



# 專題報告

## 電磁幹擾問題排查及解決

報告人:朱雄偉

參照機種:PSA54U-201

日期:2002/12/06

# 目 錄

一 目錄	1
二 目的	2
三 問題	2-6
四 問題簡析	6--7
五 對策方案	7—10
1)對主開關管	
2)對變壓器	
3)對二極管	
4)對貯能電感	
5)對外加干擾	
六 實例應用	10--17
七 結論	17

# 1.目的:

自然現象產生的電子擾動或因某些設備引起的其它設備的非正常響應都可稱為電磁干擾(EMI electromagnetic interference ).而電磁兼容(EMC electromagnetic compatibility)則与 EMI 相反,是確保系統或設備不產生電磁幹擾的技術.

對電源供應器,則要求我們所設計的電源不可以幹擾到系統的正常運行,同時也希望電源對系統的幹擾有一定的免疫力.另外,由于 EMI 的不可視性和隨機性,給我們的設計帶來了很大的困擾,是電源設計中的一大難題!

本文將以 PSA54U-201 為例,對 EMI 和 EMC 進行一系列的討論,希望能尋找到一些可普遍運作的解決方案.

# 2.問題

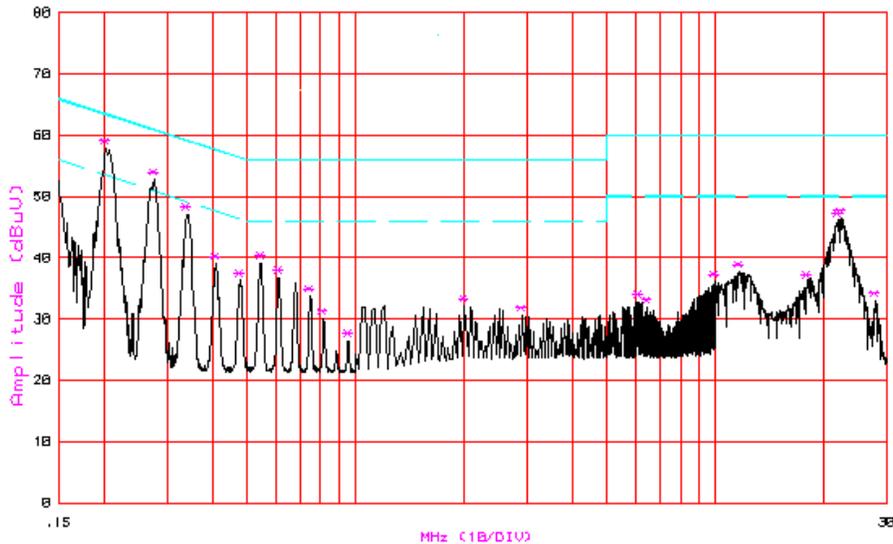
此機種在最初的時候,CE 和 RE 都比較高

對於 CE,在低頻端(0.15M—0.5M)和高頻部份(10M—15M)比較高,MARGIN 不夠(客戶認為,若超過了第二條線則為不 PASS).尤其是 FCC,後面那部份很高,已超出了規格很多.

而 RE,則在 50M 至 70M 內的值比較高,超出快 20Db.

參照以下圖樣

圖 1 conduction test EN55022-B LINE  
Phihong Co. Shielded Room  
EN 55022 - Class B QP/AU Limit

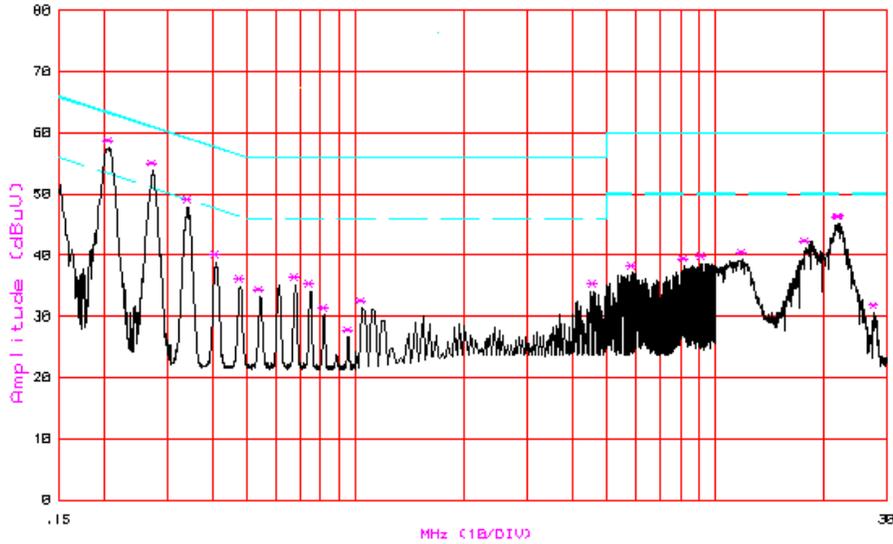


0.208M 58.1 -6.7  
22.1M 47 -8

R

圖 2 conduction test EN55022-B NEUTRAL

Phihong Co. Shielded Room  
EN 55022 - Class B QP/AV Limit

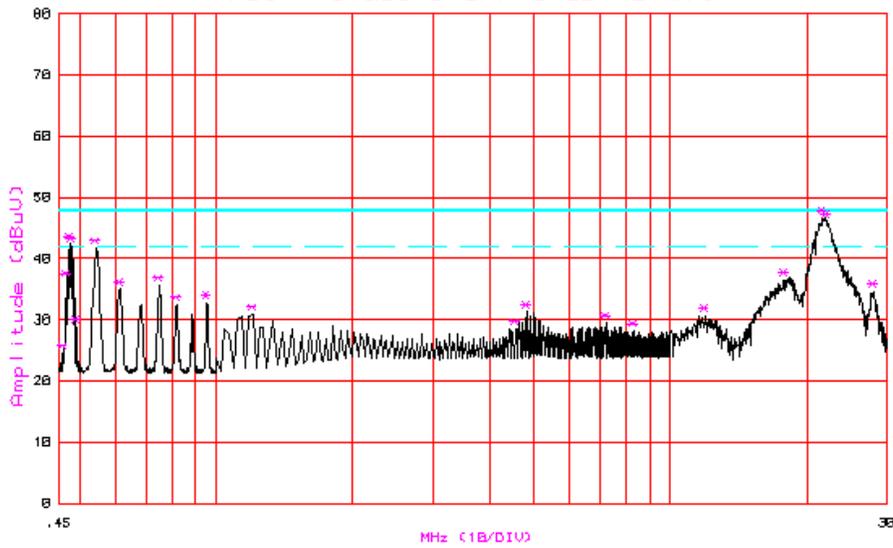


R

0.21M 57 -7

圖 3 conduction test FCC-B LINE

Phihong Co. Shielded Room  
FCC - Class B QP/-6 dB Limit

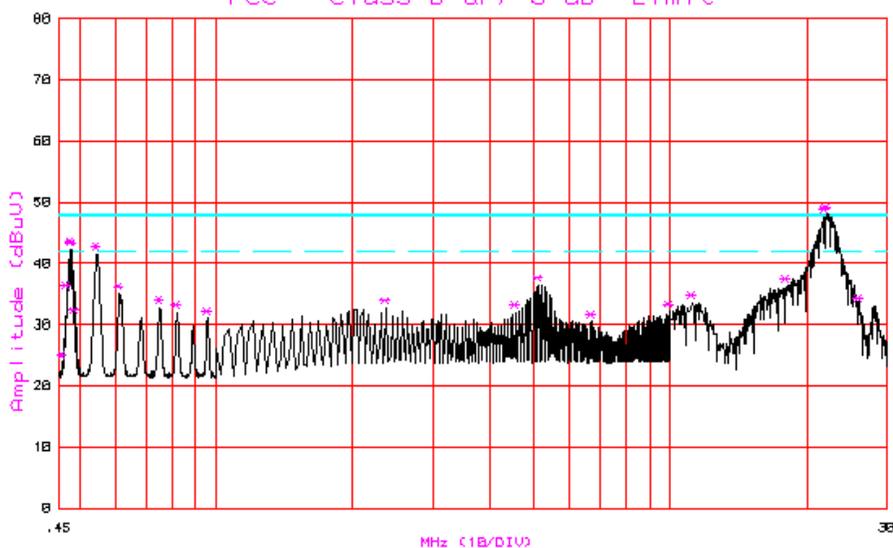


R

22.3M 45.4 -1.2

圖 4 conduction test FCC-B NEUTRAL

Phihong Co. Shielded Room  
FCC - Class B QP/-6 dB Limit



0.48M 37.6 -10.4

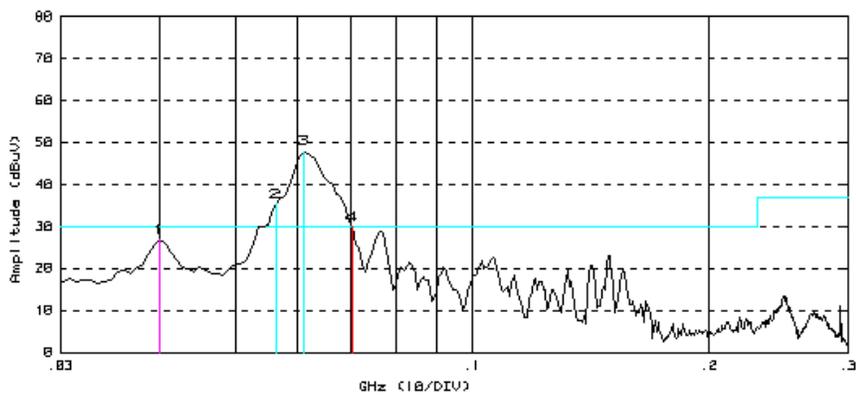
22.3M 47.2 0.1

圖 5 radiation test EN55022-B VERTICAL

PHI(CN) Co. Shielded Room

```

=====
Customer:PH           Model :PSA54U-201       Date:16 Oct 2002
Antenna :CBL 6112B   Polr. :Vertical-10 M   Time:15:06:55
S.P.A. :HP 859X      PreAmp.:8447D          file#: 5503
Rule :EN55022-B      Mode :                      Tmp.(C):25
Receiver:NA          Tester :J                Humid(%):56
Remark :
    
```



Note: with '\*' mark means QP reading

62.1M 47.6

56.3M 38

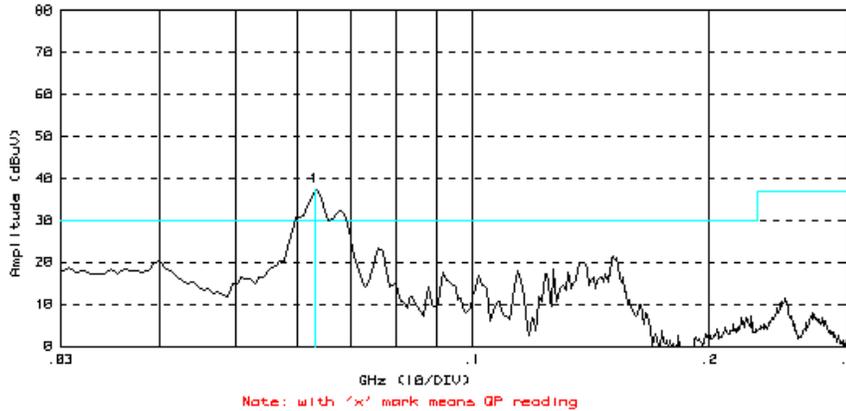
圖 6 radiation test EN55022-B HORIZONTAL

R

R

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:PH                      Model :PSA54U-201                      Date:16 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B                  Polr. :Horizontal-10 M                      Time:15:05:39  
 S.P.A. :HP 859X                      PreAmp.:8447D                                  file#: 5502  
 Rule :EN55022-B                      Mode :    Tmp.(C):25  
 Receiver:NA                              Tester :J    Humid(%):56  
 Remark :



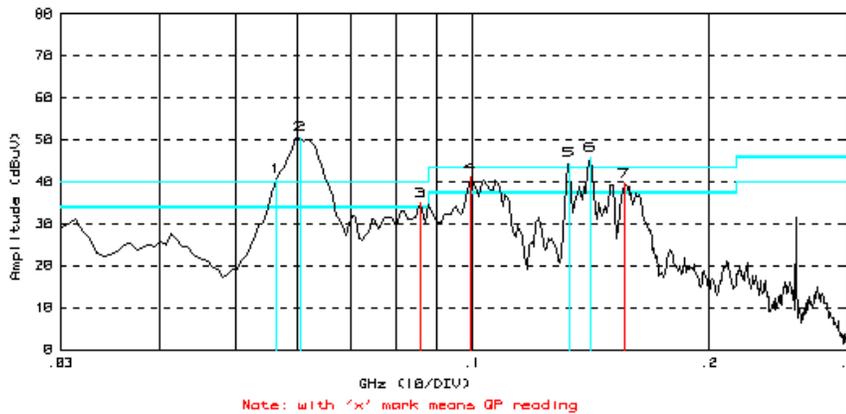
R

64.5M 37.6

圖 7 radiation test FCC-B VERTICAL

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:PH                      Model :PSA54U-201                      Date:16 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B                  Polr. :Vertical-3 M                              Time:15:02:10  
 S.P.A. :HP 859X                      PreAmp.:8447D                                  file#: 5500  
 Rule :FCC-B                              Mode :    Tmp.(C):25  
 Receiver:NA                              Tester :J    Humid(%):56  
 Remark :



R

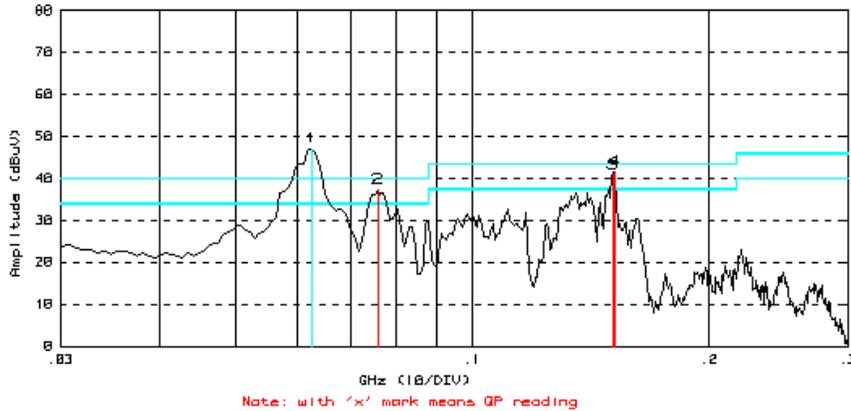
60.3M 50.8

56.3M 41

圖 8 radiation test FCC-B NEUTRAL

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:PH                    Model :PSA54U-201                    Date:16 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B           Polr. :Horizontal-3 M                    Time:15:03:39  
 S.P.A. :HP 859X                PreAmp.:8447D                        file#: 5501  
 Rule :FCC-B                    Mode :                                    Tmp.(C):25  
 Receiver:NA                    Tester :J                                Humid(%):56  
 Remark :



R

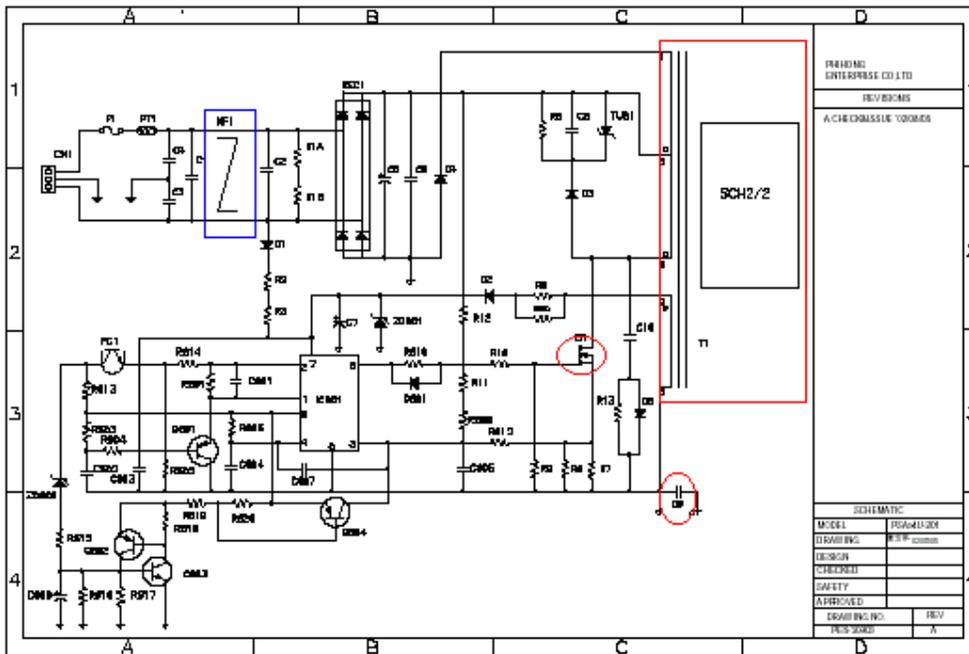
63.1M 47.1

172M 42.5

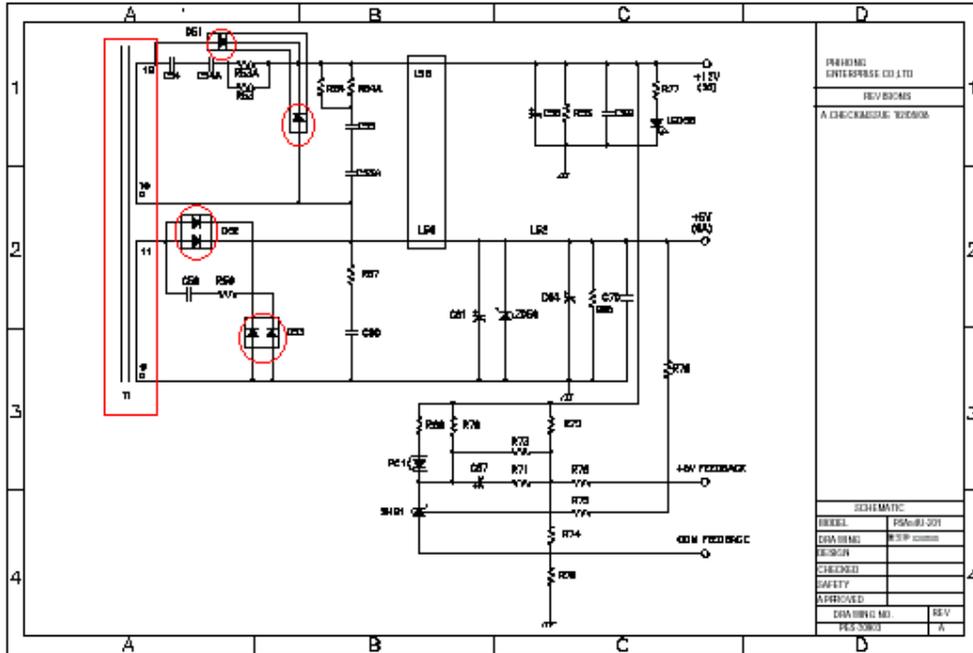
由以上波形,EMI 的問題顯而易見!

### 3.問題簡析

圖 9 PSA54U-201 的線路圖



6



此機種為 PSA65U-301 的衍生機型,在做處理時,只是單純的把另外一組輸出給去掉,而變壓器沒做改變,這樣帶來了很多隱患.

### EMI 雜訊的來源

我認為雜訊的產生在於電流或電壓的急劇變化( $d_i/d_t$  和  $d_v/d_t$  很大),因此高功率和高頻率運作的器件都是 EMI 雜訊的來源.

對 power 來說, EMI 雜訊的來源有

- a 開關管
- b 變壓器
- c 二極體
- d 貯能電感
- e 外界幹擾的耦合(輸入端和輸出端)

## 4. 對策方案

個人認為電磁幹擾是一種能量,無法不讓它產生,只有用一定的辦法去減小其對系統的干擾.另外正因為它是種能量,對於整個 power 來說,其總共的能量是一定的,我們可以採用方法去降低某個頻段的干擾,但一個頻段的壓低就會引起另一個頻段能量的上升.因此,我們需要的是整個系統的平衡.可用到的方法可分為兩大類:一種是讓能量泄放掉;另一種是把能量給擋個外部.也可以說一種方法是減小其產生的幅度,另一種則切斷其傳播途徑.

因此,最有效的辦法是把電源給完全屏蔽.

### 4.1 對開關管

在 power 的工作過程中,開關管一直處在快速的關與斷的狀態,而由於開關管結面電容的存在,開關管在快速開關的時候就會產生一定的尖峰,這樣就會有一些

noise 發射出來.另外開關管的結面電容和變壓器的繞組電感也有可能產生諧振而發出幹擾.

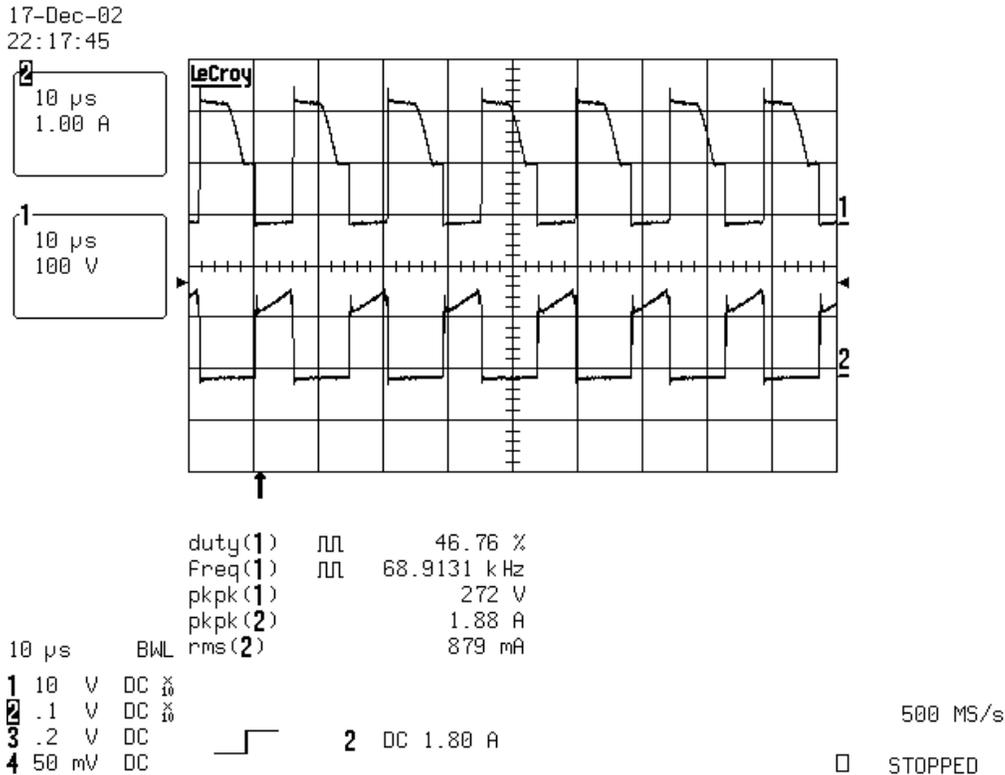
對此可採用的方法有

1)在 D 極和 G 極加 core,這樣等於加了一個小電感,使開關管的電流變化率不會太大,可減小尖峰的大小

2)在開關管處加 snubber

同樣的,此方案也是爲了使開關管在快速工作時的尖峰不要太大,使其電壓或電流能緩慢上升.

圖 10 Q1 的波形



3)減小開關管與周邊元件的壓差,

這樣的話,則開關管的結面電容可充電的程度會得到一定的降低,

#### 4.2 對變壓器

變壓器是 power 中的貯能元件,在能量的充放過程中,就可能會產生雜訊幹擾.

對此我們可採用的方案有

1)把變壓器法拉第屏蔽

讓變壓器產的雜訊不發射出來

2)減緩能量的快速充放

3)一二次側的可靠隔離

#### 4.3 對二極體

同樣的,二極管在快速截止與導通的過程中會有 **spike** 的產生.且它的正常與否很密切的關係開關管和變壓器的工作.因此我們在對二次整流二極體做處理時,一定要同時檢測開關管和變壓器的工作波形.

1) 加 RC 緩衝器

讓二極體的能量能平緩的泄放

2) 在其管腳個加 bead core

使其電流不可突變以減小 spike

4.4 對貯能電感

類似於變壓器,可對其加屏蔽

4.5 外界幹擾的耦合(輸入端和輸出端)

對輸入端

此處是整個電源的入口處,外部電網的一些雜訊都有可能從此處進來,從而幹擾到電源內部一些元件的正常工作.與此同時,電源內部的雜訊也是由此傳播到外部電網,對外界造成干擾.

一般我們在這里都有一些 X 電容和 Y 電容以及 noise filter 對雜訊進行過濾.如圖所示

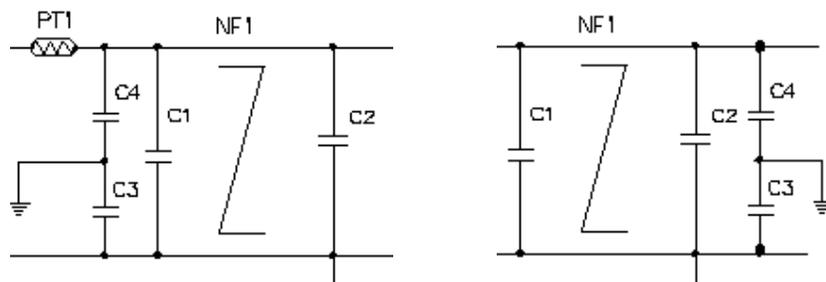


圖 11 濾波電路 1

其中一些雜訊可直接通過電容 bypass 到大地,另一些則被由電容和電感組成的濾波阻擋在外面.

對一些功率比較大的電源,一般都可採用級連的辦法,在一級共模濾波後再加一級差模濾波來減小雜訊的干擾(見圖)

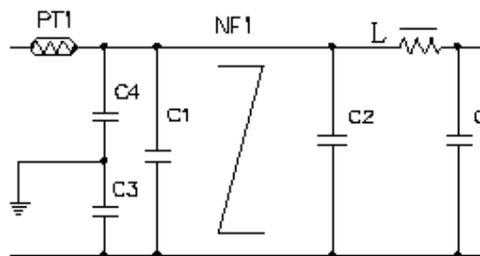


圖 12 濾波級連

我們可適當的 X 電容值和 Y 電容值以及 NF 值對傳導幹擾可達到一定的目的.對輸出端 (尤其是長 DC CORD)

電源給系統搭配后,系統內部的一些雜訊就可能由 DC CORD 而傳到電源的內部,而且外界的一些幹擾也有可能通過 DC CORD 耦合到電源內部,產一系列的干擾.

對於由此而產生的干擾,最好的辦法是同對付輸入端的幹擾一樣去加一些共模濾波和差模濾波.但是在實際中不太可能去做這些工作,因此我們只能從 DC CORD 去著手.

首先對於直接由系統內部傳過來的干擾我們可以在 DC CORD 上加一些磁環以及 filter core 去減小其 noise

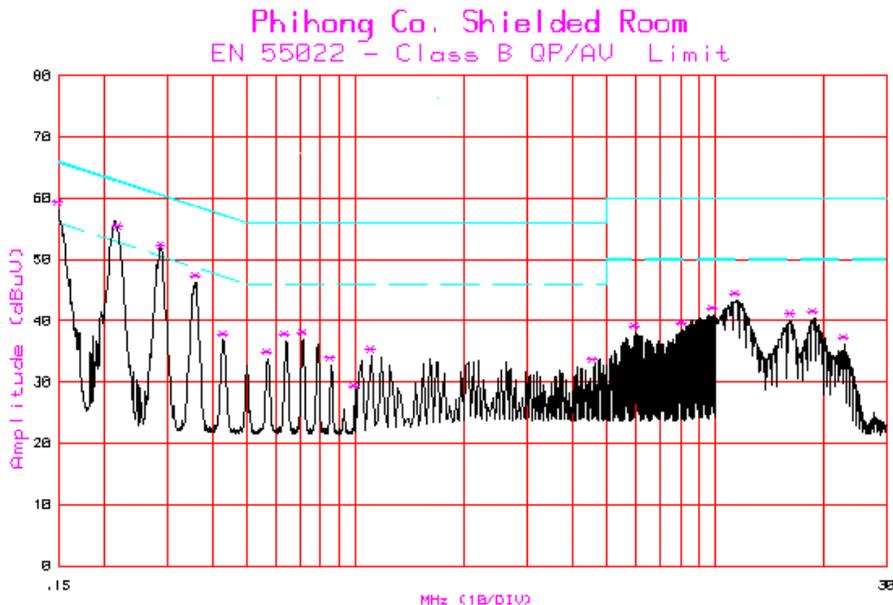
而對於耦合在 DC CORD 上的雜訊,我們可以加強 DC CORD 的抗幹擾能力,比方說給它加屏蔽,讓外界的雜訊不易從它耦合到電源內部.

## 5.實例應用

由開始所提供的 EMI 圖樣可知,CONDUCTION 的 LINE 線要比 NEUTRAL 線高.而 RADIATION 的 VERTICAL 要比 HORIZONTAL 高多.故以後只提供 CPNDUCTION 的 LINE 線以及 RADIATION 的 VERTICAL 兩種波形圖!

對於本機種,由於其安規已申請,故在 EMI 的改善過程中有個很大的難題是不可以去很大幅度的改動其安規元件,而添加外圍電路的前提也是不可以去動 PCB! 對圖 1,可看到輸入部份和輸出部份很高,對輸出那一段,可以在 DC CORD 處加一個磁 CORE,結果如圖 11

圖 13 變更 DC CORD 後的 CONDUCTION



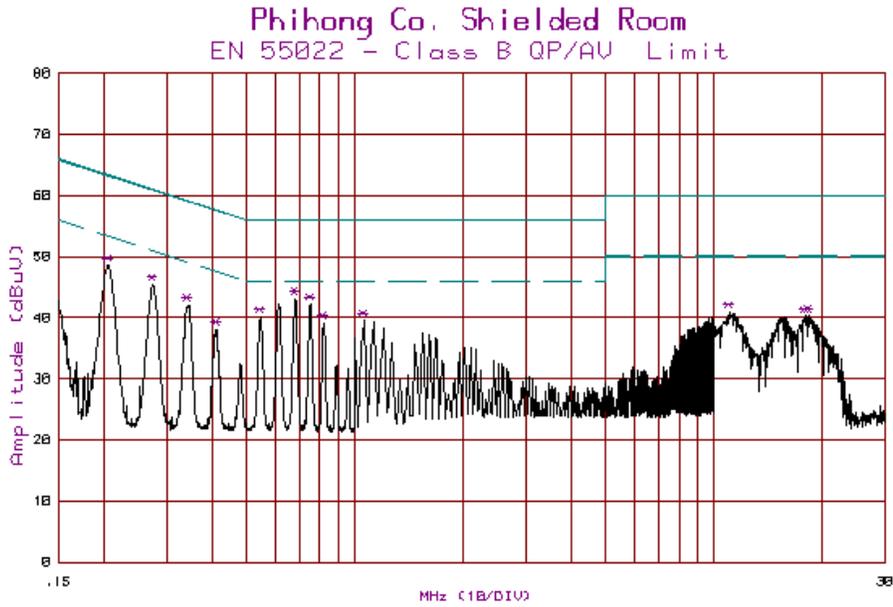
R

由圖可看到,在 20M 到 30M 內的尖峰已削平到了 40Db 左右.

對輸入部份最直接的對策是把 NOISE FILTER 加大,而由於此是一安規元件,

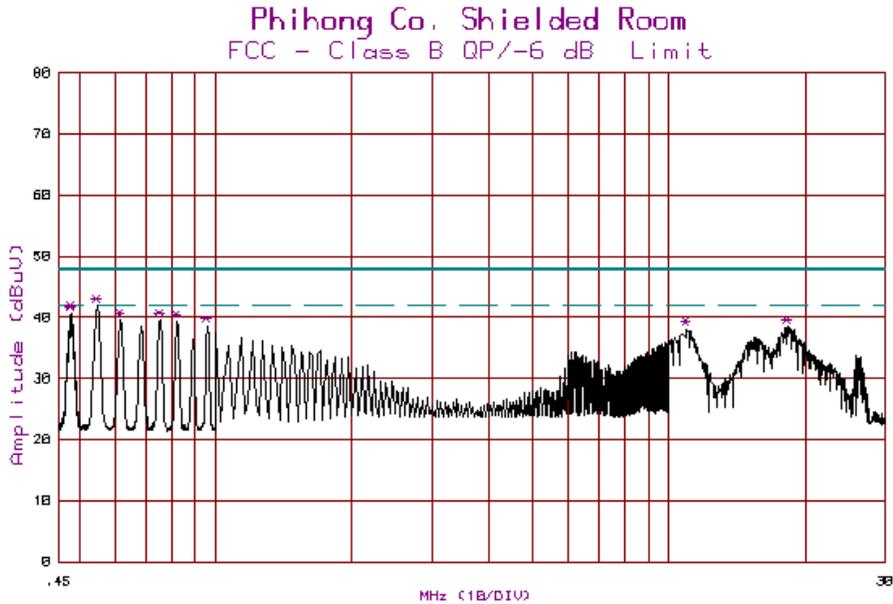
對此我請教過安規的專家,她們認為在變更此類元件時,只要對周過的元件的影響不很大,溫差不會超過 20°C 則可認為變換後安規仍不變.對此,我把 NF 由開始的 16mH 左右加大到了 23mH 左右.變更後的圖如圖 12:

圖 14 變更 NF 後的 CONDUCTION 圖(EN55022)



R

圖 15 變更 NF 後的 CONDUCTION 圖(FCC)



R

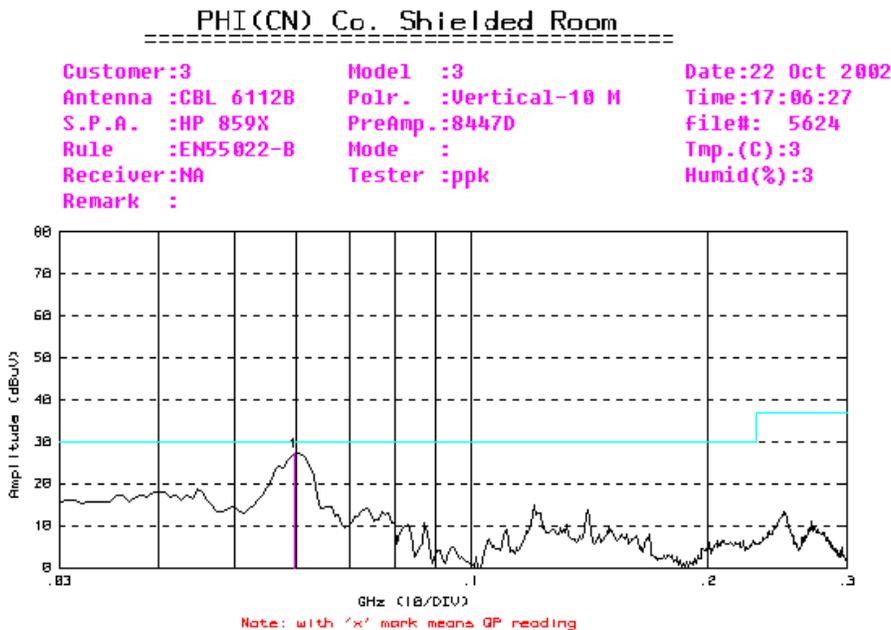
由圖可看到,在 500K 以前的峰值都已有了下降,不過在 0.5—2M 間的峰值都有了一定程度的提高,由此帶來了另一個患,在此暫且不提.到此可認為,CONDUCTION 已修改成功.

下面再來看看 RADIATION:

對於此類干擾,我們要借助一系列的工具有,最好能用步譜分析儀,那樣可以定頻率的分析到每一個頻段的幹擾的高低,不過此方法要用的頻譜分析儀不可多求,故可採用更”原始”點的方法,可以把一個小電感(感值很小,且絕緣良好)很好的屏蔽后(只留下其接收端在外)把它的兩個引腳接到示波器上,把示波器的頻帶限制去掉後選用一定的檔位,把接收端去接觸工作著的 POWER 的各個點,如果電感選取合適的話,則從示波器上接收到的信號就是你所接觸點的發出的信號,可以很精確的這點分析到幹擾源.對本機種採用此方法可以看到在 Q1,D51,D52,D53,REC, TRANSFORMER 處的幹擾信號最強.

5.1 首先,我看了一下屏蔽的效果,用一塊屏蔽板加在電源上,形成雙層屏蔽

圖 16 屏蔽電源



R

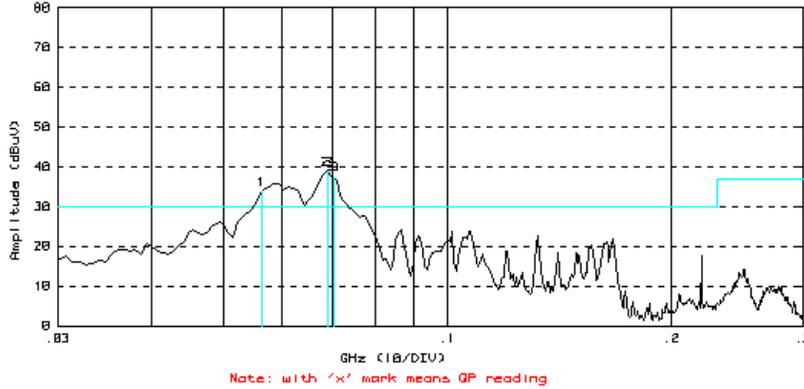
可看到,加了一塊屏蔽板以後整個頻段的峰值都可以壓下去.

5.2 在 Q1 的 D 极加了一個 BEAD CORE

圖 17 Q1 的 D 极加 BEAD CORE

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:phc                    Model :psa54u-201                    Date:21 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B            Polr. :Vertical-10 M                Time:19:22:34  
 S.P.A. :HP 859X                PreAmp.:8447D                        file#: 5585  
 Rule :EN55022-B                Mode :                                Tmp.(C):205  
 Receiver:NA                    Tester :1                              Humid(%):50  
 Remark :



R

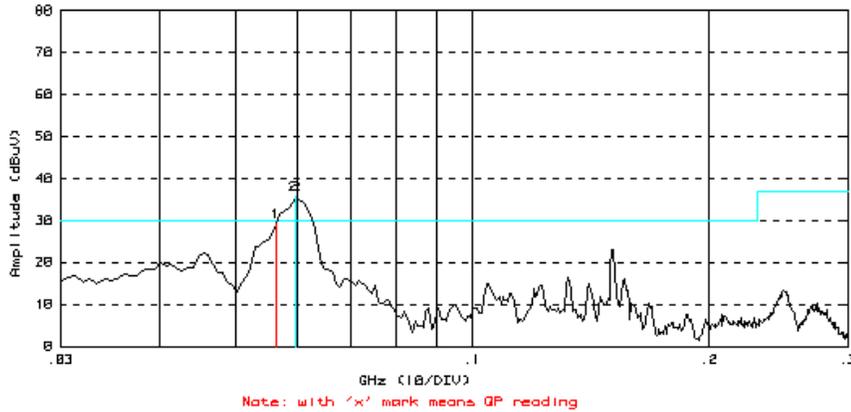
可以看到,加了磁環以后,峰值有所降低

5.3 由於在本機中,開關管接在一次側地上,與大地有一定的電位,故嘗試把晶體與一次地隔離.結果如圖 18

圖 18 晶體管隔離

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:phc                    Model :54u                              Date:22 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B            Polr. :Vertical-10 M                Time:16:57:16  
 S.P.A. :HP 859X                PreAmp.:8447D                        file#: 5621  
 Rule :EN55022-B                Mode :                                Tmp.(C):25  
 Receiver:NA                    Tester :pp                              Humid(%):50  
 Remark :



R

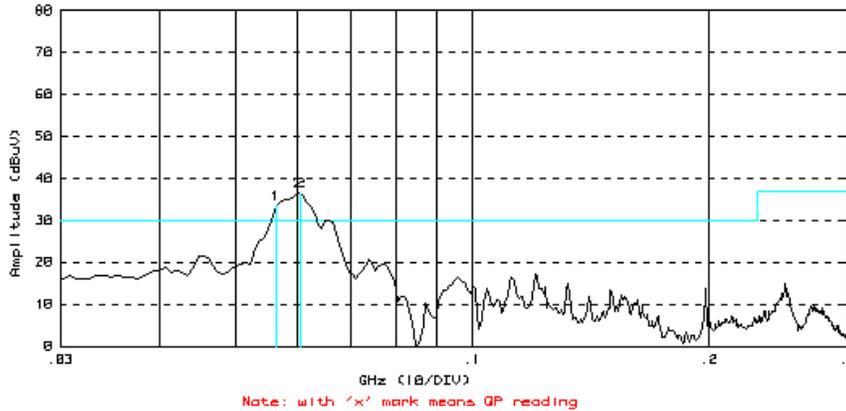
這樣隔離后相當於減小了晶體管與周過元件的電位差.也有一定的效果.

5.4 由於變壓器處發出的信號也很強,故嘗試把變壓器給屏蔽.

圖 19 屏蔽變壓器

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:ph Model :54u25 Date:22 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B Polr. :Vertical-10 M Time:11:40:59  
 S.P.A. :HP 859X PreAmp.:8447D file#: 5607  
 Rule :EN55022-B Mode : Tmp.(C):50  
 Receiver:NA Tester :j Humid(%):50  
 Remark :



R

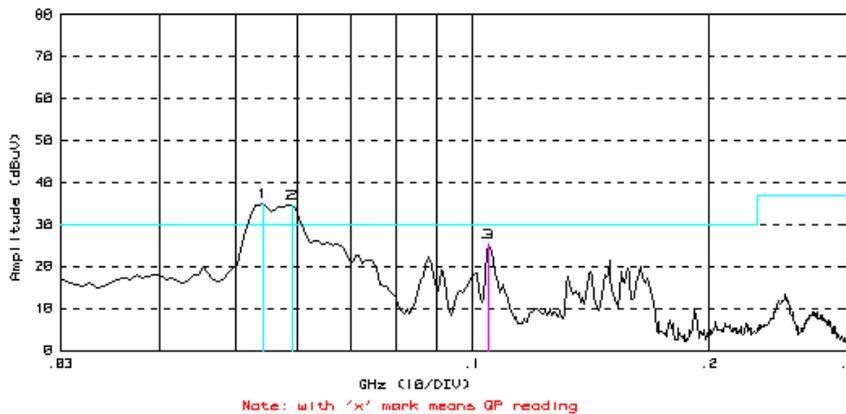
相對圖 5,也有所改善

5.5 同樣的,給一二次隔離的 Y 電容引腳加個 BEAD CORE

圖 20 給 C9 加 BEAD CORE

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:PHC Model :54U-201 Date:31 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B Polr. :Vertical-10 M Time:09:12:35  
 S.P.A. :HP 859X PreAmp.:8447D file#: 5859  
 Rule :EN55022-B Mode : Tmp.(C):25  
 Receiver:NA Tester :leopard Humid(%):50  
 Remark :



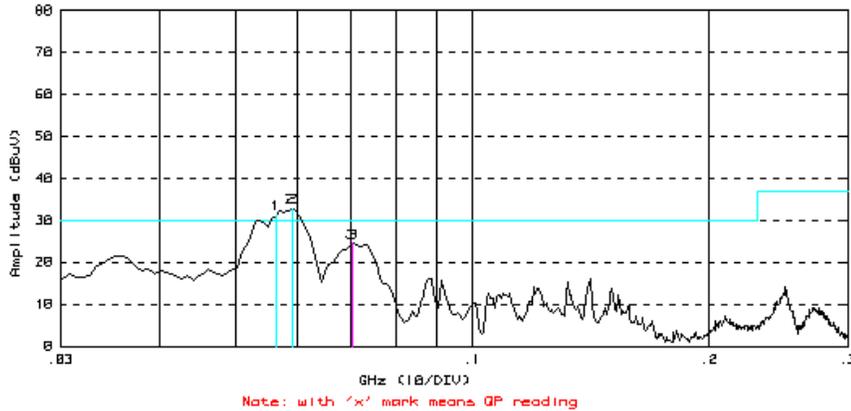
R

5.6 給二次側的整流二極體加上 CORE

圖 21 D51,D52 加 CORE

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:PHC                      Model :PSA54U-201                      Date:29 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B                  Polr. :Vertical-10 M                      Time:09:28:10  
 S.P.A. :HP 859X                      PreAmp.:8447D                              file#: 5743  
 Rule :EN55022-B                      Mode :    Tmp.(C):25  
 Receiver:NA                              Tester :leopard                              Humid(%):50  
 Remark :



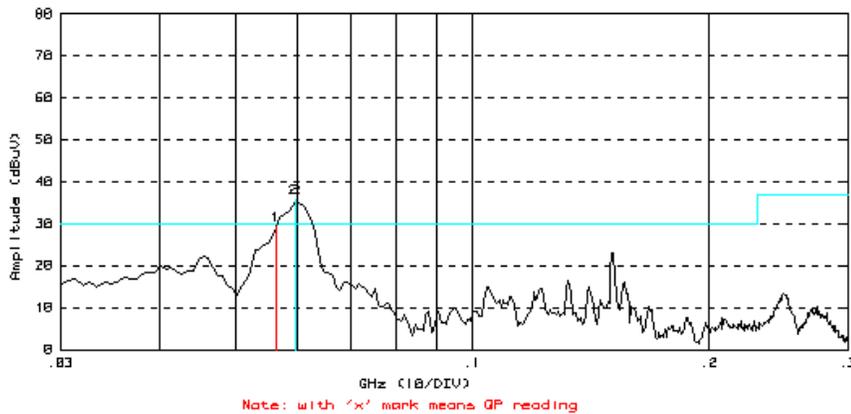
R

5.7 把輸出貯能電感屏蔽

圖 22 屏蔽輸出電感

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:phc                      Model :54u                                      Date:22 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B                  Polr. :Vertical-10 M                      Time:16:57:16  
 S.P.A. :HP 859X                      PreAmp.:8447D                              file#: 5621  
 Rule :EN55022-B                      Mode :    Tmp.(C):25  
 Receiver:NA                              Tester :pp                                      Humid(%):50  
 Remark :



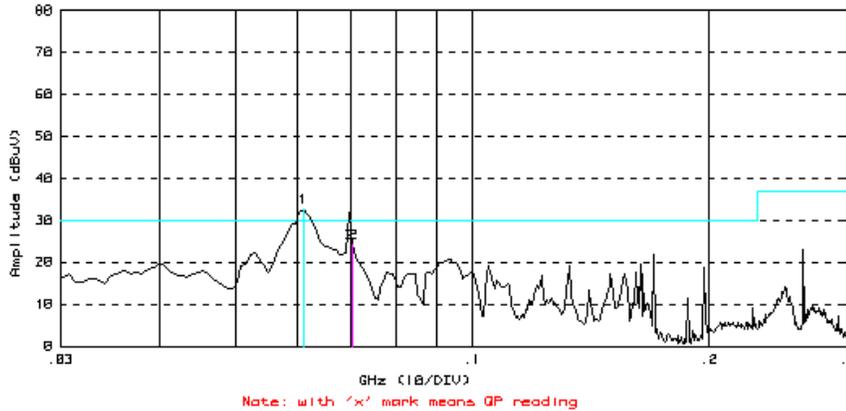
R

5.8 在初次側 SNUBBER 的 D3 兩端并一小電容

圖 23 SNUBBER 處 D3 并電容

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:PHC Model :PSA54U-201 Date:29 Oct 2002  
 Antenna :CBL 6112B Polr. :Vertical-10 M Time:09:31:32  
 S.P.A. :HP 859X PreAmp.:8447D file#: 5744  
 Rule :EN55022-B Mode : Tmp.(C):25  
 Receiver:NA Tester :leopard Humid(%):50  
 Remark :



R

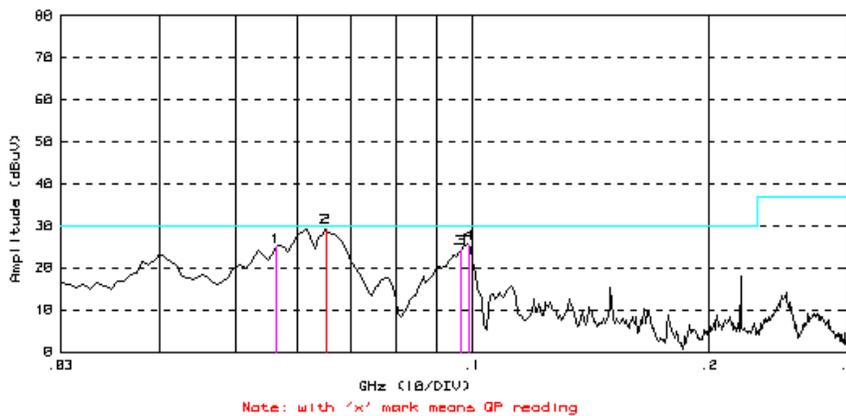
此方法對輻射比較有效,但對傳導的影響較大

考慮到作業的最簡便,故最簡單的方法莫過於在 Q1,D51,D52,C9 此幾個元件的引腳處加 BEAD CORE.最後的測試波形如以下圖樣

圖 24 加 BEAD CORE 後的 RADIATION(VERTICAL)

PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:PHC Model :54U Date:19 Nov 2002  
 Antenna :CBL 6112B Polr. :Vertical-10 M Time:16:37:01  
 S.P.A. :HP 859X PreAmp.:8447D file#: 104  
 Rule :EN55022-B Mode : Tmp.(C):25  
 Receiver:NA Tester :ZHU.XONGWEI Humid(%):50  
 Remark :

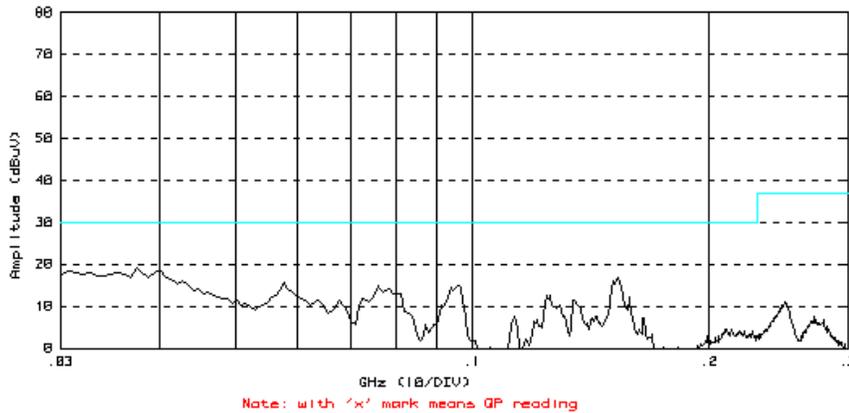


R

圖 25 加 BEAD CORE 後的 RADIATION(HORIZONTAL)

## PHI(CN) Co. Shielded Room

Customer:PHC Model :54U Date:19 Nov 2002  
Antenna :CBL 6112B Polr. :Horizontal-10 M Time:16:40:49  
S.P.A. :HP 859X PreAmp.:8447D file#: 107  
Rule :EN55022-B Mode : Tmp.(C):25  
Receiver:NA Tester :ZHU.XONGWEI Humid(%):50  
Remark :



R

至此,看到 EMI 問題已基本處理完成,當然在加了這麼多 CORE 後必須做的工作是去檢驗它們帶來的後果,比如效率和溫度問題.在一系列實驗后,發現它們對效率和溫度幾乎沒有影響.另外再確認了它們對 CONDUCTION 沒有不良影響,故在我認為來說.此問題已告一段落.

在這以後又牽涉到電源和客戶系統的搭配問題,由於客戶的系統的幹擾疊加在電源上,至使在檢測整個系統時發生了一系列的問題,那由於系統不同將得到的結果將不相同,對此本人就不再累贅了.

## 6 結論

在所列的方案中,所有的對策都有一定的效果,只是在最後所選的方案最為簡便而已!

EMI 是一種能量,我們不可能去完全的把它給壓抑住,只能在滿足客戶的要求下去做到盡可能的平衡!最好能在設計過程中就去系統的考慮到這些問題,能從元件的搭配和架構上去更好的解決 EMI,而不用到最後去修修補補,造成外觀和作業上的一些麻煩.

EMI 問題是一種很隨機的問題,在此機種上行之有效的方法不見得會在別的機種得到驗證.

本人功力有限,只能提供這些僅作參考,具體問題還得具體分析才好.