

# 一條線的花費改變全部

## Audimaxim RAP-1

文 | 劉漢盛



產品類型：空間聲學處理器。數位輸入：AES/EBU×1。類比輸入：XLR×2 (RAP-1)。XLR×2，RCA×2 (RAP-1s)。類比輸出：XLR×6 (RAP-1)。XLR×6，RCA×6 (RAP-1s)。時鐘輸入：BNC×1。時鐘輸出：BNC×1。頻率響應：10-30kHz (±0.3dB)。動態範圍：>120dB (24Bit)。訊噪比：>110dB。取樣頻率：44.1、48、96、176.4、192kHz。重量：9.35公斤 (RAP-1)、9.66公斤 (RAP-1s)。外觀尺寸 (WHD)：480×101.8×319.5mm。參考售價：140,000元 (RAP-1)，180,000元 (RAP-1s)。進口總代理：藝聲 (02-23917999)。

**R**AP-1是Audimaxim花了五年時間才研發而成的空間處理器，這是依據錄音室使用最頂級的Room Acoustic Processor系統去設計的，也就是一般所謂的數位空間校正 (Digital Room Correction)，光是軟體就寫了二年。為了更高的要求，捨棄一般的DSP而採用FPGA，買Intel的FPGA晶片一次就要買1,000個，這種FPGA一個要價1萬台幣。這麼說，光是買FPGA就花了1,000萬台幣？這部機器能賣掉1,000部嗎？這樣的投資會不會太瘋狂了？

不僅如此，為了達到音質最好的要求，Audimaxim還花了一年時間以MBL 6010D前級作Bypass比較。比較

過程中不斷更換內部元件，最後決定版使用了Nichicon Muse電容，以及Panasonic電容。類比輸出級的OP則採用德儀LME 49720。甚至，RAP-1所使用的XLR平衡端子是向台笙訂購的，據說台笙代理Neutrik那麼多年，第一次有人跟他們訂購這麼頂級的平衡端子。如果您對RAP-1的音質表現還不放心，Audimaxim還推出更高級的特別版，使用輸出變壓器，這種輸出變壓器採用Mu金屬 (87%鎳鐵合金) 鐵心與外殼，銅線繞製，屏蔽能力與音質特別好。

### 使用非常簡單

使用了二個多月，我認為

Audimaxim RAP-1是目前我所使用過最好用的空間校正處理器，它不必上網下載軟體，也沒有複雜的操作過程，只要把原廠所附的USB隨身碟內的操控介面拉到電腦桌面，再把家裡的網路線接在這部機器上，讓您的電腦與機器處於同一個網域內。接上麥克風，按照說明書步驟操作，這樣就完成空間中的頻率響應 (Frequency Response)、脈衝響應 (Impulse Response)，以及相位響應 (Phase Response) 校正。

數位空間校正？這是很多老音響迷疑惑並敬謝不敏的作法，他們認為只要通過這部機器，就會劣化音質，並產生各種失真。沒錯，在類比時代，



01



02

01. RAP-1的外觀老實說很樸素，那個顯示窗有點小，還好並沒有用來顯示複雜的資料，所以還夠用。  
02. RAP-1的背板。

音響迷通過等化器做等化調整，把頻率響應曲線扭曲得厲害的地方做補償，以求得比較平衡的聲音表現。這類的類比等化器的確會帶來許多負面影響，而且所能做的工作就是補償頻率響應曲線。

不過，到了數位時代，透過強大的DSP或FPGA運算能力，即使連便宜的AV環繞擴大機都內建自動校正系統，可以校正頻率響應、脈衝響應與相位響應，其實這就是DRC，只不過是內建在AV環繞擴大機中，大部分人沒有特別去注意它，也不會去排斥它，事實上無法排斥，因為它是AV環繞擴大機正常運作的一部份。

### 好處多過壞處

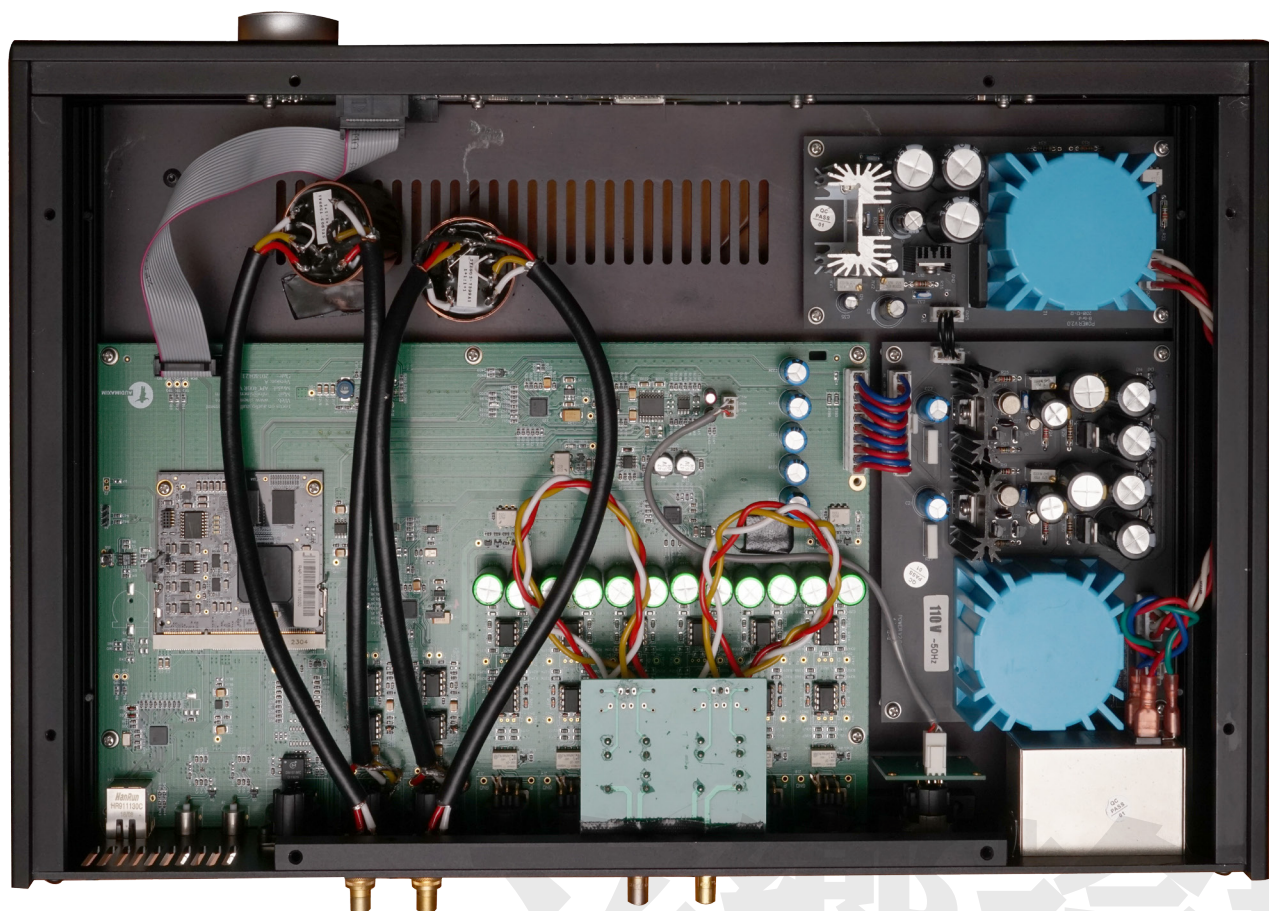
DRC會不會跟類比等化器一樣，劣化音質，產生各種失真呢？也會，只不過程度上減輕很多。如果將DRC的好處與壞處做比較，其實DRC已經值得使用了，它所帶來的好處絕對勝過所產生的缺點。換句話說，使用DRC一定可以為用家帶來聲音表現的改善，只不過許多音響迷還是停留在「見樹不見林」的心理狀態，把一些小壞處放大，而對於改善的大大好處卻「充耳不聞」。

就以頻率響應曲線來說好了，它深處的左右了我們的聽感，稍微補償一點中頻段的凹陷，所獲得的聽感改善遠遠大於更換一部擴大機。100Hz以下

的低頻段不足時，管弦樂聽起來音樂規模感大減，低音部單薄，大鼓的敲擊甚至隱藏在總奏中，聽不到那輕輕一敲的軟Q，或重重一擊的低頻威力。只要用DRC把100Hz以下這段補上，管弦樂原本的厚實低頻基礎重現，您就好像在音樂廳現場聽音樂般，音樂的規模感恢復原本的龐大氣勢，大鼓輕輕的軟Q低頻也能衝破重圍，如吐煙圈般直達胸前。

### 頻率響應曲線

或許您會說，總編這是在說故事嗎？頻率響應曲線的變化會有那麼大的影響？一點都沒誇大，您可以在這部RAP-1中驗證我所說的種種，只要打



03. 這是RAP-1的內部，線路板上面幾乎全部都是IC。

開自訂曲線（Design Curve），在頻率響應曲線任何一個地方滑鼠點二下，就可創造一個改變點，拉動改變點，可以任意改變頻率響應曲線。更厲害的是，用家可以創造無限多個改變點，只要您對樂器、人聲的頻域有正確認識，您想變出什麼樣的聲音都可以。到那個時候，您就會對頻率響應曲線的變化深刻影響聽感這句話深信不疑。

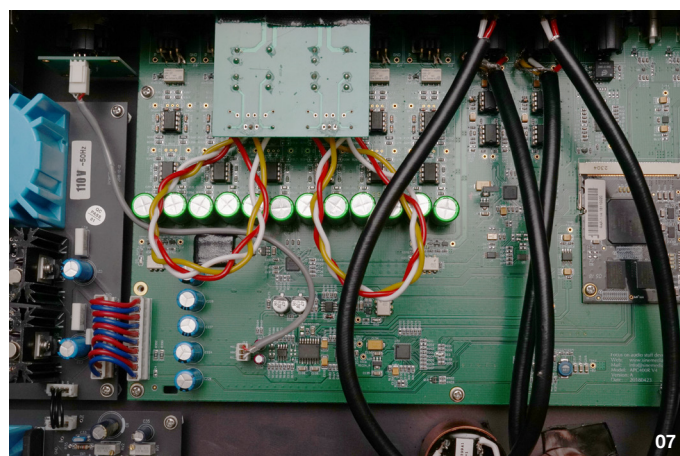
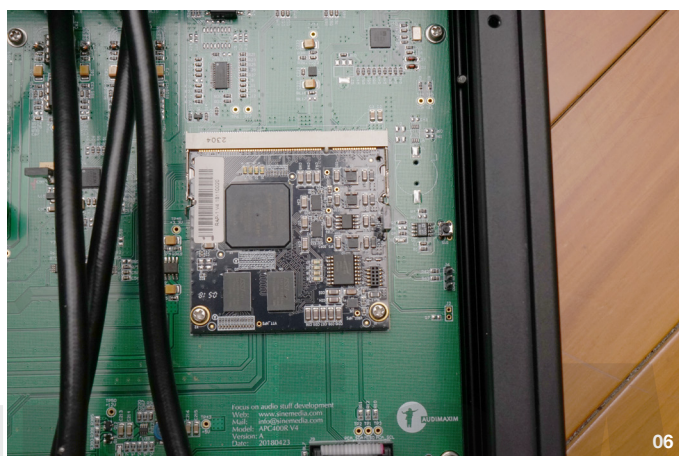
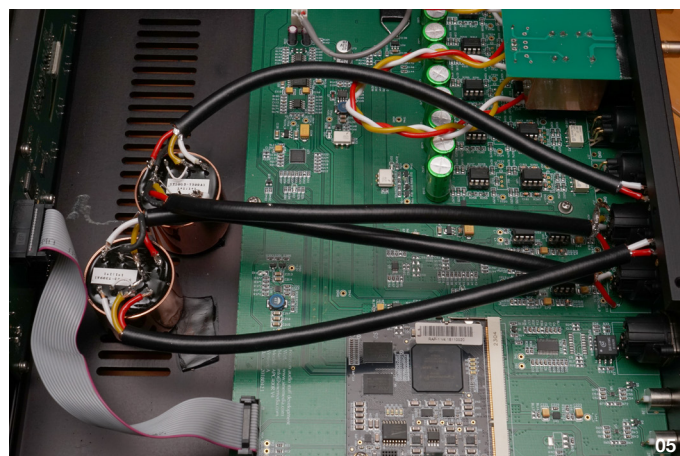
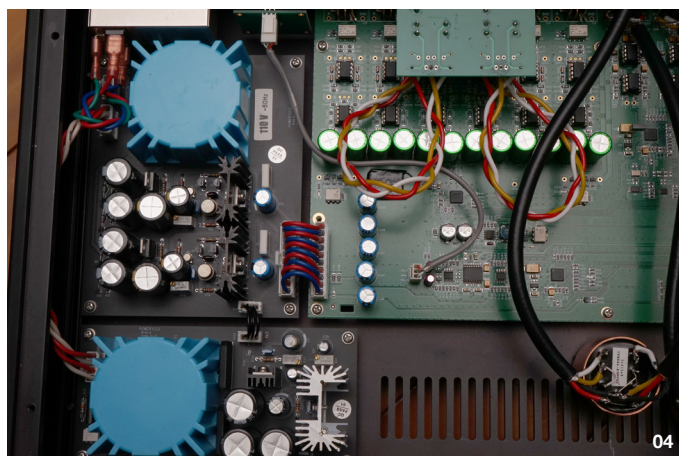
RAP-1可以讓用家隨意自訂想要的頻率響應曲線，馬上切換做比較，這絕對是很少DRC能夠輕易做到的。至於脈衝響應與相位響應不可能開放給

用家自訂，事實上用家也無法自訂，所以機器內部的FPGA會自動計算校正到最精確的地步，您不必擔心。

音樂訊號通過RAP-1的運算之後，會不會影響音質？老實說我比較過Bypass（不處理）與Progress（經過處理）很多次，都覺得處理過的聲音表現比未處理前好。而若是比較未裝上RAP-1與裝上RAP-1之後的Bypass聽感，老實說我也聽不出音質有劣化的感覺，雖然此時還要增加訊號線來連接RAP-1。

### FPGA運算

到底RAP-1內部是如何運作的呢？RAP-1主要是對各頻率產生的相位失真進行「最小相位」（Minimum Phase）修正。麥克風所拾取的測試訊號進入RAP-1之後，「即時」進行數位分析，並且以FIR（Finite Impulse Response，有限脈衝響應）濾波器做修正，而且是以FPGA做運算，而非用DSP。到底DSP與FPGA之間有什麼不同呢？第一是運算能力的差異，RAP-1所使用的一個FPGA相當於120個一般的DSP運算能力。第二個不同的地方在於每階處理的連接方式，DSP採用的是串聯



04. RAP-1特別注重電源供應，所使用的濾波電容也是特別挑選過的。  
 05. 這是特別版才有的輸入、輸出變壓器。  
 06. 這就是RAP-1的處理核心。  
 07. RAP-1內部的配線也是特別挑選的。

（串行）接法，從最前面到最後面會產生時間差。而FPGA採用的是並聯（並行）接法，可以展現即時的處理結果，其處理過程所花的時間大概只有DSP的100分之一。第三個差異是成本，RAP-1所使用的FPGA晶片一個成本大約要一萬台幣，而一般DSP則便宜太多了。

RAP-1內部使用FIR數位濾波器來運作，到底什麼是FIR數位濾波器？如果想要深入了解，可以去看教科書，在此我用簡單的比喻來說明：我們耳朵所聽到的音樂訊號在進入耳膜之前，已經被環境或傳輸方式所扭曲，

如果我們想要獲得接近原來音樂原音的訊號，就必須先經過FIR數位濾波器的處理。

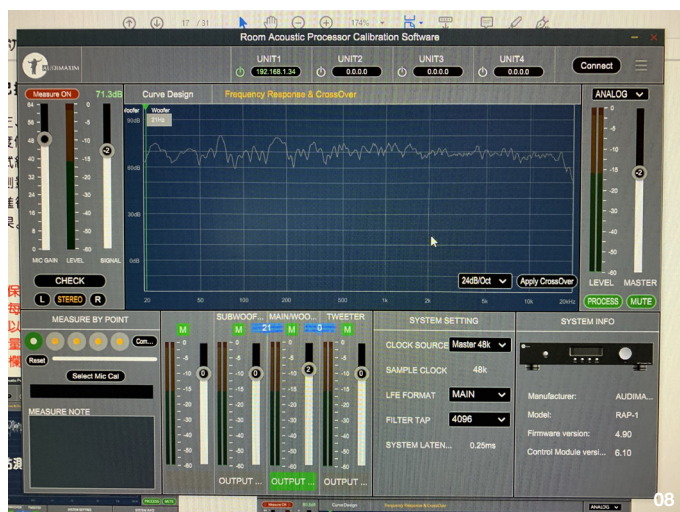
### FIR濾波

或許您還不了解到底FIR濾波是在做什麼工作？其實就是在處理直接音與反射音的相互干涉。我們在聆聽空間中聽音樂，喇叭會發出直接音，接著聆聽空間中會產生很多次的反射音，一直到聲波衰減到聽不到為止。此時，直接音與多次的反射音就會相互調變，有的會增加，有的會減少，有的甚至相互抵銷，如此一來就造成

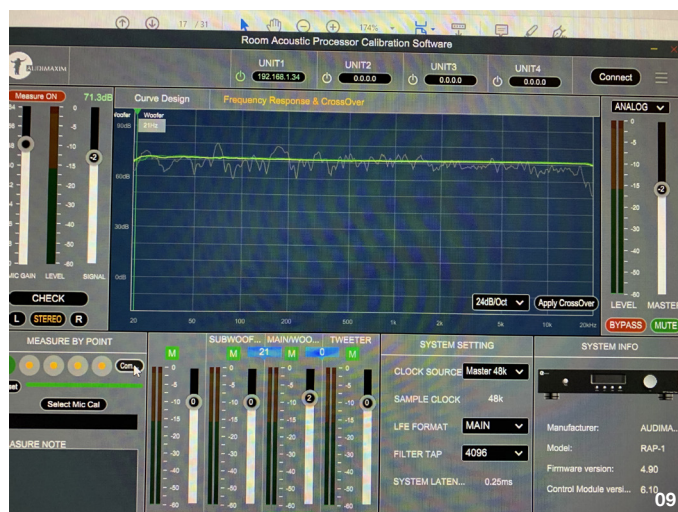
頻率響應曲線的扭曲。FIR濾波就是要解決這個問題，

在FIR處理過程中，必須取不同的幾個訊號輸入點來做處理，最終輸出的就是一個我們想要的理想訊號，而這不同的幾個點就是所謂的Taps。理論上Taps數量越多，能夠處理的頻域越低，能夠取出的輸出訊號也越理想。RAP-1所採用的是4096 Taps，根據原廠的資訊，這是目前所見數位空間校正器中所使用的最高Taps。

與FIR濾波器相對的，還有一種IIR（Infinity Impulse Response）濾波器，到底什麼又是無限脈衝濾波器呢？簡



08. 這是量測時的開放式大空間的頻率響應曲線，喇叭是DynamiKks! Monitor 10.15。



09. 圖中那條平直的綠線就是修正後的頻率響應曲線。

單的說，FIR濾波器只是用輸入的訊號來產生輸出的訊號；而IIR則除了輸入的訊號之外，還加上輸出訊號的回授，二者相加之後才是輸出訊號。

### 4096 Taps

再來我要解釋何謂4096 Taps。根據最小相位FIR濾波器的要求， $T$ （時間） $= 1/F$ ，所以想要處理的頻率越低，FIR濾波器的長度也要越長，這也意味著需要更多的點位數，而這點位數就是Tap。例如一個1024 Taps、取樣頻率48kHz的最小相位FIR濾波器長度是21毫秒（千分之一秒），這21毫秒是由 $1/\text{取樣頻率}$ ，再乘以點位數而來。也就是 $1/48000$ ，再乘以1024，得到的答案是0.021秒，也就是21毫秒。由於 $T$ 乘以 $F$ 等於1（ $TF=1$ ），所以求得濾波器的頻率解析度 $F$ 為47.6Hz（ $1 \div 0.021$ ，約48Hz）。這47.6Hz就是每個數據點（Tap）之間的間隔，同時也代表濾波器能夠處理的最低頻率。

如果我們擁有2048 Taps呢？此時由於數據點每增加一倍，頻率解析度就變成一半，所以此時每個數據點之間

的間隔就是24Hz，也就是說濾波器能夠處理24Hz的頻率。如果數據點再增加一倍，以4096 Taps來處理，此時每個數據點的間隔只有12Hz，也就是能夠處理的最低頻率是12Hz。

### 並行非串行

請注意，以上敘述是使用DSP來做串聯（串行）處理時的情況，想要處理越低的頻率，濾波器的長度就會越長，上述1024 Taps就要21毫秒，那麼2048 Taps將需要42毫秒，4096 Taps更需要84毫秒，如此一來反而會帶來時間延遲的壞處。但如果以FPGA做並聯（並行）處理，就可以在0.04毫秒內進行4096 Taps x2（二聲道）階的FIR濾波處理，並且把處理頻域往下延伸到12Hz。

現在您明白為何RAP-1要以FPGA來做內部處理了吧！根據原廠的資料，目前空間處理器中的FIR最小相位濾波器的極限就是4096 Taps，能夠做到的就是RAP-1。也就是說RAP-1能夠處理的頻域比一般DRC還低，對低頻域的處理也更為精確，這就是RAP-1堅

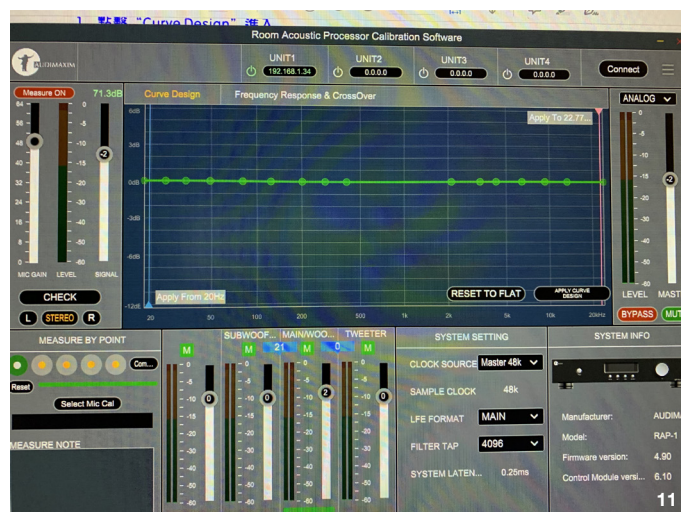
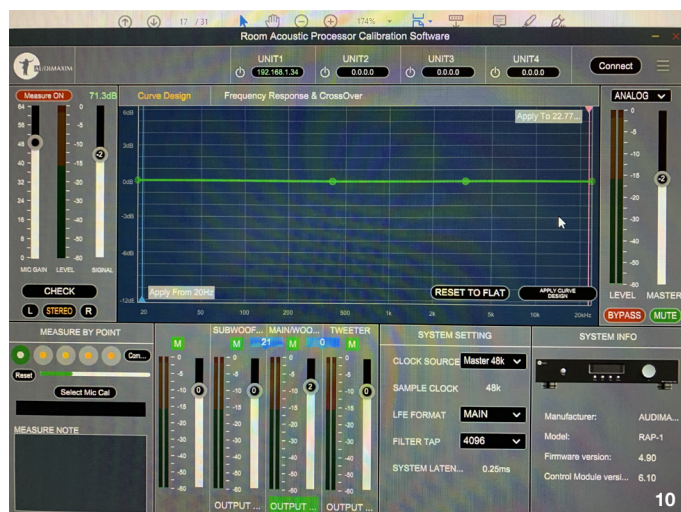
持要採用4096 Taps的好處。

RAP-1在處理訊號的過程中到底有沒有時間延遲呢？有，時間延遲的地方有四處，第一處是類比轉數位，第二處是FIR，第三處是數位轉類比，第四處是類比濾波，總共只有0.25ms的延遲。至於FPGA本身內的時間延遲大約只有0.07ms，人耳不可能聽得出來。

### 外觀樸實

以上所述就是RAP-1的設計精華，接下來我們來看RAP-1這部機器。老實說這部機器的外觀可用「樸實無華」四個字來形容，不過機體卻相當重，這是因為機箱面板與箱體都採用厚實的鋁合金，降低機箱振動的可能。

面板左邊是電源開關，中央有一個小顯示窗，底下有四個小圓按鈕，分別是Bypass、Mute、Digital In、Analog In。Bypass就是切換有經過等化處理與沒經過等化處理。Mute是靜音。類比或數位輸入配合背板的輸入端，如果您使用數位輸入，就接在數位端子上，反之接在類比端子上。最右邊是音量旋鈕。



10. 進入Curve Design，可以用滑鼠點二下創造出想要調整的點。  
11. 想要點出多少個點都可以，但是調整太多點自己會混淆。

來到背板，可以看到二個外接時鐘端子，一個In，一個Out，假若您有外接時鐘，就可以使用。旁邊有一個網路線端子，必須連接府上的路由器，這樣才能讓您電腦內的設定軟體與RAP-1相通。

### 可做三路電子分音

再來有一個AES/EBU數位輸入端子，假若您的前級能夠輸出數位訊號，就可以使用這個端子；如果前級輸出的是類比訊號，就要使用旁邊的類比輸入端子，有RCA與XLR。再來是Tweeter輸出、Main/Woofers輸出、Subwoofer輸出，這是給您使用電子分音用的，可做三路輸出，不過其中只有Main/Woofers那組有RCA與XLR端子，其他二組都只有XLR端子。為何會這樣呢？我猜是RAP-1本來就設定給非電子分音系統使用，所以原廠預設的是Main/Woofers這組輸出，也特別提供二組端子。使用時，請用這組輸出端跟後級連接即可。最後，背板上有一個麥克風輸入端子，只要把麥克風端子連接在此即可。

### 數位與類比輸入

RAP-1面板上的小顯示窗會顯示以下幾項資訊：Processor，會顯示On或Bypass。On就是已經打開校正功能，Bypass就是未經校正功能，用家可以互做比較，看校正過後的效果如何。Network：顯示On或Off。On就是電腦已經與RAP-1連接，可以開始工作；Off就是電腦與RAP-1沒有連上，無法工作。Sample Rate：顯示當下的取樣頻率。Sync：同步。此處會有三種顯示，Master 48K是指用機內的時鐘為同步標準，AES表示以AES輸入端的那部機器時鐘為同步標準，Word Clock代表以外接時鐘為標準。再來顯示窗會顯示Digital或Analog，這是類比輸入訊源或數位輸入訊源。最後一個就是音量大小數字顯示，最大是0，最小-60，每階1dB。

打開頂蓋，可以看到非常大的電源供應，擁有二個環形變壓器，以及很多的小濾波電容，可以看出對電源供應特別用心。此外還可以看到二個輸入變壓器，以及二個輸出變壓器（特別版才有）。連接輸入變壓器的配線很粗，一看就知道是特別挑選

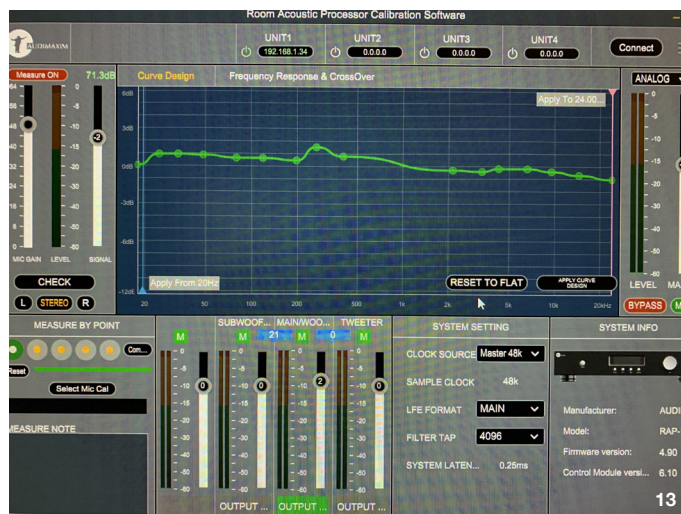
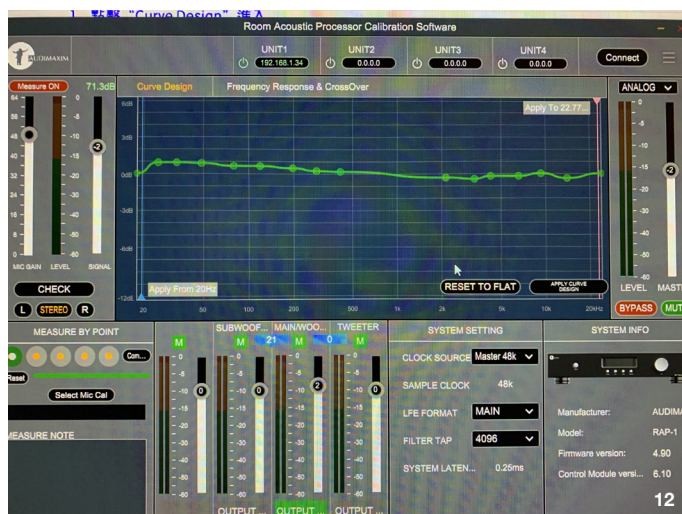
的。此外就是大片的IC線路板等。老實說這裡面的電路當然跟前級、後級不同，用家也不一定要去了解，比較重要的是到底要如何使用。線路板上可以看到類比轉數位晶片用的是AKM 5572EN，數位轉類比晶片用的是旭化成AKM AK4458VN。

### 如何使用

RAP-1的使用方法很簡單，說明書有詳細步驟，以下我只作重點敘述：

一、先拿網路線把RAP-1與家裡的路由器連接，再確認RAP-1與你的電腦是否在同一網域上，此時您的電腦可以用Wi-Fi或網路線跟路由器連接。把麥克風與RAP-1連接。接下來連接擴大機，如果您使用前、後級，請記住RAP-1是放在前級與後級之間，這樣您就知道要怎麼接線了。請把前級的輸出接到RAP-1的類比輸入上，再從RAP-1的Main Output接到後級，這樣就可以了。

二、把USB記憶卡裡面的軟體程式拷到桌面上，打開軟體就可直接使用，不需要經過安裝程序。



12. 每個點都可以更動頻率響應曲線，請注意此時一格只是1dB，不是常見的5dB或10dB。  
 13. 您想讓300Hz左右比較突出嗎？可以這樣拉上去。

# 音響論壇

三、軟體頁面左邊會有一個Connect，點下去，看Unit 1是否會出現你的IP地址，如果出現綠色的IP地址，表示RAP-1已經與路由器連絡上，此時RAP-1的顯示窗會有Network OK顯示。如果沒有出現IP位址，請檢查到底哪裡出了問題。軟體頁面上有四個Unit，代表可以連接四部RAP-1，一般使用只有連接一部RAP-1，也就是Unit 1。

四、把麥克風放在平常聆聽的位置，與耳朵齊高，麥克風向上（請注意是向上）。如果只有一個人聽音樂，量測一個點就可以。如果有二人聽音樂，量測二個點，依此類推。有些空間處理器規定一次要量五個點，再去做平均，而RAP-1不是這種做法，他們認為這樣的作法反而不精確，所以如果要精確，一個人聽就只把麥克風放在皇帝位上量測就可以。

五、接下來要實際量測，請先把

軟體頁面右邊的總音量Master Level先拉小些，避免測試訊號太強損及擴大機與喇叭。

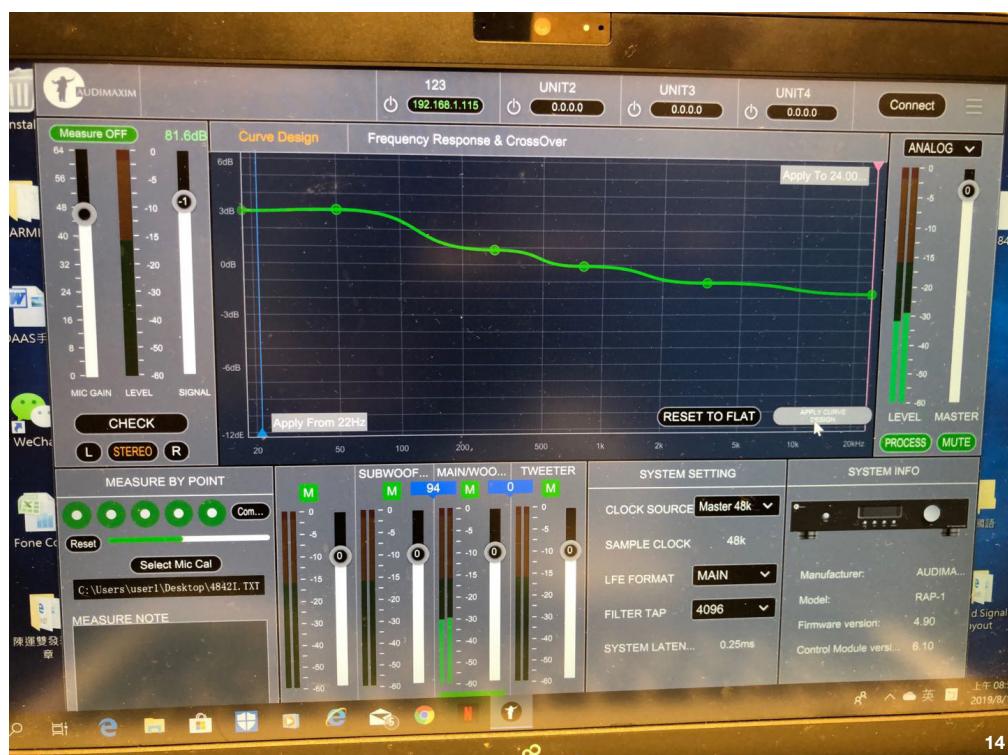
六、看軟體頁面左上角有個綠色Measure off，要點下去讓她變成紅色Master On，這樣才能開始量測。

七、接下來看軟體網頁左下方有Measure By Point，那裏有五個圓圈，每個點代表一個麥克風的位置，第一個點點下去後，喇叭就會發出二聲測試訊號，一個是左聲道發出，一個是右聲道發出，此時您會看到那個原點有在跑，跑滿了之後才可以繼續測試下個點。假若您只測一個皇帝位，跑完就結束，不必往下測第二個點。假若您有二個人在聽音樂，就移動麥克風到第二個人的位置，測第二個點。就這樣測一個點移動一次麥克風位置，測完之後，電腦會跑個幾十秒鐘，完成內部計算，這樣就可以測出

聆聽空間的頻率響應曲線，並且完成修正。

八、假若您想要聽修正過的聲音，就按軟體頁面右邊Process，如果是綠色的Process，您聽到的就是修正過後的聲音；如果想聽原本的聲音，Process再按一下，變成Bypass，那就是未修正的聲音。

九、假若您要擁有自己想聽的頻率響應曲線，很簡單，請按軟體頁面偏左上方有Curve Design，點下去，就會出現一條平直的線，您只要在想要增減的那個頻率上滑鼠點二下，線上就會出現一個圓點，用滑鼠拉著圓點，就可以隨您的意願增強衰減那個頻率的量感。到底可以讓我們設多少個點？沒有限制，您愛改變多少個點都可以。不過我也要告訴您，改變太多點沒有用，您自己會聽糊塗了，只要重點改變就好。



14. 這是此間代理商所建議的調整曲線，請注意即使低頻拉那麼高，也才增加3dB而已。低頻多一點，高頻少一點，這是代理商好聲的經驗。

十、把自己想要改變的點都設定好之後，還要按Apply Curve Design，此時就會看到五個麥克風量測點下方有一條綠色的Bar在跑，等完全跑完之後，就代表RAP-1內部已經把您想要的頻率響應曲線放進去了，此時您聽到的就會是您想像中想要的聲音。假若想要還原，請點Reset to Flat，此時那條Bar也會開始跑綠色，一直到全部跑完，表示已經恢復頻率響應曲線平直的狀態。

### Curve Design大大好用

提醒您，如果要播放音樂，一定要在Measure Off狀態下才能播放。如果是Measure On狀態是無法播放音樂的。再來我要說Curve Design最大的好處在哪裡？在於可以讓大家了解，原來我們口中各種對聲音的描述，都是跟頻率響應曲線有關。例如，當您把100Hz左右

往上拉時，就會覺得聲音的重量感變得比較好，而且管弦樂的低頻聽起來更飽滿；如果把50Hz往上拉，就會聽到大鼓的聲音更低沉、管風琴低音更清楚。假若把500Hz往上拉，此時人聲、鋼琴、大提琴聽起來就會比較濃。如果把2kHz往上拉，鋼弦吉他、各種打擊樂器聽起來就為更突出。把4kHz往上拉，會覺得聲音的亮度提升了。

總之，您如果想要比較軟的聲音，就把100Hz以下的頻域往上拉；如果想要比較硬的聲音，就從200Hz以下往下拉；想要比較突出的中頻段，就把1kHz往上拉。事實上我們聆聽空間的頻率響應曲線測起來都是不一樣的，這也是造成每個音響迷家裡聲音聽起來都不一樣的原因之一。透過RAP-1，您可以很快地了解問題所在，也算是上了寶貴的一課。請注意，測試頻率響應曲線時，圖表上所顯示一格是

10dB，而進入Target Curve時，一格是1dB。所以就算您把曲線拉得很大，可能也只有3dB或4dB而已。還有，Bypass時音量不一定跟處理過一樣大聲，您自己可以適當調整。

### 花一條線的錢而已

買Audimaxim RAP-1，除了解決府上不可能用其他方式處理的頻率響應、脈衝響應，以及相位響應之外，還可以藉著親自動手調整頻率響應曲線，而了解聽感的變化，也獲得自己想要的聲音，這是其他DRC無法做到的。在您的音響系統中，RAP-1的價格可能只是一條訊號線而已，這樣的投資太划得來了。不要遲疑，您的決定會巨大的改變往後的音響生活。🎧