

閃光燈觸發電路設計

◎ 蔡仲文

前言

大多數的相機都附有一個閃光燈以便在環境照度不夠時提供光源，這個閃光燈是一個在極短的時間內激發出極高光波能量的裝置，通常是一個內部裝入高壓氙氣的玻璃或石英燈管。使用方法是在一個儲能電容器內儲存足夠激發燈管閃光的能量，然後將電容器的能量釋放並衝向燈管，這時在燈管內會造成高度激發的氙氣電漿，而這些不穩定的電漿隨即釋放出能量以回復穩定狀態，能量的一大部份以光的形式釋出，於是發出了類似太陽光譜的光波。這一類的燈管可以應用在很多地方，除了照相機的閃光燈外還有警示燈、舞台燈等。

操作理論

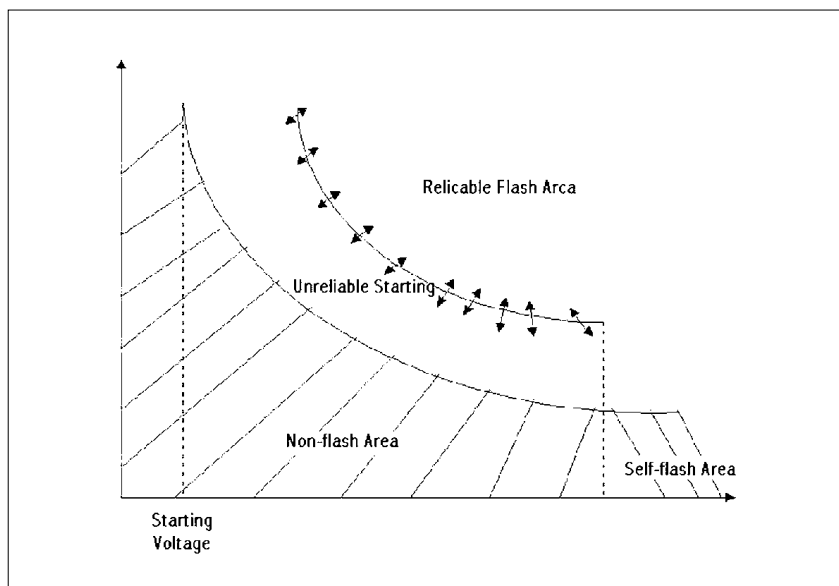
如前所述，閃光燈是由一個電容提供能量來發出亮光。這個儲能電容通常跨接在閃光燈管的兩個電極間，並將它充到一個相當高的電壓(200V到300V)。這個電壓可以讓低度游離的氙氣引

起連鎖反應而發光，但還不足以啓動燈管內的氙氣離子化。引起氙氣離子化的動作我們稱之為“觸發”，即在燈管內造成一個很陡的電壓坡度(Volt/Inch，在小空間內急劇的電壓變化)來啓動氙氣的離子化反應。燈管內的氣體開始游離後便由儲能電容饋入能量引發連鎖反應而造成閃光。本文的重點便在介紹觸發電路的設計方法。

圖1 顯示典型的閃光燈觸發

特性，由此我們可知道提高儲能電容的電壓可降低觸發電壓，這個曲線的位置和形狀取決於觸發閃光燈方法，以及燈管本身所處的環境條件。一般燈管的特性曲線在其生命週期內，會依箭頭方向上下移動，因此有效觸發區的範圍會有改變，此點在設計觸發電路時須加注意。

大部份的觸發電路使用一個觸發變壓器來產生一個很窄的高壓脈波，有幾種不同的方式可以



▲ 圖1 觸發特性

產生這個高電壓來啟動氙氣的離子化反應，於下文中我們將一一作介紹。當氙氣開始游離時燈管的兩個電極間便會產生一層極薄的電離層，這個電離層構成了一個讓儲能電容放電的通路，電容就開始放電而使得更多的氣體分子游離。隨著氙離子的增加電離層持續變厚，最後就在兩個電極間產生了耀眼的閃光。

觸發的方法

一般觸發電路可歸納成以下三類：

- 外部觸發(External Triggering)
- 串連觸發(Series Triggering)
- 半串連觸發(Pseudo-Series Triggering)

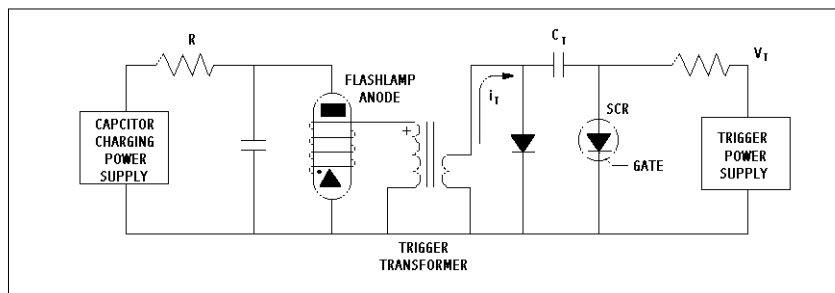
由上述三類衍申出下面另外兩種觸發方式：

- 持續放電觸發(Simmer Mode)
- 半持續放電觸發 (Pseudo-Simmer Mode)

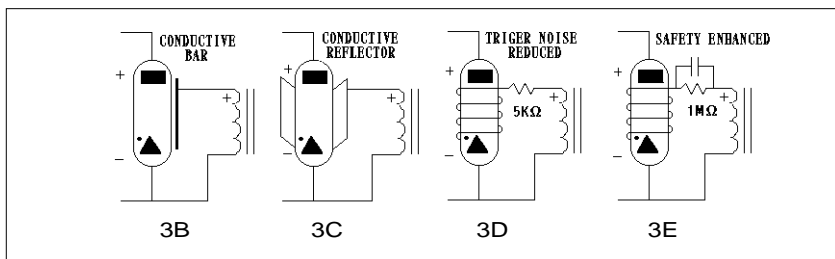
另外有一種不使用觸發變壓器的電路則為“過電壓觸發”(Overvoltage Triggering)。

外部觸發

這是最常用的觸發方式。外部觸發用一個高壓脈波來引起燈管內的氣體游離，並在陽極陰極之間產生薄薄的游離層。觸發電極置於燈管外部，而與兩個電極



▲ 圖2 外部觸發



▲ 圖3 幾種外部觸發的方法

都處於絕緣狀態。通常是在玻璃（或者石英）燈管表面包裹一根很細的鎳絲，如圖2所示。這根鎳絲必須盡可能地分佈在兩個電極間的管壁，並貼著管壁纏繞以儘量增加與管壁的接觸面積。

觸發電壓的高低取決於閃光燈的電極間距，管徑，管內氣體壓力和電極材料。其他如環境輻射能原和燈管的老化程度也多少影響到觸發電壓。通常在燈管的規格書中都會載明這個數據(照相機使用的燈管約需5KV到8KV)。

這一種觸發電路的觸發脈衝寬度需要特別注意，因為電離層的擴散需要時間，一般而言電極距離在一吋左右的燈管約需200ns的脈衝寬度，電極間距較小的燈管其脈衝寬度則等比減

少。

另外，還有兩種可行的方法，其一為使用一條狀導體附於燈管外壁，如圖3B所示，另一為使用導電性良好之反射罩，如圖3C所示。在這兩種情況下，導體應盡量靠近燈管，而且使用比第一種方法時較高的觸發電壓。

觸發變壓器提供一個高電壓脈波，因為電流很小(100到300毫安)，通常體積可以做的很小。由於一次端的電壓很低，匝數比相對地就很高，一次端的脈衝通常由儲能電容提供，當電容充電到某一電壓時便停止充電，需要閃光時控制一個繼電器或SCR或Spark Gap導通放電迴路，將能量釋放到觸發變壓器的一次端。

觸發時的瞬間電流相當高，在選擇零件時必須特別注意其電氣特性以免造成零件損壞，若選擇使用SCR來作開關時，尤其要特別注意其規格，線路中各個節點的相對極性是另一個設計重點。儲能電容的極性一定要對，燈管的陽極附近應是電位最高的，同時變壓器二次側相對一次側的壓差，必須小於變壓器的最大絕緣電壓。

電磁干擾和雜訊

閃光燈觸發使用高頻、高壓的脈衝，可以想見一定會有雜訊產生，另一方面，氣體游離的過程也會產生許多不規則的雜訊脈波，其諧波頻率範圍可到達Giga Hz，而其峰值的頻率根據線路佈局及接地設計會有相當的差異。

解決的方法不外隔離、包覆及接地。在變壓器的二次側串接一個電阻可以降低放電時產生的雜訊(如圖3D)。這個電阻可以用來減慢二次側寄生電容的放電速度，一般使用2W，5K左右的碳化合物電阻，但不建議用金屬薄膜電阻。

安全因素是設計時的一個考量重點，譬如說儲能電容的高電位端有可能發生跳火現象，直接將能量釋放到變壓器的高壓側。為防止跳火，可考慮在放電迴路中加入一個RC迴路，如圖3E。

常用的電阻值為1M，電容為500pf，注意電容須為耐高壓(6KV以上)的陶瓷電容。

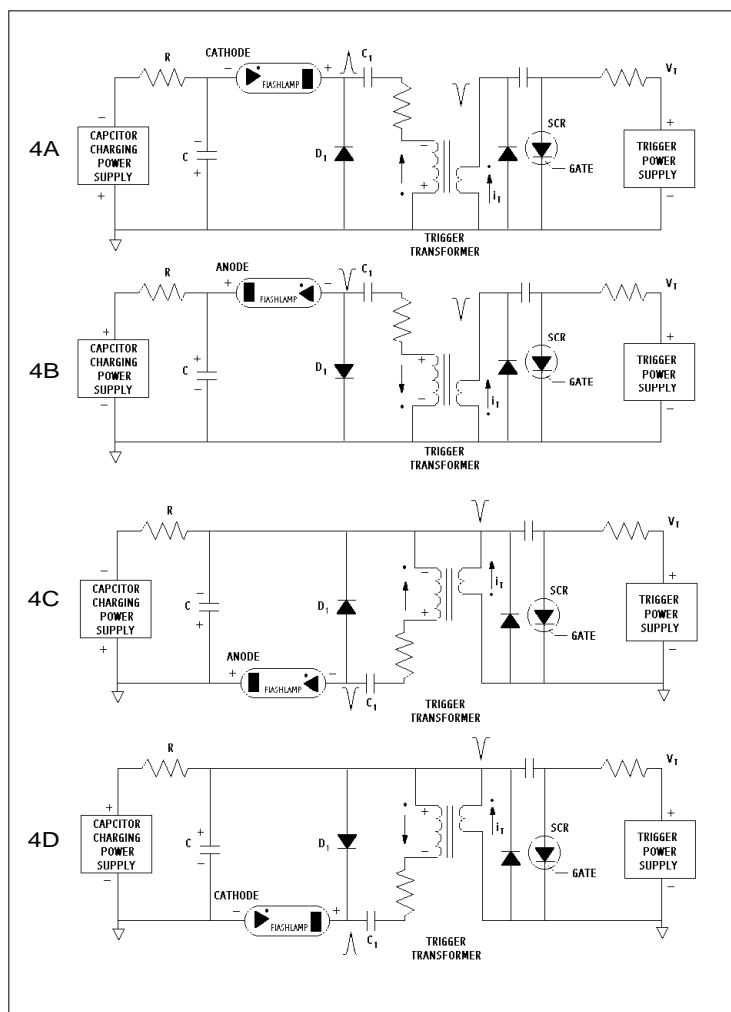
串連觸發

串連觸發乃是將儲能電容的能量透過觸發變壓器的二次側釋放到燈管，如圖4但不用D1。這種設計使用的觸發變壓器須能承受放電時的高瞬間電流，因此體

積較大，重量較重，成本也較高。串連觸發的優點在可以控制放電迴路的電感值，採用適當的二次線圈能使用將觸發電流降到剛好符合燈管需求，因而降低燈管損耗、延長燈管壽命。

半串連觸發

半串連觸發加入一些額外零件，以便使用較小的觸發變壓器



▲ 圖4 半串連觸發

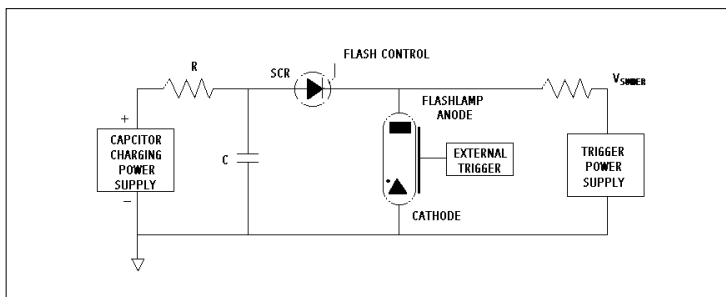
(與外部觸發所使用的相同)，並保留串連觸發的優點，圖4所示之ABCD提供了各種極性的設計。基本上，觸發電路與串連觸發是一樣的，但是觸發電流則不通過變壓器，而是流經一個並聯的二極體。

這個二極體必須能夠承受很大的瞬間電流，而且崩潰電壓必須高於觸發電壓，這樣的二極體通常順向電阻稍高。Perkin Elmer提供一個閃光燈專用的二極體，其崩潰電壓高達10KV，放電迴路中的電阻和電容是EMI和安全考量，如前所述。

持續放電觸發

持續放電觸發使用一次觸發來啟動多次閃光，線路如圖5，在第一次觸發後，一個特殊的電源提供穩定的電流將燈管，維持在低游離狀態(圖6)。這個狀態下的燈管的極間電壓約為100到150伏，而電流可能在100毫安到數安培。

儲能電容則由另一個電源充



▲ 圖5 持續放電觸發

電，在需要閃光時直接將能量饋入燈管即可引發閃光，需要連續高速閃光的場合可以使用這種觸發方式。

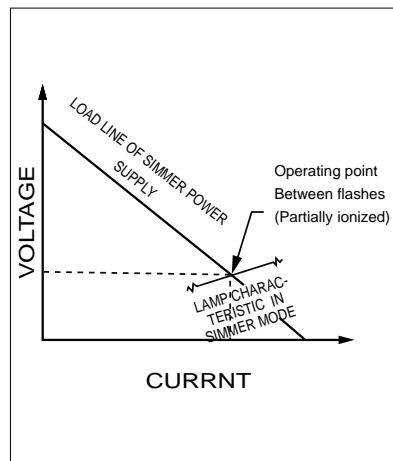
半持續放電觸發

原理如持續放電觸發，但使用一組電源同時提供燈管“保溫”及電容充電，這種方式必須電源供應、燈管特性能充分配合才行，實際使用的並不是很多(圖7)。

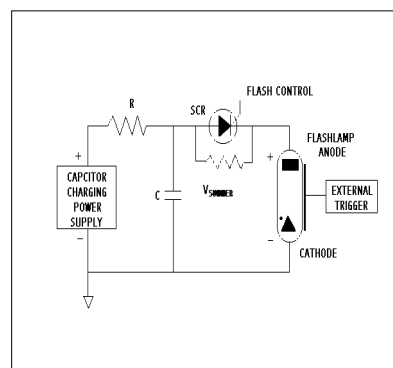
過電壓觸發

超壓觸發是一種不用觸發變壓器來發出閃光的方法(如圖8)，將儲能電容器充電到高過燈管的觸發電壓(一般為10KV到20KV)，需要閃光時控制一個高電壓/高電流的開關(通常使用Spark Gap)導通迴路將能量饋入燈管，產生一個閃光。

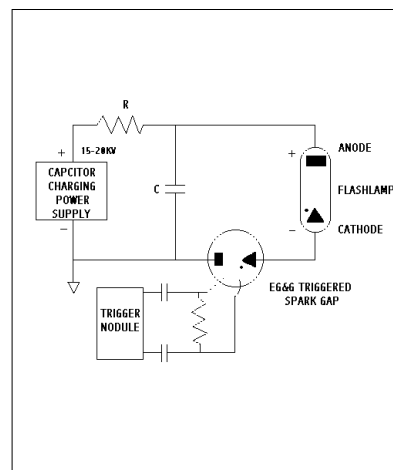
※本文作者蔡仲文目前服務於幸賀(股)公司技術行銷部，e-mail信箱為：support@seraphim.com.tw



▲ 圖6 放電電源特性



▲ 圖7 半持續放電觸發



▲ 圖8 過電壓觸發