**實驗單元(六)－循序計數器電路**

**◎實驗單元摘要**

**此實驗單元為循序計數電路，屬於同步電路的應用。因實驗設計程序有一定的規範存在，所以設計此電路是非常容易的事情。為了讓各位有個不同的計數情形，實驗內容設計出20題不同的計數狀態，讓大家展現一下個人的設計能力。**

**◎學習目標**

1. **了解計數器的原理。**
2. **了解非同步計數器與同步計數器的差異。**
3. **學習使用JK-FF組成序列計數電路。**

**◎實驗單元目錄**

**一、實驗儀器設備與實驗材料表(P.02)**

**二、實驗預習(P.02)**

**三、零組件介紹(P.03)**

**四、電路說明(P.07)**

**五、實驗要求(P.08)**

**六、實驗設計程序(P.09)**

**七、實驗電路模擬(P.10)**

**八、實驗電路測試(P.12)**

**九、實驗電路檢測(P.13)**

**十、實驗問題與討論(P.13)**

**十一、撰寫實驗結論與心得(P.13)**

**十二、實驗實驗綜合評論(P.13)**

**十三、附上實驗進度紀錄單(照片檔)及麵包板電路組裝圖檔(照片檔) (P.14)**

**十四、實驗參考資料來源(P.14)**

**◎實驗內容**

**一、實驗儀器設備與實驗材料表**

**表(一)：實驗儀器設備**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **項次** | **儀器名稱** | **數量** |
| **1** | **萬用電錶或三用電錶** | **1部** |
| **2** | **電源供應器** | **1台** |
| **3** | **邏輯筆** | **1支** |
| **4** | **數位IC測試器** | **1台** |

**表(二)：實驗材料表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **項次** | **位 置 碼** | **元 件 說 明** | **用量** |
| **1** | **IC 電源端使用** | **0.1uF PE電容** | **3個** |
| **2** | **JK-FF** | **TTL IC 74LS76 DIP16** | **2個** |
| **3** | **IC** | **其它邏輯閘** | **若干個** |

**二、實驗預習**

**1.電路設計時，可以依電路需求選用不同型式的正反器，在下列各項目中，請就電路應用情形選用適當正反器。**

**a.資料儲存與傳送**

**b.反彈跳開關**

**c.移位暫存器**

**d.計數器、除頻器**

**2.何謂正反器的直接輸入?其功能何在?**

**3.何謂邊緣觸發?實驗單元所使用的正反器是屬於那一類型的邊緣觸發?**

**三、零組件介紹**

**1.正反器**

**正反器是一種雙穩態多諧振盪電路(Bistable Multivibrator)。何謂雙穩態電路？簡單的說，它的電路特色有兩個穩定狀態。當電路處於某一個穩定狀態時，它會繼續的保持下去，直到有效的輸入時，才可以改變這種情況，而它才會變化為另一個穩定狀態。即是電路只會出現這兩種狀態之一，而且必須有效的觸發才改變狀態。**

**電路圖如下圖(一)所示，就是一個由BJT所組成的雙穩態多諧振盪電路，這個電路有兩個輸出端(V1、V2)，這兩個輸出端的電位永遠保持著一為高電位(H)，一為低電位(L)，此種型式稱為互補，其中高電位接近VCC，低電位接近0V，兩輸出的狀態可經Set及Reset的觸發以改變兩者的狀態，但V1及V2永遠維持著互補。**

**以下是雙穩態多諧振盪電路的電路特性：**

**a.有兩個互補的輸出：V1、V2。**

**b.電路處於兩個穩態狀態之一。**

**.V1= L，V2 = H。**

**.V1= H，V2 = L。**

**需有觸發才可以有轉變狀態，否則將繼續儲存著其中一個狀，有記憶能力。控制輸入端有二個以上(Set、Reset)。**

****

**圖(一)：雙穩態多諧振盪電路**

**正反器(flip-flop) 及閂鎖器(latch)均是雙穩態多諧振盪器，均具備雙穩態的特性。在許多數位電路應用中，舉凡有關信號的閂鎖、擷取、記憶、儲存、計數、順序控制，都必須是這種雙穩態的操作。**

**正反器及閂鎖器具有記憶的功能，但要操作它使其輸出符合需要，則必須由輸入端及控制信號設定。**

**正反器因廣泛的使用於各種電路，會有不同的設計目標，例如有時候正反器在電路中僅發揮記憶資料的功能，有時候只用於轉環(Toggle)，因此大致可分為下列四種：**

**a.SR型閂鎖器**

**b.D型閂鎖器或正反器**

**c.T型正反器**

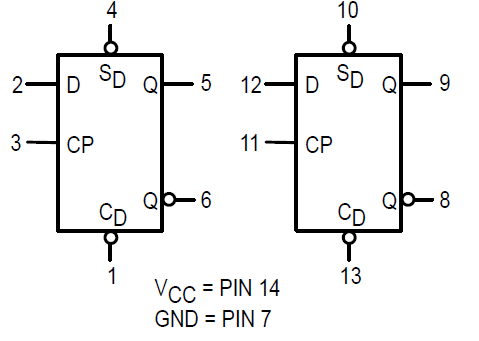
**d.JK型正反器**

**正反器應用的範圍極廣，因此有許多的IC可以選用，這些IC中有各種類型，也有閂鎖器及正反器之分，在應用上則必須視電路的特性，慎選合適的IC。閂鎖器與正反器主要的差異在於控制輸入方式的不同，正反器是由邊緣觸發或是主從式觸發的雙穩態電路‧閂鎖器則僅依輸入信號而變化，不以Clock控制的雙穩態電路。**

**正反器有Clock控制，以做為輸出同步之用，正反器應輸入之Clock的方式也有多種，並列出一些相對IC的型號及電路圖。**

**a.正緣觸發方式，在CK 信號由L往H瞬間動作，如下圖所示。**

**74LS74－Dual D-type Positive Edge-triggered Flip-Flops(with Preset and Clear)**

****

**圖(二)：TTL 74LS74 D-FF[3]**

**b.負緣觸發方式，在CK信號由H往L瞬間動作，如下圖所示。**

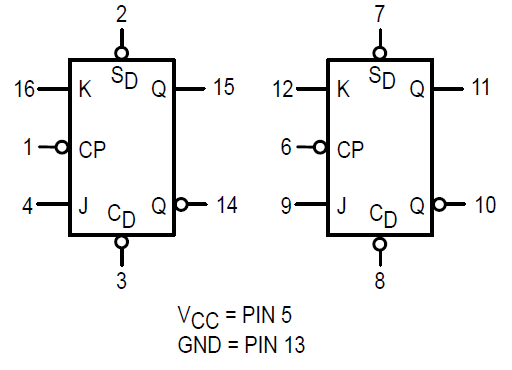
**74LS113－Dual JK Negative Edge-triggered Flip-Flops(with Preset)**

****

**圖(三)：TTL 74LS113 JK-FF**

**c.主從式負緣觸發，在CK信號為H時，輸入信號進入主正反器，在CK從H至L瞬間才反應至輸出端(slave FF)中的正反器，如下圖所示。**

**.74LS76－Dual JK-FF(with Clear and Preset)**

****

**圖(四)：TTL 74LS76 JK-FF[4]**

**.IC 74LS76功能表**

**表(四)：IC 74LS76功能表**

| **Input** | | | | | **Output** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Preset** | **Clear** | **Clock** | **J** | **K** | **Q** | **Q`** |
| **L** | **H** | **×** | **×** | **×** | **H** | **L** |
| **H** | **L** | **×** | **×** | **×** | **L** | **H** |
| **L** | **L** | **×** | **×** | **×** | **Nonstable** | |
| **H** | **H** | **↓** | **L** | **L** | **No Change** | |
| **H** | **H** | **↓** | **H** | **L** | **H** | **L** |
| **H** | **H** | **↓** | **L** | **H** | **L** | **H** |
| **H** | **H** | **↓** | **H** | **H** | **Toggle** | |
| **H** | **H** | **H** | **×** | **×** | **No Change** | |

**※正反器的特性表[1]**

**表(五)：正反器的特性表**

**a.JK-FF正反器 b.RS-FF正反器**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **J K** | **Q(t + 1)** |  | **S R** | **Q(t + 1)** |
| **0 0**  **0 1**  **1 0**  **1 1** | **Q(t) 不變**  **0 重定**  **1 置定**  **轉態** | **0 0**  **0 1**  **1 0**  **1 1** | **Q(t) 不變**  **0 重定**  **1 置定**  **? 不確定** |

**c.D型正反器 d.T型正反器**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **D** | **Q(t + 1)** |  | **T** | **Q(t + 1)** |
| **0**  **1** | **0 重定**  **1 置定** |  | **0**  **1** | **Q(t) 不變**  **Q’(t) 置定** |

**※正反器激勵表**

**表(六)：正反器激勵表**

**a.RS-FF b.JK-FF**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Q(t) (t + 1)** | **S R** |  | **Q(t) (t + 1)** | **J K** |
| **0 0**  **0 1**  **1 0**  **1 1** | **0 x**   1. **0** 2. **1**   **x 0** | **0 0**  **0 1**  **1 0**  **1 1** | 1. **x**   **1 x**  **x 1**  **x 0** |

**c.D-FF d.T-FF**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Q(t) Q(t + 1)** | **D** |  | **Q(t) Q(t + 1)** | **T** |
| **0 0**  **0 1**  **1 0**  **1 1** | **0**  **1**  **0**  **1** | **0 0**  **0 1**  **1 0**  **1 1** | **0**  **1**  **1**  **0** |

**四、電路說明**

**■循序電路[1]**

**設計循序電路的步驟：**

**1.以文字描述指定電路的行為，這可能附有狀態圖、時序圖或其他有關資訊。**

**2.根據電路已知資訊，列出狀態表。**

**3.若循序電路的特性以輸入、輸出關係表示而與狀態數目無關時，則可用狀態簡化方法減少其狀態數目。**

**4.若在步驟2.或3.中，所有狀態表含有文字符號時，則以二進位值指定各狀態。**

**5.決定所需正反器之數目，並以字母符號為每一個正反器命名。**

**6.選擇使用的正反器類型。**

**7.從狀態表，推導出電路激勵表和輸出表。**

**8.利用圖法或其他化簡方法，推導電路輸出函數與正反器輸入函數。**

**9.畫出邏輯圖。**

**五、實驗要求**

**下列共列出6題，不同的計數順序，依組別順序來設計電路。每題目依下列程序來完成實驗設計、模擬與實作。設計完成後，印出電路圖，寫上班別、組別、姓名及所需IC元件名稱與數量，然後繳交電路圖，領取IC。IC需要使用IC測試器，測量IC是否OK，組裝實驗電路，完成此項目實驗測試。**

**計數器須有自行起動(self-starting)的功能；當計數器的初態為非計數範圍內的數值時，此計數器經有限個時序脈波之後，便能回復到所設定的計數範圍內。**

**請以狀態圖，激勵表，卡諾圖，輸入方程式等方法，自行推導之，依前推導之結果，使用ORCAD軟體模擬所設計的電路。其推導之過程，需附在實驗預報中，也可以使用Maxplus2軟體模擬電路。**

**設計元件：以JK-FF 74LS76A及若干邏輯閘設計之，設計原則為最省方式。**

**表(6-1)：實驗題目─計數範圍**

| **項次** | **計數範圍** | **項次** | **計數範圍** |
| --- | --- | --- | --- |
| **1-1** | **0,1,3,5,7,9,11,13,15** | **1-2** | **0,2,4,6,8,10,12,14** |
| **2-1** | **0,1,4,5,6,7,8,9,13,14,15** | **2-2** | **0,1,2,5,6,7,8,9,10,14,15** |
| **3-1** | **0,1,3,7,8,9,10,13,14,15** | **3-2** | **0,1,2,5,6,8,9,10,12,15** |

**說明：依上述表(6-1)項次，每3組來循環設計。**

**■實驗報告內文設定**

**★各項實驗紀錄(藍色字體)、撰寫實驗波形分析與實驗數據分析(藍色字體)、撰寫實驗問題與討論(藍色字體)、撰寫實驗結論(藍色字體)、按時繳交實驗報告(遲交至少扣20分)。★非(藍色字體)扣分。**

**六、實驗設計程序**

**1.畫出計數器的狀態圖**

**2.完成計數器的激勵表**

**表(6-2)：計數器的激勵表**

| **十進位** | **狀態** | | | |  | **變 遷** | | | | **JK-FF4** | | **JK-FF3** | | **JK-FF2** | | **JK-FF1** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Q4** | **Q3** | **Q2** | **Q1** |  | **Q4`** | **Q3`** | **Q2`** | **Q1`** |
| **J4** | **K4** | **J3** | **K3** | **J2** | **K2** | **J1** | **K1** |
| **0** | **0** | **0** | **0** | **0** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **1** | **0** | **0** | **0** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2** | **0** | **0** | **1** | **0** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **3** | **0** | **0** | **1** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4** | **0** | **1** | **0** | **0** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **5** | **0** | **1** | **0** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **6** | **0** | **1** | **1** | **0** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **7** | **0** | **1** | **1** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **8** | **1** | **0** | **0** | **0** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **9** | **1** | **0** | **0** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **10** | **1** | **0** | **1** | **0** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **11** | **1** | **0** | **1** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **12** | **1** | **1** | **0** | **0** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **13** | **1** | **1** | **0** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **14** | **1** | **1** | **1** | **0** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **15** | **1** | **1** | **1** | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**3.完成卡諾圖及輸入方程式**

**表(6-3)：卡諾圖**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **a.J4輸入J4＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Q2Q1**  **Q4Q3** | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | | **b.K4輸入K4＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Q2Q1**  **Q4Q3** | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | |
| **c.J3輸入J3＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Q2Q1**  **Q4Q3** | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | | **d.K3輸入K3＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Q2Q1**  **Q4Q3** | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | |
| **e.J2輸入J2＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Q2Q1**  **Q4Q3** | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | | **f.K2輸入K2＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Q2Q1**  **Q4Q3** | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | |
| **g.J1輸入J1＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Q2Q1**  **Q4Q3** | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | | **h.K1輸入K1＝\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **Q2Q1**  **Q4Q3** | **00** | **01** | **11** | **10** | | **00** |  |  |  |  | | **01** |  |  |  |  | | **11** |  |  |  |  | | **10** |  |  |  |  | |

**七、實驗電路模擬**

**完成上述的推導過程，依所得方程式及電路圖，模擬電路，是否合乎實驗要求。需附上實驗模擬電路圖及模擬結果。**

**※模擬設定與模擬注意事項：**

**1.需要有清除(Reset)功能，非同步輸入PR接腳設定為HI。**

**2.時脈波由數位輸入訊號設定，時脈頻率設定為100Hz。**

**3.使用ORCAD軟體，完成實驗預報內容。**

**4.IC元件編號要正確，例如：使用到一顆IC 74LS76A 元件內部有2個閘數，元件編號為U1A 74LS76A及U1B 74LS76A，且IC接腳皆知顯示在電路圖上，有助於電路組裝接線工作。**

**5.數位訊號HI及LO，可使用下列電路元件。**

|  |  |
| --- | --- |
| **使用工具列－Place ground** | |
|  |  |
| **圖(6-1)：數位訊號HI** | **圖(6-2)：數位訊號LO** |

**6.模擬範例說明：**

**a.若您推導出下列的輸入方程式**

****

**b.為簡化連線及電路精簡，使用下列方式完成電路圖。**

**設定IC接腳名稱，反向端不要使用『’』(引號)或是『`』撇號，可參閱下圖所列。**

****

****

**圖(6-3)：模擬電路圖**

****

**圖(6-4)：系統清除設定(CLR)與模擬結果**

**八、實驗電路測試**

1. **使用實驗單元(四)時脈產生器電路，採用可連續脈波輸入。**
2. **選用IC元件，完成接線作業，IC的+5V及GND，不要忘記接線了。**
3. **參考實驗電路圖，應注意JK-FF中「PR」接腳是否連接到正確的電壓(+5V)。**
4. **電源供應器電壓應輸出穩定電壓值。**
5. **需有Reset清除動作，為負向脈衝訊號，此訊號由前實驗單元(四)實驗電路圖－單擊脈波產生器及防止彈跳電路，取節點[A3]，為負向脈衝訊號。**
6. **將實驗結果4位元(需注意最高位元，最低位元)輸出接至74LS47解碼與顯示電路，以顯示其計數的順序，需要是正確的跳躍值。**

**九、實驗電路檢測：實驗錯誤檢測方法，依據圖(6-3)來說明。**

**1.改用實驗單元(三)單擊脈波產生器作為輸入脈波使用。**

**2.在紙上標示JK-FF輸出狀態(現在狀態)Q4(t)、Q3(t)、Q2(t)及Q1(t)，決定JK-FF輸入狀態J4(t)、K4(t)、J3(t)、K3(t)、J2(t)、K2(t)、J1(t)及K1(t)。**

**3.依據正反器的特性表，標示出JK-FF的下一狀態Q4(t+1)、Q3(t+1)、Q2(t+1)及Q1(t+1)，然後依序完成記錄數個狀態。**

**4.測試電路：系統先行清除(Reset) ，輸入單擊脈波，觀測數位計數狀態，記錄JK-FF輸出狀態，對照出錯誤的計數狀態。**

**5.邏輯筆檢查電路：使用單擊脈波，此時輸出狀態為錯誤狀態的前一狀態，使用邏輯比檢查JK-FF輸入狀態J4(t)、K4(t)、J3(t)、K3(t)、J2(t)、K2(t)、J1(t)及K1(t)，對照出錯誤的JK-FF輸入接腳，檢查IC是否不良或接線是否錯誤，接續找出錯誤原因，完成電路檢測。**

**十、實驗問題與討論**

**1.試說明同步和非同步計數器的優缺點。**

**2.試說明計數器可應用在那些方面。**

**3.MOD-60計數器需要用到幾個flip-flop。**

**十一、撰寫實驗結論與心得**

**十二、實驗綜合評論**

**1.實驗測試說明、實驗補充資料及老師上課原理說明，是否有需要改善之處。**

**2.實驗模擬項目內容，是否有助於個人對實驗電路測試內容的了解。**

**3.實驗測量結果，是否合乎實驗目標及個人的是否清楚瞭解其電路特性。**

**4.就實驗內容的安排，是否合乎相關課程進度。**

**5.就個人實驗進度安排及最後結果，自己的評等是幾分。**

**6.在實驗項目中，最容易的項目有那些，最艱難的項目包含那些項目，並回憶一下，您在此實驗中學到了那些知識與常識。**

**十三、附上實驗進度紀錄單(照片檔)及麵包板電路組裝圖檔(照片檔)**

**十四、實驗參考資料來源**

**[1] .M.MORRIS MANO,“Digital design”,second edition,東華書局出版,第三版,P.6-38～P.6-43,1995.**

**[2].TTL IC 74LS74 Data Sheet**

**http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/SN74LS74N.pdf**

**[3].TTL IC 74LS76A Data Sheet**

**http://kurser.iha.dk/eit/eit-lab/komponenter/datasheets/74LS76.pdf**