

# HT16C21 在音響面板的應用

文件編碼：HA0290T

## 簡介

HT16C21 是 Holtek 公司開發的具有多種顯示模式 (最大：20×4 或 16×8) 的 LCD 驅動晶片，本案以 HT68F30 為主控 MCU 控制音響面板 LCD 顯示，展示 HT16C21 對 20×4 LCD 的驅動功能，目的在於讓使用者更清楚地掌握 HT16C21 的特性和應用。

## 工作特性

HT16C22 的特點如下：

- 工作電壓： $V_{DD} = 2.4V \sim 5.5V$
- 內部 32kHz RC Oscillator
- Bias: 1/3 or 1/4
- Duty: 1/4 or 1/8
- 支援 I<sup>2</sup>C 串列總線介面
- 兩個可選 LCD 畫面頻率：80Hz / 160Hz
- 多種閃屏模式 (OFF / 0.5Hz / 1Hz / 2Hz)
- 讀/寫地址自動增加
- 內建 16 級 VLCD 電壓調節電路
- 提供 VLCD 引腳來調節 LCD 工作電壓
- 低功耗 ( $V_{DD} = 3V$  時， $I_{DD} = 18\mu A$  ;  $I_{STB} = 1\mu A$ )
- 多種顯示模式
  - 對於 1/4 Duty: 最大支持 20×4 個點、20 Segments、4 Commons
  - 對於 1/8 Duty: 最大支持 16×8 個點、16 Segments、8 Commons
- 20/24/28-pin SOP and 16-pin NSOP 封裝

## 工作原理

### Display RAM Structure

HT16C21 具有 16×8 bits 靜態 RAM 用於儲存 LCD 顯示資料，對其寫 "1" 則相對應的 LCD 點亮，寫 "0" 則相對應的 LCD 點滅。

對於 1/4 duty: HT16C21 Display RAM 與 LCD Pattern 映射關係如下：

Output	COM3	COM2	COM1	COM0	Output	COM3	COM2	COM1	COM0	Address
SEG1					SEG0					00H
SEG3					SEG2					01H
SEG5					SEG4					02H
SEG7					SEG6					03H
SEG9					SEG8					04H
SEG11					SEG10					05H
SEG13					SEG12					06H
SEG15					SEG14					07H
SEG17					SEG16					08H
SEG19					SEG18					09H
	D7	D6	D5	D4		D3	D2	D1	D0	Data

圖 1 RAM Mapping of 20x4 Display Mode

對於 1/8 duty: HT16C21 Display RAM 與 LCD Pattern 映射關係如下：

Output	COM7/SEG3	COM2/SEG2	COM1/SEG1	COM0/SEG0	COM3	COM2	COM1	COM0	Address
SEG4									00H
SEG5									01H
SEG6									02H
SEG7									03H
SEG8									04H
SEG9									05H
SEG10									06H
SEG11									07H
SEG12									08H
SEG13									09H
SEG14									0AH
SEG15									0BH
SEG16									0CH
SEG17									0DH
SEG18									0EH
SEG19									0FH
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Data

圖 2 RAM Mapping of 16x8 Display Mode

HT16C21 通信方式

MCU 通過 I<sup>2</sup>C 方式來控制 HT16C21 驅動 LCD。

- I<sup>2</sup>C 起始信號和結束信號  
如下圖 3 所示，在 SCL=1 期間，若 SDA 從高變為低，表示為起始信號，若 SDA 從低變為高，表示為結束信號。

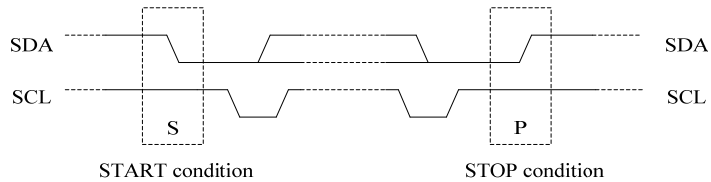


圖 3 Start and Stop Condition

- I<sup>2</sup>C 通信的資料操作  
資料傳輸時，在 SCL=1 期間，SDA 腳的資料位元必須保持穩定，只有在 SCL=0 時，SDA 腳的準位才允許變化，如下圖 4 所示：

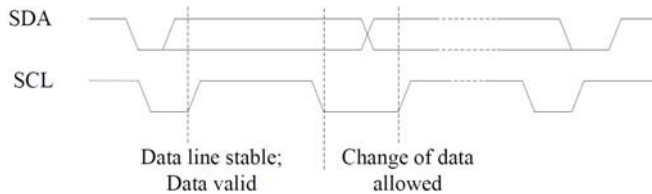


圖 4 Data Validity

- I<sup>2</sup>C 通信的位元組傳送  
I<sup>2</sup>C 通信每傳送一個位元組的資料，必須有一位應答信號，應答信號為 "0" 時，可以繼續傳送，應答信號為 "1" 時，結束傳送。

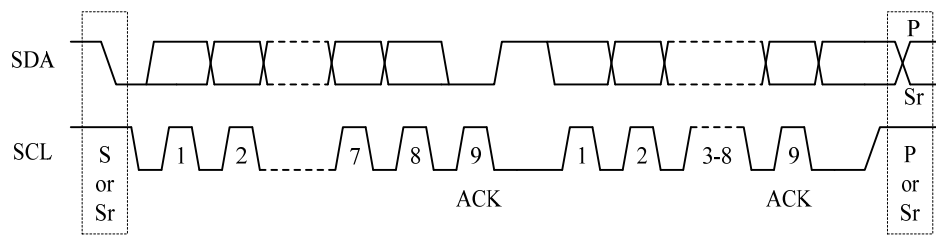


圖 5 Byte Format

- I<sup>2</sup>C 通信寫入操作

對 HT16C21 寫入命令或資料操作格式如下圖所示：寫入操作需要一個起始信號，和 7 位元的從機地址和一位元的讀寫旗標位元 (0:寫; 1:讀)，對於寫入命令，接下的是一個位元組的命令，和一個位元組的命令設定值，之後是停止信號；對於寫入資料，接下的是一個位元組的命令和一個位元組所要寫入的 RAM 的位址，之後是資料和停止信號。

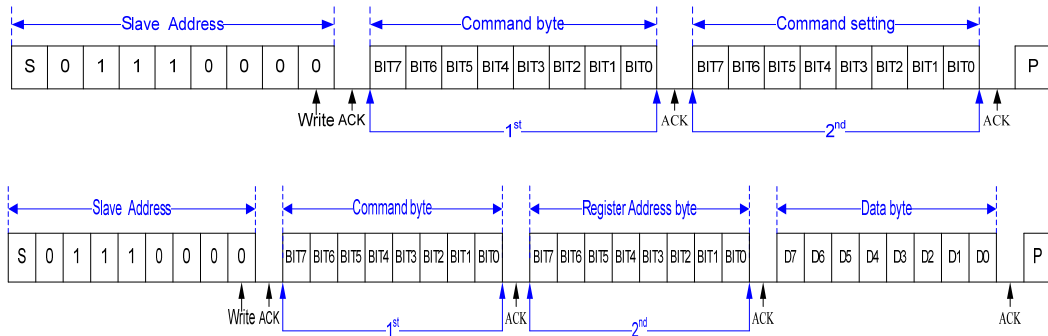


圖 6 Command Byte Write Operating

- 頁寫入操作

多個資料連續寫入操作，寫入一個位元組的資料後，地址指針自動加 "1"，從而可以對下一個位址寫入操作，當內部位址指針達到 Display RAM 的最大地址時，地址指針變為 00H，如下圖所示：

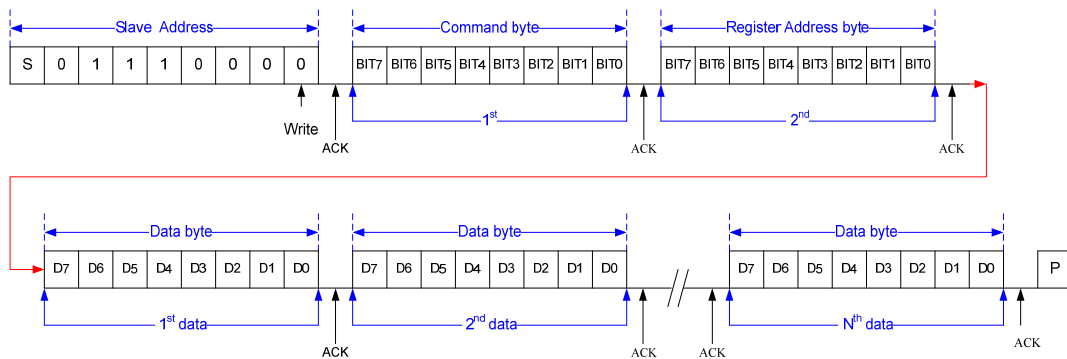


圖 7 Page Write Operating

- I<sup>2</sup>C 通信讀取操作

當要讀取 HT16C21 Display RAM 中某一位址的資料時，操作如下：首先是一個起始信號、7 位元的從機位址和一位元讀寫旗標位元，接下來是一個位元組的命令和一個的地址，之後從機會將資料發給 Host，在讀完一個位元組的資料後，地址指針會自動加 1，以讀取下一筆的資料。讀取操作如下圖所示：

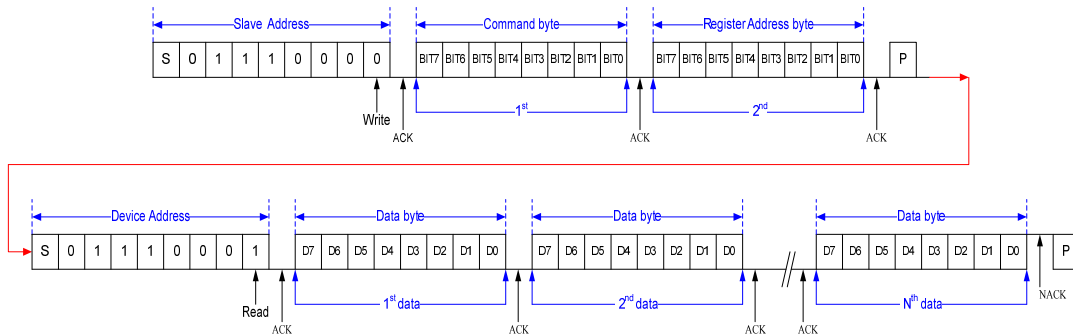


圖 8 Read Operating

### HT16C21 相關命令

- Display Data Input Command

該命令用於 MCU 發送資料到 HT16C21 Display RAM。

Function	Byte	(MSB) Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	(LSB) Bit0	Note	R/W	Def
Display data input/output command	1st	1	0	0	0	0	0	0	0		W	
Address pointer	2nd	X	X	X	X	A3	A2	A1	A0	Display data start address of memory map	W	00H

Note: 上電重置狀態: 位址設為 00H。  
如果此命令沒有被定義，則此功能不受影響。

- Drive Mode Command

該命令用於設定 HT16C21 的驅動模式。

Function	Byte	(MSB) Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	(LSB) Bit0	Note	R/W	Def
Driver mode setting command	1st	1	0	0	0	0	0	1	0		W	
Duty and Bias setting	2nd	X	X	X	X	X	X	Duty	Bias		W	00H

Note:

Bit		Duty	Bias
Duty	Bias		
0	0	1/4duty	1/3bias
0	1	1/4duty	1/4bias
1	0	1/8duty	1/3bias
1	1	1/8duty	1/4bias

上電重置狀態: The drive mode 1/4 duty output and 1/3 bias is selected.

- System Mode Command

該命令用於控制內部振動器的開關和顯示開關。

Function	Byte	(MSB) Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	(LSB) Bit0	Note	R/W	Def
System mode setting command	1st	1	0	0	0	0	1	0	0		W	
System oscillator and Display on/off Setting	2nd	X	X	X	X	X	X	S	E		W	00H

Note:

Bit		Internal System oscillator	LCD Display
S	E		
0	X	Off	Off
1	0	On	Off
1	1	On	On

上電重置狀態: 顯示關閉、內部 RC 振動器除能。

• Frame Frequency Command

該命令用於選擇幀頻率

Function	Byte	(MSB) Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	(LSB) Bit0	Note	R/W	Def
Frame frequency command	1st	1	0	0	0	0	1	1	0		W	
Frame frequency setting	2nd	X	X	X	X	X	X	X	F		W	00H

Note:

Bit	Frame Frequency
F	
0	80Hz
1	160Hz

Power on status: Frame frequency is set to 80Hz.

• Blinking Frequency Command

該命令用於設定 LCD 閃爍的頻率。

Function	Byte	(MSB) Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	(LSB) Bit0	Note	R/W	Def
Blinking Frequency command	1st	1	0	0	0	1	0	0	0		W	
Blinking Frequency setting	2nd	X	X	X	X	X	X	BK1	BK0		W	00H

Note:

Bit		Blinking Frequency
BK1	BK0	
0	0	Blinking off
0	1	2Hz
1	0	1Hz
1	1	0.5Hz

上電重置狀態: LCD 閃爍關閉。

• Internal Voltage Adjustment (IVA) Setting Command

該命令用於設定 Segment/VLCD 引腳是 Segment 腳還是 VLCD 腳及內部電壓調整使能和除能。

Function	Byte	(MSB) Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	(LSB) Bit0	Note	R/W	Def
Internal Voltage Adjustment (IVA) Setting	1st	1	0	0	0	1	0	1	0		W	
Internal Voltage Adjust control	2nd	X	X	DE	VE	DA3	DA2	DA1	DA0	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Segment/VLCD shared pin can be programmed via the "DE" bit.</li> <li>The "VE" bit is used to enable or disable the internal voltage adjustment for bias voltage.</li> <li>The DA3-DA0 bits can be used to adjust the VLCD output voltage.</li> </ul>	W	30H

Note:

Bit		Segment / VLCD shared pin select	Internal Voltage Adjustment	Note
DE	VE			
0	0	VLCD pin	Off	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Segment/VLCD pin is set as the VLCD pin.</li> <li>Disable the internal voltage adjustment function.</li> <li>One external resistor must be connected between VLCD pin and VDD pin to determine the bias voltage, and internal voltage follower (OP4) must be enabled by setting the DA3-DA0 bits as the value other than "0000".</li> <li>If the VLCD pin is connected to the VDD pin, the internal voltage follower (OP4) must be disabled by setting the DA3-DA0 bits as "0000".</li> </ul>
0	1	VLCD pin	on	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Segment/VLCD pin is set as the VLCD pin.</li> <li>Enable the internal voltage adjustment function.</li> <li>The VLCD pin is an output pin of which the voltage can be detected by the external MCU host.</li> </ul>
1	0	Segment pin	Off	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Segment/VLCD pin is set as the Segment pin.</li> <li>Disable the internal voltage adjustment function.</li> <li>The bias voltage is supplied by the internal VDD power.</li> <li>The internal voltage-follower (OP4) is disabled automatically and DA3-DA0 don't care.</li> </ul>
1	1	Segment pin	On	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Segment/VLCD pin is set as the Segment pin.</li> <li>Enable the internal voltage adjustment function.</li> </ul>

上電重置狀態: 使能內部電壓調整、Segment/VLCD 引腳設定為 Segment 引腳。

### HT16C21 操作流程

在上電後，首先需要對其進行初始化設定，其步驟如下圖所示：

步驟 1: 設定內部 LCD Bias 和 Duty。

步驟 2: 設定 LCD 幀頻率。

步驟 3: VLCD 引腳與 Segment 引腳共用腳位設定。

步驟 4: 設定 LCD 閃爍頻率。

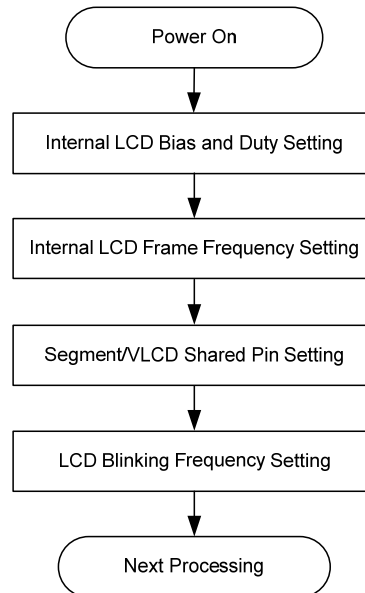


圖 9 HT16C21 Initialization

HT16C21 顯示流程如下圖所示。首先需要設定 RAM 的位元元址，接著是寫入資料到相應的 RAM 中，最後是使能內部系統時鐘打開 LCD 顯示。

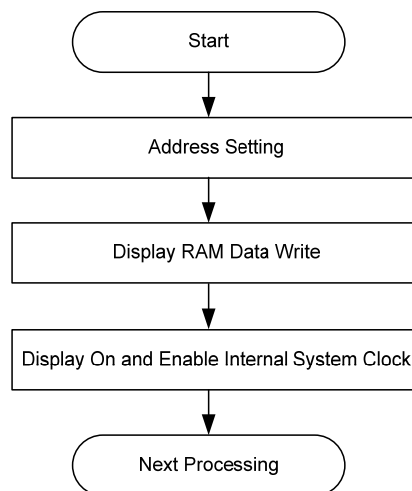


圖 10 Display data Read/Write

## LCD Panel

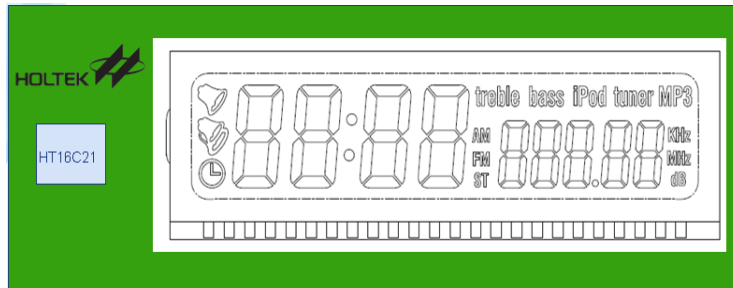






圖 11 LCD Panel

圖 11 為音響面板 LCD Panel，其主要規格如下：1/4 duty、1/3 bias、Operating Voltage 3.0V 顯示內容代表的意義如下：

- |  |   |
|--|---|
| 1. treble：高音   | 2. bass：低音  |
| 3. ipod：ipod 播放模式  | 4. tuner：收音機模式  |
| 5. MP3：MP3 播放模式  | 6. FM/AM:FM 調頻/AM 調幅  |
| 7.  ：鬧鈴一    | 8.  ：鬧鈴二     |
| 9.  ：立體聲/單音 | 10.  ：顯示當前時間 |

## 應用線路圖

本範例採用的電路為上下板結構，上板 (Top Board) 和下板 (Bottom Board) 電路原理圖分別如圖 12 和圖 13 所示。

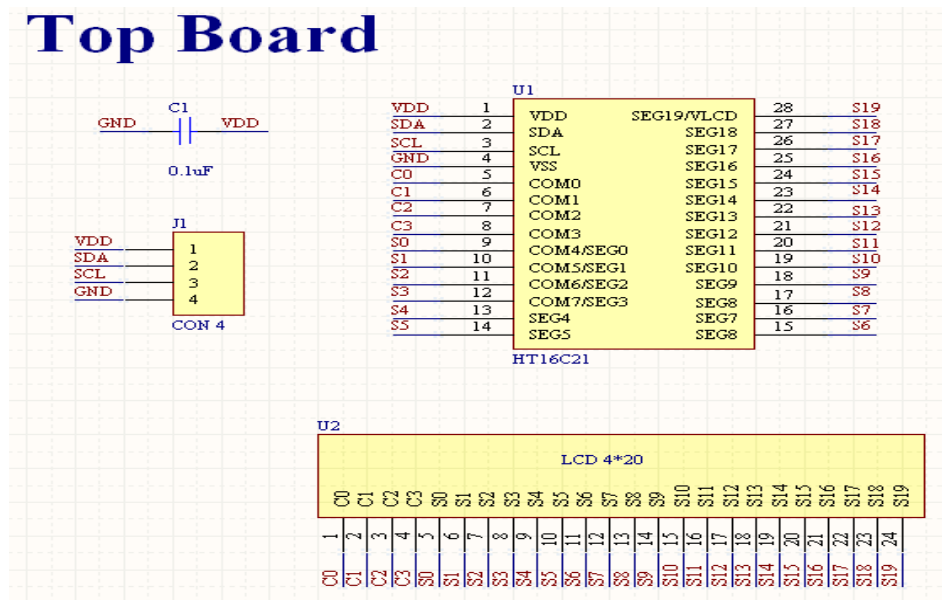


圖 12 電路原理圖之 Top Board

Top Board：放置 LCD Driver IC -- HT16C21 和音響 LCD Panel，以及用於與 Bottom Board 做 I<sup>2</sup>C 通信的介面 CON4。



### S/W Function Block Flowchart

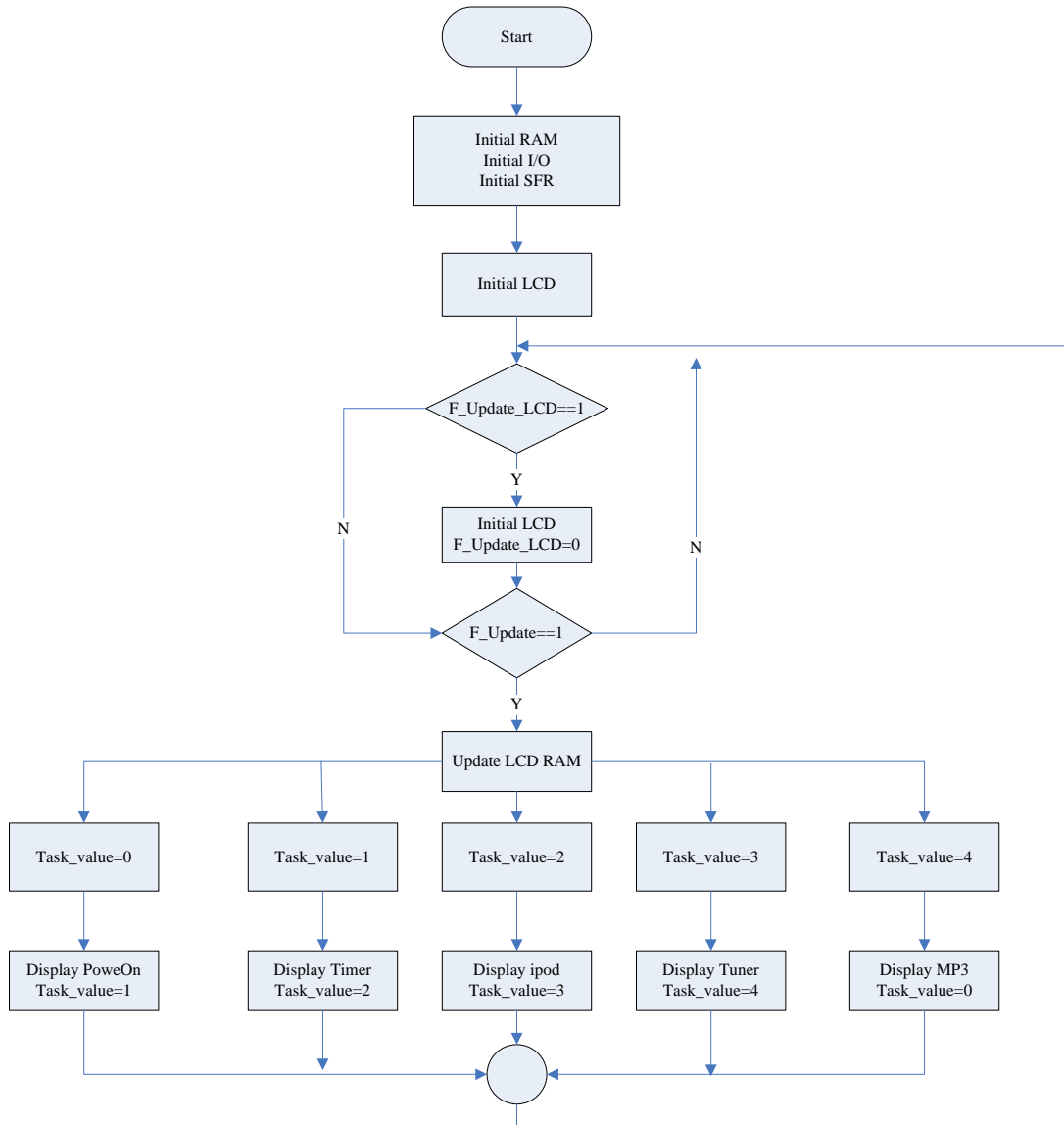


圖 14 主流程圖

#### 主流程圖說明

程式在剛上電後清除 RAM，初始化 I/O 埠及 SFR，然後對 TM0 初始化參數，定時 4ms；通過 I<sup>2</sup>C 通訊，對 HT16C21 進行初始化設定。

初始完畢後，程式開始進入主流程。清除看門狗，程式進入顯示資料處理和 LCD RAM 更新程式。判斷 4ms 是否到？如果 4ms 已經到，Update LCD RAM 中的資料，再根據 task\_value 的值去執行各自的任務，如果未到，則判斷 100ms 到了嗎？如果到了，則做 LCD 初始化動作，以提高系統 ESD & EFT 能力。如果未到，則回到主程式中。

## 顯示步驟說明

- Step0：上電初始化狀態
  - 開機全亮 3 秒，閃爍 3 次後進入下一階段。
  - 畫面顯示 16C21，顯示 3S。
- Step1：時間顯示畫面
  - 顯示目前時間圖樣，格式為 12:36，顯示 2S，變成 12:37，顯示 2S。
  - 顯示鬧鈴一設定，小時閃爍三次，開始設定鬧鈴，小時從 0 加到 7，分鐘閃爍三次，開始設定分，分從 0 加到 24。
  - 顯示鬧鈴二設定，小時閃爍三次，開始設定鬧鈴，小時從 0 加到 22，分鐘閃爍三次，開始設定分，分從 0 加到 38。
- Step2：ipod 播放模式顯示畫面
  - LCD 顯示 ipod，顯示播放曲目 PLAY1，顯示 2S，播放時間開始計數。
  - LCD 顯示高音 treble，並顯示 15.4db。顯示 2S，並以當前分貝值以 0.5S 的速度增加 0.1db，同時 ST 閃爍，增加到 17.9db，之後再顯示 2S。
  - 切換至曲目 PALY2，切換到正常時間繼續保持動態顯示，顯示 2S，又切換到播放的時間計數。
  - LCD 顯示低音 bass，並顯示 21.7db。顯示 2S，並以當前分貝值以 0.5S 的速度減小 0.1db，同時 ST 閃爍，減小到 19.8db，之後再顯示 2S。
  - 離開 ipod 播放模式，並回到正常時間顯示，顯示 3S。
- Step3：Tuner-FM/AM 播放
  - Tuner、AM 亮，同時顯示當前的頻率 987.6KHz，在經過 2s 後，做往上搜索頻道的動作，以 0.1s 的速度增加 0.1K，增加到 537.6KHz 為止，tuner 每 0.5S 閃爍，畫面停留顯示 2S。時間還是動態顯示。
  - 做往下搜索頻道的動作，以 0.1s 的速度減小 0.1KHz，減小到 993.1KHz 為止，tuner 每 0.5S 閃爍，畫面停留顯示 2s。
  - Tuner、FM 亮，同時顯示當前的頻率 96.7MHz，在經過 2s 後，做往上搜索頻道的動作，以 0.1s 的速度增加 0.1M，增加到 84.6MHz 為止，tuner 每 0.5S 閃爍，畫面停留顯示 2S。時間還是動態顯示。
  - 做往下搜索頻道的動作，以 0.1s 的速度減小 0.1MHz，減小到 94.2MHz 為止，tuner 每 0.5S 閃爍，畫面停留顯示 2S。
  - 離開 tuner 模式，時間繼續保持動態顯示，顯示 2S。
- Step4：MP3 播放模式
  - LCD 顯示 MP3，顯示播放曲目 PLAY3，顯示 2S，播放時間開始計數。
  - LCD 顯示高音 treble，並顯示 17.8db。顯示 2S，並以當前分貝值以 0.5S 的速度增加 0.1db，同時 ST 閃爍，增加到 19.0db，之後再顯示 2S。
  - 切換至曲目 PALY4，切換到正常時間繼續保持動態顯示，顯示 2S，又切換到播放的時間計數。
  - LCD 顯示低音 bass，並顯示 19.8db。顯示 2S，並以當前分貝值以 0.5S 的速度減小 0.1db，同時 ST 閃爍，減小到 17.8db，之後再顯示 2S。
  - 離開 MP3 播放模式，並回到正常時間顯示，顯示 3S。
  - 回到開機顯示畫面。

## Conclusions

本文以 HT68F30 為主控 MCU 控制音響面板 LCD 顯示為例，介紹了 HT16C21 的特性及相關的操作說明，提出撰寫控制 HT16C21 程式的建議，目的在於讓使用者更清楚地掌握 HT16C21 的應用。

## 附件

Source Code 檔



HT16C21\_Demo\_Code.zip

PCB 圖檔



HT16C21\_Demo\_PCB.zip