



<以Arduino單晶片實現的改良式數位濾波器>

指導老師：柯賢儒老師

組員：林哲宇、林承翰、蔡詠鈞

研究背景及動機：

現有教科書上的典型式濾波器在實際應用時常面臨發散或失真的問題。特別是在8位元硬體平台上進行濾波器設計時，更因運算精度和資源限制的技術瓶頸，導致濾波效果不盡理想。有鑑於此，本研究提出透過多個二階濾波器串接的方式來建構八階低通濾波架構，以期在Arduino等低階硬體平台上實現準確且穩定的濾波功能。

本研究專注於平行型無限脈衝響應（IIR）濾波器的設計，利用其分支獨立運算的特性，相較於串聯形式展現出更佳的計算效率和數值穩定性，並有效降低記憶體與運算負載，克服累積誤差及運算延遲問題。該設計在資源受限的環境中具有顯著優勢，為訊號處理與人工智慧應用奠定基礎，並大幅提升Arduino在數位訊號處理領域的應用價值。

研究方法

套用程式碼並且修改成我們所需的參數。運行之後得到A0、B0、C0、d0四個參數後經過T轉換得到Asn、Bsn、Csn、Dsn如下：

$$A0 = \begin{bmatrix} 0.4861 & -3.8146 & 1.3673 & -5.3861 & 1.2787 & -3.3367 & 0.3976 & -0.7650 \\ 1.0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.0000 & 0 \end{bmatrix} \quad B0 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$A_{sn} = \begin{bmatrix} 0.1157 & 0.9830 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.9830 & 0.1157 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0084 & 0.9897 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.9897 & 0.0084 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1026 & 0.9395 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.9395 & 0.1026 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0163 & 0.9446 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.9446 & 0.0163 \end{bmatrix} \quad B_{sn} = \begin{bmatrix} -0.0150 \\ -0.1484 \\ -0.4020 \\ -0.1441 \\ 0.2741 \\ 0.2042 \\ 0.1861 \\ -0.2879 \end{bmatrix}$$

$$C0 = [-0.0147 \ 0.2384 \ -0.1285 \ 0.6870 \ -0.2050 \ 0.6514 \ -0.0911 \ 0.2030] \quad D0 = 0.8641 \quad C_{sn} = [-0.0265 \ 0.1468 \ -0.0937 \ -0.1167 \ 0.1743 \ -0.2940 \ -0.2904 \ -0.1821] \quad D_{sn} = 0.8641$$

再轉換為本次濾波所需之分母、分子係數(a0,b0)並套入Arduino中並設計緩衝區存放。

後根據(11)將數據帶入變為以下四個式子並相加：

$$H_1(z) = \frac{0.2160 - 0.0714z^{-1} + 0.2201z^{-2}}{1.0000 - 0.2315z^{-1} + 0.9796z^{-2}}; \quad H_2(z) = \frac{0.2160 + 0.0169z^{-1} + 0.2201z^{-2}}{1.0000 - 0.0169z^{-1} + 0.9795z^{-2}}$$

$$H_3(z) = \frac{0.2160 - 0.0566z^{-1} + 0.3034z^{-2}}{1.0000 - 0.2052z^{-1} + 0.8932z^{-2}}; \quad H_4(z) = \frac{0.2160 - 0.0086z^{-1} + 0.3030z^{-2}}{1.0000 - 0.0325z^{-1} + 0.8926z^{-2}}$$

接著我們設計一個二階IIR濾波器，依次使用設定好的分子分母係數進行計算，將結果整合起來完成一個八階的濾波器計算。最後在loop()函式中接收MATLAB給予的數據，進行並聯相加算法進行濾波，之後將其計算後的數據回傳至MATLAB上進行繪圖。

研究結果

