



(21)申請案號：100119486

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 06 月 03 日

(51)Int. Cl. : H04B1/40 (2006.01) H04L25/03 (2006.01)

(30)優先權：2010/06/03 美國 61/351,284

2010/11/15 美國 12/946,688

(71)申請人：美國博通公司 (美國) BROADCOM CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：米克合瑪 莫赫伊 MIKHEMAR, MOHYEE (US) ; 達拉比 胡曼 DARABI,

HOOMAN (US)

(74)代理人：潘海濤；袁鐵生

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：38 共 93 頁

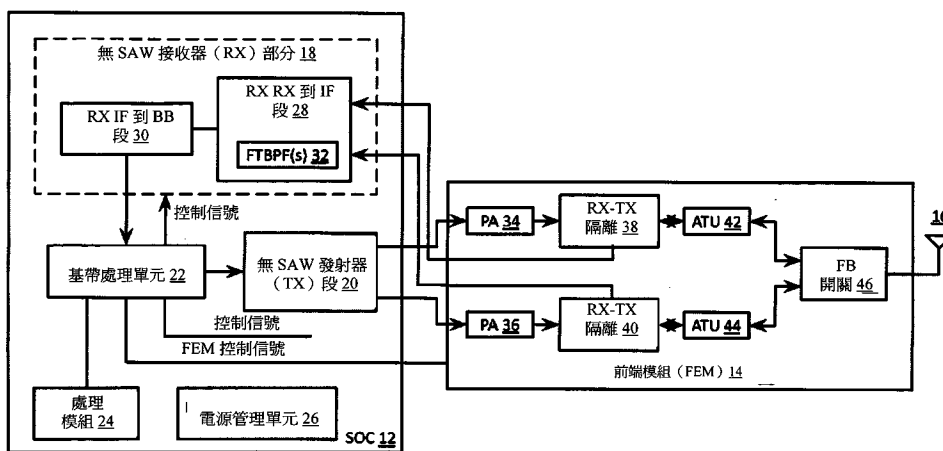
(54)名稱

帶有補償雙工器的前端模組

FRONT END MODULE WITH COMPENSATING DUPLEXER

(57)摘要

一種前端模組，包括雙工器和平衡網路。所述雙工器包括補償電路和具有五個節點的三繞組變壓器。第一節點用於將天線可操作地連接到第一繞組；第二節點可操作地接收出站無線信號並且將所述第一繞組可操作地連接到第二繞組次繞組；第三節點將第二繞組可操作地連接到平衡網路；第四節點可操作地連接地從所述第三繞組輸出對應於入站無線信號的第一信號分量；以及第五節點可操作地連接以從第三繞組輸出對應於入站無線信號的第二信號分量。雙工器提供第一和第二信號分量與出站無線信號之間的電氣隔離。補償模組可操作來補償第一和第二信號與出站無線信號之間的電氣隔離。



10：可攜式計算通信設備

12：片上系統(SOC)

14：前端模組(FEM)

16：天線

18：無 SAW 接收器部分

20：無 SAW 發射器部分

22：基帶處理單元

24：處理模組

26：電源管理單元

28：接收器(RX)射頻(RF)到中頻(IF)段

30：接收器(RX)IF 到
基帶(BB)段

32：頻率轉換
(translated)帶通濾波器
(FTBPF)

34-36：功率放大器
(PA)

38-40：接收器-發射
器(RX-TX)隔離模組

42-44：天線調諧單元
(ATU)

46：頻帶(FB)開關



(21)申請案號：100119486

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 06 月 03 日

(51)Int. Cl. : H04B1/40 (2006.01) H04L25/03 (2006.01)

(30)優先權：2010/06/03 美國 61/351,284

2010/11/15 美國 12/946,688

(71)申請人：美國博通公司 (美國) BROADCOM CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：米克合瑪 莫赫伊 MIKHEMAR, MOHYEE (US) ; 達拉比 胡曼 DARABI,

HOOMAN (US)

(74)代理人：潘海濤；袁鐵生

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：38 共 93 頁

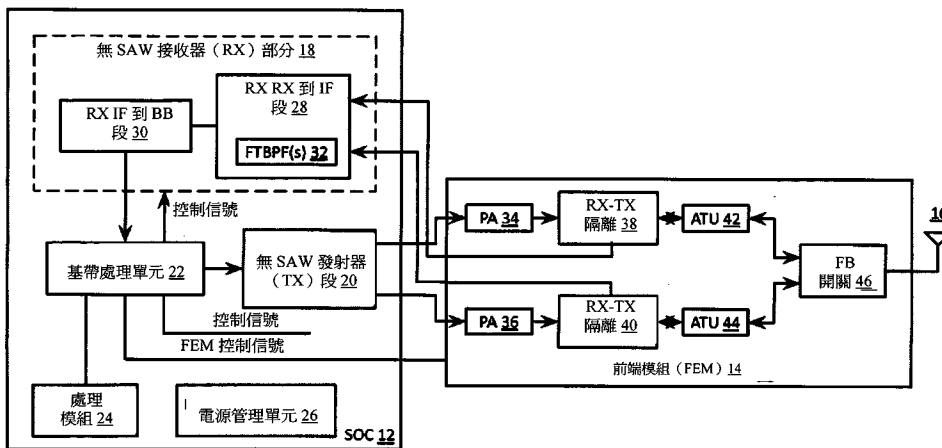
(54)名稱

帶有補償雙工器的前端模組

FRONT END MODULE WITH COMPENSATING DUPLEXER

(57)摘要

一種前端模組，包括雙工器和平衡網路。所述雙工器包括補償電路和具有五個節點的三繞組變壓器。第一節點用於將天線可操作地連接到第一繞組；第二節點可操作地接收出站無線信號並且將所述第一繞組可操作地連接到第二繞組次繞組；第三節點將第二繞組可操作地連接到平衡網路；第四節點可操作地連接地從所述第三繞組輸出對應於入站無線信號的第一信號分量；以及第五節點可操作地連接以從第三繞組輸出對應於入站無線信號的第二信號分量。雙工器提供第一和第二信號分量與出站無線信號之間的電氣隔離。補償模組可操作來補償第一和第二信號與出站無線信號之間的電氣隔離。



10：可攜式計算通信設備

12：片上系統(SOC)

14：前端模組(FEM)

16：天線

18：無 SAW 接收器部分

20：無 SAW 發射器部分

22：基帶處理單元

24：處理模組

26：電源管理單元

28：接收器(RX)射頻(RF)到中頻(IF)段

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及無線通信，尤其涉及無線收發器。

【先前技術】

眾所周知，通信系統支援無線和/或有線通信設備之間的無線和有線通信。這樣的通信系統範圍從國內和/或國際手機系統到互聯網到點對點家庭無線網路。每種類型的通信系統都根據一種或更多種通信標準來構建，並因此而運行。例如，無線通信系統可以根據一個或多個標準來運行，該一個或多個標準包括，但不限於 IEEE802.11、藍牙、高級移動電話系統 (AMPS)、數位 AMPS、全球移動通信系統 (GSM)、碼分多址 (CDMA)、本地多點分配系統 (LMDS)、多通道多點分配系統 (MMDS)、射頻識別 (RFID)、增強型資料速率 GSM 演進 (EDGE)、通用分組無線業務 (GPRS)、WCDMA、LTE (長期演進)、WiMAX (全球微波互聯接入)，和/或其變體。

根據無線通信系統的類型，無線通信設備 (例如手機、雙向無線電、個人數位助理 (PDA)、個人電腦 (PC)、膝上電腦、家庭娛樂設備、RFID 讀取器、RFID 標籤等等) 直接或間接地與其他無線通信設備通信。對於直接通信 (也稱作點對點通信)，參與的無線通信設備調諧它們的接收器和發射器到相同的一個或多個頻道 (例如，無線通信系統的多個射頻 (RF) 載波之一或一些系統的特定 RF 頻率)，並在該頻道 (一個或多個) 上通信。對於間接無線通信，每個無線通信設備通過指定的頻道，直接與相關的基站 (例如，用於手機服務的) 和/

或相關的接入點（例如，用於家庭或室內無線網路的）通信。為了完成無線通信設備之間的通信連接，相關的基站和/或相關的接入點彼此間通過系統控制器、通過公共電話交換網、通過互聯網、和/或通過一些其他廣域網路直接通信。

對於每個參與無線通信的無線通信設備，其都包括嵌入式無線收發器（即，接收器和發射器）或者連接到相關的無線收發器（例如用於室內和/或樓宇內無線通信網路的站點、RF 數據機等等）。眾所周知，接收器連接到天線，並且包括低雜訊放大器、一個或多個中頻級、過濾級以及資料恢復級。低雜訊放大器通過天線接收入站 RF 信號並然後放大。一個或多個中頻級將放大後的 RF 信號與一個或多個本地振盪混合，以將放大後的 RF 信號轉換成基帶信號或者中頻（IF）信號。過濾級過濾基帶信號或 IF 信號以減弱不想要的帶外信號，從而產生過濾信號。資料恢復級根據特定的無線通信標準從過濾信號中恢復資料。

眾所周知，發射器包括資料調製級、一個或多個中頻級以及功率放大器。資料調製級根據特定的無線通信標準將資料轉化成基帶信號。一個或多個中頻級將基帶信號與一個或多個本地振盪混合，以產生 RF 信號。功率放大器放大 RF 信號，然後通過天線的發射。

為了實施無線收發器，無線通信設備包括多個積體電路（IC）和多個分立元件。圖 1 示出了支持 2G 和 3G 手機協定的無線通信設備的一個實施例。如圖所示，無線通信設備包括基帶處理 IC、電源管理 IC、無線收發器 IC、發射/接收（T/R）

開關、天線，以及多個分立元件。分立元件包括表面聲波(SAW)濾波器、功率放大器、雙工器、電感器和電容器。這樣的分立元件增加了無線通信設備的原料的成本，但卻是達到 2G 和 3G 協定的嚴格性能要求所需要的。

隨著積體電路製造工藝的發展，無線通信設備製造商要求無線收發器 IC 製造商根據 IC 製造的進步更新他們的 IC。例如，隨著製造工藝的改變（例如，使用更小的電晶體尺寸），無線收發器 IC 也被重新設計用於較新的製造工藝。重新設計 IC 的數位部分是相對簡單的工藝，因為大多數數位電路隨著 IC 製造工藝而“減少 (shrink)”。然而，重新設計類比部分並不是簡單的任務，因為大多數類比電路（如，電感器、電容器等）不隨 IC 工藝而“減少”。這樣的話，無線收發器 IC 製造商將努力生產出更新的 IC 製造工藝的 IC。

【發明內容】

本發明針對在以下附圖說明、具體實施方式以及權利要求書中進一步描述的裝置和操作方法。

根據本發明的一方面，一種前端模組包括：

雙工器，所述雙工器包括：

第一繞組；

第二繞組；

第三繞組；

第一至第五節點，其中：

所述第一節點用於將天線可操作地連接到第一繞組；

所述第二節點可操作來接收出站無線信號並且將所述第一繞組可操作地連接到所述第二繞組；

所述第三節點將所述第二繞組可操作地連接到平衡網路；

第四節點可操作地連接以從所述第三繞組輸出對應於入站無線信號的第一信號分量；以及

第五節點可操作地連接以從所述第三繞組輸出對應於入站無線信號的第二信號分量，

其中所述第一和第二信號分量與從所述出站無線信號電氣隔離；以及

補償模組，所述補償模組可操作地連接到所述第一、第二和第三繞組的至少一個，並且可操作來補償所述第一和第二信號與所述出站無線信號之間的電氣隔離；以及平衡網路，所述平衡網路可操作地建立基本上匹配所述天線阻抗的阻抗。

根據另一方面，一種射頻前端，包括：

功率放大器，所述功率放大器可操作連接以放大上轉換信號，產生出站無線信號；

雙工器，所述雙工器可操作地連接到天線，其中所述雙工器可操作地提供所述出站無線信號與所述入站無線信號之間的電氣隔離；

平衡網路，所述平衡網路可操作地連接到所述雙工器，並且可操作地建立基本上匹配所述天線阻抗的阻抗；

低雜訊放大器，所述低雜訊放大器可操作地連接以放大所

述入站無線信號，其中所述低雜訊放大器包括共模隔離補償電路，所述共模隔離補償電路補償所述雙工器的寄生電容造成的共模隔離的衰減。

根據另一方面，一種射頻前端，包括：

功率放大器，所述功率放大器可操作地連接以放大上轉換信號，產生出站無線信號；

雙工器，所述雙工器可操作地連接到天線，其中所述雙工器可操作地提供所述出站無線信號與入站無線信號之間的電氣隔離；

平衡網路，所述平衡網路可操作地連接到所述雙工器，並且可操作地建立基本上匹配所述天線阻抗的阻抗；以及

補償模組，所述補償模組可操作地補償所述雙工器的寄生電容造成的所述第一和第二信號與所述出站無線信號之間電氣隔離的衰減。

優選地，所述補償模組包括：

第一補償電容器，所述第一補償電容器與所述雙工器的第一寄生電容並聯連接；以及

第二補償電容器，所述第二補償電容器與所述雙工器的第二寄生電容並聯連接，其中所述第一補償電容器與所述第一寄生電容的電容總和基本上等於所述第二補償電容器與第二寄生電容的電容總和。

優選地，所述前端模組還包括：

檢測模組，所述檢測模組可操作地連接以用於檢測所述第一和第二寄生電容之間的不平衡；

處理模組，所述處理模組可操作地連接以用於：

基於所述第一和第二寄生電容之間的所述不平衡，確定所述第一和第二補償電容器的所述電容；

基於所述確定的所述第一補償電容器的電容，生成第一電容設定值；以及

基於所述確定的所述第二補償電容器的電容，生成第二電容設定值；

所述第一補償電容器包括第一電容器網路，所述第一電容器網路是基於所述第一電容設定值所設定的；以及

所述第二補償電容器包括第二電容器網路，所述第二電容器網路是基於所述第二電容設定值所設定的。

從以下的描述和附圖中，本發明的其他特徵與優點將變得顯而易見。

【實施方式】

圖 2 是可攜式計算通信設備 10 的一實施例的示意性框圖，可攜式計算通信設備 10 包括片上系統 (SOC) 12 和前端模組 (FEM) 14。可攜式計算通信設備 10 可以是能由人攜帶，能至少部分地由電池供電的任何設備，包括無線收發器（例如，射頻 (RF) 和/或毫米波 (MMW)）並且執行一個或多個軟體應用。例如，可攜式計算通信設備 10 可以是手機、膝上電腦、個人數位助理、視頻遊戲控制臺、視頻遊戲機、個人娛樂單元、平板電腦等。

SOC 12 包括無 SAW 接收器部分 18、無 SAW 發射器部分 20、基帶處理單元 22、處理模組 24 和電源管理單元 26。無

SAW 接收器 18 包括接收器 (RX) 射頻 (RF) 到中頻 (IF) 段 28 和接收器 (RX) IF 到基帶 (BB) 段 30。RX RF 到 IF 段 28 還包括一個或多個頻率轉換 (translated) 帶通濾波器 (FTBPF) 32。

處理模組 24 和基帶處理單元 22 可以是單個處理設備、分開的處理設備或多個處理設備。這樣的處理設備可以是微處理器、微控制器、數位信號處理器、微型電腦、中央處理單元、現場可編程閘陣列、可編程邏輯設備、狀態機、邏輯電路、類比電路、數位電路，和/或基於電路的硬編碼和/或操作指令操縱信號 (類比和/或數位) 的任何設備。處理模組 24 和/或基帶處理單元 22 可以具有關聯記憶體和/或記憶元件，其可以是單個存儲設備、多個存儲設備，和/或處理模組 24 的嵌入電路。這樣的存儲設備可以是唯讀記憶體、隨機存取記憶體、易失記憶體、非易失記憶體、靜態記憶體、動態記憶體、快閃記憶體、緩存，和/或存儲數位資訊的任何設備。注意，如果處理模組 24 和/或基帶處理單元 22 包括多於一個處理設備，則處理設備可以被集中設置 (例如，經由有線和/或無線匯流排結構直接連接到一起) 或者可以被分散設置 (例如，經由區域網路和/或廣域網路經由間接連接的雲計算)。還要注意，當處理模組 24 和/或基帶處理單元 22 經由狀態機、類比電路、數位電路，和/或邏輯電路實施其功能的一個或多個時，存儲相應操作說明的記憶體和/或記憶體元件可以被嵌入或外接於包括狀態機、類比電路、數位電路，和/或邏輯電路的電路內。還要注意的是，記憶體元件存儲，且處理模組 24 和/或基帶處理單元

22 執行對應於附圖的一個或多個圖示的步驟和/或功能的至少一些硬編碼和/或操作指令。

前端模組 (FEM) 14 包括多個功率放大器 (PA) 34-36、多個接收器-發射器 (RX-TX) 隔離模組 38-40、多個天線調諧單元 (ATU) 42-44，以及頻帶 (FB) 開關的一個或多個。注意，FEM 14 可以包括兩個以上連接到 FB 開關 46 的 PA 34-36、RX-TX 隔離模組 38-40 以及 ATU 42-44 的路徑。例如，FEM 14 可以包括用於 2G (二代) 手機服務的一個路徑，用於 3G (三代) 手機服務的另一路徑，以及用於無線區域網路 (WLAN) 服務的第三路徑。當然，存在 FEM 14 內支持一個或多個無線通信標準 (例如，IEEE 802.11、藍牙、全球移動通信系統 (GSM)、碼分多址 (CDMA)、射頻識別 (RFID)、增強型資料速率 GSM 演進 (EDGE)、通用分組無線業務 (GPRS)、WCDMA、高速下行分組接入 (HSDPA)、高速上行分組接入 (HSUPA)、LTE (長期演進)、WiMAX (全球微波互聯接入)，和/或其變體) 的路徑的多數其他組合實施例。

在一個操作的實施例中，處理模組 24 執行要求資料的無線傳輸的一個或多個功能。該該例子中，處理模組 24 提供出站資料 (例如，語音、文本、音頻、視頻、圖像等) 到基帶處理模組 22，基帶處理模組 22 將出站資料轉換成與一個或多個無線通信標準 (例如，GSM、CDMA、WCDMA、HSUPA、HSDPA、WiMAX、EDGE、GPRS、IEEE 802.11、藍牙、ZigBee、通用移動通信系統 (UMTS)、長期演進 (LTE)、IEEE 802.16、優化資料演進 (EV-DO) 等) 一致的一個或多個出站符號流。

這樣的轉換包括以下的一種或多種：加擾、刪餘 (puncturing)、編碼、交錯、星座映射、調製、擴頻、跳頻、波束成形、空間-時間塊編碼、空間-頻率塊編碼、頻率對時域轉換，和/或數位基帶到中頻轉換。注意，處理模組 24 將出站資料轉換成用於單入單出 (SISO) 通信和/或用於多入單出 (MISO) 通信的單出站符號流，並且將出站資料轉換成用於單入多出 (SIMO) 通信和/或用於多入單出 (MIMO) 通信的多出站符號流。

基帶處理單元 22 提供一個或多個出站符號流到無 SAW 發射器部分 20，無 SAW 發射器部分 20 將出站符號流 (一個或多個) 轉換成一個或多個出站 RF 或 MMW 信號。無 SAW 收發器部分 20 可以包括直接轉換拓撲 (例如，基帶或近基帶符號流到 RF 信號的直接轉換) 或者超外差拓撲 (例如，將基帶或近基帶符號流轉換為 IF 信號，並然後轉換 IF 信號為 RF 信號)。

針對直接轉換，無 SAW 發射器部分 20 可以基於笛卡爾 (Cartesian-based) 拓撲、基於極性拓撲 (polar-based)，或基於極性-笛卡爾的混合拓撲。基於笛卡爾拓撲中，無 SAW 發射器部分 20 將一個或多個出站符號流的同相和正交分量 (例如，分別為 $A_I(t) \cos(\omega_{BB}(t) + \phi_I(t))$ 和 $A_Q(t) \cos(\omega_{BB}(t) + \phi_Q(t))$) 與一個或多個發射本地振盪 (TX LO) 的同相和正交分量 (例如，分別為 $\cos(\omega_{RF}(t))$ 和 $\sin(\omega_{RF}(t))$) 混合，以產生混合信號。所述混合信號被合併並過濾，以產生一個或多個出站上轉換信號 (例如， $A(t) \cos(\omega_{BB}(t) + \phi(t) + \omega_{RF}(t))$)。功率放大驅動器 (PAD) 模組放大出站上轉換信號 (一個或多個) 以產生預-PA

(功率放大的) 出站 RF 信號 (一個或多個)。

在基於相位極的拓撲中，無 SAW 發射器部分 20 包括產生振盪 (例如， $\cos(\omega_{RF}(t))$)，其基於出站符號流 (一個或多個) 的相位資訊 (例如， $\pm \Delta\phi$ [相移]和/或 ϕt) [相調製] 而被調整) 的振盪器。得到的調整振盪 (例如， $\cos(\omega_{RF}(t) \pm \Delta\phi)$ 或 $\cos(\omega_{RF}(t) + \phi t)$) 可以通過出站符號流 (一個或多個) 的幅值資訊 (例如， $A(t)$ [幅值調製]) 被進一步調整，以產生一個或多個上轉換信號 (例如， $A(t) \cos(\omega_{RF}(t) + \phi(t))$ 或 $A(t) \cos(\omega_{RF}(t) \pm \Delta\phi)$)。功率放大驅動器 (PAD) 模組放大出站上轉換信號 (一個或多個) 以產生預-PA (功率放大的) 出站 RF 信號 (一個或多個)。

在基於頻率極的拓撲中，無 SAW 發射器部分 20 包括產生振盪 (例如， $\cos(\omega_{RF}(t))$)，其基於出站符號流 (一個或多個) 的頻率資訊 (例如， $\pm \Delta f$ [頻移]和/或 $f(t)$) [頻率調製]而被調整) 的振盪器。得到的調整振盪 (例如， $\cos(\omega_{RF}(t) \pm \Delta f)$ 或 $\cos(\omega_{RF}(t) + f(t))$) 可以通過出站符號流 (一個或多個) 的幅值資訊 (例如， $A(t)$ [幅值調製]) 被進一步調整，以產生一個或多個上轉換信號 (例如， $A(t) \cos(\omega_{RF}(t) + f(t))$ 或 $A(t) \cos(\omega_{RF}(t) \pm \Delta f)$)。功率放大驅動器 (PAD) 模組放大出站上轉換信號 (一個或多個) 以產生預-PA (功率放大的) 出站 RF 信號 (一個或多個)。

在基於極性-笛卡爾的混合拓撲中，無 SAW 發射器部分 20 將出站符號流 (一個或多個) 的相位資訊 (例如， $\cos(\omega_{BB}(t) \pm \Delta\phi$ 或 $\cos(\omega_{BB}(t) + \phi t)$) 與幅值資訊 (例如， $A(t)$) 分離。

無 SAW 發射器部分 20 將一個或多個出站符號流的同相和正交分量（例如，分別是 $\cos(\omega_{BB}(t) + \varphi_I(t))$ 和 $\cos(\omega_{BB}(t) + \varphi_Q(t))$ ）與一個或多個發射本地振盪（TX LO）的同相和正交分量（例如，分別是 $\cos(\omega_{RF}(t))$ 和 $\sin(\omega_{RF}(t))$ ）混合，以產生混合信號。所述混合信號被合併並過濾以產生一個或多個標準化出站上轉換信號（例如， $\cos(\omega_{BB}(t) + \varphi(t) + \omega_{RF}(t))$ ）。功率放大驅動器（PAD）模組放大所述標準化的出站上轉換信號（一個或多個）並且將幅值資訊（例如， $A(t)$ ）加入到標準化的出站上轉換信號（一個或多個），以產生預-PA（功率放大的）出站 RF 信號（一個或多個）（例如， $A(t) \cos(\omega_{RF}(t) + \varphi(t))$ ）。

針對超外差拓撲，無 SAW 發射器部分 20 包括基帶（BB）到中頻（IF）段以及 IF 到射頻（RF）段。BB 到 IF 段可以是基於極性拓撲、基於笛卡爾拓撲、基於極性-笛卡爾的混合拓撲，或者混合級，用於上轉換出站符號流（一個或多個）。前文的三種情況中，BB 到 IF 段生成 IF 信號（一個或多個）（例如， $A(t) \cos(\omega_{RF}(t) + \varphi(t))$ ）並且 IF 到 RF 段包括混合級、過濾級，以及功率放大驅動器（PAD）以產生預-PA 出站 RF 信號（一個或多個）。

當 BB 到 IF 段包括混合級時，IF 到 RF 段可以具有基於極性拓撲、基於笛卡爾拓撲或基於極性-笛卡爾的混合拓撲。該例子中，BB 到 IF 段將出站符號流（一個或多個）（例如， $A(t) \cos((\omega_{BB}(t) + \varphi(t)))$ ）轉換為中頻符號流（一個或多個）（例如， $A(t) (\omega_{IF}(t) + \varphi(t))$ ）。IF 到 RF 段將 IF 符號流（一個或多個）轉換為預-PA 出站 RF 信號（一個或多個）。

無 SAW 發射器部分 20 輸出預-PA 出站 RF 信號（一個或多個）到前端模組（FEM）14 的功率放大器模組（PA）34-36。PA 34-36 包括串聯和/或並聯連接到放大的預-PA 出站 RF 信號（一個或多個）的一個或多個功率放大器，以產生出站 RF 信號（一個或多個）。應注意的是，PA 34-36 的參數（例如，增益、線性、帶寬、效率、雜訊、輸出動態範圍、轉換速率、上升率、校正（settling）時間、過沖、穩定因數等）可以基於所接收的來自基帶處理單元 22 和/或處理模組 24 的控制信號來調節。例如，隨發射條件改變（例如，通道回應改變、TX 單元與 RX 單元之間距離改變、天線性質改變等），SOC 12 的處理資源（例如，BB 處理單元 22 和/或處理模組 24）監控發射條件改變並調節 PA 34-36 的屬性，以優化性能。這樣的確定通常不是單一進行的；其參考前端模組可以被調節（例如 ATU 42-44、RX-TX 隔離模組 38-40）的其他參數來進行，以優化 RF 信號的發射和接收。

RX-TX 隔離模組 38-40（其可以包括平衡網路和雙工器、迴圈器（circulator）、變壓器巴倫，或使用共用天線提供 TX 信號與 RX 信號之間隔離的其他設備）減弱出站 RF 信號（一個或多個）。RX-TX 隔離模組 38-40 可以基於接收自 SOC 12 的基帶處理單元和/或處理模組 24 的控制信號，調節出站 RF 信號（一個或多個）（即，TX 信號）的衰減。例如，當發射功率相對低時，RX-TX 隔離模組 38-40 可以被調節來減少 TX 信號的衰減。

天線調諧單元（ATU）42-44（如果被包括的話）被調諧

來提供基本上匹配天線 16 的阻抗的期望阻抗。隨著被調諧，ATU 42-44 提供來自 RX-TX 隔離模組 38-40 的衰減 TX 信號到天線 16，用於發射。注意，ATU 42-44 可以連續地或週期地被調節，以跟蹤天線 16 的阻抗變化。例如，基帶處理單元 22 和/或處理模組 24 可以檢測天線 16 的阻抗的變化，並且基於檢測到的變化將控制信號提供到 ATU 42-44，使得其相應地改變其阻抗。

該實施例中，無 SAW 發射器 20 部分具有兩個輸出：一個用於第一頻帶，以及另一個用於第二頻帶。前述討論已專注於將出站資料轉換成用於單個頻帶（例如，850 MHz、900 MHz 等）的出站 RF 信號的過程。用於將出站資料轉換成用於其他頻帶（例如，1800 MHz、1900 MHz、2100 MHz、2.4 GHz、5 GHz 等）的 RF 信號的過程類似。注意，用天線 16，無 SAW 發射器 20 在一個其他頻帶生成出站 RF 信號。FEM 14 的頻帶 (FB) 開關 46 將天線 16 連接到無 SAW 發射器輸出路徑的合適輸出。FB 開關 46 接收來自基帶處理單元 22 和/或處理模組 24 的控制資訊，以選擇哪個路徑來連接到天線 16。

天線 16 還接收一個或多個入站 RF 信號，入站 RF 信號經由頻帶(FB)開關 46 被提供給 ATU 42-44 中的一個。ATU 42-44 將入站 RF 信號(一個或多個)提供給 RX-TX 隔離模組 38-40，其將信號(一個或多個)路由到 SOC 12 的接收器 (RX) RF 到 IF 段 28。RX RF 到 IF 段 28 將入站 RF 信號(一個或多個)（例如， $A(t) \cos(\omega_{RF}(t)+\phi(t))$ ）轉換成入站 IF 信號（例如， $A_I(t) \cos(\omega_{IF}(t)+\phi_I(t))$ 和 $A_Q(t) \cos(\omega_{IF}(t)+\phi_Q(t))$ ）。RX RF 到 IF

段 28 的各種實施例將在多個隨後的附圖中描述。

RX IF 到 BB 段 30 將入站 IF 信號轉換成一個或多個入站符號流（例如， $A(t) \cos((\omega_{BB}(t)+\varphi(t)))$ ）。該例子中，RX IF 到 BB 段 30 包括混合段和合併&濾波段。混合段將入站 IF 信號（一個或多個）與第二本地振盪（例如， $LO2=IF-BB$ ，其中 BB 可以在從 0 Hz 到幾個 MHz 的範圍）混合，以產生 I 和 Q 混合的信號。合併&濾波段合併（例如，將混合的信號疊加到一起——這包括和分量與差分量），並然後過濾合併的信號以基本上減弱和分量，並傳遞基本上未被減弱的差分量作為入站符號流（一個或多個）。

基帶處理單元 22 根據一個或多個無線通信標準（例如，GSM、CDMA、WCDMA、HSUPA、HSDPA、WiMAX、EDGE、GPRS、IEEE 802.11、藍牙、ZigBee、全球移動通信系統（UMTS）、長期演進（LTE）、IEEE 802.16、優化資料演進（EV-DO）等）將入站符號流（一個或多個）轉換成入站資料（例如語音、文本、聲頻、視頻、圖像等）。這種轉換可以包括以下的一種或更多種：數位中頻到基帶的轉換、時域對頻域轉換、空間時間塊解碼、空間頻率塊解碼、解調、擴頻解碼、跳頻解碼、波束形成解碼、星座去映射、解交錯、解碼、去刪除（depuncturing），和/或解擾。注意，處理模組 24 將單個入站符號流轉換成用於單入單出（SISO）通信和/或用於多入單出（MISO）通信的單個入站資料，並且將多個入站符號流轉換成用於單入多出（SIMO）通信和多入單出（MIMO）通信的入站資料。

電源管理單元 26 集成到 SOC 12 中，以執行多種功能。這樣的功能包括監控電源連接以及電池荷載，在需要時為電池充電，控制到 SOC 12 的其他元件的功率，生成供給電壓，關閉不需要的 SOC 模組，控制 SOC 模組的睡眠模式，和/或提供即時時鐘。為使電源便於產生供電電壓，電源管理單元 26 可以包括一個或多個開關模式電壓供給和/或一個或多個線性調節器。

帶有可攜式計算通信設備 10 的這種裝置，減少了成本和離散的芯下元件（例如，SAW 濾波器、雙工器、電感器，和/或電容器），並且它們的功能被整合到前端模組（FEM）14 中，前端模組 14 可以在單個晶片上實施。另外，無 SAW 接收器構架和無 SAW 發射器構架便於減少離散的片下元件。

圖 3 是可攜式計算通信設備 10 的另一實施例的示意性框圖，以及另一實施方案的前端模組（FEM）50，所述可攜式計算通信設備 10 包括片上系統（SOC）52。SOC 52 包括電源管理單元 26、無 SAW 接收器部分 18、無 SAW 發射器部分 20、基帶處理單元 22，並且可以還包括處理模組。FEM 50 包括多個功率放大器模組（PA）34-36、多個 RX-TX 隔離模組 38-40，以及至少一個天線調諧單元（ATU）54。

該實施例中，SOC 52 可操作地同時支持兩個或更多個無線通信（例如，手機呼叫和 WLAN 通信和/或藍牙通信）。該例子中，無 SAW 發射器 20 以參考圖 2 和/或參考一個或多個隨後的附圖所討論的方式，生成兩個（或更多個）不同頻帶出站 RF 信號。不同頻率出站 RF 信號的第一個被提供到 FEM 50

的 PA 34-36 之一，並且其他出站 RF 信號被提供到其他 PA 34-36。每個 TX-RX 隔離模組 38-40 的功能可參考圖 2 的描述，以及可以參考一個或多個隨後的附圖的描述。基於來自 SOC 52 的控制信號被調諧的 ATU 54，將兩種出站 RF 信號提供到天線 16 以用於發射。

天線 16 也接收兩個或更多個不同頻帶入站 RF 信號，並將其提供到 ATU 54。ATU 54 可以包括分流器，用於分流兩種入站 RF 信號並且為每個分流信號分離阻抗匹配電路（例如，一個或多個 LC 電路）；變壓器巴倫，用於分離信號並且分離阻抗匹配電路；或者兩種信號的阻抗匹配電路，其被提供到 RX-TX 隔離模組 38-40。

RX-TX 隔離模組 38-40 是與每個頻帶相關的，使得每個將僅在它們各自的頻帶（例如，850-900 MHz 和 1800-1900 MHz）內通過入站和出站 RF 信號。如此，第一 TX-RX 隔離模組 38-40 提供第一頻帶入站 RF 信號到的無 SWA RX 段 18 的第一輸入，並且第二 TX-RX 隔離模組 38-40 提供第二頻帶入站 RF 信號到的無 SWA RX 段 18 的第二輸入。無 SAW RX 段 18 以參考圖 2 所討論的和/或參考隨後的一個或多個附圖所討論的方式，處理入站 RF 信號，以產生第一入站資料以及第二入站資料。

圖 4 是可攜式計算通信設備的另一實施例的示意性框圖，所述可攜式計算通信設備包括連接到前端模組 (FEM) 182 的的片上系統 (SOC) 180。SOC 180 包括多個無 SAW 接收器部分（僅示出接收器部分的 LNA 和頻率轉化帶通濾波器

(FTBPF))、多個無 SAW 發射器部分 (僅示出功率放大驅動器 (PAD))、處理模組、基帶處理模組 (未示出或包括在處理模組中)，以及電源管理單元 (未示出)。

FEM 182 包括低頻帶 (LB) 路徑、高頻帶 (HB) 路徑和頻帶開關 (FB SW)。LB 路徑包括功率放大器模組 (PA)、低帶阻抗級 (LB Z)、低帶低通濾波器 (LB LPF)、開關 (SW)、發射-接收隔離模組 (TX-RX ISO) (例如，雙工器)、第二開關 (SW)，以及天線調諧單元 (ATU)。HB 路徑包括功率放大器模組 (PA)、高帶阻抗級 (HB Z)、高帶低通濾波器 (HB LPF)、開關 (SW)、發射-接收隔離模組 (TX-RX ISO) (例如，雙工器)、第二開關 (SW)，以及天線調諧單元 (ATU)。注意，低帶路徑可以被用於支援低帶 GSM、EDGE，和/或 WCDMA 無線通信，並且高帶路徑可以被用於支援高帶 GSM、EDGE，和/或 WCDMA 無線通信。

SOC 180 如前面所討論的和/或參考後面的一個或多個附圖所討論的，用於輸出預-PA 出站 RF 信號，以及輸入入站 RF 信號。FEM 182 經由 LB 路徑或 HB 路徑接收預-PA 出站 RF 信號並經由相應的 PA 模組將它們放大。阻抗級 (LB Z 或 HB Z) 提供 PA 模組輸出上的期望負載，並連接到低通濾波器 (LB LPF 或 HP LPF)。LPF 過濾出站 RF 信號，出站 RF 信號根據開關 (SW) 的配置被提供到 TX-RX ISO 模組或到 ATU。如果開關將 LPF 連接到 TX-RX ISO 模組，則 TX-RX 模組在將出站 RF 信號提供到 ATU 之前減弱出站 RF 信號。ATU 的功能如前文所述的和/或如將參考後面的一個或多個附圖所討論的。

注意，SOC 180 和 FEM 182 之間不存在離散元件。尤其是，可攜式計算通信設備不需要如在目前的手機設備中要求的離散的 SAW 濾波器。一種或更多種無 SAW 接收器的構架、無 SAW 發射器的構架，和/或 FEM 182 的各種元件的可編程性均對 SAW 濾波器和/或其他常規外部離散組件的消除有貢獻。

圖 5 是可攜式計算通信設備的另一實施例的示意性框圖，所述可攜式計算通信設備包括連接到前端模組 (FEM) 192 的片上系統 (SOC) 190。SOC 190 包括個無 SAW 接收器部分 (僅示出 LNA 和頻率轉化帶通濾波器 (FTBPF))、多個無 SAW 發射器部分 (僅示出功率放大驅動器 (PDA))、處理模組、基帶處理模組 (未示出或包括在處理模組中)，以及電源管理單元 (未示出)。

FEM 192 包括低頻帶 (LB) 路徑、高頻帶 (HB) 路徑，以及頻帶開關 (FB SW)。LB 路徑包括功率放大器模組 (PA)、低帶阻抗級 (LB Z)、開關 (SW)、低帶低通濾波器 (LB LPF)、發射-接收隔離模組 (TX-RX ISO) (例如，雙工器)、第二開關 (SW)，以及天線調諧單元 (ATU)。HB 路徑包括功率放大器模組 (PA)、高帶阻抗級 (HB Z)、開關 (SW)、高帶低通濾波器 (HB LPF)、發射-接收隔離模組 (TX-RX ISO) (例如，雙工器)、第二開關 (SW)，以及天線調諧單元 (ATU)。注意，低帶路徑可以被用於支援低帶 GSM、EDGE，和/或 WCDMA 無線通信，並且高帶路徑可以被用於支援高帶 GSM、EDGE，和或或 WCDMA 無線通信。

SOC 190 的各種實施例中，SOC 190 的接收器部分中頻率轉化的帶通濾波器可充分過濾遠方的阻礙（far-out blocker），並且過濾對期望信號具有可忽略影響的圖像信號。這降低接收器部分（在基帶處理模組的輸出端或在 RX BB 到 IF 段的輸入端）的模數轉換器（ADC）的動態範圍要求。與可比方向轉換接收器部分比較，接收器部分的超外差架構對於降低功率消耗和晶片面積是最佳的。

圖 6 是前端模組 810 和片上系統模組 812 的示意性框圖。前端模組 810 包括雙工器 816 和可調諧平衡網路 818。片上系統模組 812 包括檢測器模組 820 和處理模組 822。注意，處理模組 822，如同本申請中討論的任何其他處理模組，可以如參考圖 2 的處理模組 24 來構建。

在操作的實施例中，雙工器連接到收發入站和出站無線信號 835 和 837 的天線 826。例如，入站和出站無線信號 835 和 837 可以對應於根據一個或多個無線通信協議產生的射頻（RF）信號，無線通信協定的例子已在前文提供。作為特定的實施例，出站無線信號 835 具有對應於無線通信協定的發射頻率的載波頻率，並且入站無線信號 835 具有對應於無線指示協議的接收頻帶的載波頻率。

雙工器 816 提供入站無線信號 837 和出站無線信號 835 之間的電氣隔離。雙工器 816 可以是頻率選擇性雙工器或者電氣平衡式雙工器，以提供入站和出站無線信號 835 和 837 之間 30 dB 或更大的隔離。

可調諧平衡網路 818 可用於基於調諧信號 823 建立基本上

匹配天線的阻抗的阻抗。一般地，出站無線信號 835 的能量（例如，電流和/或電壓）被分成兩路。第一路是到天線 826 的，並且第二路是到可調諧平衡網路 818 的。如果這兩路基本上相等，則能量將基本上相等，這有效地抵消連接為雙工器 816 的入站無線信號 837 部分的出站無線信號 835。

為了保持可調諧平衡網路 818 與帶有變化阻抗的天線 826 的阻抗平衡，檢測器模組 820 監控雙工器 816 的電氣性能特性。例如，檢測器模組 820 監控雙工器 816 的共模，以檢測由天線與可調諧平衡網路 818 之間的阻抗不平衡造成的共模偏置。如果檢測到偏置，則檢測器模組 820 生成誤差信號。注意其他電氣性能特性包括，但不限於雙工器內的阻抗不匹配、雙工器的一個或多個分量的非線性，和/或頻率相關元件回應。

用於調諧引擎的處理模組 822 基於誤差信號生成調諧信號 823。例如，誤差信號可以指示可調諧平衡網路 818 的阻抗小於天線 826 的阻抗。該例子中，處理模組生成調諧信號 823，以增加可調諧平衡網路 818 的阻抗到更接近地匹配天線的阻抗。注意，由於天線的阻抗基於環境條件（例如對金屬物體的接近度、多徑衰落，等）而改變，這是個動態過程。

圖 7 是前端模組 (FEM) 810 和 SOC 812 每個的部分的實施例的示意性框圖。FEM 810 部分包括功率放大器模組 (PA) 814、雙工器 816、平衡網路 818 以及傳感電路 817。雙工器包括變壓器（或其他結構，例如頻率選擇性雙工器和/或電氣平衡式雙工器），並且平衡網路 818 包括可調諧電阻器-電容器網路、可調諧電感器-電容器網路以及可調諧電阻器-電感器-電容

器網路的至少一個。用於感應雙工器的電器性能特性的傳感電路 817 包括連接在變壓器的次繞組上的一對電阻器。SOC 812 的部分包括峰值檢測器 820、調諧引擎 822 和低雜訊放大器模組 (LNA)。或者，峰值檢測器 820 和/或調諧引擎 822 可以在 FEM 810 內。

操作的實施例中，PA 814 供應出站 RF 信號到變壓器雙工器 816 的雙繞組原的中心抽頭 (tap)。出站 RF 信號的電流按天線和平衡網路 816 之間阻抗差異在兩個繞組之間比例分流。如果平衡網路 818 的阻抗基本上匹配天線的阻抗，則電流在兩個繞組之間等分。

具有如所示的繞組配置，如果主繞組的電流基本上匹配，它們的磁場在次繞組中實質上彼此取消。由此，次繞組具有出站 RF 信號的實質減弱的表示。針對入站 RF 信號，主繞組的兩個繞組生成與入站 RF 信號相關的磁場。該例子中，磁場被疊加，由此在次繞組中產生主繞組兩倍的電流 (假設每個繞組具有相同的匝數)。如此，變壓器放大入站 RF 信號。

如果天線的阻抗與平衡網路 818 的阻抗之間存在不平衡，則出站 RF 信號電流分量將出現在次繞組中 (例如，TX 漏損 (leakage))。例如，假設通過繞組到電感器的電流是 i_{p1} ，並且通過繞組到平衡網路 818 的電流是 i_{p2} 。TX 漏損可以表示為 $i_{p1} - i_{p2}$ 。共模傳感電路的電阻器傳感 TX 漏損為雙工器的電氣性能特性。例如，電阻器中心節點處的電壓等於 $V_S - (R_1 * 2i_R + R_1 * i_{p2} - R_2 * i_{p1})$ ，其中 V_S 是次繞組的電壓，並且 $2i_R$ 是接收到的入站 RF 信號的電流。假設 $R_1 = R_2$ 並 $i_{p1} = i_{p2}$ ，則中心節點

處的電壓等於 V_S 的 $\frac{1}{2}$ 。然而，如果 i_{p1} 不等於 i_{p2} ，電阻器的中心節點處的電壓將根據差異成比例地偏離 $\frac{1}{2}V_S$ 。注意，檢測器 820 輸出對正由天線接收的閉鎖信號 (blocking signal) 不敏感的電壓，因為檢測器的輸入連接到 LNA 的差分輸入。

檢測器 820 檢測電阻器中心節點處電壓與 $\frac{1}{2}V_S$ 的差異，並提供差異的指示到處理模組 822。用於調諧引擎的處理模組 822 分析差異，並生成控制信號，以調節平衡網路的阻抗。例如，如果 i_{p1} 大於 i_{p2} ，則傳感電路的共模電壓 (例如電阻器的中心節點) 將大於 $\frac{1}{2}V_S$ ，其指示平衡網路 818 的阻抗太高。如此，處理模組 822 生成降低平衡網路 818 的阻抗的調諧信號 823。作為另一實施例，如果 i_{p1} 小於 i_{p2} ，則傳感電路的共模電壓將小於 $\frac{1}{2}V_S$ ，其指示平衡網路 818 的阻抗太低。如此，處理模組 822 生成增加平衡網路 818 的阻抗的調諧信號 823。

處理模組 822 可以分析共模電壓偏差，確定平衡網路 818 的期望阻抗，以及相應地生成調諧信號。或者，處理模組 822 可以逐步反復生成調節平衡網路 818 的阻抗的調諧信號，直到達到期望的阻抗。以任一種途徑，處理模組 822 用於保持平衡網路 818 的阻抗基本上匹配天線的阻抗 (其隨時間、使用，和/或環境條件而變化)，以最小化 TX 漏損。

圖 8 是前端模組 (FEM 960) 和 SOC 962 每個的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 960 的部分包括功率放大器模組 (PA) 814、雙工器 816、平衡網路 818 以及傳感電路 817。雙工器 816 包括變壓器 (或其他結構，例如頻率選擇性雙工器和/或電氣平衡式雙工器)。傳感電路 817 包括連接在變壓器的

次繞組的一對電阻器。SOC 962 的部分包括峰值檢測器 974、處理模組 976 (其用於調諧引擎)，以及單端低雜訊放大器模組 (LNA 972)。或者，峰值檢測器 974 和/或調諧引擎可以在 FEM 960 內。

如參考圖 7 所討論的，電路補償 TX 漏損。為了進一步減小關於處理入站無線信號的共模問題，低雜訊放大器 824 可以是單端 LNA。該例子中，雙工器 816 的次繞組的一端連接到公共回路，並且低雜訊放大器的第二輸入連接到參考電壓。

圖 9 是前端模組 (FEM) 810 和 SOC 812 每個的部分的實施例的示意性框圖。前端模組 810 包括多個雙工器 816-1 到 816-2 以及多個可調諧平衡網路 818-1 到 818-2。雙工器 816 的每個連接到天線 826-1 到 826-2。片上系統模組 812 包括處理模組 822 和多個檢測器模組 820-1 到 820-2。

雙工器 816-1 將第一出站無線信號 835-1 從第一入站無線信號 837-1 隔離。第一可調諧平衡網路 818-1 經由處理模組 822 以及第一檢測器模組 820-1 被調諧，如前文討論的。類似地，雙工器 816-2 將第二出站無線信號 835-2 從第二入站無線信號 837-2 隔離。處理模組 822 以及第二檢測器模組 820-2 通過第二調諧信號 823-2 調諧第二可調諧平衡網路 818-2。

該實施例中，第一入站和出站無線信號可以在第一頻帶收發，並且第二入站和出站無線信號可以在第二頻帶收發。例如，第一和第二頻帶的每個可以是 900 MHz 頻帶、1800 MHz 頻帶、1900 MHz 頻帶、2 GHz 頻帶、2.4 GHz 頻帶、5 GHz 頻帶、60 GHz 頻帶等的不同的一個。

圖 10 是前端模組 (FEM) 810 和 SOC 812 的每個的部分的實施例的示意性框圖。前端模組 830 包括雙工器 838、平衡網路 842 以及天線調諧單元 (ATU) 840。片上系統模組 832 包括低雜訊放大器 852 以及處理模組 846。天線調諧單元 840 可以如所示的包括串聯電阻器-電容器-電感器電路。雙工器 838 和平衡網路 842 可以包括與貫穿該詳細討論所討論的雙工器和平衡網路相類似的元件，且起類似作用。

操作的實施例中，天線 834 接收來自另一通信設備的入站無線信號 837，並發射出站無線信號 835。入站無線信號 837 可以根據一個或多個無線通信協議從另一無線通信設備接收。出站無線信號 835 可以通過嵌塊模組 830 中和/或片上系統模組 832 中的基帶處理、上轉換以及功率放大來生成。

為了提供最優天線性能，天線調諧單元 840 基於天線調諧信號調諧天線的操作特性（例如，阻抗、帶寬、增益、品質因數、輻射模式、極化、效率等）。例如，天線調諧單元 840 根據天線調諧信號調節串聯電阻器-電容器-電感器網路的可變電阻和/或可變電容。

為了產生天線調諧信號 841，處理模組 846 生成平衡網路調諧信號，其調節平衡網路以基本上得到天線與平衡網路之間的平衡阻抗。隨著天線與平衡網路之間的阻抗基本上匹配，處理模組 846 基於入站無線信號 837、測試信號（一個或多個）和/或低雜訊放大器 852 所接收的出站無線信號 835 的分量，來估計天線的阻抗和/或其他特性。例如，天線阻抗可以基於入站和/或出站無線信號的已知性質以及接收到的入站和/或出

站無線信號的性質來估計。作為具體實施例，如果阻抗低於所預期的（例如，50 歐姆），則天線的增益受影響。通過確定增益影響，可以估計阻抗。

圖 11 是前端模組（FEM）830 和 SOC 832 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 830 的部分包括功率放大器模組（PA）836、雙工器 838、平衡網路 842、天線調諧單元（ATU）840，以及共模傳感電路。雙工器 838 包括變壓器（或其他結構，例如頻率選擇性雙工器 838 和/或電氣平衡式雙工器 838），並且平衡網路包括至少可變電阻器以及至少一個可變電容器。共模傳感電路包括連接在變壓器次繞組上的一對電阻器。SOC 832 的部分包括峰值檢測器 848、調諧引擎 850（其可以通過處理模組 846 來實施）、查找表（LUT）844、處理模組 846，以及低雜訊放大器模組（LNA）852。或者，峰值檢測器 848 和/或調諧引擎 850 可以在 FEM 830 內。

除了由傳感電路（即，電阻器）、檢測器 848、調諧引擎 850 以及平衡網路 842 提供的，用於將平衡網路 842 的阻抗與天線的阻抗平衡的功能；FEM 830 包括 ATU 840。ATU 840 包括一個或多個固定的無源元件和/或一個或多個可變無源元件。例如，ATU 840 可以包括可變電容器-電感器電路、可變電容器、可變電感器等。作為另一實施例，ATU 840 可以包括可調諧電阻器-電容器-電感器網路以及可調諧電容器-電感器網路。ATU 840 的另一實施例在圖 10 中提供。

操作的實施例中，PA 836 將放大的出站 RF 信號提供給雙工器 838，雙工器 838 可以包括用於將出站 RF 信號與入站 RF

信號隔離的變壓器。雙工器 838 將放大的出站 RF 信號輸出到 ATU 840，其經由存儲在 LUT 844 中的設定值被調諧，以提供期望的天線匹配電路（例如、阻抗、帶寬、增益、品質因數、輻射模式、頻率回應、極化、效率等）。為了確定提供給 ATU 840 的設定值，LUT 884 接收來自處理模組 846 的天線調諧信號 841。然後，LUT 884 基於天線調諧信號讀取天線設定值 847，並將其提供到 ATU。ATU 840 將出站 RF 信號輸出到天線用於發射。

對於入站 RF 信號，天線接收信號並且將其提供給 ATU 840，ATU 840 又將其提供給雙工器 838。雙工器 838 輸出入站 RF 信號到 LNA 852 以及共模傳感電路。共模傳感電路、檢測器 848、調諧引擎 850 以及平衡網路 842 的功能如前文所述的將平衡網路 842 的阻抗與天線的阻抗平衡。

處理模組 846 可操作來監控 FEM 830 的各種參數。例如處理模組 846 可以監控天線阻抗、發射功率、PA 836 的性能（例如，增益、線性、帶寬、效率、雜訊、輸出動態範圍、轉換率、上升率、設置時間、過沖、穩定因數等）、接收到的信號強度、SNR、SIR、調諧引擎 850 所做的調節等。處理模組 846 分析參數，以確定 FEM 830 的性能是否可以被進一步優化。例如，處理模組 846 可以確定對 ATU 840 的調節將改進 PA 836 的性能。該情況中，處理模組 846 訪問 LUT 844，以將期望的設定值提供給 ATU 840。如果 ATU 840 中的該改變影響 ATU 840 和平衡網路 842 之間的阻抗平衡，則調諧引擎 850 做出合適的調節。

在可選擇的實施例中，處理模組 846 將調諧引擎 850 的功能與平衡調節提供到 ATU 840 和平衡網路 842，以達到 FEM 830 的期望性能。再另一可選擇的實施例中，平衡網路 842 固定，並且 ATU 840 提供 FEM 830 中期望的調節，以達到阻抗平衡，並且達到 FEM 830 的期望性能。

圖 12 是前端模組 (FEM) 860 和 SOC 862 每個的部分的另一實施例的示意性框圖。前端模組 860 包括雙工器 870 和門控平衡網路 868。片上系統模組 862 包括低雜訊放大器 876 和 LNA 旁路電路 875。

操作的實施例中，雙工器 870 提供出站無線信號 835 和入站無線信號 837 之間的電氣隔離，所述出站無線信號 835 和入站無線信號 837 經由天線 864 收發。門控平衡網路 868 當射頻前端處於第三模式時建立基本上匹配天線阻抗的阻抗，並且當射頻前端處於第一和第二模式之一時建立相對於天線的阻抗的低阻抗。例如，當入站無線信號與時分雙工 (TDD) 協定一致時，第一模式對應於射頻前端的接收模式；當出站無線信號與 TDD 協定一致時，第二模式對應於射頻前端的發射模式；並且第三模式對應於射頻前端根據頻分雙工 (FDD) 協議收發入站和出站無線信號。

LNA 旁路電路 875 當射頻前端處於第一模式時將入站無線信號傳到 LNA，並且當射頻前端處於第二模式時繞過 LNA。低雜訊放大器 (LNA) 876 放大入站無線信號，以產生放大的入站無線信號。

圖 13 是用於 2G 和 3G 手機操作的前端模組 (FEM) 860

和 SOC 862 每個的部份的另一實施例的示意性框圖。FEM 860 的部分包括功率放大器模組 (PA) 866、雙工器 870、門控平衡網路 868，以及共模傳感電路 (R1 和 R2)。雙工器 870 包括變壓器 (或其他結構，例如頻率選擇性雙工器和/或電氣平衡式雙工器) 並且門控平衡網路 868 包括短路開關、至少一個可變電阻器，以及至少一個可變電容器。SOC 862 的部分包括峰值檢測器 872、處理模組 874、開關 (如 LNA 旁路電路 875)，以及低雜訊放大器模組 (LNA 876)。或者，峰值檢測器 872 和/或調諧引擎 874 可以在 FEM 860 內。

該實施例中，雙工器被優化為頻分雙工 (FDD)，其被用於 3G 手機應用中。該模式中，門控平衡網路 868 的開關和 LNA 旁路電路的開關是開啟的，使得門控平衡網路基於調諧信號提供基本上等於天線阻抗的阻抗。

在被用於 2G 手機應用中的時分雙工 (TDD) 中，門控平衡網路 860 經由開關被短路。這實質上去除了 3-dB 理論插入損耗限值，並僅留下實施損耗。注意，對於 2G 傳輸，LNA 旁路電路開關是關閉的。對於 2G 接收，LNA 旁路電路開關是開啟的。

圖 14 是 2G TX 模式中，圖 12 的前端模組 (FEM) 860 和 SOC 862 每個的部份的實施例的示意性框圖。該模式中，LNA 旁路電路開關短路 LNA 876，並且平衡網路開關短路平衡網路。由於次繞組上的短路，主繞組實質上被短路。由此，PA 866 有效地直接連接到天線。

圖 15 是 2G RX 模式中，圖 12 的前端模組 (FEM) 860

和 SOC 862 每個的部分的實施例的示意性框圖。該模式中，LNA 開關開啟，並且平衡網路開關關閉，由此短路平衡網路。該配置中，變壓器功能等同于變壓器巴倫接收器部分的功能。

圖 16 是前端模組 (FEM) 890 和 SOC 892 每個的的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 890 的部分包括功率放大器模組 (PA) 896、雙工器 898、平衡網路 900，以及共模傳感電路 (例如 R1 & R2)。雙工器 898 包括變壓器 (或其他結構，例如頻率選擇性雙工器和/或電氣平衡式雙工器)，並且平衡網路 900 包括至少一個可變電阻和至少一個可變電容器，並且還可包括電感器。SOC 的部分包括峰值檢測器 902、調諧引擎 904 (其可以經由處理模組來實施)、檢測 906 模組，以及低雜訊放大器模組 (LNA) 908。或者，峰值檢測器 902、漏損檢測 906 模組，和/或調諧引擎 904 可以在 FEM 890 內。

操作的實施例中，檢測模組檢測功率放大器的非線性功能，以產生檢測到的非線性。例如，檢測模組 906 檢測 PA 896 內和/或平衡網路 900 內電晶體的導通電阻的變化。作為更具體的實施例，隨著 PA 896 輸出電流增加，PA 896 內和/或平衡網路 900 內電晶體的導通電阻增加。這種增加影響平衡網路 900 的整體阻抗。檢測模組 906 將檢測到的非線性提供給處理模組 904。或者，或除此之外，檢測模組 906 基於導通電阻的非線性，產生跟蹤功率放大器的變化的包絡信號，並將包絡信號提供給處理模組 904。

檢測模組 906 進一步檢測雙工器的發射漏損，以產生檢測到的發射漏損。例如，檢測模組 906 接收來自傳感電路 R1 和

R1 和共模信號，並且其從共模信號生成監測到的發射漏損。如前文提及，雙工器中的不平衡將產生共模電壓的補償，其由傳感電路感測。

處理模組基於檢測到的非線性生成粗調信號，並基於檢測到的發射漏損生成細調信號。處理模組將粗調信號和細調信號提供給可調諧平衡網路 900，基於所述粗調信號和細調信號建立阻抗。如此，粗調與細調的雙反饋回路調節雙工器內的不平衡以及功率放大器和/或平衡網路 900 的性能變化（例如，導通電阻）。

圖 17 是前端模組 (FEM) 910 和 SOC 模組 912 每個的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 910 的部分包括功率放大器模組 (PA) 916、雙工器 918、平衡網路 920，以及傳感電路（例如，R1 & R2）。雙工器 918 包括變壓器（或其他結構，例如頻率選擇性雙工器 918 和/或電氣平衡式雙工器 918），並且平衡網路包括至少一個可變電阻和至少一個可變電容器。SOC 912 的部分包括峰值檢測器 922、處理模組 926（其包括調諧引擎的功能），以及低雜訊放大器模組 (LNA) 924。或者，峰值檢測器 922 和/或調諧引擎可以在 FEM 910 內。

操作的實施例中，處理模組 926 如前文所描述，基於雙工器中的不平衡生成調諧信號並將其提供到平衡網路 920。此外，處理模組 926 確定出站無線信號的發射功率等級，該操作可以以各種方式完成。例如，處理模組可以提供發射功率等級到功率放大器 916，功率放大器 916 使用其來建立發射功率等級。作為另一實施例，前端模組 910 可以包括發射信號強度指

示器，其將發射功率等級 928 提供到處理模組 926。

處理模組 926 比較發射功率等級 928 與隔離要求。例如，當發射功率等級相對低（例如，為入站 RF 信號的較小阻礙（blocker），和/或入站 RF 信號的信號強度相對高時）時，用雙工器發射漏損將成比例地較低。這種情形中，雙工器內發射信號的衰減的量可以被降低，並仍提供發射漏損的足夠補償。如此，當發射功率等級相比于隔離要求有利時（例如，相對地低），處理模組 926 生成隔離調節信號 921。

處理模組 926 發送隔離調節信號 921 到雙工器和可調諧平衡網路至少之一。當接收隔離調節信號時，雙工器 918 基於隔離調節信號調節出站無線信號和入站無線信號之間的電氣隔離。例如，如果雙工器 918 是頻率選擇性雙工器，其通過調節一個或多個濾波器中的一個濾波器，調節出站無線信號與入站無線信號之間的電氣隔離。作為另一實施例，如果雙工器 918 是電器平衡式雙工器，則平衡網路基於隔離調節信號調節其阻抗，作為雙工器 918 與入站和出站無線信號之間電氣隔離之間的權衡。

圖 18 是前端模組（FEM）810 和 SOC 模組 812 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。前端模組 810 包括功率放大器、雙工器 816，以及可調諧平衡網路 818。片上系統模組 812 包括檢測器模組 820 和處理模組 822。可調諧平衡網路 818 包括多個電阻性元件 841-843、多個電容性元件 845-847，以及多個低壓開關元件 849-855。可調諧平衡網路 818 可以還包括連接到電阻性元件和/或電容性元件的一個或多個感應性元件

857。

操作的實施例中，功率放大器放大上轉換信號為出站無線信號 835。雙工器 816 如前文所描述，可操作地連接到天線並且提供出站無線信號與入站無線信號之間的電氣隔離。可調諧平衡網路基於調諧信號 823 建立基本上匹配天線阻抗的阻抗。例如，調諧信號可以啟動（例如，小規模或大規模）可調諧平衡網路的一個或多個低壓開關元件，可調諧平衡網路反過來又將一個或多個電容性元件以及一個或多個電阻性元件連接到雙工器，作為阻抗平衡負載。相應地，通過啟動一個或多個低壓開關元件，平衡網路 818 的阻抗在給定頻率範圍內被調諧，以基本上匹配天線的阻抗。注意，通過使用低壓開關元件，平衡網路容易地在積體電路上實施，其中低壓低於平衡網路上電壓波動（swing）。

平衡網路中，電阻性元件可以是電阻器、基有源電阻器的電晶體-電感器、和/或開關式電容器。電容性元件可以是電容器和/或變抗器。各種電阻性元件的例子示於圖 22 和 23 中。

圖 19 是包括多個電晶體、多個電阻器，以及多個電容器的小信號平衡網路 880 的實施例的示意性框圖。包括在平衡網路中的電阻器的選擇可以通過第一套調諧信號位元（例如，10 位）來控制，並且包括在平衡網路中的電容器的選擇可以通過第二套調諧信號位元（例如，5 位）來控制。

可調諧平衡網路的示例性實施例中，多個電阻性元件的第一電阻性元件以串聯方式與低壓開關元件的第一開關元件連接；多個電阻性元件的第二電阻性元件以串聯方式與低壓開關

元件的第二開關元件連接。第二電阻性元件與第二開關元件的公共節點連接到第一開關元件的控制節點。這樣的連接方式也用於剩下的多個電阻性元件和多個低壓開關元件。

繼續示例性實施例，多個電容性元件的第一電容性元件以串聯方式與多個低壓開關元件的第三開關元件連接，並且多個電容性元件的第二電容性元件以串聯方式與多個低壓開關元件的第四開關元件連接。第二電容性元件與第四開關元件的公共節點連接到第三開關元件的控制節點。這樣的連接方式也用於剩下的多個電容性元件和多個低壓開關元件。

該實施例中，可調諧平衡網路的阻抗根據調諧信號的小信號來調諧。例如，隨著調諧信號 823 的電壓被調節（在小信號範圍內，使得電晶體處於線性區域），電晶體的導通電阻是變化的，使得導通電阻、電阻器（ r_1 - R_n ）以及電容器（ C_1 - C_n ）的串聯和並聯組合為平衡網路提供期望的阻抗。

圖 20 是包括 RLC（電阻器-電感器-電容器）網路和多個電晶體的大信號平衡網路 882 的實施例的示意性框圖。電晶體的導通和截至提供了 RLC 網路的電阻器、電感器和/或電容器的不同組合，以提供平衡網路的期望阻抗。該例子中，電晶體具有相對小的電壓波動，並由此可以使用較低電壓電晶體。

例如，如果平衡網路包括四個電阻器-電晶體電路、四個電容器-電晶體電路以及一個或多個電感器，則電晶體的導通與截至建立平衡網路的阻抗。例如，連接每個門極來接收 4 位元控制信號的一位元，其中左邊最外電阻器-電晶體電路接收最高位元，下一最左邊電阻器-電晶體電路的門極接收下一個

最高位，如此類推。再有，最左邊電阻器-電晶體電路的電阻器是 R_4 ，下一最左電阻器-電晶體電路的電阻器是 R_3 ，如此類推。由此，對於該實施例，當 4 位元控制信號時 0001 時，僅最右的電阻器電晶體電路導通，並且其電阻器 R_1 提供得到的電阻。當 4 位元控制信號是 0011 時，最右的兩個電阻器電晶體電路導通，並且得到的電阻是 $R_1//R_2$ 。當 4 位元控制信號是 0111 時，最右的三個電阻器電晶體電路導通，並且得到的電阻是 $R_1//R_2//R_3$ 。當 4 位元控制信號是 1111 時，全部四個電阻器電晶體電路導通，並且得到的電阻是 $R_1//R_2//R_3//R_4$ 。平衡網路的電容器側的功能與之相似。

作為可選擇的實施例，每個電阻器-電晶體電路和每個電容器-電晶體電路可以獨立地由一位元相應的控制信號來控制。針對如本文改良的前述段落中描述的四電阻器-電晶體電路配置，控制信號 1000 將得到 R_4 的電阻；控制信號 0100 將得到 R_3 的電阻；控制信號 1010 將得到 $R_4//R_2$ 的電阻；以此類推。

作為又另一實施例，多個電阻式元件的第一電阻式元件以串聯方式與多個低壓開關元件的第一開關元件連接；多個電阻式元件的第二電阻式元件以串聯方式與多個低壓開關元件的第二開關元件連接；多個電容式元件的第一電容式元件以串聯方式與低壓開關元件的第三開關元件連接；並且多個電容式元件的第二電容式元件以串聯方式與低壓開關元件的第四開關元件連接。

該實施例中，可調諧平衡網路的阻抗被根據大信號的調諧

信號來調諧。例如，隨著調諧信號 823 的電壓被調節（在大信號範圍內，使得電晶體或為“導通”或為“截至”），電阻器（ r_1 - R_n ）、電容器（ C_1 - C_n ），以及電感器（如果有的話）的並聯和/或串聯組合為平衡網路提供期望的阻抗。

圖 21 是前端模組（FEM）1010 和 SOC 模組 1012 每個的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 1010 的部分包括功率放大器模組（PA）1014、雙工器 1016、平衡網路 1018，以及天線調諧單元（ATU）840。雙工器 1016 包括變壓器（或其他結構，例如頻率選擇性雙工器 1016 和/或電氣平衡式雙工器 1016）。SOC 1012 的部分包括峰值檢測器 1002（未示出）、處理模組 1020（其執行調諧引擎的功能），以及低雜訊放大器模組（LNA）1022。可選擇地，峰值檢測器 1002 和/或調諧引擎可以在 FEM 1010 內。

平衡網路 1018 包括具有如所示的多個可變電阻器、多個可變電容器以及至少一個電感器的 RLC 網路。該實施例中，平衡網路 1018 可以被調諧來提供寬範圍的阻抗，以使能夠更好地匹配天線的阻抗。此外，平衡網路具有針對期望的電壓駐波比（VSWR）（例如，3:1）的寬的調諧範圍，特別是當結合調諧 ATU 被調諧時。

圖 22 是平衡網路的電阻器-電晶體（R-T）電路的阻抗的實施例的示意性框圖。電容器相當於電晶體的寄生電容。由於 R-T 電路包括真無源電阻器，其對插入損耗上的 3 dB 理論限值有貢獻。

圖 23 是平衡網路的電阻器-電晶體（R-T）電路的阻抗的

的另一實施例的示意性框圖。該實施例中，R-T 電路包括電感衰減的共源電晶體。如此，其為有源電子並且不對插入損耗上的 3 dB 理論限值有貢獻。由此，由平衡網路造成的僅有損耗為實施損耗。

具體地，R-T 電路通過使用有源設備而非無源電阻器，提供平衡網路內的有源回轉器。使用有源回轉器，由於其取決於電阻的值所以 TX 插入損耗不改變，但是由於與電阻相關聯的雜訊在有源實施中被降低，RX 雜訊因數 (figure) 則被增強。例如，電容器作為共柵 MOSFET 的輸入阻抗的一個可能的實施中，電阻由式 $R=1/g_m$ 給定。這樣的電阻器的雜訊功率譜密度是 $4KT\gamma/g_m$ 或 $4KT\gamma R$ ，其中 K 是波爾茲曼常數，T 是開氏溫度，並且 γ 是熱雜訊參數且是工藝的函數。另一方面，無源電阻器具有由 $4KTR$ 給定的固定的雜訊功率譜密度。對於最近的深次亞微米技術， γ 的值小於 1，這樣，使用共柵 MOSFET 的電阻器生成針對相同的電阻器來說更小的雜訊。

圖 24 是前端模組 (FEM) 1010 和 SOC 模組 1012 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。前端模組 1010 包括雙工器 816 和平衡網路 1030。片上系統模組 812 包括檢測器模組 820 和處理模組 822。平衡網路 1013 包括阻抗上轉換器 1032 和基帶阻抗電路 1034。

操作的實施例中，基帶阻抗電路基於調諧信號 823 生成阻抗。在期望頻率 (例如， f_{LO} 或 f_{RF}) 計時的阻抗上轉換器 1032 將基帶阻抗上轉換成射頻阻抗。當被調諧時，平衡網路 1013 的射頻阻抗在操作的給定頻帶內基本上匹配天線 826 的阻抗。

圖 25 是平衡網路 1030 的實施例的示意性框圖，平衡網路 1030 包括多個電晶體（例如，作為上轉換模組的多相電晶體開關網路）和多個基帶阻抗 ($Z_{BB}(s)$) 396-402。每個基帶阻抗可以包括多個電容性元件、多個電阻性元件以及多個開關元件。對於每個基帶阻抗，一個或多個電容性元件和/或一個或多個電阻基於調諧信號而被連接到一起，以產生基帶阻抗。注意，電阻性元件可以是電阻、電晶體-電感器基有源電阻，和/或開關性電容器，並且電容性元件可以是電容器和/或變抗器。

操作的實施例中，平衡網路接收調諧信號 832，並相應地調節基帶阻抗。電晶體使用由圖 26 的時鐘發生器 404 生成的四相時鐘來切換。如圖 26 中所示，時鐘發生器 404 產生四個時鐘信號，每個具有 25% 的工作週期，並且順序偏置 90° 。時鐘信號具有與入站和/或出站 RF 信號的載波頻率相關的頻率，並且能夠被調節以更好地跟蹤載波頻率。

圖 27 圖示基帶阻抗對 RF 阻抗的頻率變換。如所示，基帶阻抗被調諧為在 DC 具有期望的阻抗（例如，50 歐姆）。上轉換模組調製基帶阻抗到 \pm RF 頻率。

圖 28 是包括兩個阻抗上轉換器 1042、1044 以及兩個對應基帶阻抗 (Z_{bb} 1046、1048) 的平衡網路的另一實施例的示意性框圖。每個阻抗上轉換器被以期望的頻率（例如， f_{RF_TX} 和 f_{RF_TX} ）計時。例如，上轉換器 1042 可以在第一頻率帶內的頻率計時，並且上轉換器 1044 可以在第二頻率帶內的頻率計時。

作為另一實施例，操作的第一頻帶與無線通信協議的發射頻帶相關，並且操作的第二頻帶與無線通信協議的接收頻帶相

關。作為另一實施例，操作的第一頻帶與第一無線通信協議的頻帶相關，並且操作的第二頻帶與第二無線通信協議的頻帶相關。注意，阻抗上轉換器 1042、1044 以及其對應的基帶阻抗的每種組合均可以以如前文參考圖 27 討論的相似方式來實施。

圖 29 是包括雙工器 816 和平衡網路 818 的前端模組的示意性框圖。雙工器 816 包括第一繞組 871、第二繞組 873、第三繞組 875 和補償模組 877。繞組被連接以具有五個節點：用於將天線連接到第一繞組的第一節點；用於接收出站無線信號，並且用於將第一繞組連接到第二繞組的第二節點；用於將第二繞組連接到平衡網路的第三節點；可操作地連接來從第三繞組輸出對應於入站無線信號的第一信號分量的第四節點；以及用於連接以從第三繞組輸出對應於入站無線信號的第二信號分量的第五節點。

操作的實施例中，雙工器 816 在第一和第二繞組 871 & 873 之間的公共節點接收出站無線信號 835。出站無線信號 835 的電流在第一和第二繞組之間被分流，其被表示為 I_{TX-ANT} 和 I_{TX-BN} 。如果平衡網路 818 的阻抗匹配天線 826 的阻抗，則發射天線電流和平衡網路電流將大致上相等。由於這些電流大致上相等，他們有效地關於第三繞組彼此抵消，使得第三繞組具有可忽略的 TX 漏損分量。然而，如果平衡網路 818 與天線 826 的阻抗之間存在不平衡，則將在第三繞組上存在不可忽略的發射漏電流。

第一繞組 871 和第二繞組 873 的串聯組合從天線 826 接收

入站無線信號，入站無線信號具有電流分量 I_{RX} 。由於 PA 的高輸出阻抗，串聯連接的第一和第二繞組磁連接並接收電流到第三繞組 875，以產生入站無線信號 837，如果天線 826 與平衡網路 818 的阻抗之間存在不平衡，則將在第三繞組上存在發射漏電流。

即使平衡網路 818 與天線 826 的阻抗基本上相等，也可能在雙工器記憶體在不平衡，該不平衡造成發射漏電流出現在第三繞組上。不平衡可能是由繞組的寄生電容之間的不平衡造成的。該例子中，補償模組 877 用於補償由於雙工器 816 內的不平衡造成的、第一和第二信號與出站無線信號之間的電氣隔離。

圖 30 是前端模組 (FEM) 930 和 SOC 932 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 930 的部分包括功率放大器模組 (PA) 936、雙工器 816，以及平衡網路 818。雙工器 816 包括具有三個繞組 871、873 & 875，以及寄生電容 C_{p1} & C_{p2} 的變壓器。補償模組 877 包括補償電容器 C_{c1} & C_{c2} 。SOC 932 的部分包括峰值檢測器、處理模組 (其包括調諧引擎的功能)，以及低雜訊放大器模組 (LNA) 940。僅 LNA 940 被示出。

該實施例中，補償電容器 C_{c1} & C_{c2} 補償寄生電容 (例如， C_{p1} 和 C_{p2}) 的不匹配，寄生電容可能導致主繞組 (例如， $L1$ 和 $L2$) 之間的不匹配。如此，所選擇的補償電容器 (C_{c1} 和 C_{c2}) 使得 $C_{p1} + C_{c1} = C_{p2} + C_{c2}$ 。通過增加補償電容器，雙工器 932 的隔離帶寬大於沒有補償電容器時的隔離帶寬，並進一步降低了發射漏損。

圖 31 是前端模組 (FEM) 930 和 SOC 932 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 930 的部分包括功率放大器模組 (PA) 936、雙工器 816，以及平衡網路 818。雙工器 816 包括具有三個繞組 871、873 & 875，以及寄生電容 C_{p1} & C_{p2} 的變壓器。補償模組 877 包括補償電容器 C_{c1} & C_{c2} 、檢測模組 891 和處理模組 893。SOC 932 的部分包括峰值檢測器、處理模組 (其包括調諧引擎的功能)，以及低雜訊放大器模組 (LNA) 940。注意，檢測模組 891 和/或處理模組 893 可以在 SOC 932 中。

該實施例中，補償電容器 C_{c1} & C_{c2} 可調節來補償寄生電容 (*例如 C_{p1} 和 C_{p2}) 的不匹配。如此，補償電容器 (C_{c1} 和 C_{c2}) 被這樣調節，使得 $C_{p1} + C_{c1} = C_{p2} + C_{c2}$ 。為了確定補償電容器的設定值，檢測模組檢測第一和第二寄生電容之間的不平衡。該操作可以通過以下步驟來完成：檢測第三繞組上的發射漏損；確定對於平衡網路和天線的阻抗之間的不平衡的發射漏損部分；以及估計 (或計算) 由於寄生電容不平衡導致的發射漏損部分。

處理模組基於第一和第二寄生電容之間不平衡的確定第一和第二補償電容器的電容。然後，處理模組基於所確定的第一補償電容器的電容生成第一電容設定值，並且基於所確定的第二補償電容器的電容生成第二電容設定值。

圖 32 是前端模組 (FEM) 950 和 LNA 952 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 950 的部分包括功率放大器模組 (PA) 954、雙工器 956 和平衡網路 958。雙工器 956 包

括具有三個繞組和寄生電容 (C_{p3} 和 C_{p4}) 的變壓器。LNA 952 包括輸入電晶體，其具有寄生電容 (C_p)、偏壓電晶體、共模隔離電路和負載阻抗 (Z)。共模隔離電路包括電感器 ($L3$) 作為共模衰減電感器以及第一和第二電容器。實施例中，第一和第二電容器可以是 LNA 的寄生電容器 C_{p3} & C_{p4} 。另一實施例中，第一和第二電容器可以並聯地與寄生電容器連接。

由於在 LNA 952 中包括共模隔離補償電路，發射漏損被進一步降低。如此，即使平衡網路 15 和補償模組不能完全補償不平衡，LNA 952 的共模隔離電路也進一步降低發射漏損的不良影響。

圖 33 是圖 32 的前端模組 (FEM) 和 LNA 的每個的部分的等效電路 20 的實施例的示意性框圖。該圖示出了共模隔離是如何被改進的。通過變壓器的寄生電容 (C_{p3} 和 C_{p4}) 連接到次繞組 (L) 的不平衡電流，被連接將由電感器 ($L3$) 和輸入電晶體的寄生電容形成的儲能電路分開。儲能電路除低共模阻抗外，還提供高差分阻抗，從而抑制了不平衡。

圖 34 是雙工器的變壓器 980 的實施例的示意性框圖。變壓器包括主繞組 ($L1$ & $L2$) 以及次繞組 ($L3$)。每一個主繞組具有相同匝數。次繞組可與主繞組的匝數相同或不同。繞組的方向如圖所示。

圖 35 是在 IC 封裝基片和/或印刷電路板上實施 4 個厚金屬層的積體電路的變壓器的實施例的圖。主繞組是在頂部兩層上並且次繞組是在兩個較低層上。在第三和第四層上的二次繞組可以串聯或並聯。

圖 36 是在 IC 封裝基片和/或印刷電路板上實施 3 個厚金屬層的 IC 的變壓器的另一實施例的圖。主繞組是在頂層上，使用下一層互聯，並且可以關於次繞組的方向旋轉 90° 。次繞組是在第二和/或第三較低層上。

圖 37 是前端模組 (FEM) 990 和 LNA992 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。前端模組 990 包括功率放大器 994、雙工器 996、平衡網路 1000 和音注入模組 998。片上系統模組 992 包括處理模組 1004，並且還可以包括如前文描述的其他元件。

在接收路徑中的發射雜訊和/或接收帶雜訊低於低雜訊放大器的雜訊基準的情況中，發射雜訊和/或接收帶雜訊的進一步補償可以被檢測，並隨後通過所包括的音注入模組 998 來補償。例如，音注入模組 998 (其可以是振盪器、鎖相環路、直接數位頻率合成器等) 在第一模式中，產生具有與入站無線信號的載波頻率基本上相似的載波頻率的音 995。音 995 被注入到由雙工器 996 接收的出站無線信號，該操作可以通過將音與 PA 的輸出或與 PA 的輸入相加來完成。

可操作地連接到天線的雙工器 996，在第一模式中，提供出站無線信號與音和入站無線信號的組合信號之間的電氣隔離。第二模式中，雙工器 996 提供出站無線信號和入站無線信號之間的電氣隔離 (例如，音不存在)。平衡網路 1000 基於調諧信號 997 建立基本上匹配天線的阻抗的阻抗。

處理模組 1004 確定組合信號的音分量的幅值。這可以在基帶、中頻或在 RF 完成。處理模組 1004 然後將音分量的幅

值校正為入站頻帶隔離信號（例如，接收路徑上接收帶雜訊和/或發射雜訊的測量值）。然後處理模組 1004 基於入站頻帶隔離調節組合信號的下轉換表示的基帶處理。例如，由於入站頻帶隔離信號作為接收路徑上接收帶雜訊和/或發射雜訊的測量值，這些雜訊分量可以在基帶轉換過程期間以數位方式被過濾。

處理模組 1004 可以進一步用於當入站無線信號的雜訊有利地相比於雜訊閾值（例如，在 LNA 的雜訊基準以下）時使第一模式有效。或者，處理模組當入站無線信號的雜訊不利地相比於雜訊閾值時使第二模式有效，其中音注入模組在第二模式失效。

處理模組 1004 可以再進一步用於基於如前文討論的雙工器 996 的電氣性能特性生成調諧信號 997。然後處理模組發送調諧信號 997 到平衡網路 1000，平衡網路 1000 基於調諧信號 997 調節阻抗。然後，處理模組基於入站頻帶隔離調節調諧信號，以進一步補償接收路徑上的雜訊。

圖 38 是前端模組 (FEM) 990 和 SOC 992 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。FEM 990 的部分包括功率放大器模組 (PA) 994、雙工器 996、平衡網路 1000、音注入模組 998，以及傳感電路（例如，R1&R2）。雙工器 996 包括變壓器（或其他結構，例如頻率選擇雙工器和/或電氣平衡雙工器）並且平衡網路 1000 包括至少一個可變電阻器和至少一個可變電容器。SOC 992 部分包括檢測器 1002、處理模組 1004（其執行調諧引擎的功能）、基帶處理單元 1008，以及低雜訊放大器模

組 (LNA) 1006。或者，峰值檢測器 1002 和/或調諧引擎可以在 FEM 990 內。

操作的實施例中，傳感電路、調諧引擎、檢測器 1002 以及平衡網路 1000 如前面討論的用於平衡平衡網路與天線的阻抗。許多情形中，這將降低接收器帶中的發射器 (TX) 和/或接收器 (RX) 雜訊到 LNA 1006 的雜訊基準以下或相當於 LNA 1006 的雜訊基準。由於 TX 和/或 RX 雜訊在雜訊基準或以下，其難以跟蹤，這不利於跟蹤天線的阻抗。

為了改進天線阻抗的跟蹤，音注入 998 模組將音注入到接收器頻帶 (例如， $A \cos(\omega_{RX_RF}(t))$)。雙工器 996 以與 TX 信號不同的方式減弱 RX 音，因為 RX 音是在 RX 帶中而雙工器 996 和平衡網路 1000 被調諧用於 TX 帶。如此，可容易地檢測的漏損信號是產生在雙工器 996 的 RX 側 (例如，在變壓器的次繞組上)。

RX 基於音的漏損信號被傳播通過接收器部分直到其被轉換為基帶信號。在基帶，音幅值是 RX 帶隔離的測量值。從 RX 帶隔離的測量值，可以確定天線的阻抗。隨著天線阻抗改變，天線調諧單元和/或平衡網路 1000 可以被調節以跟蹤天線的阻抗。注意，音可以在基帶容易地移除。

操作的實施例中，功率放大器放大上轉換信號以產生出站無線信號。音注入模組產生具有與入站無線信號的載波頻率基本上相似的載波頻率的音，其中音信號與出站無線信號合併。雙工器 996 提供出站無線信號與音和入站無線信號的組合信號之間的電氣隔離。平衡網路基於調諧信號建立基本上匹配天

線的阻抗的阻抗。

雙工器 996 將入站無線信號提供到低雜訊放大器 1006，其中入站無線信號包括入站 RF 信號分量和音分量。LNA 放大組合信號，以產生放大的組合信號，其通過下轉換模組 1007 被轉換成基帶或近基帶信號。

處理模組如前所述地基於雙工器的電氣性能特性生成調諧信號。然後處理模組將基帶或近基帶信號轉換成基帶音信號和基帶入站信號。然後處理模組基於基帶音信號（其是 RX 帶隔離的測量值）確定入站頻帶隔離，並基於入站頻帶隔離調節調諧信號。處理模組還可以基於入站頻帶隔離調節基帶入站信號，以補償入站頻帶中的發射雜訊。

前述附圖中，一些元件具有共同或相似的名稱以及相同或不同的附圖標記。針對這些元件（例如，FEM、SOC、雙工器、平衡網路等），元件可以包括具有各種名稱和/或不同附圖標記的元件的特徵和/或特性的任意組合。

正如這裏可能用到的，術語“基本上”或“大約”，對相應的術語提供一種業內可接受的公差。這種業內可接受的公差從小於 1%到 50%，並對應於，但不限於，元件值、積體電路處理波動、溫度波動、上升和下降時間和/或熱雜訊。這樣的部件間相對性範圍從幾個百分數的差異到大量差異。正如這裏可能用到的，術語“可操作地連接”、“連接到”，和/或“連接”，包括兩者之間直接連接和/或通過中間物（如包括但不限於元件、元件、電路或模組：）的間接連接，其中對於間接連接，中間物並不改變信號的資訊，但可以調整其電流等級、電壓等級和

/或功率等級。正如這裏進一步所使用的，推斷連接（亦即，一個元件根據推論連接到另一個元件）包括兩個元件之間用相同於“可操作地連接”的方法直接和間接連接。正如這裏進一步所使用的，術語“可操作地”或“可操作地連接”指一部件包括一個或多個功率連接，輸入、輸出等，用於在啟動時執行一個或多個相關功能且可進一步包括推斷連接於其他部件。正如這裏進一步所使用的，術語“與.....關聯的”，包括直接或間接連接於離散部件和/或一個部件嵌入另一部件內。正如這裏可能用的，術語“比較結果有利”，指兩個或多個部件、信號等之間的比較提供一個想要的關係。例如，當想要的關係是信號 1 具有大於信號 2 的振幅時，當信號 1 的振幅大於信號 2 的振幅或信號 2 的振幅小於信號 1 振幅時，可以得到有利的比較結果。

儘管以上描述的附圖（一個或多個）中的電晶體被示為場效應電晶體（FET），如本領域普通技術人員將理解，電晶體可以使用任何類型的電晶體結構來實施，包括，但不限於，雙極、金屬氧化物半導體場效應電晶體（MOSFET）、N-well 電晶體、P-well 電晶體、增強模式、耗盡模式，以及零電壓閾值（VT）電晶體。

本發明還借助方法步驟的方式來描述特定功能和關係的性能。為便於描述，這些功能性模組和方法步驟的邊界和順序進行了專門的定義。只要合適地執行特定的功能和關係，也可重新定義他們的邊界和順序。但這些對邊界和順序的重新定義都將落入本發明的範圍和精神內。

已至少部分地針對一個或多個實施例描述了本發明。本發

明的實施例在本文中用於舉例說明本發明、其中的一方面、其中的特徵、其中的概念，和/或其中的實施例。本發明所體現的器具的物理體、製品、機器和/或過程可以包括參照本文討論的一個或多個實施例所描述的一個或多個方面、特徵、概念、實施例等等。

以上還借助於說明某些重要功能的功能模組對本發明進行了描述。為了描述的方便，這些功能組成模組的界限在此處被專門定義。當這些重要的功能被適當地實現時，變化其界限是允許的。類似地，流程圖模組也在此處被專門定義來說明某些重要的功能，為廣泛應用，流程圖模組的界限和順序可以被另外定義，只要仍能實現這些重要功能。上述功能模組、流程圖功能模組的界限及順序的變化仍應被視為在權利要求保護範圍內。本領域技術人員也知悉此處所述的功能模組，和其他的說明性模組、模組和元件，可以如示例或由分立元件、特殊功能的積體電路、帶有適當軟體的處理器及類似的裝置組合而成。

【圖式簡單說明】

圖 1 是現有技術無線通信設備的示意性框圖；

圖 2 是根據本發明的可攜式計算通信設備的一實施例的示意性框圖；

圖 3 是根據本發明的可攜式計算通信設備的另一實施例的示意性框圖；

圖 4 是根據本發明的可攜式計算通信設備的另一實施例的示意性框圖；

圖 5 是根據本發明的可攜式計算通信設備的另一實施例的示意性框圖；

圖 6 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的一實施例的示意性框圖；

圖 7 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的一實施例的示意性框圖；

圖 8 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 LNA 中每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 9 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 10 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 11 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 12 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 13 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 14 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 15 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 16 是根據本發明在 2G TX 模式中前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的實施例的示意性框圖；

圖 17 是根據本發明在 2G RX 模式中前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部分的實施例的示意性框圖；

圖 18 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中每個的部门的另一實施例的示意性框圖；

圖 19 是根據本發明的小信號平衡網路的實施例的示意性框圖；

圖 20 是根據本發明的大信號平衡網路的實施例的示意性框圖；

圖 21 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 LNA 中每個的部门的另一實施例的示意性框圖；

圖 22 是根據本發明的阻抗的實施例的示意性框圖；

圖 23 是根據本發明的阻抗的另一實施例的示意性框圖；

圖 24 是根據本發明的平衡網路的實施例的示意性框圖；

圖 25 是根據本發明的平衡網路的另一實施例的示意性框圖；

圖 26 是根據本發明用於計時平衡網路的時鐘發生器的實施例的示意性框圖；

圖 27 是根據本發明圖 25 的平衡網路的操作實施例的圖；

圖 28 是根據本發明的平衡網路的另一實施例的示意性框圖；

圖 29 是根據本發明的每個前端模組 (FEM) 的部门的另一實施例的示意性框圖；

圖 30 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中的每個的部门的另一實施例的示意性框圖；

圖 31 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中的每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 32 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 LNA 的每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 33 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 LNA 中的每個的部分的等效電路的實施例的示意性框圖；

圖 34 是根據本發明的變壓器巴倫 (balun) 的實施例的示意性框圖；

圖 35 是根據本發明的變壓器巴倫的實施的實施例的圖；

圖 36 是根據本發明的變壓器巴倫的實施的另一實施例的圖；

圖 37 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中的每個的部分的另一實施例的示意性框圖；

圖 38 是根據本發明的前端模組 (FEM) 和 SOC 模組中的每個的部分的另一實施例的示意性框圖。

【主要元件符號說明】

可攜式計算通信設備	10	片上系統 (SOC)	12
前端模組 (FEM)	14	天線	16
無 SAW 接收器部分	18	無 SAW 發射器部分	20
基帶處理單元	22	處理模組	24
電源管理單元	26		
接收器 (RX) 射頻 (RF) 到中頻 (IF) 段	28		
接收器 (RX) IF 到基帶 (BB) 段	30		
頻率轉換 (translated) 帶通濾波器 (FTBPF)	32		
功率放大器 (PA)	34-36		
接收器-發射器 (RX-TX) 隔離模組	38-40		

天線調諧單元 (ATU)	42-44	頻帶 (FB) 開關	46
前端模組 (FEM)	50	片上系統 (SOC)	52
天線調諧單元 (ATU)	54	片上系統 (SOC)	180
前端模組 (FEM)	182	片上系統 (SOC)	190
前端模組 (FEM)	192	前端模組	810
片上系統模組	812	功率放大器模組 (PA)	814
雙工器	816	傳感電路	817
平衡網路	818	檢測器模組	820
調諧引擎	822	調諧信號	823
天線	826	前端模組	830
片上系統模組	832	天線	834
出站無線信號	835	功率放大器模組 (PA)	836
入站無線信號	837	雙工器	838
天線調諧單元(ATU)	840	天線調諧信號	841
平衡網路	842	查找表 (LUT)	844
處理模組	846	天線設定值	847
峰值檢測器	848	低壓開關元件	849-855
調諧引擎	850	低雜訊放大器	852
感應性元件	857	前端模組 (FEM)	860
片上系統 (SOC)	862	功率放大器模組(PA)	866
門控平衡網路	868	雙工器	870
峰值檢測器	872	處理模組	874
LNA 旁路電路	875	低雜訊放大器 (LNA)	876
前端模組 (FEM)	890	片上系統 (SOC)	892
功率放大器模組(PA)	896	雙工器	898
平衡網路	900	峰值檢測器	902
調諧引擎	904	檢測模組	906
低雜訊放大器模組(LNA)	908	前端模組 (FEM)	910
SOC 模組	912	功率放大器模組(PA)	916

雙工器	918	平衡網路	920
隔離調節信號	921	峰值檢測器	922
低雜訊放大器模組(LNA)	924	處理模組	926
發射功率等級	928	前端模組(FEM)	960
片上系統 (SOC)	962		
單端低雜訊放大器模組(LNA)	972		
峰值檢測器	974	處理模組	976
電容器的小信號平衡網路	880	電晶體的大信號平衡網路	882
控制信號	1000	峰值檢測器	1002
處理模組	1004	低雜訊放大器模組(LNA)	1006
基帶處理單元	1008	前端模組(FEM)	1010
SOC 模組	1012	平衡網路	1013
功率放大器模組(PA)	1014	雙工器	1016
平衡網路	1018	處理模組	1020
低雜訊放大器模組(LNA)	1022	平衡網路	1030
阻抗上轉換器	1032	基帶阻抗電路	1034
阻抗上轉換器	1042、1044	基帶阻抗(Z _{bb})	1046、1048
第一繞組	871	第二繞組	873
第三繞組	875	補償模組	877
檢測模組	891	處理模組	893
前端模組 (FEM)	930	SOC	932
功率放大器模組 (PA)	936	低雜訊放大器模組(LNA)	940
前端模組 (FEM)	950	LNA	952
功率放大器模組(PA)	954	雙工器	956
平衡網路	958	變壓器	980
前端模組 (FEM)	990	LNA	992
功率放大器	994	音	995
雙工器	996	調諧信號	997
音注入模組	998		

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：(00119486)

※申請日：(00.6.3)

※IPC 分類：H04B 1/40(2006.01)

H04L 25/3(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

帶有補償雙工器的前端模組

Front end module with compensating duplexer

二、中文發明摘要：

一種前端模組，包括雙工器和平衡網路。所述雙工器包括補償電路和具有五個節點的三繞組變壓器。第一節點用於將天線可操作地連接到第一繞組；第二節點可操作地接收出站無線信號並且將所述第一繞組可操作地連接到第二繞組次繞組；第三節點將第二繞組可操作地連接到平衡網路；第四節點可操作地連接地從所述第三繞組輸出對應於入站無線信號的第一信號分量；以及第五節點可操作地連接以從第三繞組輸出對應於入站無線信號的第二信號分量。雙工器提供第一和第二信號分量與出站無線信號之間的電氣隔離。補償模組可操作來補償第一和第二信號與出站無線信號之間的電氣隔離。

三、英文發明摘要：

A front end module includes a duplexer and a balancing network. The duplexer includes a compensate circuit and a transformer three windings having five nodes. The first node for operably coupling an antenna to the first winding; the second node operable to receive an outbound wireless signal and operably couples the first winding to the second winding; the third node operably couples the second winding to a balancing network; the fourth node operably coupled to output a first signal component corresponding to

an inbound wireless signal from the third winding; and the fifth node operably coupled to output a second signal component corresponding to an inbound wireless signal from the third winding. The duplexer provides electrical isolation between the first and second signal components and the outbound wireless signal. The compensation module is operable to compensate the electrical isolation between the first and second signals and the outbound wireless signal.

七、申請專利範圍：

1、一種前端模組，其特徵在於，包括：

前雙工器，所述雙工器包括：

第一繞組；

第二繞組；

第三繞組；

第一至第五節點，其中：

所述第一節點用於將天線可操作地連接到第一繞組；

所述第二節點可操作來接收出站無線信號並且將所述第一繞組可操作地連接到所述第二繞組；

所述第三節點將所述第二繞組可操作地連接到平衡網路；

第四節點可操作地連接以從所述第三繞組輸出對應於入站無線信號的第一信號分量；以及

第五節點可操作地連接以從所述第三繞組輸出對應於入站無線信號的第二信號分量，

其中所述第一和第二信號分量與所述出站無線信號電氣隔離；以及

補償模組，所述補償模組可操作地連接所述第一、第二和第三繞組的至少一個，並且可操作來補償所述第一和第二信號與所述出站無線信號之間的電氣隔離；以及

平衡網路，可操作地建立基本上匹配所述天線阻抗的阻

抗。

- 2、如權利要求 1 所述的前端模組，其特徵在於，所述補償模組包括：

第一補償電容器，所述第一補償電容器與所述第一和第三繞組之間形成的第一寄生電容並聯連接；以及

第二補償電容器，所述第二補償電容器與所述第二和第三繞組之間形成的第二寄生電容並聯連接，其中所述第一補償電容器與所述第一寄生電容的電容總和基本上等於所述第二補償電容器與所述第二寄生電容的電容總和。

- 3、如權利要求 1 或 2 所述的前端模組，其特徵在於，還包括：

檢測模組，所述檢測模組可操作地連接以用於檢測所述第一和第二寄生電容之間的不平衡；

處理模組，所述處理模組可操作地連接以用於：

基於所述第一和第二寄生電容之間的不平衡，確定所述第一和第二補償電容器的所述電容；

基於所述確定的所述第一補償電容器的電容，生成第一電容設定值；以及

基於所述確定的所述第二補償電容器的電容，生成第二電容設定值；

第一補償電容器，包括基於所述第一電容設定值所設定的第一電容器網路；以及

第二補償電容器，包括基於所述第二電容設定值所設定的第二電容器網路。

- 4、如前述權利要求 1 所述的前端模組，其特徵在於，還包括：

低雜訊放大器，所述低雜訊放大器可操作地連接以用於放大所述入站無線信號，其中所述低雜訊放大器包括共模隔離補償電路。

- 5、如前述權利要求 4 所述的前端模組，其中所述共模隔離補償電路包括：

連接到第一輸入電晶體的第一電容器；

連接到第二輸入電晶體的第二電容器；以及

連接到回路以及所述第一和第二電容器的共用節點的共模衰減電感器。

- 6、如前述權利要求 1 所述的前端模組，其特徵在於，所述雙工器包括：

形成在基底的第一雙厚金屬層上的所述第一和第二繞組；以及

形成在基底的第二雙厚金屬層上的所述第三繞組。

- 7、如前述權利要求 1 所述的前端模組，其特徵在於，所述雙工器包括：

形成在基底的第一厚金屬層上的所述第一和第二繞組；以及

形成在基底的至少第二厚金屬層上的所述第三繞組，其中所述第一和第二繞組具有關於所述第三繞組大致上九十度的旋轉。

- 8、一種射頻前端，其特徵在於，包括：

功率放大器，所述功率放大器可操作連接用於放大上轉換信號，以產生出站無線信號；

雙工器，所述雙工器可操作地連接到天線，其中所述雙工器可操作地提供所述出站無線信號與所述入站無線信號之間的電氣隔離；

平衡網路，所述平衡網路可操作地連接到所述雙工器，並且可操作地建立基本上匹配所述天線阻抗的阻抗；

低雜訊放大器，所述低雜訊放大器可操作地連接以用於放大所述入站無線信號，其中所述低雜訊放大器包括共模隔離補償電路，所述共模隔離補償電路補償所述雙工器的寄生電容造成的共模隔離的衰減。

9、如權利要求 8 所述的前端模組，其特徵在於，其中所述共模隔離補償電路包括：

連接到第一輸入電晶體的第一電容器；

連接到第二輸入電晶體的第二電容器；以及

連接到回路以及所述第一和第二電容器的共用節點的共模衰減電感器。

10、一種射頻前端，其特徵在於，包括：

功率放大器，所述功率放大器可操作地連接以用於放大上轉換信號，以產生出站無線信號；

雙工器，所述雙工器可操作地連接到天線，其中所述雙工器可操作地提供所述出站無線信號與入站無線信號之間的電氣隔離；

平衡網路，所述平衡網路可操作地連接到所述雙工器，並且可操作地建立基本上匹配所述天線阻抗的阻抗；以及

補償模組，所述補償模組可操作地補償所述雙工器的寄

生電容造成的所述第一和第二信號與所述出站無線信號之間
電氣隔離的衰減。

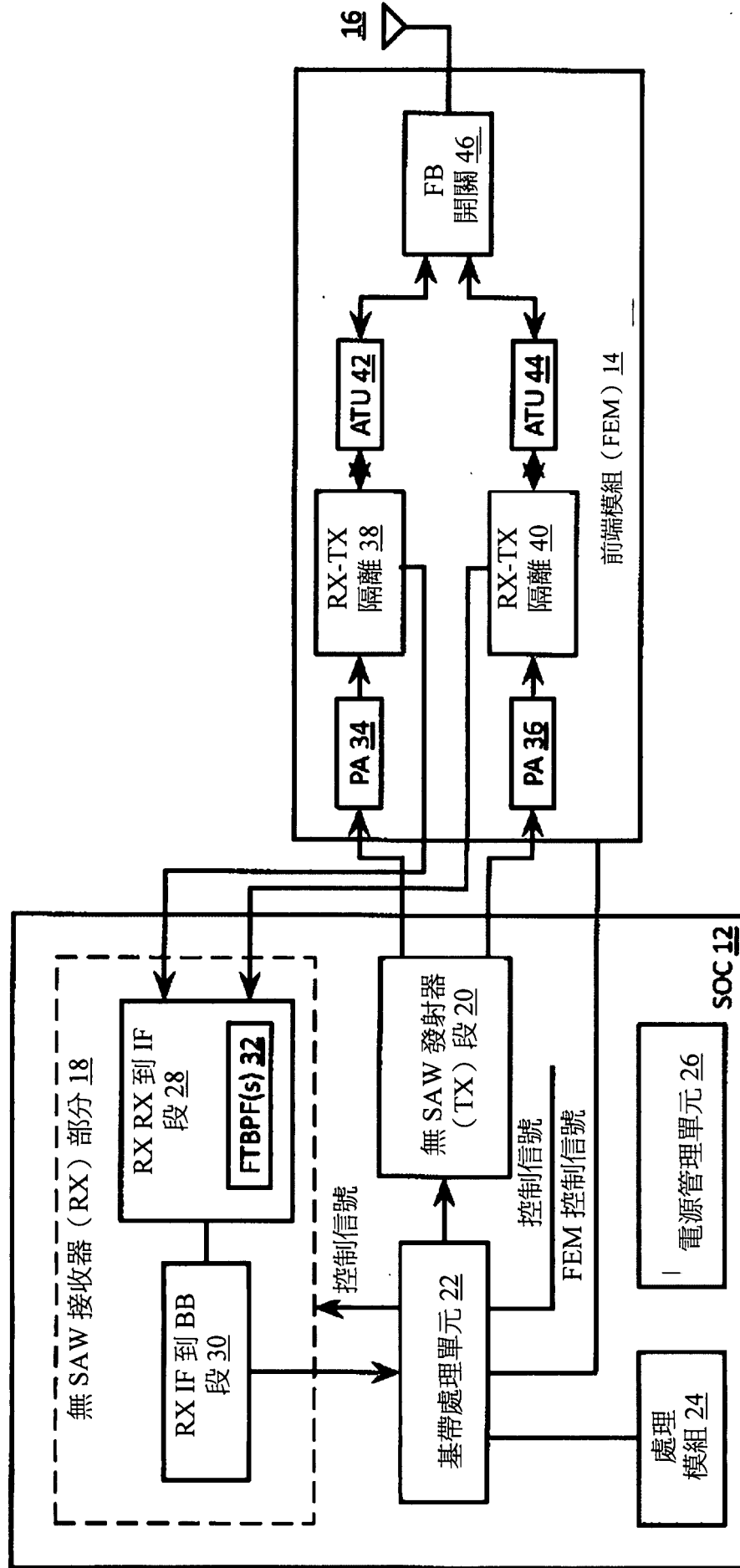


圖 2

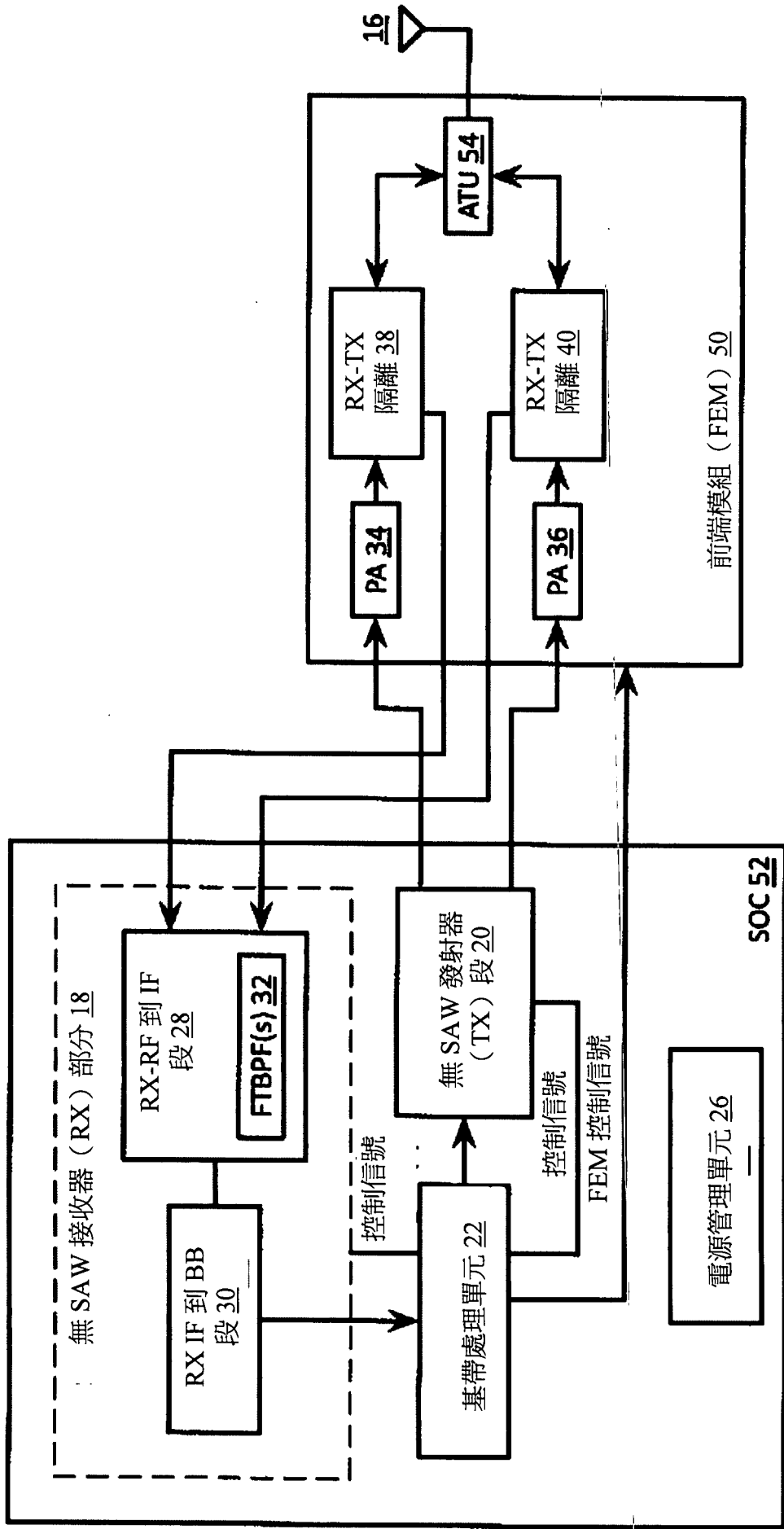


圖 3

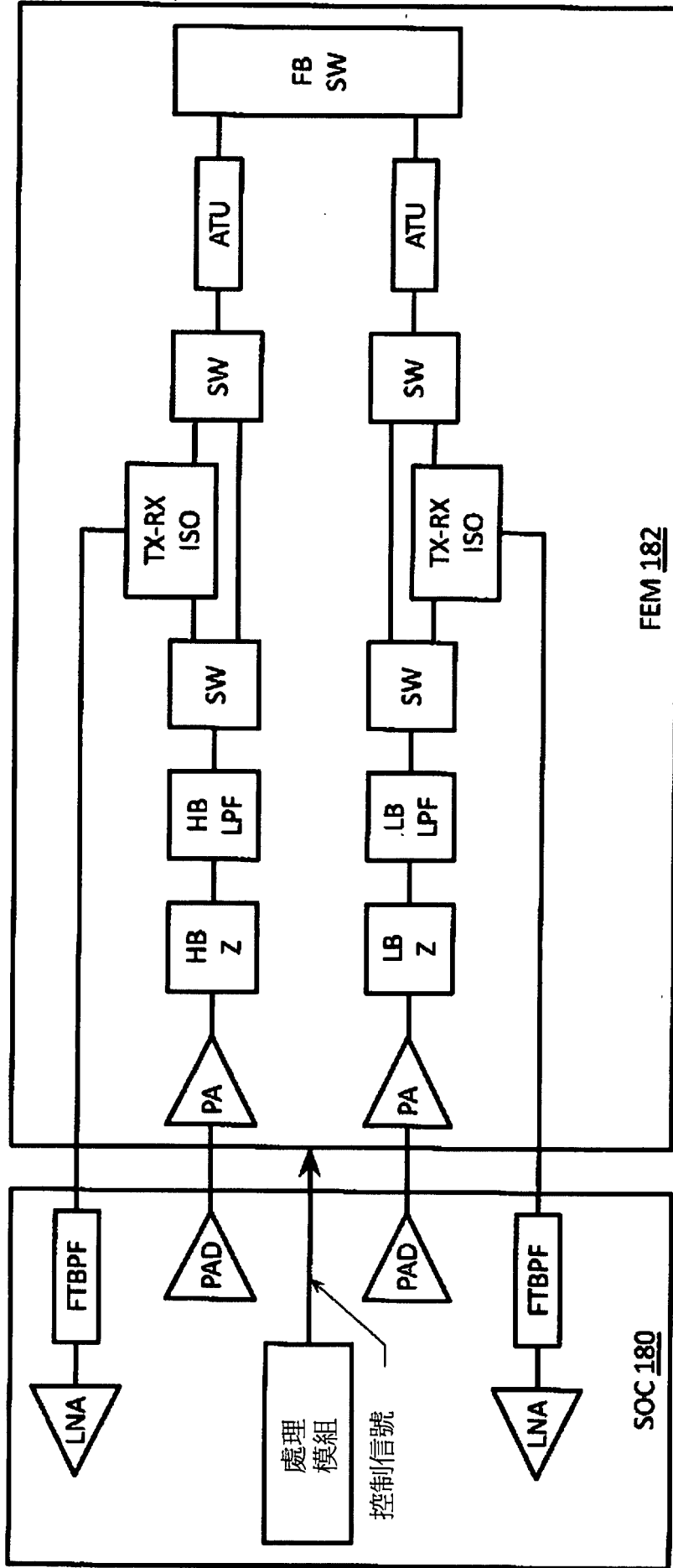


圖 4

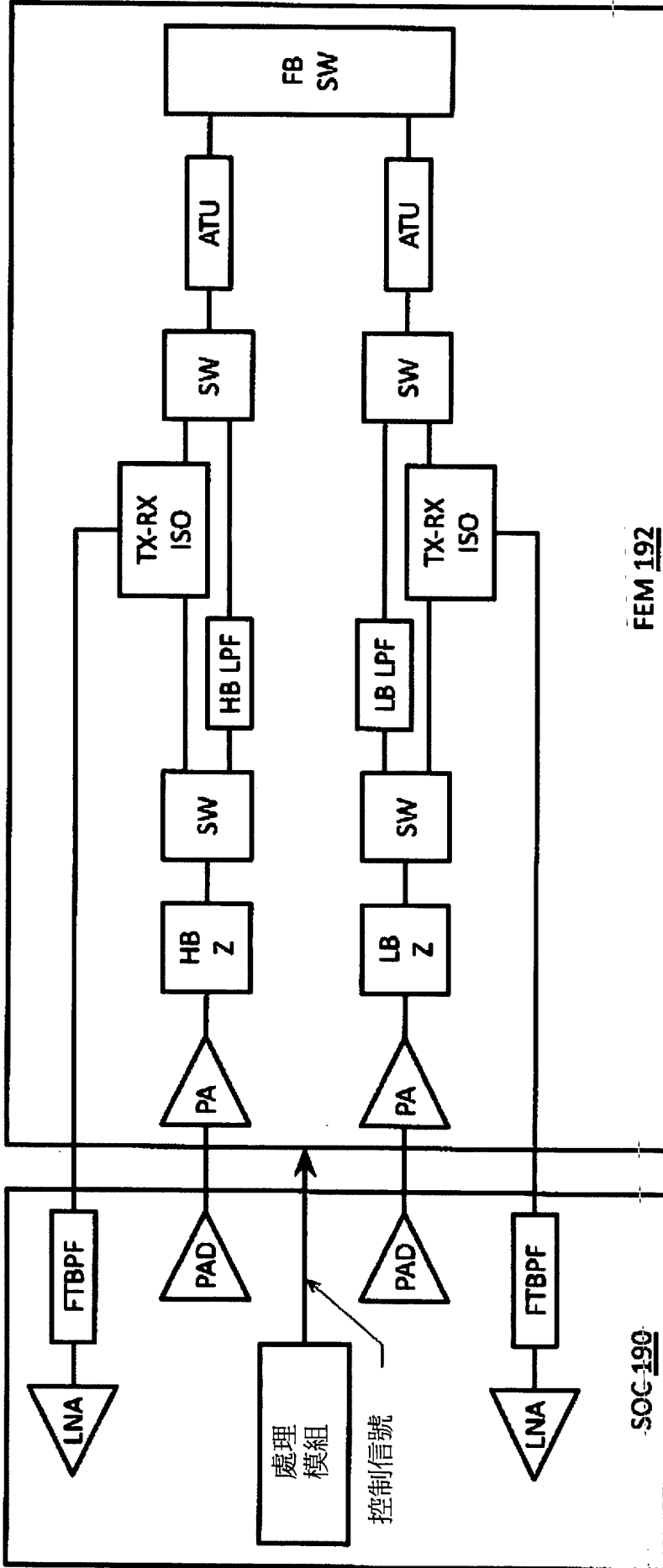


圖 5

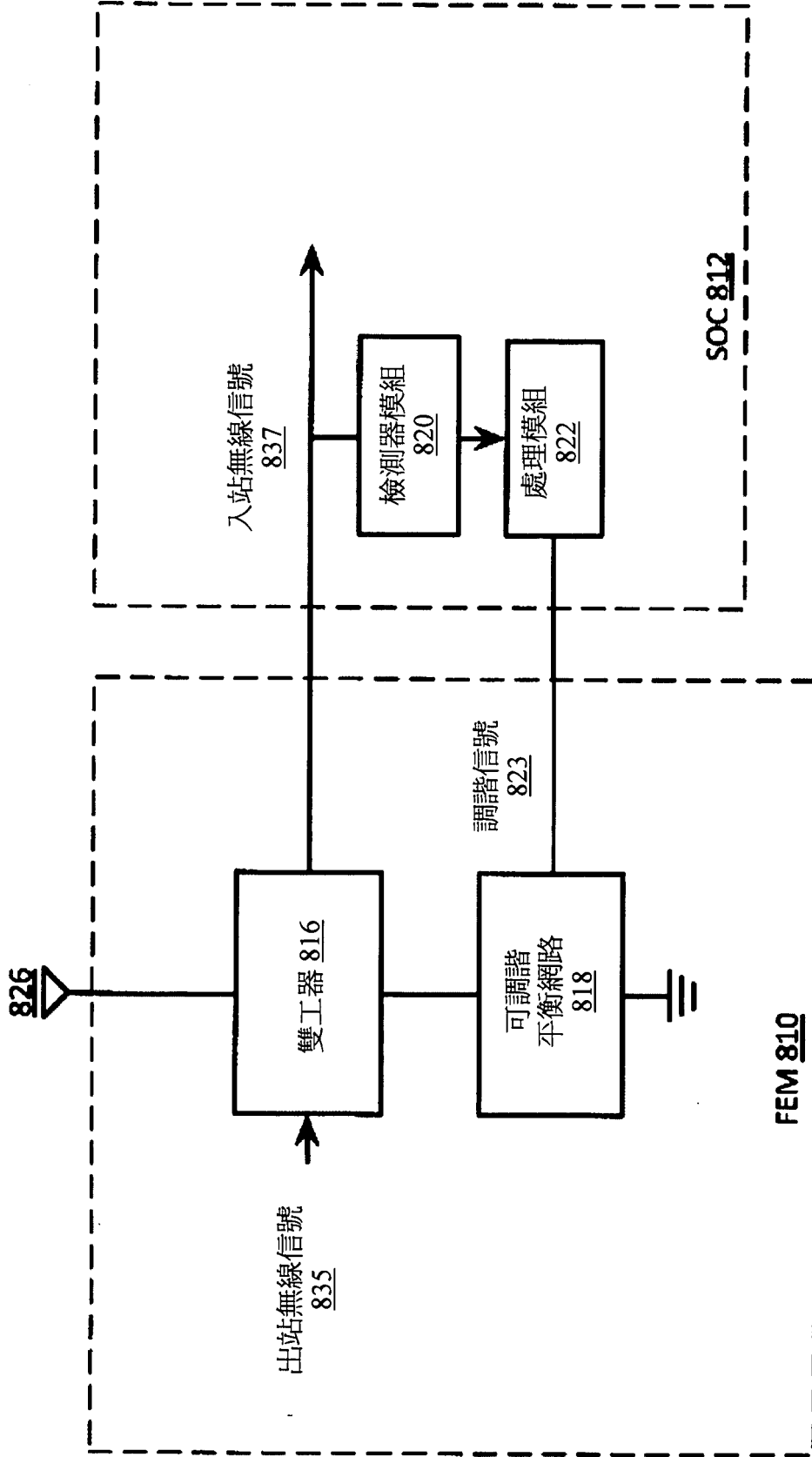


圖 6

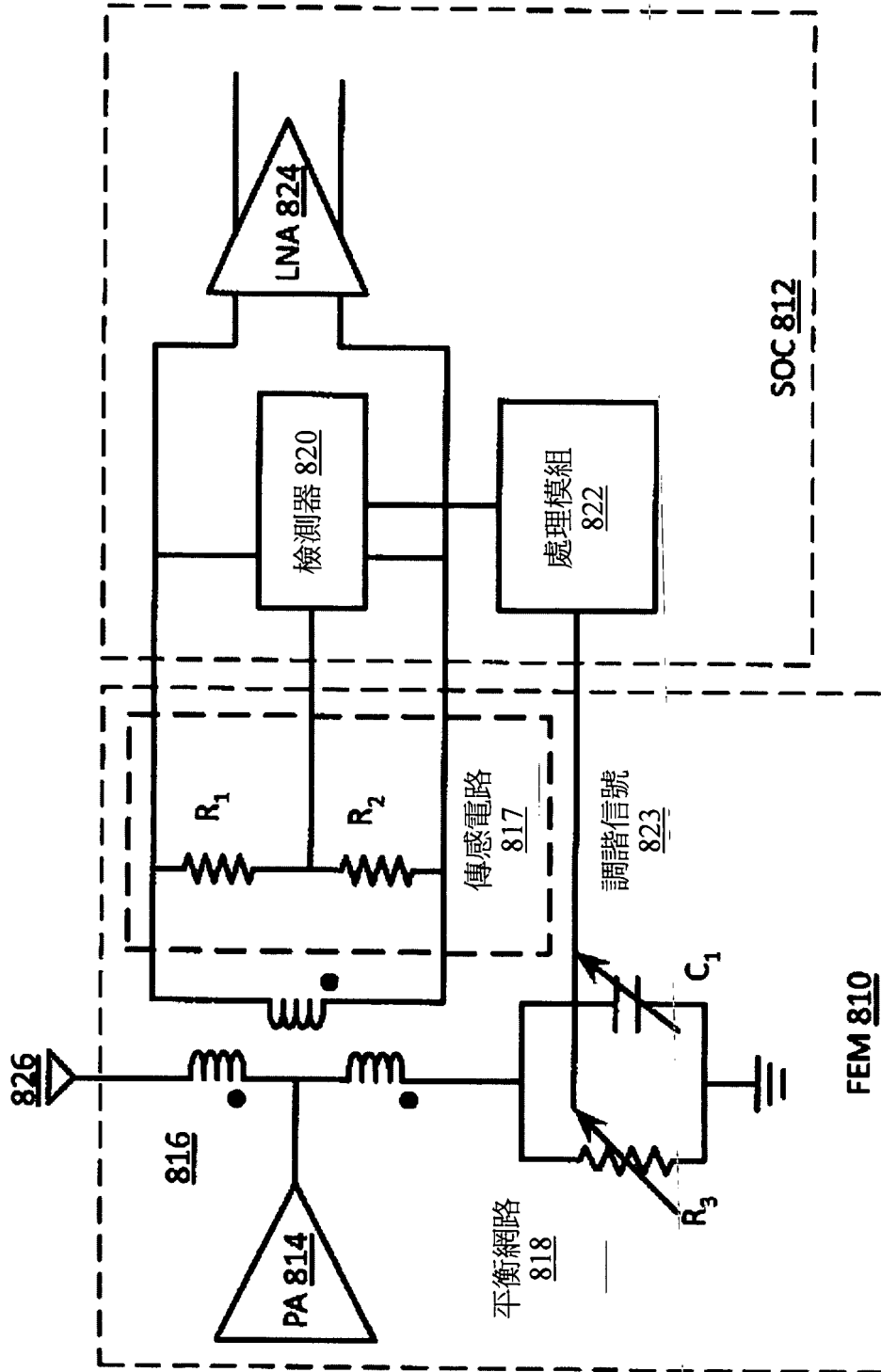


圖 7

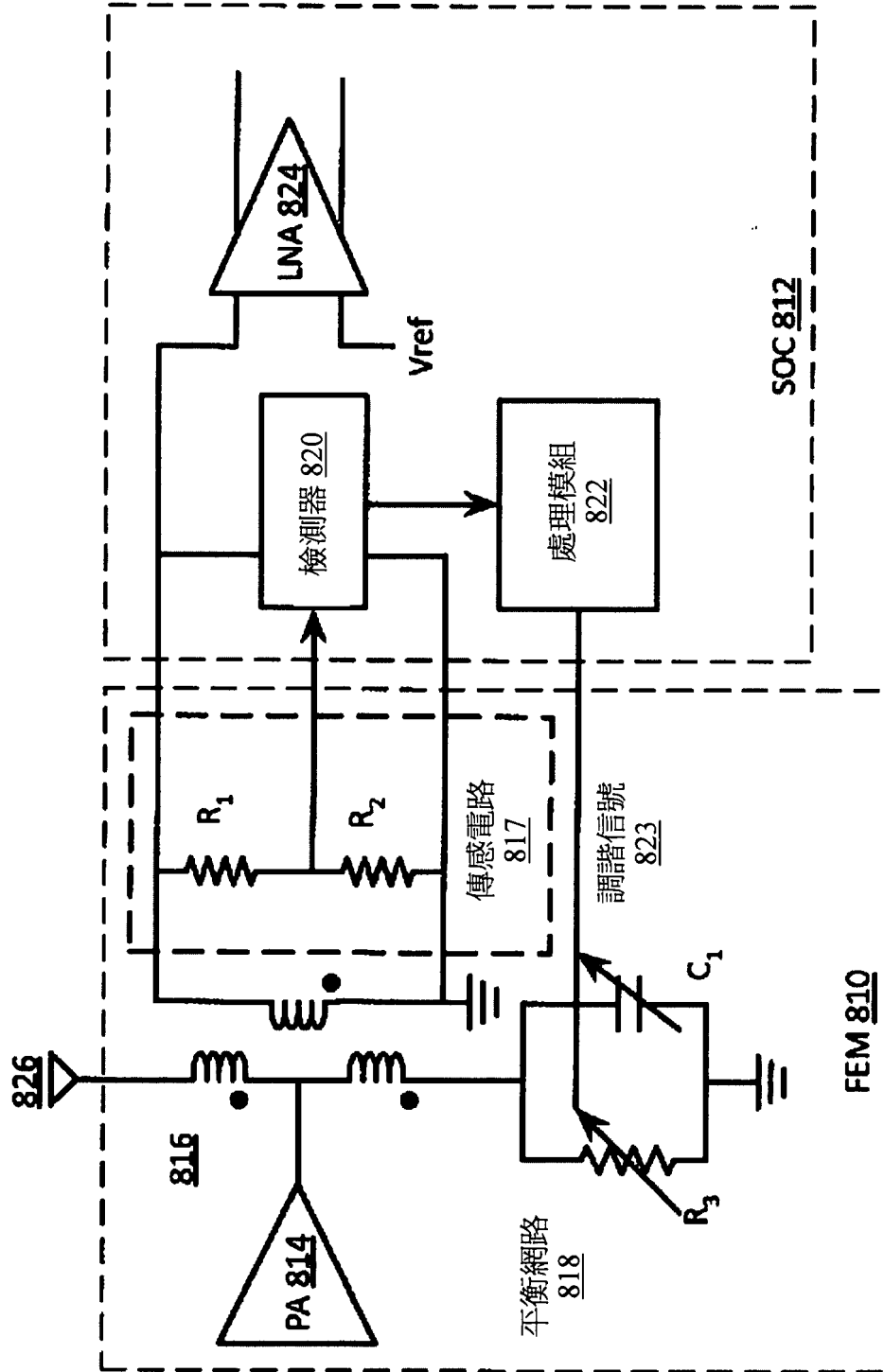


圖 8

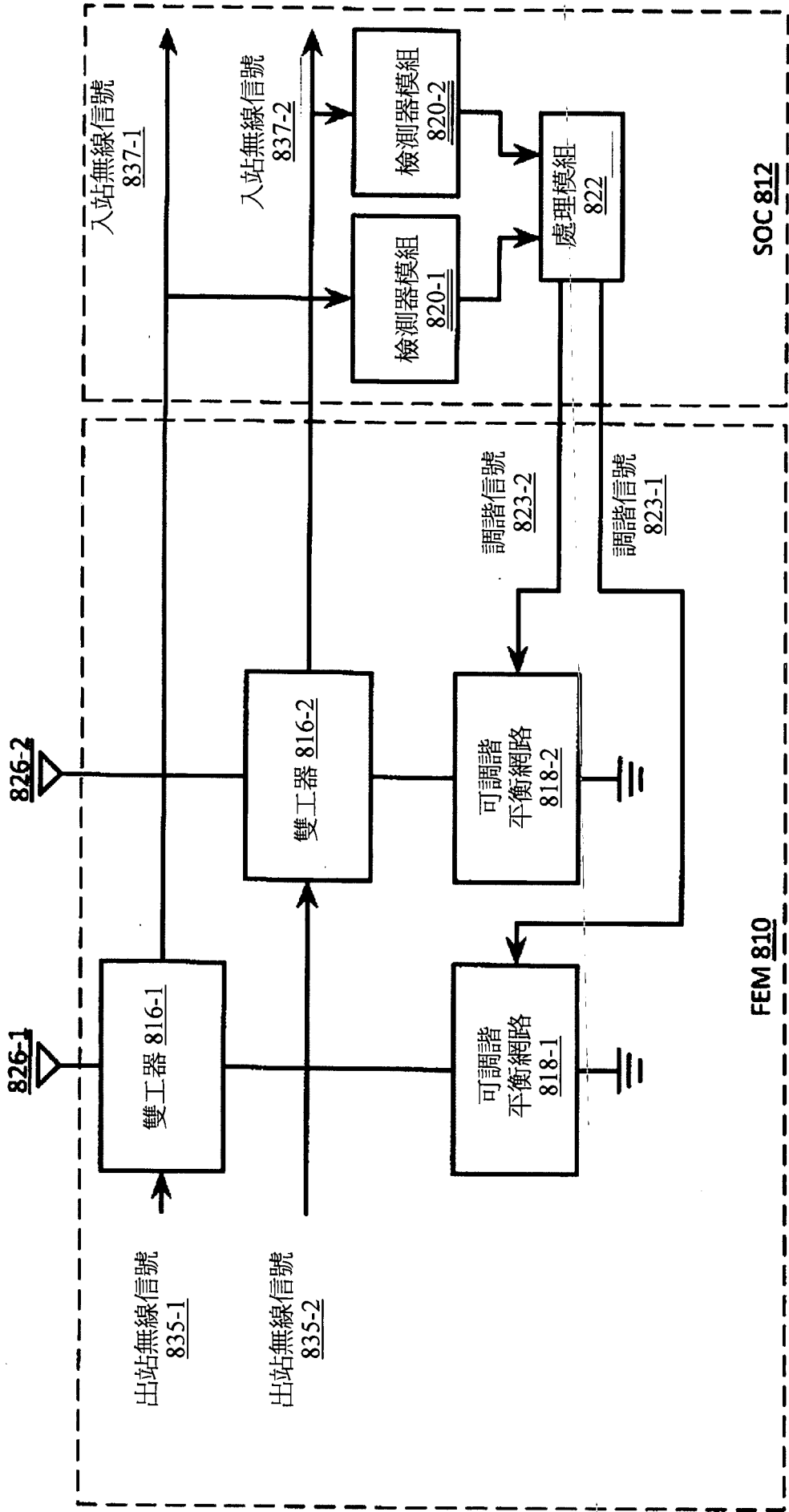


圖 9

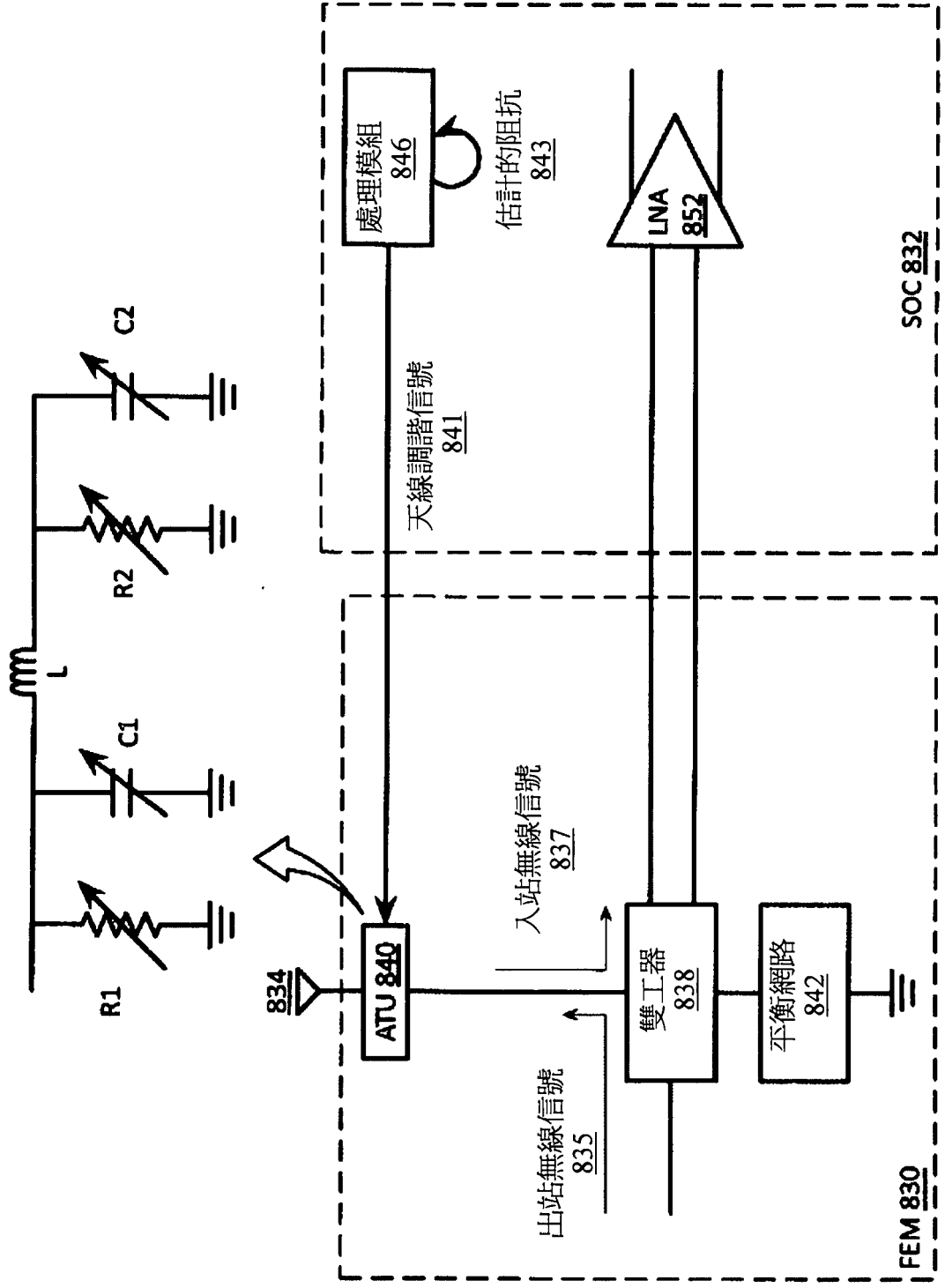


圖 10

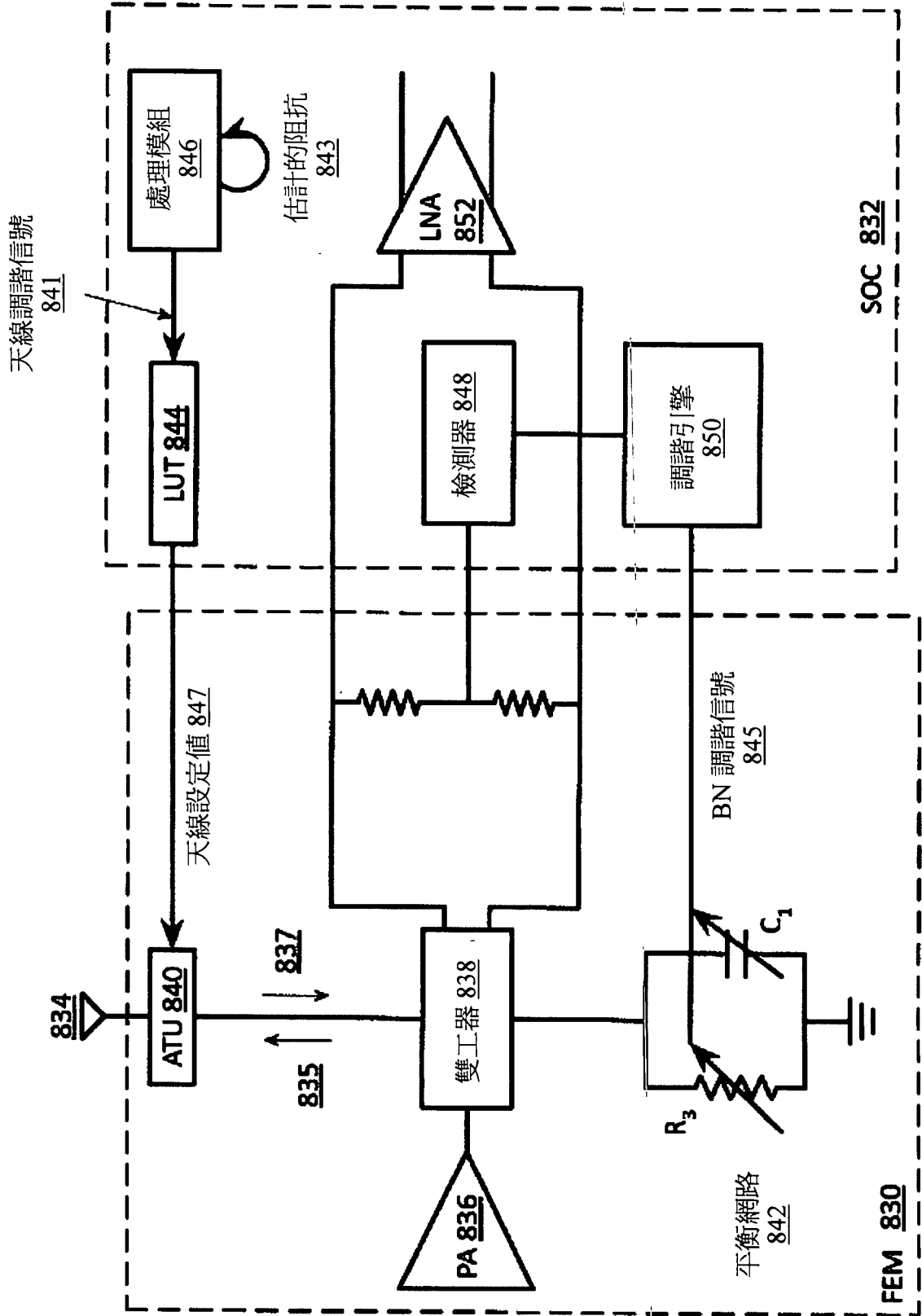


圖 11

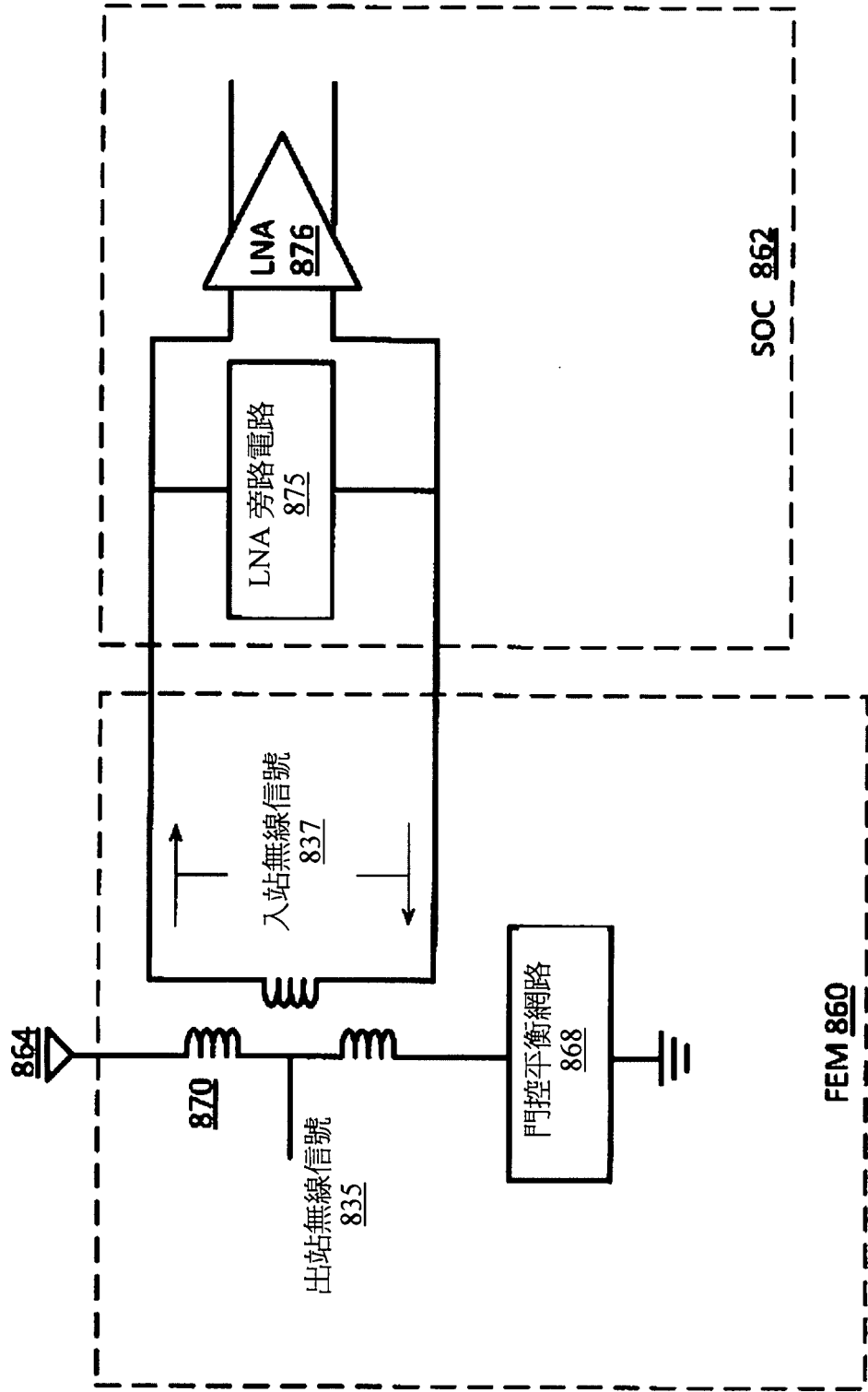


圖 12

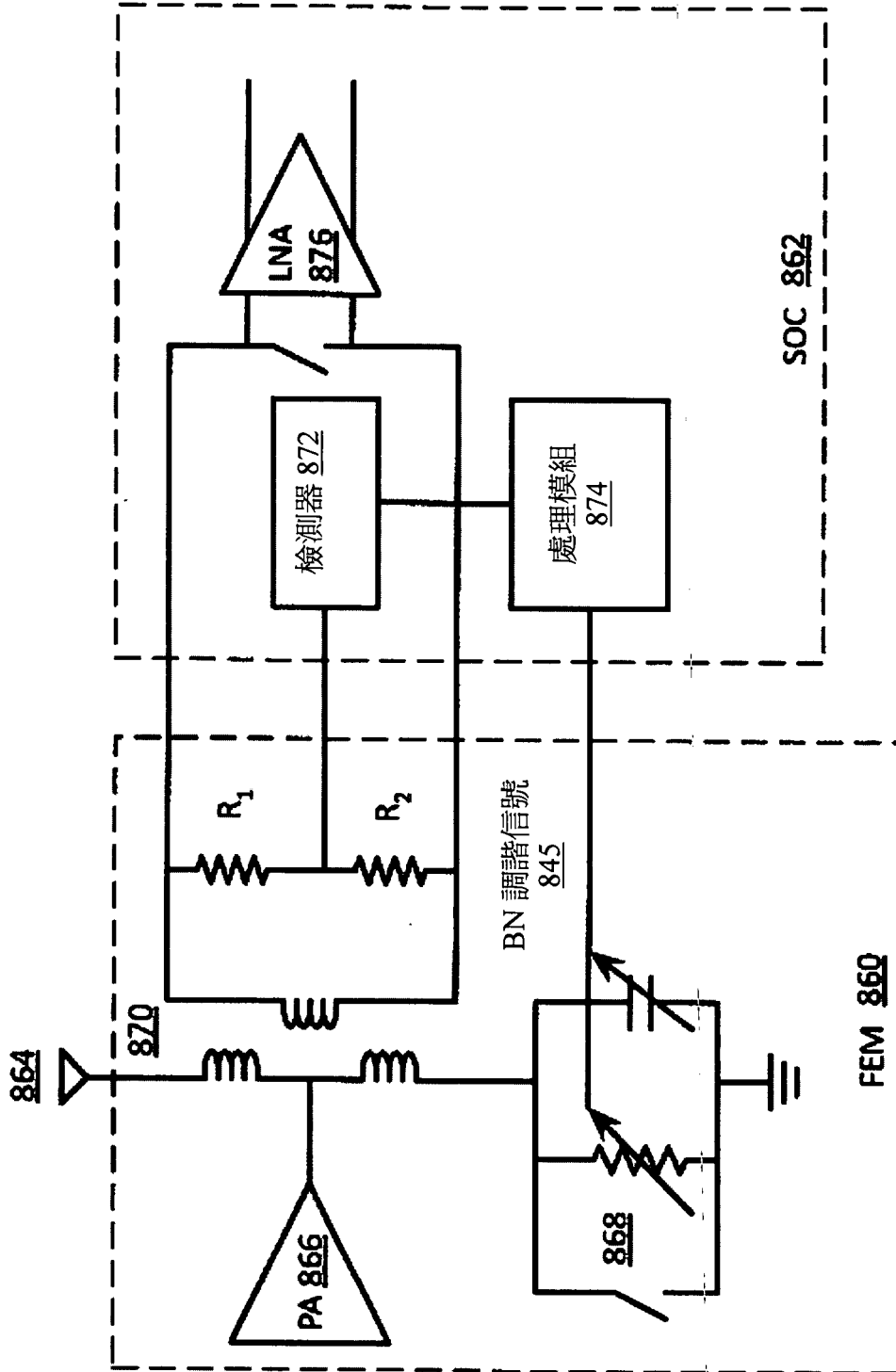


圖 13

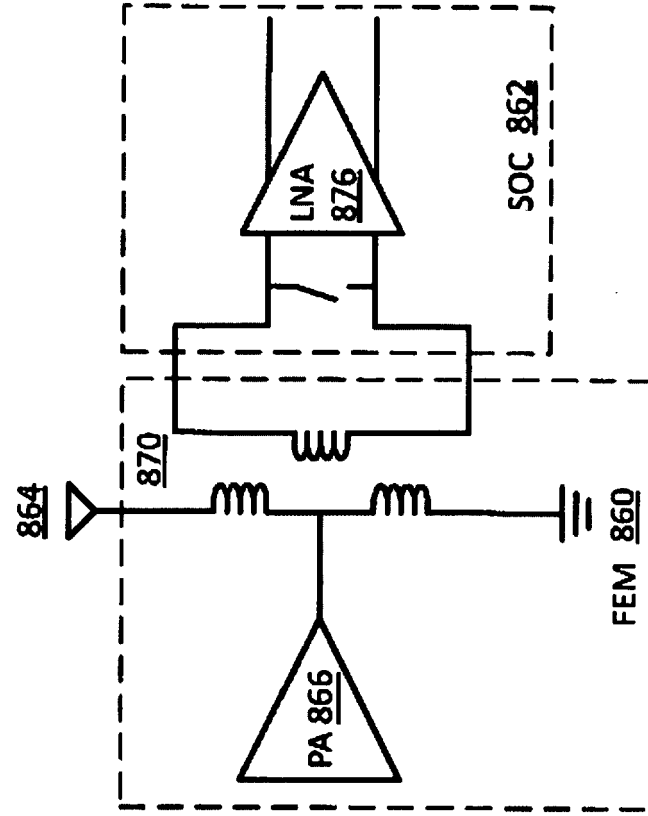


圖 15

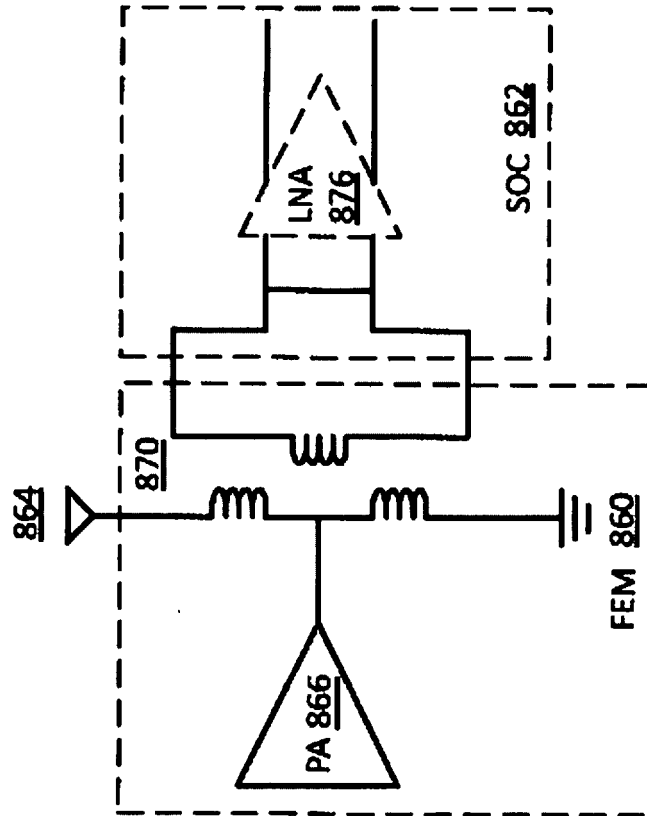


圖 14

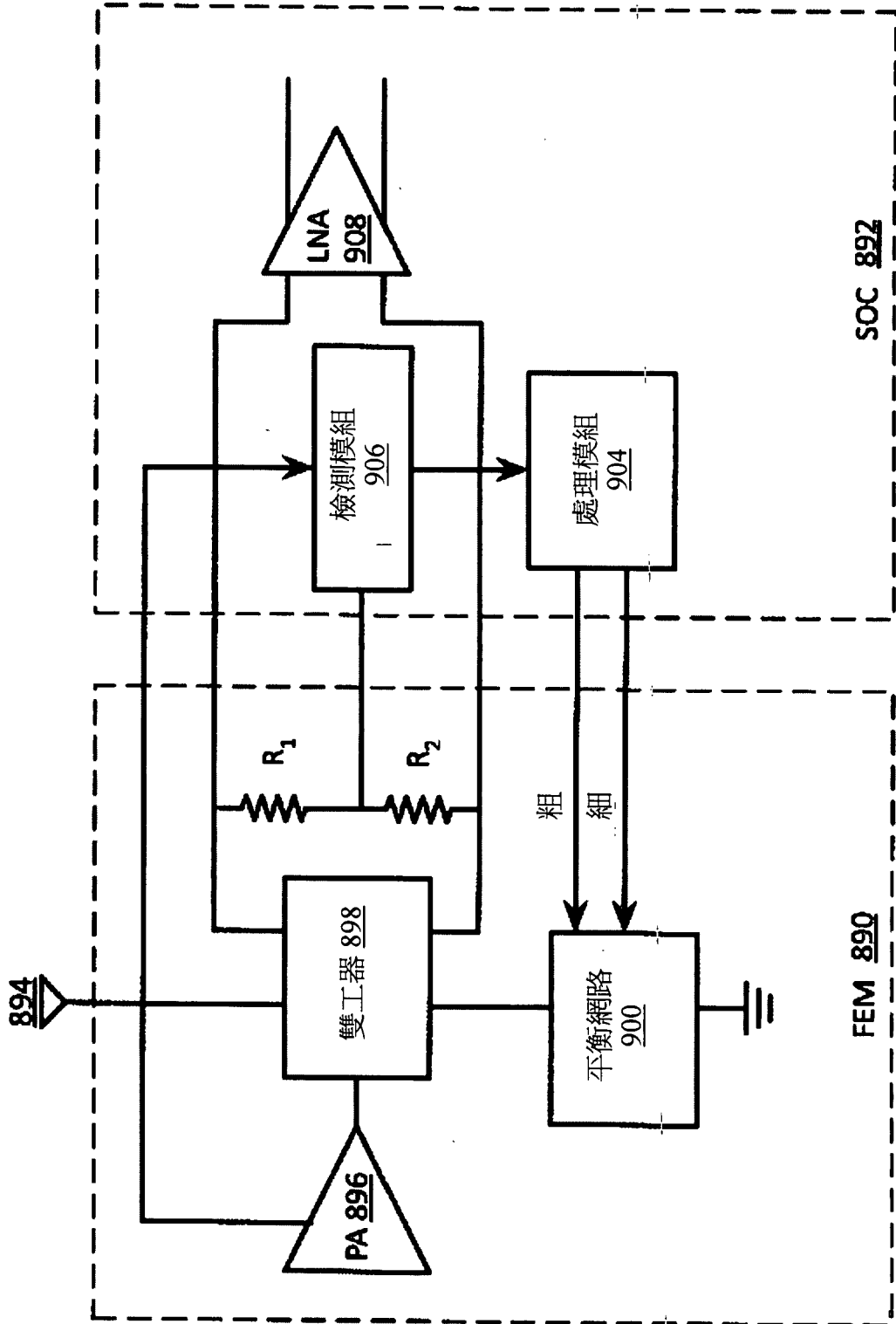


圖 16

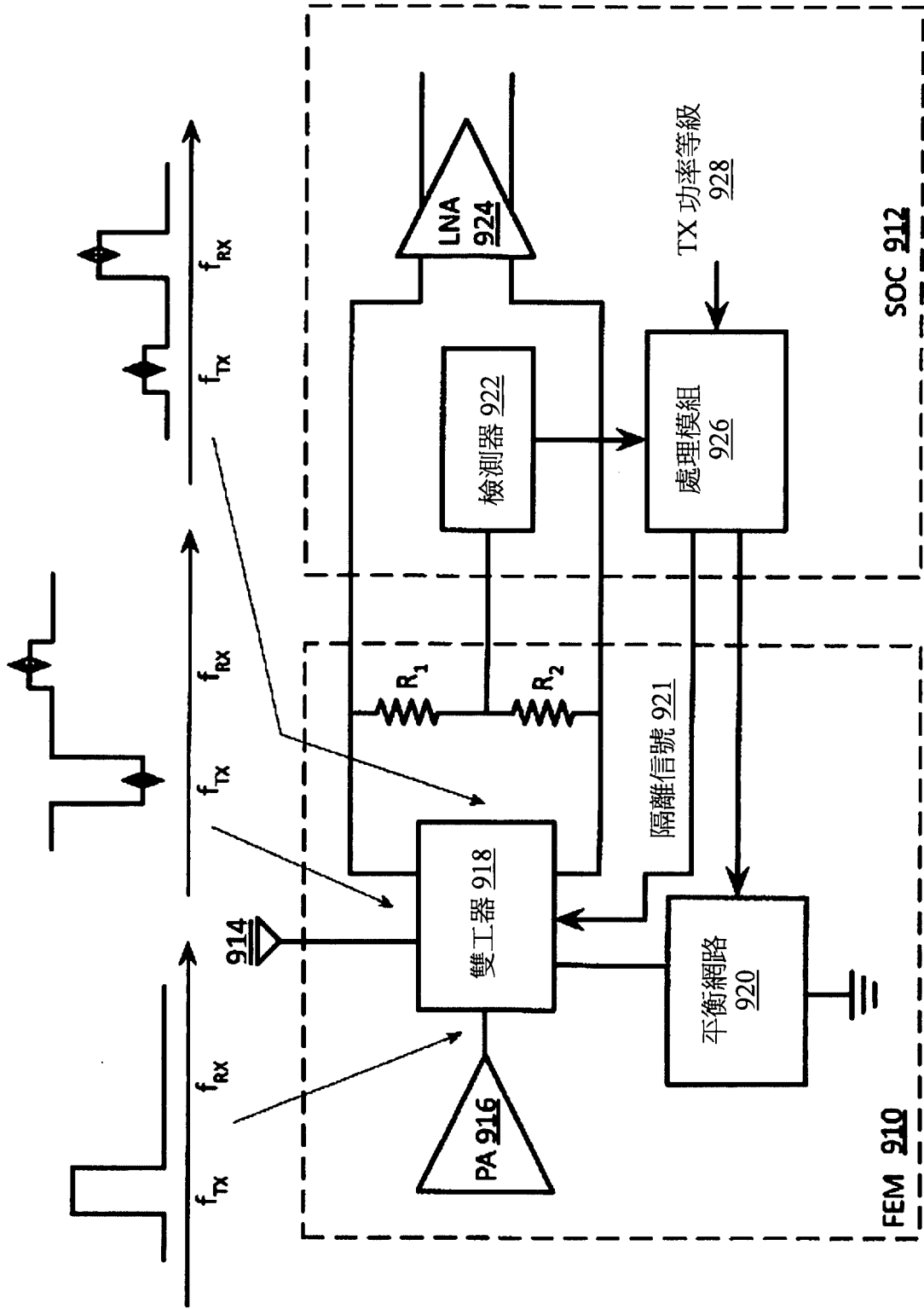


圖 17

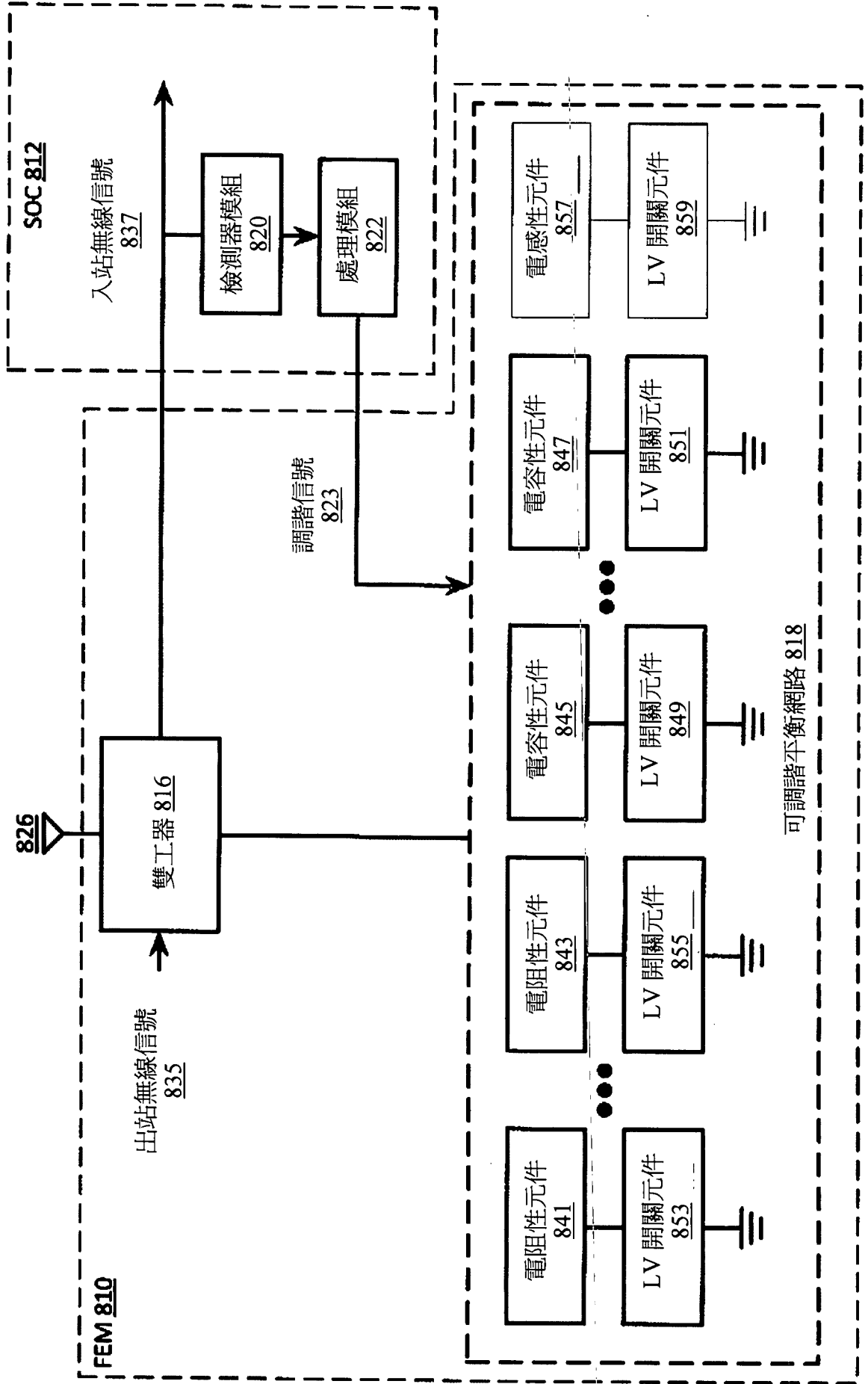


圖 18

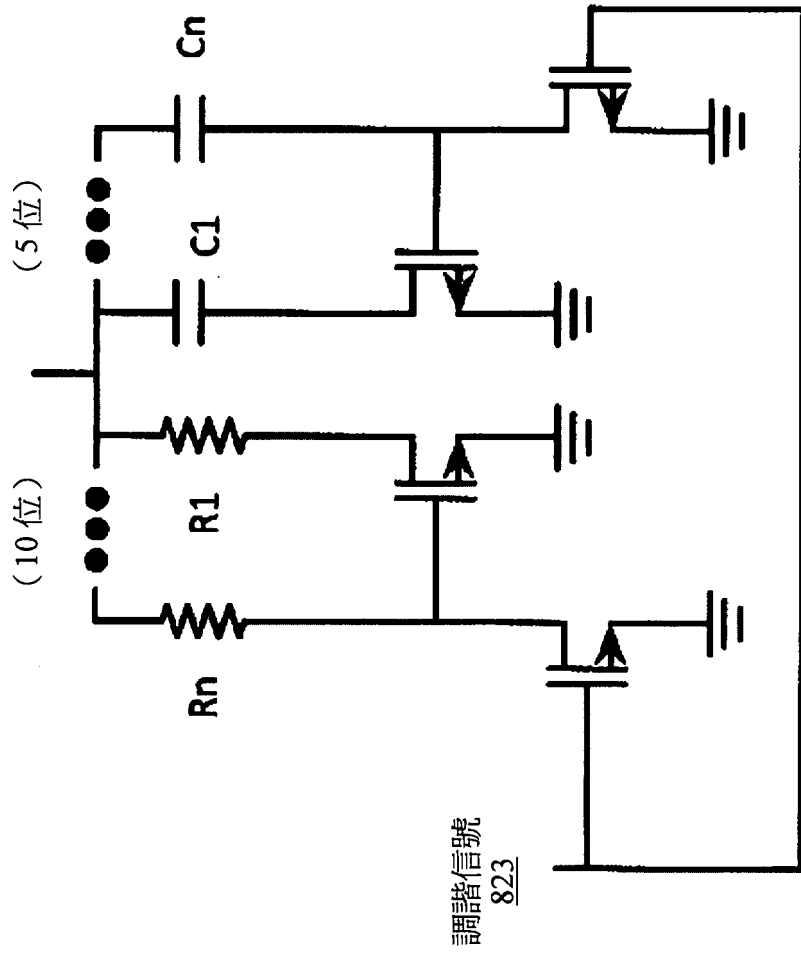


圖 19
小信號平衡網路 880

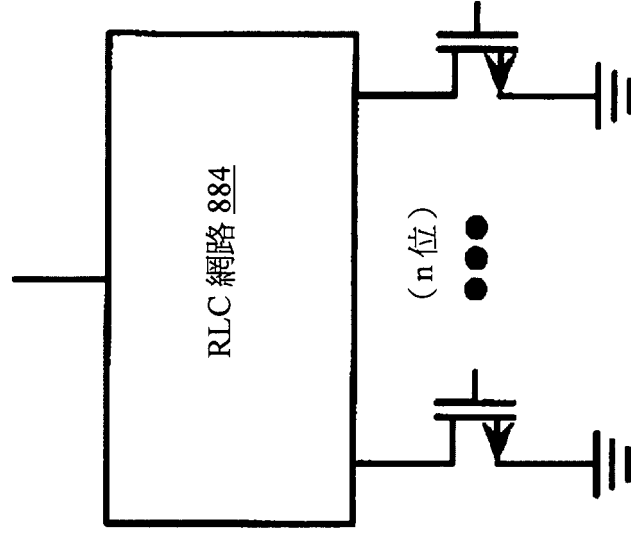


圖 20
大信號平衡網路 882

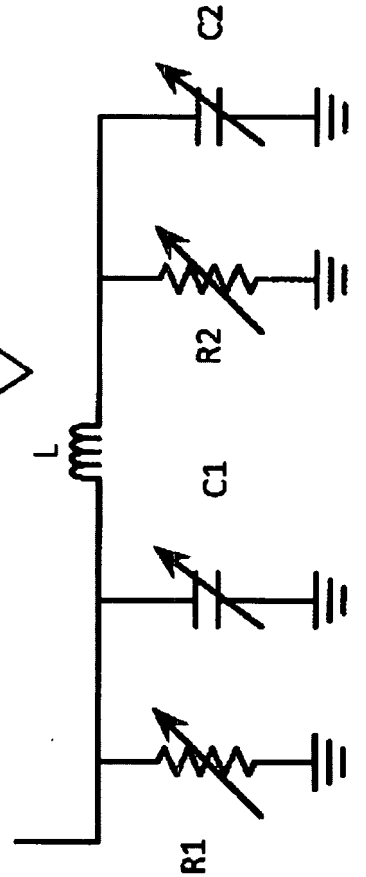
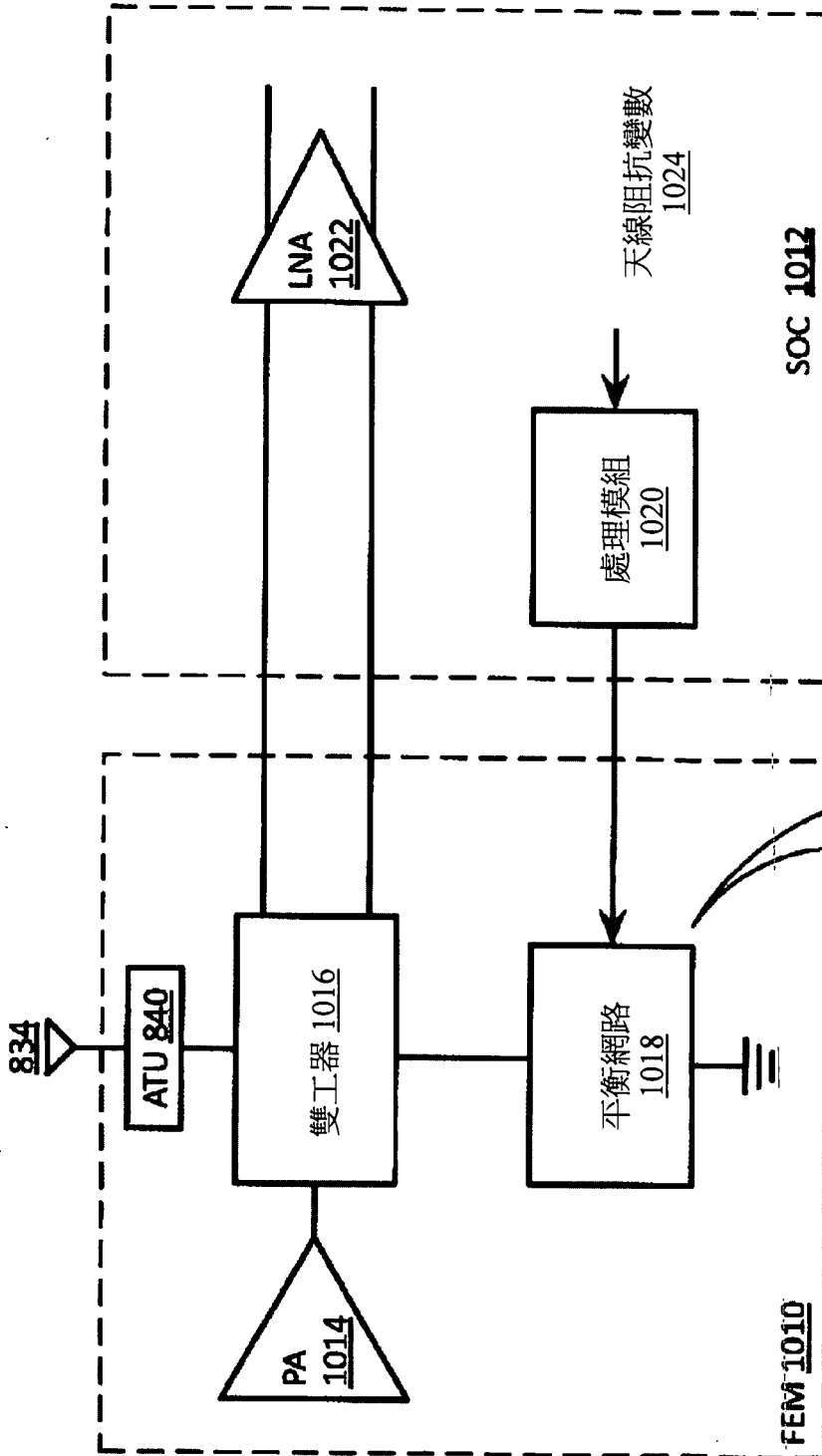


圖 21

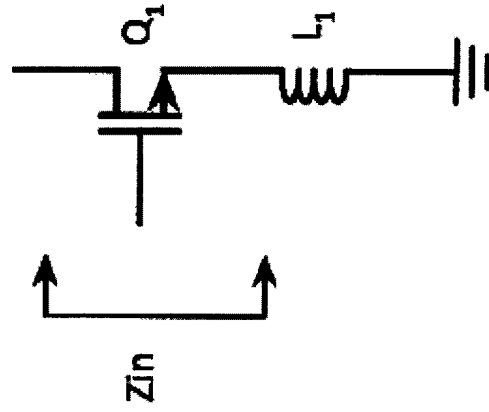


圖 23

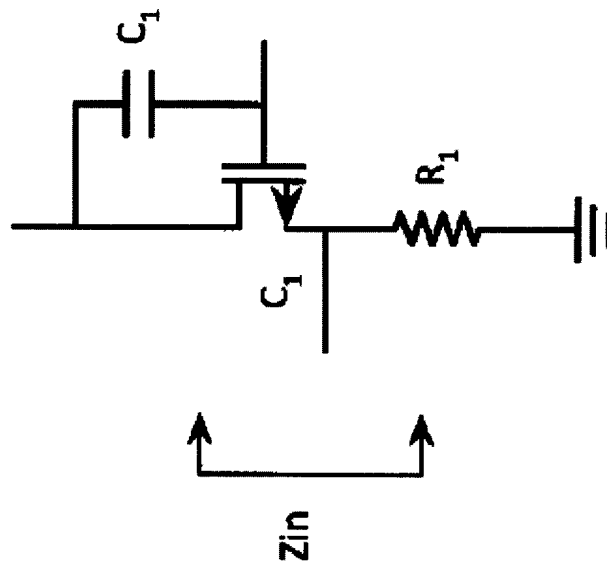


圖 22

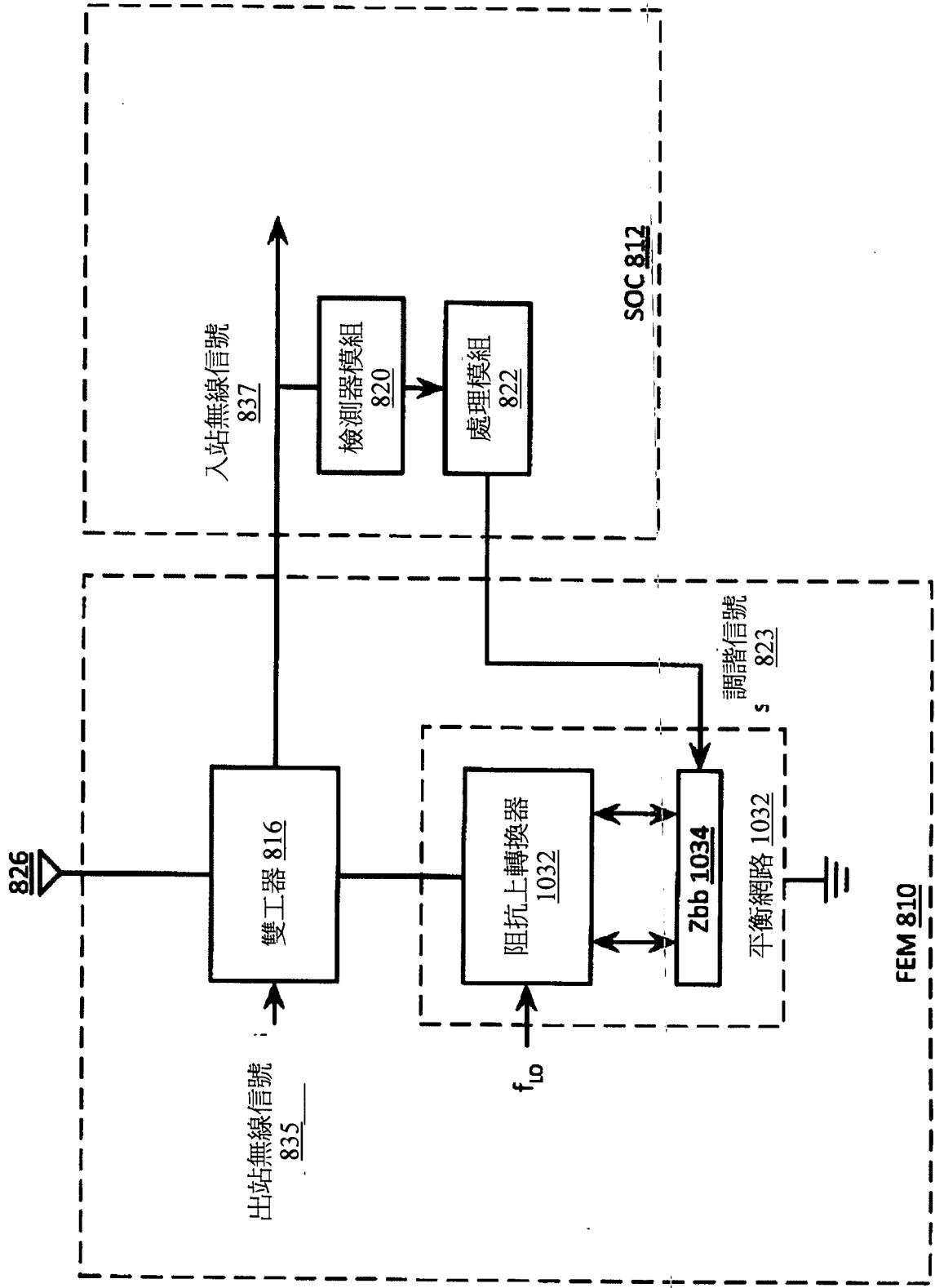


圖 24

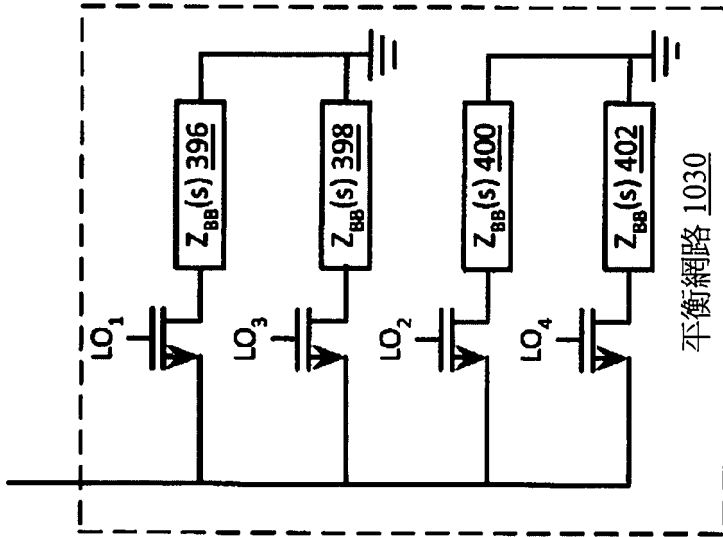


圖 25

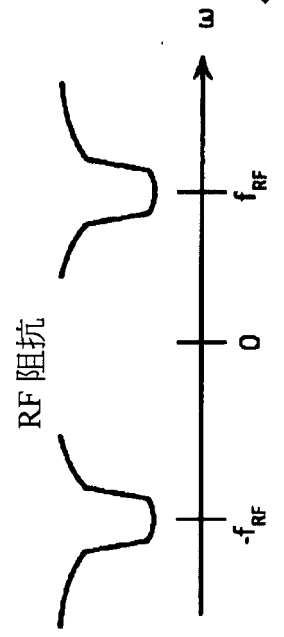
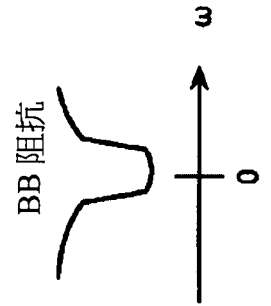


圖 27

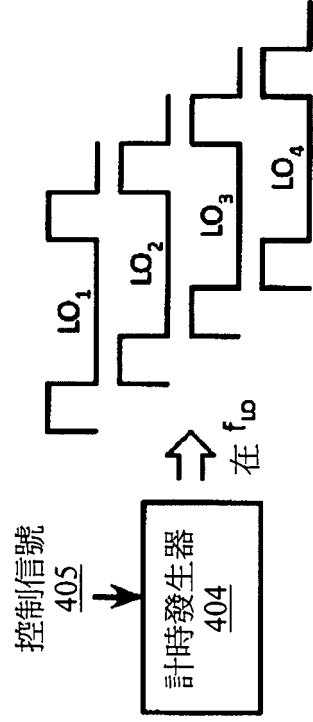
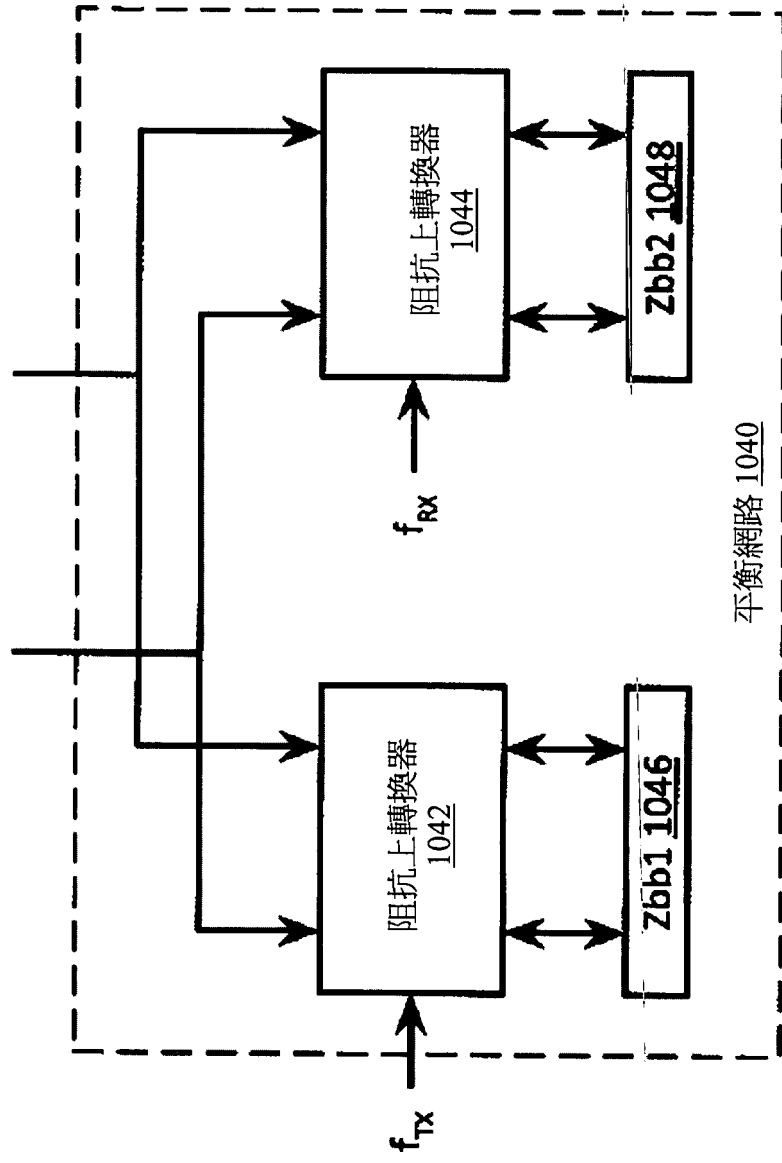


圖 26



平衡網路 1040

圖 28

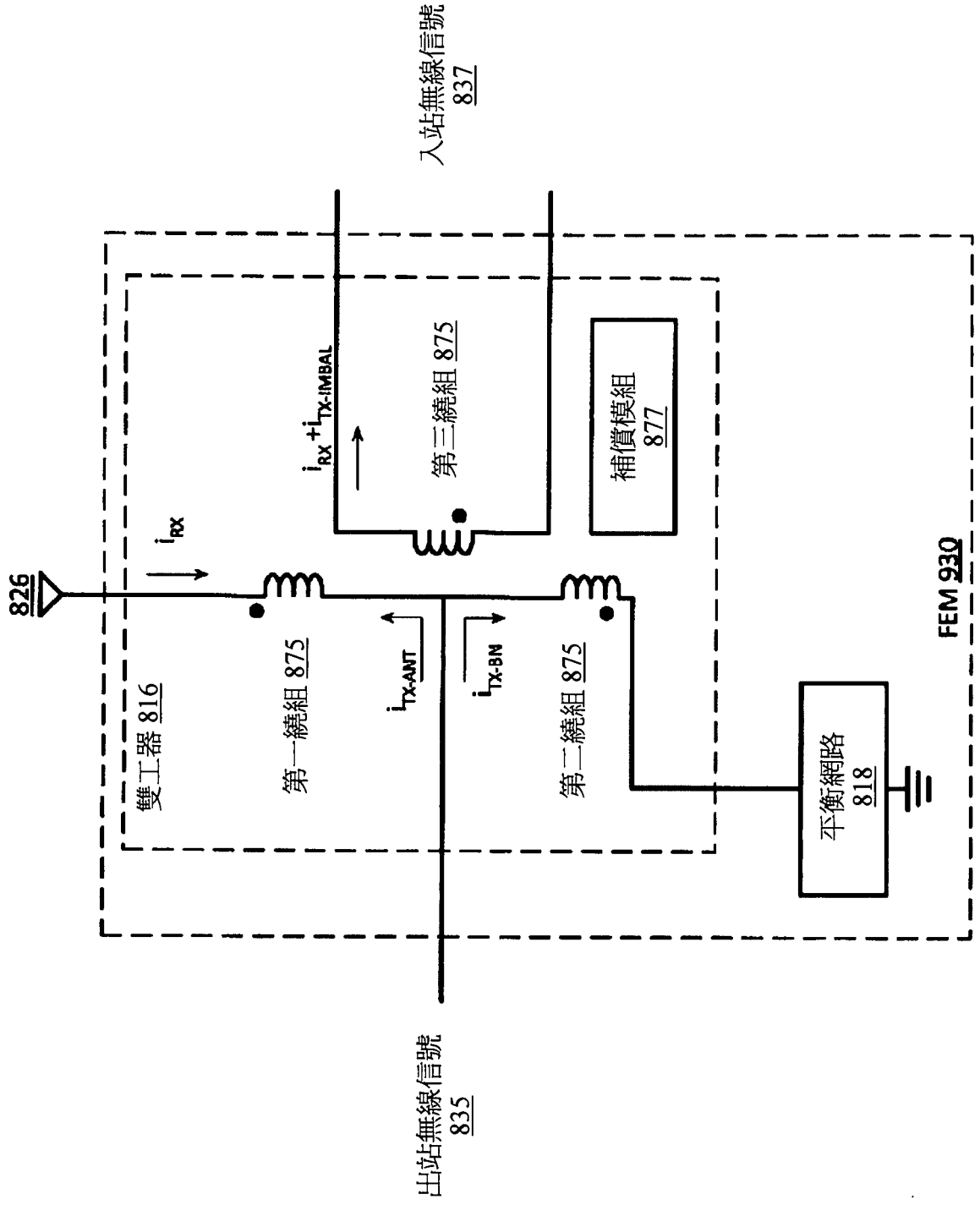


圖 29

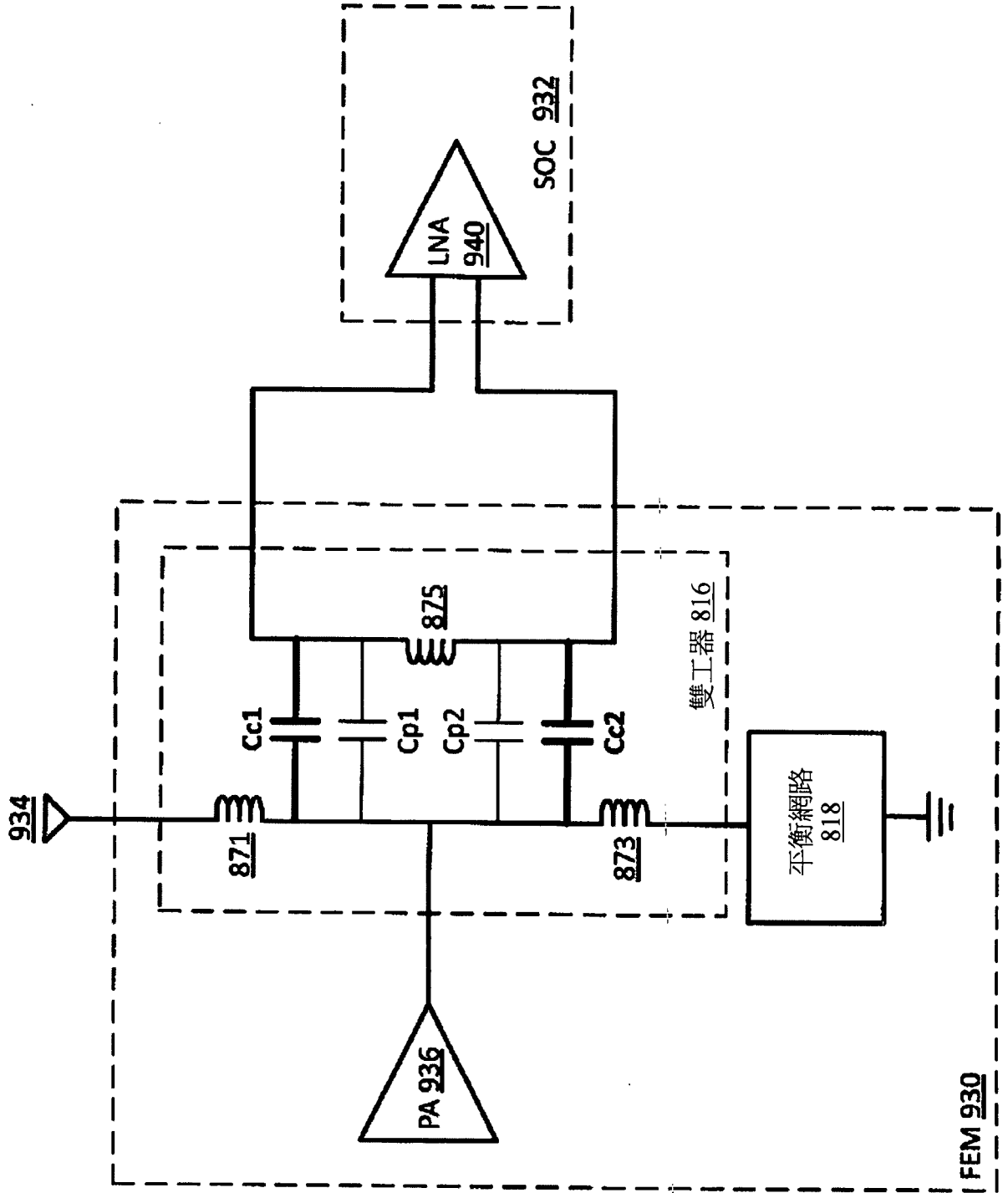


圖 30

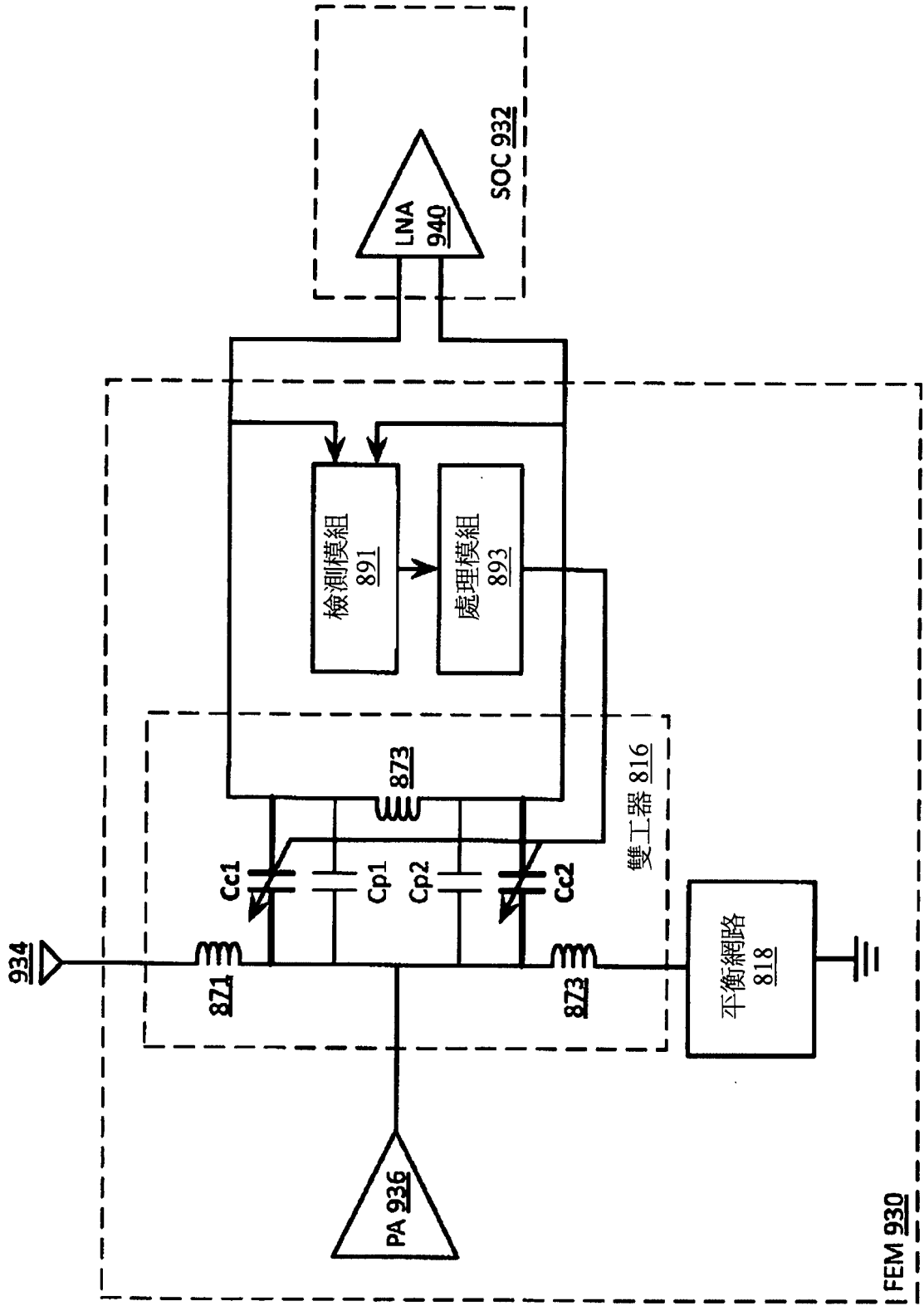


圖 31

FEM 930

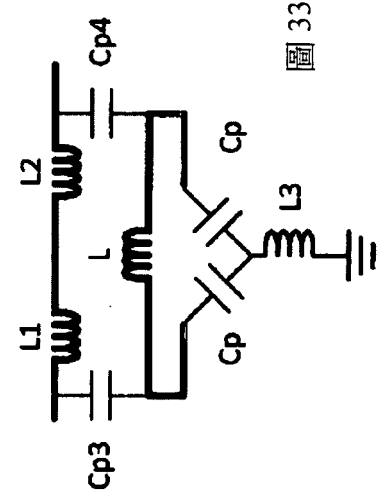
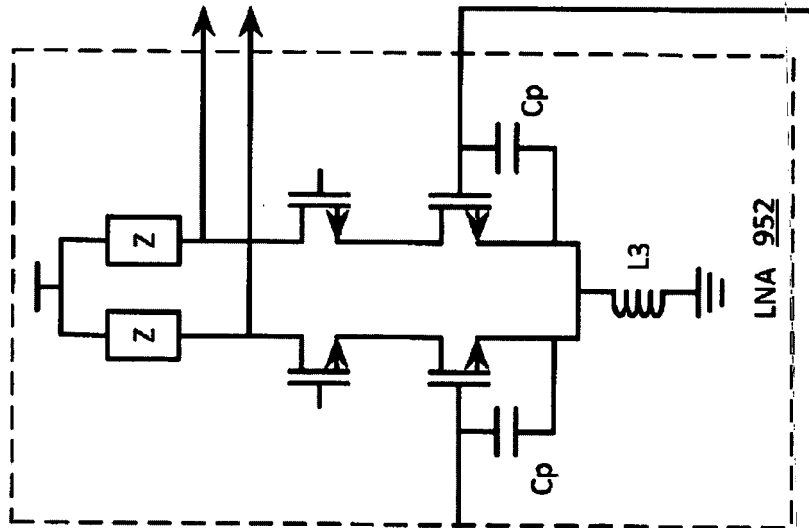


圖 33

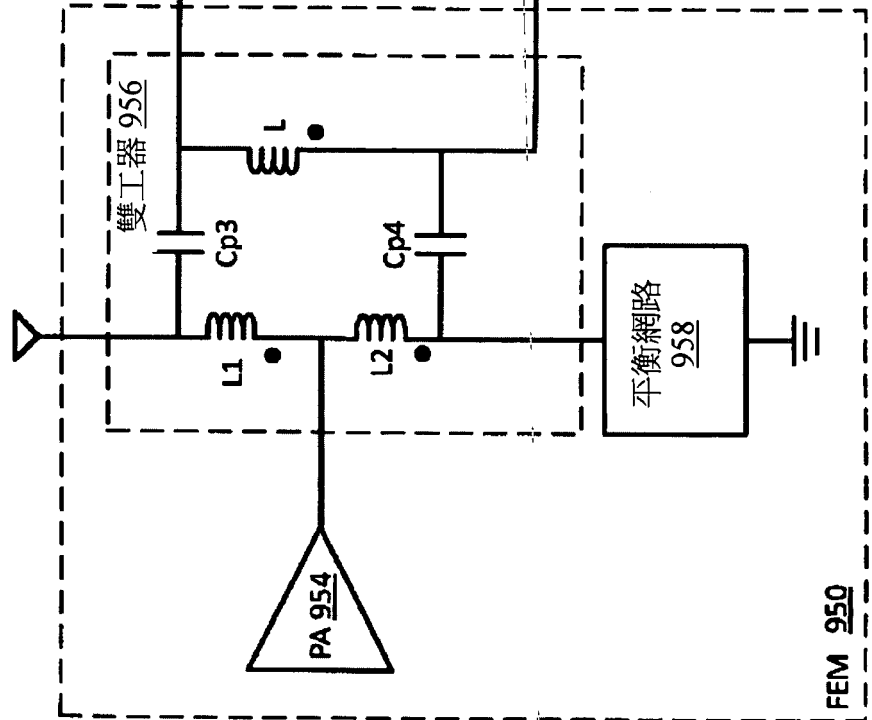


圖 32

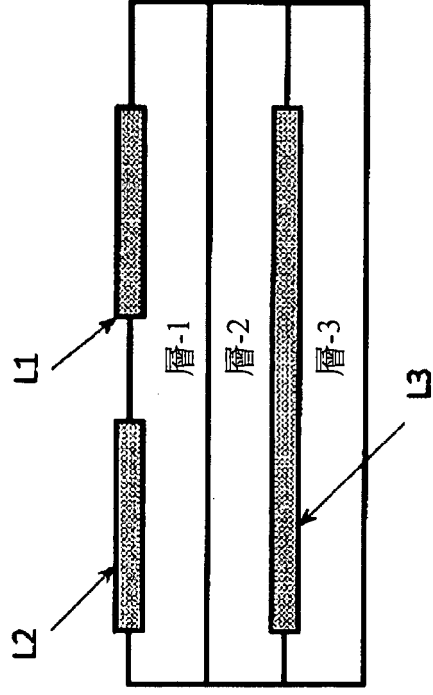


圖 36

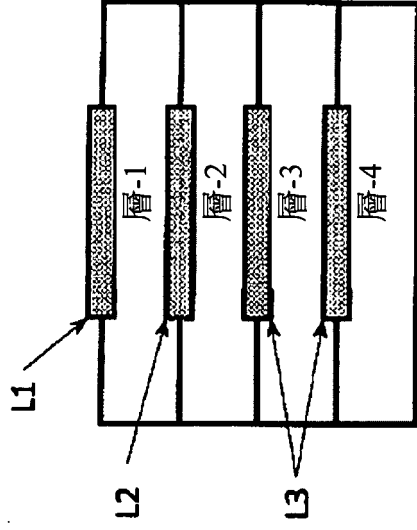


圖 35

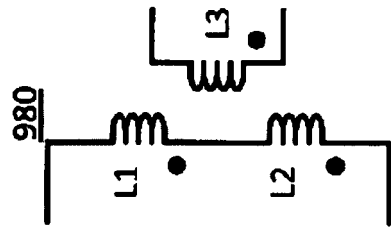


圖 34

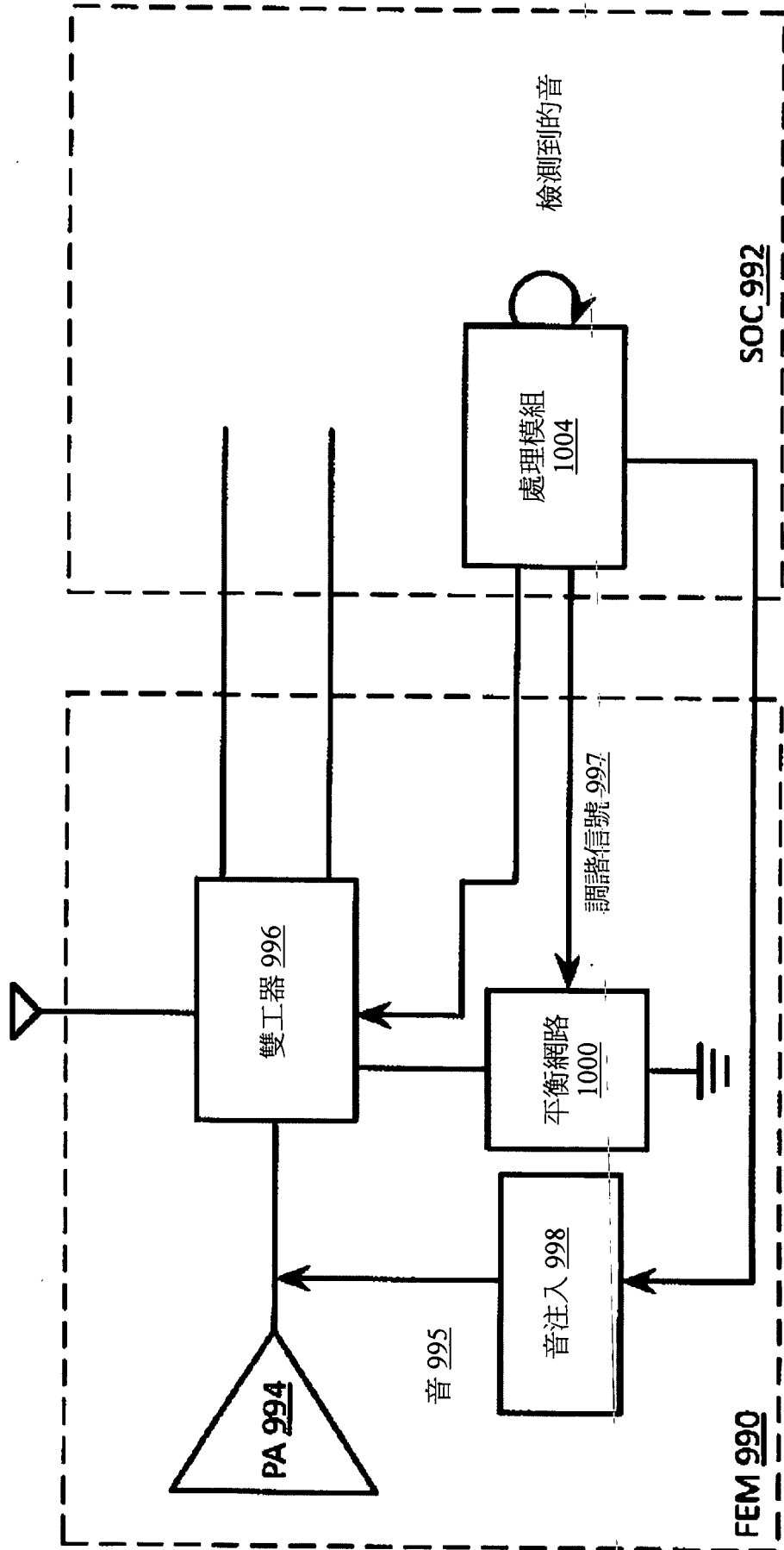


圖 37

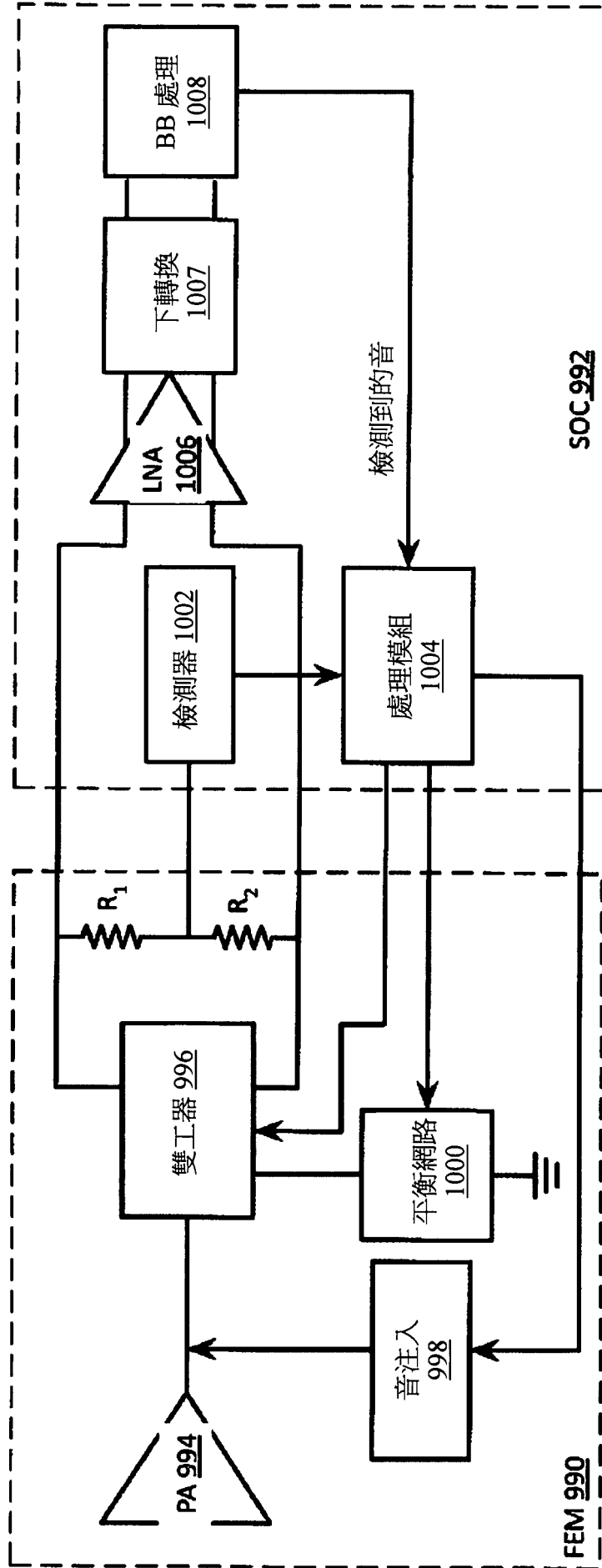


圖 38

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

可攜式計算通信設備	10	片上系統 (SOC)	12
前端模組 (FEM)	14	天線	16
無 SAW 接收器部分	18	無 SAW 發射器部分	20
基帶處理單元	22	處理模組	24
電源管理單元	26		
接收器 (RX) 射頻 (RF) 到中頻 (IF) 段			28
接收器 (RX) IF 到基帶 (BB) 段			30
頻率轉換 (translated) 帶通濾波器 (FTBPF)			32
功率放大器 (PA)			34-36
接收器-發射器 (RX-TX) 隔離模組			38-40
天線調諧單元 (ATU)	42-44		頻帶(FB)
開關	46		

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：