體成本低

料號單一, 降低設計錯誤

優

優

優

優

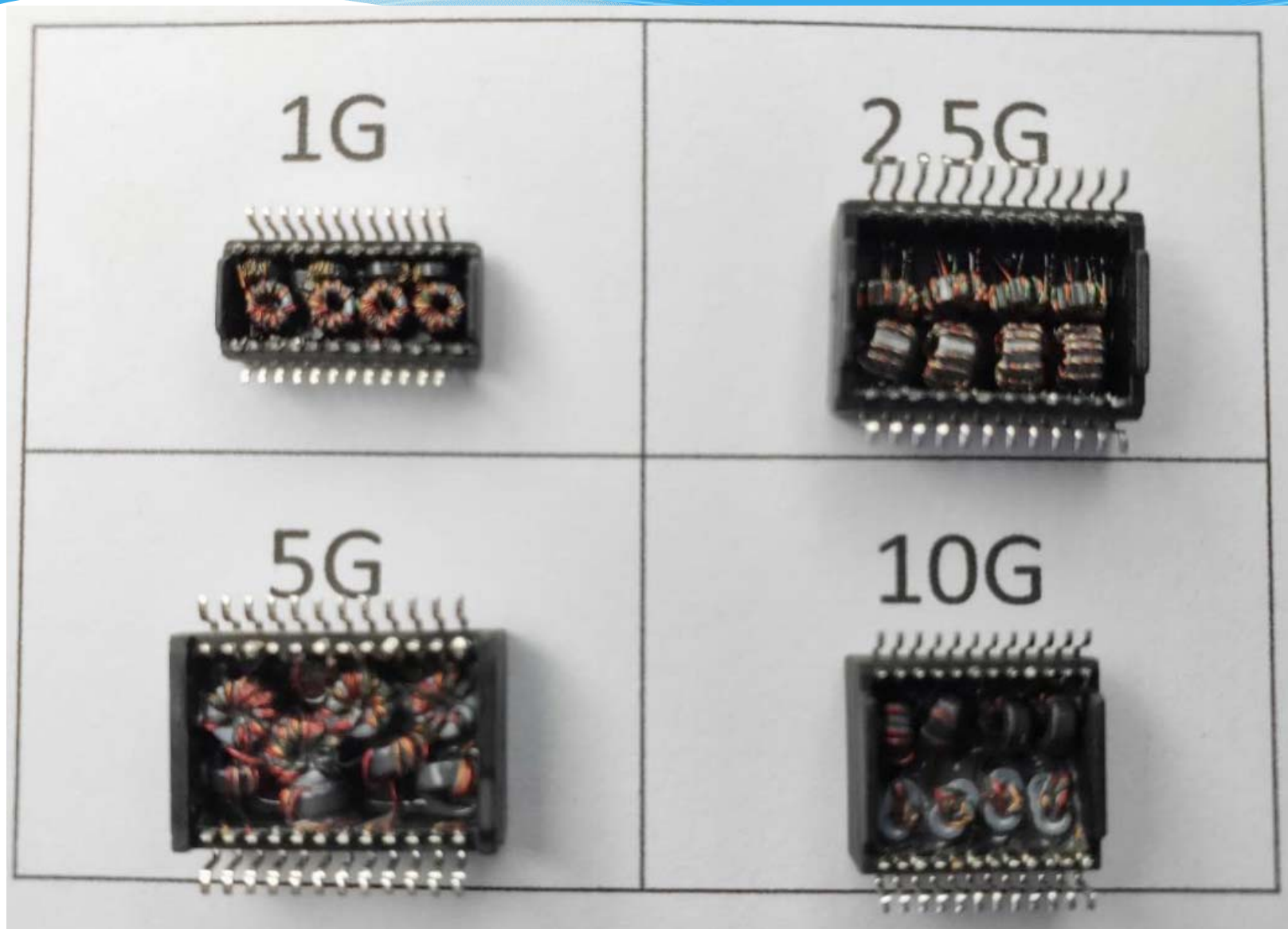
優

優

優

優

傳統網路變壓器 10/5/2.5/1G外觀照片



傳統網路變壓器對於高速訊號要採用增大距離方式處理

X'former 方案在2.5/5/10G 應用的優勢

傳統網路變壓器
方案



增加元件固定與隔離
避免信道干擾



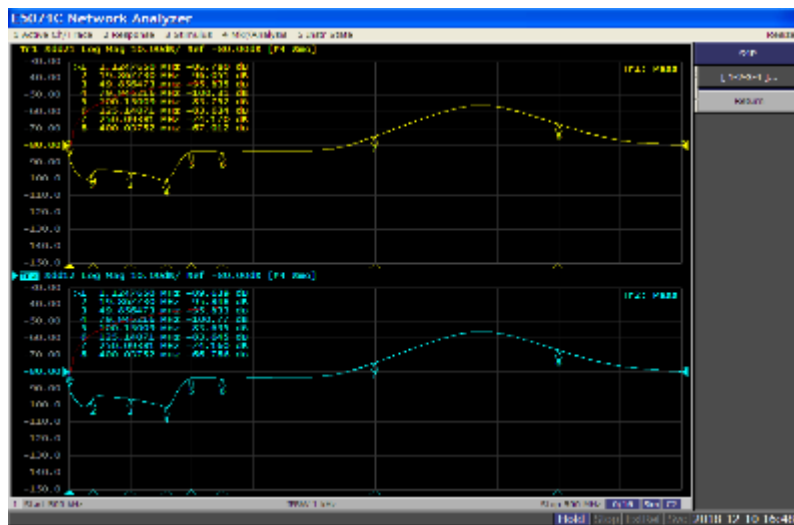
X'former 網路
變壓器方案



FEXT



NEXT



傳統網路變壓器與X'former磁漏比較

Sample	Direction X	Direction Y	Direction Z
傳統			
Result	avg 11.3mV	avg 6.05mV	avg 10.5mV
電感式			
Result	avg 4.64mV	avg 5.98mV	avg 5.57mV
電容式			
Result	avg 9.07mV	avg 5.93mV	avg 5.72mV

Confidential 電感式模組磁漏測試項目具有較低的磁場洩漏。傳統式相對較大的洩漏。

X' former 解決方案

Non POE

POE/POE+

10/100/1G

2.5G/5G/10G

10/100/1G

2.5G/5G/10G

電



TXF4038-181+WCM2012

TXF4038-181+WCM2012

TXF4038-121+WCM2012

Base working Speed



TXF4038-181+WCM2012

TXF4038-181+WCM2012

TXF4038-121+WCM2012

Base On Working Current

感

式

電

容

式

DCM3532+WCM2012 (2K/6K)

DCM4532+WCM2012

DCM3216+WCM2012 (1K/4K)

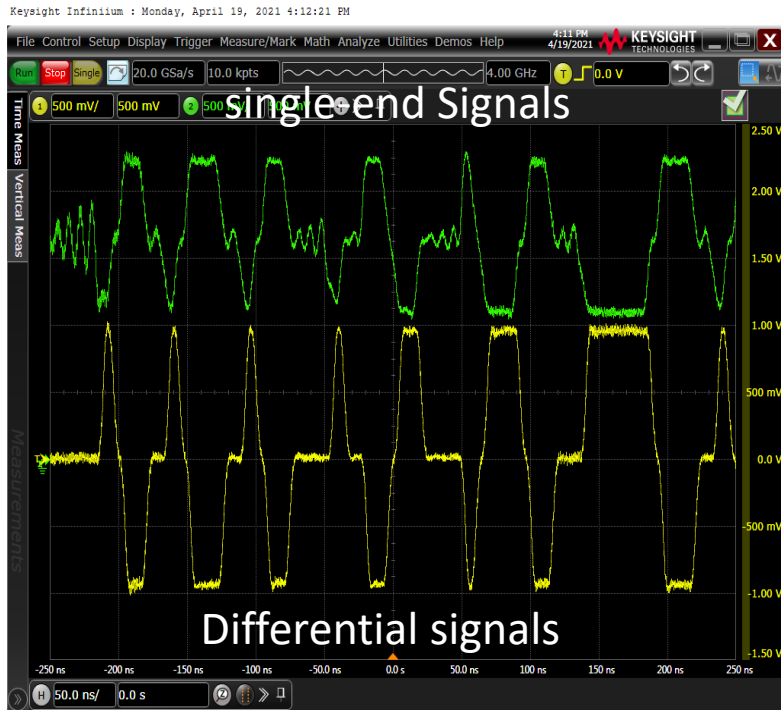
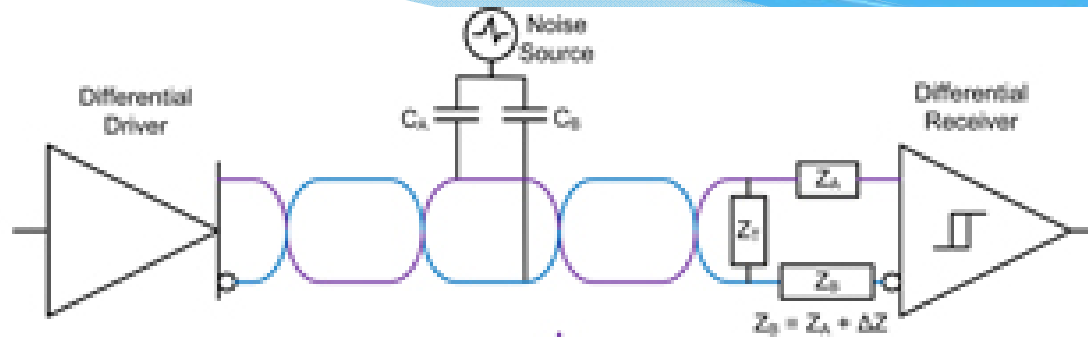
DCM3532+WCM2012 (2K/6K)

DCM3216+WCM2012 (1K/4K)

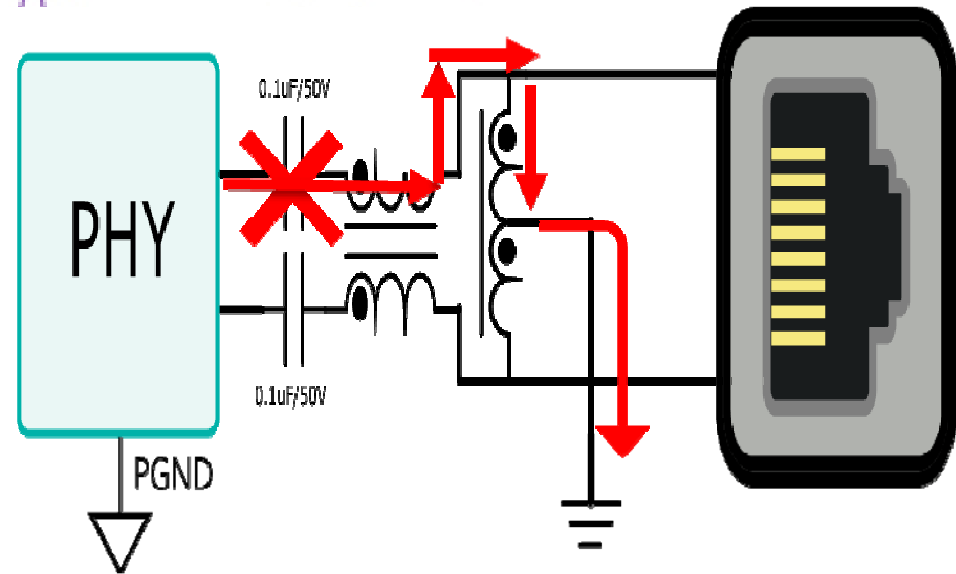
Base On Surge

No Planing Development

為何需要網口變壓器：Ethernet訊號範例



Sample 100 Mb/s Waveform



$$I_{DC} = \frac{V_{DC\ Phy}}{DCR_{DCM+WCM}} \approx \frac{1.8}{1.70hm} \approx 1A$$

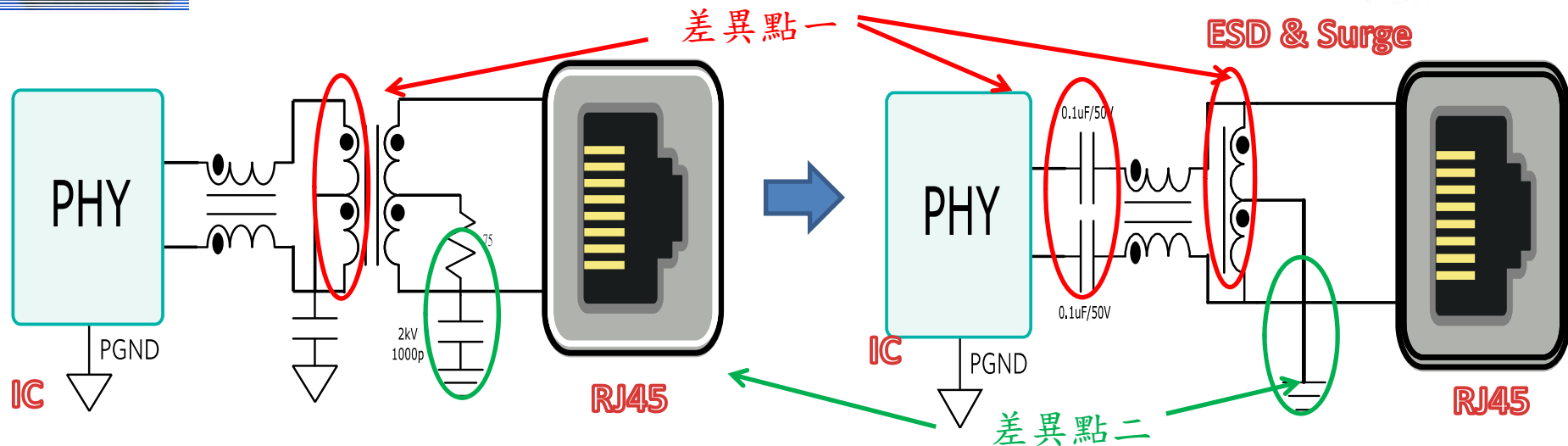
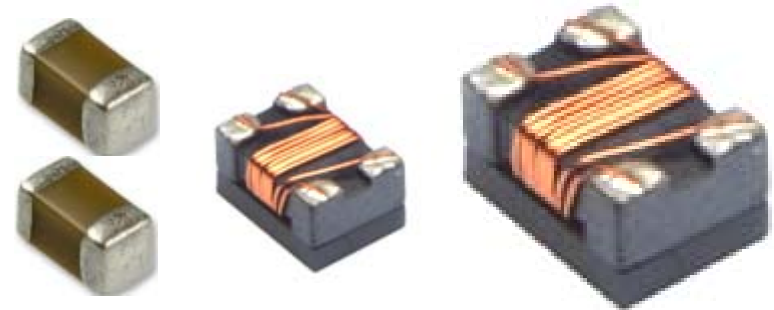
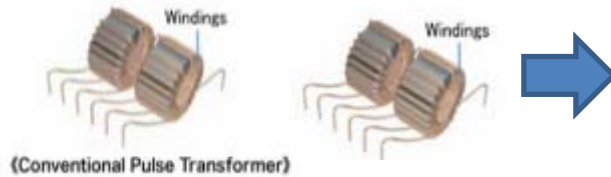
電容式X' former技術與傳統(電感式)差異

傳統變壓器模組 (電感式)

T1:T-CORE變壓器 T2:共模濾波器

新變壓器模組 (電容式)

T1:電容X2 T2:濾波電感器



差異點一: 電容式以0.1uF替代變壓器的一組線圈, 有更好的高頻特性, 更適合網路高速化需求

差異點二: 取消Bob Smith電路降低成本, 強化防雷擊效果

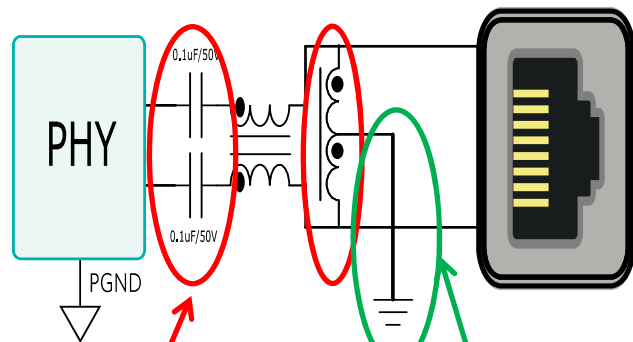
X' former 分類

結構創新

電路創新

電路相同

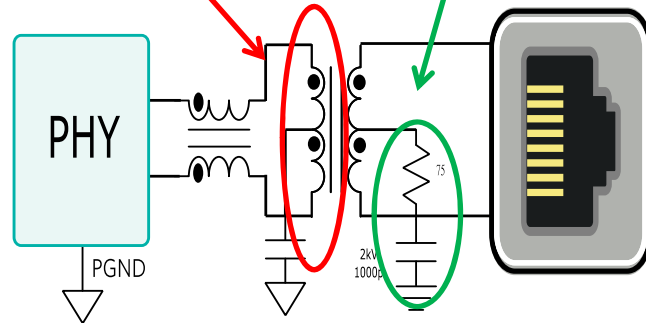
電容式



差異點一

差異點二

電感式



優點

缺點

成本、體積
優勢明顯

POE 與電流
驅動晶片無
法使用

與傳統相
同可以完
全替代

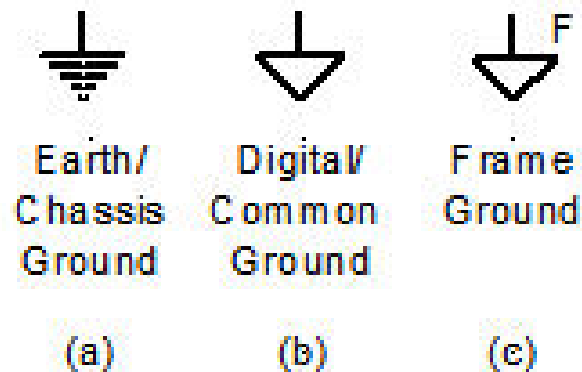
成本較電容
式高

UTP isolation requirements

The UTP-PMD shall provide isolation between **frame ground** and all leads of the UTP-MIC, including those not used by the AOI and AII. This electrical separation shall withstand at least one of the following electrical strength tests.

1. 1500 V rms at 50 to 60 Hz for 60 s, applied as specified in 5.3.2 of IEC 950.
2. 2250 VDC for 60 s, applied as specified in 5.3.2 of IEC 950.
3. A sequence of ten 2400 V impulses of alternating polarity, applied at intervals of not less than 1 s. The shape of these impulses shall be 1,2/50 μ s (1,2 μ s virtual front time, 50 μ s virtual time of half value), as defined in IEC 60.

There shall be no insulation breakdown, as defined in 5.3.2 of IEC 950, during the test. The resistance after the test shall be at least 2 M Ω , measured at 500 VDC.



IEEE Isolation 主要是考慮Frame Ground(Earth/Chassis Ground), 當系統非使用鐵殼時其隔離會有AC/DC達成用電容式可以符合要求

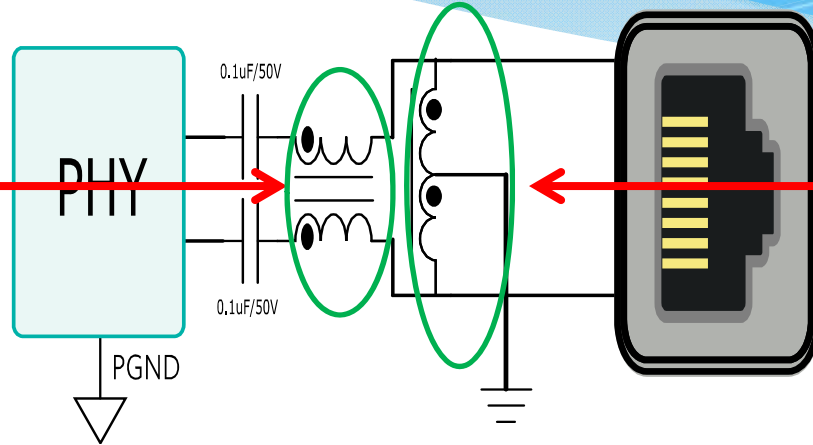
X' former 產品外觀與電路圖表示

共模產品外觀

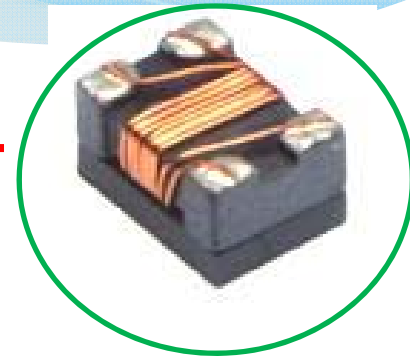


WCM2012 Series

單對差分線電路示意圖



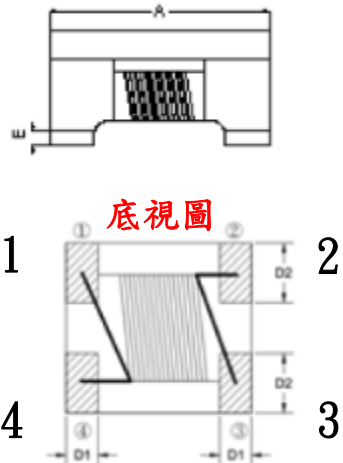
自藕產品外觀



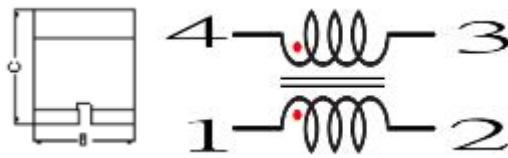
DCM3216/3532 Series

WCM/DCM Series

腳位與繞線示意圖



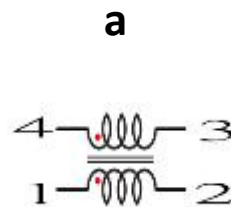
等效電路



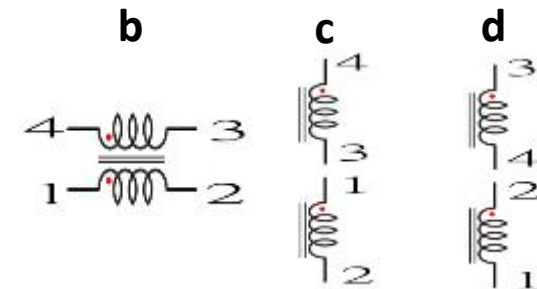
WCM2012 Series

電路表示

WCM2012 Series

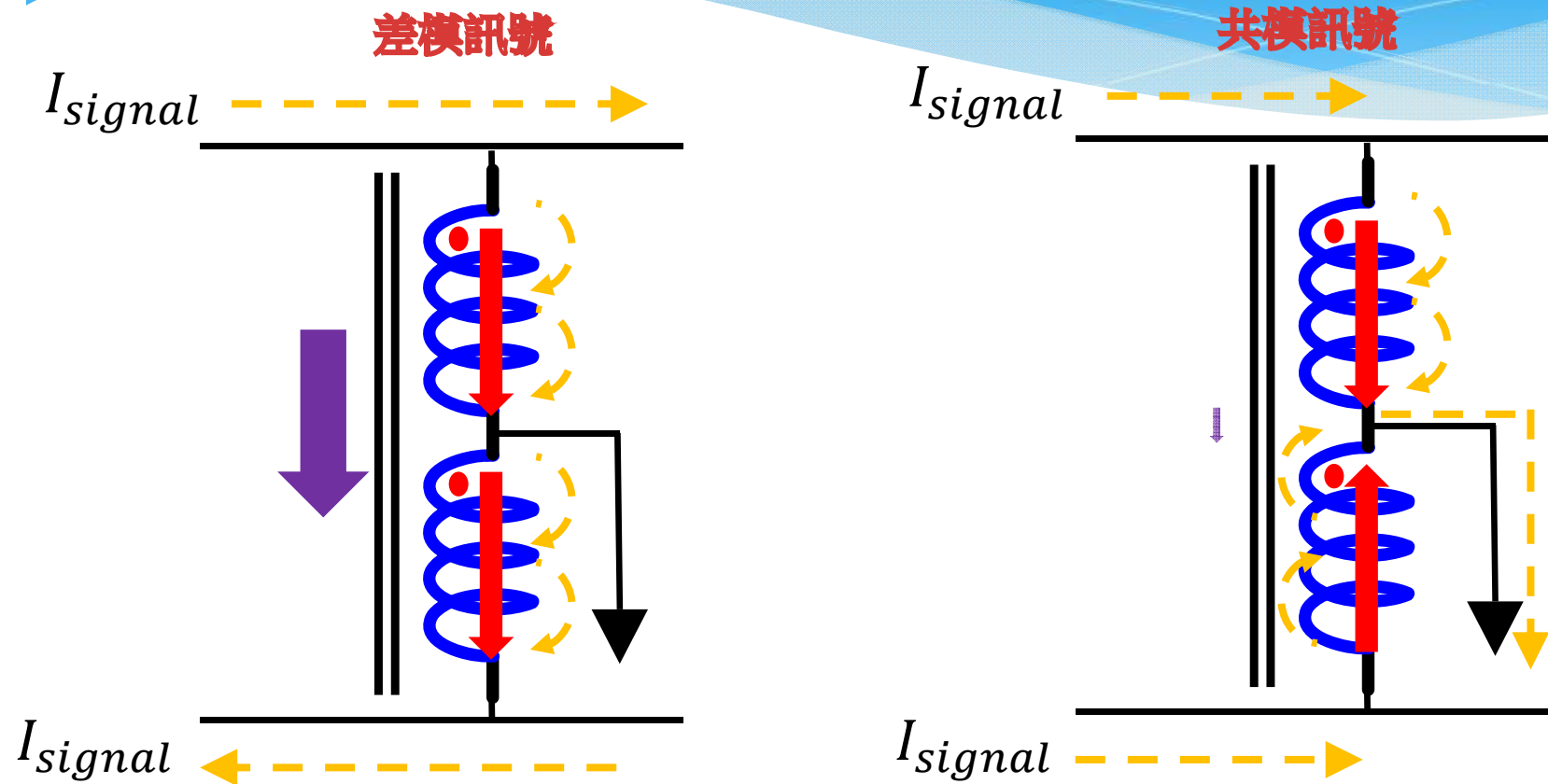


DCM3216/3532 Series



1. DCM/WCM 產品本身左右及上下對稱的，腳位編號可以依照各人習慣做左右或上下對調，但不建議順序對調，同時要注意與Footprint編號對應
2. WCM是做共模使用因此電路圖符號採用常見畫法(a)，而DCM雖然外觀與等校電路與共模相同，但是其應用是將對腳短路對地，變成自藕變壓器如採用與共模電路符號(b)，易在拉線時設計錯誤，建議用c或d的符號

自偶合變壓器工作原理



差模訊號：

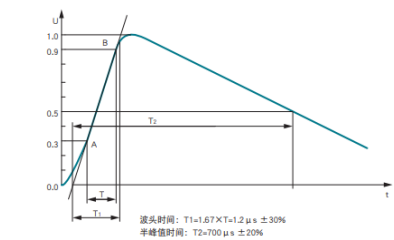
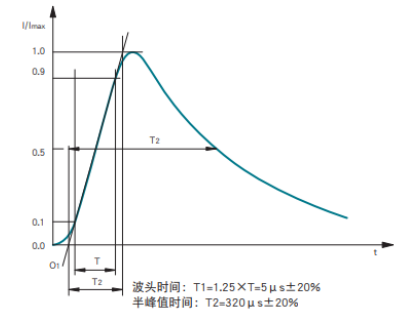
當差分線兩端通過差模訊號時，電流相反在自偶合變壓器上形成高阻抗，防止差分訊號經由自偶變壓器流至大地，確保訊號的完整性

共模訊號：

當差分線兩端通過共模訊號時，電流銅像在自偶合變壓器上形成低阻抗，處使共模雜訊經由自偶變壓器流至大地，確保雜訊的消除

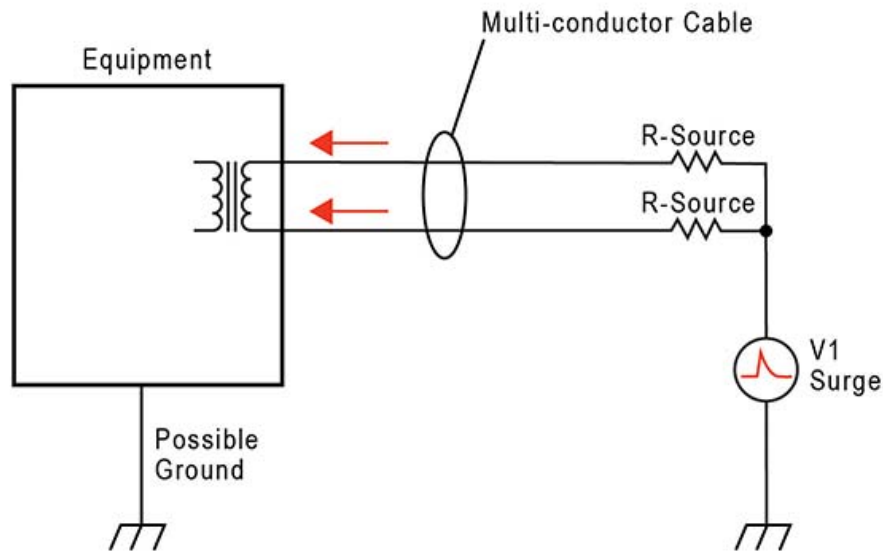
以太網口常見問題-雷擊

法規名稱	IEC61000-4-5(10*700 us)	
主要測項	Surge	
制定單位	國際電工委員會所訂定的Surge檢測標準。	
適用說明	雷擊時戶外走線上產生的感應雷過電壓的類比波形。用於設備過電壓耐受水準測試時用的波形，主要測試範圍：建築物外走線的信號線測試。	
測試波形	電壓波形：10/700 us	電流波形：5/320 us
測試次數	直流電源端和互聯線上的浪湧脈衝次數應為正、負極性各5次	
測試方式	差模(Impedance 40 Ω)	共模(Impedance 40 Ω)
測試等級	開路試驗電壓 (±10 %) kV	注：“X”可以是高於、低於或在其他等級之間的任何等級，該等級可以在產品標準中規定。
等級	0.5/1.0/2.0/4.0/特定	
1/2/3/4/X		
測試結果等級	狀況描述	
A	在製造商、委託方或購買方規定的限值內性能正常	
B	功能或性能暫時喪失或降低，但能自行恢復，不需要操作者干預	
C	功能或性能暫時喪失或降低，但需操作人員干預才能恢復	
D	因設備硬體或軟體損壞，而造成不能恢復的功能喪失或性能降低	

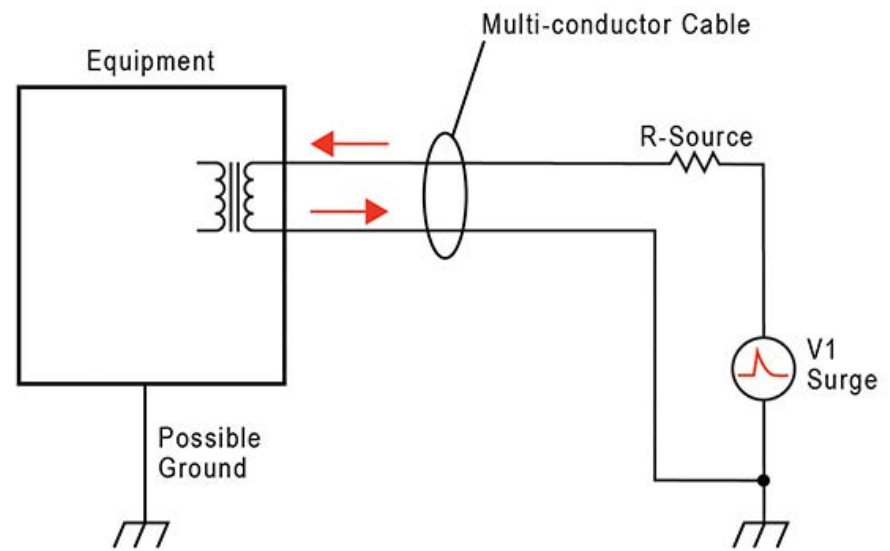


Ethernet Port 雷擊種類

線對地



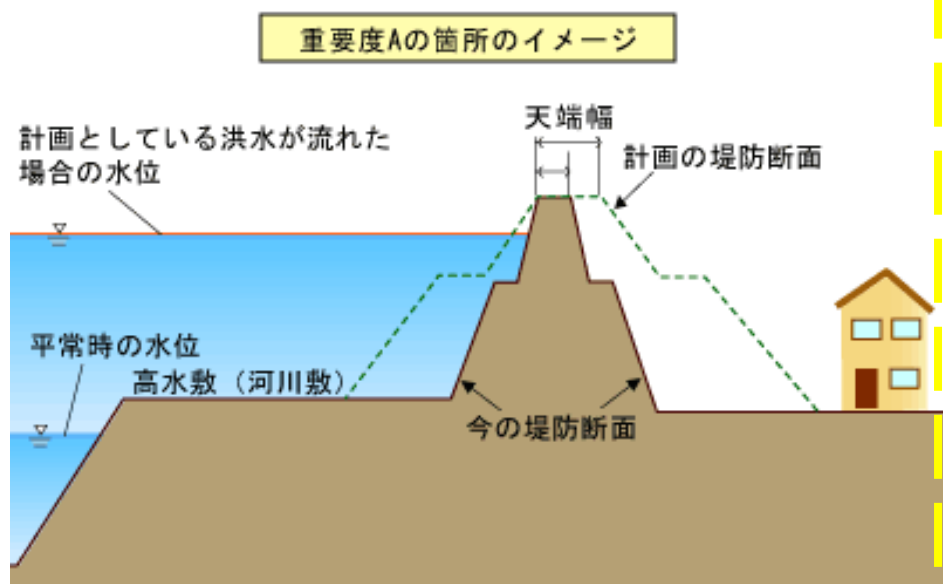
線對線



乙太網路由於是對稱傳輸線，所以一般認為其雷擊耦合能量大都是同時由雙絞線傳遞過來(電流同向)這時稱為線對地測試(也稱共模)所以其規格一般高，而少部分能量(或機率)由其中一條線耦合過來，同時由另一條線耦合回去(電流方向)這時稱為線對線測試(也稱差模在ITU-T中用transverse)其規格一般要求較低，在IEC中則不求測試

雷擊防護的方式

模式一**隔離**: 用圍堵隔離能量



防護能力取決於對
電壓的隔離力

模式二用地線疏導**宣洩**能量



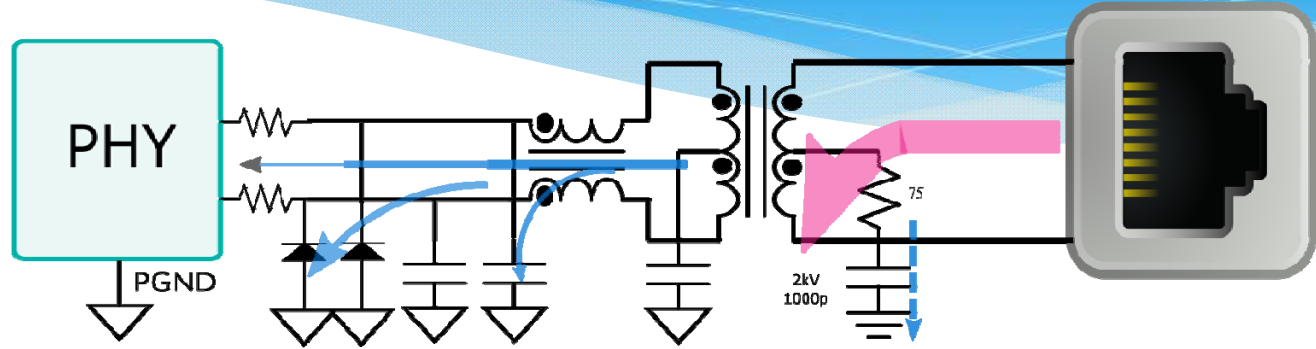
防護能力對浪湧起
動與宣洩能力

傳統變壓器的隔離設計並無法滿足網路防護要求

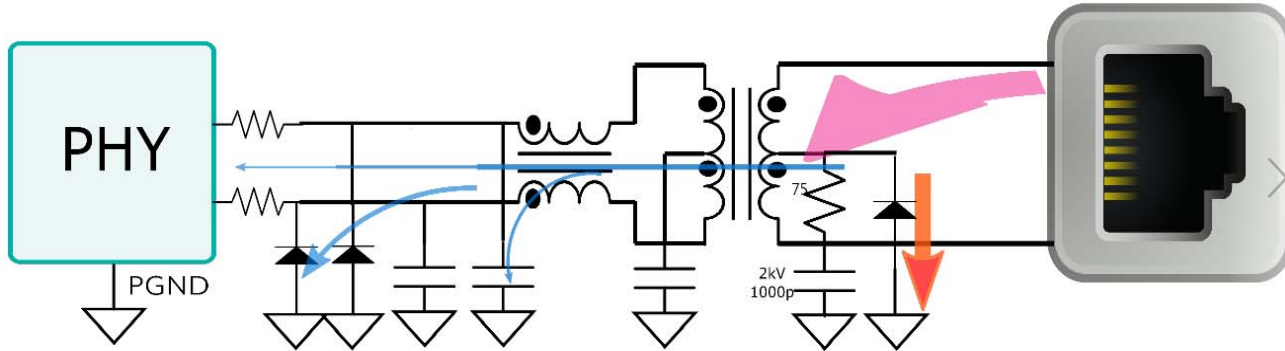
X' former 防雷原理

電感式

雷擊電壓小於高壓電容與變壓器電壓時

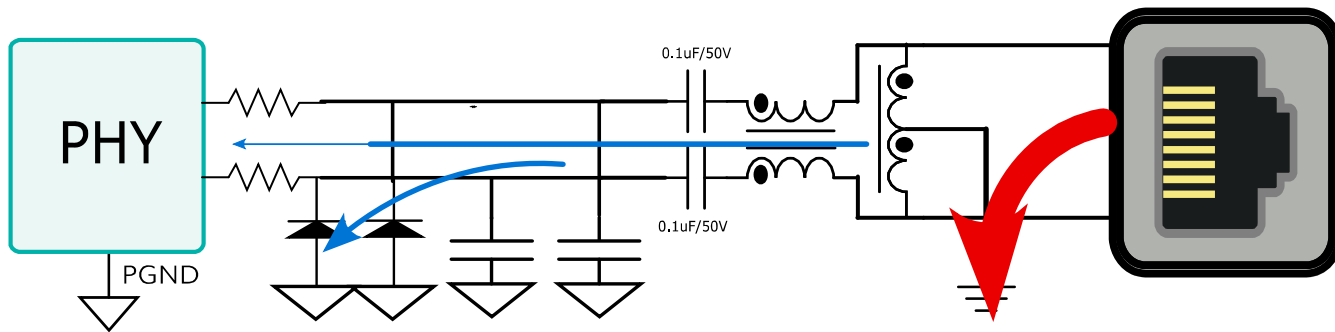


雷擊電壓大於高壓電容與變壓器電壓時



電容式

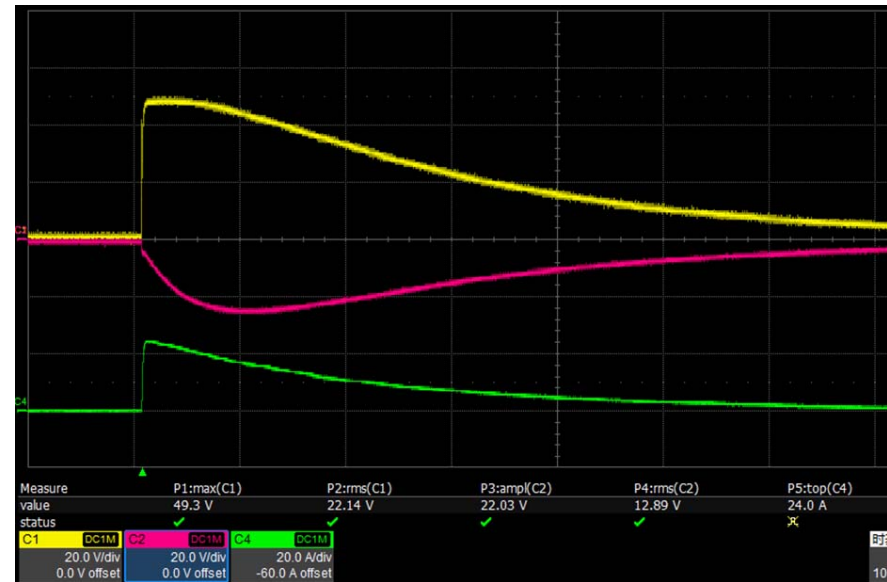
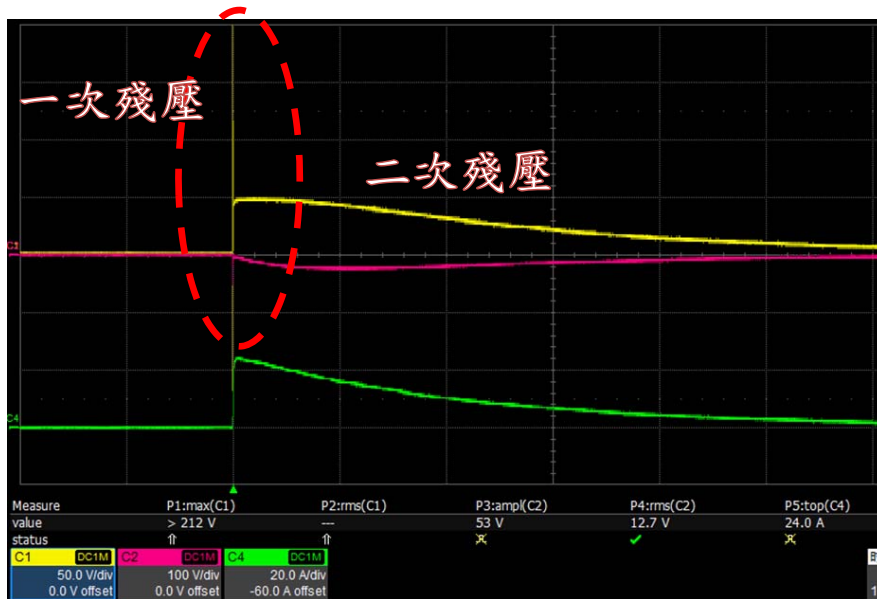
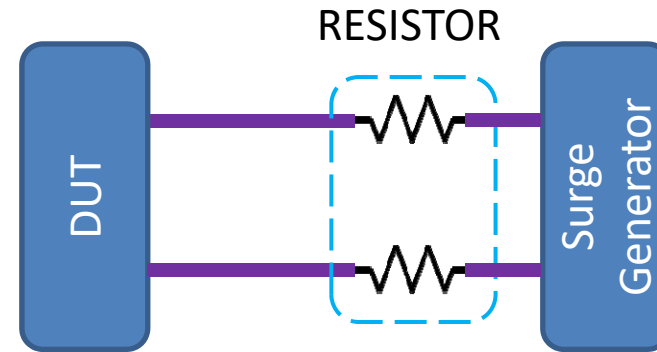
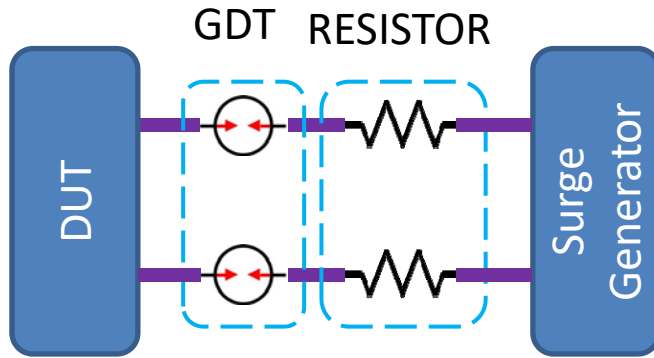
不論雷擊電壓大小



電容式依照不同自偶設計不加放電管有兩種設計分別是可以共模
4/6K規格(10/700us R=40 Ω)

一次殘壓產生原因

雷擊測試架構



一次殘壓電壓高，時間短，二次殘壓電壓低時間長

常見以太網路電路

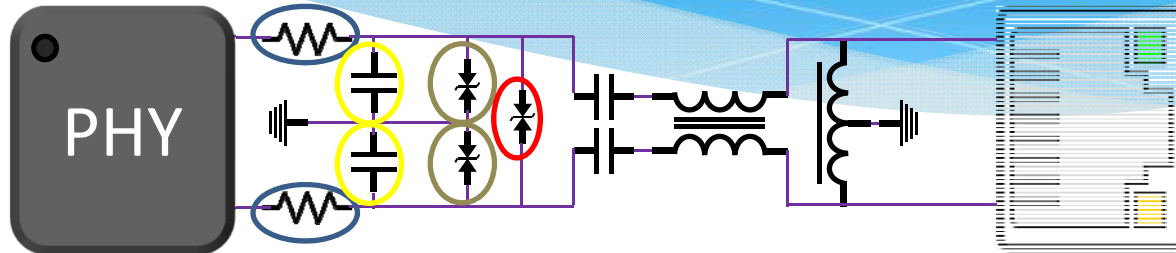
共模雷擊防護模式

疏導

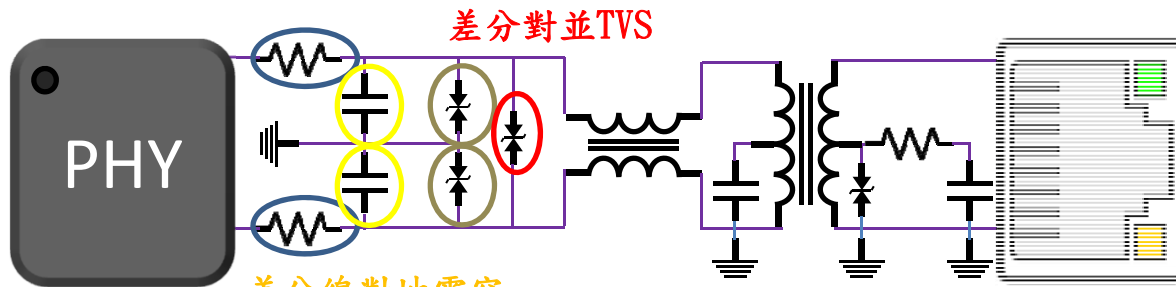
耐流

隔離

耐壓

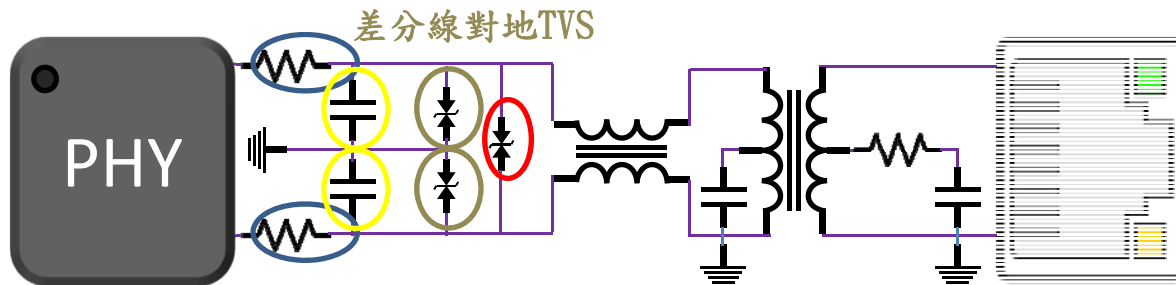


差分線串阻



差分對並TVS

差分線對地電容



差分線對地TVS

周邊電路作用：

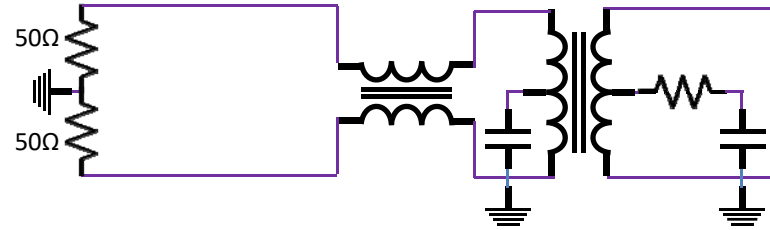
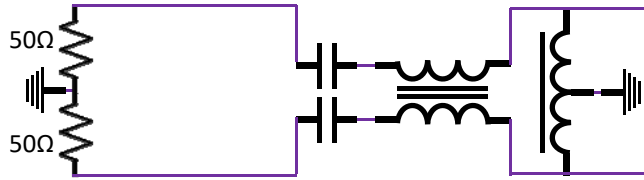
差分線串阻：降低EMI與調整訊號波形

差分線對地電容：降低EMI

差模雷擊一定是採用疏導方式做防護

濾波變壓器與傳統網路變壓器殘壓

測試條件 10/700 40Ω



雷擊測試模式	濾波變壓器				傳統網路變壓器			
	差模殘壓		共模殘壓		差模殘壓		共模殘壓	
	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓
差模雷擊 (L-L 線對線)	225.3	26.7	112.3	12.2	275.3	26.7	122.3	15.2
共模雷擊 (L-G 線對地)	17.8	0.9	12.8	10.0	42.1	1.86	17.5	1.38

NOTE 共模雷擊 電容式 4KV, 傳統 1KV, 差模雷擊皆為 1KV

1. 共模與差模雷擊殘壓電容式皆優於傳統
2. 如不加二次元件殘壓可能會導致PHY燒毀或誤動作

常見殘壓抑制元件-TVS

型態

Array

Single

外觀

SOT23-6

SOD-323

0402/0201

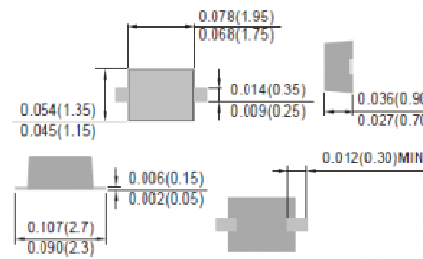
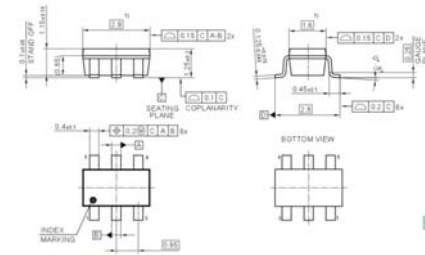


2.9x2.8mm

2.5x1.25mm

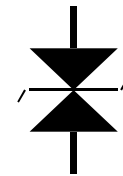
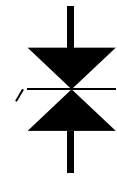
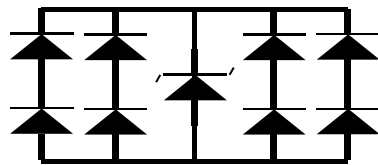
1.0x0.5mm

尺寸

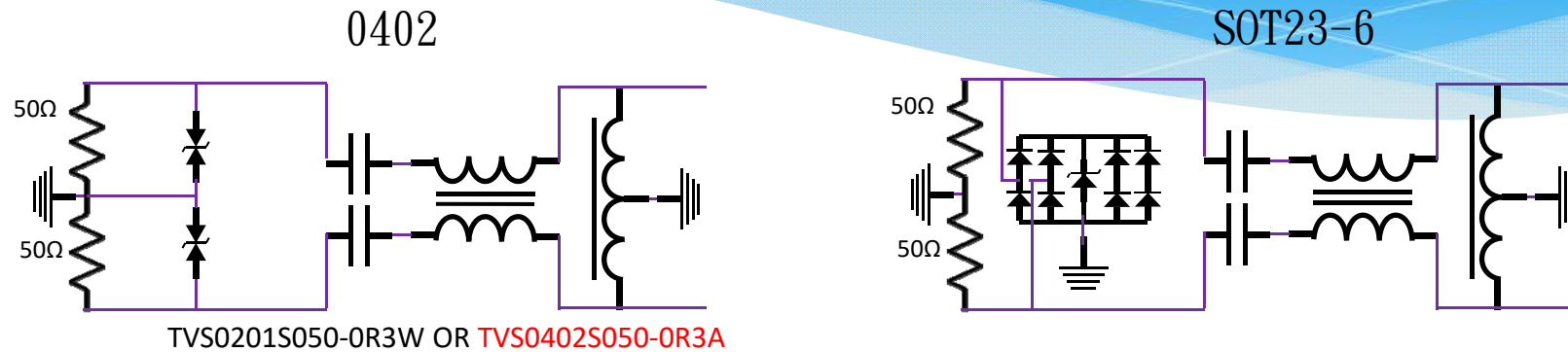


0.6x0.3mm

電路



單顆TVS與SOT23-6殘壓比較



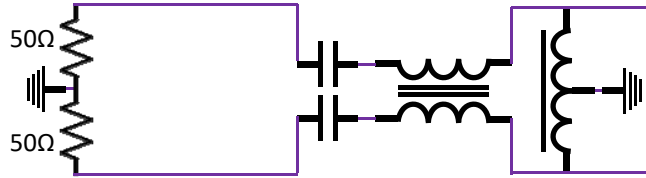
雷擊測試模式	0402				SOT23-6			
	差模殘壓		共模殘壓		差模殘壓		共模殘壓	
	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓
差模雷擊 (L-L 線對線)	37.25	2.05	25.75	1.83	50.25	2.13	15.38	1.90
共模雷擊 (L-G 線對地)	47.25	2.50	23.25	1.95	49.00	2.13	19.25	1.78

NOTE 共模雷擊 2KV, 差模雷擊皆為 2KV

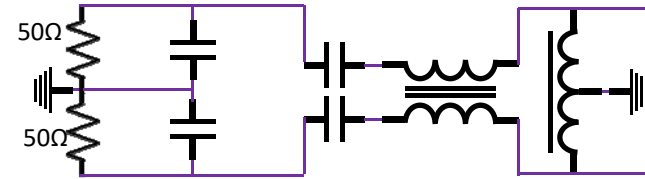
1. 共模雷擊測試時單顆0402 TVS 不遜於SOT23-6
2. 差模雷擊測試時SOT23-6有多一組差模TVS, 殘壓並未明顯低於單顆0402 TVS

10pF 下地電容對殘壓影響

無二次元件



10P電容下地



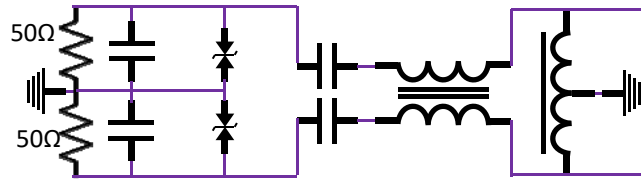
雷擊測試模式	無二次元件				10P電容下地			
	差模殘壓		共模殘壓		差模殘壓		共模殘壓	
	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓
差模雷擊 (L-L 線對線)	225.3	26.7	112.3	12.2	220.00	40.67	109.00	19.57
共模雷擊 (L-G 線對地)	17.8	0.9	12.8	10.0	24.97	0.95	13.50	10.04

NOTE 共模雷擊4KV, 差模雷擊皆為 1KV

共模或差模雷擊測試時為了EMI降低所增加的10pF差分線下地電容可能會導致殘壓變大, 使得以太網路芯片損傷

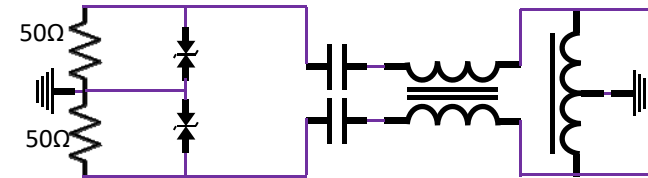
解決EMI與雷擊殘壓建議方案

10P電容與TVS下地



TVS0201S050-0R3W OR **TVS0402S050-0R3A**

10PF TVS下地



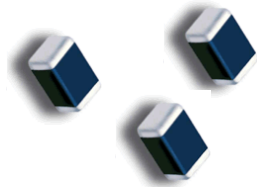
TVS0201S050-100W OR **TVS0402S050-100A**

雷擊測試模式	10P電容與TVS下地				10PF TVS下地			
	差模殘壓		共模殘壓		差模殘壓		共模殘壓	
	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓	一次殘壓	二次殘壓
差模雷擊 (L-L 線對線)	37.10	4.24	15.63	2.13	36.90	4.65	10.03	2.00
共模雷擊 (L-G 線對地)	34.63	1.13	20.77	3.89	34.50	1.06	11.37	4.46

NOTE 共模雷擊4KV, 差模雷擊皆為 1KV

為了EMI降低與降低雷擊殘壓, 建議可以採用高Cp TV 替代 10P電容下地與低CP TVS

過電壓產品編號解說



TVS	0402	N	050	1R5	A
Logo	Size	Series	Working voltage (V)	Capacitance (pF)	Inner Code
TVS	0402	S/N	050=5V	100=10pF	A

主要功能：

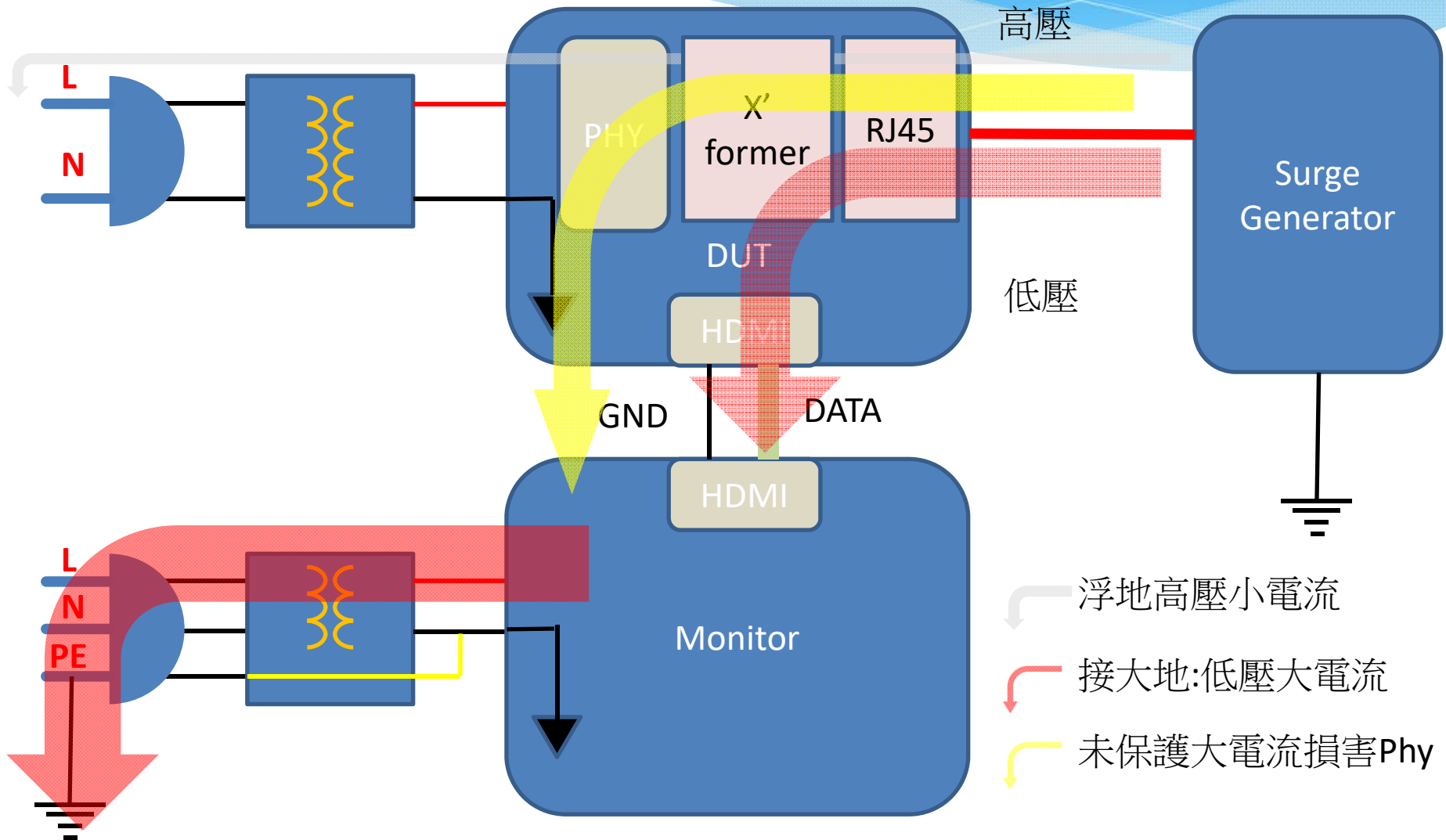
- 符合：IEC61000-4-5
10x700us(40 Ω)/ 超過 6KV
- 快速反應速度 < 0.5 ns
- 低漏電流 < 1 uA
- 操作溫度達到 125°C.
- 雙極性抑制功能
- SMD 包裝
- 符合RoHS 及Reach要求

應用：

- ❖ 網通相關產品
- ❖ 網路Ethernet RJ45 接口 Connector
- ❖ IP-CAM
- ❖ AP Router
- ❖ IAD
- ❖ Others

Part No.	Type	$V_{RWM}(V)$	$V_{BR}(V)$	Ability	Cp	Usage
TVS0402S050-0R3W	S	5.0V	8.0V	3A	0.3pF	2/pair
TVS0402S050-100A	S	5.0V	7.0V	8A	10pF	2/pair
TVS0201S050-0R3A	S	5.0V	8.0V	3A	0.3PF	2/pair
TVS0201S050-100W	S	5.0V	7.5V	6A	10pF	2/pair

DUT有無接螢幕雷擊差異(夾HDMI/USB/Power地)



當待測物外接HDMI螢幕時其雷擊行為類似電感式加保護元件的行為，以10/700 400hm, 4KV
 流過總電流100A，單一抽頭電流約25A

電容式X' former技術與傳統(電感式)功能比較

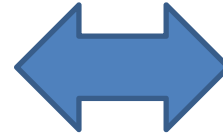
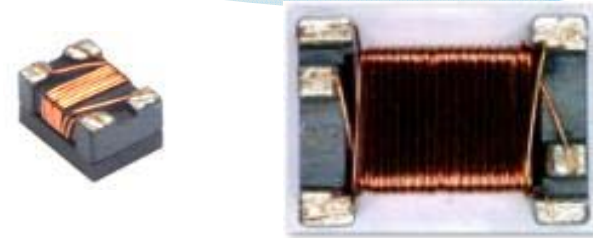
功能	X' former形式		Note
	電容式	電感式	
直流隔離	0.1uF 電容	網路變壓器	由於外部其他網路的 PHY 的電位不是固定的 (有2.5V、3.3V等)，當外接不同電位的網路時也會受到影響，同時外部干擾也會對設備造成很大的影響。
信號傳輸	電場傳遞	磁場傳遞	電容式由電容傳遞交流訊號，電感式
高頻EMI	共模線圈	共模線圈	電感式與電容是原理相同
低頻EMI	自偶變壓器與隔離電容	變壓器	電感式隔離低頻雜訊主要是利用了變壓器的低通特性，電容式則採用了電容隔離與自偶排除的方式
阻抗匹配	採用電容, 共模, 自偶互相搭配	採用Bob Simth	電感式中變壓器也會影響細部特性阻抗搭配
ESD/Surge	利用自偶合變壓器導致大地	利用變壓器與2kV電容做隔離防護	電容式ESD/Surge的作動原理與電感式使用TVS的工作原理相同

電容與電感式Xformer方案的優缺點

電容式



電感式



優

抗雷擊能力較佳

線路較新無法用於Vcc Phy

優

高頻傳輸特性最佳

對於POE應用成本高

優

元件數較多但是整體成本較

低

與傳統網路變壓器相當

與傳統網路變壓器相同

優

較傳統網路變壓器略佳

可針對POE應用最佳化

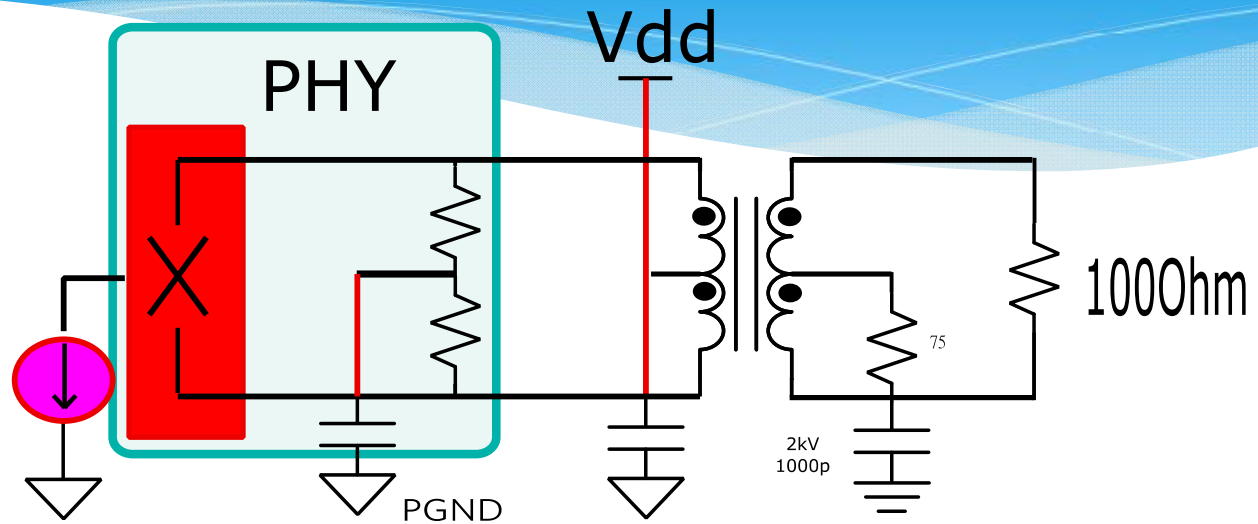
優

元件數少但成本與傳統相仿

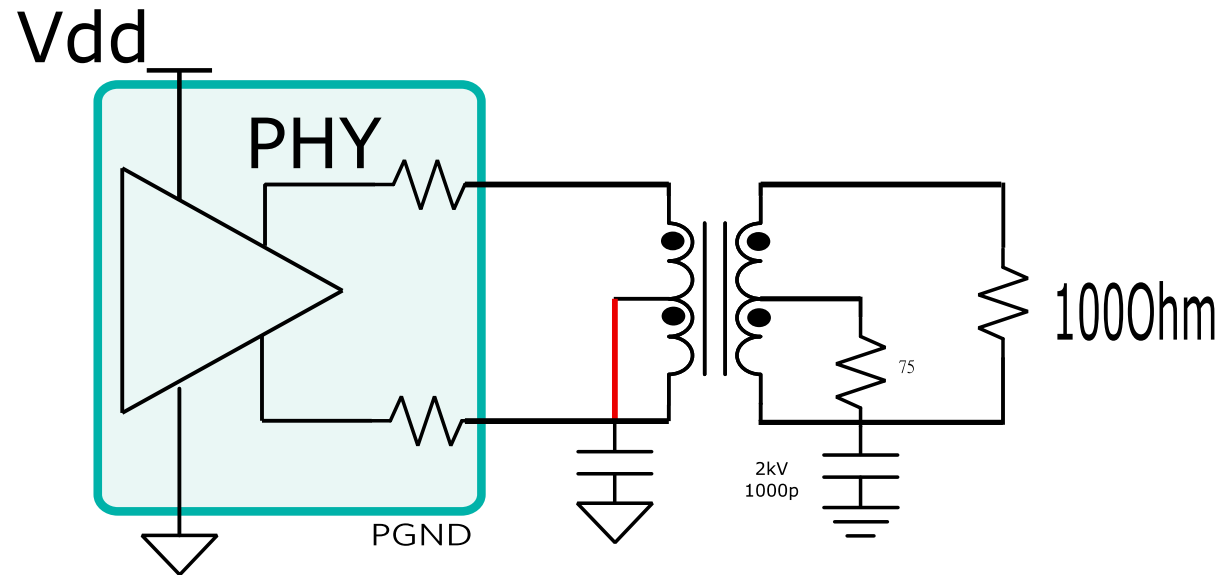
1. 電容式方案特性較佳，成本較低，但是設計概念創新需RD學新觀念
2. 電感式僅改變產品結構，設計觀念與傳統相同，入們容易。但是成本較高
3. 電容式與電感式方案各有優缺點，針對不同應用需求可進行搭配應用

網路晶片驅動形式

Current Mode

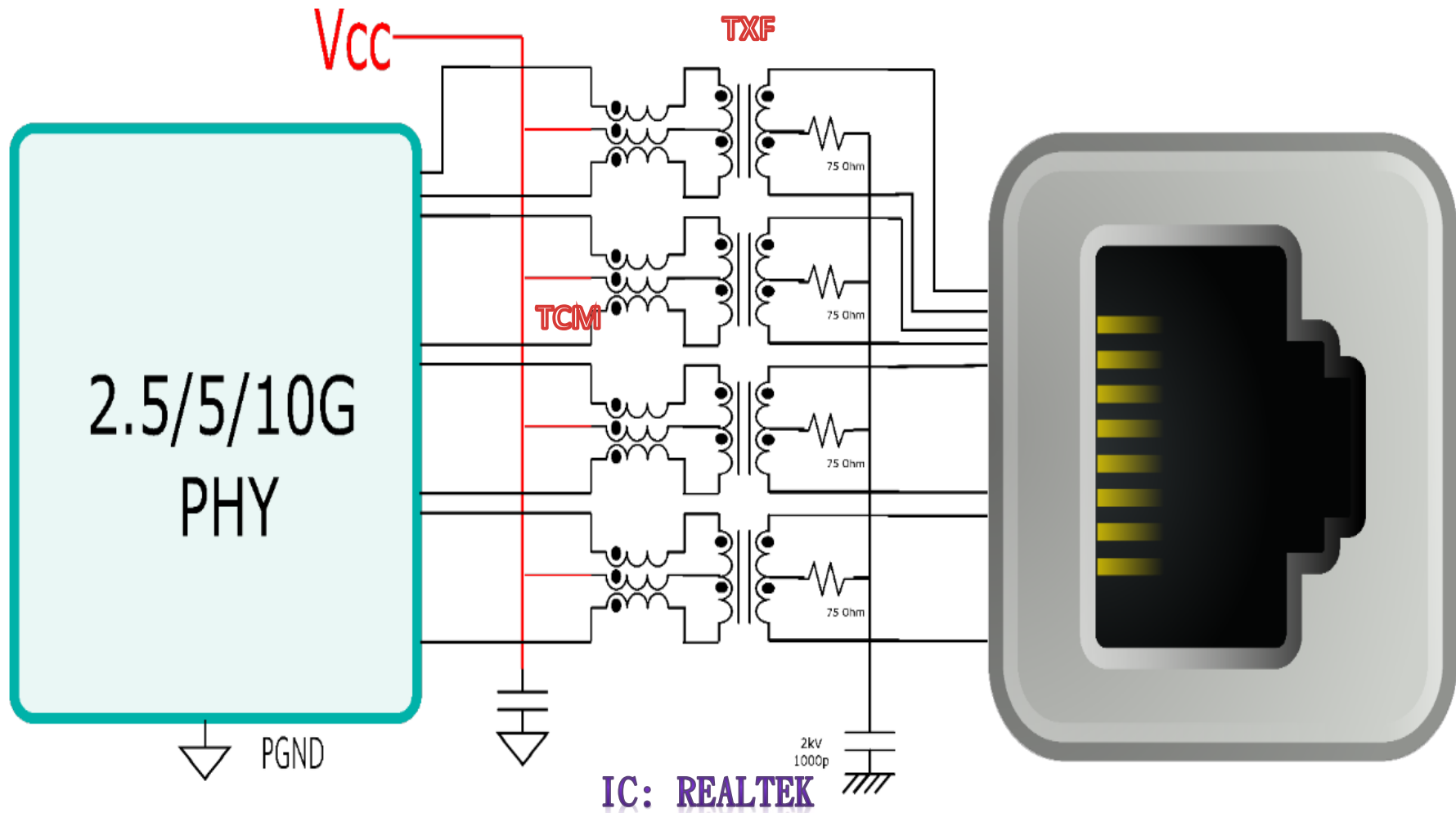


Voltage Mode



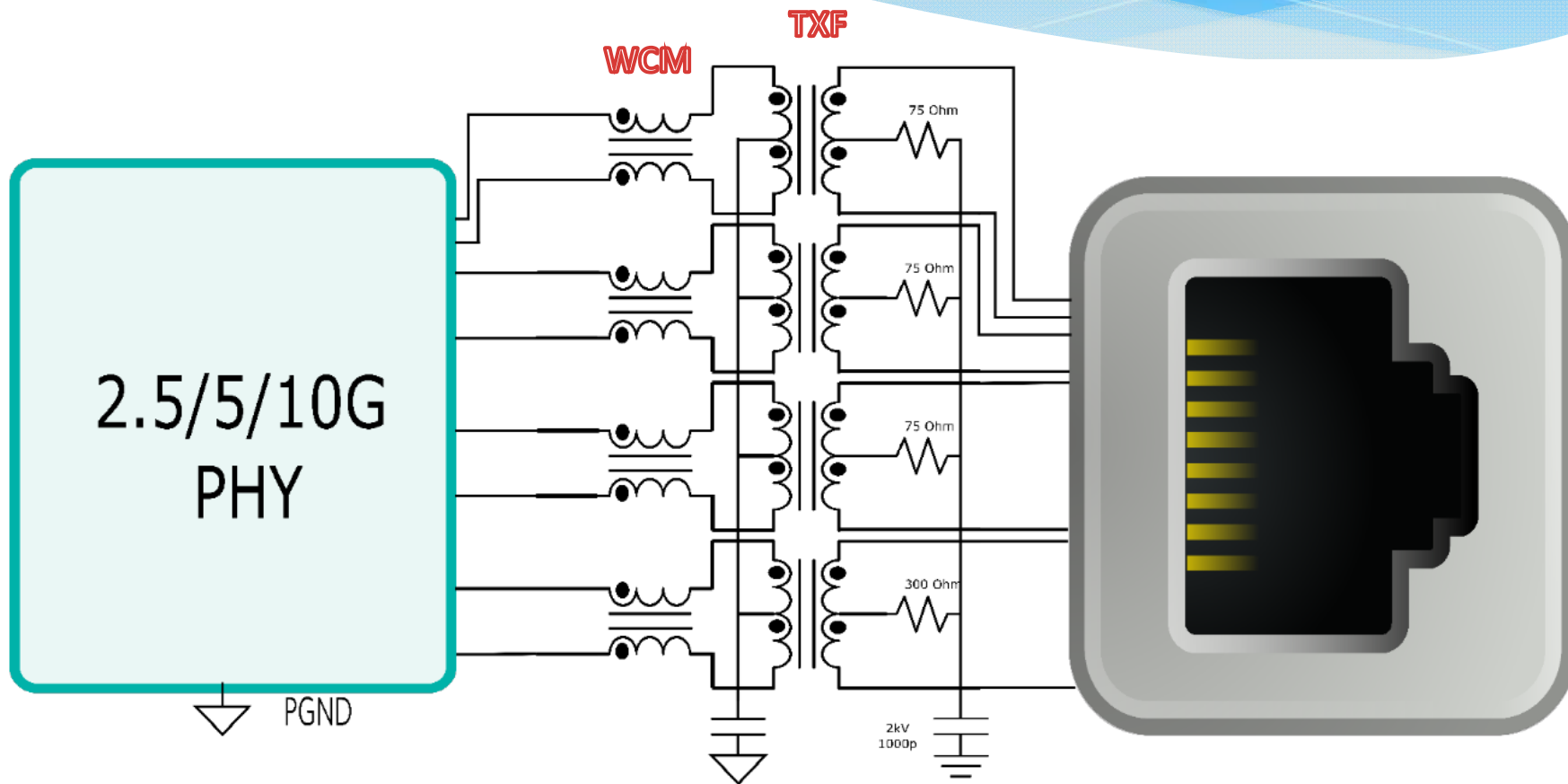
傳統網路晶片分成電流驅動與電壓驅動兩種模式，電壓模式會較電流模式較省電，目前僅有少部分百兆晶片採用電流模式驅動(RK與Amlogic方案)

X' former 2.5/5/10G 解決方案(電流式)



目前千兆以上的網路晶片大都採用電壓式驅動，目前瑞昱(Realtek)所推出的晶片採用電流式驅動

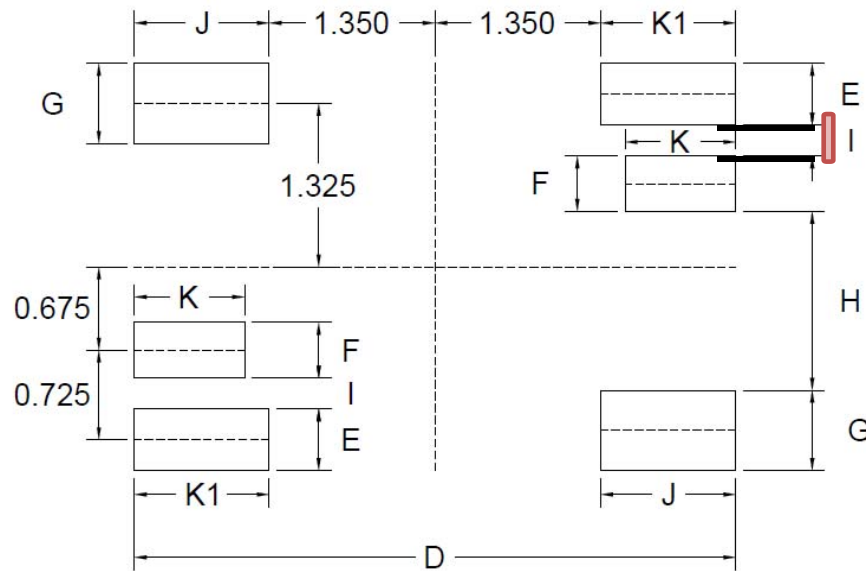
X' former 2.5/5/10G 解決方案(電壓式)



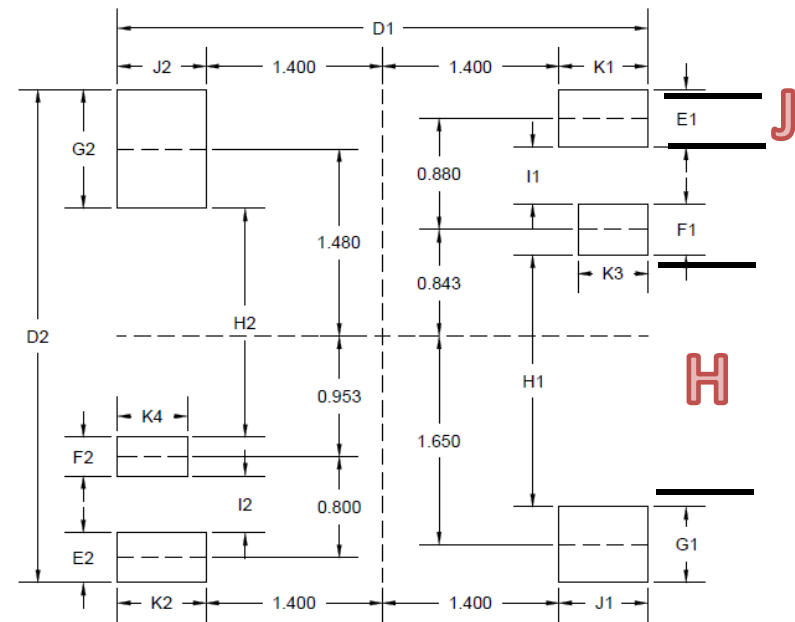
建議採用TXF4038系列提供量產良率

X' former TXF4038 與TXF3532/4532 的改進

TXF3532/4532



TXF4038



- ✓ 提高1-2次間距離(上圖H), 減少隔離度分布
- ✓ 增加差分對間距離(上圖I), 降低SMT打件時短路機率
- ✓ 增加元件腳寬度(上圖J), 提高跌落測試通過高度

現有可供測試X' former Module

應用		單口百兆			單口千兆或 雙口百兆		雙口千兆或四 口百兆	
抽頭腳位		Pin2	Pin3	Pin5	Pin1	Pin2	Pin1	
電感式方案	Pitch 1.27	LAN-12M162L7A8		LAN-12M165P7A8	LAN-17G241P7B8			
		LAN-12M162P7A8			LAN-17G241P7C8			
		LAN-12M162P7B0			LAN-17G261I7B8			
		LAN-12M162P7D8						
		LAN-12M162I7B8						
	Pitch 1.0					LAN-13G242P1A8	LAN-16G242P1A8	LAN-28G481P1A8
						LAN-13G241P1A8		
						LAN-16G241P1A8		
						LAN-16G241P1B8		
						LAN-16G241I1A8		
電容式方案	Pitch 1.27	LAN-12M162C7A0	LAN-12M173C7A8		LAN-17G241C7A8			
		LAN-12M162C7A8			LAN-17G241S7A8			
		LAN-12M162C7B8						
		LAN-12M162S7A0						
		LAN-12M162S7A8						
		LAN-12M172C7A8						
	Pitch 1.0					LAN-16G241C1A8		
						LAN-16G241S1A8		
						LAN-16G251S1A8		
						LAN-16G251C1A8		
						LAN-16G241F1A8		
				LAN-16G241S1B8				

X' former模組方案與傳統產品相容!可以在初期導入階段,快速驗證避免對於創新技術不熟習所產生的技術風險

以太網路技術常見的驗證項目

測試項目（依客戶需求）

一. 電氣特性驗證

1. IEEE
2. RFC 2544(吞吐量, 丟包率等)
3. 長距離傳輸 (100/150/200米)

二. 電磁耐受性(EMS)

1. EMI (RE Radiation Emission) 輻射干擾（內部 radiation 散發）
2. EMI (CE Conductive Emission, ISN) 傳導干擾（內部傳導出）
3. SURGE(防雷擊) (包括K.21)
4. ESD
5. CS/FFT

測試項目依客戶需求而定，IEEE/EMI-RE/Surge為最常見，FAE可以提供相關驗證

應用模擬驗證設備範例

IEEE 802.3



EMI Debug

Surge

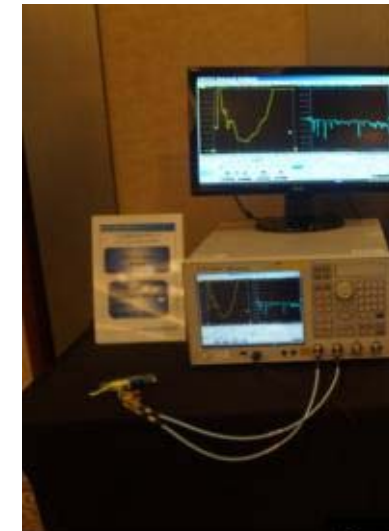
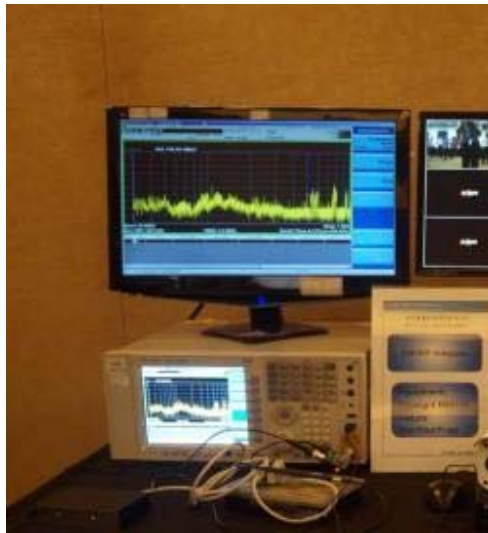


Real Application

RFC2544



VNA/TDR



為增進品質,除了基本特性設備外,應用模擬測試設備在了解不同應用的電感特性需求有很大的幫助,西北台慶除了Inhouse的應用驗證設備外,並已經與相關驗證實驗室達成策略聯盟!提供客戶所需的先期驗證測試

X' former 應用案例 1G以下

IC Brand	Chipset	Computer	Communication					Consumer		Industry
		MB/NB	AP Router	DSL	Switch	PON	STB	OTT	TV	IPCAM
Allwinner	H3							V		
Amlogic	S905M-B						V			
	S905							V		
	S905L-B							V		
	S805								V	
Broadcom	BCM7584						V			
	BCM68486		V							
	BCM68380				V					
Hisilicon	HI3751							V		
Mstar	MS09380							V		
	MT7628NN		V							
	MT7621AT		V							
	MT7623				V					
	MTK7525					V				
	MT7510			V						
	MT7620		V							
Realtek	RTL8111G	V								
	RTL8166E	V								
	RTL8218				V					
	RTL8370				V					
ROCKCHIP	RK3288						V			
VATICS	M388C								V	

已經過大量應用驗證, 可搭配不同晶片方案

X' former 已驗證測試產品清單1G以上

應用		IC Series							
		Broadcom				Marvell		Intel	
POE	最高速率	BCM3390	BCM84888	BCM84880	BCM5499	88X3340P	88X3220	X550-T2	
60W	NON POE		Switch						
		10G					Switch	Switch	PCIE Card
		5G							
	2.5G	STB		AP Router	AP Router				

應用		IC Series						
		Aquantia				RELTEK		
POE	最高速率	AQR105-B	AQN-107	AQN-108	AQC111U	RTL8125	RTL8226	
60W	NON POE							
		10G	PCIE Card	PCIE Card				
		5G			PCIE Card	USB Donge		
	2.5G					Switch	PCIE Card	
						Notebook PC	Switch	

市售採用X' former技術產品範例

主機板



Asus TUF Z270 MARK 2

筆電



HP 250 G6

交換器



Ruijie RG-NBS1808GC 8

高階AP



JCG846

中階AP



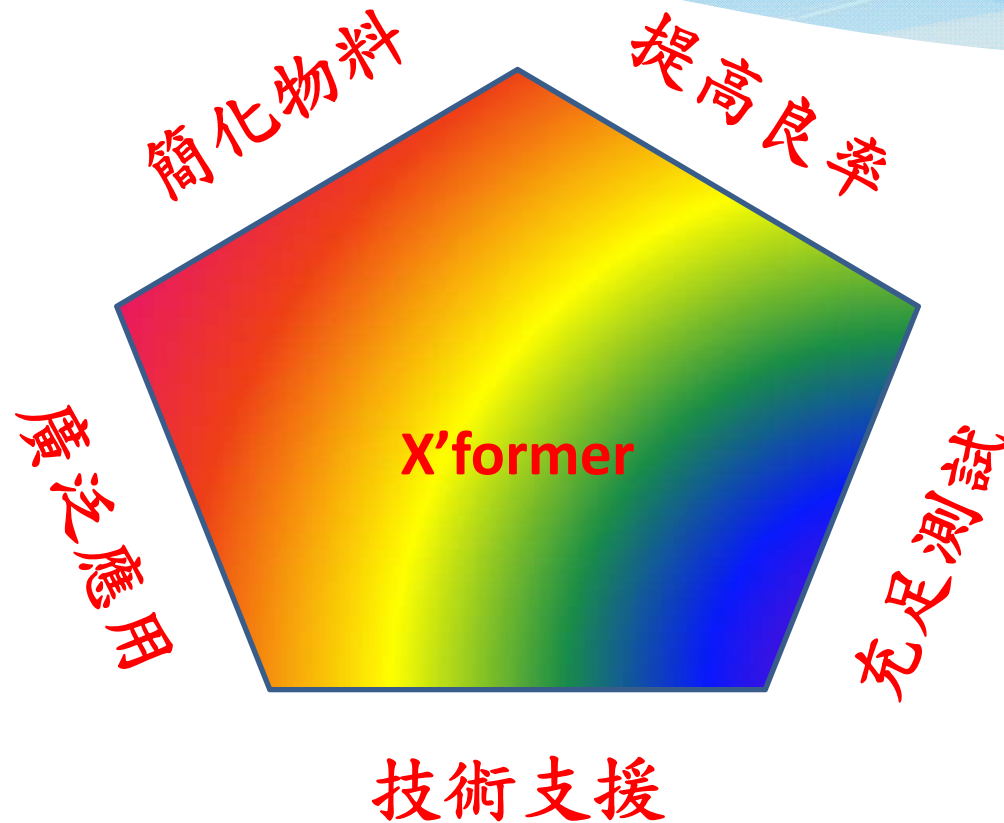
WL-WN529N2A

低階AP



阿里智能睿因AP

X' former 的核心競爭力



X' former 技術經過多年發展，在多種應用領域測試成功
西北臺慶團隊累積了豐富的產品應用與測試經驗，可以幫助
客戶簡化物料並提高產品生產量率