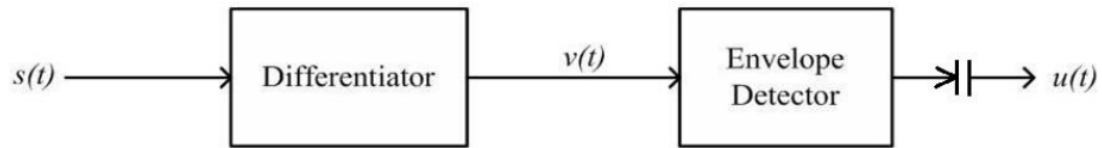


頻率解調(FM)之 MATLAB 專題實作(微分法) 結報

通訊三 407430025 蘇沛錦

FM的解調可利用微分器後接一包跡檢測器。



原始FM訊號

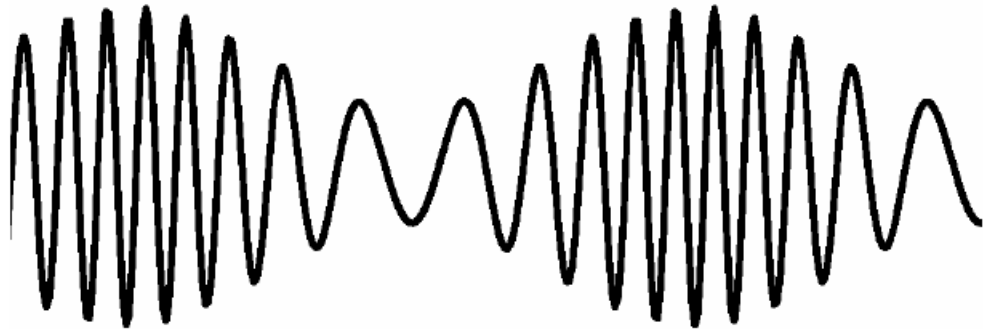
$$s(t) = A \cos \left(2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_0^t m(t) dt \right)$$

將 FM 訊號微分

$$v(t) = -A [2\pi f_c + 2\pi k_f m(t)] \sin \left[2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_0^t m(t) dt \right]$$

訊號 $v(t)$ 有以下的特性:

- $v(t)$ 的包跡為，闡明於下面圖形中的正弦信息訊號。



通過差分器後的FM訊號

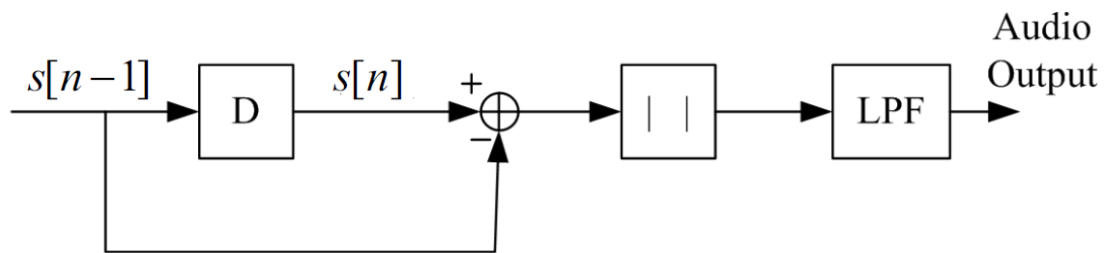
- $v(t)$ 其載波部分的頻率仍然根據 $m(t)$ 來調制。
- 包跡檢波器的輸出和 $v(t)$ 的載波瞬間頻率沒有關聯，只和訊號 $v(t)$ 的包跡有關。
- 因此，包跡檢波器的輸出包含一個與載波頻率成比例的直流項，和與原始信息訊號成比例的時變項。
- 使用電容來獲得所要的解調訊號，可以濾出直流項。

MATLAB只能處理離散的訊號，因此我們可以做一個數位的微分器：

數位微分器-前後兩個訊號相減

$$v[n] = s[n] - s[n - 1]$$

因此頻率解調的部份，如下圖所示。



而 $v[n]$ 猶如一 AM 的調幅訊號，因此我們在其後，再通過一個包跡檢波器，即可將原始訊號還原。

此類型的調頻解調器通常稱之為斜率檢測器，也就是先將調頻訊號轉成調幅訊號，再以包跡檢波器對此 AM 解調，最後隔絕直流取出基頻訊號 $m[n]$ 。

在非同步解調中，經由斜率檢測器，我們可將調頻訊號還原。此外，進一步我們也可以使用平衡式鑑頻器的調頻解調器。

實驗結果

1. 載入FM訊號
2. 設定
 - A. 低通路波器長度(這裡設定300)
 - B. 低通濾波器截止頻率(設定5k)
 - C. 訊號取樣頻率(64k)
3. 建立低通濾波器
4. 設定微分器脈波響應 hint: $B=[1,-1];$
5. 進行微分 hint: FM訊號與B做convolution
6. 全波整流 hint: $\text{abs}(y);$
7. 經過低通濾波器
8. 將聲音播放出來

以下是解調過程的MATLAB程式:

```
%%%畫出波形
load rxFM; %載入FM訊號
figure(1);
clf;
offset = 100000;
subplot(2,1,1);
plot(z(offset+1:offset+100)); %畫出訊息訊號
xlabel('Samples');
ylabel('Amplitude');

subplot(2,1,2);
plot(rxFM(offset+1:offset+100)); %畫出FM訊號
xlabel('Samples');
ylabel('Amplitude');

%設定
%A.低通濾波器長度(這裡設定300)
%B.低通濾波器截止頻率(設定5k)
%C.訊號取樣頻率(64k)
for i = 1:300
    a(i) = sinc(5e3 * (i-300/2)/64e3);
end

%設定微分器脈波響應
B = [1,-1];

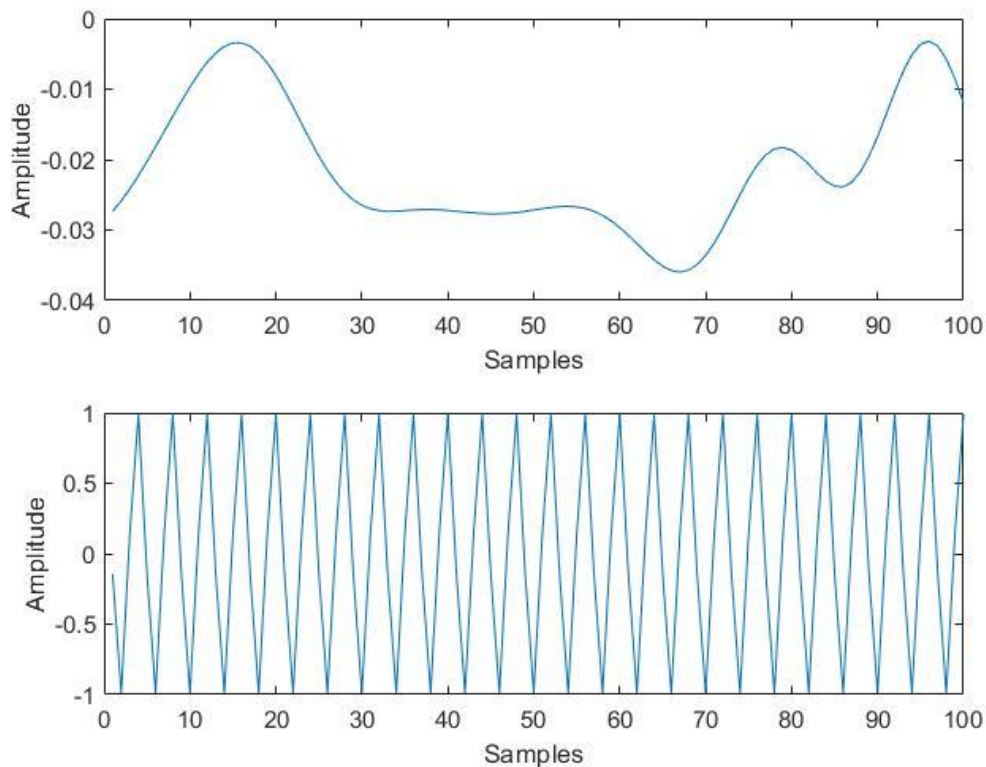
%進行微分
y = conv(rxFM,B);

%全波整流
x = abs(y);

%經過低通濾波器
result = conv(x,a);

%將聲音播放出來
```

```
soundsc(result,64000);
```



圖一、調變前原始訊息訊號與調變後 FM 訊號之波形

實驗心得

本次實驗為透過 MATLAB 數學軟體，進程式碼編寫，以模擬出 FM 調變及解調的過程。藉由頻率調變之解調機設計，我們可對原始樣本音訊進行取樣、調變，並利用接收機來對接收到的訊號做 FM 解調，以得到原始的訊息訊號。一開始我們要先調變出 FM 之訊號，不過要先對樣本音訊進行取樣的工作。藉由先將連續訊息訊號取樣，然後透過累加器對訊息 $m(t)$ 做積分之動作，最後進行 FM 調變得到離散調變訊號 $s[n]$ 。透過 MATLAB 的繪圖函式 `plot()`，我們可畫出原始的訊息訊號與調變後之 FM 訊號。首先自己嘗試使用簡報上面附的 FM 調變之程式碼，對樣本音訊訊號進行取樣、調變。然而在最後程式碼執行時，總會跑出讀取 wav 聲音檔案之函式：「`wavread()`」未定義之錯誤訊息，透過詢問助教們和他們的協助之下，改使用另一個讀取音訊檔案之函式：「`audioread()`」，便可完成樣本音訊讀取及進行 FM 調變之工作。而助教在過程中，也十分熱心教導自己如何查詢 MATLAB 內建函式的功能及定義，真的非常有幫助，十分感謝助教的協助！

接下來工作一為利用「微分法」對接收訊號進行 FM 解調，由於 MATLAB 只能處理離散的訊號，因此我們需做出一個數位的微分器，我們透過前後兩個訊

號相減，進而得到訊號 $v[n]$ 。此訊號猶如一 AM 訊號，藉由在其後接一個包跡檢波器，即可將原始訊號還原。而這類型的調頻解調器通常也稱為「斜率檢測器」，也就是先將調頻訊號轉為調幅訊號，再以包跡檢波器進行 AM 解調，最後再使用電容隔絕直流訊號取出我們所要之基頻訊號 $m[n]$ 。透過完成微分法解調器的程式碼編寫，我們以耳機聆聽解調後的音訊訊號，與原始的音訊訊號相比，發現解調出來的聲音有明顯失真之狀況。由此可知，「微分法」的解調方式存在著一些缺陷，因此我們將在工作二探討另一種類型的同步解調器。