

出國報告（出國類別：實習）

桃園國際機場 05/23 跑道儀降系統  
(ILS/DME) 裝備工廠訓練  
出國報告書

服務機關：民用航空局飛航服務總臺

姓名職稱：陳竹村(幫工程司)

謝明達(幫工程司)

范振宇(工務員)

林妍君(工務員)

派赴國家：義大利 米蘭

出國期間：99/10/16 ~ 99/11/14

報告日期：99/12/23

# 目 次

壹、 目的.....	1
貳、 過程.....	2
參、 內容.....	3
第一章 ILS/DME 基本原理.....	3
1.1 左右定位臺 Localizer(LLZ)基本原理.....	3
1.2 滑降臺 GP 基本原理.....	4
1.3 測距儀 DME.....	5
第二章 天線場型與理論.....	6
2.1 左右定位臺(LLZ) 場型.....	6
2.2 滑降角 GP 天線場型.....	10
第三章 硬體、軟體及實務操作.....	13
3.1 左右定位臺(LLZ).....	13
3.2 LG-A / LG-M 的韌體載入.....	16
3.3 SOAC 調整與測試.....	17
3.4 滑降臺.....	21
3.5 相位調整與測試操作.....	23
3.6 測距儀(DME)硬體概述.....	28
3.7 初次 PC 連上 DM415 組態設定視窗.....	56
肆、 心得與建議.....	60
4.1 心得：.....	60
4.2 建議：.....	61

## 壹、目的

臺灣桃園國際機場於民國 67 年底正式完工，同年 11 月完成架設 05/23 跑道 CAT- II 類儀器降落系統( ILS)，其廠牌為美國之 WILCOX，民國 88 年首次汰換 05/23 跑道 CAT- II 類儀器降落系統( ILS)，其廠牌亦為美國 ASII。

李前局長龍文表示，包括荷蘭、日本、韓國都將機場改為公司型態，新加坡也將推動，臺灣正在進行桃園國際機場的改制，主要就是希望藉企業化經營的優點，導入機場專業經營理念，提升國際機場競爭力。桃園機場國營公司化業已於今(99)年 11 月 1 日 改制為國營公司期望使國際機場的經營與周邊腹地發展得以相互結合，透過組織型態調整將企業化精神導入機場經營，提升效率與競爭力。桃園國際機場助導航設施之提昇，扮演著重要的角色，本次配合臺灣桃園國際機場整體道面整建暨助導航設施之提昇計畫，總臺於民國 100 年將汰換桃園機場 05/23 跑道儀器降落系統( ILS)，並將其提昇為 CAT- III 類儀器降落系統，俟架設完成後，桃園國際機場脫胎換骨的新世紀將來臨。

總臺本次派遣受訓人員之主要目的是為確保新購之 ILS/DME 設備系統運作正常，對於新系統之基本原理、裝備之硬體架構、組件功能及系統軟體之操作等等有通盤性之瞭解，透過原廠之完整之課程介紹，讓受訓人員儘速了解與認識新採購之 ILS/DME 系統，並具備故障查修之能力。本次採購 THALES 公司生產之 ILS/DME 裝備硬體設計均朝向模組化，內部線路訊號均數位化處理，完全以軟體操作與顯示，所以無論管理監視、檢修和遠端控制、近端顯示上，均非常便捷。不僅維修上能夠快速處理，節省人力的消耗，卡片共用性及大大地提高裝備妥善率，此乃為其最大優點。爾後，新裝備預計明(100)年開始安裝，屆時受訓人員將參與配合原廠外派工程師之 ILS/DME 安裝、測試、飛測等等事宜。除了吸收架設實務之經驗，讓理論與實務相互結合，更能精進維護技能，同時負起教導傳授其它同仁相關新系統知識，俾利日後裝備維護工作。同時深感未來維護 CAT- III 類儀器降落系統( ILS)責任重大，戰戰兢兢，如履薄冰，以期提供航機更安全、更便利的飛行環境，落實「飛航安全，世界一流。飛航服務，顧客滿意」目標。

## 貳、過程

### 一、參訓人員：

陳竹村 民用航空局飛航服務總臺/桃園裝修區臺助航設備臺/幫工程司  
謝明達 民用航空局飛航服務總臺/桃園裝修區臺助航設備臺/幫工程司  
范振宇 民用航空局飛航服務總臺/桃園裝修區臺助航設備臺/工務員  
林妍君 民用航空局飛航服務總臺/航電技術室助航設備課/工務員

### 二、日期：民國 99 年 10 月 16 日至民國 99 年 11 月 14 日。

### 三、行程：

99 年 10 月 16 日：搭乘長榮航空班機由桃園國際機場飛抵歐洲奧地利維也納機場。

99 年 10 月 17 日：於維也納機場轉搭乘奧地利航空班機抵達義大利米蘭瑪爾盆薩機場。

99 年 10 月 18 日至 99 年 11 月 12 日：於 THALES 工廠進行為期 4 週之 ILS/DME 裝備工廠訓練。

99 年 11 月 13 日：於義大利米蘭林內機場搭乘義大利航空班機至巴黎戴高樂機場，轉機搭乘長榮航空班機，於 99 年 11 月 14 日返抵桃園國際機場。

## 參、內容

### 第一章 ILS/DME 基本原理

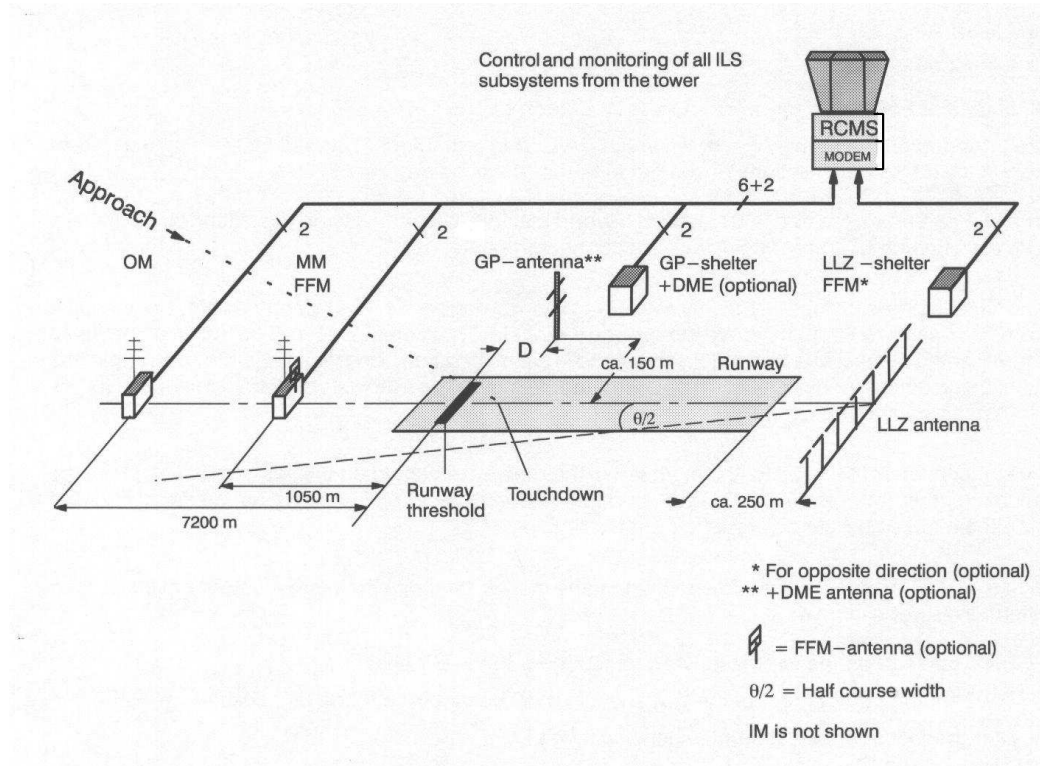


圖 1-1 所示機場 ILS/DME 的配置

#### 1.1 左右定位臺 Localizer(LLZ)基本原理

就我們所知，儀降系統(Instrument Landing System) 於 1947 年開始被國際民航組織(ICAO)採用，它發射訊號引導航空器至跑道中心線水平面、垂直面進場、降落於機場。ILS 包含 Localizer (LLZ) 提供跑道中心線的水平面導引、Glide Path (G/P) 提供下滑角度的垂直面導引、以及 Marker Beacon (I/M、M/M、O/M) 提供進場航路之定位點，換言之，它位於機場跑道頭固定之距離。除此之外，機場也架設測距儀 Distance Measurement Equipment (DME) 以提供連續的距離數據，亦可取代 Marker Beacon (I/M、M/M、O/M)，目前，桃園國際機場因儀航程序轉換至國際民航組織 PANS-OPS 規範，業已於 99 年 10 月 21 日，將 05/23 跑道及 06/24 跑道所架設之 Marker Beacon(I/M、M/M、O/M)停機除役。

左右定位臺 (Localizer)的 RF 頻率介於 108 MHz 至 111.975 MHz，屬於 VHF 波段，發射兩個 AM (Amplitude Modulation)調變信號(分別為 90 Hz 及 150 Hz)，以產生航道平面(course plane) 之場型。THALES 設計之左右定位臺(Localizer) 20 支天線系統的發射功率可達 25W (雙頻)，左右定位臺 (Localizer)涵蓋範圍

分述如下：

中心線夾角 $\pm 10^\circ$ 的區域可達到 25 海浬(46 km)。  
中心線夾角 $\pm 35^\circ$ 的區域則為至少 17 海浬(31 km)。  
中心線夾角 $\pm 35^\circ$ 以外 10 海浬(18.5 km)。

左右定位臺 (Localizer)的場型特性如下：

DDM=0 跑道中心線之 DDM 值。

DDM=0.155 (15.5%) 定義為 Course Width 值

跑道中心線界限點(threshold)向兩側各延伸 107 m，調整 Course Width DDM=0.155。根據 ICAO Annex10 建議可以將 course sector width 為 210 m。此區域之 DDM 值具有線性特性，變化率為 0.00145 /m。

DDM $\geq$ 0.180 (18.0%) 定義 Off Course Clearance (中心線夾角 $\pm 10^\circ$ )。

中心線夾角 $\pm 10^\circ$ 至 $\pm 35^\circ$ 的區域要求 DDM $\geq$ 0.155。對雙頻系統而言，此區域由 clearance 信號所涵蓋。

Course 航道資訊由 90 Hz (20%)與 150 Hz (20%)AM 信號所組成。當航機由正確的航向進場，航機會接收到振幅相等的 90 Hz 與 150 Hz AM 信號(DDM=0)；若航機航向偏右，航機會接收到較強的 150 Hz 信號；若航機航向偏左，則航機會接收到較強的 90 Hz 信號。

## 1.2 滑降臺 GP 基本原理

滑降臺 GP 的 RF 頻率介於 328.6 MHz 至 335.4 MHz，發射兩個 AM (Amplitude Modulation)調變信號分別 90 Hz 及 150 Hz，以產生下滑道平面(glide path plane)。不論 THALES 之滑降臺 GP 是單頻或雙頻天線系統，發射功率可達 5W。

涵蓋範圍以跑道中心線著陸點(touchdown)為原點，左右夾角 $\pm 8^\circ$ 、上下夾角  $0.30\theta$  至  $1.75\theta$  的區域至少可達到 10 海浬(18.5 km)， $\theta$  為下滑角。

滑降臺 GP 的特性如下：

DDM=0 下滑道之 DDM 值

實際下滑道為雙曲線，根據 ICAO Annex10 的建議，下滑道的參考高度定於跑道界限點上方 15 m，配合下滑角  $\theta=2.5^\circ - 3.0^\circ$ ，計算補償距離  $D=286 - 344$  m。

DDM=0.175 (17.5%) 設定 Course Width

滑降線上下 $\pm 0.24\theta$ ，調整 DDM=0.175。

$\theta=2.5^\circ - 3.0^\circ$  下滑角。

GP 之導航資訊亦是由 90 Hz 與 150 Hz AM 信號所組成。當航機由 3 度的下

滑角進場，航機會接收到振幅相等的 90 Hz 與 150 Hz AM 信號(DDM=0)；若航機航向偏低，航機會接收到較強的 150 Hz 信號；若航機航向偏高，則航機會接收到較強的 90 Hz 信號。

### 1.3 測距儀 DME

國際民航組織(ICAO)已將 DME(Distance Measuring Equipment)定為標準的中、短距離無線電波導航設備，它是一種二次雷達，航機發射詢問波(Interrogation)到地面參考站臺(DME transponder)接收，再經由站臺發射另一相差 63Mhz 的回答波(Reply)，藉由計算 RF 脈波在空中來回的傳播時間及站臺本身 DELAY 的時間，允許多架航機同時量測從地面參考站臺到航機本身的距離，飛行員或領航員可以直接從飛航指示器讀到這些資訊。

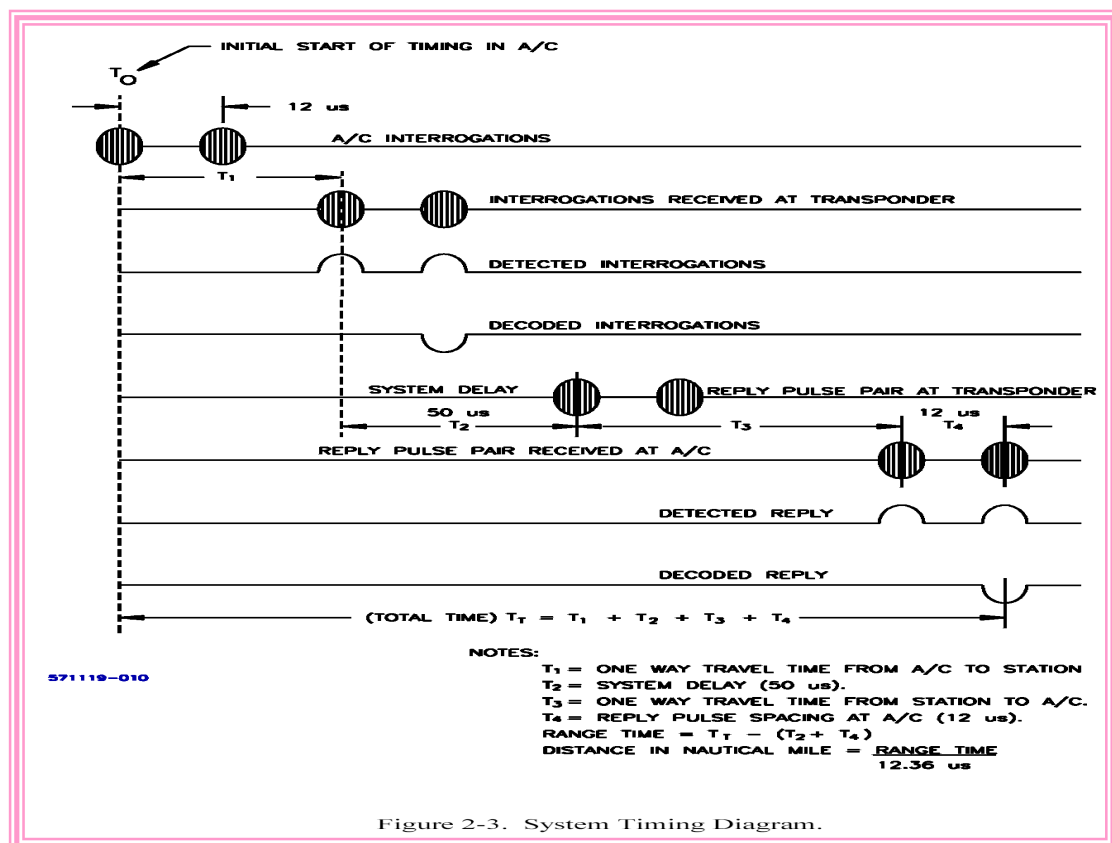


圖 1-2 測距儀時序圖

DME 在同一時間能夠回答最多 200 架航機 (即：4800 pulse pairs/s)，當航機詢問波(Interrogation)的 PRF(脈波重複率)低於 800(或 2700)PPPS(pulse pairs per second)時，DME 裡的信號產生器 (Generates) 能產生隨機脈波對 (squitter) 以維持 800 (或 2700) PPPS 之最低 PRF。

當航機接收到回答波，經由本身接收儀表解碼能自動的計算，詢問和回答的

經過時間，並且將時間轉換為距離。如圖 1-2 測距儀時序圖所示，在 DME 內部，每一詢問脈波的接收後和正確回答發射前，會有一個固定的延遲時間，為回答延遲 (reply delay) 時間，(X mode 50us, Y mode 56us)。

詢答器 (Transponder) 會在回答脈波 (reply) 和雜波 (squitter) 之間，優先有週期性的各地專用鑑別碼 (ID code)，這在航機上收到的是一個地面站台的摩斯碼 (Morse Code)。而航機上的接收器能夠在地面站所發射的許多脈波中去辨識出屬於自己所詢問的回答波。

## 第二章 天線場型與理論

### 2.1 左右定位臺(LLZ) 場型

左右定位臺(LLZ)發射的信號有兩種—CSB (Carrier and Sideband)與 SBO (Sideband Only)。CSB 的調變方式是振幅調變 AM (Amplitude Modulation)，而 SBO 的調變方式則是雙旁波-抑制載波調變 DSB-SC (Double Sideband - suppressed carrier)。

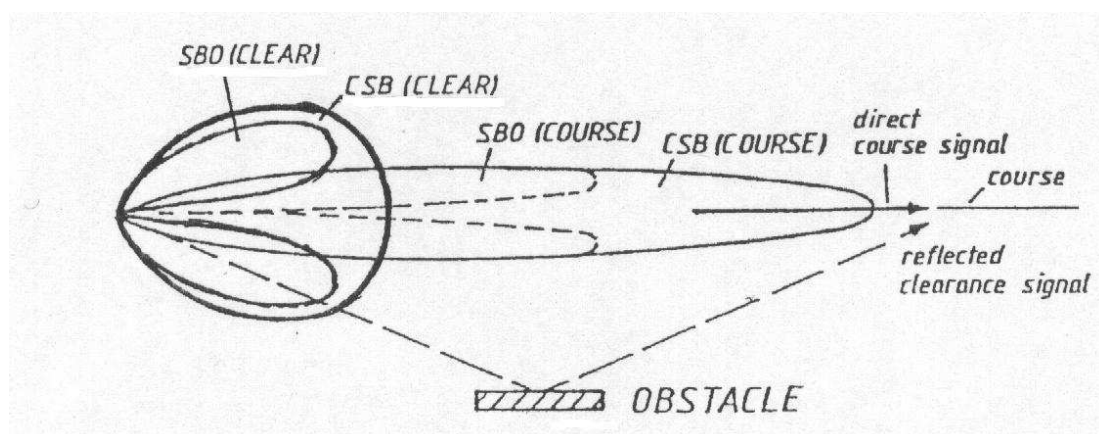


圖 2-1 左右定位臺(LLZ) 場型

就我們所知單頻天線陣列不能有效降低障礙物的干擾，建議可以使用雙頻天線陣列加以改善。

圖 2-1 顯示由雙頻 20 支天線陣列所建構的天線場型。調整天線陣列(course) 的功率分配使其更具方向性，更能有效地減低機場附近地形或建築物等障礙物的反射。為補償較大夾角位置的 DDM，我們用另一組 clearance CSB 與 SBO。

Clearance 的 RF 頻率與 course 的 RF 頻率僅相差 8 kHz，航機接收機的帶通濾波器可同時接收到 course 和 clearance，惟有比較後，訊號強方可被解調出導航的資訊(跑道中心線)。與 course 信號相比較，Clearance 的輻射場型較圓，不具指向性，clearance CSB 的電場強度較小 (至少-18 dB)，但是 clearance 具有較高的 DDM，以滿足 ICAO 的規範， $DDM \geq 0.180$  (18.0%)。



當航機由正確的航向進場，航機會接收到振幅相等的 90 Hz 與 150 Hz AM 信號(DDM=0)；若航機航向偏右，航機會接收到較強的 150 Hz 信號；若航機航向偏左，則航機會接收到較強的 90 Hz 信號；亦可用向量法來分析，其結果如圖 2-2；圖 2-3；圖 2-4 佐以證明。

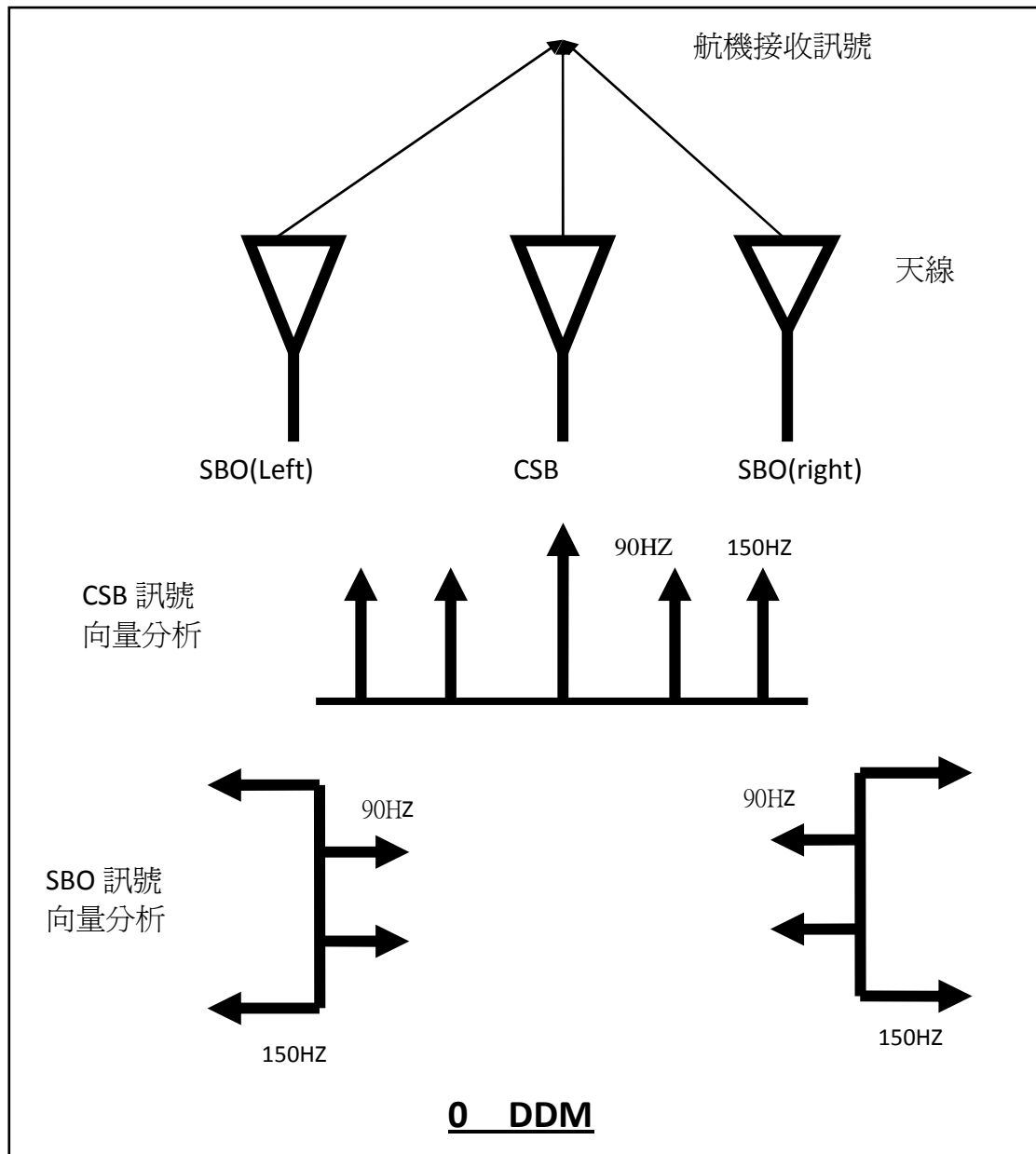


圖 2-2 航機在中心線接收訊號向量表示法

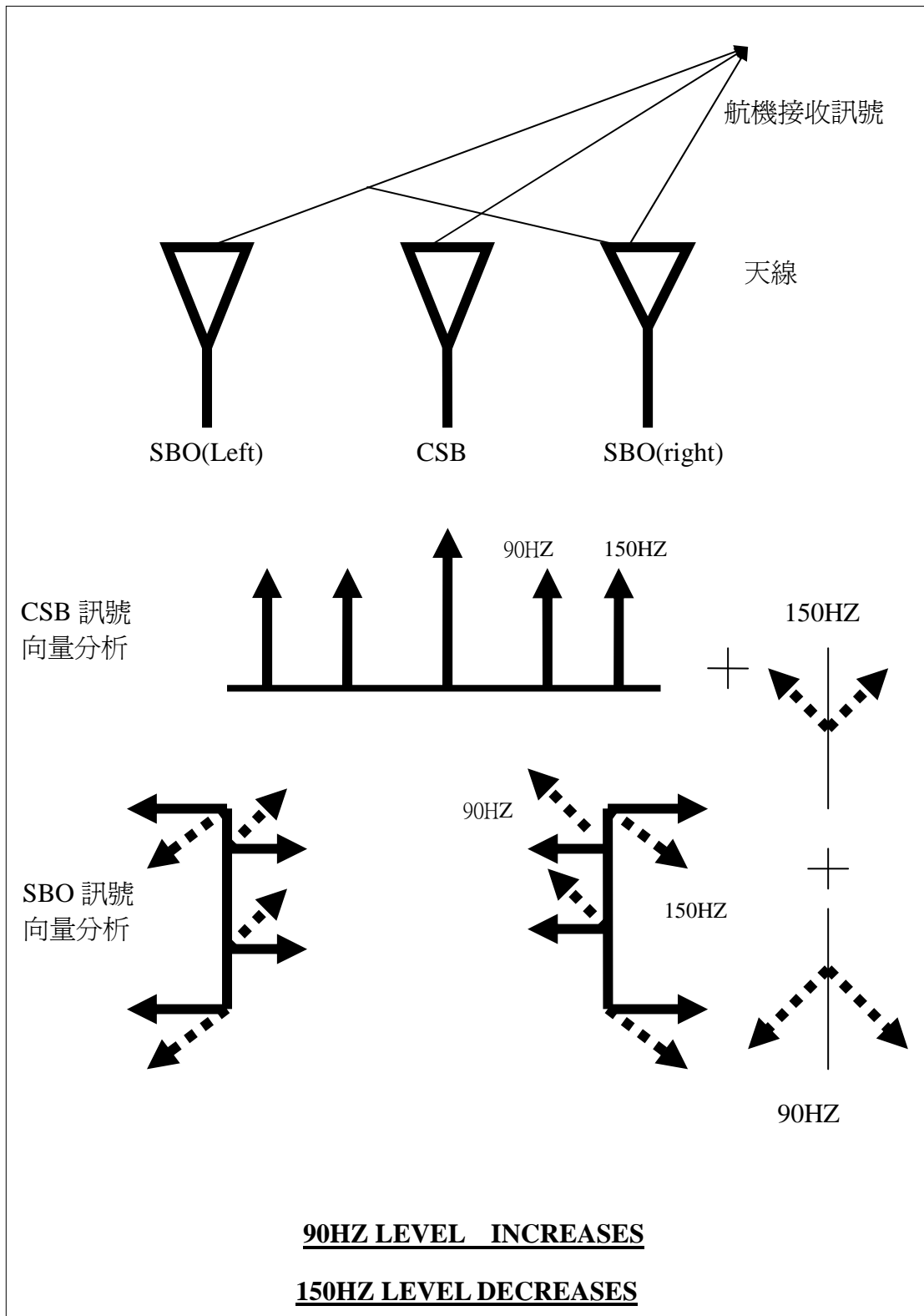


圖 2-3 面向航機，航機在中心線右側接收訊號向量表示法

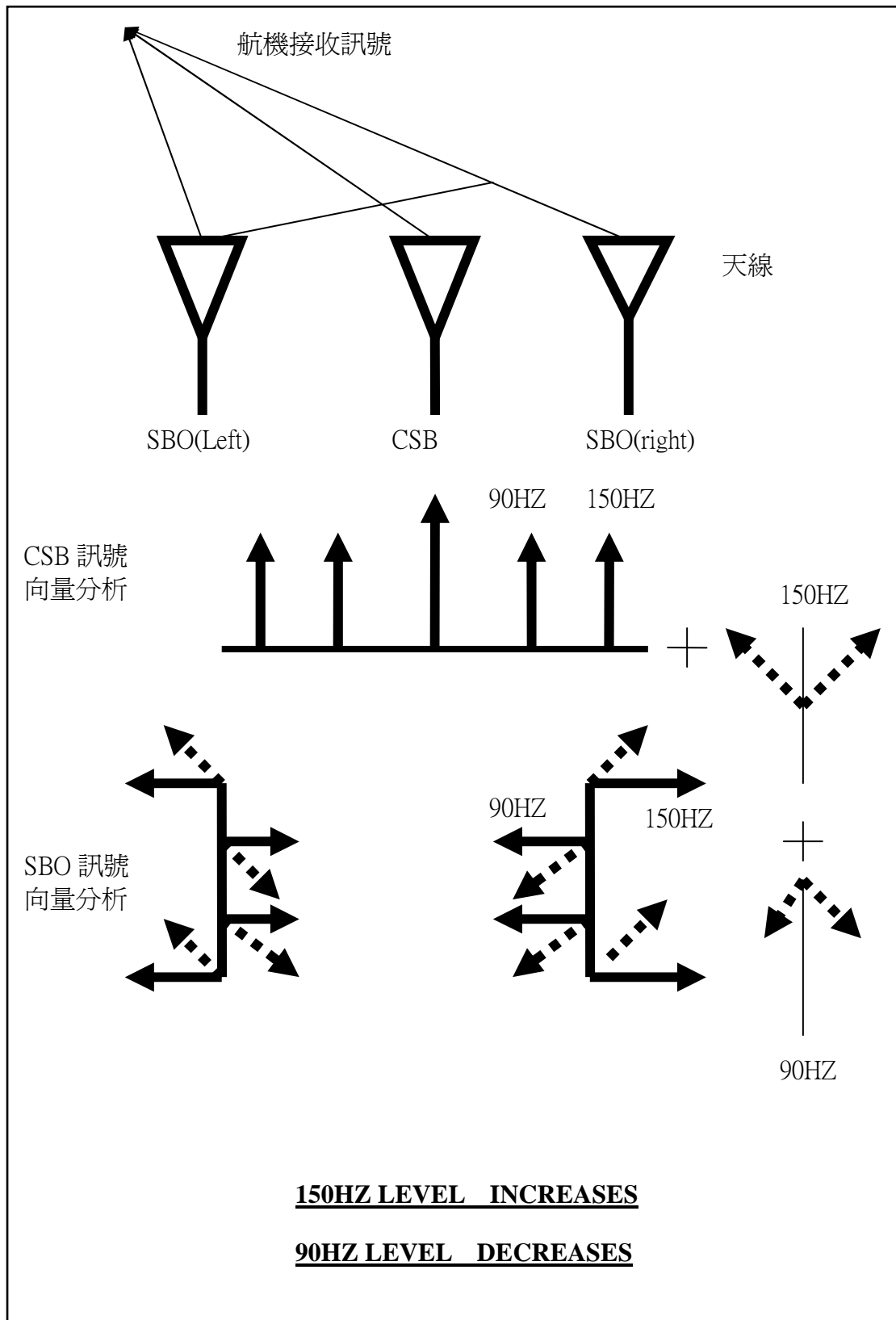


圖 2-4 面向航機，航機在中心線左側接收訊號向量表示法

## 2.2 滑降角 GP 天線場型

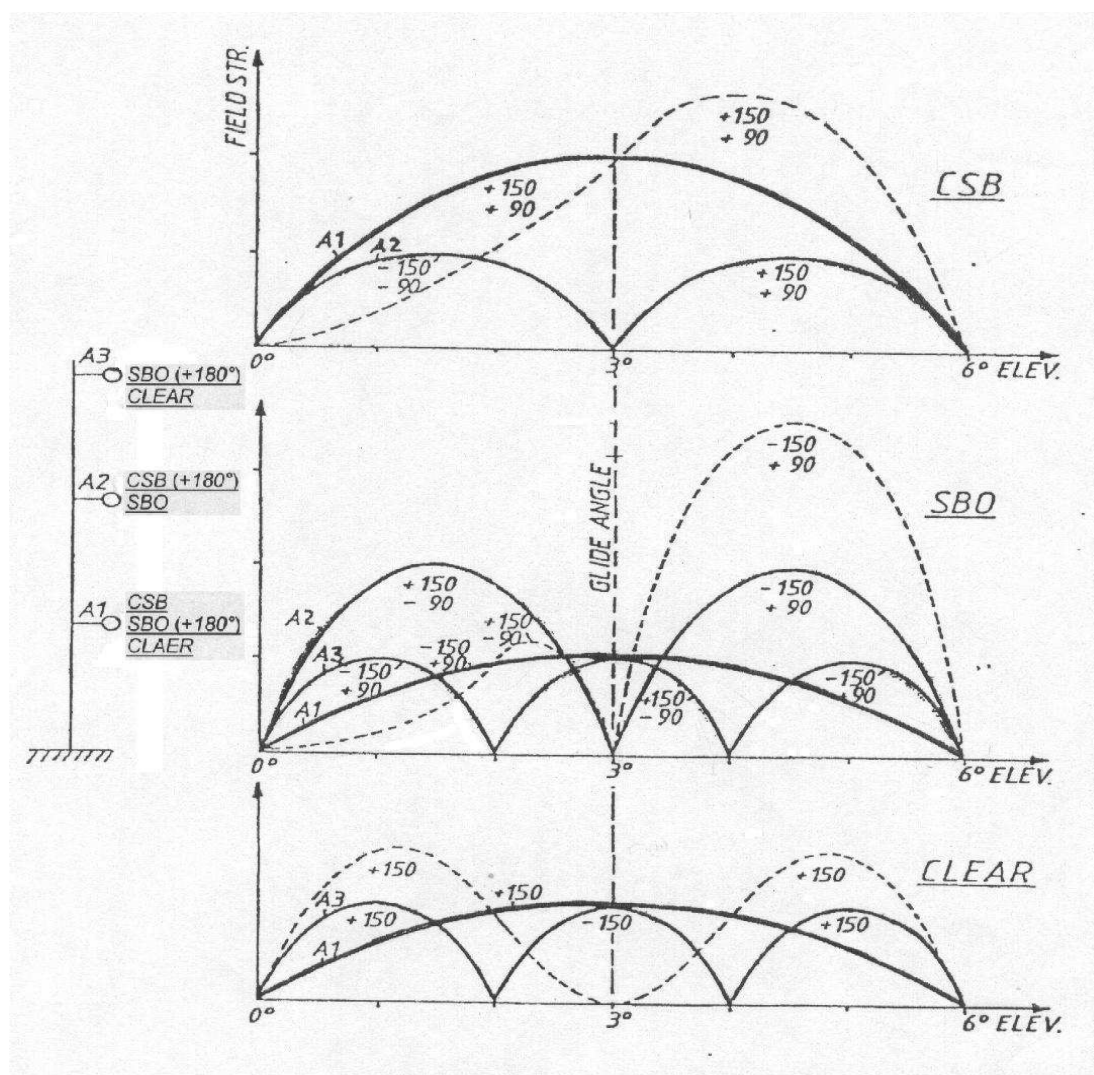


圖 2-5 M-Type Glide Path

圖 2-5; 2-6 顯示 M-Type 天線場型，目前桃園國際機場使用中的 05/23 跑道；06/24 跑道滑降臺(GP)即是 M-Type 標準型。A1、A2、A3 天線的高度分別為  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ 。

其中

$$h_1 = \frac{\lambda}{4 \sin \theta_0} \quad h_2 = 2 \cdot h_1 \quad h_3 = 3 \cdot h_1 \quad \theta_0 = 3^\circ$$

將上述數據代入： $E_A(\phi) = 2E_A \cdot \sin\left(\frac{2\pi h}{\lambda} \cdot \sin \phi\right)$ ，即可得到。

所顯示的滑降臺(GP)天線場型。我們注意到在  $\phi < 2^\circ$  的區域 CSB 的電場強度減弱許多，可有效的降低近處建築物或障礙物之反射。滑降臺(GP)天線場型約 2 度以下此區域的 Fly up 信號(150 Hz)太弱，必須發射另一組 clearance 信號以

進行低角度補償 (clearance 的 RF 頻率與 course 的 RF 頻率僅相差 8 kHz，兩者皆能通過飛機接收機的帶通濾波器)，一旦航機飛行於低角度亦能收到訊號 Fly up 信號。

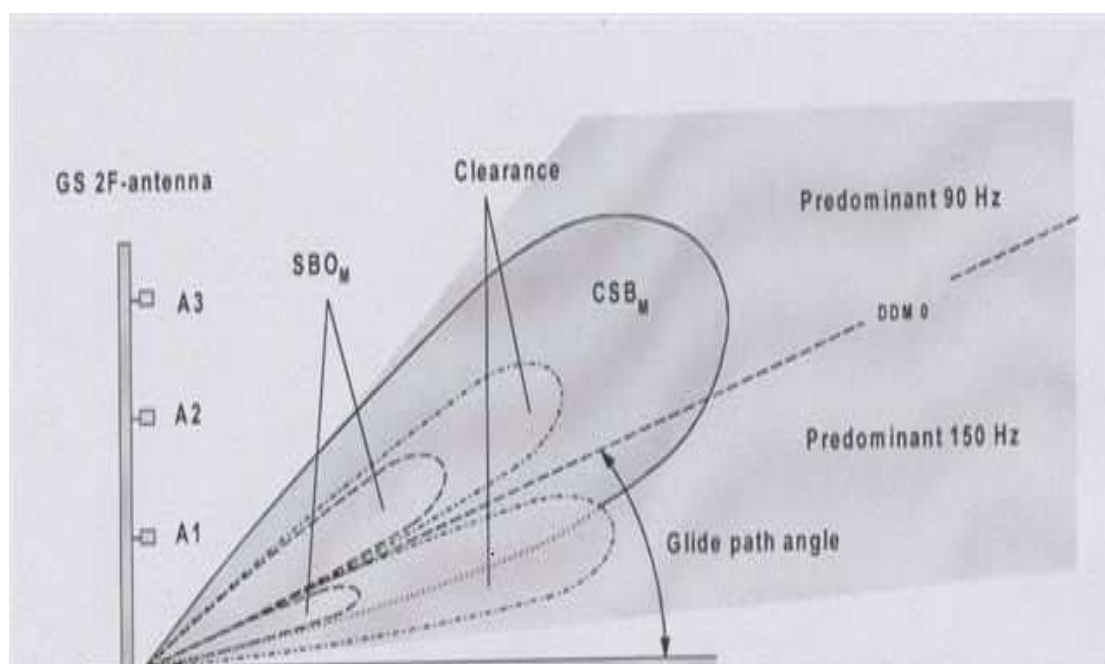


圖 2-6 M-TYP 輻射場型

G/P 2F, M-Type (active)：我們著重在主動式(active)，因為此次汰換之滑降臺設計採用主動式(active)，我們分析在 A1、A2 和 A3 的 course 信號，經調變器以適當設定，由發射機送出經功率分配器(power divider)混合，如此產生 DDM=12%的 CSB1 信號送給 A1，產生 DDM=48%的 CSB2 信號送給 A2，SBO 送給 A3，然後發射出去。由於雙頻(2F)發射機產生的 clearance 信號，經功率分配器(power divider) 加入 CSB1 與 SBO，合成的信號傳送至 A1 和 A3 天線陣列，CSB2 則傳送至給 A2 天線陣列，由於 A1(CSB1 with 12%)和 A2(CSB2 with 48%)的信號成分的重疊，造成 DDM < 12%時在滑降角的下方，而 DDM > 12%時在滑降角的上方，A2 的零(null)正好在滑降角本身，這意味具有 CSB1 DDM =12%的 A1 和具有 SBO 的 A3，在此是有效的合成的，A3 的 SBO 信號振幅及相位的調整以補償在 CSB1 的 SBO 成分，因此在滑降角 3 度的 DDM=0%。

THALES 所設計主動式(active)與標準型就發射的場型如圖 2-7 所示。

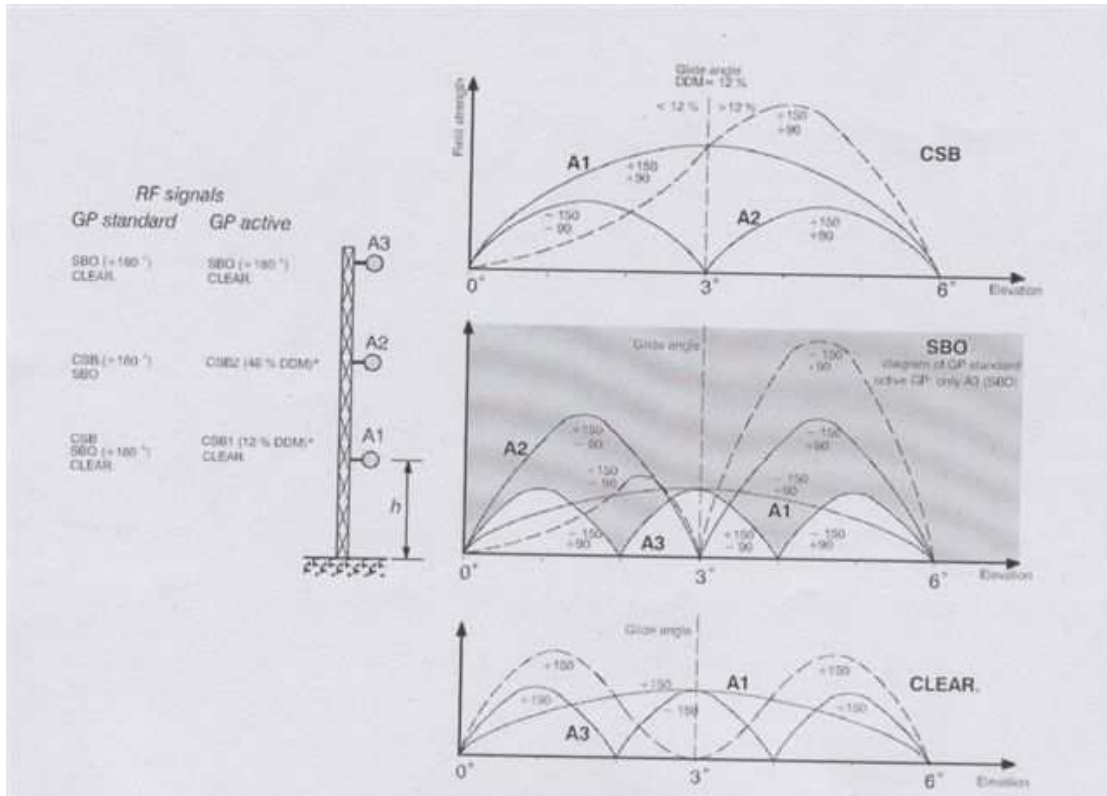


圖 2-7 主動式與標準型(M-TYPE)垂直場型比較

### 第三章 硬體、軟體及實務操作

#### 3.1 左右定位臺(LLZ)



圖 3.1 左右定位臺(LLZ)設備外觀

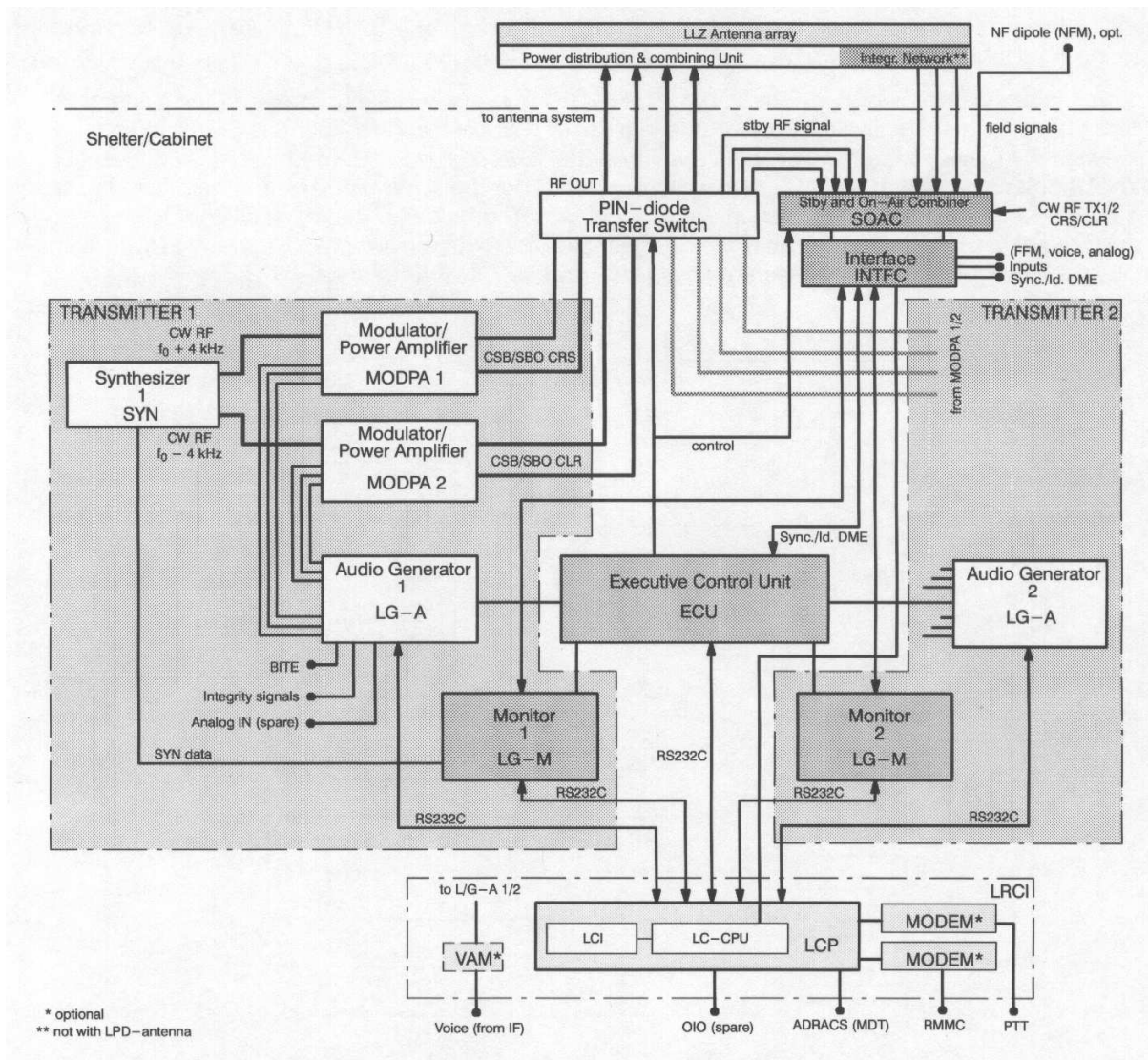


圖 3-2 左右定位臺簡易方塊圖

發射機的主要功能為產生與放大 RF 信號，包含下列模組：

1. Localizer/Glide Path audio generator (LG-A)
2. Synthesizer (SYN)
3. Modulator/power amplifier for carrier and sideband - Course (MODPA1)
4. Modulator/power amplifier for carrier and sideband - Clearance (MODPA2)
5. PIN-diode transfer switch

Localizer/Glide Path audio generator (LG-A) 語音訊號產生器：

左右定位臺(LLZ)內 Audio Generator (LG-A)與 Monitor Processor (LG-M) 具有相同的硬體電路設計，模組內有專屬的韌體程式運作，可節省備份卡片之成本支出。LG-A 使用數位化技術，提供 course MODPA 與 clearance MODPA 調變時



所需的 CSB 與 SBO 調變波封 modulation envelope，由 13-bit D/A 轉換器產生所需的波形，以 8-bit 多工 D/A 轉換器控制輸出的位準，組態資料儲存於 EEPROM。LG-A 亦提供一部分維護及檢修所需的測量數據。

Frequency Synthesizer (SYN) 頻率合成產生器：

SYN 提供 course MODPA 與 clearance MODPA 調變時所需的 RF carrier。藉由穩定的溫度補償晶體震盪器(temperature-compensated crystal oscillator, TXCO)與直接數位合成(direct digital synthesis, DDS)技術，SYN 能產生極為精準的低雜訊連續波形訊號。LLZ 與 GP 使用相同的 SYN 電路卡片頻率由 BCD jumper 設定，可避免人員疏忽而誤按鍵盤而將頻率改變。

Modulator Power Amplifier (MODPA)調變放大器：

調變與功率放大器(MODPA)提供兩種 AM 調變信號—CSB 與 SBO。雙頻 LLZ 系統配備兩組 MODPA—course MODPA 與 clearance MODPA。除了與工作頻率相關的元件之外，LLZ 與 GP 的 MODPA 具有相同的電路設計。RF carrier 來自 SYN 模組，經由 Power Divider 分為兩組信號，進入 CSB section，另一組則經由 MMIC AMP 進入 CSB section。

進入 CSB section 的信號由 Power Divider 分為兩組，一組信號經由相位調變器進入 AM 調變器，另一組信號則做相位控制。AM 調變器的輸出信號經由線性功率放大，並通過低通濾波器去除諧波，並由具方向性的 coupler 取樣以控制 CSB MODPA 輸出信號的振幅及相位。

SBO section 的功能為控制 SBO 功率、抑制 RF carrier、與調整 SBO 對 CSB 的相位(調整範圍為  $0^{\circ}$  -  $360^{\circ}$ )。I-Q Modulator 使用兩組調變器，分別調變 Power Divider 的兩組輸出— $0^{\circ}$  信號(I)與  $90^{\circ}$  信號(Q)，這兩組信號經調變之後相加產生 I-Q modulated SBO RF。例如，應用位準相同的控制信號於兩組調變器，便會產生  $45^{\circ}$  的相位移動。因此，任何的輸出相位調整都能藉由設定 I-Q 控制信號的比例與極性來達成。值得注意的是，當輸出功率(CSB power)調整時，控制信號的位準亦會隨之改變，只要 I-Q 控制信號的比例保持固定，輸出相位便能維持固定。

PIN-diode transfer switch：

RF 信號經由 PIN-diode transfer switch 進入天線系統。PIN-diode transfer switch 的主要功能為切換進入天線系統的發射機，模組的主要元件包括：

1. 4 PIN-diode transfer switches including attenuators/dummy loads
2. PIN-diode bias supply (dc in: +24 V; dc out: +5 V, -120 V)
3. Transfer switch driver 轉換開關驅動器

切換的指令來自 ECU (Executive Control Unit)。Standby 發射機的狀態為 active，其產生的 CRS CSB/SBO 與 CLR CSB/SBO 信號經由 dummy loads 進入 SOAC (Standby and On-Air Combiner)。PIN-diode bias supply 提供模組所需的+5 V / 2.5 A、-120 V / 0.03 A dc 電壓。

Monitor 監視器：

Monitor 負責監控發射信號與偵測任何可能影響監視訊號的錯誤或故障。一旦告警情況發生時，由 ECU 發出切換或是停機指令。Monitor 包含下列模組：

1. Standby and On-Air Combiner SOAC
2. Monitor Interface INTFC
3. Localizer/Glide Path Monitor signal processor LG-M
4. Executive Control Unit ECU

監控主要發射的發射機的 RF 信號來自天線系統。對 LLZ 而言，RF 信號首先在天線分配單元 ADU 的(Integral Network)處理，然後饋入 SOAC。SOAC 將這些信號—CRS Position., CRS Width, CLR Width, Near field 轉換為 8 k Hz 中頻信號，饋入 INTFC。

監控備份機率(standby)發射機的 RF 信號來自 PIN-diode switch 模組，直接饋入 SOAC，SOAC 將 RF 信號轉換為 8 k Hz 中頻信號，經訊號處理之後產生 CRS Position., CRS Width, CLR Width，饋入 INTFC。

INTFC 提供系統模組、天線整合模組、近遠場偵測信號之介面，也做為其他內部信號與外部信號（例如障礙燈、溫度等）的介面。類比多工器選擇部分信號做解調，解調之後產生直流準位 DC level 代表射頻 RF carrier 的位準，ac 成分則代表射頻的聲頻調變信號。

LG-M 模組可視為高精確度的聲頻頻譜分析儀。LG-M 模組測量並分析信號與標準值做比較，若不在標準值的容許範圍內則發出告警訊息。受監控的參數包括主發射機實測 on-antenna executive、備份機 hot standby group、以及近遠場 field group。

ECU 負責執行 LLZ 所有的控制活動，例如決定哪一部發射機的信號饋入天線系統、加負載 load、或是停機。ECU 下達的停機指令來自使用者的輸入或是系統的停機告警，此指令分別送至 LG-A—終止調變訊號 modulation signal，以及送至 SYN—關閉 carrier。ECU 的執行依照參數的組態設定：alarm(AND)表示必須兩部 monitor 都出現相同的告警、alarm-(OR)則只要有一部 monitor 告警即執行切換或是停機指令。

### 3.2 LG-A / LG-M 的韌體載入

載入 LG-A 或 LG-M 的韌體和組態：

首先連接 PC COM1 到機架上方的 PC/RS232，使用 ADRACS 的 Data 命令 Up-/Download Data 讀出所有的安裝參數 ( installation parameter )，利用 “420ILS LGX Flash memory Configuration” 程式，使要更換的模組有相符的韌體。

- (1) 關閉 TX1 及 TX2 系統
- (2) 開啓 TX1 及 TX2 開關之後，立即同時按 LCP 上的 S1+S4，直到螢幕出現 LCP Control Menu 畫面 ( 參看圖 3-3a)
- (3) 按 S4 按鈕持續 1 秒以選擇 “start LGX bootloader ” 選項

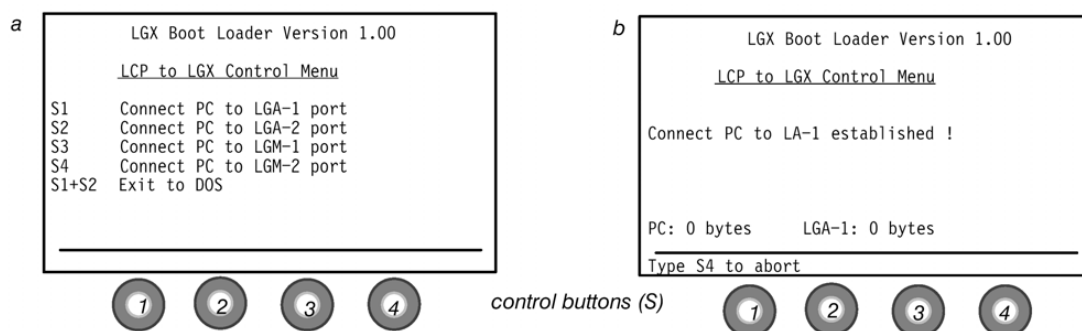


圖 3-3 LGX 模組開機載入程序

- (4) 依照模組所要安裝的位置，選擇所要的選項。  
以下假設模組要安裝給 TX1 的 LG-A 位置：
- (5) 按 S1 按鈕，選擇 “Load firmware to LGA-1”
- (6) 在下一個螢幕出現 “Load firmware to LGA-1?” 時，按 S4 按鈕確認，接著程式會回答 “Connection to LGA-1 established” ( 參看圖 3-3b )，螢幕最下列顯示從 PC 複製到 LG-A 模組的位元組。
- (7) 將包含 “Config420Setup\_ITCU.exe” 程式的 PC 中，啟動程式並依照指示 ( 選擇 “Function” 功能表裡的 “Load” 命令 )，載入程序現在由軟體控制，當請求準備( TX1 的 LG-A )做載入程序時
  - 按 load 按鈕並持續按住
  - 按 reset 按鈕
  - 放開 load 按鈕

模組前方的兩個綠色 LED 燈亮起，表示基板準備載入韌體。

### 3.3 SOAC 調整與測試

SOAC 模組負責處理主機(aerial)與備份機(standby)發射機所傳遞的監控信號。SOAC 將監控信號轉換為 8 kHz 中頻信號，此中頻信號必須調整使其輸出位準約為 3.6 Vpp。完成位準設定之後，monitor 方能正確的顯示監控信號的測量值。

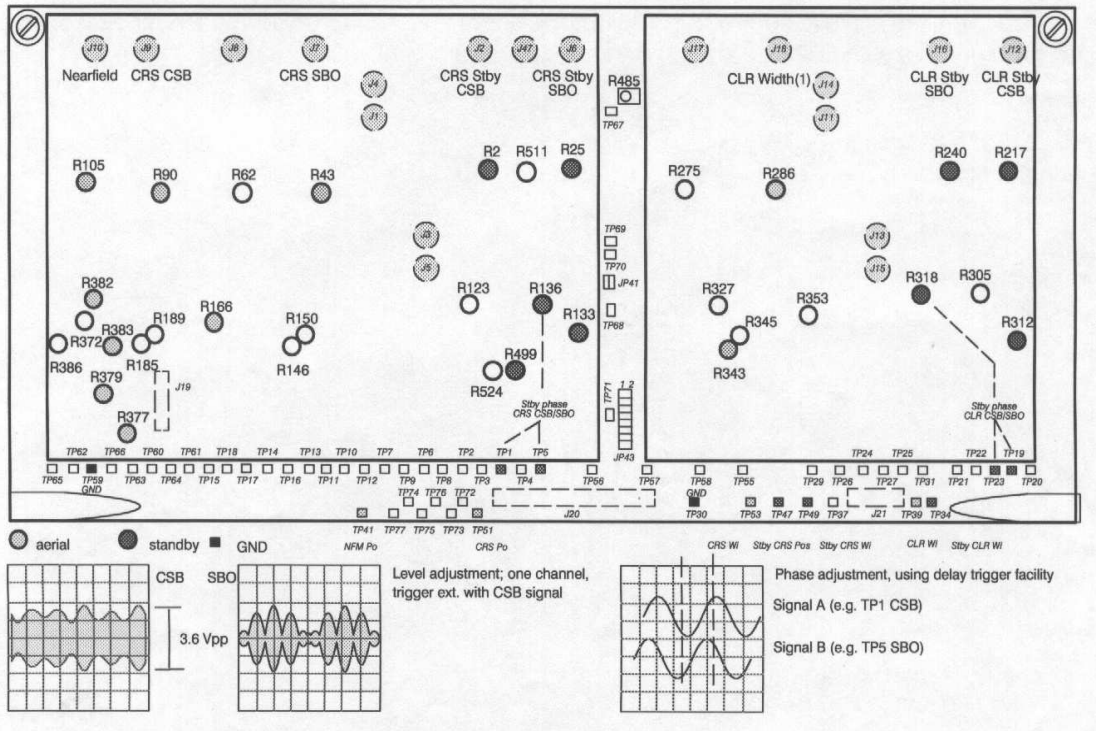


圖 3-4 SOAC 調整與控制測試點

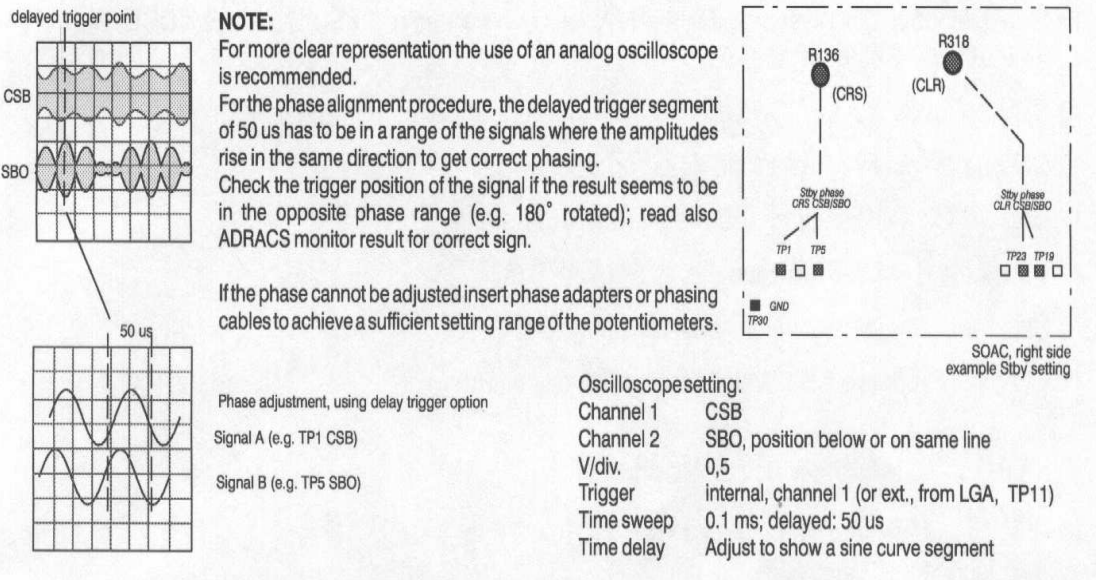


圖 3-5 CSB-SBO 之波形的調整

主機 Aerial Channel 的調整值

	Path	Test Point	Adjust	Output
CRS Position Channel	CSB	TP16	R90	3.2 Vpp.
	CSB	TP51	R377	3.6 Vpp.
CRS Width Channel	SBO	TP13	R43	0.16 Vpp.
	CSB	TP63	R379	1.5 Vpp
	SBO-CSB	TP13—TP63	R166	0°
	SBO	TP53	R382	3.6 Vpp
CLR Width Channel		TP71	R286	0.7 Vpp.
		TP39	R343	3.6 Vpp.
NFM Channel		TP41	R105	3.6 Vpp.

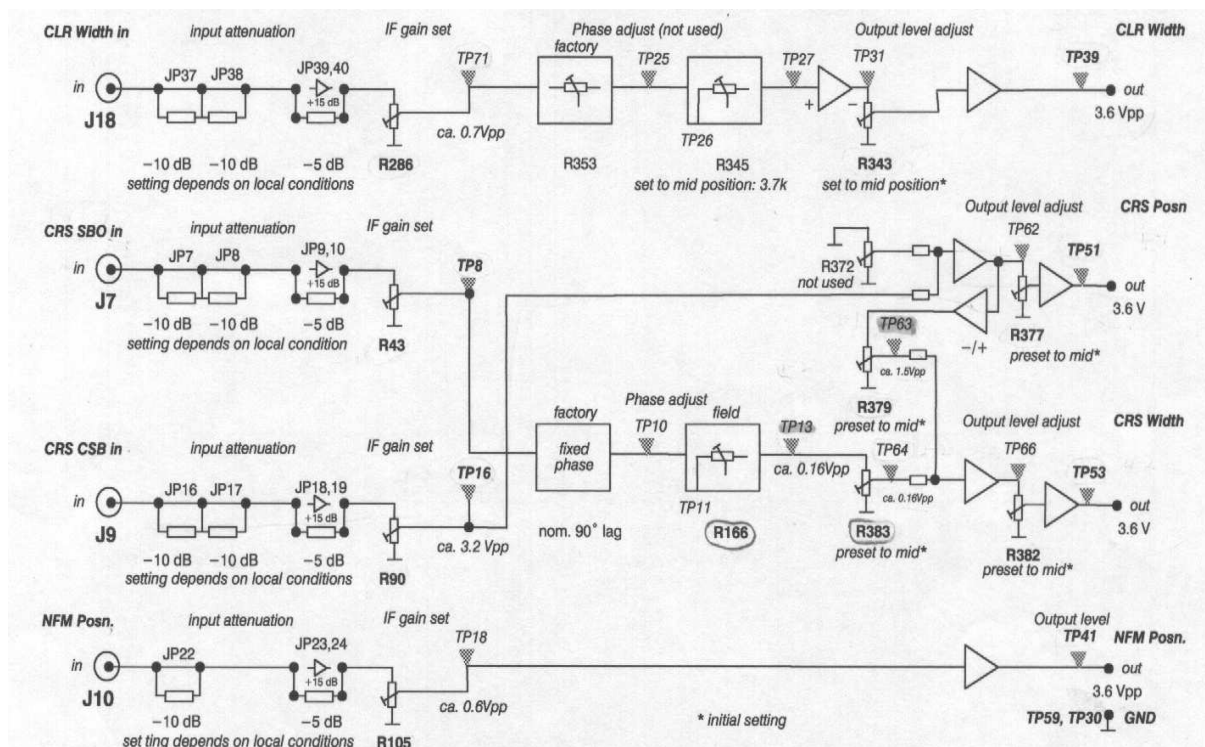


圖 3-6 主機發射之調整與偵測

備份機 Standby Channel 的調整值

	Path	Test Point	Adjust	Output
CRS Position Channel	CSB	TP2	R2	3.2 Vpp
	CSB	TP47	R449	3.6 Vpp.
CRS Width Channel	SBO	TP4	R25	0.16 Vpp.
	SBO- CSB	TP5—TP1	R136	0°
	SBO	TP49	R133	3.6 Vpp.
CLR Width Channel	CSB	TP20	R217	2.0 Vpp
	SBO	TP22	R240	3.6 Vpp
	SBO-CSB	TP23—TP19	R318	0°
		TP34	R312	3.6 Vpp

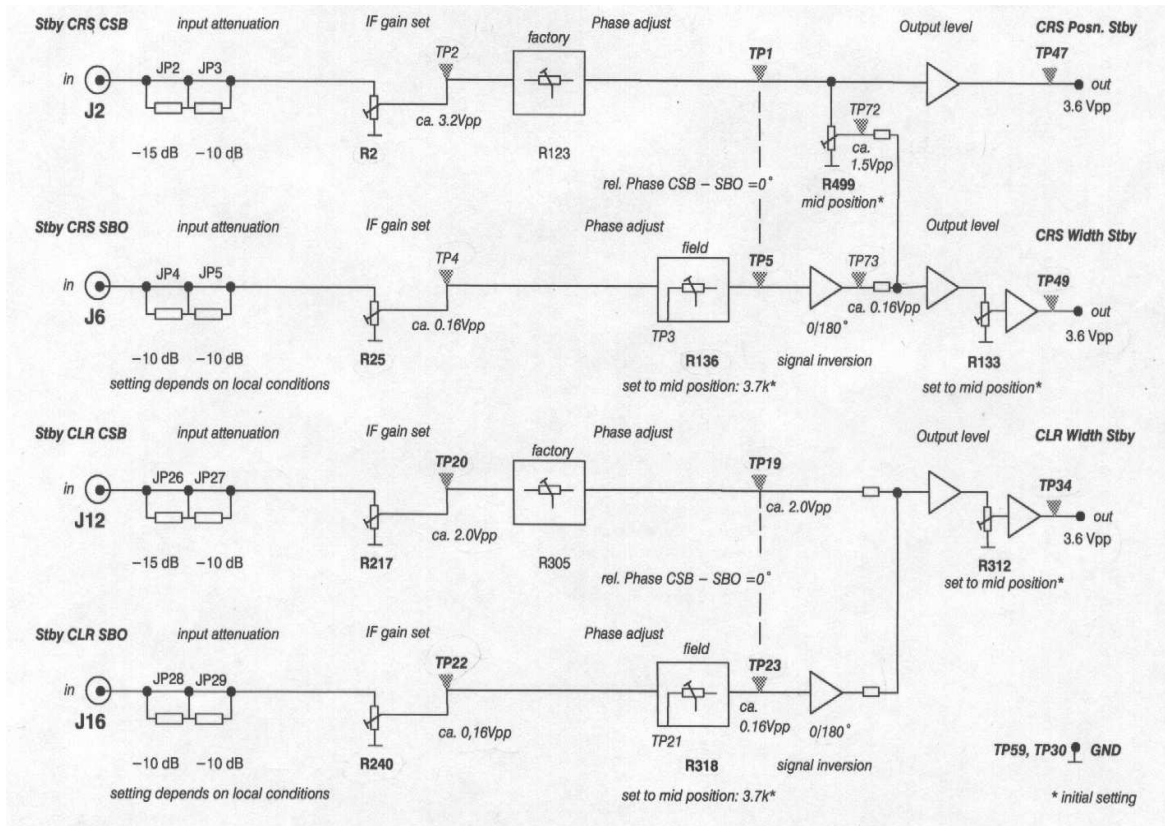


圖 3-7 備份機監視之調整與偵測

### 3.4 滑降臺

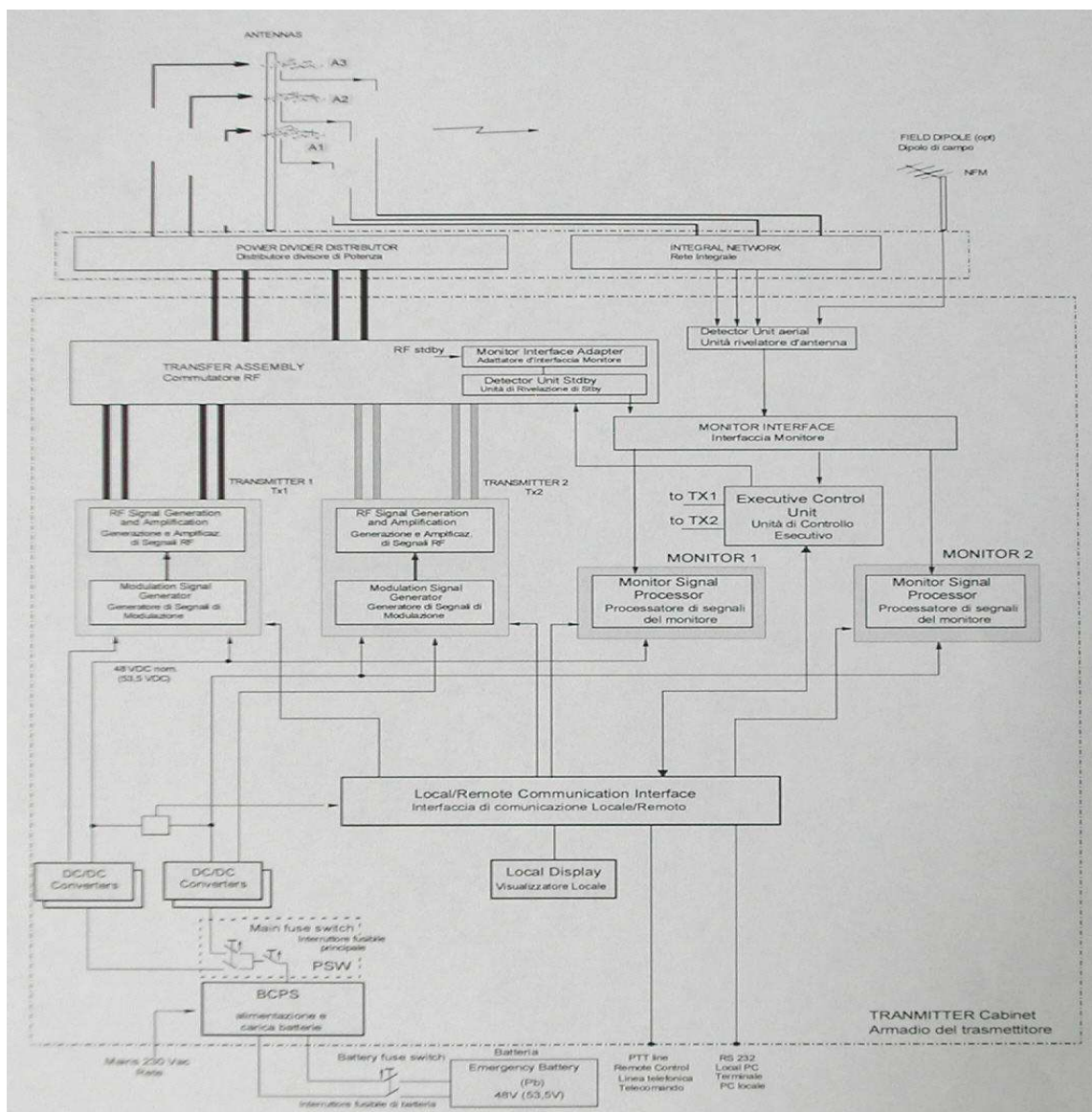


圖 3-8 滑降臺系統簡易方塊圖

發射機(transmitter)先行利用數位控制以進行初始調校/設定(initial alignment/setup)工作。發射機不在依賴微處理器或軟體(microprocessor or software)伺服控制迴路，來維持準確性。

提供發射機功能只需要三個電路卡片組件：

語音產生器 audio generator(LG-A)模組：

負責產生 course MODPA (Modulator/Power Amplifier)之合成的載波和雙旁波 CSB1(carrier plus sideband 1)和雙旁波 SBO(sideband only)調變波封，如果是雙頻且主動式 G/P 系統，對第二個 MODPA 的調變波封，使用合成的

CSB2(carrier plus sideband 2)調變波封，audio generator 產生數位的合成音頻聲音，基本上消除了聲音信號當做錯誤源，13 位元數位類比轉換器(DAC:Digital Analog Converter)完整的動態範圍用來形成波形，更進一步以 8 位元倍增數位類比轉換器控制輸出位準，組態資料(configuration data)維持在 EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)，audio generator 收集系統資料的測量值，俾利維護及發現故障原因 (maintenance and fault finding)。

頻率合成產生器 frequency synthesizer(SYN) 模組：

產生射頻(RF)載波給 course MODPA 組件，如果是雙頻系統，也產生 RF 載波給 clearance MODPA。頻率合成產生器度 frequency synthesizer)內部有一個非常穩定的溫度補償晶體振盪器(TXCO:temperature compensated crystal oscillator)結合直接數位合成(DDS:Direct Digital Synthesis)提供非常準確低雜訊連續波(CW)信號，左右定位台及滑降台的 frequency synthesizer board 模組是相同的卡片，頻率的設定由電路板上的 BCD jumper 執行，以避免頻率不小心由 local 或 remote 端鍵盤更改。

調變與功率放大器 modulator/power amplifier(MODPA)：

提供 CSB 及 SBO 兩個振幅調變信號，單頻工作只需要一個 MODPA，對雙頻工作則需要第二個 MODPA 以產生 clearance 信號。除了為 active G/P，這個調變器剩下的 RF 路徑由另外一個 MODPA 單元的 SBO 路徑供給，MODPA 是寬頻帶單元，即使頻率更改或單元更換，通常不需要場調整(field adjustment)。功率放大器是傳統的設計，有在連續波下超過需要的峰值波封功率(peak envelope power)工作的能力，LLZ 與 G/P 的 MODPA 單元的設計及佈局是完全一樣的，只有元件因為頻率特性而不同。另外，G/P MODPA 包括 jumpers 以使它能配合 G/P 主動式或特殊需求。利用回授控制迴路(feedback control loop)控制振幅及相位使失真最小化，回授控制迴路允許對與 CSB 有關的 SBO 相位做全 360°的設定。

監視器(monitor)：

單或雙監視器系統可以由軟體設定，在雙監視器模式，監視器可以選擇 OR 組態模式；具有高整體性(integrity)，亦或選擇 AND 組態模式；具有高連續性(continuity)，一般而言，就維護人員通常會以雙監視器模式為考量。通常單監視器系統包括監視器模組(LG-M)及監視器界面基板(INTFC)，雙監視器系統則是加上第二塊監視器模組，輸入路徑是在整體(on-air)及內部的(standby)耦合器在經 Standby and On-Air Combiner unit(SOAC)處理後送來的，然後供給監視器界面，監視器界面模組包括兩個相同電路群組，每一群組專用於自己的監視器。在 LLZ 及 G/P 裝備，監視器及監視器界面模組是完全相同，監視器與使用在發射機的 audio generator 除了軟體(firmware)不同外，模組是相同的。



監視器模組內部基本上是一個高精確的聲音頻譜分析器(audio frequency spectrum analyzer)，它是利用結合專門的硬體和一個可程式化電子邏輯裝置 (EPLD:Electrically Programmable Logic Device)，及連接一個 Intel80C196 高性能的微控制器。每一監視器模組上有一個取樣類比數位轉換次系統 (ADCS:Analog to Digital Converter Subsystem)，ADCS 對模組上連續地精確的外部參考做檢查及校準，並與內部的類比數位精確參考做交叉證明，導致監視器硬體的調整及偵測器路徑的淘汰。

監視器依序循環經過每個輸入信號，利用分離的傅立葉轉換(DFT:Discrete Fourier Transform)，計算每個頻譜成分，從這些成分計算出希望的參數 (DDM:Difference in Depth of Modulation、SDM:Sum in Depth of Modulation 等等)，這些參數與操作員擬定的臨界值(threshold value)比較，如果任何參數超過容忍許可值，監視器產生發告警信號。

### 3.5 相位調整與測試操作

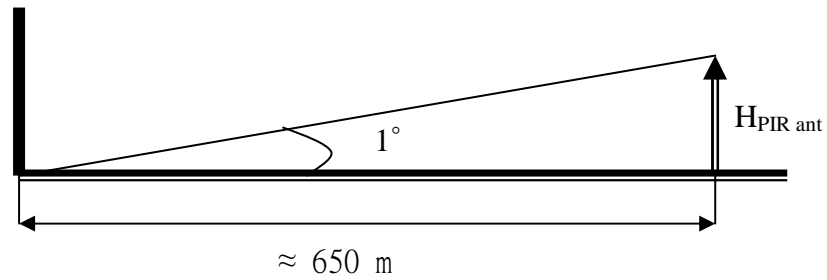
舉例：

(一) 先輸入 TX1&TX2 之初始數值如下：

	TX 1	TX 2
CRS CSB1 DDM	-10.65%	-10.11%
CRS CSB1 SDM	80.7%	80.7%
CRS CSB1 RF- Level	2.25W	2.25W
CRS SBO Amplitude	75.6%	68.4%
CRS SBO phase	1 Deg	1 Deg
CLR DDM	30.50%	30.50%
CLR SDM	80.5%	80.5%
CLR RF-Level	2.43W	2.40W
CRS CSB2 DDM	-40.30%	-37.73%
CRS CSB2 SDM	76.8%	75%
CRS CSB2 RF-Level	0.35W	0.35W
CRS CSB2 phase	97 Deg	94Deg

(二) PIR 架設位置離 GP 天線之距離依照 THALES 建議不得少於 600m，天線高度從 GP 天線基座往 PIR 方向看過去要在 1 度以下。

GP ANT



已知 GP 基座與架設 PIR 天線距離約 650m、高程差約 2.83m，經計算  $H_{PIR\ ant} = \tan 1^\circ \times 650\ m \approx 10.21\ m$  (Max)。

故架設 6m 高 PIR 天線測量(6+2.83=8.83<10.21)在 1 度高度以下。

(三) 測量接線方式如下圖：



圖 3-9 測量接線

(四) 開始調校：

**A: CRS SBO Phasing:**

- 1、開啓 TX1 Waveform#1 並設 CRS CSB2 DDM = 0 及 CRS SBO Amplitude = 80%。
- 2、在 650m 處(第一盞牌燈中心)架設 6m 高 PIR 接收天線。
- 3、將 TX1 發射至天線，改變 CRS SBO phase 數值直到 PIR 回報之讀值為 0% DDM(至少兩位為 0)，記下此值。
- 4、將 0% DDM 的 CRS SBO phase 數值加或減 90 度，取 PIR 回報 90 度(-值)領先的，當做新的 CRS SBO phase 數值並且紀錄測量的 DDM 值。
- 5、關閉 TX1。
- 6、在 Power Adder 部分不動，GP 機架上方做如下圖接法：

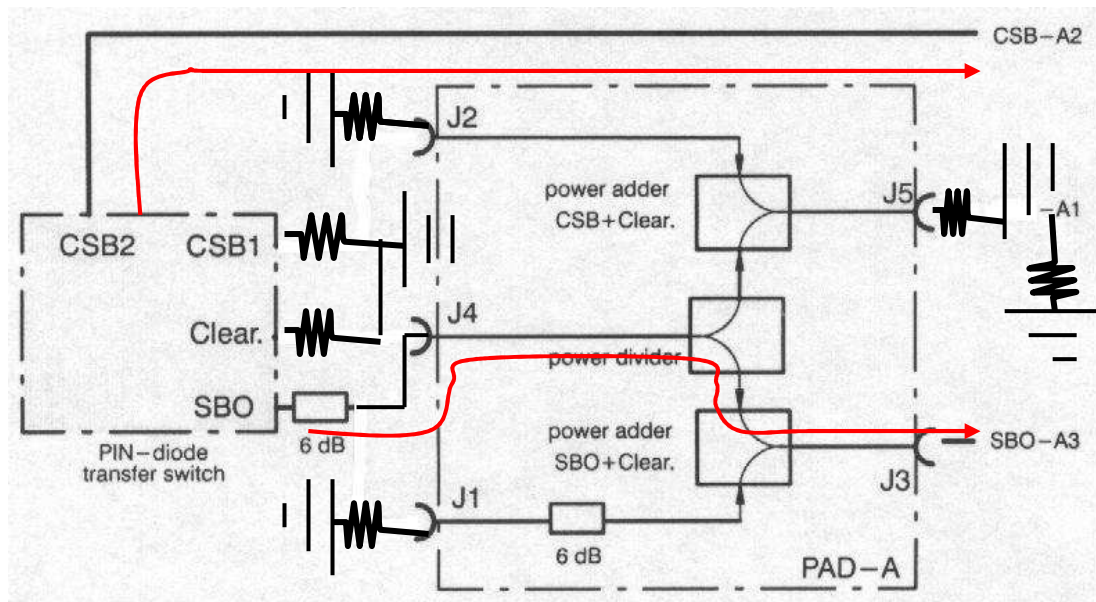


圖 3-10 測量接線概述

7、輸入步驟 3 使 PIR 讀數為 0% DDM 的 CRS SBO phase 數值，如果 A2 與 A3 同相位則 PIR 回報必為 0% DDM，如沒有則調整 Z3 電子長度或加 90 度線使 0% DDM 出現。

8、CRS SBO phase 數值加或減 90 度所顯示的數值趨勢及領先頻率 90 度(-值)，必須與步驟 4 相同，如果沒有關閉發射機加入 180 度線重做。

9、關閉 TX1，恢復所有原來正常接線。

## B. Phasing A1 - A3 :

- 1、關閉 TX1 & TX2。
- 2、在 GP 機架上方做如下圖接法：

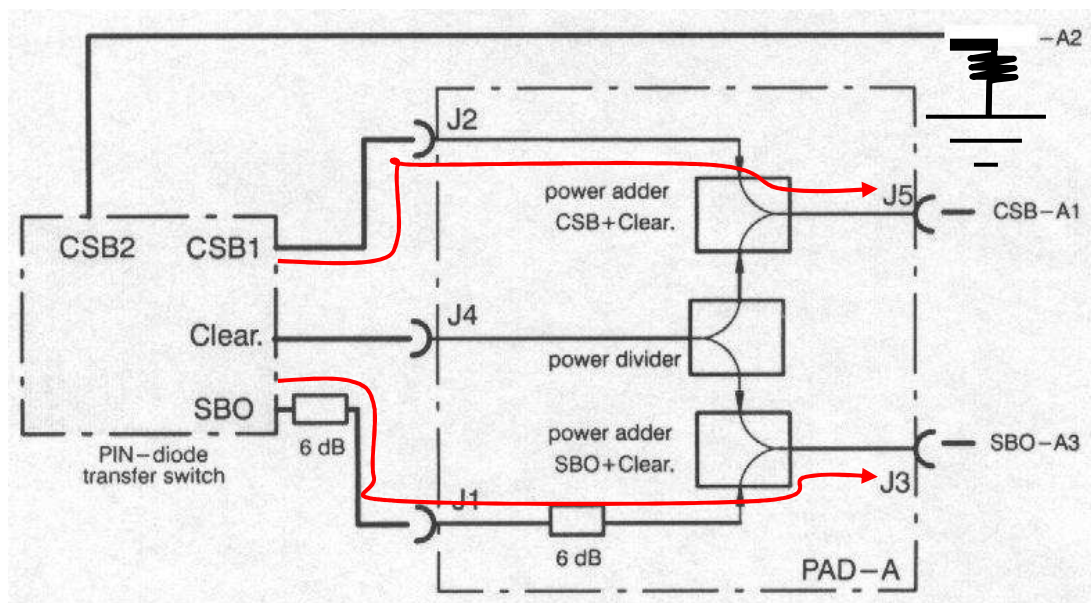


圖 3-11 測量接線

3、開啓 TX1 Waveform#1 並設 CRS CSB1 DDM = 0 及 CRS SBO Amplitude = 80% 及 CLR RF-Level=0W。

4、將 TX1 發射至天線，改變 CRS SBO phase 數值直到 PIR 回報之讀值為 0% DDM(至少兩位為 0)，記下此值。

5、將 0% DDM 的 CRS SBO phase 數值加或減 90 度，取 PIR 回報 90 度(-值)領先的，未來輸入當做新的 CRS SBO phase 數值並且紀錄測量的 DDM 值[因為依據發射場型，在 1 度以下 A1(CSB1 : +150、+90) - A3(SBO : -150、+90)的合成場型(0、2 倍+90)為 90 度領先]。

- 6、關閉 TX1 並開啓 TX2 發射至天線。
- 7、依照 3-5 步驟調整 TX2。
- 8、關閉 TX2 將系統恢復正常狀態。

### C. Phasing A2 - A3 :

- 1、關閉 TX1 & TX2。
- 2、在 GP 機架上方做如下圖接法：

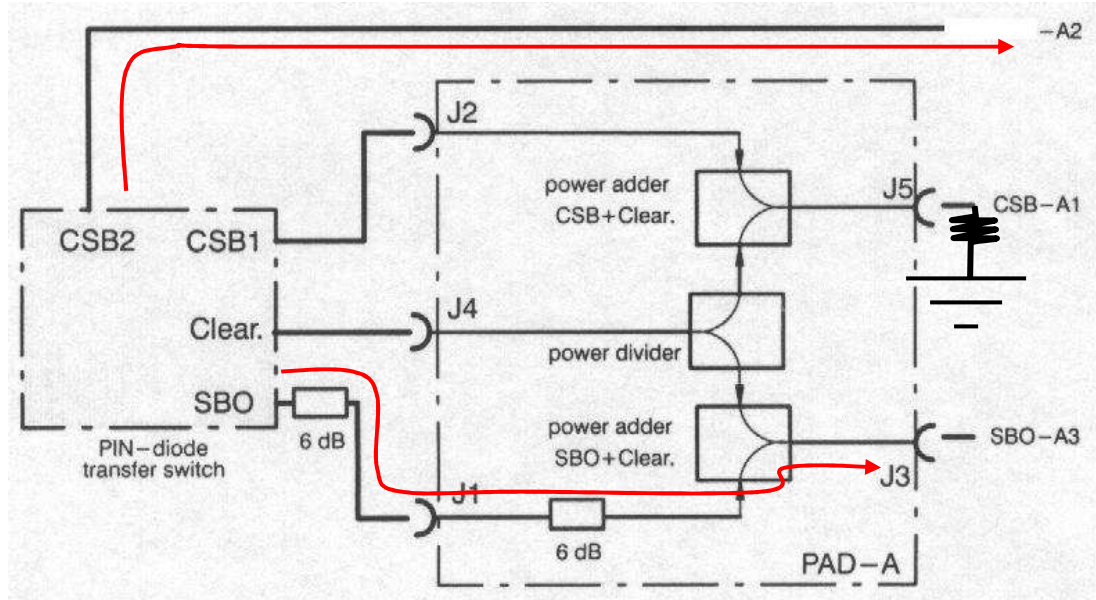


圖 3-12 測量接線

3. 開啓 TX1 Waveform#1 並設 CRS CSB2 DDM = 0 及 CRS SBO Amplitude = 80% 及 CLR RF-Level=0W。

4、將 TX1 發射至天線，改變 CRS CSB2 phase 數值直到 PIR 回報之讀值為 0% DDM(至少兩位為 0)，記下此值。

5、將 0% DDM 的 CRS CSB2 phase 數值加或減 90 度，取 PIR 回報 150 度(+ 值)領先的，未來輸入當做新的 CRS CSB2 phase 數值並且紀錄測量的 DDM 值[因為依據發射場型，在 1 度以下 A2(CSB2 : -150、-90) - A3(SBO : -150、+90) 的合成場型(2 倍-150、0)為 150 度領先]。

- 6、關閉 TX1 並開啓 TX2 發射至天線。
- 7、依照 3-5 步驟調整 TX2。
- 8、關閉 TX2 將系統恢復正常狀態。

### 3.6 測距儀(DME)硬體概述

DME-415 硬體概述：(如圖 3-13，14，15，16，17)



圖 3-13、DME415 機櫃外觀

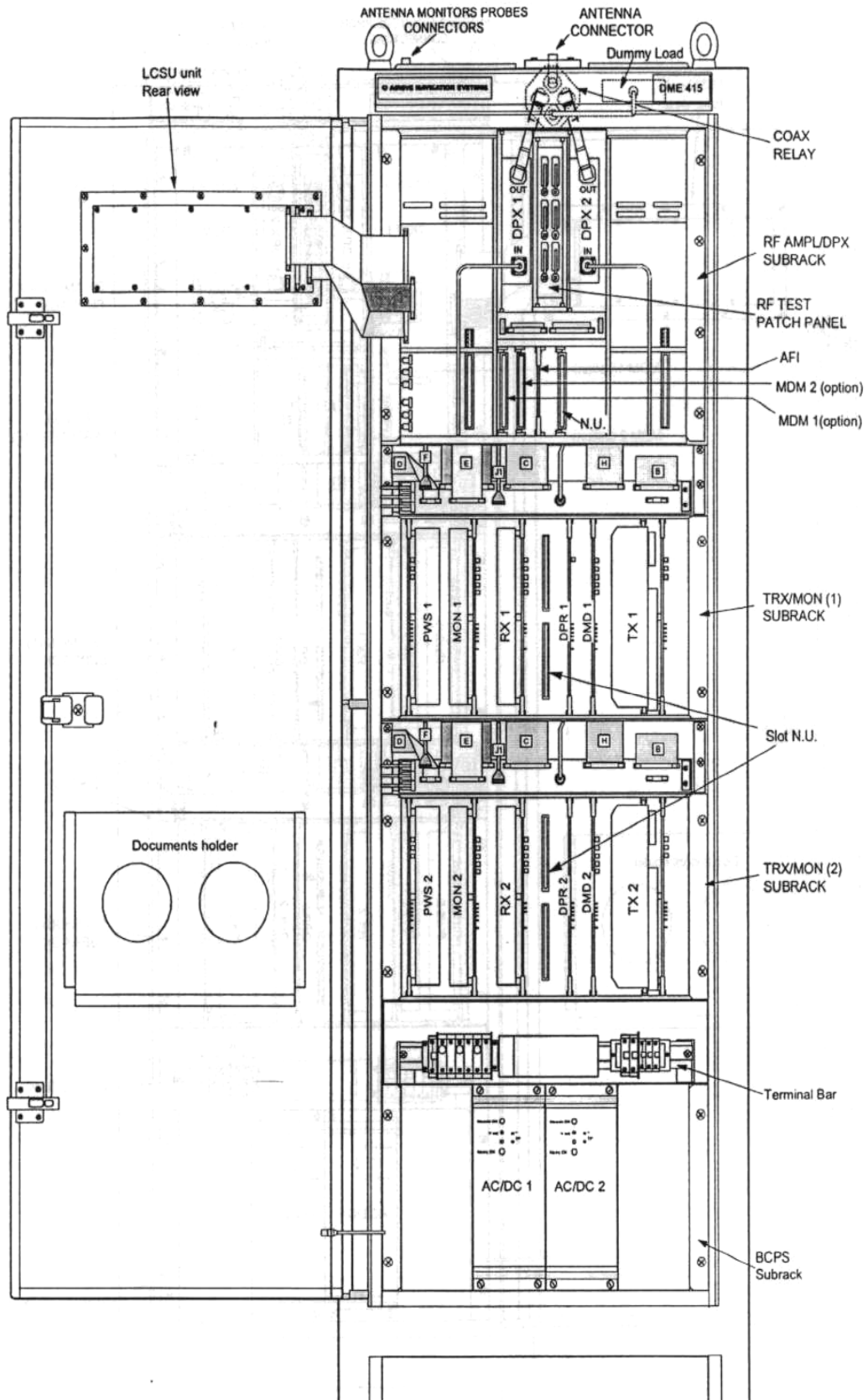


圖 3-14、 DME415 前端前視細部圖

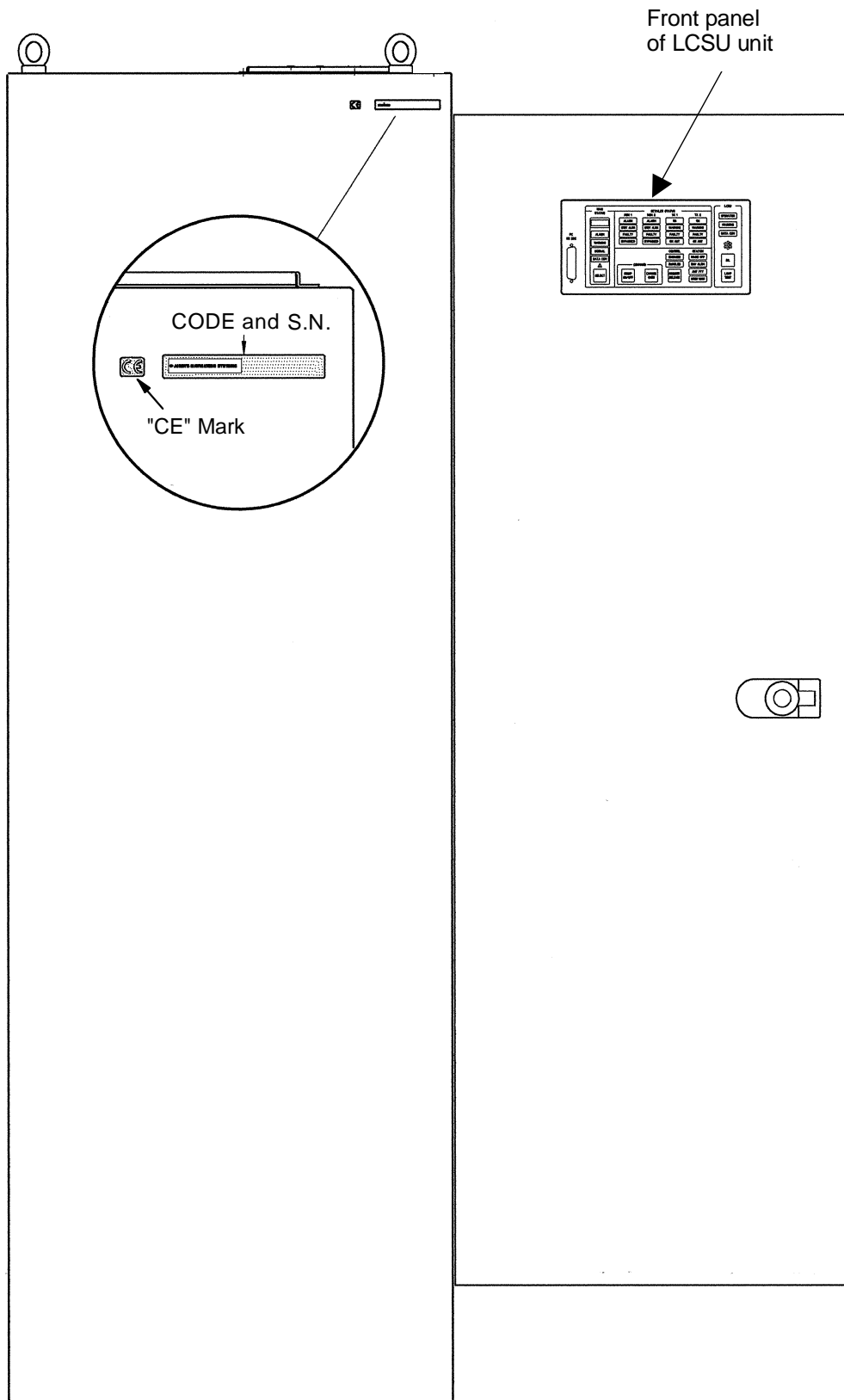


圖 3-15、 DME 415/435 左側視圖



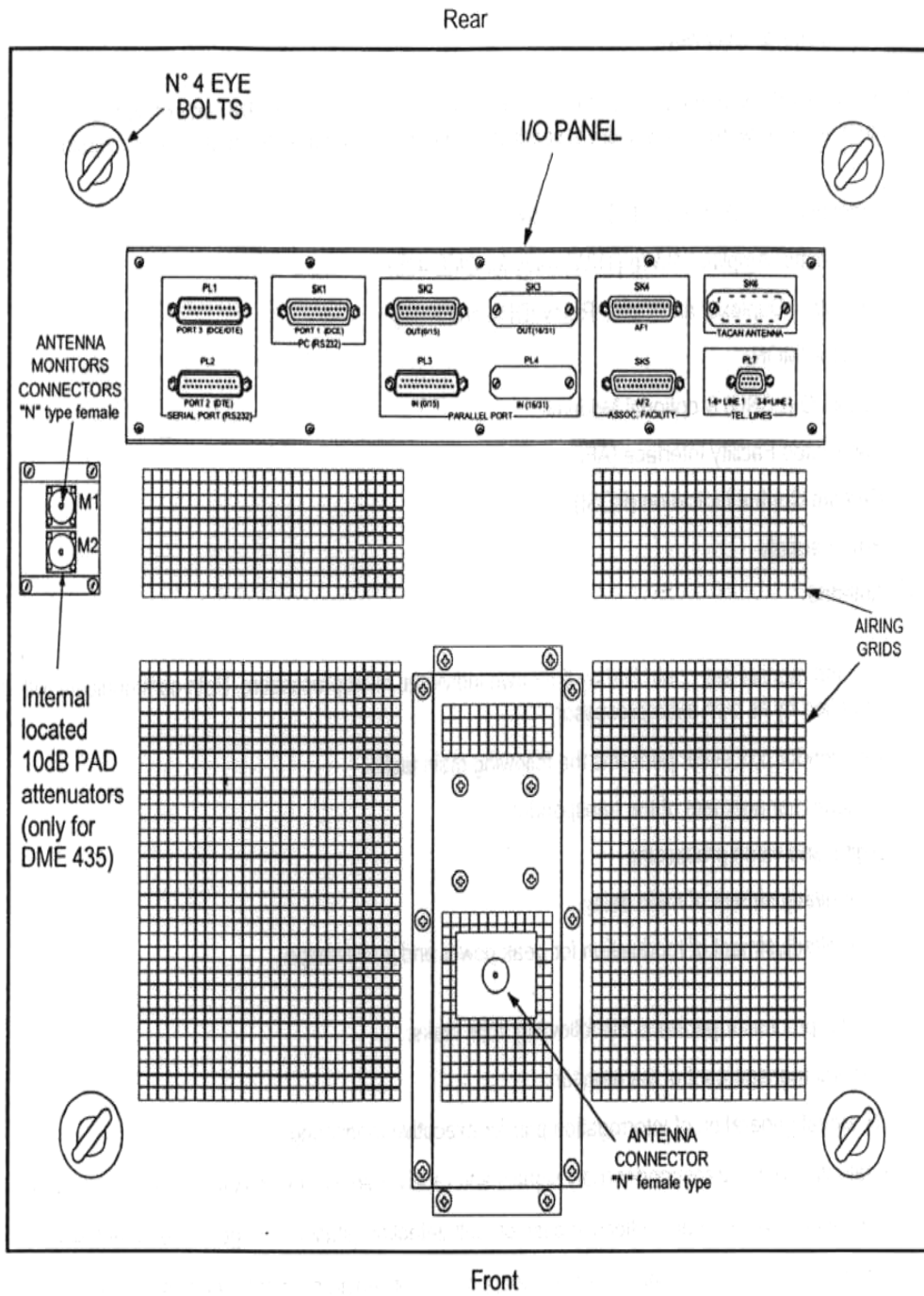
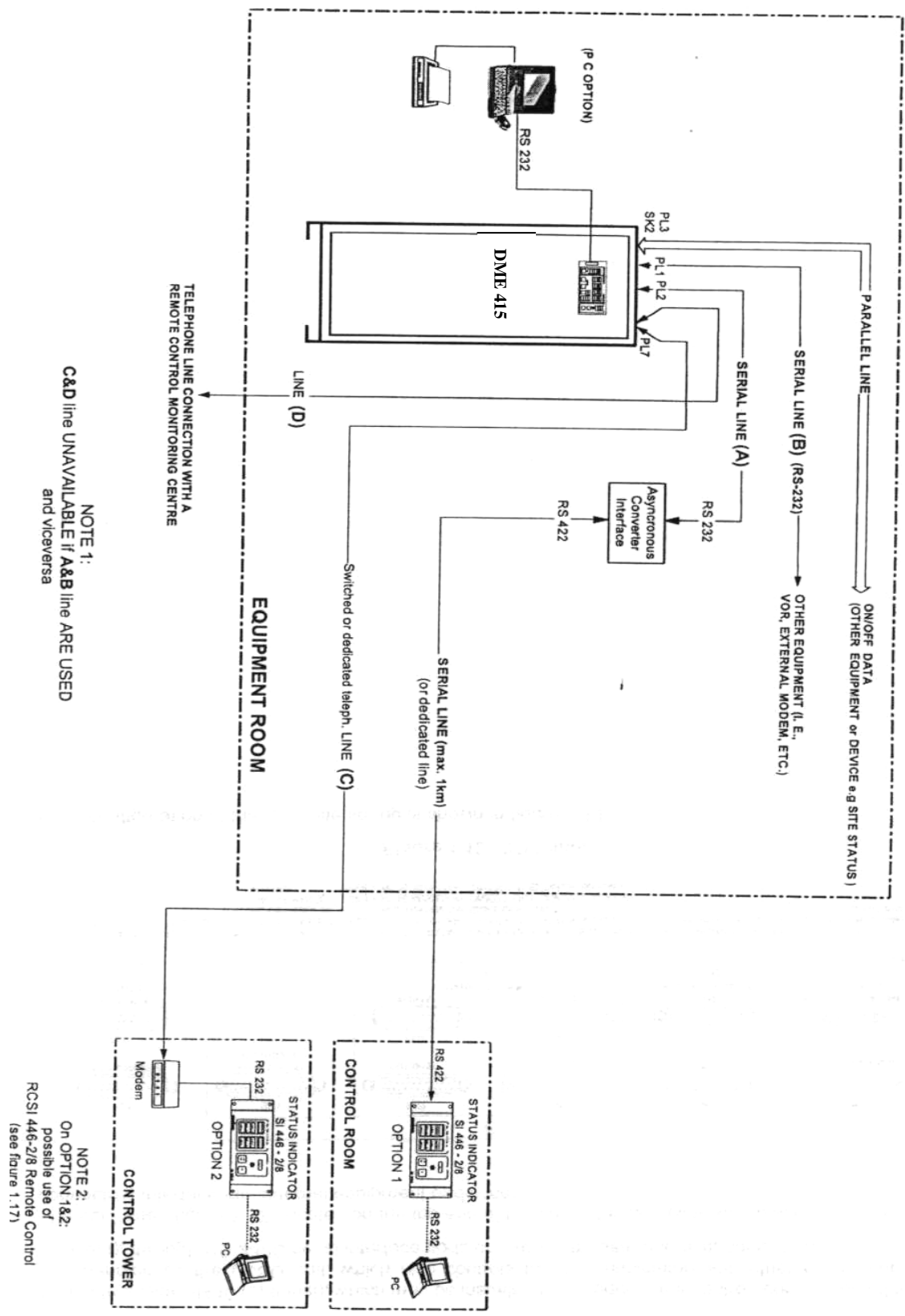


圖 3-16、DME415 頂端俯視圖



NOTE 1:  
 C&D line UNAVAILABLE if A&B line ARE USED  
 and viceversa

NOTE 2:  
 On OPTION 1&2:  
 possible use of  
 RCSI 446-2/8 Remote Control  
 (see figure 1.171)

圖 3-17、本地機房配置圖

DME-415 為近場使用、發射功率 100W 之固態電子測距儀，通常與 ILS 一起建構，本次採購的 DME-415 是採用雙發射機、雙監視器（FULL DUAL）的版本，其內部硬體模組架構如下：（如圖 3-18，19，20）

輸入/輸出（I/O）系統：包含 LOCAL、REMOTE CONTROL 及 MAINTENANCE SYSTEM。

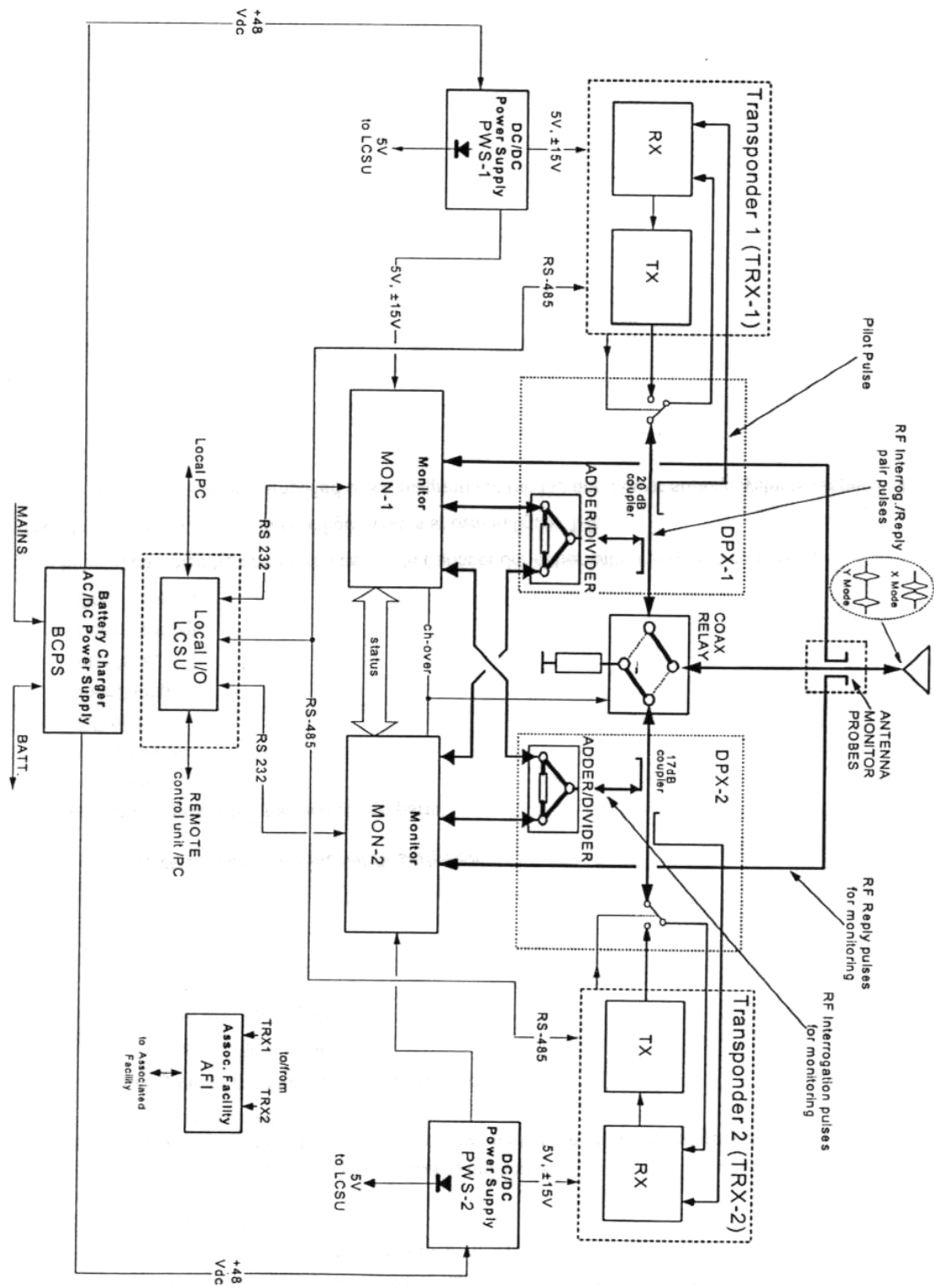


圖 3-18、DME 415 一般方塊圖

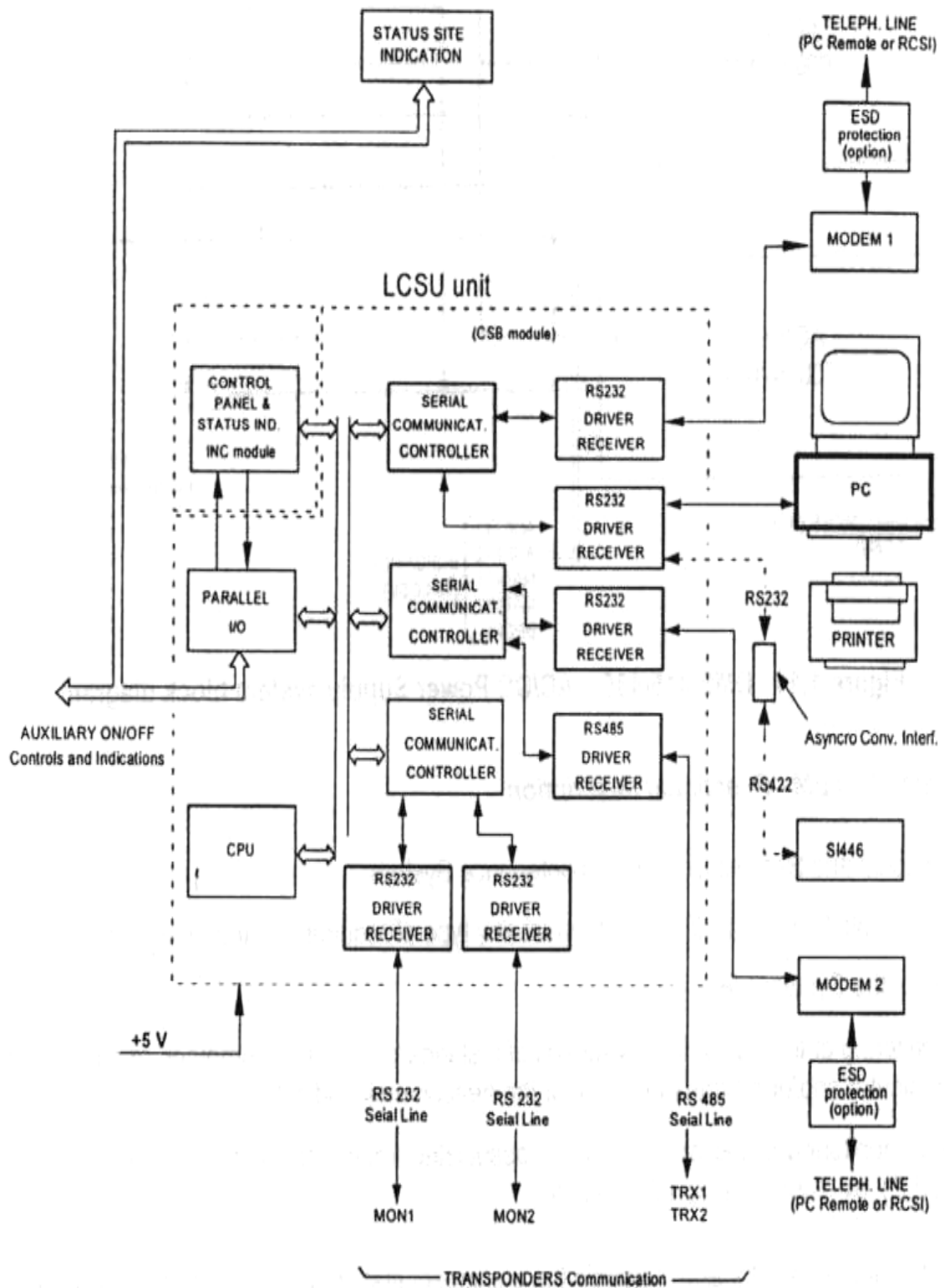


圖 3-19、DME 415 輸出入方塊圖

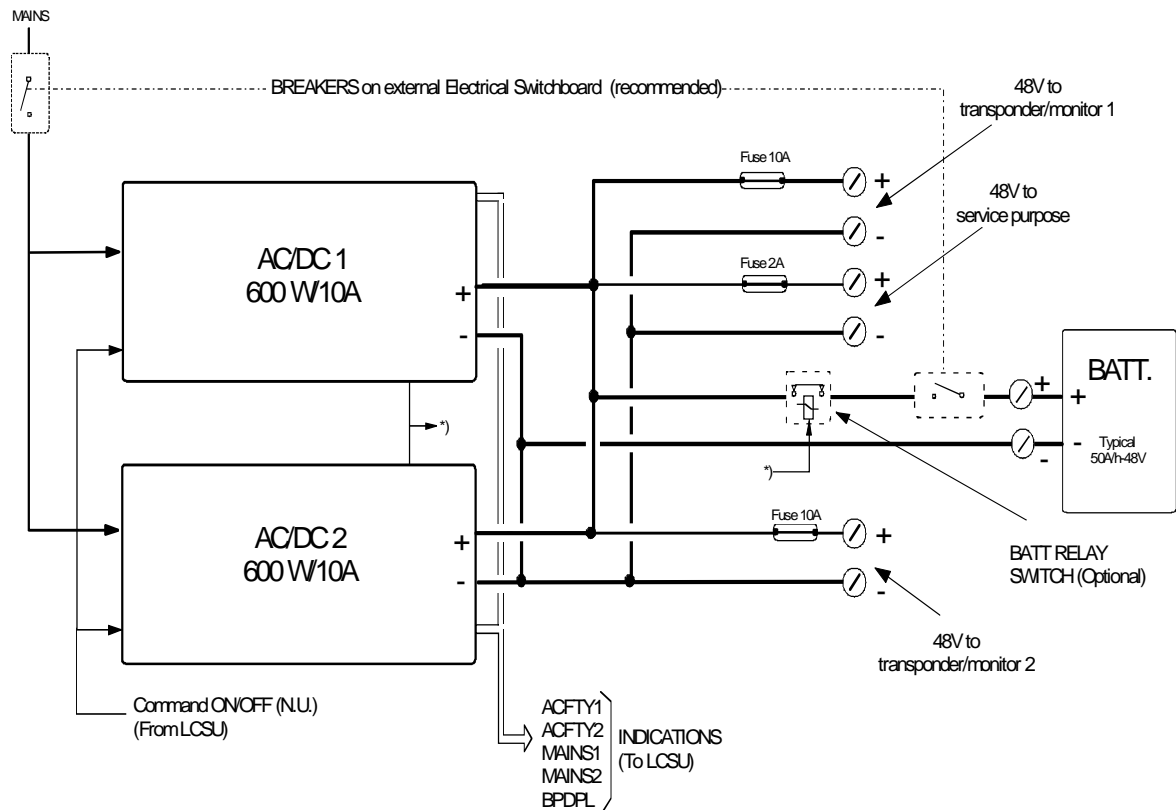
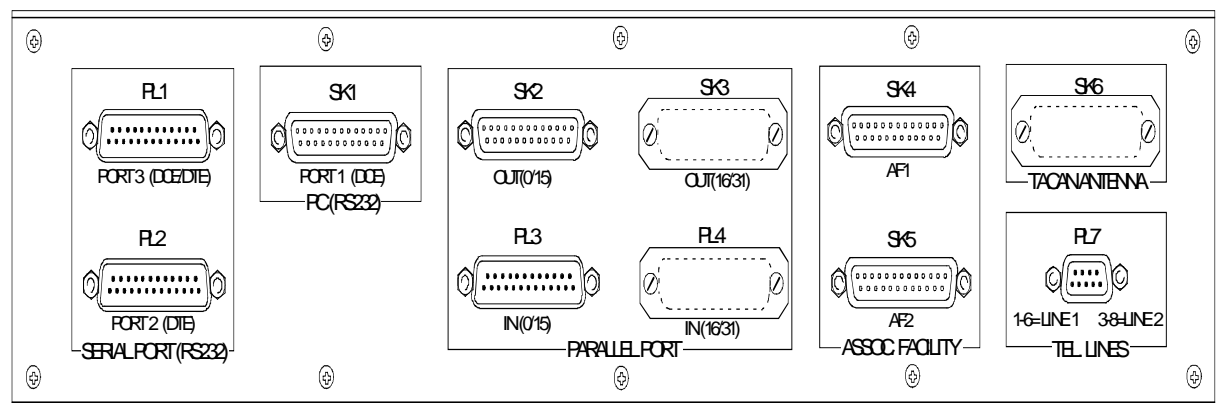


圖 3-20、DME 415 AC/DC 電源方塊圖

本地輸入/輸出 (LOCAL I/O) 單元：

LOCAL I/O 面板建置於機架頂端。(如圖 3-21)



R1=UNAVAILABLE if MDM2 IS USED    S1=FC correction    S2=N\*16 AUXILIARY ON/OFF OUT SIGNALS (standard)    S4=Associated Facility EQPT1    S6=NU  
 R2=UNAVAILABLE if MDM1 IS USED    UNAVAILABLE if    R3=N\*16 AUXILIARY ON/OFF IN SIGNALS (standard)    S5=Associated Facility EQPT2    R7=N\*2 Telephone Line  
    FC corrector on    (eg possible Site Status Indicator)    Internal MODEM connected  
 FRONT PANEL    is USED    S3=N\*16 AUXILIARY ON/OFF OUT SIGNALS (optional)    R4=N\*16 AUXILIARY ON/OFF IN SIGNALS (optional)

圖 3-21、輸出/輸入 面板

本地控制及狀態單元 (LCSU) (如圖 3-22)：

這個單元主要是用來連接主機和遠端設備，經由數據機和電話線路來和遠端控制機房連線，裝設在機櫃門板上，電源部份是由 DME 設備主機提供，本單元主要功能有以下幾點：

1. 送出基本控制命令到主機設備。
2. 顯示主機狀況。
3. 經由數據機將主機和遠端控制單元或 PC 連接。
4. 在機房內，由 PC 直接經由 LCSU 對設備主機進行監控及維護操作。
- 5 作為兩個配置設備的介面 (例如：DVOR 和 DME)。
6. 管理兩個數據機。

LCSU 的構成有以下兩個部分：控制狀態板模組 (CSB)。指示及控制模組 (INC) (如圖 3-23、24)。

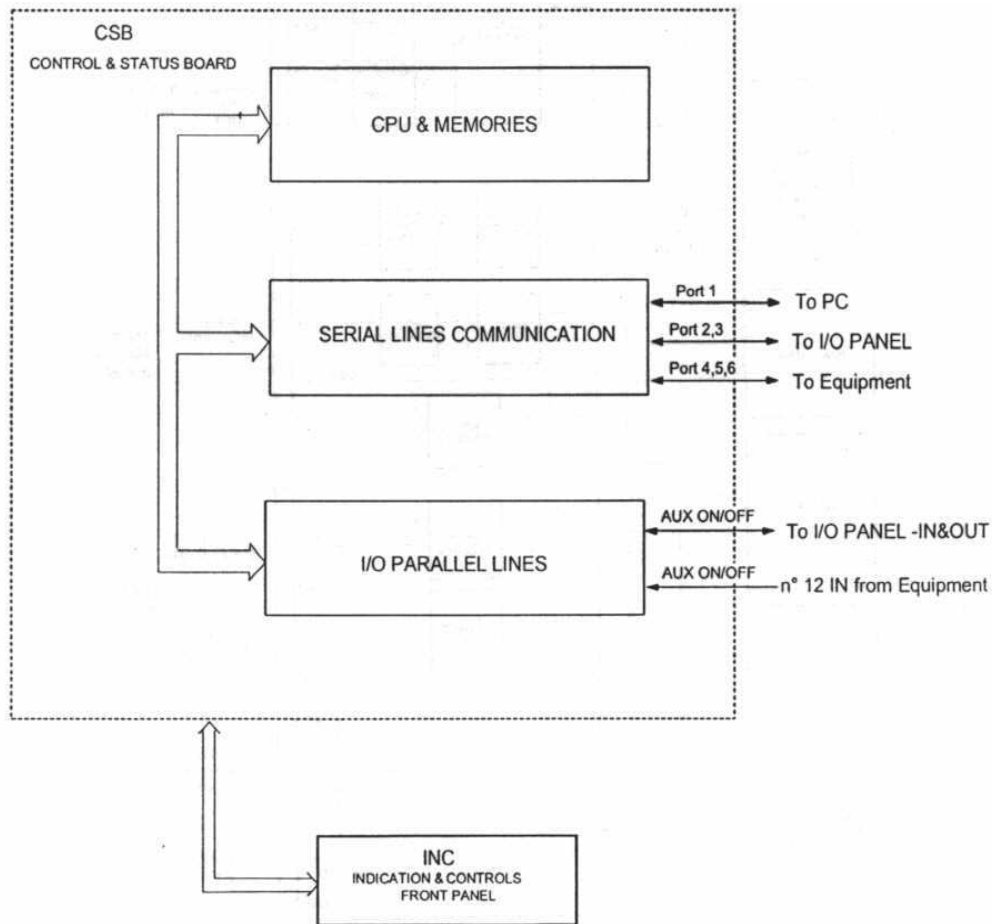


圖 3-22LCSU 單元簡易方塊圖

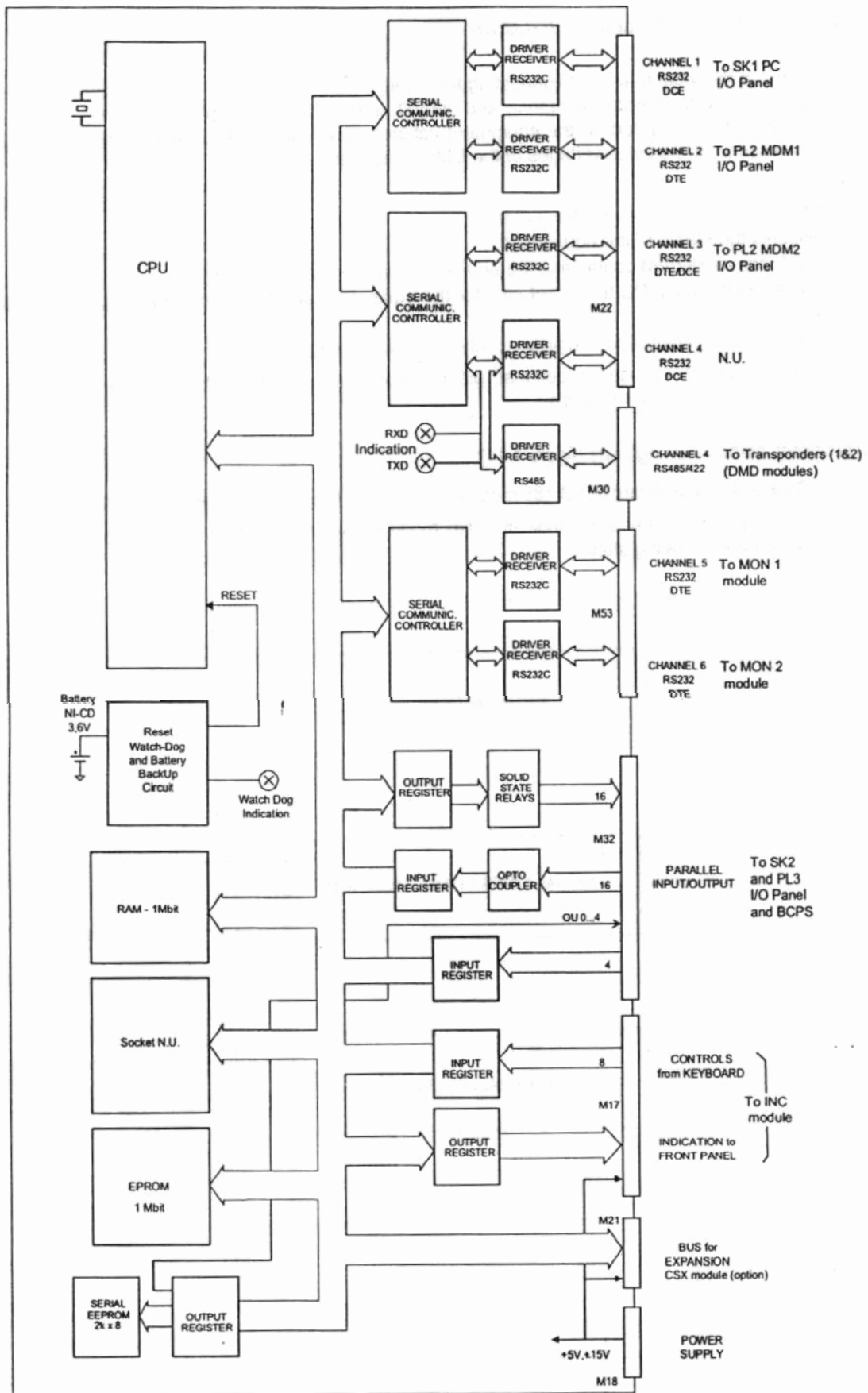


圖 3-23、CSB 模組方塊圖

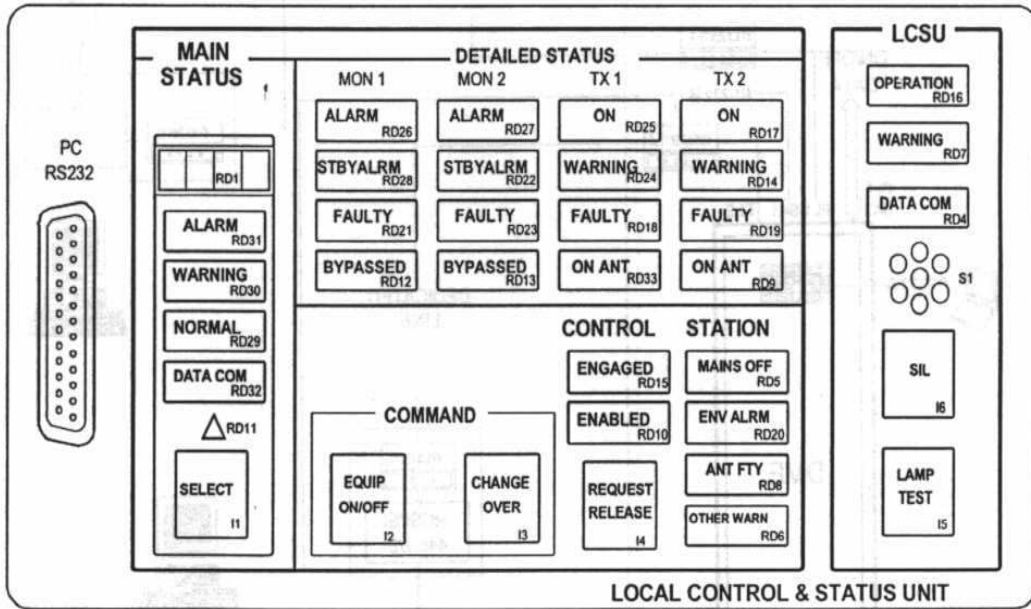
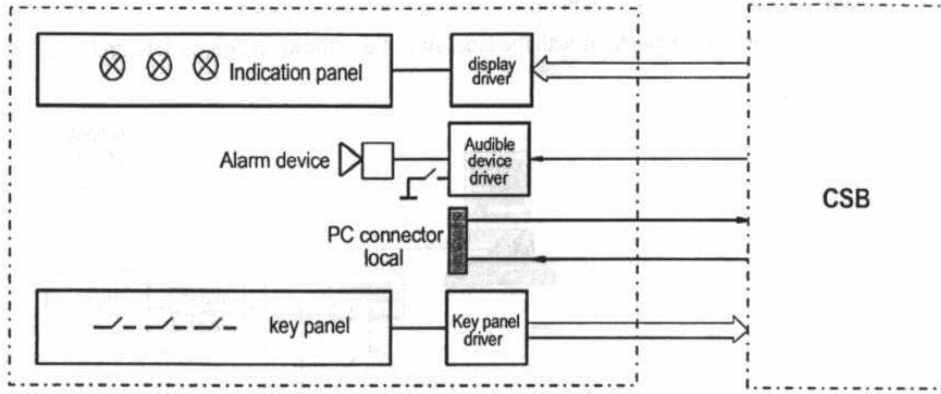


圖 3-24、INC 模組面板及方塊圖

射頻放大及雙工器模組 (RF Amplifier/DPX) :

- 雙工器模組 (DPX)。
- 同軸繼電器和驅動電路板 (KCX and KCXM)。
- 同軸假負載 (Coax Dummy load)。
- 輔助設備介面模組 (AFI)。
- 數據機模組 (MDM1) (MDM2)。

詢答器/監視器硬體架構 :



- 直流對直流電源供應模組 (PWS)。
- 監視/詢問器模組 (MON)。
- 接收模組 (RX)。
- 處理器模組 (DPR)。
- 調變器模組 (DMD)。
- 發射器模組 (TX)。
- 詢答/監視模組背板 (BPT)。

主電源硬體架構：

- 電池充電器電源供應模組 (BCPS)。
- AC/DC 模組 (AC/DC)。
- 電源端子板。

### DME-415 電路模組功能及原理：

詢答器單元 (TRANSPONDER)：(如圖 3-25，3-26)

本單元是由以下幾個模組構成的：

#### 1. 接收級的 RX 模組：

這個模組通常是用來放大和轉換航機所發射的詢問波 (RF UHF 脈波信號)。當天線接收到這些信號經由同軸繼電器 (KCX) 和雙工器 (DPX) 到 RF 前級被轉換成 63Mhz 的中頻，再經由對數放大器檢出(避免因航機距離的遠近不同使信號大小差異過大)。在轉換和放大其間，接收機並不會因此去修改每個接收信號脈波的特性，這是為了當 RF 詢問波在偵測點 (脈波的 50% 峰值位準處) 的大小，超過接收機的全動態範圍時，確保到達時間 (Time of Arrival) 的偏差最低。

接收器還有以下幾個功能：

- A. 藉由 1MHz 頻寬的帶通濾波器，無失真地接收來自航機的詢問波。
- B. 允許處理器去拒絕鄰近波道的詢問波 (OCV 信號)。
- C. 拒絕混附信號在假像頻率 (和接收頻率相差 126Mhz) 中，最小 75dB，其他混附拒絕至少 80dB。
- D. 產生前導脈波 (RF Pilot pulse)。
- E. 由 Synthesizer 產生 RF CW 信號供給 Tx Module。

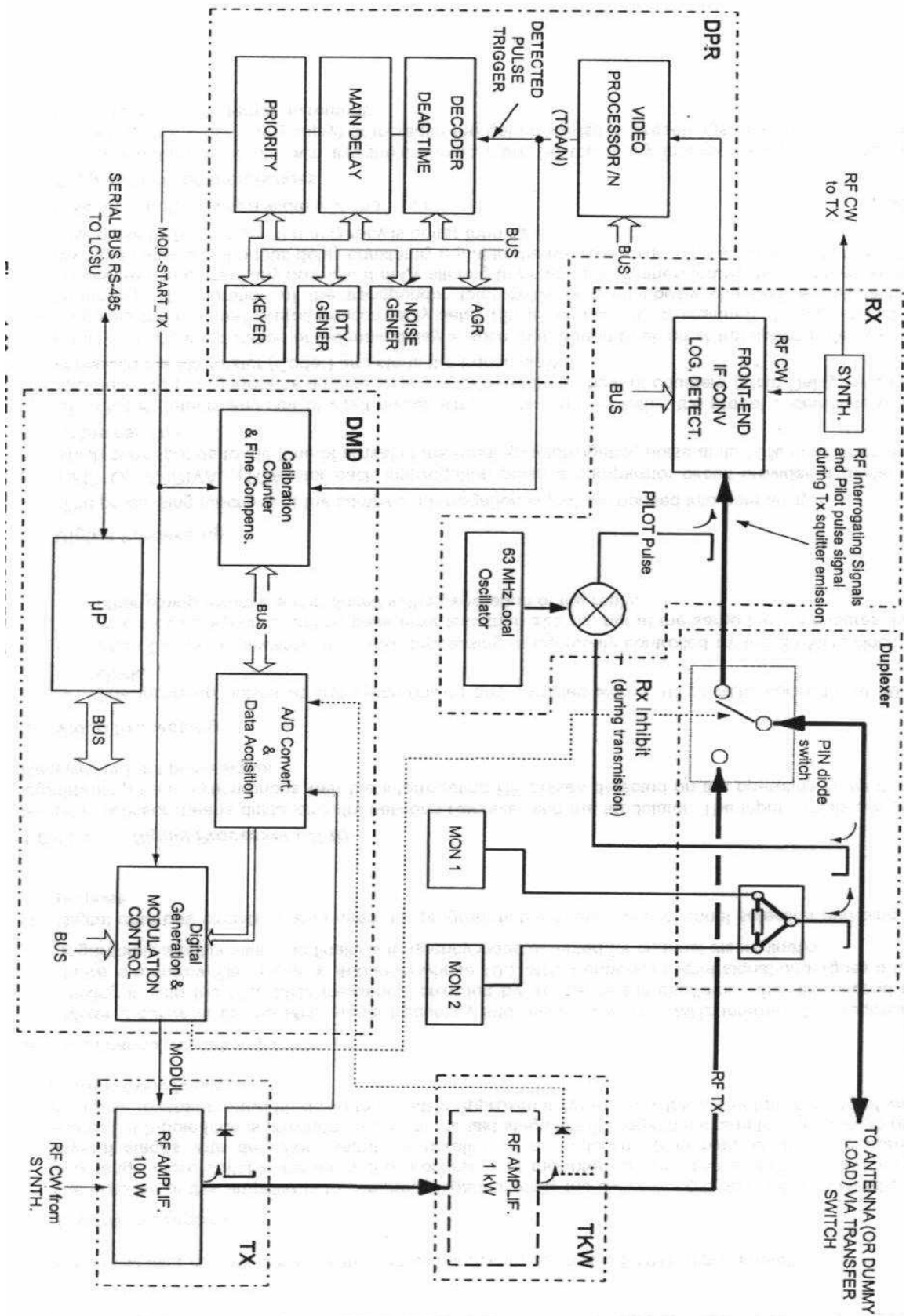


圖 3-25、DME415 詢答器主要訊號方塊圖

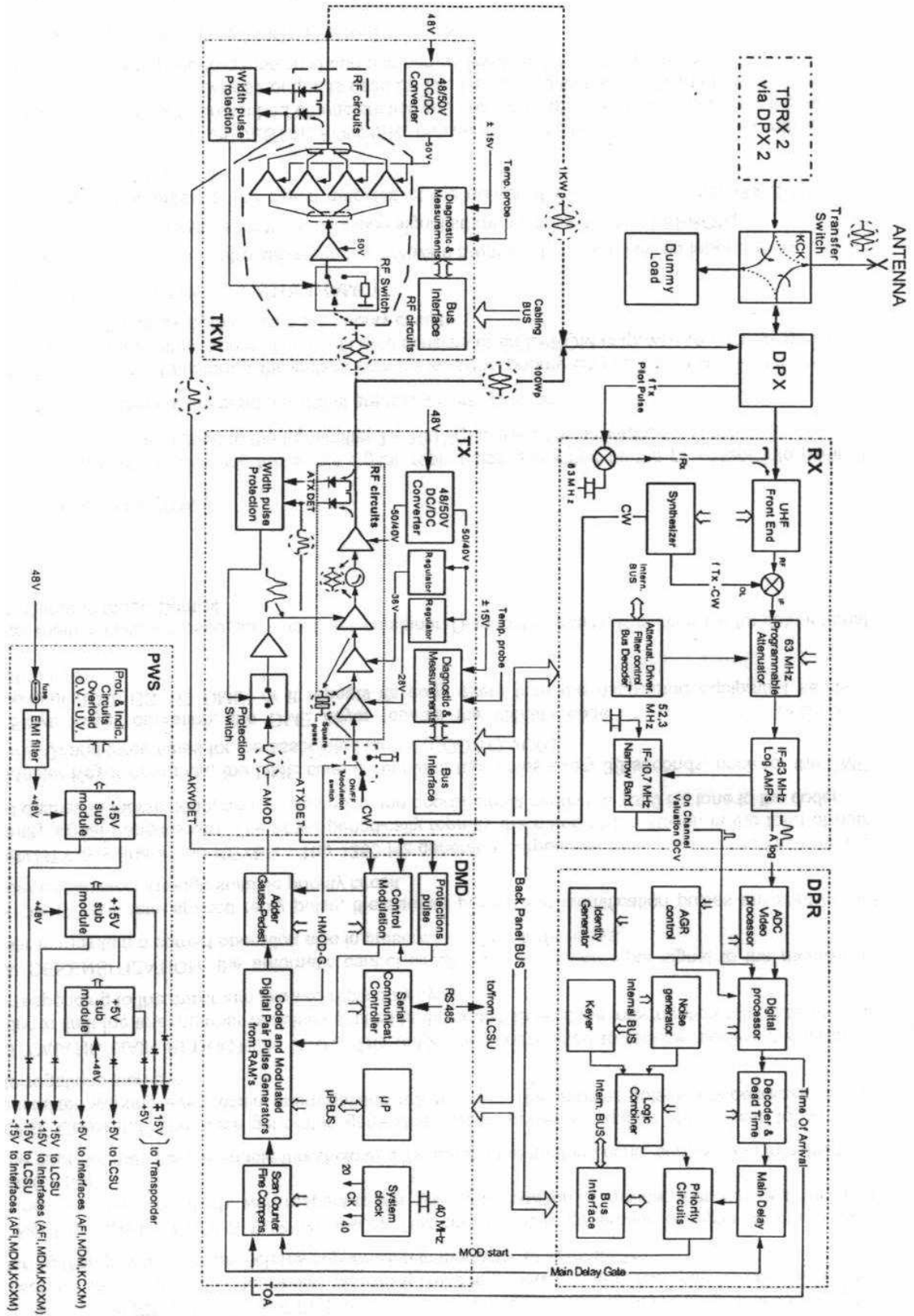


圖 3-26、DME415 詢答器方塊圖

RX 模組是由以下幾個主要電路構成：

A. UHF 耦合器及 63MHz 振盪器：

63MHz 振盪器經由 2 個電子開關 (RD1, RD2) 連接至混波器，將從雙工器取得的前導脈波轉換為詢問波頻率，經 RX 模組放大及處理後，送至調變模組，可用來校正主要延遲至 12.5 ns 之精確度。

B. UHF 前級：

①第一級的可調式變容二極體波道預選器，提供假信號衰減，使詢問波信號經過低雜訊放大器後，再到第二級的可調式變容二極體波道預選器。整體而言，當頻率偏移 126Mhz (接收波道之 image frequency) 時，這兩個預選器和低雜訊放大器的選擇度會大於 75dB。

②第一級混波器和可程式合成器提供 63MHz 的中頻轉換。由於詢問波與相應的回答波總是相差 63MHz，此混波器會將詢問波的頻率各自轉換成 63MHz 的第一中頻信號，再線性放大 18dB。

C. 合成器 (Synthesizer)：

在 DME 工作頻率 962MHz 到 1213MHz 之間，可每隔 1MHz (頻道寬度) 而改變傳輸頻率，用來產生 RF CW 信號作為第一級混波器的本地振盪信號，另外 RF CW 信號經 11dB 放大後，傳送到發射機。

D. 可程式衰減器：

一組可程式衰減器藉由前導脈波技術及靈敏度的降低，使詢答器有能力自我測試主要延遲並使維護人員可以執行診斷測試 (diagnostic testing)。衰減器後經過一個 3.5MHz 帶通濾波器，將全頻寬下降到大約 3.5MHz。

E. 對數放大器 (logarithmic Amplifier)：

對數放大器的目的是對數地壓縮接收之詢問信號 (壓縮接收信號的動態範圍 90dB)，避免因航機距離相差太遠而造成不同信號之大小 Level 差異過大，以方便處理詢問波。這個放大器是由數級並列偵測，共同輸出至一條信號上 (分散壓縮，共同輸出)，一個三極的濾波器放在最後一級對數放大器的前端作為降低雜訊用 (全頻寬降至 0.8MHz)，以便對較弱的信號作正確的處理。

F. 在波道確認 (OCV)：

第二級混波器用 52.3Mhz 頻率 (由本地石英振盪提供) 轉換 63Mhz 信號頻率進入第二中頻 (10.7Mhz)，在這第二級混波器之後有一個窄頻寬濾波器 (大約 400Khz)，它輸出的 10.7MHz

信號，再經過對數放大，最後進行頻率視頻偵測以達成波道鑑別之目的。

G. 數位電路與資料匯流排：

這部份的功能由 DMD 模組的 CPU 管理，此 CPU 在答詢器系統中是唯一的一個，它完成所有由軟體指定的工作，一個特定的 EEPROM 包含了使用者的調校參數，在 RX 模組中，此 CPU 操作可程式化衰減器，波道選擇及診斷程序等等。

2. 信號處理器 (DPR) 模組：

信號處理器是介於接收器和調變器之間數位化電路系統，輸入信號是與接收機工作波道偵測到的 RF 詢問脈波或前導脈波同步的類比對數脈波。

A. 視頻處理 (Video Processing)：

輸入脈波先被一個 10 位元 ADC 轉換以 20MHz 時脈同步並取樣，之後，脈波處理被 20MHz 時脈嚴格地控制，這會引入一個低於±25ns 的同步波峰錯誤，但同時，它也確保沒有其他時基錯誤被引入在回答的產生上。

B. 數位處理 (Digital Processing)：

對取樣詢問波的處理功能是放在閘道陣列上：

- ①. 到達時間 TIME OF ARRIVAL (TOA)：對於每一詢問脈波，比較器電路均提供一個數位脈波，它對應於到達之類比詢問脈波上升時的半峰值點。
- ②. 解碼電路 (DECODER)：偵測任何一對的輸入脈波，當其 spacing(12  $\mu$ s) 間距落在這預設被接受的數值時，會產生一個加入主要延遲 (main delay) 的脈波，然後送到調變器並且開始發射，以確保通過本電路的詢問信號皆有正確的 Spacing。
- ③. 主要延遲 (main delay)：主要延遲加上詢答器其他所有的延遲時間即為此 DME 站臺的回答時間 (reply delay)，其正規值 X channel 是 50 $\mu$ s，Y channel 是 56 $\mu$ s，而且是被持續檢查，有一個自我校正的程序，藉由改變計數器產生的 main delay，能訂正任何可能的偏移，如此能使總共的延遲恆定為正規值，此測量倚賴前導脈波技術且其精確度比 12.5ns 更佳。
- ④. 摒棄寬度少於 1  $\mu$ s 之脈波。
- ⑤. 假設有太多架詢問航機，會自動增加自己的門檻 (距離太遠的航機將不會收到任何回答) 或者為了特定的站臺或系統的需要，操作者可以事先設定增加增益。
- ⑥. 短距離回波抑制：這電路有防止解碼電路錯誤的功能，藉

由控制單元，可預設去獲得介於詢問對組成的二個脈波之間的敏感度回復，或者在 X 模式或在 Y 模式去獲得回波抑制。

- ⑦. 長距離回波抑制：這電路禁止對多路徑的回波產生回答，它關於直接詢問波的延遲，大於接收機的遮沒信號（dead time 60us），操作者可以自設致能門檻、持續時間和抑制門檻。
- ⑧. 雜波產生器（Noise/Squitter Generator）：產生隨機脈波或雜波，即使無詢問波進來時仍保持發射機工作，當詢問波增加時，則雜波會被減少。
- ⑨. 自動增益降低（AGR）：爲了限制送到編碼器的脈波總數，自動控制電路通常會降低接收靈敏度。也就是說即使詢問率超過機器的負荷，系統只會工作在最大允許回答工作週期。
- ⑩. 連續波不敏度（CW DESENSITIZATION）：這個自動控制電路通常降低接收器輸入信號的大小，是期望即使有 CW 干擾出現時，仍然能夠有正確的操作。
- ⑪. 優先權：正確空間回答脈波、雜波和 ID 脈波等三種脈波，送到編碼調變電路之前，會先經適合的優先權電路編排優先順序。
- ⑫. 識別碼產生器和鍵控器：1350HZ 的信號產生器輸出音頻至鍵控電路，產生識別碼信號發射。有二種鍵控方式；一爲當主控方（MASTER）時，DME 碼會每 30 秒重覆 4 次，一次給 DME 本身，三次給關聯的設備。另外一種方式爲當服從方（SLAVE）時，DME 所重覆的識別碼是由關聯的設備提供，或是由關聯的設備提供同步信號來觸發 DME 產生識別碼。

### 3. 調變（DMD）模組：

調變器會轉換經由本級處理器所產生的單一數位回答脈波，變成調變脈波對送至 TX 單元，在 DMD 模組這 CPU（80C186）有它自己的組合邏輯管理這整個系統的詢答器程式。在調變器裏有一個保護電路也提供發射機驅動級和最後放大級的 RF 電晶體保護作用，它會去檢查來自處理器的脈波率以防止任何偶發的工作週期增加。處理器處理信號的功能是放在閘道陣列，有以下幾個功能：

#### A. 編碼器（CODER）：

編碼器轉換來自優先權電路的脈波成爲脈波對然後供給到發射機電路。編碼器電路本身有一個 EPROM 的晶片，它的位址產生器接受來自優先權電路的脈波觸發。

B. 自動調變控制 (AMC)：

本電路是由軟體程式控制，有以下輸入信號：對於調變信號以數位方式儲存在 EEPROM 內所須要的某些參考值，另一個信號為發射機的最後一級所數位取樣回來的信號。

C. 數位高斯波和基底形成：

用指定特性和校正外形基底來轉換數位編碼的脈波對變成類比高斯脈波對，這兩個信號被加到適合的電路去提供輸出信號給 TX 級，而這兩個外加信號是由 AMC 電路所調整以便從 TX 級輸出的 RF 信號能有擬高斯的外形和正確的大小。

D. 校正計數器和細部補償：

用在對主要延遲 (main delay) 作補償，主要延遲可分為數位和類比部分兩個部分：

數位部分的延遲可被清楚的知道，它是由數位處理器產生，長度已被微處理器計算並設定好，以保持總共的 main delay 為正規值；而類比部分的延遲則是未知的，它是由發射機及接收機的類比電路產生，然而，我們仍可藉由前導脈波技術和簡單的啓始停止計數器而測量得知，此計數器的開始是由發射機的輸入觸發信號 (START\_TX)，開始產生一個前導脈波，然後用接收機的輸出觸發信號 TOA (Time Of Arrival) 作為結束。在此是忽略發射探針和接收耦合的射頻路徑延遲時間。使用 20MHz 時脈的測量誤差是 50ns，此測量可以使用特殊的軟硬體程序去模擬出 80MHz 的更佳精準度，事實上，將前導脈波延遲 0ns、12.5ns、25ns、37.5ns 的一系列四個信號，足以決定出 TOA 和類比延遲時間，而能有 12.5ns 的解析度，同樣地被微處理器所設定的數位延遲也可以應用相同的解析度。

類比延遲可被分為兩個部分 (如圖 27)：a. 粗略延遲 (coarse delay)：由時脈 20MHz 的計數器測出。b. 細部延遲 (fine delay)：用來以適當的延遲值 (0ns、12.5ns、25ns、37.5ns) 延遲發射機的調變產生時間。

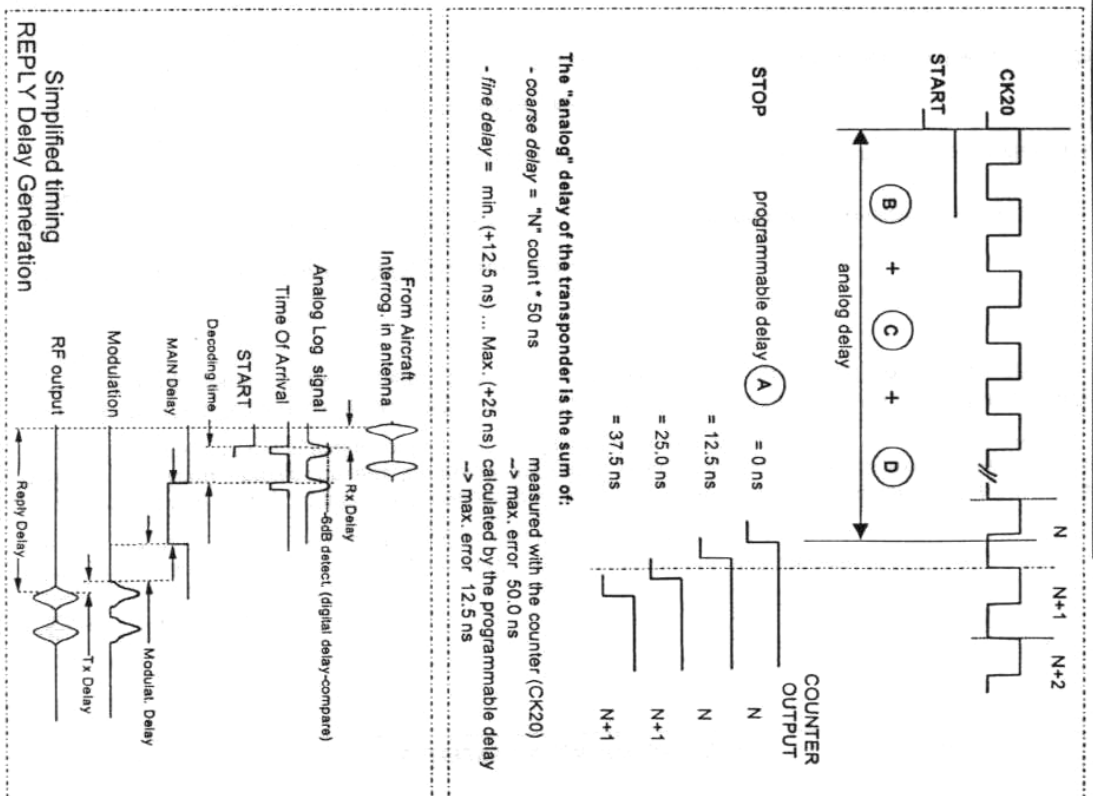
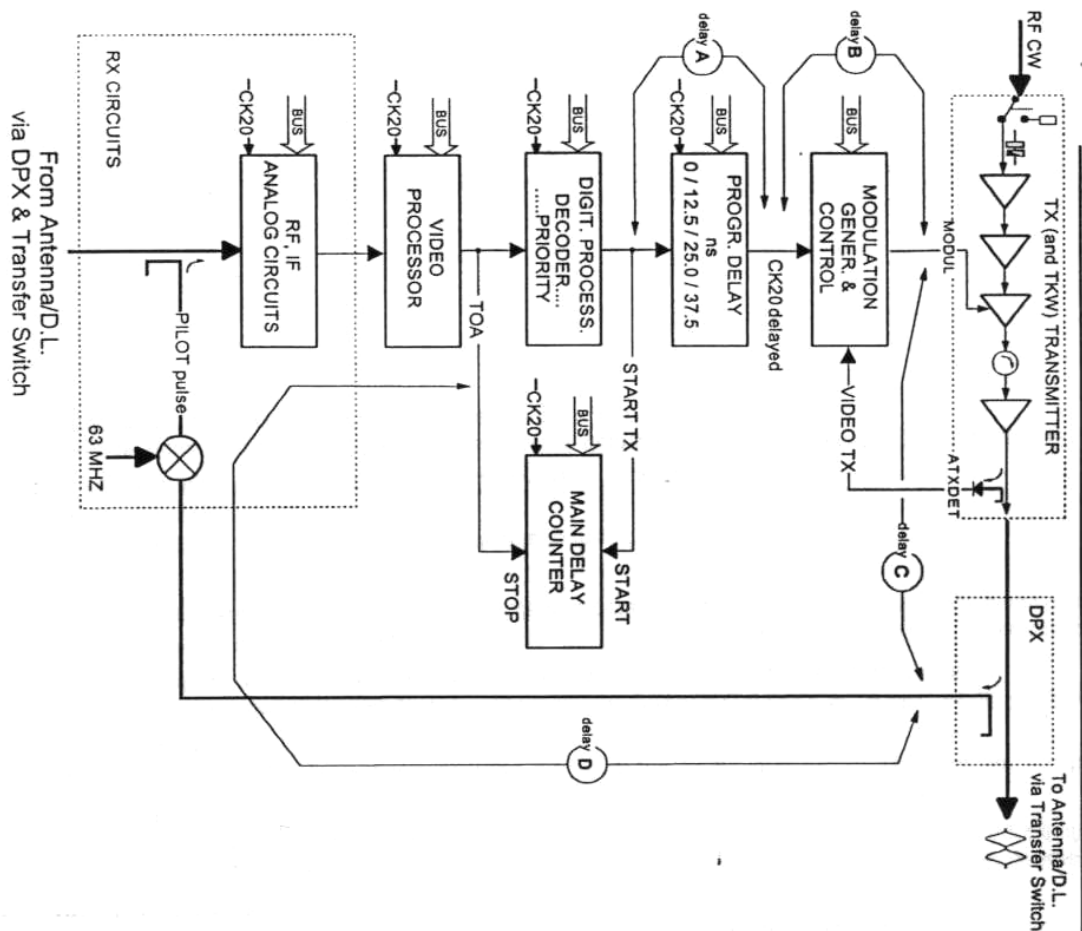


圖 3-27、DME415 詢答器主要延遲和補償



#### 4. 發射機 (TX) 模組：

此發射機模組為全固態式，並且涵蓋整個從 962MHz 到 1215MHz 的頻率範圍，不須手動調諧或調整。此模組產生 RF 調變脈波，經由雙工器和同軸繼電器送到天線發射出去，這個信號是藉由調變 RX 模組的頻率合成器所產生之連續波 (CW) 射頻信號，再經平方放大級所得到的，就是由 DMD 模組輸出 AMOD 擬高斯波信號，去完成 RF 的高斯調變。TX 模組中一系列的 RF 放大級，是由四個串接區塊所完成，且 RF 電晶體的組態是共基極的架構。第一級和第二級是用來放大連續波 (CW) 信號，轉換成方波的形式，在第一級的前端有一個 RF ON/OFF 的開關，由 DMD 模組提供一個 HMOD-G 的信號來控制這個開關，以使回答脈波和雜波的脈波對能在正確的週期被發射。第三級是被來自 DMD 模組的擬高斯波所調變的，為了得到最佳的射頻輸出頻譜波形，這擬高斯波形對第四級能以最線性的方式工作是必要的。在第一級放大器有專用的電源供應 (DC28V)，第二級放大器則有 36VDC 專用電源供應，而最後一級放大器則有 50VDC、6Amp 的專用電源供應。本模組也有一個偵測電路 (ATXDET 信號)，那是為了完成 RF 波形和頻譜的自動調變控制所須要的，以及保護電路並確保發射機自己的接收不會受到任何故障的損害。

#### 5. 詢答器電源供應 (PWS) 模組

此電源供應模組輸入電壓標準值為 48V 直流，經過電磁干擾濾波器 (EMI filter) 輸入到三個積體化模組的直流/直流開關轉換器 (DC/DC switching converter)，提供三種穩定電壓；+5V，+15V，-15V，分別提供到以下模組使用：

- A. +5V 到監視器和詢答器
- B. +5V IA 到 LCSU 單元
- C. +5V IB 到介面模組，如 AFI、MDM、KCXM
- D.  $\pm 15V$  到監視器和詢答器
- E.  $\pm 15V$  IA 到 LCSU 單元
- F.  $\pm 15V$  IB 到介面模組，如 AFI、MDM、KCXM

每一穩壓輸出均提供過電壓、低電壓、過電流等自動保護裝置。

#### 6. RF 路徑和雙工器 (DPX) 模組：(如圖 3-28 29)

一個同軸轉換開關，是用來讓主要 (main) 詢答器接上天線而備份 (stand-by) 詢答器接上假負載，而天線的探針是用來監視 RF 回答信號。雙工器單元是由射頻澆鑄物和印刷電路板所構成，包括以下三項：

- A. RF 開關電路連接詢答器的兩個 RF 接頭 (發射和接收)。
- B. 一個耦合器偵測前導脈波並傳送到接收機，用來校正回答延遲 (reply delay)。
- C. 另一個耦合器耦合內部監視器從詢問到回答的 RF 信號：它有以

下幾個功能：

- ①. 校正功能。
- ②. 向 RX1 和 RX2 發出詢問脈波。
- ③. 測量 TX1 和 TX2 的回答脈波。
- ④. 測量從天線探針來的回答脈波。
- ⑤. 自我診斷。

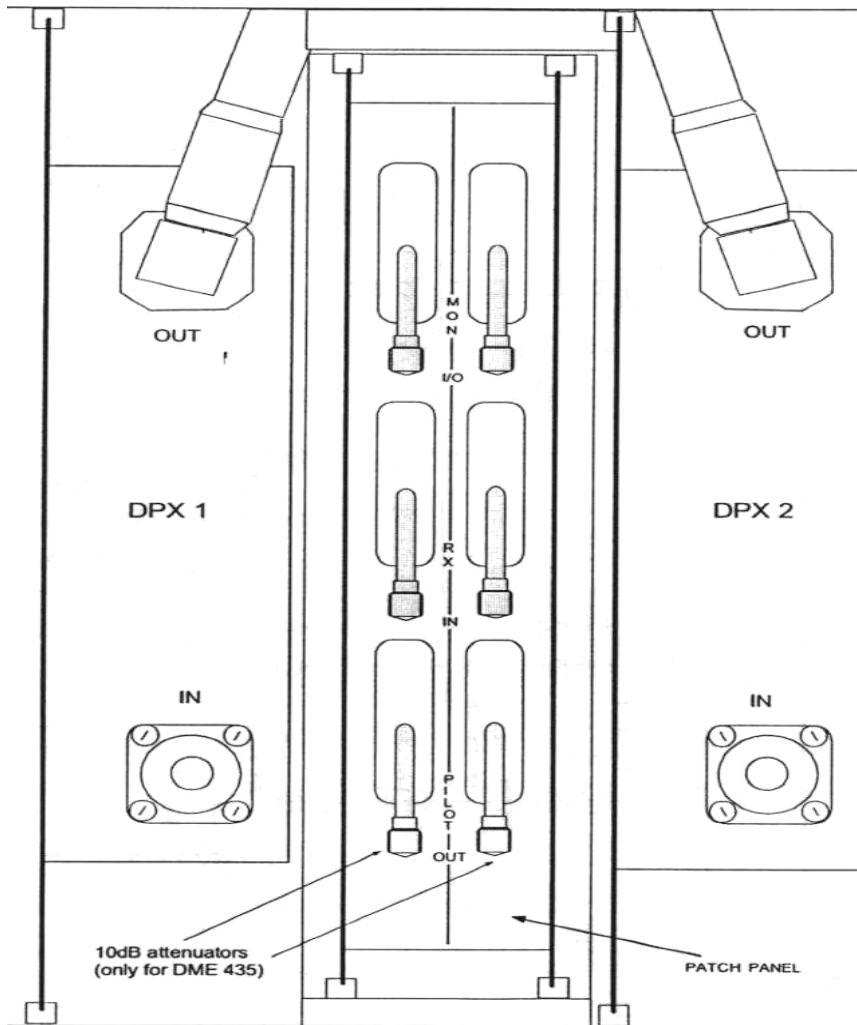


圖 3-28、DME415 射頻面板及雙工器

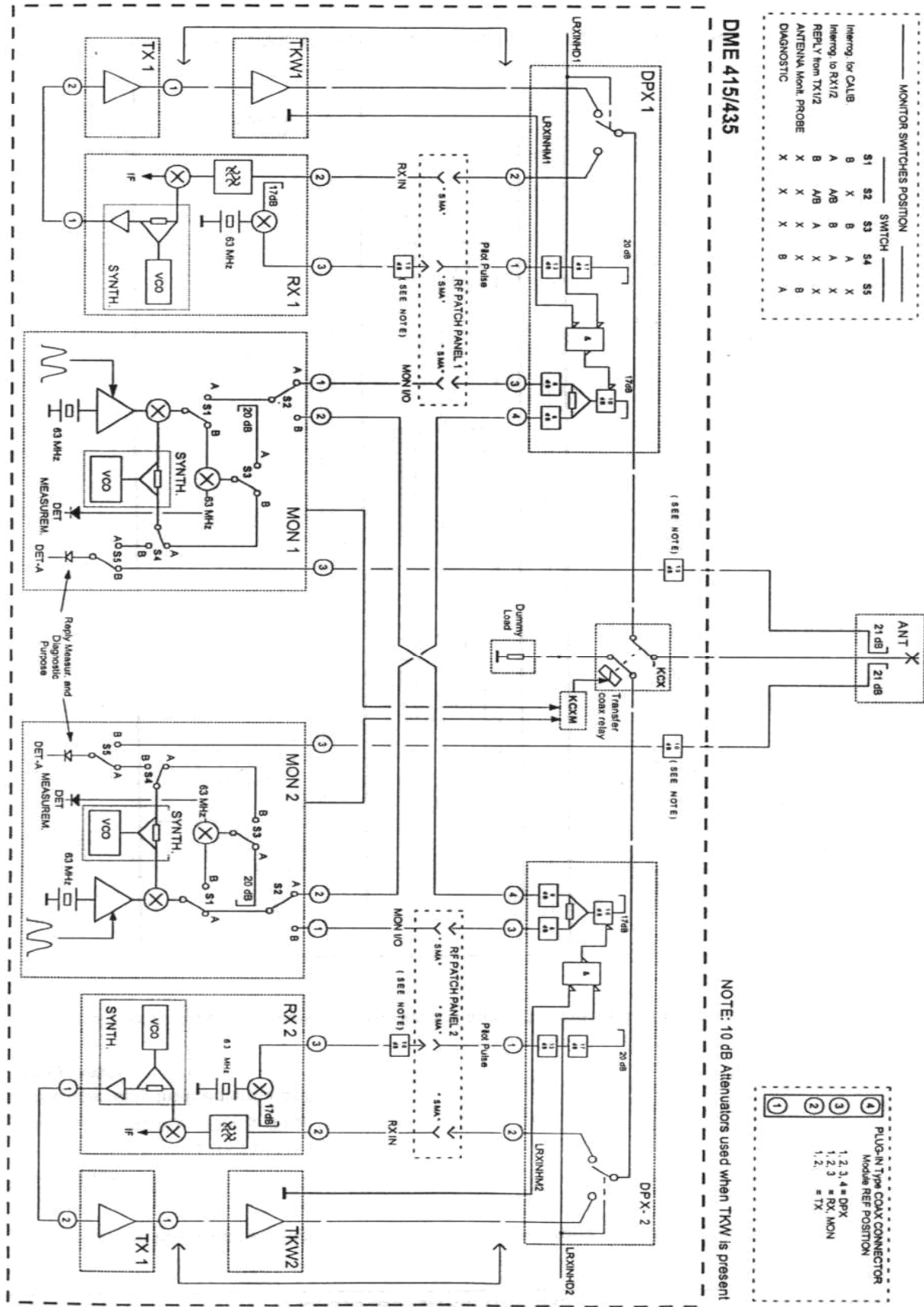


圖 3-29、DME415 RF 路徑圖

## 7. 監視器系統 (MON) : (如圖 3-30)

本系統是採用雙監視器系統，每一監視器均由頻率合成器、詢問器、信號分析器和資料處理器所構成，且均含有可完全程式化的 DME 指令集，有能力去執行所有定期維護和自動診斷所需的測試及檢查功能。這個系統可分為以下幾個區塊：

### A. 頻率合成器 (FREQUENCY SYNTHESIZER) :

頻率合成器產生一個連續波 RF 信號提供給詢問器和獲得電路使用。

### B. 詢問器 (INTERROGATOR) :

詢問器產生詢答器接收頻率的 RF 信號，是由啟動詢問程序的內部 CPU 所規劃的，在這個自動測量程序裏，詢問波是用來測量詢答器的回答延遲和回答效率。此外，當數位處理器發出要求時，詢問器可以提供執行定期檢查所需的全部信號，爲了這個目的，以下參數可以被分別設定：

- ①. 信號外形。
- ②. 詢問器的脈波重覆率。
- ③. 詢問器的脈波寬度。
- ④. 對第二個詢問器而言的詢問延遲。
- ⑤. RF 信號的衰減可達到 100dB，每次調整 1dB。
- ⑥. RF 頻率調整每次 100kHz。

### C. 獲得電路：由以下 3 者所組成

- ①. 偵測器，一個單二極體偵測電路被用來偵測詢問脈波對及回答脈波對，這是爲了消除任何非線性效應，以及在測量主要延遲期間，偵測器本身產生的漂移。
- ②. 用來數位化偵測信號所需的高解析度類比/數位轉換器。
- ③. 隨機存取記憶體 (RAM) 用來儲存資料信號，供微處理器進行處理。

### D. 微處理器和數位處理：

大部份的測量都是由微處理器和它的儀器所執行，例如：延遲、效率、脈波寬度、功率大小。

### E. 測量儀器：

更多消耗時間的測量，是由包含時基和計數器的專用硬體電路進行測量，例如識別碼、發射率等。

### F. 射頻開關：

這開關能讓詢問器和獲得電路能切換到主詢答器 (天線) 和副詢答器 (假負載)。

### G. 監視器回答延遲測量：(如圖 3-31)

對於獲得電路和包含回答延遲的測量、監視器的詢問脈波

對及詢答器回答脈波對的信號處理電路，監視器設計的基本理念是使用單一偵測器和相同的測量電路來處理。此設計克服了最常見的問題，就是使用二個不同的偵測器去測量詢問和回答，因而造成誤差的情形。唯一要做的，是要保持 IF 信號在偵測器的輸入能有相同的位準。而主要延遲的測量是由以下兩個步驟所完成：

- ①. 首先，執行一種監視器的自我校正，測量「詢問器延遲」的時間，介於開始詢問和偵測到此詢問本身的到達時間（Time Of Arriva）之間。
- ②. 接下來則是測量「回答的產生延遲」，介於開始詢問和偵測到詢答器產生回答的到達時間（Time Of Arriva）之間，這個時間叫做「回答的產生延遲」，因此，回答延遲的公式為：

$$\text{回答延遲} = \text{【「回答的產生延遲」} - \text{「詢問器延遲」】}$$

而用來校正的詢問波是在監視器的內部，並不會載入到詢答器中。

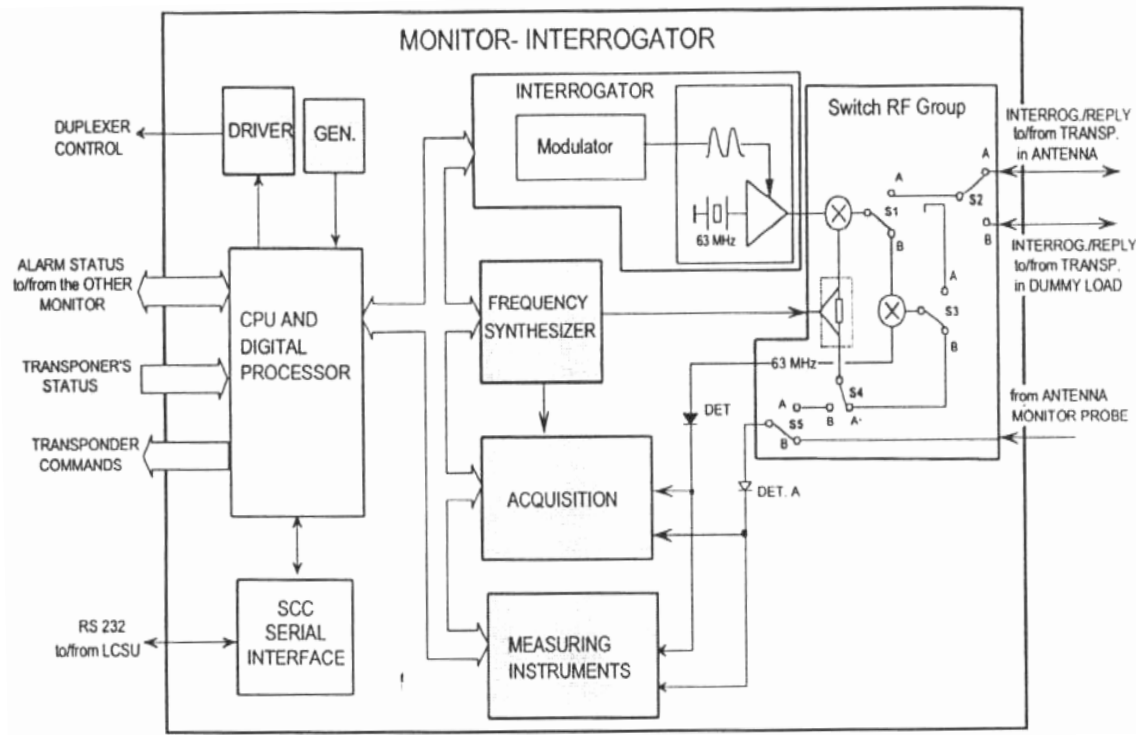


圖 3-30、DME415 監視器方塊圖

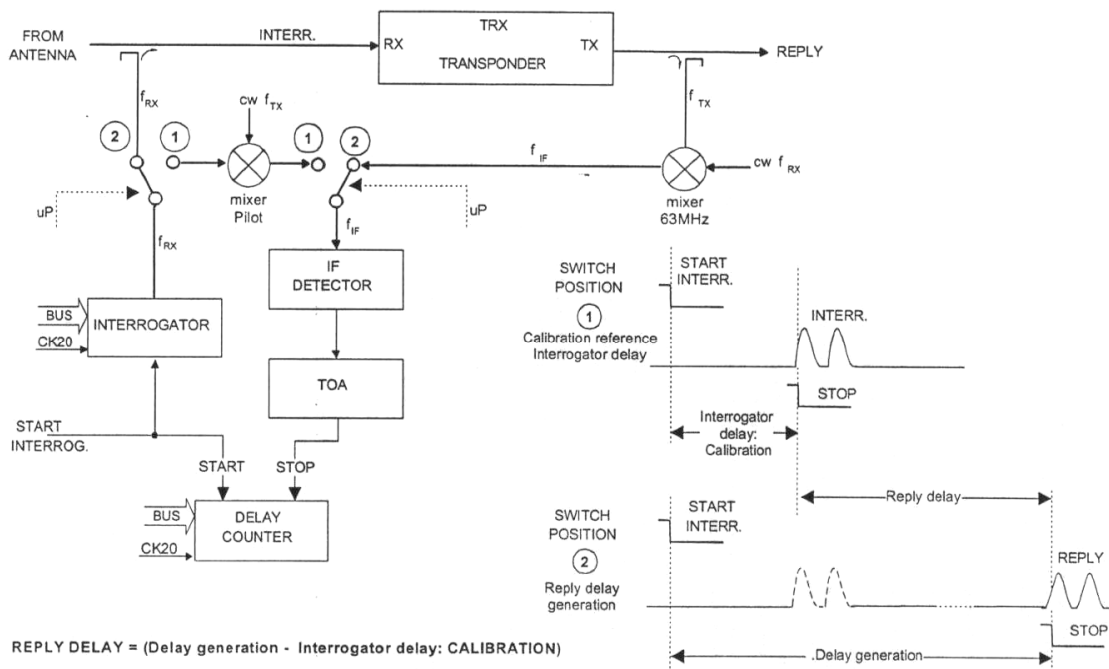


圖 3-31、DME415 監視器 回答延遲測量

8. 電源供應系統 (PWS) : (如圖 3-32, 33, 34, 35)

DME415 的主要電源供應單元是電池充電及電源供應器 BCPS (Battery Charger & Power Supply), 將 230VAC 轉換成 54VDC 並對電池 48V 充電及供應給主機, 當市電停電時即可由電池供電。BCPS 單元包括兩個轉換式 AC/DC 電源供應器, 最多可到四個, 每個電源供應器可提供穩定電壓 54VDC, 最大電流 11A。同時可在適度的時間內對浮接的電池充電。這兩個 AC/DC 模組有錯誤恢復的能力, 當其中一個模組有錯誤時, 另一個可負擔起整個系統的正常供電, 不影響系統的效率。

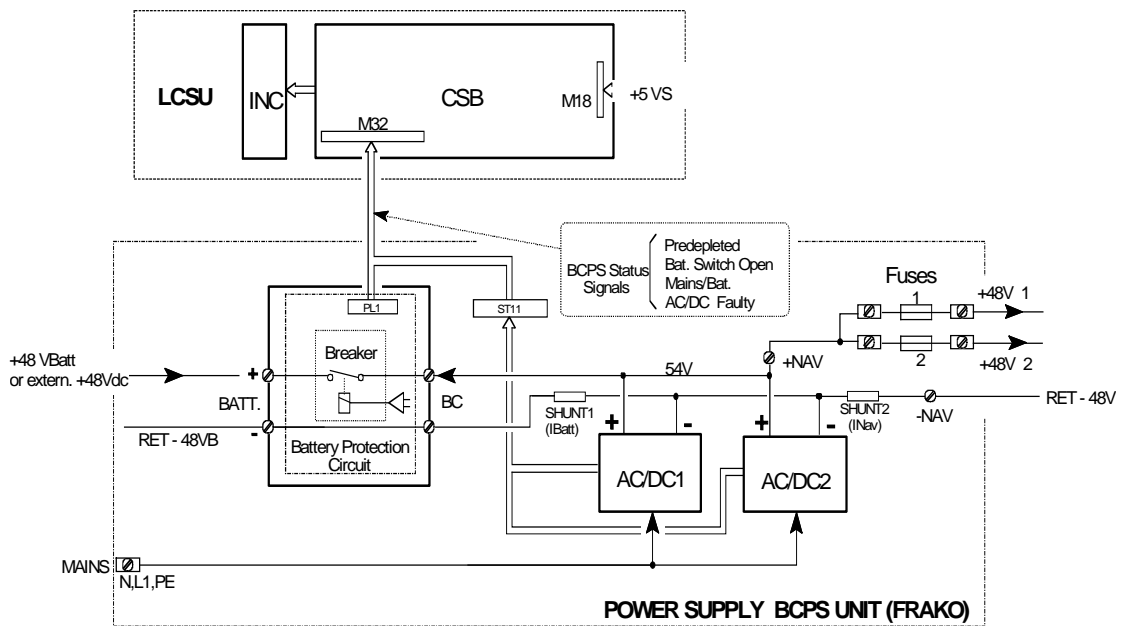
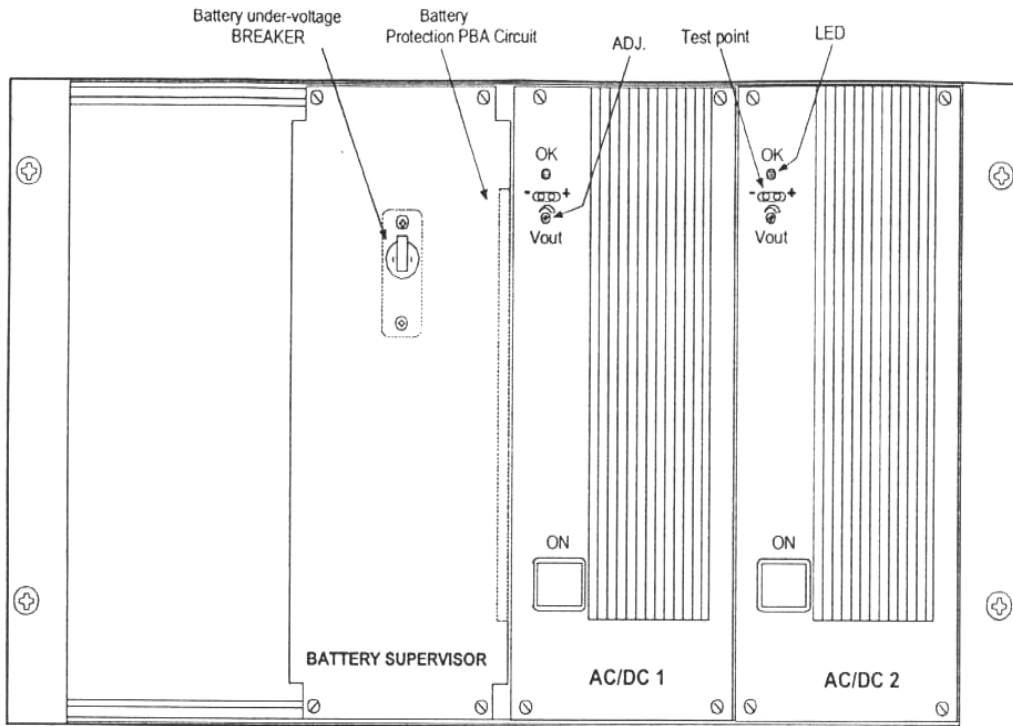
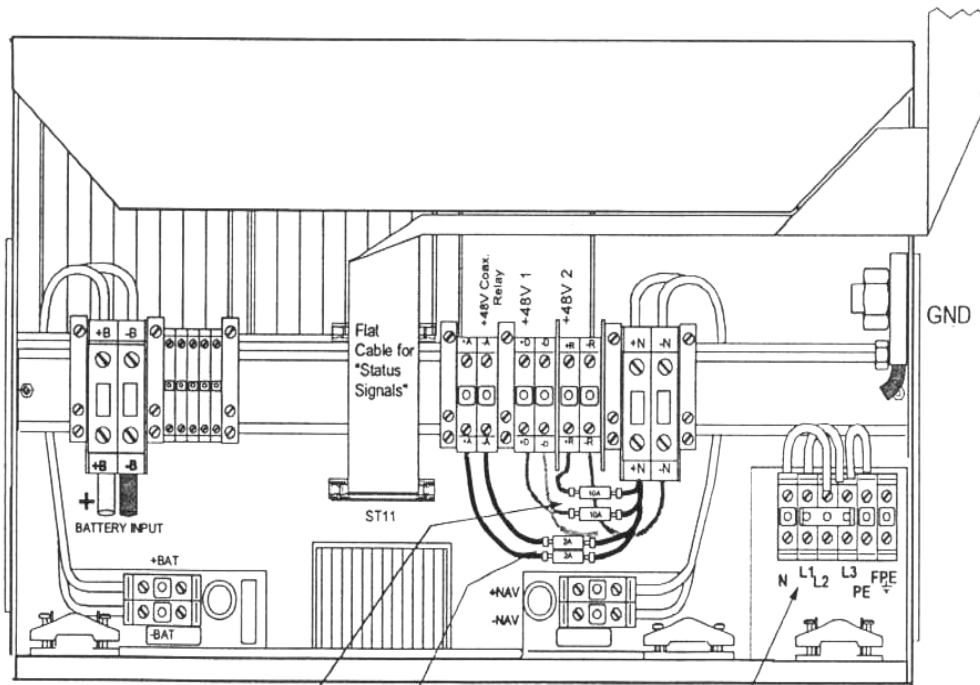


圖 3-32、電源供應器 BCPS Frako 型



Front view



Rear view

圖 3-33、電源供應器 前後視圖

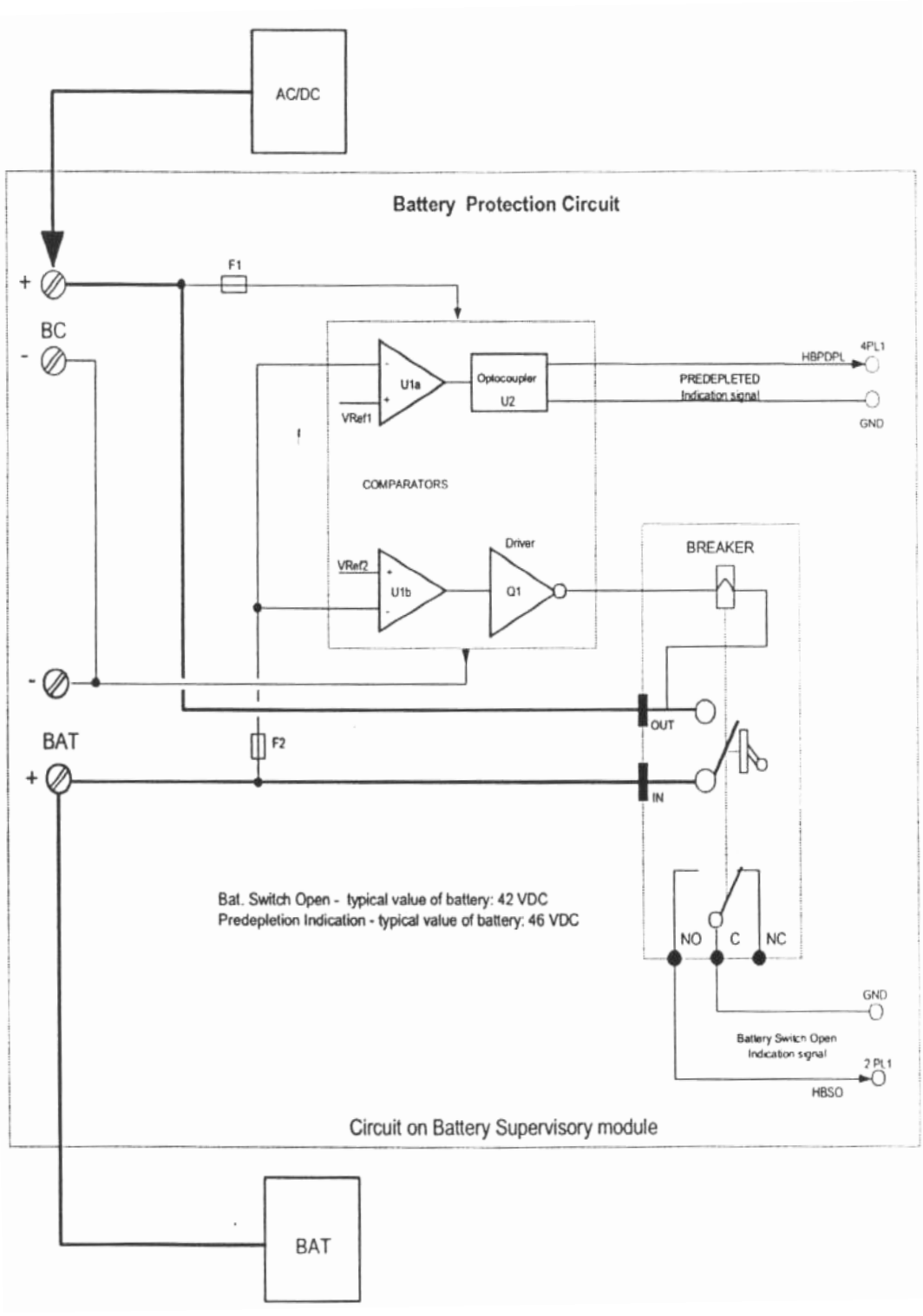


圖 3-34 電池監督保護電路



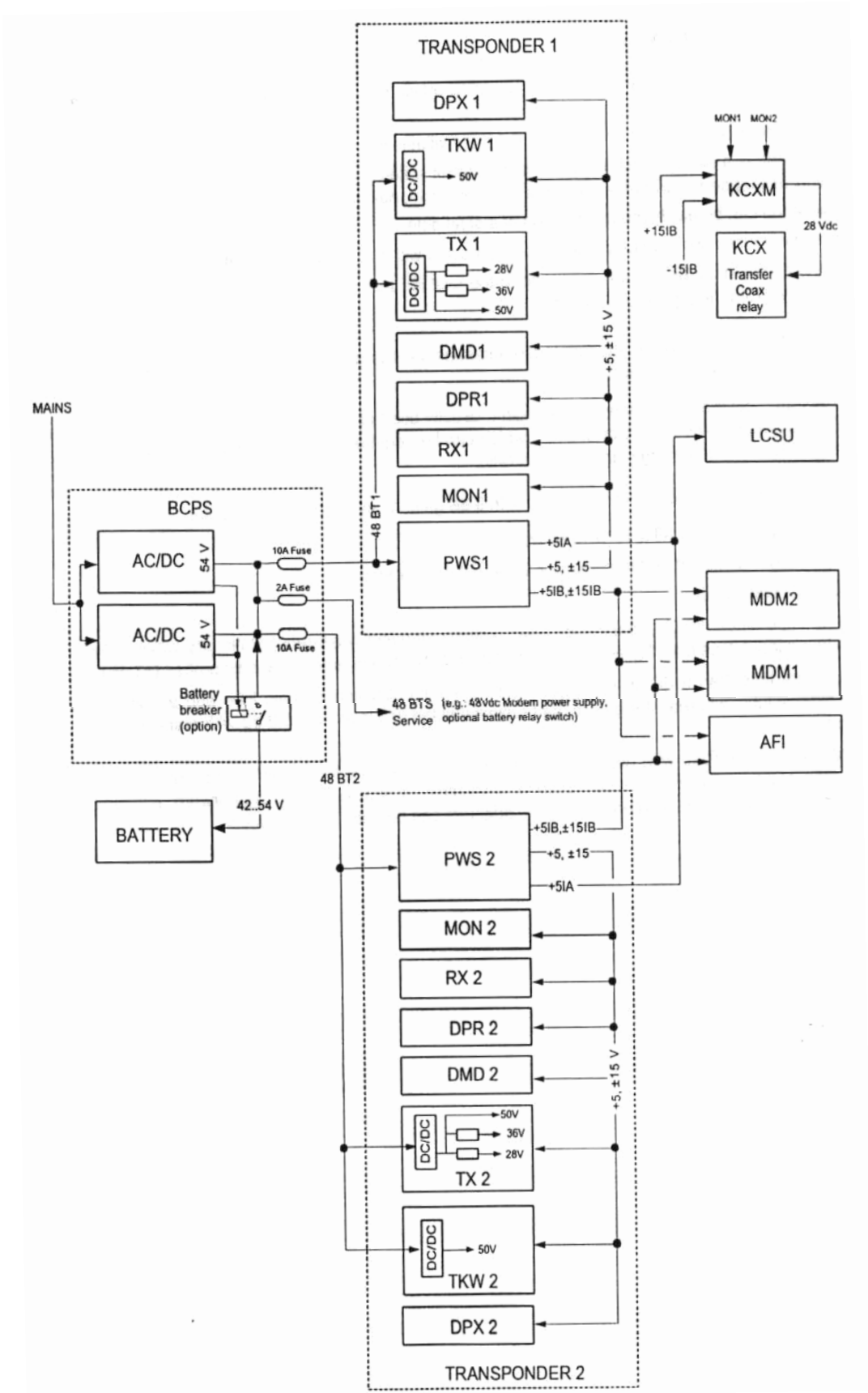
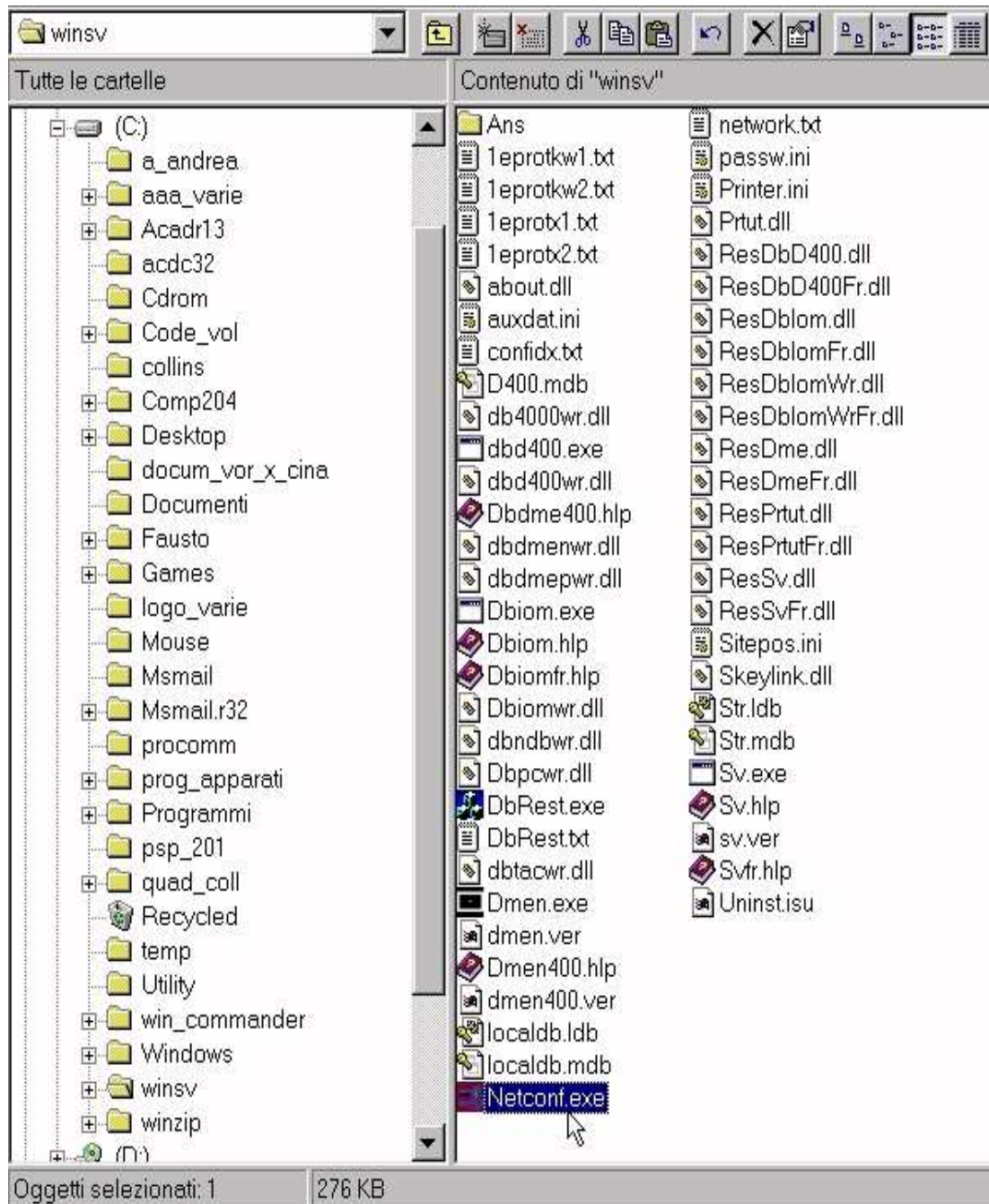


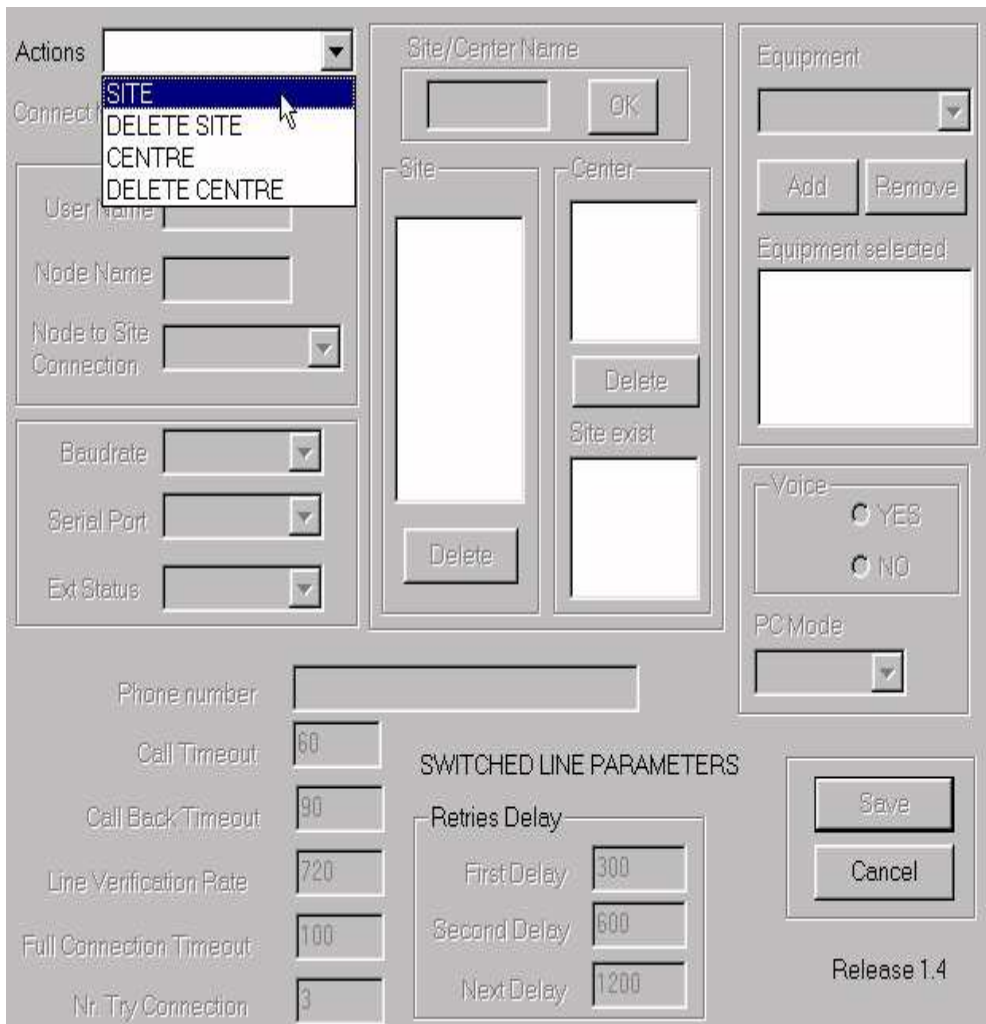
圖 3-35、電源供應系統方塊圖

### 3.7 初次 pc 連上 DM415 組態設定視窗

在 WINSV directory 執行程式 NETCONF (Netconf.exe)



首先在視窗執行點選 actions 右邊將出現 4 個選擇欄位分別 site; delete site; centre; delete centre，我們選擇 site



這是一個組態的舉例：

**Site/Center Name** : Name of the station 站臺名稱

**Connection mode** : Direct -> RS232 ; Switched -> PTT Line

**User name** : name of the PC connected to the LCSU

**Node name** : name of the unit where the User is connected to and it gets the datas

**Node to Site Connection** : Direct -> RS232 ; Switched -> PTT Line

**Baudrate, Serial port & Ext status** : information relevant to the PC

**Equipment** : choose your equipment and remember to ADD it

**Save** : 儲存組態至新的目錄和產生新的資料庫檔案。

Actions: **SITE**

Connect Mode: **DIRECT**

User Name: **LCPC**

Node Name: **ANS**

Node to Site Connection: **DIRECT**

Baudrate: **9600**

Serial Port: **COM2**

Ext Status: **YES**

Site/Center Name: **ANS** [OK]

Site: **ANS** [Delete]

Center: [Delete]

Equipment: **DME/N-435** [Add] [Remove]

Equipment selected: **DME/N-435**

Voice:  YES  NO

PC Mode: [ ]

Phone number: [ ]

Call Timeout: **60**

Call Back Timeout: **90**

Line Verification Rate: **720**

Full Connection Timeout: **100**

Nr. Try Connection: **3**

**SWITCHED LINE PARAMETERS**

Retries Delay:

First Delay: **300**

Second Delay: **600**

Next Delay: **1200**

[Save] [Cancel]

Release 1.4

再選擇點選 WINSV 直接地執行程式 (假設所有組態均備設定).  
 Clicking on LOGIN 請求輸入 PASSWORD

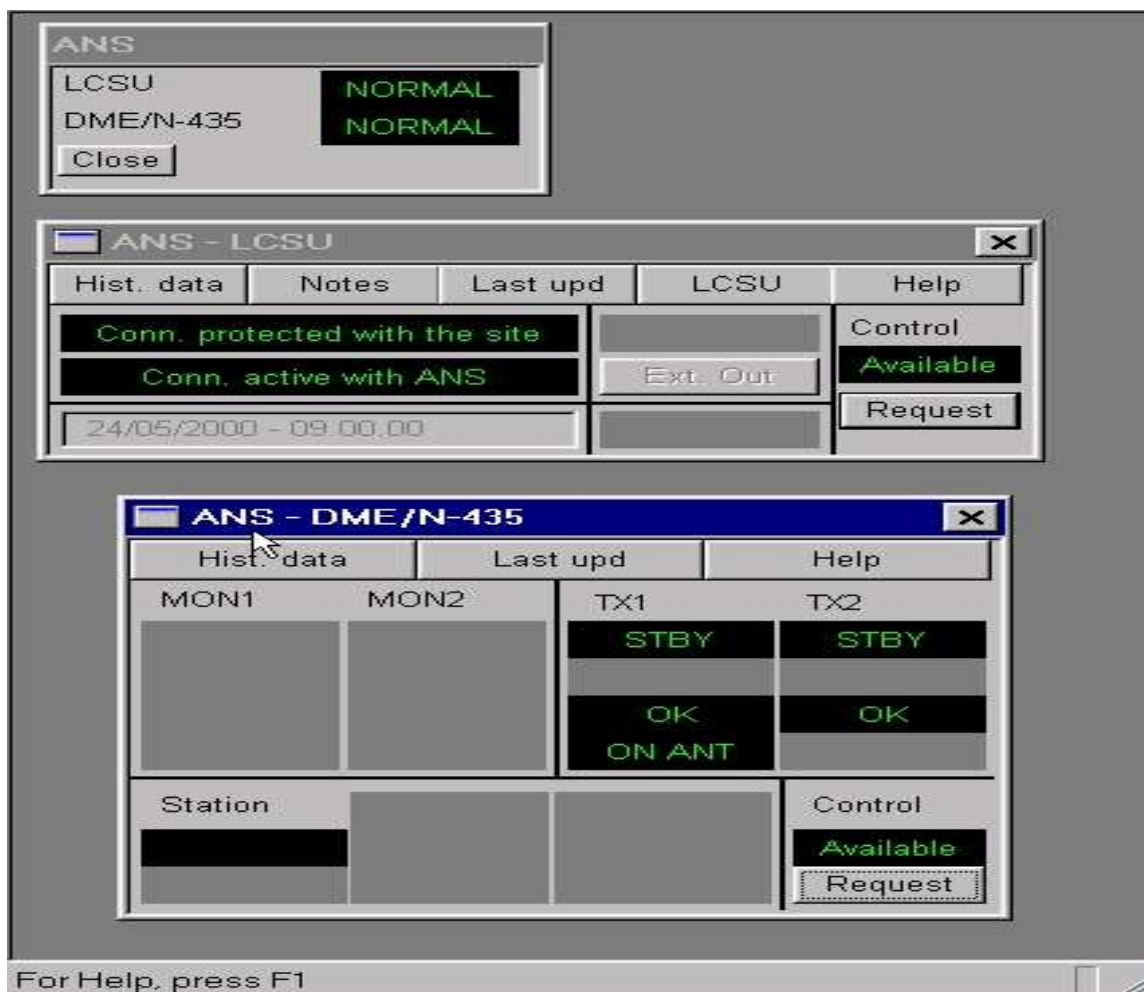
Operator identifier

**A**

Password

**\***

[OK] [Cancel]



記住勾選“ENABLE” 想要的資料才會轉移和儲存到電腦

Site Name	Equipment	Enable	
ANS	LCSU	<input checked="" type="checkbox"/>	Empty
	DME/N-435	<input checked="" type="checkbox"/>	Empty
	PC	<input checked="" type="checkbox"/>	Empty

## 肆、心得與建議

### 4.1 心得：

本次原廠 THALES 訓練( ILS 420/DME415 )分別由 JOAO FERREIRA(義大利籍)、GIUSEPPE BERTOCCHI(義大利籍)、CARMELO DI LEO(義大利籍)、DAVID HALSALL(英國籍)、FAUSTI RUSCONI(義大利籍)等 5 位原廠工程師授課，分別講解儀降系統( ILS 420 系列)基本概述、左右定位臺( Localizer 421)天線原理、軟體操作、滑降臺( Glide Path 422)原理及軟體操作、測距儀( DME415)原理及軟體操作等課程。

桃園國際機場目前僅有 06 跑道之 LLZ 是 THALES 公司之設備，而該設備已經是 THALES 公司的舊系統，而新系統( ILS420)因大量採用微處理器作處理及運算( LGA、LGM、ECU、LCP 等模組)，不論在 LLZ 或 GP 設備中 LGA 及 LGM 模組卡片皆可互換使用，將可有效的減少備份件數量；惟將該兩片模組互換後，須操作 LCP 及軟體，重新載入相對之韌體及參數，並將系統重置方能使系統取得最新之參數資料，此程序較為繁瑣，由於需花費一段時間才能完成，且期間必須停工，平常實務訓練時就必須熟稔其操作步驟，才可於最短時間內完成資料的重新載入。

在 LLZ 及 GP 天線系統部份，授課講師將天線發射之訊號利用向量分析方式教學，讓學員更容易清楚了解各個訊號之振幅、相位關係及合成後之場型結果。同仁可學習其分析方式，應用於實務教育訓練(OJT)中。

滑降臺( GP)部份，在 GP Active 天線之 COURSE 部份系統有二組 CSB、一組 SBO 信號，其中 CSB1 為 12% ddm 信號，CSB2 為 48% ddm 信號，此 GP Active 天線系統設計概念，減少了信號分配至天線之相關電路。雖為 THALES 公司降低了硬體成本，卻也產生了與以往不同調整方式( PHASING、PATH、WIDTH 及 LOBE PATTERN 調整)。調整滑降角度時、必須同時考慮上下航道寬度是否對稱，以決定調整不同參數，增加 PHASING 或飛測調校時之複雜度；另外，由於調校後會同時改變 ANGLE 及 WIDTH，可能使飛測機飛行次數增加，尤其在航機起降頻繁之桃園國際機場可能造成飛測時間大幅增加。

未來 ILS/DME 系統架設完成後，桃園國際機場儀降系統性能提昇至 CAT- III，裝備之監視各項參數容許誤差範圍變小，系統運作稍有不穩定即有可能造成 ALERT。在降類( Degrade)部份：有任何一設備出現告警( Warning)則 CTU 上降類( Degrade)燈號便會亮起，依 THALES 公司此項之設計理念此時所能提供之服務就必需由 CAT- III 降至 CAT- II 或 CAT- I。因此在未來 05/23 跑道提升至 CAT- III 標準之前，我們應與航管單位共同協商，訂定明確的 ILS 降等之飛航

程序，以確保飛航安全。

就航電維護人員先前維護觀念往往著重修護故障卡片及更換內部零組件之技術，因新系統已大量採用微處理器及多層 PC 板設計、模組化功能設計，一旦故障直接更換模組 (LRU) 即可。有些模組 (LRU) 故障需送回原廠檢修、調校、測試等，繁瑣之維修程序需輔以眾多的測量儀器及豐富的檢修經驗。因此，電路內部詳細線路已不再是訓練重點，而是需了解各模組及方塊圖功能、各參數之功能及設定方式，軟體操作及參數設定熟練度更已躍居為日後維護之重點。

此次課程完訓不是結束而是新任務的開始，惟有不斷學習更精進的維護技能，方能承受未來的挑戰，爾後有架設、調校、飛測、維護等等任務。每個目標的達成，過程中總是集結眾人的勞力與汗水，惟有常保有感謝的心，也將看見更多值得感恩的人、事、物。

#### 4.2 建議：

這次工廠訓練原廠採理論配合實務操作方式教學，在訓練教室會隨著課堂內容需要，提供 LLZ、GP、DME、RCSI 設備供學員操作練習，藉由學員親手操作加深學員的印象，更可將理論與實際做一驗證比較。反觀國內訓練所完全無航電訓練所需相關裝備，現場實習又因裝備上線工作中，僅能針對裝備實施觀念性簡介，無法實際讓學員操作練習，致使訓練成效不夠完善。在這次「汰換桃園機場 05/23 跑道 ILS/DME 系統案」中，多採購一套 ILS 當作訓練機，有了訓練機便可讓同仁在平常實務訓練 (OJT) 時有機會親手操作，加深對軟硬體操作之熟稔度及提高維護之能力。建議爾後其他區臺於汰換 ILS/DME 設備時，亦可採此種方式，以提高航電同仁之維護能力。

然而這次所採購新系統之卡片模組，惟獨天線部份無備份件，桃園國際機場 06LLZ 設備 (87 年架設) 為原 ALCTEL 廠牌 (同 THALES) 公司，該 LLZ (411) 為舊系統，其天線系統含 DU 部分於 96 年汰舊換新，當時未採購任何備份天線元件，鑒於未來 ILS/DME 新系統將啓用於 CAT- III，天線備份件之購買應有其必要性。

另原廠工廠訓練提供 LLZ 與 GP 設備作為學生操作練習使用，其天線輸出部分採用模擬器方式連接，將 ON AIR 發射機輸出之 CSB 與 SBO 信號分配結合後，回饋做為模擬 Monitor 天線信號，使得雙機 MON. 均能正常監控 ON AIR 與 Standby 雙發射機。然而本次採購雖有訓練機 LLZ 與 GP 各一部，但均缺少裝備之天線模擬器，使得該訓練機只能於輸出接上假負載，MON. 只能監控 Standby 單發射機，功能尚缺完備。因此建請在經費許可下購買天線模擬器，以達到維護及訓練成效。又為量測天線電纜之相位向量，使電纜輸出或輸入確保均能同相位，亦議建請購買輔以調校維修之手提式向量分析儀表。

本次受訓成員共計 4 人，除平日異鄉生活可互相扶持照料外，上課期間對授課內容有疑義部分亦可互相討論，以增進對授課內容之了解，在一個月訓練課程中，除了本次的裝備教育訓練外，學員亦將平常維護時所遇到的問題提出詢問，均可獲得原廠講師、天線設計工程師與原廠組裝工程師當面且詳盡的解說，並提供相關的書面資料供參，著實非國內教育訓練所能及。我們也體認到，近來政府財政困難，出國受訓員額因而受限，出國預算屢遭刪減。但面對歐、美地區高生活消費國家，實無法支付各項正常開銷，致使同仁參訓意願低落，學習效果受影響，而縮短訓練天數更是難以達到預期目標。建議在考量訓練成效及經費預算下，應盡量讓單位有充足人力、經費及天數參與訓練，畢竟國外受訓係最直接、最有效益的訓練方式。

最後我們再綜整上述建議茲臚列敘明如下：

- (1) 建請爾後汰換 ILS/DME 設備時，可採購訓練機方式以提高航電同仁之維護能力。
- (2) 建請桃園國際機場 ILS/DME 新系統將啓用於 CAT III，添購 ILS 天線備份件有必要性。
- (3) 建請在經費許可下添購 ILS 訓練機之天線模擬器及輔以調校維修之手提式向量分析儀表乙部，相輔相成以達到維護及訓練雙重成效。
- (4) 建請考量訓練成效及經費預算下，應以國外原廠受訓為優先，讓維護單位盡量派遣足夠人力參與原廠之訓練，畢竟該受訓係最直接、最有效益的訓練方式。