

## 實習五 超外差式接收機之模擬與分析

余兆棠  
南台科技大學電子系

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 目的

- 透過本實習我們將了解超外差AM接收機的架構，類比AM廣播收音機即採用此架構。
- 分別以數學分析以及頻譜分析說明超外差式AM接收機之原理。
- 探討並了解超外差式AM接收機架構之假像頻率干擾問題。

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 大綱

- 超外差AM無線廣播接收機系統分析
  - 超外差調幅(AM)無線廣播接收機架構
  - 超外差調幅(AM)無線廣播接收機原理說明
  - 圖解超外差式AM接收機系統
  - 波封檢波器解調
  - 像頻干擾
- Matlab/Simulink 模擬
  - 超外差AM無線廣播接收機模擬與分析
  - 假像頻率之模擬與分析
  - 假像頻率解決方案之模擬與分析

---

---

---

---

---

---

---

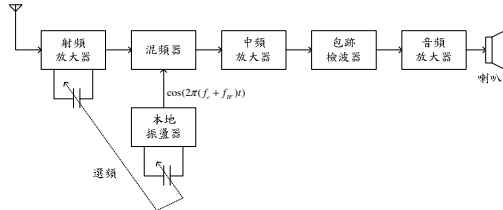
---

---

---

### 超外差調幅(AM)無線廣播接收機架構

- 超外差調幅(AM)無線廣播接收機由射頻(radio frequency, RF)放大器，混頻器(mixer)，本地振盪器(local oscillator, LO)，中頻(intermediate frequency, IF)放大器，包跡檢測器，訊息(音頻)放大器，和揚聲器(喇叭)所構成。



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 超外差調幅(AM)無線廣播接收機原理說明

- 從天線接收的訊號經射頻放大器放大，射頻意指高頻，通常是指載波頻率。
- 兩個可變電容分別被使用來調諧射頻放大器和本地振盪器的頻率，以達到選擇想要接收到射頻訊號之目的(每個電台發射訊號之載波頻率不同)。
- 本地振盪器的頻率為  $f_{LO} = f_c + f_{IF}$ ，其中  $f_c$  為想要接收的AM無線訊號之載波頻率。
- 本地振盪器的調諧範圍是952~2055 kHz。
- 混頻器輸出頻率為其兩個輸入訊號頻率相加與相減之訊號。(混頻器之數學模型相當於乘法器)，其中差值頻率稱為中頻，一般超外差調幅(AM)無線廣播接收機之中頻  $f_{IF} = 455$  kHz。

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 超外差調幅(AM)無線廣播接收機原理說明(續)

- 從天線接收的訊號經放大及混頻處理後，訊號會被轉換至中頻(接續中頻處理器處理)與其他頻帶(被中頻處理器濾除)。這個頻率轉換的優點在於，任何載波頻率的無線電台訊號，皆可使用單一的調諧中頻放大器。
- 中頻放大器的頻寬被設計成10 kHz，例如，通過頻帶為450 kHz到460 kHz的帶通濾波器。
- 中頻放大(IF Amplifier)具濾波功能，具有較窄的頻寬，以確保能隔絕頻寬以外不需要的訊號，因中頻放大器頻寬窄，極容易設計高增益的放大電路，故提供了超外差接收機此接收機大部份的增益，而且關係著接收機的選擇性。

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 超外差調幅(AM)無線廣播接收機原理說明(續)

- 令接收訊號為  $r(t) = A_c[1+k_a m(t)]\cos(2\pi f_c t)$ 。
- 將接收訊號通過混頻器，其輸出訊號表示式為

$$\begin{aligned} y(t) &= r(t)\cos(2\pi(f_c + f_{IF})t) \\ &= A_c[1+k_a m(t)]\cos(2\pi f_c t)\cos(2\pi(f_c + f_{IF})t) \\ &= \frac{A_c[1+k_a m(t)]}{2}\cos(2\pi f_{IF}t) + \frac{A_c[1+k_a m(t)]}{2}\cos(2\pi(2f_c + f_{IF})t) \end{aligned}$$

- 上述訊號有兩個訊號分量，一個分量的頻譜中心點落於頻率  $f_{IF}$ ，另一個分量的頻譜中心點則落在頻率  $2f_c + f_{IF}$ 。
- 中頻放大器的輸出是一個調幅訊號，其載波頻率為  $f_{IF}$ 。

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 超外差調幅(AM)無線廣播接收機原理說明(續)

- 載波頻率為  $f_{IF}$  的調幅訊號通過包跡檢測器，解調得到所選擇到要的電台訊息訊號  $m(t)$ 。
- 最後，包跡檢測器的輸出被放大，透過揚聲器播放。

---

---

---

---

---

---

---

---

---

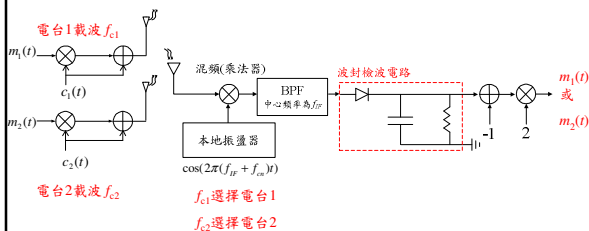
---

---

---

### 圖解超外差式AM接收機系統

- 兩個傳送端發射Full AM訊號，一超外差式AM接收機(省略放大電路)接收兩個AM訊號之混合訊號。
- 兩個傳送端之基頻訊號為  $m_1(t)$  與  $m_2(t)$ 。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 圖解超外差式AM接收機系統(頻譜分析)

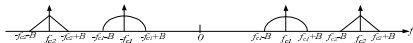
- 先假設 $m_1(t)$ 以及 $m_2(t)$ 之頻譜  $M_1(f)$  與  $M_2(f)$  為



- 兩訊號分別以載波  $c_1(t) = A_{c1} \cos(2\pi f_{c1}t)$  與  $c_2(t) = A_{c2} \cos(2\pi f_{c2}t)$  調變成 Full AM 訊號。(假設  $f_{c2} > f_{c1}$ )



- 兩 Full AM 訊號由天線傳送，混合在一起由接收機天線接收，接收訊號之頻譜分別位於不同頻段(即實習二所述之分類多工)。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

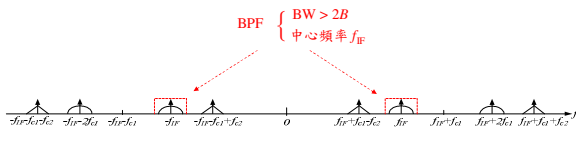
---

---

---

### 圖解超外差式AM接收機系統(頻譜分析)(續)

- 假設在接收端選電台 1，接收訊號經本地震盪器頻率  $f_{LO} = f_{c1} + f_{IF}$  之弦波混頻處理後之頻譜如下圖所示，其中頻段(以  $f_{IF}$  為中心)則為我們所要的訊號頻譜，以一帶通濾波器取出。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

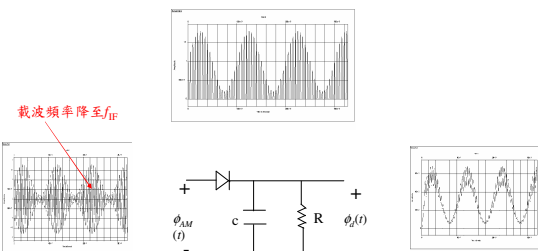
---

---

---

### 波封檢波器解調

- 帶通濾波器輸出訊號形式還是維持 Full AM 調變訊號，只是載波頻率已降至  $f_{IF}$ ，因此我們可以使用波封檢波器將訊號解調。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 像頻干擾

- 假設接收端的本地振盪器頻率為  $f_c + f_{IF}$ ，而接收端欲接收的頻率為  $f_c$ ，若此時有一訊號頻率為  $f_c + 2f_{IF}$ ，則會發生什麼情形呢？
- 接收到上述兩個混合訊號經過本地振盪器頻率  $f_c + f_{IF}$  降頻後，會將  $f_c$  和  $f_c + 2f_{IF}$  都降頻至  $f_{IF}$  上，但是頻率  $f_c + 2f_{IF}$  並不是我們所要的訊號。
- 載波頻率為  $f_c + 2f_{IF}$  之訊號稱為**假像頻率**或**像頻(image frequency)**干擾訊號。

---

---

---

---

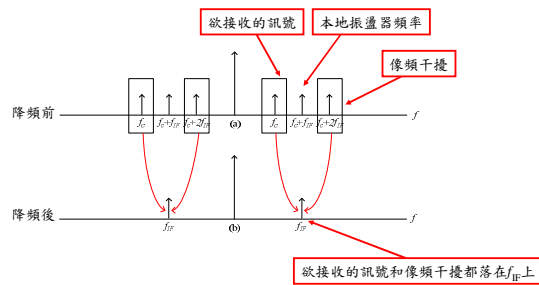
---

---

---

---

## 圖解像頻干擾



---

---

---

---

---

---

---

---

## 像頻干擾解決方式

- 如何避免上述的現象產生呢？
- 我們可以在接收端前端加上RF訊號濾波器，先將不需要的訊號(上述的頻率  $f_c + 2f_{IF}$ )濾去，這樣就可以避免像頻干擾的發生。

---

---

---

---

---

---

---

---

## 大綱

- 超外差式AM接收機系統分析
  - 原理簡介
  - 超外差式AM接收機之方塊圖
  - 超外差式AM接收機之模擬等效圖
  - 頻譜分析
  - 數學分析
  - 假像頻率
- Matlab/Simulink 模擬
  - 超外差式AM接收機系統之模擬與分析
  - 假像頻率之模擬與分析
  - 假像頻率解決方案之模擬與分析

---

---

---

---

---

---

---

---

---

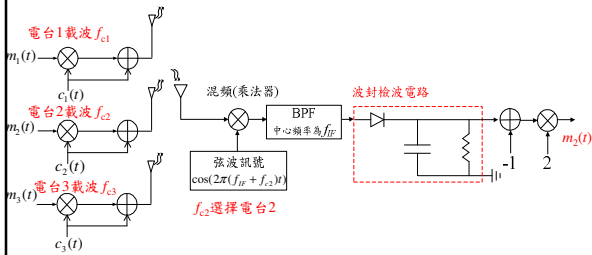
---

---

---

## 超外差AM接收機系統架構

- 本實習模擬三個電台分別傳送Full AM訊號。
- 接收機採用前述之超外差AM接收機系統架構(省略一些放大電路)，如下圖所示。
- 在此，接收機模擬選擇電台2。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 訊號參數設計

- 為方便觀察，以下訊號參數並一定符合AM廣播之規範。

- 電台訊息(基頻)訊號參數

$$m_1(t) = A_{m1} \cos(2\pi f_{m1} t) ; A_{m1} = 1(\text{v}), f_{m1} = 3000(\text{Hz})$$

$$m_2(t) = A_{m2} \cos(2\pi f_{m2} t) ; A_{m2} = 1(\text{v}), f_{m2} = 5000(\text{Hz})$$

$$m_3(t) = A_{m3} \cos(2\pi f_{m3} t) ; A_{m3} = 1(\text{v}), f_{m3} = 7000(\text{Hz})$$

- 載波訊號參數為

$$c_1(t) = A_{c1} \cos(2\pi f_{c1} t) ; A_{c1} = 1(\text{v}), f_{c1} = 30000(\text{Hz})$$

$$c_2(t) = A_{c2} \cos(2\pi f_{c2} t) ; A_{c2} = 1(\text{v}), f_{c2} = 60000(\text{Hz})$$

$$c_3(t) = A_{c3} \cos(2\pi f_{c3} t) ; A_{c3} = 1(\text{v}), f_{c3} = 90000(\text{Hz})$$

- 本地震盪器頻率為(假設接收機選擇電台2)

$$f_{LO} = f_{IF} + f_{c2} = 560(\text{kHz}) ; f_{IF} = 500(\text{kHz})$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

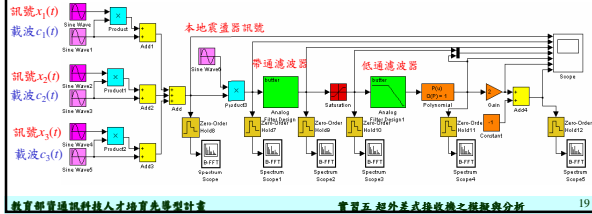
---

## 超外差式AM接收機系統

● 現在我們以Matlab/Simulink內建模組建立數學分析模型：

### Step 1: 建立模擬系統

- ① 開啟Matlab/Simulink Browser -
- ② 開新檔案。
- ③ 依數學分析模型連結成模擬系統，如圖所示。




---

---

---

---

---

---

---

---

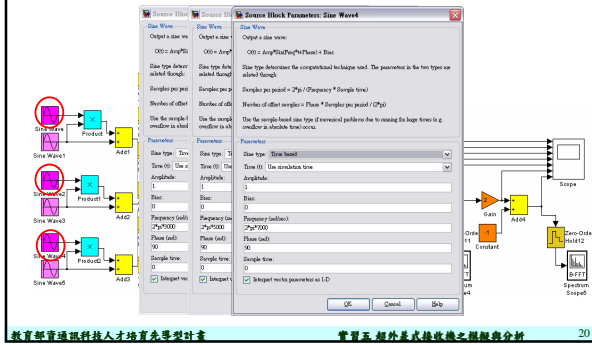
---

---

## 基頻訊號參數設定

### Step 2: 設定參數

- ① 設定訊息(基頻)訊號參數。




---

---

---

---

---

---

---

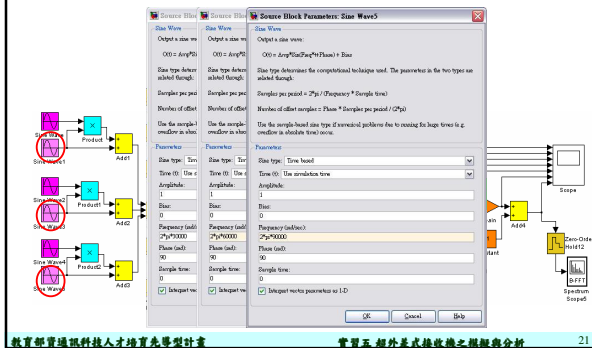
---

---

---

## 載波訊號參數設定

- ② 設定載波訊號參數。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 乘法器設定

③ 乘法器設定，Number of inputs設定為2，表示為兩個乘法輸入。

Function Block Parameters: Product

Product

Multiply or divide inputs. Choose element-wise or matrix product and specify one of the following:

a) \* or / for each input port (e.g., \*\*/)

b) scales specifies the number of input ports to be multiplied

Scales value of 1 for element-wise product covers all elements of a single input vector to be multiplied.

If / is specified with matrix product, compute the inverse of the corresponding input.

Main | Signal data types

Number of inputs: 2

Multiplication: Element-wise (\*)

Sample time (-1 for inherited): -1

OK Cancel Help Apply

教育訓練通訊科技人才培育先導型計畫 實習五 超外差式接收機之模擬與分析 22

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 加法器設定

④ 加法器設定，List of signs設定為++，表示兩個加法輸入。

Function Block Parameters: Add1

Sum

Add or subtract inputs. Specify one of the following:

a) string containing + or - for each input port, 1 for spaces between ports (e.g., ++++)

b) scales = 1. A value > 1 sums all inputs; 1 sums elements of a single input vector

Main | Signal data types

Icon shape: rectangular

List of signs: ++

Sample time (-1 for inherited): -1

OK Cancel Help Apply

教育訓練通訊科技人才培育先導型計畫 實習五 超外差式接收機之模擬與分析 23

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 加法器設定(續)

⑤ 加法器設定，List of signs設定为+++，表示三個加法輸入。

Function Block Parameters: Add

Sum

Add or subtract inputs. Specify one of the following:

a) string containing + or - for each input port, 1 for spaces between ports (e.g., ++++)

b) scales = 1. A value > 1 sums all inputs; 1 sums elements of a single input vector

Main | Signal data types

Icon shape: rectangular

List of signs: +++

Sample time (-1 for inherited): -1

OK Cancel Help Apply

教育訓練通訊科技人才培育先導型計畫 實習五 超外差式接收機之模擬與分析 24

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## 本地震盪器設定

- ⑥ 本地震盪器設定，中頻訊號 $f_{IF}$ 常見為455 kHz，為了方便模擬分析，本實習採用500 kHz，欲選擇 $m_1(t)$ 之頻道，故 $f_{LO} = f_{IF} + f_{c,2} = 500 + 60 = 560$  (kHz)。

Source Block Parameters: Sine Wave

Enter the parameters for continuous-time signals in this parameter set for an analog sample.

Sample per period =  $f_{s0} / \text{Frequency} * \text{Sample time}$

Number of other samples =  $\text{Phase} * \text{Sample per period} / (2\pi)$

Use the sample-based time type if external patterns are to be used for logic to control a clock-like time base.

Parameters:

Size type: Time based

Time (s): The simulation time

Amplitude: 1

Phase: 0

Phase type: Radians (default)

Phase offset:  $2\pi * 560 / 1000$

Phase scale: 0

Sample time: 0

Display verify parameters as I/O

OK Cancel Help

教育經營資訊科技人才培育先導型計畫 實習五 超外差式接收機之模擬與分析 25

## Zero-Order Hold之取樣時間設定

- ⑦ 頻譜分析器之取樣時間設定，取樣時間設定為1/300000。

Function Block Parameters: Zero-Order Hold

Zero-Order Hold

Discrete hold

Parameters:

Sample time (s for calculated): 1/300000

OK Cancel Help Apply

教育經營資訊科技人才培育先導型計畫 實習五 超外差式接收機之模擬與分析 26

## Spectrum Scope參數設定

- ⑧ 頻域訊號的頻譜分析器設定，Buffer size設定為2048，Buffer overlap設定為2000，FFT length設定為2048，其它可使用預設值。

Sink Block Parameters: Spectrum Scope

Spectrum Scope

Compute and display the pseudogram of each input signal. Non-frame based inputs to the block should use the buffering option.

Scope Properties | Display Properties | Axis Properties | Line Properties

Parameters:

Enable input

Buffer size: 2048

Buffer overlap: 2000

Window type: Hanning

Window sampling: Disabled

Specify FFT length

FFT length: 2048

Number of spectral averages: 2

OK Cancel Help Apply

教育經營資訊科技人才培育先導型計畫 實習五 超外差式接收機之模擬與分析 27

## 帶通濾波器設定

- ① 帶通濾波器設定，選用 Butterworth 濾波器設計，通帶可設定為中頻  $f_{IF}$  上下 10 kHz 範圍內，即 Lower passband edge frequency 設定為  $2\pi * 490000$ ，Upper passband edge frequency 設定為  $2\pi * 510000$ 。

## 二極體模擬元件參數設定

- ① 二極體設定，Upper limit 設定為 100 (只要大於訊號操作電壓即可)，為了使負電壓截止，Lower limit 設定為 0。

## 低通濾波器設定

- ① 低通濾波器設定，Passband edge frequency 設定為  $2\pi * 10000$ 。

## Polynomial 多項式設定

- ② 多項式(Polynomial)設定，項目分別以逗點隔開，由最右項為最低幕次，以此往左邊類推，即降幕排列  $0x^n + \dots + 3.2x^1 + 0x^0$ ，目的為補強濾波器增益，類似等化器效果。

Function Block Parameters: Polynomial

Polynomial (coeff) (in)

Polynomial evaluation. Calculates P(x) given by the polynomial coefficient array P. P is sorted highest order to lowest order, the form accepted by MATLAB's polyval function.

Parameters

Polynomial coefficients:

[3.2, 0]

OK Cancel Help Apply

教育經營通訊科技人才培育先導型計畫 實習五 超外差式接收機之模擬與分析 31

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

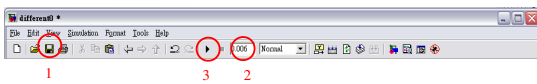
---

---

## 模擬環境設定、存檔與執行模擬

### Step 3: 模擬環境設定、存檔與執行模擬

- ① 執行時間設定為0.006秒，此處的時間為模擬的停止時間。
- ② 可以先存檔再執行模擬。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

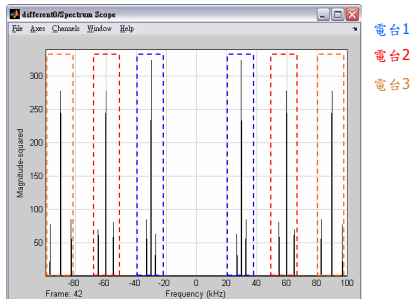
---

---

## 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析

### Step 4: 模擬結果分析

- ① 在頻域觀察接收機接收訊號(通道內訊號，假設無其他射頻訊號源)：




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

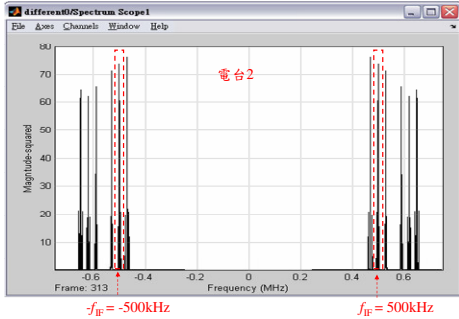
---

---

## 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析(續)

- 接收到訊號經本地震盪器混波後之頻譜。

$$f_{LO} = f_{IF} + f_{c2} = 500 \text{ kHz} + 60 \text{ kHz} = 560 \text{ kHz}$$




---

---

---

---

---

---

---

---

---

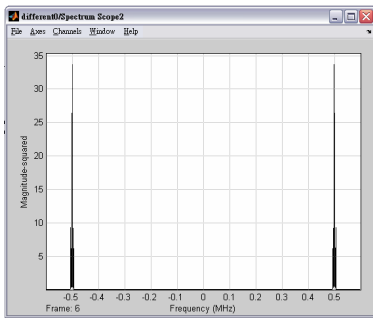
---

---

---

## 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析(續)

- 使用帶通濾波器將中頻  $f_{IF} = 500 \text{ kHz}$  正負各10 kHz以外的訊號濾除。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

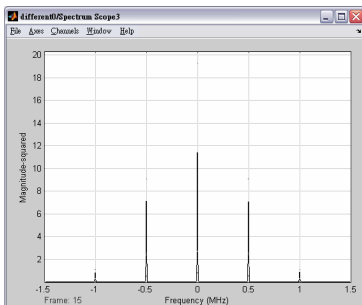
---

---

---

## 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析(續)

- 經二極體整流後訊號之頻譜。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

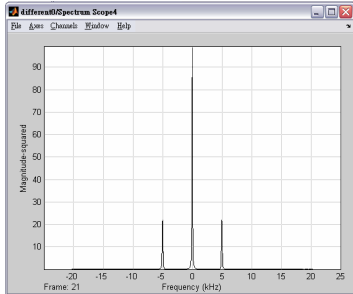
---

---

---

## 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析(續)

- 使用低通濾波器得到10 kHz以內之訊號，即電台2之基頻訊號(5 kHz)。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

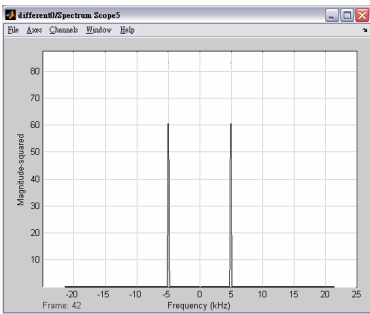
---

---

---

## 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析(續)

- 將通過低通濾波器後之訊號減1(dc term)以達成解調(時域上可明顯觀察出)。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

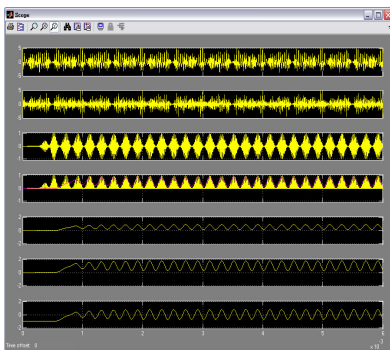
---

---

---

## 超外差式AM接收機系統時域模擬分析

- ② 在時域觀察接收機訊號：




---

---

---

---

---

---

---

---

---

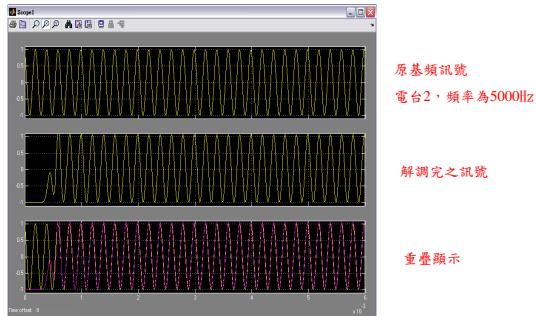
---

---

---

## 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析(續)

▶ 電台2之基頻訊號與解調訊號：



原基頻訊號

電台2，頻率為5000Hz

解調完之訊號

重疊顯示

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 超外差式AM接收機系統

● 在此，可模擬選台，修改「Step 2：設定參數」之本地震盪器頻率改為530000Hz，即可選擇  $m_1(t)$  之訊號，即電台一。

---

---

---

---

---

---

---

---

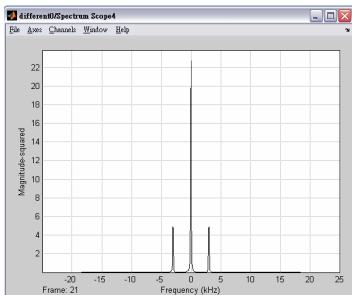
---

---

## 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析(續)

① 在頻域觀察接收機訊號：

- 使用低通濾波器得到10kHz以內之訊號。




---

---

---

---

---

---

---

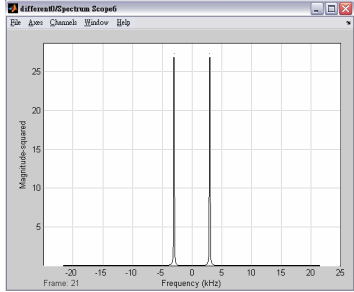
---

---

---

### 超外差式AM接收機系統頻域模擬分析(續)

- 將通過低通濾波器後之訊號減1(dc term)以達成解調(時域上可明顯觀察出)。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

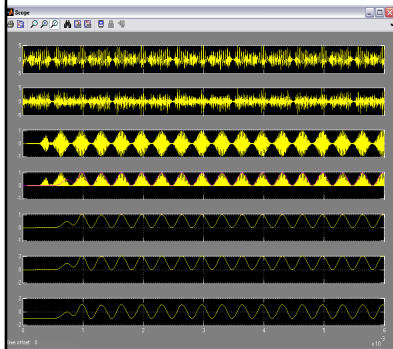
---

---

---

### 超外差式AM接收機系統時域模擬分析

- 在時域觀察接收機訊號：



- 通道內的訊號
- 與本地震盪器混波後的訊號
- 通過帶通濾波器後的訊號
- 經二極體濾除負電壓
- 通過低通濾波器(模擬RC電路)
- 訊號乘以兩倍(因混波過程振幅降低一半)
- 訊號減1(dc term)以達成解調

---

---

---

---

---

---

---

---

---

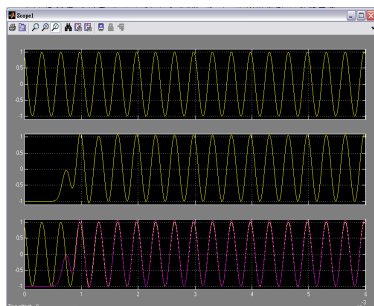
---

---

---

### 超外差式AM接收機系統時域模擬分析(續)

- 電台1之基頻訊號與模擬結果：



- 原基頻訊號
- 電台1，頻率為3000 Hz
- 解調完之訊號
- 重疊顯示

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 假像頻率模擬

- 使用前述相同的架構，在此若要干擾電台1，電台3載波頻率改為  $f_{c3} = f_{c1} + 2f_{IF} = 30000 + 1000000 = 1030000(\text{Hz})$ ，當做假頻干擾來源。

Source Block Parameters: Sine Wave5

Output a sine wave:

$Out = Amp * \sin(2\pi * f * Phase) + Bias$

Use Type determines the computational technique used. The parameters in the two types are related through:

Sampler per period =  $2\pi * f / (Frequency * Sample\ time)$

Number of offset samples =  $Phase * Sampler\ per\ period / (2\pi)$

Use the sample-based sine type if accuracy problems due to missing large times (e.g. 1000000 in window time) occur.

Parameters:

Wave type: Time based

Time (s): The simulation time

Amplitude:

0

Bias:

0

Frequency (rad/sec):  $2\pi * 1030000$

Phase (rad): 0

Sample time: 2

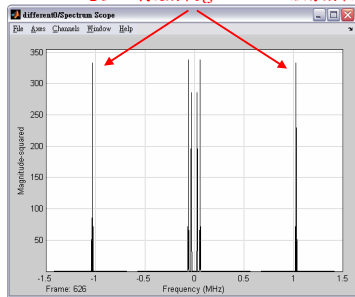
Inject vector parameters as I/O

教育暨資訊科技人才培育先導計劃 實習五 超外差式接收機之模擬與分析 46

### 假像頻率頻域分析

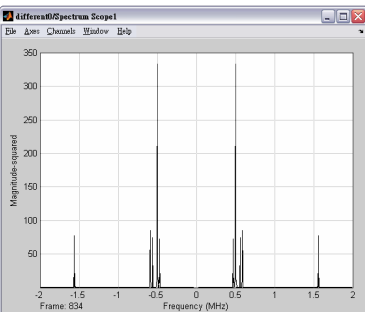
#### 模擬結果分析

- 在頻域觀察傳送端訊號：
- 接收端接收到三個Full AM訊號之頻譜。
- 電台3之載波頻率  $f_{c3} = 1030 \text{ kHz}$  (假像頻率)



### 假像頻率頻域模擬分析(續)

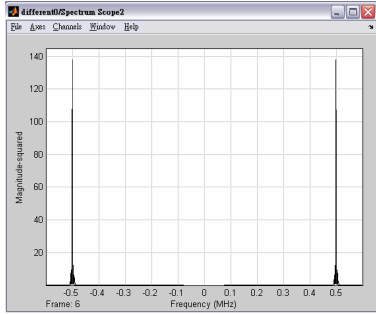
- 接收到訊號經本地震盪器混波後之頻譜。
- $f_{LO} = f_{IF} + f_{c2} = 500 \text{ kHz} + 30 \text{ kHz} = 530 \text{ kHz}$





### 假像頻率頻域模擬分析(續)

- 使用帶通濾波器將中頻  $f_{IF} = 500 \text{ kHz}$  正負各10 kHz以外的訊號濾除。



---

---

---

---

---

---

---

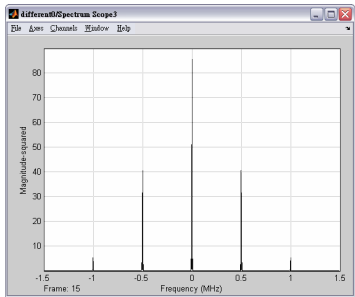
---

---

---

### 假像頻率頻域模擬分析(續)

- 經二極體整流後訊號之頻譜。



---

---

---

---

---

---

---

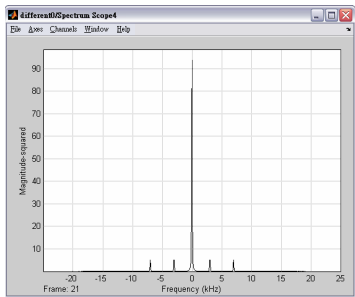
---

---

---

### 假像頻率頻域模擬分析(續)

- 使用低通濾波器得到10 kHz以內之訊號。



---

---

---

---

---

---

---

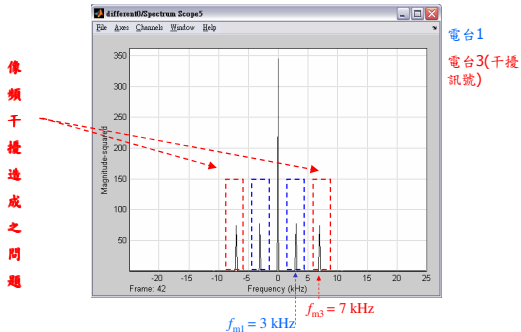
---

---

---

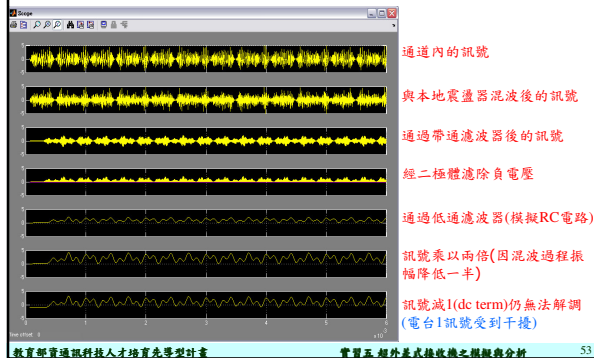
## 假像頻率頻域模擬分析(續)

- 將通過低通濾波器後之訊號減1(dc term)，得到兩個基頻訊號(直流成份未濾除)，即想要接收的電台1訊號受到干擾。



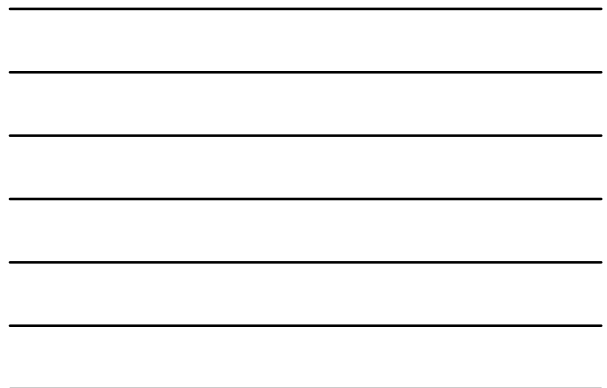
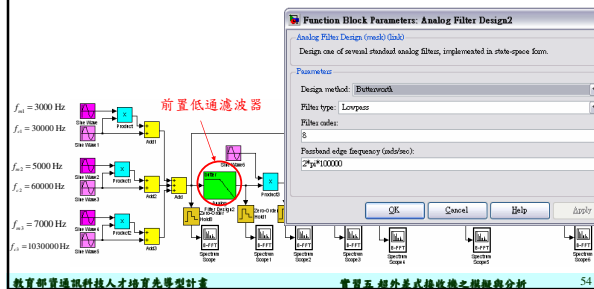
## 假像頻率頻域模擬分析

- 在時域觀察接收機訊號：



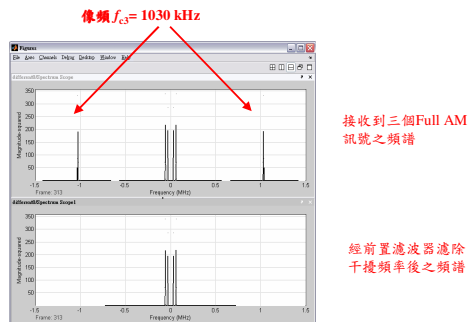
## 假像頻率解決方案

- 根據前面分析，假像頻率的來源是在接收端混頻前，受到其中射頻訊號頻率成份為  $f_c + 2f_{IF}$  之頻率所影響，為了解決此問題，本範例只要在接收端(混頻器前)加上一前端低通濾波器(截止頻率在100 kHz)，可以濾除1030 kHz之像頻，這是因為我們要接收電台之載波頻率小於100 kHz。



### 去除假像頻率頻域模擬分析

- 除了新增-LPF外，所有模擬架構與設定皆不變，進行模擬後觀察結果。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

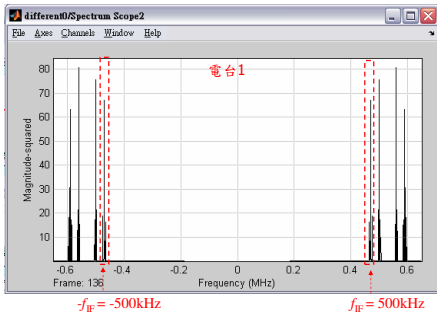
---

---

### 去除假像頻率頻域模擬分析(續)

- 接收到訊號經本地震盪器混波後之頻譜。

$$f_{LO} = f_{IF} + f_{c2} = 500 \text{ kHz} + 30 \text{ kHz} = 530 \text{ kHz}$$




---

---

---

---

---

---

---

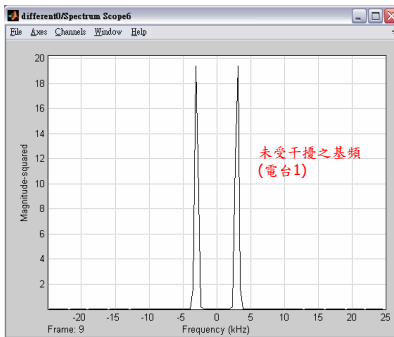
---

---

---

---

### 去除假像頻率頻域模擬分析(續)




---

---

---

---

---

---

---

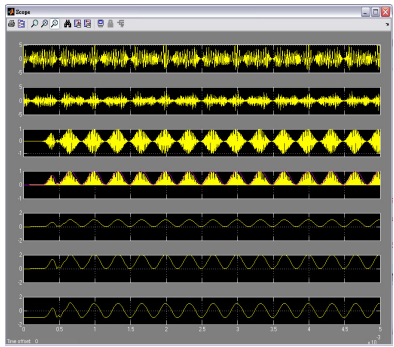
---

---

---

---

**去除假像頻率時域模擬分析(續)**



通道內的訊號  
 濾除假像頻後訊號與本地震盪器混頻後的訊號  
 通過帶通濾波器後的訊號  
 經二極體濾除負電壓  
 通過低通濾波器(模擬RC電路)  
 訊號乘以兩倍(因混波過程振幅降低一半)  
 訊號減1(dc term)以達成解調

---

---

---

---

---

---

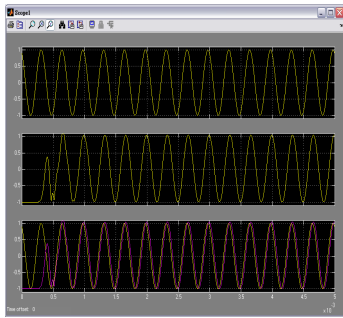
---

---

---

---

**去除假像頻率時域模擬分析(續)**



原基頻訊號  
 電台1, 頻率為3000Hz  
 解調完之訊號  
 重疊顯示

---

---

---

---

---

---

---

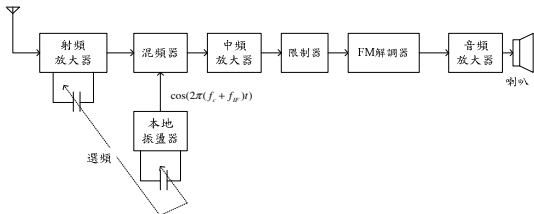
---

---

---

**練習**

- 將本實習之超外差接收機的架構中之AM解調置換成FM解調即可建立一起外差式FM接收機架構，如下圖所示，請仿照本實習之方式進行超外差式FM接收機架構模擬與分析。




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---