

IC應用技術叢書(四)

光耦合器應用專集

無線電界雜誌社印行





IC應用技術叢書(四)

光耦合器應用專集

IC應用技術叢書(四)
光耦合器應用專集

中華民國六十六年六月出版
中華民國七十四年四月再版
版權所有 不許翻印

特價新台幣100元整

發行者：無線電界雜誌社

台北市八德路二段312巷19號6樓

電話：(02)7112765・7733089

郵政劃撥帳戶：00027568

登記證：局版台誌第3325號

印刷所：中美印刷廠

地 址：台北市天水街32號

前 言

由於電子工業急速的進步與發展，使得各種工業，甚至吾人日常生活均與之脫離不了關係。尤其是近幾年中，各種積體電路之相繼問世，更使電子之應用帶上新的紀元。

有關各種電子電路之原理與電路之分析等，國內已有多種書籍加以介紹。惟大部分多係偏重於理論之解說，易使讀者對於實際之應用產生隔閡。且各製造廠家所推出之各種積體電路，已達數百（或數千）種之多，其中不乏特殊用途之品種，欲將各種積體電路之應用集合於一本書中，加以介紹，事實上乃屬不可能。是故本叢書試圖以淺近之方式，將各種 IC 之應用逐一介紹，對某一種電路作一專集，介紹該種電路之應用，期能提供清晰的瞭解與直覺的認識。每一本書均嘗試對某一個主題作較詳細的說明，以提供讀者作應用上的參考。並列舉多種實例，俾使讀者舉一反三，以收應用自如之效。

本叢書資料之收集及稿件之校對，承林源棋與劉俊光兩兄鼎力協助，於此一併誌謝。

本人學識淺陋，書中乖誤之處必多，如有不妥之處，尚祈諸位先進不吝指正。

編著者 謹誌於 林口

中華民國六十六年三月

序

光耦合器 (Photo Coupler) 雖已有十數年之歷史，但以最近新開發之高速、高効率、長壽命之光耦合器，最令人所矚目。它已被廣泛地應用於今日之各種電子裝置中，舉凡電子計算機之周邊電路、民生用機器、或信號之傳遞等，皆相繼使用光耦合器。

本書介紹的光耦合器計有下列各種：

LED——光電晶體型

LED——光二極體型

LED——達靈頓光電晶體型

LED——Photo Thyristor

LED——*CdS* 型

霓虹燈——*CdS* 型

鎢絲燈——*CdS* 型

Photo Interrupter

對於其構造、原理及其應用均有詳細的介紹。書末之附錄列舉各種實際之應用電路，俾使讀者參考，並加以活用。

中華民國六十六年六月

IC 應用技術叢書(四)

光耦合器應用專集

目 錄

第一章 Photo-Coupler 引介

1 種類與特長.....	1
2 現狀與應用.....	3
3 今後之動向.....	8
4 使用方法.....	15

第二章 LED→光電晶體型 Photo Coupler

1 絕對最大規格與特性.....	20
2 基本電路與應用.....	26

第三章 LED→光二極體組合之 Photo Coupler

1 LED + Photo Diode	40
2 使用上應注意事項.....	46
3 視頻信號之傳送.....	48
4 脈衝信號之傳送.....	51
5 廣帶域類比信號之傳送.....	54

第四章 LED→達靈頓連接方式光電晶體

1 達靈頓結合光電晶體與 LED 組合之 Photo Coupler 之 特性.....	56
2 達靈頓輸出之 Photo Coupler 之特徵	58
3 電路設計上應注意之事項.....	59

4. 動作速度之提高方法.....	63
-------------------	----

第五章 LED→Photo Thyristor

1 Photo Thyristor 之動作原理.....	65
2 Photo Thyristor 之基本特性與特徵.....	66
3 Solid State AC Relay 之應用.....	68
4 Photo Thyristor 閘極控制端之使用法.....	70
5 電路線路上之應用.....	72

第六章 LED→CdS 組合之Photo Coupler

1 種類.....	75
2 基本特性.....	76
3 LED→CdS 型Photo Coupler 之應用例.....	81

第七章 霓虹燈→CdS Cell 組合之應用例

1 構造與特長.....	96
2 規格與特性.....	97
3 應用及注意事項.....	101

第八章 鎢絲燈→CdS Cell 組合之Photo Coupler

1 構造與製法.....	105
2 特性.....	107
3 應用.....	112

第九章 Photo Interrupter 之應用

1 Photo Interrupter	115
2 Photo Interrupter 之應用	119

附 錄

1 CR 充放電式Time Relay	122
2 AC Relay (附保護裝置)	122
3 使用Photo Coupler之最簡單之AC Relay	123
4 大電流用簡易形AC Relay	124
5 相位控制方式之AC Relay	125
6 相位控制方式與ON—OFF控制方式並用之AC Relay	126
7. 使用Photo Coupler之電磁開關	127
8. 使用Photo Coupler 之DC 開關	128
9. 使用Photo Interrupter之DC 開關	128
10. 使用Photo Interrupter 之極限開關	129

第一章 Photo-Coupler 引介

Photo coupler (一稱 Photo isolator) 係一種將發光體與受光體兩者置於同一包封 (package) 內之複合元件。輸入與輸出之間藉光線予以耦合，是故輸入與輸出之間對電氣而言係呈絕緣狀態。至於藉光線予以耦合之元件，其使用歷史可追溯至 1960 年間，斯時係使用霓虹燈或傳統之鎢絲燈泡與 CdS 之組合體。這種組合元件當時之主要用途係作截波 (Chopper) 型直流放大器或無接點式之 Volume 控制電路等。

至 1960 年後，因 GaAs 等 III - V 族半導體技術之確立，已逐漸有注入型發光二極體之商品問世。其後，GaAs, GaAs_(1-x)P_x 或 GaP 等有如雨後春筍相繼推出。至於受光元件則除了原使用之 CdS 外，諸如 Si 光電二極體 (Photo diode; P.D.) 或光電晶體 (Photo Transistor; P.T.) 等亦相繼出現。至今，其品種已達數百種之譜。其使用範圍亦逐漸增廣，舉凡信號之傳送，無接點控制等，較之傳統式之繼電器毫不遜色，且有後來居上之勢。

1. 種類與特長

如上所述，photo coupler 僅係發光體與受光體兩者之組合元件。其中，發光體 (或光源) 若予以區分，則有下列諸種。

- ① 霓虹燈或鎢絲燈
- ② 可視光 LED (紅)
- ③ 紅外光 LED
- ④ 電場發光 (Electro luminescence)

受光體則有以下諸種：

- ① CdS, CdSe

- ② P.D, PIN型P.D.
 ③ P.T, 達靈頓P.T.
 ④ P.T.(P.D) + IC, Optical IC
 ⑤ Photo SCR

等種,種類繁多,表1-1為各種具代表性 photo coupler之特性比較

表 1-1 Photo coupler 之構成與特長之比較

光 源 (發光元件)	受 光 元 件	電流轉 移 比 CTR	響應速度 t_r, t_f	特 長
霓虹燈 鎢絲燈	CdS		數 mS ~ 數 $100mS$	△交直流兩用 △價廉 △消耗電力大 △壽命較半導體者為短
可視光 LED	CdS		數 mS ~ 數 $100mS$	△交直流兩用 △價廉 △ CTR 之劣化、經年 變化較大
紅外光 LED	PIN型 PD	0.2 %	數 $10mS$ ~數 $100nS$	△響應速度快 △輸出之線性良好 △ CTR 小
紅外光 LED	PT	7 ~ 30 %	$2\mu S$ ~ $5\mu S$	△響應速度快, 暗電流 小 △ CTR 之劣化小, 壽 命長 △價廉 △ CTR 較達靈頓方式者小

可見光 LED	PT	數%	$2\mu S \sim 5\mu S$	Δ 響應速度快，暗電流小 Δ 價廉 ΔCTR 之劣化、經年變化大 ΔCTR 小
紅外光 LED	達靈頓 PT	100 ~ 1000 %	$50\mu S \sim 700\mu S$	ΔCTR 高 Δ 暗電流較大 Δ 靈敏度之差別大
紅外光 LED	PD(PT) + IC	100 ~ 600 %	數 $10nS \sim 1\mu S$	Δ 響應速度快， CTR 高 Δ 可與 TTL 連接 Δ 價昂
紅外光 LED	Photo SCR			Δ 可控制交流信號 Δ 控制電力大 Δ 價昂

photo coupler 開發之時，因發光二極體之壽命（靈敏度之劣化）較低，且電流轉移比（ CTR ）僅數%，價格高昂，故未能普及。今日所製之發光二極體已因製作技術之進步而大為提高，其 half life 可達 10 萬小時左右（註：所謂 half life 係指發光二極體因靈敏度之劣化而使 CTR 之劣化達初期值之 50% 時之時間），同時價格亦大幅降低，故使用量急激增加。其主要用途除了電子計算機之周邊機器外，其他諸如計測儀器，自動販賣機等亦競相使用 photo coupler。

2. 現狀與應用

photo coupler 由其機能方面而言，其動作與一般之電驛或脈衝

變壓器 (Pulse transtormer) 相同，為一種信號之耦合裝置。其主要特徵有下列諸項：

- ①輸出與輸入間呈完全絕緣。
- ②信號之傳遞為單一方向，輸出信號並不影響輸入側。
- ③同相信號除去比 [$CMRR$ (Common Mode Rejection Ratio)]， CMR = 差動輸入放大率 / 同相輸入放大率] 大。
- ④易與邏輯電路連接。
- ⑤無接點式，壽命長。
- ⑥響應速度快 (使用紅外光 LED 與光電晶體組合之 photo coupler 可達數 μs)。
- ⑦小型，重量輕，耐衝擊力，壽命長。

至於其主要之缺點則為

- ①頻率特性僅達數 100 KHz ，較之脈衝變壓器或差動傳遞裝置為慢。
- ②photo coupler 所能流通之電流與其所加之電壓有一定限度，故較不適用於大電力之控制。

關於頻率特性一點而言，一般電子計算機周邊機器之 I/O interface 或通信機器等，必須使用高速動作的場合，可使用 PIN 型 PD 之高速受光元件，此種 photo coupler 之響應速度可達 $20 \sim 100\text{ ns}$ 之速度。但若僅使用 PIN 型 $P.D.$ 時，則因其 CTR 甚低，僅約 0.2% 而已，故實用上仍有困難。雖已有附加放大器之 Photo coupler 問世，但因售價仍高，至今尚未能普遍應用。

其次，關於電力控制之問題將在後面提及，可應用 photo coupler 與 SCR 或 $TRIAC$ 之組合而成無接點式電驛用以控制電力。

如上所述，photo coupler 在應用上雖有部分限制條件，但充分利用其特長，則可廣泛地應用於各種控制之分野中。一般而言，大約可分為下列三種主要用途。

- ①用以隔離信號線路之雜音

②電位不同之兩電路間之 interface。

③無接點 Relay。

以下茲就其等之代表使用例略加介紹。

①雜音之隔離 (Noise cut 或 Noise Suppressor) 之使用例。

計算機與其周邊機器或 process 控制中之中央處理裝置與末端裝置之結合，往往使用較長之電纜，故極易引起外來雜音信號，在此場合，可以使用圖 1-1 之電路予以解決。這種方式中，line driver 為平衡型，信號接收端使用發光二極體與電阻之網路。

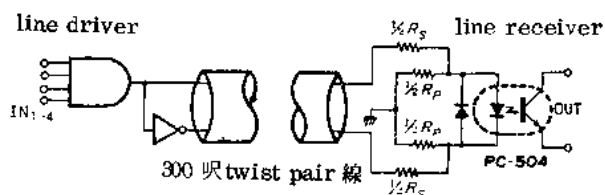


圖 1-1 line driver 與 line receiver 之 system

②不同電位之兩電路間之 interface

圖 1-2 為其代表之使用例。TTL 與 HNIL 使用之電源電壓不同

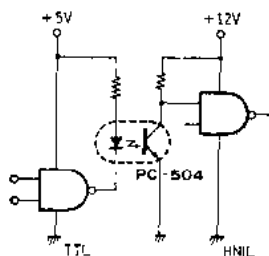


圖 1-2 TTL 與 HNIL 間之 interface

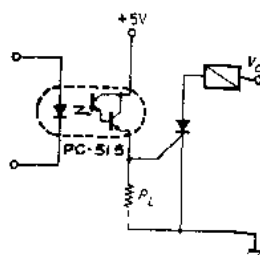


圖 1-3 SCR 驅動電路

，此時只需在兩者之間加上一只 photo coupler 即可簡單地完成兩電路間之信號傳遞。

③無接點 Relay 之應用

Photo coupler 本身並不適用於電力之控制。若使用圖 1-3 之連接方式，利用 Photo coupler 之輸出作為 SCR 之閘極控制輸入時，即可用以控制電力。利用這種控制方式尚具一優點，即對於外來雜音之承受力高，且可利用邏輯電路之輸出直接控制電力之大小。

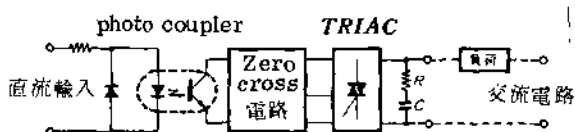


圖 1-4 SSR 電路構造

現今已有專用以控制交流電力之固態電驛 SSR (Solid State Relay) 問世。其內部構造如圖 1-4 所示，係由 Photo coupler, TRIAC 及通零電路 (Zero crossing circuit) 等組成。圖 1-5 為 SSR 之外形 (負荷容量 100 V, 2 A, 與 100 V, 10 A)。有關 SSR 與電磁電驛間之比較則如表 1-2 所示。

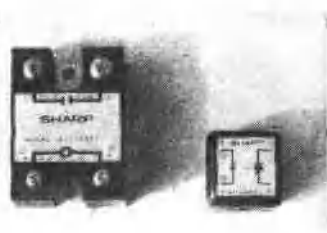


圖 1-5 SSR 之外形圖

左 100 V 10 A 級
(S-110 DT₁)

右 100 V, 2 A 級
(S-102 DP₁)

表 1-2 SSR 與電磁 Relay 之比較

項	目	SSR	電磁 Relay
(1)輸出、輸入間之絕緣性 絕緣電阻 絕緣耐壓		Min $10^{11} \Omega$ AC 1500 V	Min $10^8 \Omega$ AC 500 ~ 200 V
(2)因外部之振動或衝擊而引起誤動作之可能性		無	有
(3)接點之障害		無	有
(4)接點部分之火花		無	有
(5)因接點不良而引起誤動作		不發生	可能發生
(6)動作速度		Max. 1/2 cycle	約 20 mS
(7)驅動電力		小 (數 mW) 可用 TTL, DTL 予以動作	大 (0.1 ~ 數 W)
(8)壽命		10 萬小時 (與開關次數無關) 有 (6 mA r.m.s.)	10 萬 ~ 200 萬次開關動作 無
(9)開路時之洩漏電流		~ 20 ~ + 85°C	露出形 -10 ~ + 40°C 封入形 -40 ~ + 60°C [例]
(10)動作溫度範圍			

3. 今後之動向

隨着資訊之多樣化，Photo coupler 今後之發展係在高速、高靈敏度及高信賴度之技術方面。此外，Photo coupler 不單是發光與受光元件之組合，而將發展成爲電→光，光→電等之固態轉換器（Transducer）。

現今已實用化之各種固態式轉換器如表 1-3 所示，另外，由應用方面所要求之各種 Photo electronic transducer 之一覽表則如表 1-4 所示。

表 1-3 固態轉換器

信號形態之變換	半導體變換元件	半導體材料	物理現象
磁氣→電壓	Hall 元件	InSb, InAs, Ge, Si	Hall 效應
磁氣→電阻	磁氣電阻元體	InSb, InAs	磁氣電阻效應
→電阻	磁氣 diode	Si, Ge	注入載子之表面再結合之差
壓力→電壓	壓電元件	Cds, ZnO	壓電效應
(超音波)→電阻	Strain gauge	Ge, Si, InSb	piezo 電阻效應
→電阻	感壓 diode	Si	結晶構造之變化
熱(溫度)→電壓	熱電偶	PbTe, Bi ₂ Te ₃	Seebeck 效應
→電阻	熱敏電阻	NiO, CoO, FeO	載子數因溫度而變化
光→電流	光電池	Se, CdS	光電動勢
	太陽電池	Si, GaAs	光電動勢