直流無刷馬達驅動器製作

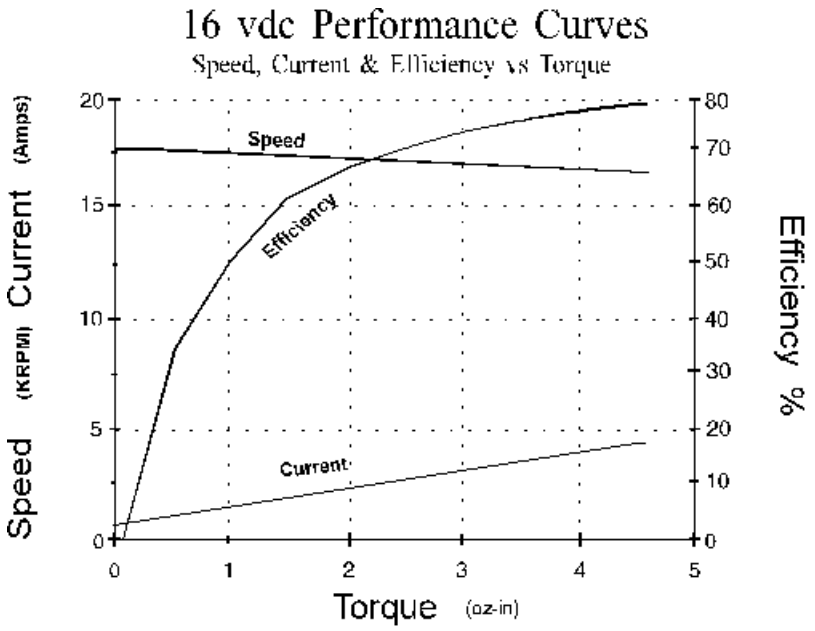
說明：預習報告於上課時繳交，請親筆書寫，內容包括實驗目的、流程等。實驗報告於實驗完成後一周內繳交，遲交者將斟酌扣分。實驗時請攜帶此次實驗之電路圖。

簡介

直流無刷馬達（DC Brushless Motor）由於好保養，控制性佳，性能與效率優異，早已經成為工業界的寵兒，其中小功率的應用如硬碟機之主軸馬達，大功率的應用如電動車的馬達裝置，都可以利用直流無刷馬達高效率、轉速穩定、高扭力、耐用、容易保養的特性。

圖一、光碟機主軸馬達

圖二、電動機車馬達



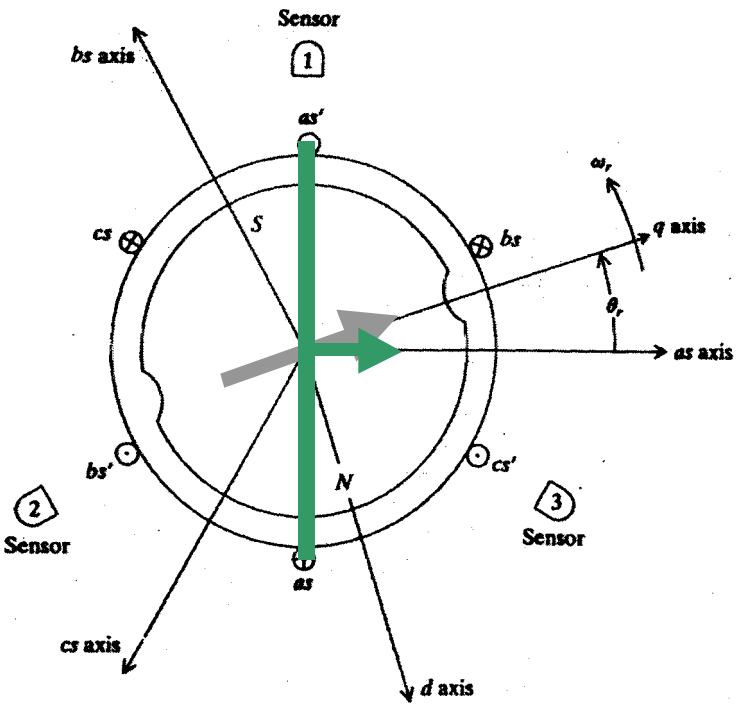
圖三、DC 無刷馬達的特性曲線

圖三中可以看出直流無刷馬達的特性－

- 扭力幾乎與所加入的電流成正比，
- 不同的扭力下都可以達成各種轉速
- 效率極高達到 70%~80%

直流無刷馬達運轉原理

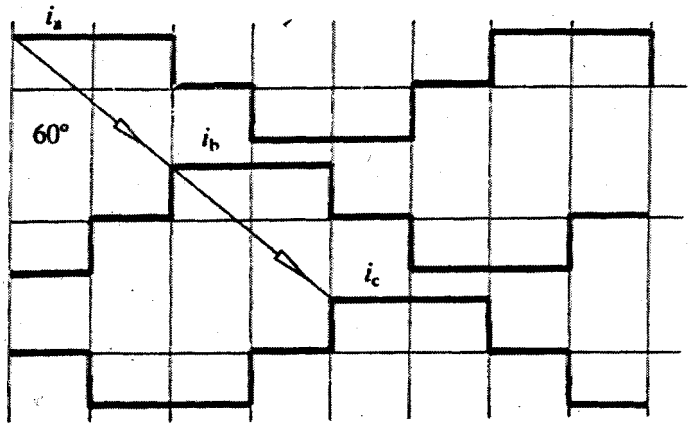
永磁式直流無刷馬達的原理是利用感應器感應轉子磁場的位置，再適時的將相對的線圈激磁（圖四），如此週而復始，馬達便能不停的運轉。



圖四、直流無刷馬達感應器與線圈安排

直流無刷馬達的線圈安排：as' -as, bs' -bs, cs' -cs 是三組線圈，[1], [2], [3] 是三個線圈感應器，當轉子磁場 q 軸靠近 as' -as 極時，感應器[1]感應到磁場接近，因此就將 as' -as 線圈導通，如此轉子將受到線圈磁場的磁力吸引而向 as-as' 極旋轉對齊，待轉子繼續轉向 bs' -bs 極時，則 as' -as 之電流即切斷，同時感應器[2]的信號將 bs' -bs 極的電路導通，將轉子繼續轉向與 bs' -bs 即對齊的方向，如此驅動馬達繼續不斷的旋轉。

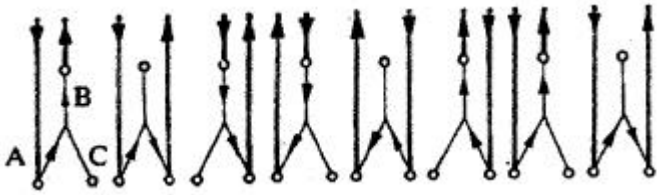
依此法則，則三相的電流必會因期開關的切換造成類似下圖（圖五）相差 60°的弦波訊號。



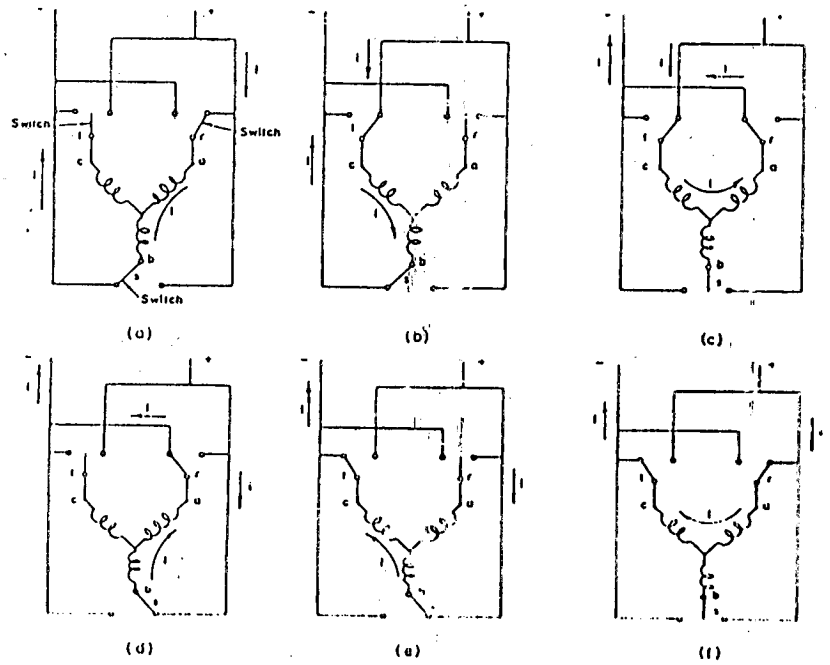
圖五、直流無刷馬達三相電流的相位關係

直流無刷馬達的線圈配置

為了節省元件，馬達中的線圈繞線的接法如同圖六所示，則三組線圈依不同的導通程序可以造成六相的電流。

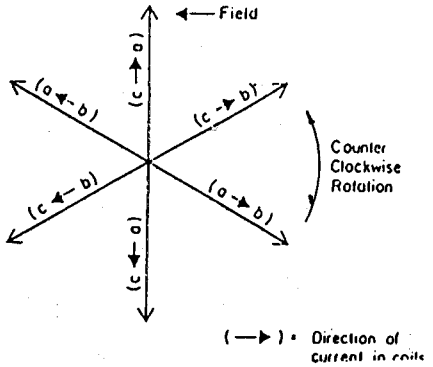


圖六、線圈的接法與導通的順序

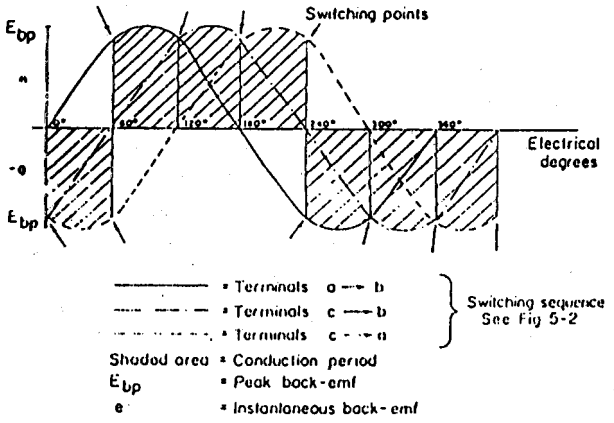


圖七、馬達線圈實際接線的方式

參考圖七，馬達逆時針旋轉時其中的電流切換將成為圖八中所示的切換順序。反過來說，如果希望馬達逆時針旋轉，則馬達的電流切換將成為圖八中相反方向的順序。



圖八、無刷馬達旋轉時相對於圖七的電流方向



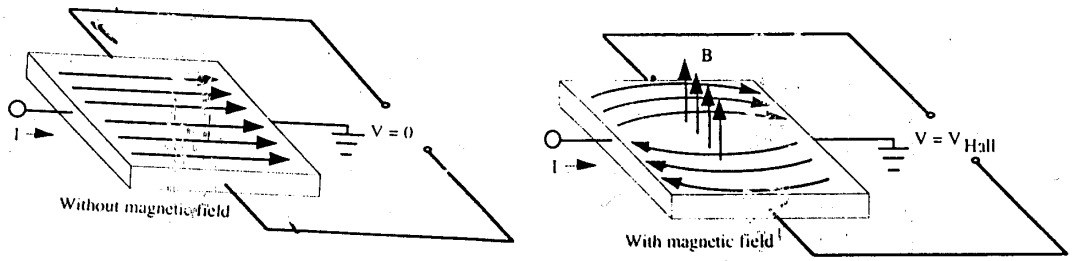
圖九、維持平滑運轉的電流切換點

霍爾感應器

直流馬達所依賴的就是適時的感應到轉子磁場的接近狀況，藉此信號驅動電樞電流的轉換。此感應器最重要的功能是必須能在無接觸的狀況下感應到磁場的接近，同時非常重要的一點是價格必須要非常便宜。

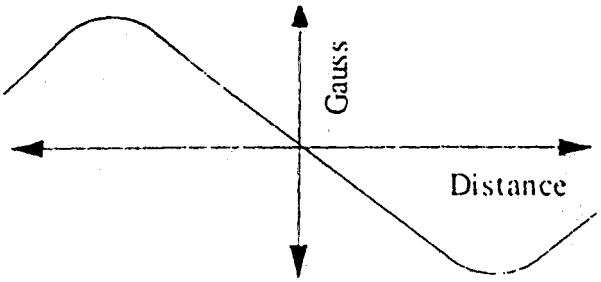
第二點是直流無刷馬達一直到近日才被大量採用的原因，舊日工程界對於霍爾效應了解並未深入，製作霍爾感應器的價格非常昂貴。近數十年來工程屆漸漸了解如何製作便宜的霍爾感應器的方法，今日霍爾感應器可以以臺幣幾元的價格零買得到，無刷馬達也得以達到今日的普遍的程度。

圖十顯示霍爾效應，導體在磁場的附近感應到電位差時，因為電子的流動與磁場的感應會造成橫向的電動勢，此電動勢與磁場的大小有關，

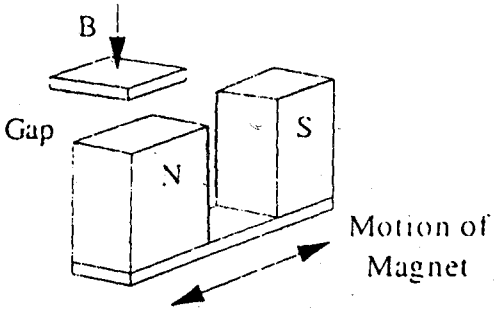


圖十、霍爾感應器的感應原理

其輸出訊號與磁場的關係可以圖十一表示，利用此關係，如圖十二的簡易霍爾開關就被設計出來了。



圖十一、霍爾感應器輸出訊號



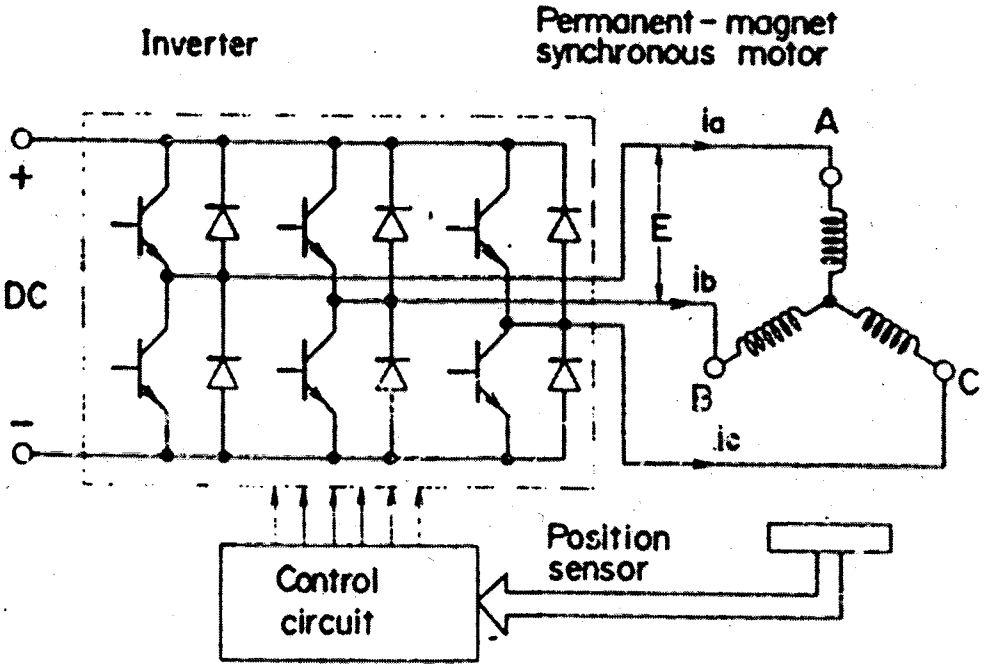
圖十二、簡單的霍爾開關

在霍爾開關的協助下，圖七中電流的切換如表一所示，

表一、無刷馬達三相電流切換表

Rotor position	A	B	C	aU (1)	aL (4)	bU (3)	bL (6)	cU (5)	cL (2)
0–60	+1	0	−1	1	0	0	0	0	1
60–120	+1	−1	0	1	0	0	1	0	0
120–180	0	−1	+1	0	0	0	1	1	0
180–240	−1	0	+1	0	1	0	0	1	0
240–300	−1	+1	0	0	1	1	0	0	0
300–360	0	+1	−1	0	0	1	0	0	1

實際的直流無刷馬達接線如圖十三所示，其中電流的切換是以三組推拉式（Push-Pull）電晶體橋所組成。



圖十三、實際直流無刷馬達接線圖

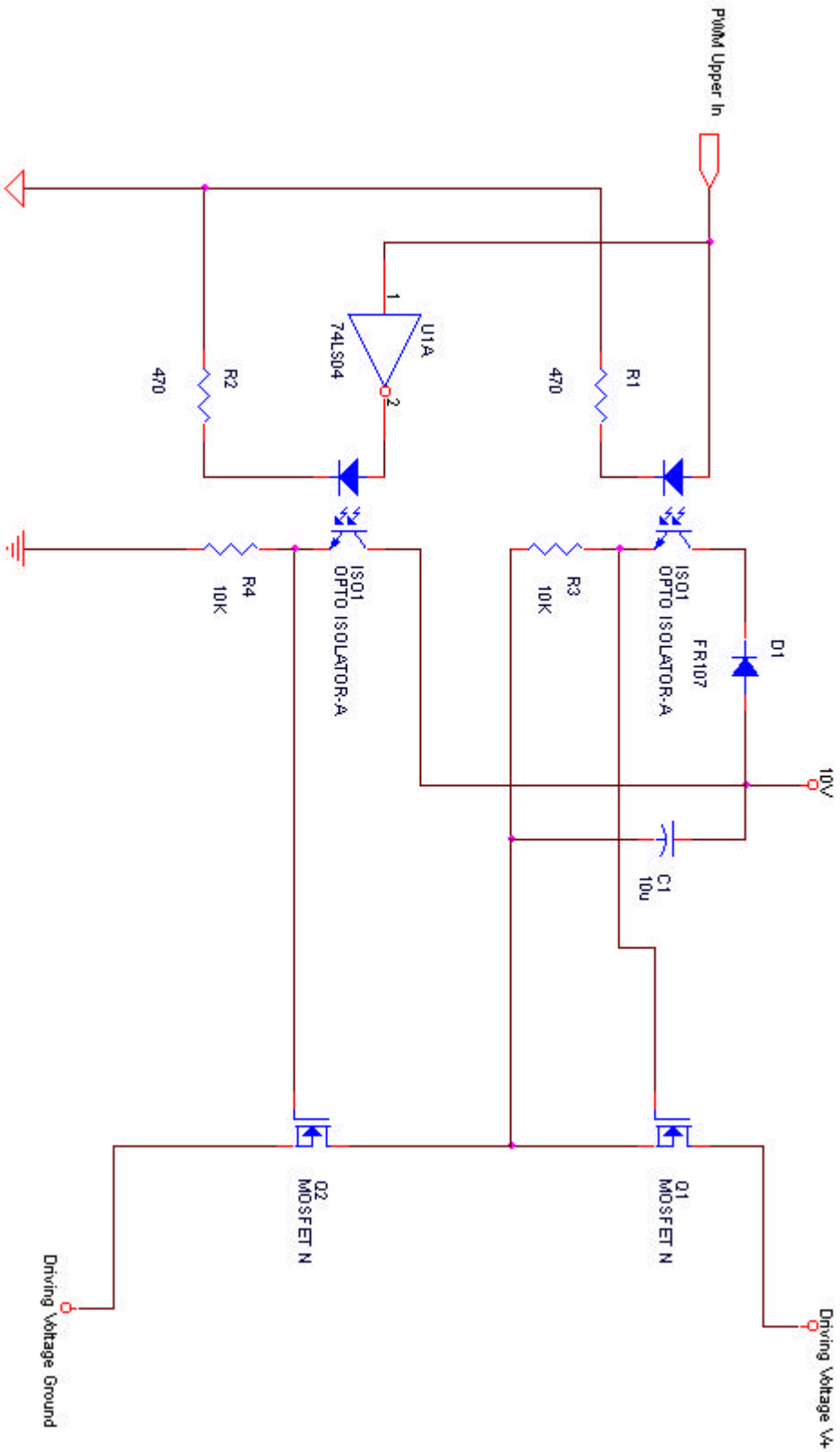
同學請依所提供的線路圖實際裝配一個直流無刷馬達的驅動器。

電晶體是大電流的元件，同學們在組裝的時候要格外小心！

實驗報告

1. 試探討驅動器失效時間(Dead time)，及如何產生失效時間？
2. 寫下此次實驗的建議、心得及感想。

電路圖


PWM Upper In
R1
470
R2
470
U1A
74LS04
1
2
ISO1
OPTO ISOLATOR-A
ISO1
OPTO ISOLATOR-A
R3
10K
R4
10K
D1
FR107
10V
C1
10u
Q1
MOSFET N
Q2
MOSFET N
Driving Voltage V+
Driving Voltage Ground