

壹、實習目的

- 一、瞭解數位／類比轉換器之轉換觀念。
- 二、瞭解數位／類比轉換器之結構原理及分類。
- 三、瞭解類比／數位轉換器之轉換觀念。
- 四、瞭解類比／數位轉換器之結構原理及分類。
- 五、熟悉 D/A、A/D 轉換器單晶 IC 的應用電路。
- 六、熟悉類比／數位轉換器在電子儀表中的應用。

貳、相關知識

一、數位／類比轉換器之轉換觀念

在電子電路中依其信號形式而分，大致可分為兩大類：

1. 數位電路 (Digital Circuit)：電路中輸出和輸入電壓或電流為非連續性的變化，只有“0”和“1”兩種狀態者即稱為數位電路。
2. 類比電路 (Analog Circuit)：電路中電壓及電流信號均呈連續性的變化者，即稱為類比電路。

由於數位信號無法直接由傳統的電表測出數值，且亦無法直接控制類比機械之動作，因此；在這兩者之間必須使用一轉換裝置，使得能夠互相連用。數位／類比 (Digital/Analog) 轉換器即為完成此一工作而設計，簡稱 D/A 轉換器。它能將數位輸入信號轉換成類比電壓、電流信號。

二、數位／類比轉換器之結構原理及分類

D/A 轉換器之基本組成電路如圖 1-1 所示，包含有下列四個方塊：

1. n 個 bit 之數位輸入信號。
2. 數位邏輯開關。
3. 參考電壓源。
4. 電阻等分網路。

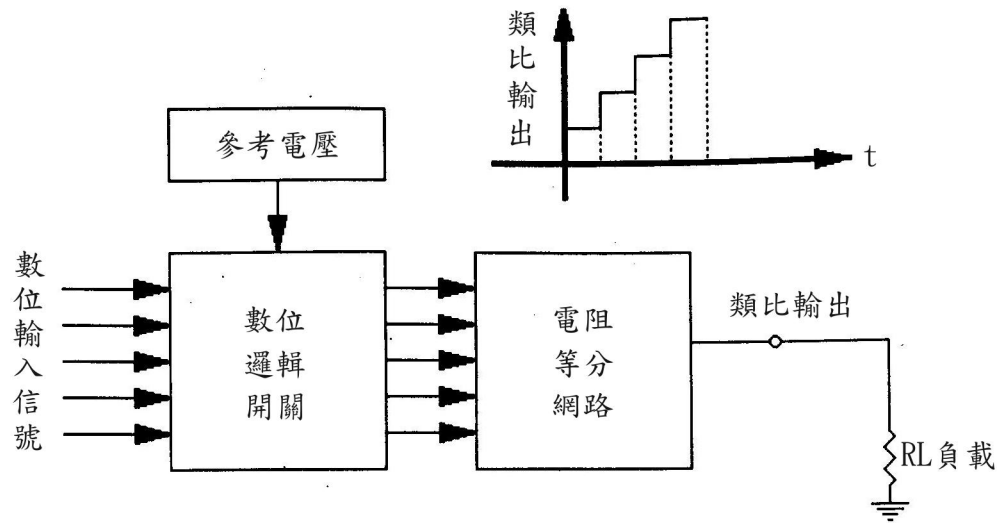


圖 1-1 D/A 基本組成電路

在 D/A 轉換器的分類之中，最主要的分野，則在其電阻等分網路，最常用的電阻網路有二，一是加權電阻網路(Weighted Resistor Network)，一為階梯 R-2R 電阻網路 (R-2R Ladder Network)。

1. 加權電阻式 D/A 轉換器

如圖 1-2 所示為二進位加權電阻 D/A 轉換器電路。

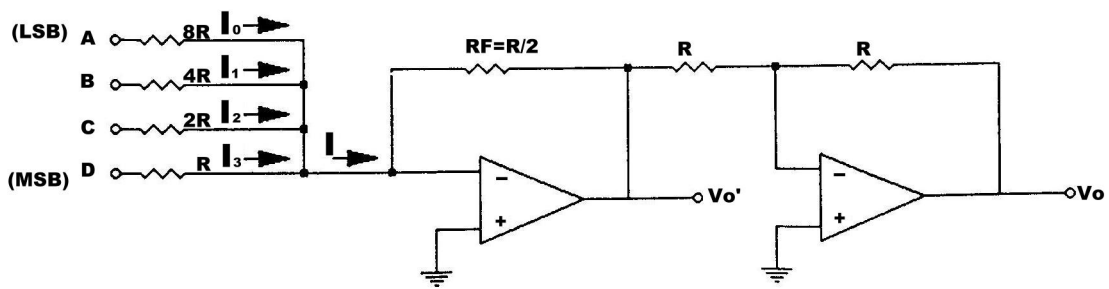


圖 1-2 二進位加權電阻 D/A 轉換器電路

令 ABCD 皆為高電位(V)，則得

$$I_0 = \frac{V}{8R}, \quad I_1 = \frac{V}{4R}, \quad I_2 = \frac{V}{2R}, \quad I_3 = \frac{V}{R}$$

$$I = I_0 + I_1 + I_2 + I_3$$

$$= \frac{V}{R} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \right) = 1.875 \frac{V}{R} \dots\dots\dots(1-1)$$

當 ABCD 四數之變化為二進制，所以電流 I 之值變化共有 16 種組合(1-1)式改為通式則得：

$$I = \frac{V}{R} (D + 2^{-1}C + 2^{-2}B + 2^{-3}A) \dots\dots\dots(1-2)$$

當 ABCD 皆為 1 時，(1-2)式就等於是(1-1)式子。緊接著求 V_o ，首先求出 V_o' 為：

$$\begin{aligned} V_o' &= I \cdot R_F = -I \cdot \frac{R}{2} \\ &= -\frac{V}{R} (D + 2^{-1}C + 2^{-2}B + 2^{-3}A) \cdot \frac{R}{2} \\ &= -\frac{V}{2} (D + 2^{-1}C + 2^{-2}B + 2^{-3}A) \end{aligned}$$

再求 V_o ，則 V_o 為：

$$V_o = -V_o' = \frac{V}{2} (D + 2^{-1}C + 2^{-2}B + 2^{-3}A)$$

當 ABCD 皆為 0 時； $V_o=0$ 。

當 ABCD 皆為 1 時； $V_o = \frac{1.875}{2} \cdot V$ 。

若令 $V=10V$ 時， V_o 之變化範圍亦在 0~9.375 V 之間。如表 1-1 所示即為數位輸入及類比輸出間的關係。

表 1-1 加權電阻 D/A 轉換器

數位輸入				類比輸出		與最大值 之比例
D	C	B	A	I(mA)	Vo(V)	
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0.125	0.625	1/15
0	0	1	0	0.25	1.250	2/15
0	0	1	1	0.375	1.875	3/15
0	1	0	0	0.5	2.500	4/15
0	1	0	1	0.625	3.125	5/15
0	1	1	0	0.75	3.770	6/15
0	1	1	1	0.875	4.375	7/15
1	0	0	0	1	5.000	8/15
1	0	0	1	1.125	5.625	9/15
1	0	1	0	1.25	6.250	10/15
1	0	1	1	1.375	6.875	11/15
1	1	0	0	1.5	7.500	12/15
1	1	0	1	1.625	8.125	13/15
1	1	1	0	1.75	8.750	14/15
1	1	1	1	1.875	9.375	15/15

在 D/A 轉換器中尚有一名詞需要定義即解析度，所謂解析度即為每一階電壓值，可以百分比表示之，如表中之例，其解析度為 0.625V，或以百分比表之為每一階電壓值除以最高輸出電壓即

$$\frac{0.625}{9.375} \times 100\% = 6.67\%$$

2. 階梯電阻 R-2R 之 D/A 轉換器

如圖 1-3 所示即為一 R-2R D/A 轉換器。利用重疊定理求 Vo。

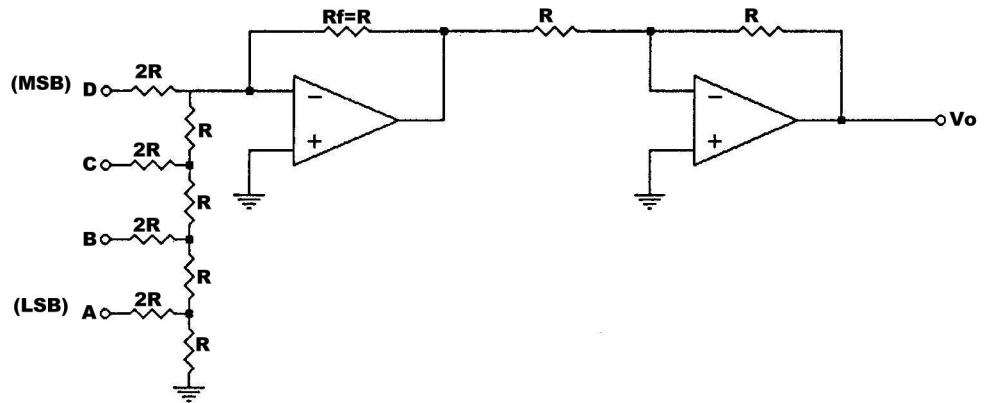


圖 1-3 R-2R D/A 轉換器

- (1) 當 $D=V, A=B=C=0$ 時, $V_o=1/2 V$
- (2) 當 $C=V, A=B=D=0$ 時, $V_o=1/4 V$
- (3) 當 $B=V, A=C=D=0$ 時, $V_o=1/8 V$
- (4) 當 $A=V, B=C=D=0$ 時, $V_o=1/16V$

整理上面四個式子則可得其通式為：

$$V_o = V \left(\frac{D}{2} + \frac{C}{4} + \frac{B}{8} + \frac{A}{16} \right)$$

當 ABCD 皆為 0 時, $V_o=0$ 。

當 ABCD 皆為 1 時, $V_o=1.875 V$ 。

若令 $V=5V$ 時, V_o 之變化範圍亦在 $0\sim 9.375 V$ 。

三、類比／數位轉換器之轉換觀念

在空間中，我們一般所量度的物理量絕大多數都是類比信號，所以一般皆以指針式類比儀表來測量，然而如何將量度所得的物理量轉換成數位形式，再以數字式的方法顯示出來，這是數位儀表的構造中最主要的部分，這也是我們這一節所要談的重點，而此類的裝置，就叫做類比／數位轉換器，或簡稱為 A/D 轉換器。

四、類比／數位轉換器之結構原理及分類

A/D 轉換器之形式種類很多，結構上的差異，或準確度上