



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I667878 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：104124417

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 28 日

(51)Int. Cl. : H03F3/20 (2006.01)

H03F1/32 (2006.01)

(30)優先權：2014/07/29 美國

62/030,224

(71)申請人：美商西凱渥資訊處理科技公司 (美國) SKYWORKS SOLUTIONS, INC. (US)
美國(72)發明人：巴提努 佛羅奈爾 G BALTEANU, FLORINEL G. (CA)；馬賽朵 荷西 亞歷珍
卓 MACEDO, JOSE ALEJANDRO (CA)；派普威爾 彼得 哈瑞斯 羅伯特
POPPLEWELL, PETER HARRIS ROBERT (CA)；品格特 賈庫巴 F PINGOT,
JAKUB F. (CA)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 2012/0194274A1

US 2013/0207731A1

US 2013/0214752A1

審查人員：郭泰源

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：11 共 40 頁

(54)名稱

具有低頻損失修正之包絡追蹤

ENVELOPE TRACKING WITH LOW FREQUENCY LOSS CORRECTION

(57)摘要

本發明揭示一種低頻損失修正電路，其改良一功率放大器在近 DC 低頻下之效率。該低頻損失修正電路可包含一信號誤差偵測電路，該信號誤差偵測電路經組態以回應於偵測到實質上透過一電容路徑衰減之低於一截止頻率之一追蹤信號之一或多個頻率分量而產生一誤差信號。該低頻損失修正電路可包含一驅動電路，該驅動電路經組態以將該誤差信號轉換為一低頻修正信號，且將該低頻修正信號提供至一電壓供應線，該低頻修正信號包含實質上透過該電容路徑衰減之低於一截止頻率之該追蹤信號之該一或多個頻率分量之至少一些。

A low frequency loss correction circuit that improves the efficiency of a power amplifier at near-DC low frequencies The low frequency loss correction circuit can include a signal error detection circuit configured to produce an error signal in response to detecting one or more frequency components of a tracking signal below a cutoff frequency that are substantially attenuated through a capacitive path. The low frequency loss correction circuit can include a drive circuit configured to convert the error signal into a low frequency correction signal, and provide the low frequency correction signal to a voltage supply line, the low frequency correction signal including at least some of the one or more frequency components of the tracking signal below a cutoff frequency that are substantially attenuated through the capacitive path.

指定代表圖：

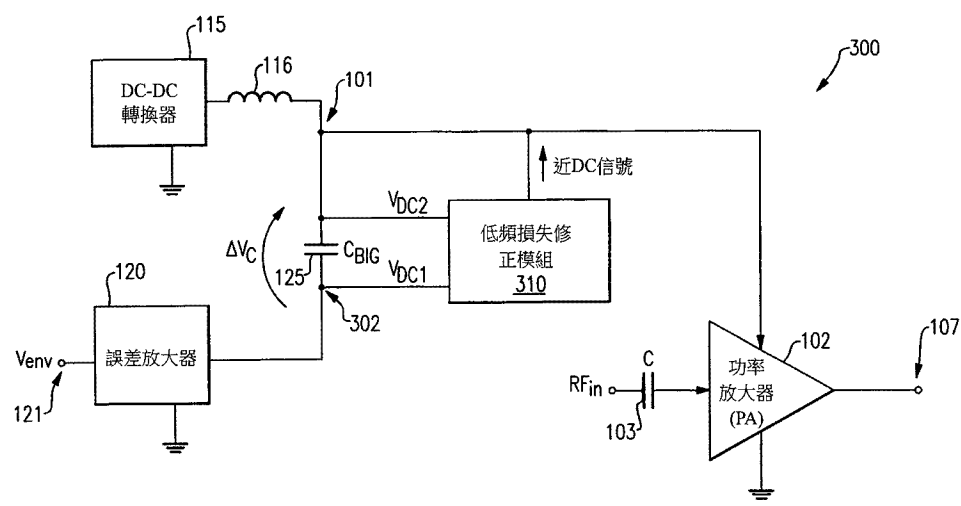


圖3

- 符號簡單說明：
- 101 . . . 電壓供應節點
 - 102 . . . 功率放大器/功率放大器電路
 - 103 . . . 耦合電容器/電容器
 - 107 . . . 輸出節點
 - 115 . . . DC-DC 轉換器
 - 116 . . . 串聯電感器
 - 120 . . . 誤差放大器
 - 125 . . . 電容器/耦合電容器
 - 300 . . . 功率放大器操作組態
 - 310 . . . 低頻損失修正模組

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

具有低頻損失修正之包絡追蹤

ENVELOPE TRACKING WITH LOW FREQUENCY LOSS
CORRECTION

相關申請案之交叉參考

此申請案主張2014年7月29日申請之標題為ENVELOPE TRACKING WITH LOW FREQUENCY LOSS CORRECTION之美國臨時申請案第62/030,224號之優先權，該案之全部內容以引用的方式明確併入本文中。

【技術領域】

本發明大體上係關於無線通信系統，且更特定言之係關於改良其中之功率放大器之效率。

【先前技術】

功率放大器廣泛用於各種通信網路中以設定藉由一裝置傳輸之一攜載資訊之信號之傳輸功率位準。舉例而言，功率放大器用於設定藉由光學通信網路中之脈衝雷射發射之脈衝能量。功率放大器亦用於無線載體網路裝置(諸如基地台、中繼器及行動裝置)之射頻(RF)前端組件中以設定透過一天線傳輸之一信號之功率位準。功率放大器亦用於區域網路中以支援伺服器、電腦、膝上型電腦及周邊裝置之有線及無線連接。

管理一功率放大器之操作通常在行動裝置中受到特別關注。一功率放大器之效率通常係一RF前端之效率及繼而一行動裝置之電池壽命之一引導因素。包絡追蹤可用於改良功率放大器效率。包絡追蹤

5

包含相關於藉由功率放大器放大之RF信號之包絡而調適提供至一功率放大器之電壓供應位準。換言之，提供至一功率放大器之電壓供應位準回應於RF信號之包絡之增大而增大。同樣地，電壓供應位準回應於RF信號之包絡之減小而減小。使電壓供應位準追蹤RF信號之包絡減小跨功率放大器之峰值對平均值之電壓下降比且繼而減小藉由功率放大器汲取之電流。包絡追蹤尤其可用於減小RF信號槽內之電流汲取，在此期間藉由功率放大器之電流汲取通常達到峰值。

一耦合電容器通常用於隔離包絡追蹤電路之DC電壓位準與功率放大器之DC電壓供應。然而，由於耦合電容器之有限大小，通常亦藉由耦合電容器連同包絡追蹤電路之DC電壓位準來阻擋近DC低頻。因此，由於耦合電容器之有限限制而無法藉由使用已知方法及電路配置之包絡追蹤來改良一功率放大器在近DC低頻之效率。

【發明內容】

根據一些實施方案，本發明係關於一種低頻損失修正電路，其改良一功率放大器在近DC低頻下之效率。該低頻損失修正電路可包含一信號誤差偵測電路，該信號誤差偵測電路經組態以回應於偵測到實質上透過一電容路徑衰減之低於一截止頻率之一追蹤信號之一或多個頻率分量而產生一誤差信號。該低頻損失修正電路可包含一驅動電路，該驅動電路經組態以將該誤差信號轉換為一低頻修正信號，且將該低頻修正信號提供至一電壓供應線，該低頻修正信號包含實質上透過該電容路徑衰減之低於一截止頻率之該追蹤信號之該一或多個頻率分量之至少一些。

在一些實施方案中，該信號誤差偵測電路包含可跨該電容路徑連接之第一及第二偵測節點，其等經組態以感測各自第一及第二信號。

在一些實施方案中，該信號誤差偵測電路包含一比較器，該比

較器經組態以依據跨該電容路徑感測之各自第一及第二信號而產生該誤差信號。

在一些實施方案中，該驅動電路包含耦合至該電壓供應線之一驅動電晶體。

在一些實施方案中，該驅動電晶體之一端子耦合至源於該電壓供應線之一分壓器之一部分。

在一些實施方案中，該驅動電路包含一差分放大器，該差分放大器經配置以使用該誤差信號及一參考信號產生該低頻修正信號。

在一些實施方案中，該控制器可包含於一包絡追蹤模組中，該包絡追蹤模組經組態以將一包絡信號提供至一功率放大器之一電壓供應。

在一些實施方案中，本發明係關於包含一封裝基板之功率放大器(PA)模組，該封裝基板經組態以接收複數個組件。該PA模組進一步包含在包含於該封裝基板上之一晶粒中提供之功率放大器電路，該功率放大器包含一電壓供應線。該PA模組進一步包含一信號誤差偵測電路，該信號誤差偵測電路經組態以回應於偵測到實質上透過耦合至該電壓供應線之一電容路徑衰減之低於一截止頻率之一追蹤信號之一或多個頻率分量而產生一誤差信號。該PA模組進一步包含一驅動電路，該驅動電路經組態以將該誤差信號轉換為一低頻修正信號，且將該低頻修正信號提供至該電壓供應線，該低頻修正信號包含實質上透過該電容路徑衰減之低於一截止頻率之該追蹤信號之該一或多個頻率分量之至少一些。

在一些實施方案中，該PA模組可進一步包含一追蹤電路，該追蹤電路經組態以提供該追蹤信號，該追蹤信號特性化藉由該功率放大器放大之一射頻信號之該電壓包絡。

在一些實施方案中，該信號誤差偵測電路包含可跨該電容路徑

連接之第一及第二偵測節點，其等經組態以感測各自第一及第二信號。

在一些實施方案中，該信號誤差偵測電路包含一比較器，該比較器經組態以依據跨該電容路徑感測之各自第一及第二信號而產生該誤差信號。

在一些實施方案中，該驅動電路包含耦合至該電壓供應線之一驅動電晶體。

在一些實施方案中，該驅動電晶體之一端子耦合至源於該電壓供應線之一分壓器之一部分。

在一些實施方案中，該驅動電路包含一差分放大器，該差分放大器經配置以使用該誤差信號及一參考信號產生該低頻修正信號。

根據一些教示，本發明係關於包含一功率放大器電路之一無線裝置，該功率放大器電路包含一電壓供應線。該無線裝置進一步包含一信號誤差偵測電路，該信號誤差偵測電路經組態以回應於偵測到實質上透過耦合至該電壓供應線之一電容路徑衰減之低於一截止頻率之一追蹤信號之一或多個頻率分量而產生一誤差信號。該無線裝置進一步包含一驅動電路，該驅動電路經組態以將該誤差信號轉換為一低頻修正信號，且將該低頻修正信號提供至該電壓供應線，該低頻修正信號包含實質上透過該電容路徑衰減之低於一截止頻率之該追蹤信號之該一或多個頻率分量之至少一些。

在一些實施方案中，該無線裝置進一步包含一追蹤電路，該追蹤電路經組態以提供該追蹤信號，該追蹤信號特性化藉由該功率放大器放大之一射頻信號之該電壓包絡。

在一些實施方案中，該信號誤差偵測電路包含可跨該電容路徑連接之第一及第二偵測節點，其等經組態以感測各自第一及第二信號。

在一些實施方案中，該驅動電路包含耦合至該電壓供應線之一驅動電晶體。

在一些實施方案中，該驅動電晶體之一端子耦合至源於該電壓供應線之一分壓器之一部分。

在一些實施方案中，該驅動電路包含一差分放大器，該差分放大器經配置以使用該誤差信號及一參考信號產生該低頻修正信號。

根據一些教示，本發明係關於一種具有低頻損失修正之包絡追蹤之方法。該方法包含透過一電容路徑偵測一包絡信號之低頻分量損。該方法進一步包含產生表示低頻分量損之一誤差信號。該方法進一步包含將該誤差電壓信號轉換為一損失修正信號。該方法進一步包含將該損失修正信號添加至一功率放大器之該電壓供應線。

【圖式簡單說明】

為可更詳細地理解本發明，可藉由參考各種實施方案之特徵獲得一更特定描述，在隨附圖式中圖解說明一些實施方案。然而，隨附圖式僅圖解說明本發明之更相關特徵且因此不被視為限制性，此係因為描述可承認其他有效特徵。

圖1係根據一些實施方案之一功率放大器操作控制組態之一示意圖。

圖2係圖解說明頻帶之一效能圖，在該頻帶內一包絡信號傳遞至在圖1中展示之功率放大器。

圖3係根據一些實施方案之具有低頻損失修正之一功率放大器操作控制組態之一示意圖。

圖4係圖解說明頻帶之一效能圖，在該頻帶內一包絡信號傳遞至在圖2中展示之功率放大器。

圖5係根據一些實施方案之具有低頻損失修正之一功率放大器操作控制組態之一示意圖。

圖6係圖5之低頻損失修正電路之一組件之一示意圖。

圖7係圖5之低頻損失修正電路之組件之一示意圖。

圖8係根據一些實施方案之修正低頻信號分量損之一方法之一實施方案之一流程圖。

圖9A至圖9C係圖5之低頻損失修正電路之不同積體電路實施方案之示意圖。

圖10係圖5之包含低頻損失修正之一模組之一實施方案之一示意圖。

圖11係圖5之包含低頻損失修正電路之一無線裝置之一實施方案之一示意圖。

根據一般實踐，在圖式中圖解說明之各種特徵可不按比例繪製。因此，為清晰起見，各種特徵之尺寸可任意擴大或減小。另外，一些圖式可不描繪一給出系統、方法或裝置之所有組件。最後，相同元件符號可用於指示貫穿說明書及圖式之相同特徵。

【實施方式】

在本文中提供之標題(若存在)僅為方便起見且不必影響本發明之範疇或意義。

功率放大器用於通信網路中以設定資料信號之傳輸位準。舉例而言，功率放大器用於設定光學通信網路中之傳輸脈衝雷射能量。功率放大器用於無線裝置(例如，基地台及行動裝置)之射頻(RF)組件中以設定透過一天線傳輸之功率位準。功率放大器亦用於區域網路中以支援伺服器、電腦、膝上型電腦及周邊裝置之連接。

管理功率放大器(PA)操作係行動裝置中之一關注點，此係由於一PA之效率通常顯著影響一行動裝置之電池壽命。包絡追蹤可用於改良PA效率，且包含相關聯於藉由PA放大之RF信號之包絡而調整供應至一PA之電壓。即，回應於RF信號之電壓包絡之增大而增大PA電壓

供應，且回應於包絡之減小而減小PA電壓供應。在一些實施方案中，包絡追蹤藉由在一信號槽期間減小至PA之偏壓電壓而改良PA效率。特定言之，在一些實施方案中，包絡追蹤對於用於放大具有大峰值對平均值之比的信號之系統係有效的。

圖1係併入有包絡追蹤之一例示性PA操作組態100之一示意圖。雖然圖解說明相關特徵，但熟習此項技術者將瞭解，為簡明起見且以免模糊所揭示實例之更相關態樣，並未圖解說明各種其他特徵。為此，作為一非限制性實例，PA操作組態100包含一PA 102、一DC-DC轉換器115及一誤差放大器120。

PA 102經配置以透過耦合電容器103 (C)接收一RF輸入信號(RF_{in})，且在輸出節點107上提供一經放大RF輸出信號(RF_{out})。在各種實施方案中，電容器103經實施為一單一電容器或一多分量電容電路配置。

PA 102亦具有一電壓供應節點101，其經提供以接收追蹤RF輸入信號(RF_{in})之電壓包絡(即，包絡信號 V_{env})之一電壓供應位準。為此，電壓供應節點101耦合至DC-DC轉換器115與誤差放大器120之組合。DC-DC轉換器115透過串聯電感器116 (L_1)耦合至電壓供應節點101。DC-DC轉換器115經提供以將粗略追蹤包絡信號(V_{env})之一DC電壓位準供應至PA 102。在一些實施方案中，DC-DC轉換器115藉由在供應至DC-DC轉換器115之輸入114之DC電壓位準之間切換而粗略追蹤包絡信號(V_{env})。

誤差放大器120經提供以將實質上AC電壓包絡信號(V_{env})供應至PA 102之電壓供應節點101。一電容器125 (C_{BIG})用於將包絡信號(V_{env})耦合至電壓供應節點101。參考圖2，相關聯於此配置之一缺點係歸因於電容之有限值而藉由耦合電容器125 (C_{BIG})阻擋包絡信號(V_{env})之低頻分量。圖2係圖解說明一通帶210之一效能圖200，在通帶210內，包

絡信號(V_{env})之部分經施加至在圖1中展示之PA 102之供應。藉由誤差放大器120提供之包絡信號(V_{env})具有含有一低截止頻率 f_{c2} 之一帶寬220。然而，電容器125 (C_{BIG})產生具有一低截止頻率 f_{c1} 之通帶210，其實質上阻擋低於低截止頻率 f_{c1} 之包絡信號(V_{env})之低頻分量。換言之，電容器125 (C_{BIG})實質上產生具有小於包絡信號(V_{env})之帶寬220之通帶210之一通帶濾波器。因此，PA 102之效率及線性之至少一者在可能程度上可並不有益，此係由於實質上藉由耦合電容器125 (C_{BIG})阻擋低頻分量。

相比之下，在本文中描述之各種實施方案包含經組態以藉由修正低頻包絡信號損而實現在較低頻下之更期望功率放大器操作之系統、方法及裝置。為此，圖3係根據一些實施方案之併入有低頻包絡追蹤之一PA操作組態300之一示意圖。在圖3中圖解說明之PA操作組態300類似於在圖1中圖解說明之PA操作組態100且依據其進行調適。各者共同之元件包含共同元件符號，且為簡明起見僅在本文中描述圖1與圖3之間的差異。特定言之，PA操作組態300包含一低頻損失修正模組310。簡而言之，低頻損失修正模組310經組態以偵測實質上透過耦合電容器125 (C_{BIG})衰減或損耗之包絡信號(V_{env})之一低頻部分，且回應地將一低頻修正信號提供至電壓供應節點101。

更特定言之，低頻損失修正模組310經組態以感測跨耦合電容器125 (C_{BIG})之低頻電壓分量下降(其用作一誤差信號)。在一些實施方案中，低頻損失修正模組310包含一信號誤差偵測電路，該信號誤差偵測電路經組態以偵測實質上透過一電容路徑衰減之低於一截止頻率之一包絡信號之一或多個頻率分量。在一些實施方案中，信號誤差偵測電路包含一比較器，該比較器經組態以依據跨電容路徑(例如，耦合電容器125， C_{BIG})感測之各自第一及第二電壓信號而產生一誤差信號。誤差信號用於產生供應至PA 102之電壓供應節點101之一低頻修

正信號。在一些實施方案中，低頻損失修正模組310包含一驅動電路，該驅動電路經組態以將誤差信號轉換為一低頻損失修正信號且將低頻損失修正信號提供至一功率放大器之一電壓供應線。以此方式，PA 102能夠受益於在較低頻下之包絡追蹤，此係由於先前衰減或損耗之較低頻包絡信號(V_{env})分量現在經提供至電壓供應節點101。在一些實施方案中，PA效率受益於使用一低頻損失修正模組之在近DC頻率下之包絡追蹤。

圖4係圖解說明頻帶之一效能圖400，在該頻帶內，包絡信號(V_{env})傳遞至在圖3中展示之PA 102。如上文描述，藉由誤差放大器120提供之包絡信號(V_{env})具有含有一下截止頻率 f_{c2} 之一帶寬420。電容器125 (C_{BIG})實質上阻擋包絡信號(V_{env})之較低頻分量，且實質上將高於一下截止頻率 f_{c1} 之頻率分量傳遞至PA 102之電壓供應節點101。換言之，電容器125 (C_{BIG})實質上限制可傳遞頻率之帶寬。然而，低頻損失修正模組310之操作將包絡信號(V_{env})之頻率分量之下限至少延伸至下截止頻率 f_{c2} ，從而使PA效率及/或線性能夠受益於在低於藉由耦合電容器125 (C_{BIG})建立之下截止頻率 f_{c1} 之頻率下之包絡追蹤。

圖5係根據一些實施方案之包含低頻包絡追蹤之一PA操作組態500之一示意圖。PA操作組態500類似於在圖3中圖解說明之PA操作組態300且依據其進行調適。各者共同之元件包含共同元件符號，且為簡明起見僅在本文中描述圖3與圖5之間的差異。

在圖5中展示之誤差放大器120包含一差分放大器520 (例如，一運算放大器)、包含一第一及第二電阻器523、524及一第三電阻器526之一分壓器。第一、第二及第三電阻器523、524、526設定誤差放大器520之回饋增益。第一及第二電阻器523、524串聯耦合於電壓供應節點101與一第一輸入節點521之間。第三電阻器526耦合於差分放大器520之輸出節點與負輸入節點之間。第一輸入節點521經提供以接收s

相關聯於藉由PA 102放大之RF輸入信號(RF_{in})之包絡信號(V_{env})。耦合第一與第二電阻器523、524之節點525亦耦合至差分放大器520之負輸入節點。一第二輸入節點522耦合至差分放大器520之正輸入節點，且經提供以接收一第一參考信號(V_{ref1})。差分放大器520之輸出耦合至AC耦合電容器125 (C_{BIG})。差分放大器520之輸出亦經耦合以將一電流 I_{sense} 提供至遲滯比較器540。

PA操作組態500包含以類似於圖3之低頻損失修正模組310之一方式配置之一低頻損失修正模組510之一實施方案。低頻損失修正模組510包含一信號誤差偵測電路510a及一驅動電路510b。信號誤差偵測電路510a經組態以偵測實質上透過一電容路徑衰減之低於一截止頻率之一包絡信號之一或多個頻率分量。為此，信號誤差偵測電路510a包含一比較器514，比較器514經組態以依據跨耦合電容器125 (C_{BIG})感測之各自第一及第二電壓信號而產生一誤差信號。誤差信號透過電阻器516提供至驅動電路510b。類似地，一參考信號透過電阻器517提供至驅動電路510b。在一些實施方案中，如在圖5中展示，藉由一電壓源530與一比較器515之一組合提供參考信號。

驅動電路510b包含一差分放大器511、一標稱電流源(I_o) 561及一可控制電流源(I_{CTRL}) 563。標稱電流源(I_o) 561及可控制電流源(I_{CTRL}) 563並聯耦合於節點525與接地之間。差分放大器511之負輸入經耦合以透過對應電阻器516、517接收各自誤差信號。差分放大器511之負輸入經耦合以接收一第二參考信號(V_{ref2})。跨差分放大器511之負輸入及輸出耦合一電容器512。差分放大器511之輸出用於控制可控制電流源(I_{CTRL}) 563，可控制電流源(I_{CTRL}) 563充當低頻損失修正模組510之一輸出。

在操作中，比較器514依據跨耦合電容器125 (C_{BIG})感測之各自第一及第二電壓信號而產生一誤差信號。差分放大器511用於使用誤差

信號及參考信號產生一低頻修正信號。透過可控制電流源(I_{CTRL}) 563及包含於誤差放大器120中之分壓器將低頻修正信號供應至PA 102之電壓供應節點101。以此方式，PA 102能夠受益於在較低頻下之包絡追蹤，此係由於透過耦合電容器125 (C_{BIG})衰減或損耗之較低頻包絡信號(V_{env})分量現在藉由低頻損失修正模組510提供至電壓供應節點101。在一些實施方案中，PA效率受益於使用一低頻損失修正模組之在近DC頻率下之包絡追蹤。

圖6係圖5之差分放大器520之一實施方案之一示意圖。差分放大器520包含第一及第二PMOS電晶體611、612，其等按汲極至源極的方式耦合於一電壓供應器(VDD) 601與一第一NMOS電晶體613之汲極之間。第一NMOS電晶體613之源極耦合至一第一電流源614，第一電流源614最終耦合至接地。類似地，差分放大器520亦包含第三及第四PMOS電晶體621、622，其等按汲極至源極的方式耦合於一電壓供應器(VDD) 601與一AB類偏壓電路625之間。AB類偏壓電路625亦耦合至一第二NMOS電晶體623之汲極。第二NMOS電晶體623之源極耦合至一第二電流源624，第二電流源624最終耦合至接地。第一NMOS電晶體613之汲極耦合至第一及第三PMOS電晶體611、621之閘極。第二及第四PMOS電晶體612、622之閘極耦合至一輸入偏壓電壓 V_{bias1} 。第一及第二NMOS電晶體613、623之閘極耦合至一輸入偏壓電壓 V_{bias2} 。

差分放大器520亦包含一輸出PMOS電晶體631及一輸出NMOS電晶體633，其等按汲極至汲極的方式耦合於電壓供應器(VDD) 601與接地之間。輸出PMOS電晶體631之閘極耦合至第四PMOS電晶體622之汲極。輸出NMOS電晶體633之閘極耦合至第二NMOS電晶體623之汲極。從輸出PMOS電晶體631及輸出NMOS電晶體633之汲極獲得差分放大器之主輸出節點651。

另外，差分放大器520亦具有一電流感測PMOS電晶體641及一電

流感測NMOS電晶體642。電流感測PMOS電晶體641之源極耦合至電壓供應器(VDD) 601，且閘極耦合至第四PMOS電晶體622之汲極。從電流感測PMOS電晶體641之汲極獲得一第一電流感測輸出。類似地，電流感測NMOS電晶體642之源極耦合至接地，且閘極耦合至第二NMOS電晶體623之汲極。從電流感測NMOS電晶體642之汲極獲得一第二電流感測輸出。

圖7係圖5之差分放大器520及遲滯比較器540之一示意圖700。遲滯比較器540包含串聯耦合之一電流比較器540a及一低通濾波器540b。電流比較器540a經耦合以從差分放大器520接收差分電流 I_{sense} 。在操作中，藉由 $I_{sense_out_p}$ 及 $I_{sense_out_n}$ 感測流動出差分放大器520之正電流及負電流，且該正電流與該負電流經比較以判定平均DC-DC電壓之升高或降低。在一些實施方案中，一電流比較器用於實行比較。接著藉由低通濾波器540b調節比較器540a之輸出，以便獲得經施加以修正藉由DC-DC轉換器115提供之DC電壓之電壓。即，所得信號耦合回至DC轉DC轉換器之輸入，藉此閉合回饋迴路。在一些實施方案中，為避免振盪，比較器540a係具有上限 I_{high} 及下限 I_{low} 之一遲滯比較器。若電流差(即， $I_{high}-I_{low}$)較高，則獲得較少高頻內容。因此，在與低通濾波器540b之組合中產生一較佳濾波器特性。

圖8係修正相關聯於透過一電容路徑將一包絡信號耦合至一功率放大器之電壓供應之低頻分量損失之一方法800之一實施方案之一流程圖。在一些實施方案中，藉由相關聯於一功率放大器之一功率管理系統及/或控制器實行方法800。簡而言之，方法800包含偵測實質上透過一電容路徑衰減或損耗之一包絡信號之一低頻部分，且回應地將一低頻修正信號提供至一功率放大器之一電壓供應節點。

為此，如由方塊8-1表示，方法800包含透過一電容路徑偵測一包絡信號之低頻分量損失。舉例而言，如由方塊8-1a表示且進一步參考

圖5，方法800包含感測耦合電容器(C_{BIG})之各自端子上之電壓信號。如由方塊8-2表示，方法800包含產生表示低頻分量損失之一誤差信號。舉例而言，如由方塊8-2a表示且進一步參考圖5，方法800包含判定跨耦合電容器(C_{BIG})感測之電壓信號之間的分量差，以便藉由使用比較器514偵測低頻分量損失。如由方塊8-3表示，方法800包含將誤差電壓信號轉換為一損失修正信號。舉例而言，如由方塊8-3a表示且進一步參考圖5，方法800包含使用差分放大器511產生損失修正信號。如由方塊8-4表示，方法800包含將損失修正信號組合或添加至功率放大器之電壓供應線。

圖9A至圖9C係圖5之低頻損失修正模組510之不同積體電路實施方案之示意圖。雖然圖解說明一些例示性特徵，但熟習此項技術者將從本發明瞭解，為簡明起見且以免模糊在本文中揭示之例示性實施方案之更相關態樣，並未圖解說明各種其他特徵。為此，舉例而言，圖9A展示在一些實施方案中，低頻損失修正模組510之一些或所有部分可為一半導體晶粒1000之部分。藉由一實例，低頻損失修正模組510可形成於晶粒1000之一基板1002上。複數個連接襯墊1004亦可形成於基板1002上以促進相關聯於低頻損失修正模組510之一些或所有部分之功能性。

圖9B展示在一些實施方案中，具有一基板1002之一半導體晶粒1000可包含圖5之誤差放大器120之一些或所有部分及低頻損失修正模組510之一些或所有部分。複數個連接襯墊1004亦可形成於基板1002上以促進相關聯於圖5之誤差放大器120之一些或所有部分及低頻損失修正模組510之一些或所有部分之功能性。

圖9C展示在一些實施方案中，具有一基板1002之一半導體晶粒1000可包含圖5之PA電路102之一些或所有部分、誤差放大器120之一些或所有部分及低頻損失修正模組510之一些或所有部分。複數個連

接襯墊1004亦可形成於基板1002上以促進相關聯於PA電路102、誤差放大器102及低頻損失修正模組510之一些或所有部分之功能性。

在一些實施方案中，在本文中描述之一或多個特徵可包含於一模組中。圖10係圖5之包含低頻損失修正模組510之一模組1100之一實施方案之一示意圖。雖然圖解說明一些例示性特徵，但熟習此項技術者將從本發明瞭解，為簡明起見且以免模糊在本文中揭示之例示性實施方案之更相關態樣，並未圖解說明各種其他特徵。模組1100包含一封裝基板1152、連接襯墊1156、一CMOS (互補金屬氧化物半導體)晶粒1000、一HBT (異接面雙極電晶體)晶粒1110、一匹配網路108及一或多個表面安裝裝置1160。

CMOS晶粒1000包含一基板1002，基板1002包含圖5之誤差放大器120之一些或所有部分及低頻損失修正模組510之一些或所有部分。複數個連接襯墊1004形成於基板1002上以促進相關聯於圖5之誤差放大器120之一些或所有部分及低頻損失修正模組510之一些或所有部分之功能性。類似地，HBT晶粒1110包含一基板1102，基板1102包含PA 102之一些或所有部分及經提供以設定PA 102之靜止狀態之偏壓電路之一些或所有部分。HBT晶粒1110亦包含複數個連接襯墊1104，其等形成於基板1102上以促進相關聯於PA 102之一些或所有部分及偏壓電路1103之一些或所有部分之功能性。

封裝基板1152上之連接襯墊1156促進往來於CMOS晶粒1000及HBT晶粒1110之各者之電連接。舉例而言，連接襯墊1156促進焊線1154之使用以將各種信號及供應電流及/或電壓傳遞至CMOS晶粒1000及HBT晶粒1110之各者。

在一些實施方案中，安裝於封裝基板1152上或形成於封裝基板1152上或中之組件可進一步包含(例如)一或多個表面安裝裝置(SMD)(例如，1160)及一或多個匹配網路(例如，108)。在一些實施方

案中，封裝基板1152可包含一積層基板。

在一些實施方案中，模組1100亦可包含一或多個封裝結構以(例如)提供保護且促進模組1100之更容易處理。此一封裝結構可包含形成於封裝基板1152上方且經定尺寸以實質上囊封其上之各種電路及組件之一外模製件。

將理解，儘管在基於焊線之電連接之內容脈絡中描述模組1100，但亦可在其他封裝組態(包含覆晶組態)中實施本發明之一或多個特徵。

在一些實施方案中，具有在本文中描述之一或多個特徵之一裝置及/或一電路可包含於諸如一無線裝置之一RF裝置中。可在無線裝置中以如在本文中描述之一模組化形式或其之某組合直接實施此一裝置及/或一電路。在一些實施方案中，此一無線裝置可包含(例如)一蜂巢式電話、一智慧型電話、具有或不具有電話功能性之一手持式無線裝置、一無線平板電腦、一無線路由器、一無線存取點、一無線基地台等等。即，熟習此項技術者將從本發明瞭解，在各種實施方案中，低頻損失修正模組可包含於諸如以下之各種裝置中：一電腦、一膝上型電腦、一平板裝置、一小筆電、一網際網路資訊站、一個人數位助理、一光學數據機、一基地台、一中繼器、一無線路由器、一行動電話、一智慧型電話、一遊戲裝置、一電腦伺服器或任何其他計算裝置。在各種實施方案中，此等裝置包含一或多個處理器、一或多個類型之記憶體、一顯示器及/或其他使用者介面組件(諸如一鍵盤、一觸控螢幕顯示器、一滑鼠、一觸控板、一數位相機及/或任何數目個補充裝置)以添加功能性。

圖11係包含在本文中描述之一或多個特徵(諸如圖5之低頻損失修正模組510)之一無線裝置1200之一實施方案之一示意圖。雖然圖解說明一些例示性特徵，但熟習此項技術者將從本發明瞭解，為簡明起見

且以免模糊在本文中揭示之例示性實施方案之更相關態樣，並未圖解說明各種其他特徵。

藉由各自(諸)偏壓電路(未展示)偏壓且藉由各自(諸)補償電路(未展示)補償如在本文中描述之一或多個PA 1216。在一些實施方案中，PA 1216經封裝至包含匹配電路100之模組中。PA 1216可接收來自一收發器1214之各自RF信號，收發器1214按已知方式組態及操作以產生待放大及傳輸之RF信號且處理所接收信號。收發器1214經展示以與一基帶子系統1210互動，基帶子系統1210經組態以提供適用於一使用者之資料及/或語音信號與適用於收發器1214之RF信號之間的轉換。收發器1214亦經展示以連接至一包絡追蹤模組1206，包絡追蹤模組1206經組態以管理用於無線裝置1200之操作之功率。此功率管理亦可控制基帶子系統1210及耦合至PA 1216之低頻損失修正模組1208之操作。

基帶子系統1210經展示以連接至一使用者介面1202以促進提供至使用者及從使用者接收之語音及/或資料之各種輸入及輸出。基帶子系統1210亦可連接至一記憶體1204，記憶體1204經組態以儲存資料及/或指令以促進無線裝置之操作及/或提供用於使用者之資訊之儲存。

在例示性無線裝置1200中，PA 1216之輸出經展示以經由各自雙工器1220及一頻帶選擇開關1222匹配及路由至一天線1224。頻帶選擇開關1222可包含(例如)一單極多投(例如，SP4T)開關以允許一操作頻帶(例如，頻帶2)之選擇。在一些實施方案中，各雙工器1220可允許使用一共同天線(例如，1224)同時實行傳輸及接收操作。

數個其他無線裝置組態可利用在本文中描述之一或多個特徵。舉例而言，一無線裝置並不需為一多頻帶裝置。在另一實例中，一無線裝置可包含額外天線(諸如分集式天線)及額外連接性特徵(諸如Wi-

Fi、藍芽及GPS)。

本發明描述各種特徵，其等之單一者並不單獨為本文中描述之益處負責。將理解，如熟習此項技術者將明白，在本文中描述之各種特徵可經組合、修改或省略。熟習此項技術者將明白除在本文中特定描述以外的其他組合及子組合，且旨在形成本發明之一部分。在本文中結合各種流程圖步驟及/或階段描述各種方法。將理解，在許多情況中，特定步驟及/或階段可組合在一起，使得在流程圖中展示之多個步驟及/或階段可經實行為一單一步驟及/或階段。而且，特定步驟及/或階段可分為額外子組件以分開實行。在一些例項中，步驟及/或階段之順序可經重新配置且特定步驟及/或階段可被完全省略。而且，在本文中描述之方法應被理解為開放性，使得亦可實行在本文中展示及描述之方法之額外步驟及/或階段。

可使用(例如)電腦軟體、硬體、韌體或電腦軟體、硬體與韌體之任何組合有利地實施在本文中描述之系統及方法之一些態樣。電腦軟體可包括儲存於一電腦可讀媒體(例如，非暫時性電腦可讀媒體)中之電腦可執行碼，當被執行時電腦可執行碼實行本文中描述之功能。在一些實施方案中，藉由一或多個通用電腦處理器執行電腦可執行碼。一熟練技工將瞭解，根據本發明，亦可使用硬體、軟體或韌體之一不同組合實施可使用在一通用電腦上執行之軟體實施任何特徵或功能。舉例而言，可使用積體電路之一組合完全在硬體中實施此一模組。替代性地或另外，可完全或部分使用經設計以實行在本文中描述之特定功能之專用電腦而非藉由通用電腦實施此一特徵或功能。

多個分佈式計算裝置可替代在本文中描述之任何一個計算裝置。在此等分佈式實施例中，分佈一個計算裝置之功能(例如，在一網路上)，使得在分佈式計算裝置之各者上實行一些功能。

可參考方程式、演算法及/或流程圖解描述一些實施方案。可使s

用可在一或多個電腦上執行之電腦程式指令實施此等方法。此等方法亦可單獨地經實施為電腦程式產品或實施為一設備或系統之一組件。就此而言，可藉由硬體、韌體及/或軟體(包含體現為電腦可讀程式碼邏輯之一或多個電腦程式指令)實施各方程式、演算法、方塊或一流程圖之步驟及其等之組合。如將瞭解，任何此等電腦程式指令可載入至一或多個電腦(包含但不限於一通用電腦或專用電腦)或其他可程式化處理設備上以產生一機器，使得在(諸)電腦或(諸)其他可程式化處理裝置上執行之電腦程式指令實施在方程式、演算法及/或流程圖中規定之功能。亦將理解，可藉由專用之基於硬體之電腦系統實施各方程式、演算法及/或流程圖中之方塊及其等之組合，專用之基於硬體之電腦系統實行專用硬體及電腦可讀程式碼邏輯構件之規定功能或步驟或組合。

此外，電腦程式指令(諸如體現為電腦可讀程式碼邏輯)亦可儲存於一電腦可讀記憶體(例如，一非暫時性電腦可讀媒體)中，電腦可讀記憶體可引導一或多個電腦或其他可程式化處理裝置以一特定方式運行，使得儲存於電腦可讀記憶體中之指令實施在(諸)流程圖之(諸)方塊中規定之(諸)功能。電腦程式指令亦可載入至一或多個電腦或其他可程式化計算裝置上以導致在一或多個電腦或其他可程式化計算裝置上實行一系列操作步驟以產生一電腦實施程序，使得在電腦或其他可程式化處理設備上執行之指令提供用於實施在(諸)方程式、(諸)演算法及/或(諸)流程圖之(諸)方塊中規定之功能之步驟。

可藉由一電腦系統實行且完全自動化在本文中描述之一些或所有方法。在一些情況中，電腦系統可包含透過一網路通信及相互操作以執行所述之功能之多個不同電腦或計算裝置(例如，實體伺服器、工作站、儲存陣列等等)。各此計算裝置通常包含一處理器(或多個處理器)，該處理器執行儲存於一記憶體或其他非暫時性電腦可讀儲存

媒體或裝置中之程式指令或模組。在本文中揭示之各種功能可體現為此等程式指令，不過可替代性地在電腦系統之特殊應用電路(例如，ASIC或FPGA)中實施一些或所有所揭示功能。在電腦系統包含多個計算裝置之處，此等裝置可(但不需)經共同定位。可藉由將實體儲存裝置(例如固態記憶體晶片及/或磁碟)轉化為一不同狀態而永久儲存所揭示方法及任務之結果。

除非內容脈絡另外明確要求，否則貫穿描述及申請專利範圍，字詞「包括(comprise)」、「包括(comprising)」及類似物應被解釋為一包含性含義，而非一排除性或窮盡性含義；即，「包含但不限於」之涵義。如在本文中通常使用之字詞「耦合」係指可直接連接或藉由一或多個中間元件連接之兩個或兩個以上元件。另外，當在此申請案中使用字詞「本文中」、「上文」、「下文」及類似輸入字詞時，應係指此申請案之一整體而非此申請案之任何特定部分。在內容脈絡允許之處，上文實施方式中之使用單數或複數之字詞亦可分別包含複數或單數。參考兩個或兩個以上項目之一清單之字詞「或」涵蓋字詞之所有下列解釋：清單中之任何項目、清單中之所有項目及清單中之項目之任何組合。字詞「例示性」在本文中排除性地用於意謂「充當一實例、例項或圖解」。在本文中描述為「例示性」之任何實施方案不必解釋為相較於其他實施方案更佳或更有利。

本發明不旨在限於本文中揭示之實施方案。熟習此項技術者可容易地明白對於在本發明中描述之實施方案之各種修改，且在不脫背離本發明之精神或範疇之情況下，在本文中定義之通用原理亦可應用於其他實施方案。在本文中提供之本發明之教示可應用於其他方法及系統，且不限於上文描述之方法及系統，且上文描述之各種實施例之元件及作用可經組合以提供進一步實施例。因此，在本文中描述之新穎方法及系統可體現為各種其他形式；此外，可在不脫離本發明之精⁵

神之情況下在本文中描述之方法及系統之形式中作出各種省略、替換及改變。隨附申請專利範圍及其等之等效物旨在涵蓋將屬於本發明之範疇及精神之此等形式或修改。

【符號說明】

100	功率放大器操作組態
101	電壓供應節點
102	功率放大器/功率放大器電路
103	耦合電容器/電容器
107	輸出節點
108	匹配網路
114	輸入
115	DC-DC轉換器
116	串聯電感器
120	誤差放大器
125	電容器/耦合電容器
200	效能圖
210	通帶
220	帶寬
300	功率放大器操作組態
310	低頻損失修正模組
400	效能圖
420	帶寬
500	功率放大器操作組態
510	低頻損失修正模組
510a	信號誤差偵測電路
510b	驅動電路

511	差分放大器
512	電容器
514	比較器
515	比較器
516	電阻器
517	電阻器
520	差分放大器/誤差放大器
521	第一輸入節點
522	第二輸入節點
523	第一電阻器
524	第二電阻器
525	節點
526	第三電阻器
530	電壓源
540	遲滯比較器
540a	電流比較器
540b	低通濾波器
561	標稱電流源
563	可控制電流源
601	電壓供應器
611	第一PMOS電晶體
612	第二PMOS電晶體
613	第一NMOS電晶體
614	電流源
621	第三PMOS電晶體
622	第四PMOS電晶體

623	第二NMOS電晶體
624	第二電流源
625	AB類偏壓電路
631	輸出PMOS電晶體
633	輸出NMOS電晶體
641	電流感測PMOS電晶體
642	電流感測NMOS電晶體
651	主輸出節點
700	示意圖
1000	半導體晶粒/互補金屬氧化物半導體晶粒
1002	基板
1004	連接襯墊
1100	模組
1102	基板
1103	偏壓電路
1110	異接面雙極電晶體晶粒
1152	封裝基板
1154	焊線
1156	連接襯墊
1160	表面安裝裝置
1200	無線裝置
1202	使用者介面
1204	記憶體
1206	包絡追蹤模組
1208	低頻損失修正模組
1210	基帶子系統

1214	收發器
1216	功率放大器
1220	雙工器
1222	頻帶選擇開關
1224	天線
f_{c1}	低截止頻率
f_{c2}	低截止頻率
I_{high}	上限
I_{low}	下限
I_{sense}	差分電流
RF_{in}	射頻輸入信號
RF_{out}	射頻輸出信號
V_{bias1}	輸入偏壓電壓
V_{bias2}	輸入偏壓電壓
V_{ref1}	第一參考信號
V_{ref2}	第二參考信號

【英文】

A low frequency loss correction circuit that improves the efficiency of a power amplifier at near-DC low frequencies. The low frequency loss correction circuit can include a signal error detection circuit configured to produce an error signal in response to detecting one or more frequency components of a tracking signal below a cutoff frequency that are substantially attenuated through a capacitive path. The low frequency loss correction circuit can include a drive circuit configured to convert the error signal into a low frequency correction signal, and provide the low frequency correction signal to a voltage supply line, the low frequency correction signal including at least some of the one or more frequency components of the tracking signal below a cutoff frequency that are substantially attenuated through the capacitive path.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（3）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 101 電壓供應節點
- 102 功率放大器/功率放大器電路
- 103 耦合電容器/電容器
- 107 輸出節點
- 115 DC-DC轉換器
- 116 串聯電感器
- 120 誤差放大器
- 125 電容器/耦合電容器
- 300 功率放大器操作組態
- 310 低頻損失修正模組

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

申請專利範圍

1. 一種低頻損失修正電路，其包括：

一信號誤差偵測電路，其沿一路徑可跨一電容連接來提供一包絡信號至一放大器，且經組態以回應於偵測到低於一截止頻率且藉由該電容衰減之該包絡信號之一頻率分量而產生一誤差信號；及

一驅動電路，其基於該誤差信號而產生一低頻修正信號，且將該低頻修正信號提供至用於該放大器之一電壓供應線，使得該低頻修正信號修正該包絡信號之衰減頻率分量。

2. 如請求項1之低頻損失修正電路，其中該信號誤差偵測電路包含可跨該電容連接之第一及第二偵測節點，以感測各自第一及第二信號。

3. 如請求項2之低頻損失修正電路，其中該信號誤差偵測電路進一步包含一比較器，該比較器經組態以依據該第一信號及該第二信號而產生該誤差信號。

4. 如請求項1之低頻損失修正電路，其中該驅動電路包含耦合至該電壓供應線之一可控制電流源。

5. 如請求項4之低頻損失修正電路，其中該可控制電流源之一端子耦合至該電壓供應線與該包絡信號之一源之間的一分壓器之一部分。

6. 如請求項1之低頻損失修正電路，其中該驅動電路包含一差分放大器，該差分放大器經配置以基於該誤差信號及一參考信號產生該低頻修正信號之一輸出表示。

7. 如請求項1之低頻損失修正電路，其中該放大器係一功率放大器，該功率放大器經組態以在一包絡追蹤模式中操作。

8. 一種功率放大器模組，其包括：
 - 一封裝基板，其經組態以接納複數個組件；
 - 一功率放大器電路，其實施於安置於該封裝基板上之一晶粒，該功率放大器經組態以藉由經由一供應線供應之一供應電壓來操作；
 - 一信號誤差偵測電路，其沿一路徑可跨一電容連接來提供一包絡信號至一放大器，且經組態以回應於偵測到低於一截止頻率且藉由該電容衰減之該包絡信號之一頻率分量而產生一誤差信號；及
 - 一驅動電路，其基於該誤差信號而產生一低頻修正信號，且將該低頻修正信號提供至該供應線，使得該低頻修正信號修正該包絡信號之衰減頻率分量。
9. 如請求項8之功率放大器模組，其進一步包括一追蹤電路，該追蹤電路經組態以提供該包絡信號，該包絡信號特性化藉由該功率放大器放大之一信號之一電壓包絡。
10. 如請求項8之功率放大器模組，其中該信號誤差偵測電路包含跨該電容連接之第一及第二偵測節點，以感測各自第一及第二信號。
11. 如請求項10之功率放大器模組，其中該信號誤差偵測電路進一步包含一比較器，該比較器經組態以依據該第一信號及該第二信號而產生該誤差信號。
12. 如請求項8之功率放大器模組，其中該驅動電路包含耦合至該電壓供應線之一可控制電流源。
13. 如請求項12之功率放大器模組，其中該可控制電流源之一端子耦合至該供應線與該包絡信號之一源之間的一分壓器之一部分。

14. 如請求項8之功率放大器模組，其中該驅動電路包含一差分放大器，該差分放大器經配置以基於該誤差信號及一參考信號產生該低頻修正信號之一輸出表示。
15. 一種無線裝置，其包括：
 - 一收發器，其經組態以產生一信號；
 - 一功率放大器模組，其經組態以放大該信號，且包含一功率放大器，該功率放大器經組態以藉由經由一供應線供應之一供應電壓操作而放大該信號，該功率放大器模組進一步包含一信號誤差偵測電路，其沿一路徑可跨一電容連接來提供一包絡信號至該功率放大器，且經組態以回應於偵測到低於一截止頻率且藉由該電容衰減之該包絡信號之一頻率分量而產生一誤差信號；該功率放大器模組進一步包含一驅動電路，其經組態以基於該誤差信號而產生一低頻修正信號，且將該低頻修正信號提供至該供應線，使得該低頻修正信號修正該包絡信號之衰減頻率分量；及
 - 一天線，其與該功率放大器模組通信且經組態以利於放大之該信號之傳輸。
16. 如請求項15之無線裝置，其進一步包括一追蹤電路，該追蹤電路經組態以提供該包絡信號，該包絡信號特性化藉由該功率放大器放大之該信號之一電壓包絡。
17. 如請求項15之無線裝置，其中該信號誤差偵測電路包含跨該電容連接之第一及第二偵測節點，以感測各自第一及第二信號。
18. 如請求項15之無線裝置，其中該驅動電路包含耦合至該供應線之一可控制電流源。
19. 如請求項18之無線裝置，其中該可控制電流源之一端子耦合至該供應線與該包絡信號之一源之間的一分壓器之一部分。

20. 如請求項15之無線裝置，其中該驅動電路包含一差分放大器，該差分放大器經配置以基於該誤差信號及一參考信號產生該低頻修正信號之一輸出表示。