I801111

(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 I801111 B**

(45)公告日： 中華民國 112 (2023) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：111103319 (22)申請日： 中華民國 106 (2017) 年 08 月 30 日

(51)Int. Cl.： ***H03F1/26*** ***(2006.01)*** ***H03F1/22*** ***(2006.01)***
H03G3/30 ***(2006.01)***

(30)優先權：2016/08/30 美國 62/381,353

(71)申請人：美商天工方案公司 (美國) SKYWORKS SOLUTIONS, INC. (US)
美國

(72)發明人：李 俊勇 LEE, JUNHYUNG (US)；哈吉雷特 喬翰納斯 賈寇柏斯 艾蜜莉 瑪麗亞 HAGERAATS, JOHANNES (JACOBUS EMILE MARIA) (US)；卓 約書亞 海少克 CHO, JOSHUA HAESEOK (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	201320587A	TW	201547215A
US	4045747A	US	9035697B2
US	9413303B2	US	2002/0079971A1
US	2008/0297259A1	US	2015/0230185A1

審查人員：蘇齊賢

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：30 共 50 頁

(54)名稱

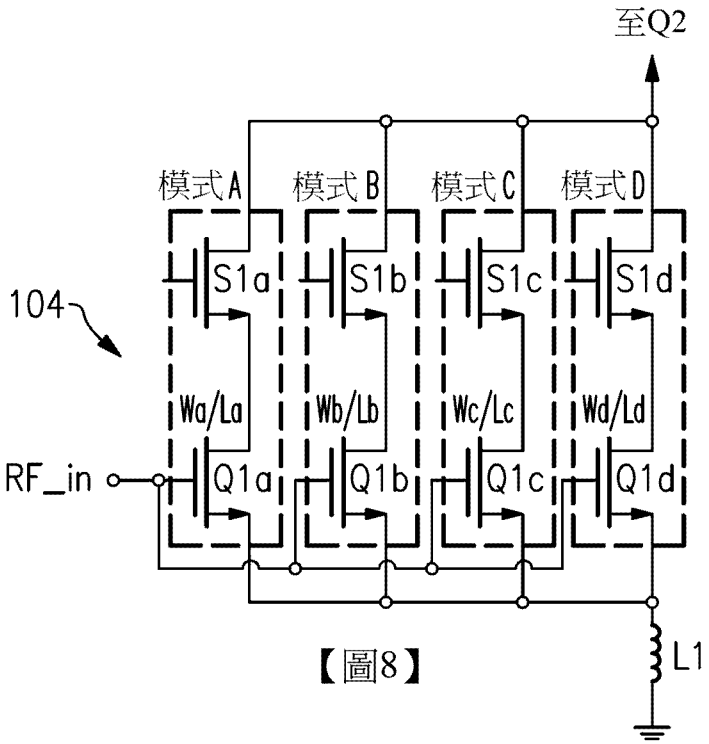
具有可程式化相位增益級之低雜訊放大器

(57)摘要

本發明揭示具有可程式化相位增益級之低雜訊放大器。在一些實施例中，一種射頻放大器可包含一輸入節點、一輸出節點及經實施於該輸入節點與該輸出節點之間的一可程式化相位增益級。該可程式化相位增益級可經組態以在複數個增益設定之一者中操作且在該複數個增益設定之各者處提供一信號之一所要相位。

Low-noise amplifier having programmable-phase gain stage. In some embodiments, a radio-frequency amplifier can include an input node, an output node, and a programmable-phase gain stage implemented between the input node and the output node. The programmable-phase gain stage can be configured to operate in one of a plurality of gain settings, and to provide a desired phase for a signal at each of the plurality of gain settings.

指定代表圖：



【圖8】

符號簡單說明：

104:相位補償電路

L1:電感

Q1a:射頻(RF)級電晶體

Q1b:RF 級電晶體

Q1c:RF 級電晶體

Q1d:RF 級電晶體

Q2:第二電晶體

RF_in:輸入 RF 信號/輸入節點

S1a:開關電晶體

S1b:開關電晶體

S1c:開關電晶體

S1d:開關電晶體

專利案號：111103319
原申請案號：106129622
I801111

公告本

【發明摘要】

【中文發明名稱】

具有可程式化相位增益級之低雜訊放大器

【英文發明名稱】

LOW-NOISE AMPLIFIER HAVING PROGRAMMABLE-PHASE GAIN STAGE

【中文】

本發明揭示具有可程式化相位增益級之低雜訊放大器。在一些實施例中，一種射頻放大器可包含一輸入節點、一輸出節點及經實施於該輸入節點與該輸出節點之間的一可程式化相位增益級。該可程式化相位增益級可經組態以在複數個增益設定之一者中操作且在該複數個增益設定之各者處提供一信號之一所要相位。

【英文】

Low-noise amplifier having programmable-phase gain stage. In some embodiments, a radio-frequency amplifier can include an input node, an output node, and a programmable-phase gain stage implemented between the input node and the output node. The programmable-phase gain stage can be configured to operate in one of a plurality of gain settings, and to provide a desired phase for a signal at each of the plurality of gain settings.

【指定代表圖】

圖8

【代表圖之符號簡單說明】

104:相位補償電路

L1:電感

Q1a:射頻(RF)級電晶體

Q1b:RF級電晶體

Q1c:RF級電晶體

Q1d:RF級電晶體

Q2:第二電晶體

RF_in:輸入RF信號/輸入節點

S1a:開關電晶體

S1b:開關電晶體

S1c:開關電晶體

S1d:開關電晶體

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有可程式化相位增益級之低雜訊放大器

【英文發明名稱】

LOW-NOISE AMPLIFIER HAVING PROGRAMMABLE-PHASE GAIN STAGE

【技術領域】

本發明係關於射頻放大器，諸如低雜訊放大器。

【先前技術】

在射頻(RF)應用中，一放大器用於放大一信號。針對傳輸，一信號通常由一功率放大器放大，使得經放大信號依一所要功率透過一天線傳輸。針對接收，透過一天線所接收之一相對較弱信號通常由一低雜訊放大器放大。接著，具有很少或不具有新增雜訊之經放大信號由一接收器電路進一步處理。

【發明內容】

根據一些實施方案，本發明係關於一種射頻(RF)放大器，其包含一輸入節點、一輸出節點及經實施於該輸入節點與該輸出節點之間的一可程式化相位增益級。該可程式化相位增益級經組態以在複數個增益設定之一者中操作且在該複數個增益設定之各者處提供一RF信號之一所要相位。

在一些實施例中，該RF放大器可為一低雜訊放大器(LNA)。該LNA可經實施成具有一輸入級及一疊接級之一疊接組態，其中該可程式化相位增益級經實施為至少該輸入級。

在一些實施例中，該複數個增益設定之各者處之該所要相位可經選

擇以提供該複數個增益設定中之一近似恆定相位。

在一些實施例中，該可程式化相位增益級可包含一或多個電晶體，其等各具有用於接收該RF信號之一閘極、經耦合至一接地之一源極及用於輸出一經放大RF信號之一汲極，使得該電晶體包含一有效輸入電阻、一有效輸入電感L及一有效閘極-源極電容Cgs。該可程式化相位增益級可包含經實施成一電並聯組態之複數個電晶體，其中各電晶體具有一Cgs值，使得不同淨Cgs值藉由操作該等電晶體之一或多者來獲得，且該等不同淨Cgs值提供不同相位。

在一些實施例中，該可程式化相位增益級可進一步包含經實施於各電晶體之該汲極處以控制該電晶體之該操作的一開關。可至少部分藉由該電晶體之W/L尺寸來獲得該對應電晶體之該Cgs值。

在一些實施例中，該複數個電晶體可經組態使得一電晶體在一最低增益設定中操作且一額外電晶體針對各增大增益設定來操作。至少一電晶體之該等W/L尺寸可實質上不同於其他電晶體之W/L尺寸以對由針對該至少一電晶體之一增益設定所致之一副效應提供相位補償。針對該至少一電晶體之該增益設定可為一最低增益設定，且該對應電晶體可具有實質上小於其他電晶體之W/L尺寸的W/L尺寸。

在一些實施例中，該可程式化相位增益級之至少一電晶體可經組態使得其有效輸入電感L包含一可變電感。該可變電感可經組態以包含一系列L值來獲得該複數個增益設定之各者處之該RF信號之該所要相位。

在一些實施例中，該可程式化相位增益級之至少一電晶體可經組態以在該閘極與該源極之間包含一可變電容。該可變電容可經組態以提供一系列Cgs值來獲得該複數個增益設定之各者處之該RF信號之該所要相位。

在一些教示中，本發明係關於一種用於放大一射頻(RF)信號之方法。該方法包含：將一增益級組態於複數個增益設定之一選定者中，其中該等增益設定之至少部分導致該RF信號之不同相位。該方法進一步包含：針對該選定增益設定調整該RF信號之該相位，其中該經調整相位係自該等不同相位調整之所要相位之部分。

在一些實施例中，該增益級可為一低雜訊放大器(LNA)之部分。在一些實施例中，該等所要相位可導致該複數個增益設定中之一近似恆定相位。

在一些實施例中，該相位之該調整可包含：調整該增益級之一電晶體之一有效輸入電感L及一有效閘極-源極電容Cgs之一或多者，該電晶體具有用於接收該RF信號之一閘極、經耦合至一接地之一源極及用於輸出一經放大RF信號之一汲極。該相位之該調整可包含：操作呈一電並聯組態之複數個電晶體，其中各電晶體具有一Cgs值，使得不同淨Cgs值藉由操作該等電晶體之一或多者來獲得，且該等不同淨Cgs值提供不同相位。該複數個電晶體之該操作可包含：在各電晶體之該汲極處執行一切換操作以控制該電晶體之該操作。

在一些實施例中，該相位之該調整可包含：調整該有效輸入電感L。該有效輸入電感L之該調整可包含：調整一可變電感。

在一些實施例中，該相位之該調整可包含：調整該有效閘極-源極電容Cgs。該有效閘極-源極電容Cgs之該調整可包含：調整經實施於該電晶體之該閘極與該源極之間的一可變電容。

在一些實施方案中，本發明可包含一種具有一射頻(RF)電路之半導體晶粒。該半導體晶粒包含一基板及經實施於該基板上之一RF放大器。

該RF放大器包含一可程式化相位增益級，其經組態以在複數個增益設定之一者中操作且在該複數個增益設定之各者處提供一RF信號之一所要相位。

在一些實施例中，該基板可包含一絕緣體上覆矽(SOI)基板。在一些實施例中，該RF放大器可為一低雜訊放大器(LNA)。

根據一些實施方案，本發明係關於一種射頻(RF)模組，其包含：一封裝基板，其經組態以接收複數個組件；及一RF放大器，其經實施於該封裝基板上。該RF放大器包含一可程式化相位增益級，其經組態以在複數個增益設定之一者中操作且在該複數個增益設定之各者處提供一RF信號之一所要相位。

在一些實施例中，該RF放大器可經實施於經安裝於該封裝基板上之一半導體晶粒上。該RF放大器可為一低雜訊放大器(LNA)。該RF模組可為一分集接收(DRx)模組。

在若干教示中，本發明係關於一種無線裝置，其包含：一天線，其經組態以至少接收一射頻(RF)信號；及一RF放大器，其與該天線通信。該RF放大器包含一可程式化相位增益級，其經組態以在複數個增益設定之一者中操作且在該複數個增益設定之各者處提供該RF信號之一所要相位。該無線裝置進一步包含一收發器，其經組態以處理來自該RF放大器之具有該所要相位之一經放大RF信號。

在一些實施例中，該無線裝置可為經組態以在接收操作中包含不同增益之一蜂巢式電話。

根據一些教示，本發明係關於一種信號放大器，其包含經組態以提供複數個增益位準之一可變增益級，該複數個增益位準導致一不同相移被

引入至通過該可變增益級之一各自信號。該可變增益級包含複數個可切換放大分支，其等各能夠經啟動使得該等經啟動放大分支之一或多者提供一選定補償相移。

在一些實施方案中，本發明係關於一種半導體晶粒，其包含：一基板；及一信號放大器，其經實施於該基板上且具有經組態以提供複數個增益位準之一可變增益級，該複數個增益位準導致一不同相移被引入至通過該可變增益級之一各自信號。該可變增益級包含複數個可切換放大分支，其等各能夠經啟動使得該等經啟動放大分支之一或多者提供一選定補償相移。

在一些實施方案中，本發明係關於一種射頻模組，其包含：一封裝基板，其經組態以接收複數個組件；及一信號放大器，其經實施於該封裝基板上。該信號放大器包含經組態以提供複數個增益位準之一可變增益級，該複數個增益位準導致一不同相移被引入至通過該可變增益級之一各自信號。該可變增益級包含複數個可切換放大分支，其等各能夠經啟動使得該等經啟動放大分支之一或多者提供一選定補償相移。

根據一些教示，本發明係關於一種無線裝置，其包含一天線及與該天線通信之一信號放大器。該信號放大器包含經組態以提供複數個增益位準之一可變增益級，該複數個增益位準導致一不同相移被引入至通過該可變增益級之一各自信號。該可變增益級包含複數個可切換放大分支，其等各能夠經啟動使得該等經啟動放大分支之一或多者提供一選定補償相移。該無線裝置進一步包含一收發器，其經組態以處理來自該信號放大器之一經放大信號。

為了概述本發明，本文中已描述本發明之特定態樣、優點及新穎特

徵。應瞭解，可根據本發明之任何特定實施例來達成未必全部此等優點。因此，可依達成或最佳化本文中所教示之一優點或優點群組且未必達成本文中可教示或建議之其他優點的一方式體現或實施本發明。

【圖式簡單說明】

圖1描繪具有一或多個放大電晶體及一相位補償電路之一射頻(RF)放大器。

圖2A展示：具有本文中所描述之一或多個特徵的一低雜訊放大器(LNA)可包含經實施成一疊接組態之第一電晶體及第二電晶體。

圖2B展示圖2A之LNA可如何操作以提供複數個不同增益的一實例。

圖3展示經組態為一疊接放大器但不具有一相位補償電路之一典型LNA。

圖4展示可如何將圖3之LNA之RF級表示為一RLC電路的一實例。

圖5展示：圖3及圖4之電容Cgs可依據供應電流Idd而變化。

圖6展示相位可如何歸因於電容Cgs之變動而變動的一實例。

圖7展示：在一些實施例中，一LNA可包含藉由提供複數個RF級電晶體且使一RF信號依選擇性方式選路通過此等RF級電晶體之一或多者來實施的一相位補償電路。

圖8展示圖7之相位補償電路之一實例，其中可依一並聯方式實施四個RF級電晶體以允許透過該等RF級電晶體之一或多者處理一輸入RF信號。

圖9展示依據不同增益模式而變化之電容Cgs圖。

圖10展示可如何藉由補償電容Cgs來達成相位補償的一實例。

圖11展示一實例，其中與一LNA相關聯之一電感可經控制以在該

LNA處提供一所要相位分佈。

圖12展示可如何藉由調整與LNA相關聯之電感來達成相位補償的一實例。

圖13展示：與一LNA相關聯之一電容亦可經變動以允許補償該LNA之電容且因此補償該LNA處之相位。

圖14展示與LNA相關聯之電容之變動可如何在不同增益模式處補償電容Cgs之變動的一實例。

圖15展示可如何藉由調整與LNA相關聯之電容來達成相位補償的一實例。

圖16展示具有類似於圖3之實例之一疊接組態但具有經包含於源極電感與接地之間的一額外可切換電感路徑的一LNA。

圖17展示增益模式特定效應可如何影響相位在各種增益模式中如何不同的一實例。

圖18展示具有類似於圖16之實例之一可切換電感的一LNA。

圖19展示可如何實施圖18之相位補償電路的一實例。

圖20展示可如何針對圖18及圖19之LNA達成相位補償的一實例。

圖21展示具有類似於圖16之實例之一可切換電感及類似於圖11之實例之一相位補償電路的一LNA。

圖22展示可如何針對圖21之LNA達成相位補償的一實例。

圖23展示具有類似於圖16之實例之一可切換電感及類似於圖13之實例之一相位補償電路的一LNA。

圖24展示可如何針對圖23之LNA達成相位補償的一實例。

圖25展示：在一些實施例中，包含具有本文中所描述之一或多個特

徵之一LNA及一相位補償電路的一總成可由一控制器控制。

圖26展示：在一些實施例中，具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA之部分或全部可經實施於一半導體晶粒上。

圖27展示一實例，其中具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA之部分或全部可經實施於一封裝模組上，且此一封裝模組可包含類似於圖26之實例之一半導體晶粒。

圖28展示另一實例，其中具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA之部分或全部可經實施於一封裝模組上，且此一封裝模組可包含複數個半導體晶粒。

圖29展示一分集接收模組之一實例，其包含具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA。

圖30描繪具有本文中所描述之一或多個有利特徵之一實例性無線裝置。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

本申請案主張名稱為「LOW-NOISE AMPLIFIER HAVING PROGRAMMABLE-PHASE GAIN STAGE」之2016年8月30日申請之美國臨時申請案第62/381,353號之優先權，該案之全文特此以引用方式明確併入本文中。

本文中所提供之標題(若有)僅為了方便起見且未必影響本發明之範疇或意義。

本文中描述尤其與針對各種增益模式具有相位補償功能之射頻(RF)放大器相關的架構、電路、裝置及方法。圖1描繪具有一或多個放大電晶

體102及一相位補償電路104之一RF放大器100。此一RF放大器可接收一輸入RF信號(RF_in)且放大此一信號以產生一輸出RF信號(RF_out)。為描述目的，在一低雜訊放大器(LNA)之背景下描述與此一RF放大器相關之各種實例。然而，應瞭解，本發明之一或多個特徵亦可經實施於其他類型之RF放大器(其包含功率放大器(PA))。

在諸多LNA應用中，可期望不同增益模式上之相位變動最小或減小。此一效能特徵允許在不同LNA增益模式上於(例如)接收解調變中(尤其在較高階調變系統中)提供良好信號品質。在一些實施例中，具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA電路可經組態以在不同增益模式上維持一恆定或近似恆定相位。可在解調變效能很少或不降級(例如，由在一高階接收系統中之增益模式上之相位變動所致)、無需通常需要記憶體及校準之一基帶相位校準及/或無需一複雜L/C型晶片上校準的情況下達成此一期望特徵。

圖2A展示：具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA 100可包含經實施成一疊接組態之第一電晶體及第二電晶體(共同標示為102)。例如，第一電晶體Q1可經組態以操作為一共同源極裝置(亦稱作一RF級)，且第二電晶體Q2可經組態以操作為一共同閘極裝置(亦稱作一疊接級)。更特定言之，一輸入RF信號(RF_in)經展示為提供至第一電晶體Q1之一閘極，且經放大信號經展示為透過其汲極輸出。第一電晶體Q1之源極經展示為通常透過標示為L1之一電感來耦合至接地。來自第一電晶體Q1之汲極之經放大信號經展示為提供至第二電晶體Q2之一源極用於進一步放大，且此進一步放大信號經展示為透過第二電晶體Q2之汲極輸出。第二電晶體Q2之閘極可具有一適當閘極電壓V_G用於操作。在圖2之實例中，

LNA 100經展示為在Q2之汲極處具有一供應電壓V_{DD}。

圖2A進一步展示：在一些實施例中，LNA 100可包含或具有一相位補償電路104。本文中更詳細描述此一相位補償電路之各種實例。

在圖2A之實例中，相位補償電路104經展示為與第一電晶體Q1 (RF級)相關聯。然而，應瞭解，此一相位補償電路可經提供用於第一電晶體Q1 (RF級)及第二電晶體Q2 (疊接級)之任一者或兩者。

圖2B展示圖2A之LNA 100可如何操作以提供複數個不同增益的一實例。假設存在可由LNA 100提供之四個增益模式G0、G1、G2、G3。在一些實施例中，可藉由將不同偏壓電壓(Vbias)位準提供至Q1之閘極來達成此等不同增益模式。此等不同Vbias位準可導致或相關聯於可提供不同增益位準之供應電流Idd之不同位準。

在圖2B之實例中，Vbias之增大經展示為導致Idd增大。因此，實例性增益模式G0、G1、G2、G3經展示為在Idd之對應位準處被達成。

應瞭解，為描述目的，圖2A及圖2B可被個別參考、作為圖2被一起共同參考或其等之任何組合。亦應瞭解，具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA亦可具有不同數目個增益位準。

圖3展示經組態為一疊接放大器但不具一相位補償電路之一典型LNA 10。RF級12經描繪為具有與電晶體Q1之各種部分相關聯之阻抗。例如，至Q1之閘極之一輸入路徑可具有導致給予一輸入RF信號之一輸入阻抗Zin的一有效電感。類似地，Q1之源極之接地路徑可具有導致一源極阻抗Zs之一有效電感。一或多個其他阻抗可由Q1產生，其包含(例如)一閘極至源極阻抗Zgs及一跨導相關阻抗gm*Zgs*Zs。因此，可使用此等實例性阻抗來將給予輸入RF信號之一總阻抗Ztot表達為

Ztot=Zin+Zs+Zgs+gm*Zgs*Z。

圖4展示可如何將圖3之RF級12表示為一RLC電路12的一實例。此一電路可包含一電阻R，其使一端用於輸入且使另一端連接至一電感L之一端。電感L之另一端可透過一電容C耦合至接地。電阻R可與跨導項gm*Zgs*Zs相關聯，電感L可與Zin及Zs之一總和相關聯，且電感C可與Zgs相關聯。在此一表示中，可將由具有一頻率$\omega = 2\pi f$之一RF信號經歷之一相變表達為：

$$\emptyset = \tan^{-1}\left[\frac{1}{R}\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)\right] \qquad (1)$$

且可將諧振頻率表達為

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (2)$$

為描述目的，由一RF信號經歷之一相變亦可稱作一相移或僅稱作一相位。

在圖3及圖4之實例中，可在不同增益模式處藉由調整供應電流Idd來操作LNA 10。亦可適應此Idd變化來改變諸如Cgs之一電參數。例如，圖5展示：圖3及圖4之Cgs可依據Idd而變化。因此，在針對一實例性增益模式G3之一第一Idd設定處，Cgs可具有一第一值。類似地，針對一增益模式G2之一第二Idd設定可導致具有大於第一Cgs值之一第二值之Cgs。繼續此一趨勢，針對增益模式G1及G0之第三設定及第四設定可導致具有第三值及第四值之Cgs，該第三值及該第四值具有繼續增大值。因此，在圖5中，虛線描繪Cgs與Idd之間的一實例性關係。

在圖3及圖4之實例中，Cgs中之上述變動可導致依據Idd而變化之一對應相位變動(在本文中亦稱作相變)。圖6中描繪此一相位變動。如圖中所展示，LNA之不同增益模式導致歸因於電容Cgs之不同相位。因此，當

LNA係在G3增益模式中時，歸因於Cgs之相位與一參考相位Φ_{Ref}相差一量$\Delta\Phi_3$。類似地，當LNA係在G1及G0模式中時，歸因於Cgs之各自相位與參考相位Φ_{Ref}相差量$\Delta\Phi_1$及$\Delta\Phi_0$。在圖6之實例中，增益模式G2經展示為導致相位Φ接近於參考相位Φ_{Ref}，因此未展示其相對於參考相位Φ_{Ref}之差異。

圖3至圖6大體上係關於歸因於一單一效應(諸如一Cgs效應)之一相位變動。應瞭解，此一單一效應可基於與圖3及圖4之LNA相關聯之其他電參數。亦應瞭解，為描述目的，若此等參數共同促成全部增益模式上之某一相對平滑函數，則此一單一效應可由複數個電參數之一組合所致。

圖7至圖14展示可如何針對一LNA 100實施一相位補償電路104以補償相位之單一效應變動的各種實例，諸如圖3至圖6之相位變動。圖7展示：在一些實施例中，一LNA 100可包含藉由提供複數個RF級電晶體且依選擇性方式使一RF信號選路通過此等RF級電晶體之一或多者來實施的一相位補償電路104。

圖8展示此一相位補償電路(104)之一實例，其具有依一並聯方式實施以允許透過RF級電晶體Q1a、Q1b、Q1c、Q1d之一或多者來處理一輸入RF信號的四個實例性RF級電晶體Q1a、Q1b、Q1c、Q1d。更特定言之，輸入節點RF_in經展示為耦合至四個RF級電晶體Q1a、Q1b、Q1c、Q1d之各閘極，且各RF級電晶體之汲極經展示為透過一各自開關電晶體選路至一疊接級電晶體Q2 (圖8中未展示)。例如，Q1a之汲極可透過一第一開關電晶體S1a選路至Q2，Q1b之汲極可透過一第二開關電晶體S1b選路至Q2，等等。四個RF級電晶體Q1a、Q1b、Q1c、Q1d之源極經展示為透過一電感L1耦合至接地。依上述實例性方式組態，可透過一或多個並聯

RF級電晶體處理一RF信號。

如本文中所描述，一給定RF級電晶體具有一有效電容Cgs。應注意，此一電容Cgs可取決於該RF級電晶體之一或多個尺寸(圖8中標示為W/L)。因此，在圖8之實例中，對應於RF級電晶體Q1a、Q1b、Q1c、Q1d之尺寸Wa/La、Wb/Lb、Wc/Lc、Wd/Ld可經選擇以在依不同組合(例如並聯組合)組合時提供Cgs之不同淨值。例如，若僅利用Q1a (例如，藉由接通S1a且切斷剩餘開關電晶體)，則淨Cgs值可近似為Q1a之Cgs之淨值。在另一實例中，若利用Q1a及Q1b (例如，藉由接通S1a及S1b且切斷S1c及S1d)，則淨Cgs值可近似為Q1a及Q1b之Cgs值之一總和。應瞭解，此等尺寸Wa/La、Wb/Lb、Wc/Lc、Wd/Ld可全部實質上相同、全部不同或其等之任何組合。

依上述方式組態，可針對不同增益模式獲得不同淨Cgs值。例如，四個增益模式G0、G1、G2、G4可包含表1中所列之RF級電晶體Q1a、Q1b、Q1c、Q1d之組合。

表1

增益模式	經啟用之RF級電晶體	淨Cgs
G0	Q1a	$(Cgs)_a$
G1	Q1a、Q1b	$(Cgs)_a+(Cgs)_b$
G2	Q1a、Q1b、Q1c	$(Cgs)_a+(Cgs)_b+(Cgs)_c$
G3	Q1a、Q1b、Q1c、Q1d	$(Cgs)_a+(Cgs)_b+(Cgs)_c+(Cgs)_d$

如本文中所描述，RF級電晶體Q1a、Q1b、Q1c、Q1d之尺寸可經選擇以提供各自Cgs值$(Cgs)_a$、$(Cgs)_b$、$(Cgs)_c$、$(Cgs)_d$。如表1中所展示，此等Cgs值可經組合以提供圖8之相位補償電路104之不同所要淨Cgs值。

例如，圖9展示依據不同增益模式(例如，其等取決於Idd)而變化之

Cgs圖。假設虛線表示一未經補償LNA之一Cgs特性(例如，如同圖3至圖6之實例)，其中Cgs與Idd成比例增大。為對此一LNA提供補償，圖7及圖8及表1之實例性組態可經實施使得增益模式G3 (較低Idd)處之淨Cgs大於G2之淨Cgs，G2之淨Cgs繼而大於G1之淨Cgs，等等。用於補償之此等淨Cgs值經描繪為一實線(Cgs(Comp))。此等淨Cgs值可經選擇以補償未經補償情況中之Cgs變動。例如，一給定增益模式處之一淨Cgs值可包含來自對應RF級電晶體之選定尺寸的一Cgs貢獻來補償由與RF級電晶體相關聯之一或多個其他效應所致之Cgs變動。在一些實施例中，此補償可導致(例如)針對不同增益模式實質上一致之一Cgs分佈。

如本文中參考圖5及圖6所描述，相位之變動可由與一LNA相關聯之電容(諸如Cgs)之變動所致。因此，圖9之實例之補償Cgs分佈可導致在圖10中描繪為Φ_{Comp}之一補償相位分佈。類似於提供一所要一致淨Cgs分佈之補償Cgs，此Φ_{Comp}可對未經補償相位效應(Φ_{Uncomp})提供補償以導致(例如)一參考值Φ_{Ref}處之一實質上一致相位分佈Φ。

在圖9及圖10之實例中，補償Cgs分佈及補償相位分佈經描述為大體上抵消一些未經補償效應。應瞭解，此等未經補償效應可為已知或未知的。藉由利用本發明之一或多個特徵，可在已知或未知此等未經補償效應的情況下將一操作參數(諸如一LNA處之相位)組態成任何分佈(其包含一實質上平直分佈)。

在圖7至圖10之實例中，相位補償經描述為藉由控制RF級電晶體之一總成之淨Cgs值來達成。此電容(諸如Cgs)控制係與一LNA相關聯之一或多個電容及/或一或多個電感(例如LNA之一RF級部分)可經如何控制以如願控制發生於LNA處之相變量的一實例。

圖11展示一實例，其中與一LNA相關聯之一電感可經控制以提供LNA處之一所要相位分佈。如本文中所描述，LNA之一輸入端處之一電感可影響發生於LNA處之相變量。例如，圖3中之LNA 10包含促成LNA之一總阻抗及LNA處之一總相變的一輸入電感。

在圖11中，一LNA 100經展示為具有類似於圖3之實例的一疊接組態。然而，圖11之LNA 100經展示為包含一相位補償電路104，其經實施以在LNA 100之一輸入端處提供一可變電感L。此一可變電感可提供所展示之一可變輸入阻抗Zin。此一可變電感亦可用於控制發生於LNA處之相移量，類似於圖7至圖10之實例。

因此，如圖12中所描繪，圖11之實例之可變輸入電感L可經操作以提供經描繪為$\Phi_{Comp}(L)$之一補償相位分佈。類似於圖10之實例，此$\Phi_{Comp}(L)$可對未經補償相位效應(Φ_{Uncomp})提供補償以導致(例如)一參考值Φ_{Ref}處之一實質上一致相位分佈Φ。

在圖7至圖10之實例中，可藉由選擇性操作複數個適當尺寸之RF級電晶體來變動諸如Cgs之一電容。圖13展示：與一LNA相關聯之一電容亦可依其他方式變動以提供LNA之電容之補償且因此提供LNA處之相位之補償。

在圖13中，一LNA 100可具有類似於圖3之實例的一疊接組態。在一些實施例中，此一LNA之RF級電晶體Q1可包含一單一電晶體或複數個電晶體(類似於圖7之實例)。在圖13之實例中，LNA 100可包含經實施以包含一可變電容Cc之一相位補償電路104，可變電容Cc使一端耦合至Q1之閘極且使另一端耦合至Q1之源極。因此，可變電容Cc可與相關聯於Q1之Cgs (不可調整或可調整)電並聯。據此，與Q1相關聯之淨Cgs值可為Cgs

及Cc之一總和，且此一淨Cgs值可由可變電容Cc調整。

據此，假設Q1之Cgs (Cgs(Q1))係不可調整的(類似於圖3之實例)，圖14展示：此一電容(Cgs)可遭受在不同增益模式處具有不同值(經描繪為一虛線)。可藉由調整可變電容Cc (經描繪為一實線Cgs(Cc))來補償Cgs(Q1)之此一變動以導致(例如)在不同增益模式上實質上平直之一淨Cgs電容。

圖15展示可如何針對圖14之LNA達成相位補償的一實例。在圖15中，圖14之實例之可變電容Cc可經操作以導致經描繪為Φ_{Comp}之一補償相位分佈。類似於圖10之實例，此Φ_{Comp}可對未經補償相位效應(Φ_{Uncomp})提供補償以導致(例如)一參考值Φ_{Ref}處之一實質上一致相位分佈Φ。

如本文中所描述，圖3至圖6大體上係關於歸因於一單一效應(諸如一Cgs效應)之一相位變動。圖7至圖15大體上係關於相位補償可經如何達成以利用不同技術解決此一相位變動。

在一些實施例中，一LNA可經組態使得與LNA相關聯之相位受一單一效應(諸如一Cgs效應)及一增益模式特定效應影響。例如，圖16展示具有類似於圖3之實例之一疊接組態的一LNA 10。然而，在圖16之實例中，一額外可切換電感路徑(經標示為Zg3)經展示為包含於源極電感(經標示為Zs)與接地之間。圖中展示提供一開關(Sg3)來與此一電感(Zg3)電並聯。因此，當開關Sg3切斷時，Q1之源極與接地之間的總電感近似為Zs+Zg3。當開關Sg3接通時，繞過Zg3，且Q1之源極與接地之間的總電感近似為Zs。

在一些實施例中，可提供此一可切換電感(Zg3/Sg3)來解決一LNA設計中之一增益模式特定關注。例如，如圖16中所展示，可在LNA係在增

益模式G3中時接入Zgs（藉由切斷Sg3)以滿足一較高三階輸入截取點(IIP3)，且在其他增益模式中斷開Zgs（藉由接通Sg3)。因此，在此一組態中，Q1之源極與接地之間的總電感在處於增益模式G3中時近似為Zs+Zg3且在處於其他增益模式(G2、G1、G0)中時近似為Zs。據此，在LNA 10處給予一輸入RF信號之一總阻抗Ztot可在處於增益模式G3中時表達為Ztot=Zin+Zs+Zg3+Zgs+gm*Zgs*Zs及在處於增益模式G2、G1、G0中時表達為Ztot=Zin+Zs+Zgs+gm*Zgs*Zs。

圖17展示上述增益模式特定效應(例如，在G3中存在Zg3及在其他模式中缺乏Zg3)可如何影響相位可如何在各種增益模式中不同。經標示為Φ(Zg3)之虛線描繪對相位之模式特定影響，且此一相位分佈經展示為在處於增益模式G3中時具有一顯著不同相位(例如，相差一量ΔΦ)及在處於其他增益模式中時具有大體上一致相位。

在圖17中，經標示為Φ(Cgs)之虛線描繪由一單一效應(例如，歸因於Cgs)所致之全部增益模式上之一相位變動，類似於圖5及圖6之實例。據此，一淨相位變動(Φ_{Uncomp})由Φ(Cgs)及Φ(Zg3)之一組合所致(例如，$\Phi_{Uncomp}=\Phi(Cgs)+\Phi(Zg3)$)。圖20、圖22及圖24中展示與此一未經補償相位分佈相關之實例及對應相位補償技術之實例。

圖18至圖24展示相位補償可如何經實施以解決圖16及圖17之一情境的實例，其中存在一增益模式特定相位效應。此等相位補償技術係基於圖7至圖15之三個實例性技術。更特定言之，圖18至圖20展示類似於圖7至圖10之實例性技術的一相位補償技術；圖21及圖22展示類似於圖11及圖12之實例性技術的一相位補償技術；及圖23及圖24展示類似於圖13至圖14之實例性技術的一相位補償技術。應瞭解，亦可實施其他相位補償技

術。

圖18展示具有類似於圖16之實例之一可切換Zg3的一LNA 100。然而，圖18之LNA 100包含可類似於圖7之實例之一相位補償電路104。在一些實施例中，此一補償電路(圖18中之104)可經組態及操作以解決增益模式特定相位變動及影響全部增益模式之相位變動。在圖18之實例中，Q1之源極經展示為促成一阻抗Zs之電感之一側上的一節點105。在圖18之實例中，電感(Zs)之另一側經展示為通過一Zg3電感及一Sg3開關之一並聯組合耦合至接地，類似於圖16之實例。

圖19展示可如何實施圖18之相位補償電路104的一實例。在圖19中，一相位補償電路104可具有類似於圖8之實例的一架構。

在圖19之實例中，相位補償電路104經展示為包含四個實例性RF級電晶體Q1e、Q1f、Q1g、Q1h，其等依一並聯方式實施以允許透過RF級電晶體Q1e、Q1f、Q1g、Q1h之一或多者來處理一輸入RF信號。更特定言之，輸入節點RF_in經展示為耦合至四個RF級電晶體Q1e、Q1f、Q1g、Q1h之各閘極，且各RF級電晶體之汲極經展示為透過一各自開關電晶體選路至一疊接級電晶體Q2 (圖19中未展示)。例如，Q1e之汲極可透過一第一開關電晶體S1e選路至Q2，且Q1f之汲極可透過一第二開關電晶體S1f選路至Q2，等等。四個RF級電晶體Q1a、Q1b、Q1c、Q1d之源極經展示為形成共同節點105。依上述實例性方式組態，可透過一或多個並聯RF級電晶體處理一RF信號。

如本文中所描述，一給定RF級電晶體具有一有效電容Cgs。應注意，此一電容Cgs可取決於該RF級電晶體之一或多個尺寸(圖19中標示為W/L)。因此，在圖19之實例中，對應於RF級電晶體Q1e、Q1f、Q1g、

Q1h之尺寸We/Le、Wf/Lf、Wg/Lg、Wh/Lh可經選擇以在依不同組合(例如並聯組合)組合時提供Cgs之不同淨值。例如，若僅利用Q1e (例如，藉由接通S1e且切斷剩餘開關電晶體)，則淨Cgs值可近似為Q1e之Cgs之淨值。在另一實例中，若利用Q1e及Q1f (例如，藉由接通S1e及S1f且切斷S1g及S1h)，則淨Cgs值可近似為Q1e及Q1f之Cgs值之一總和。

在一些實施例中，與Q1e相關聯之一或多個尺寸(We/Le)可顯著小於其他RF級電晶體(Q1f、Q1g、Q1h)之尺寸。此一顯著較小Q1e可用於解決本文中所描述之增益模式特定效應。

例如，如圖19中所展示及如表2中所列，四個增益模式G0、G1、G2、G4可包含RF級電晶體Q1e、Q1f、Q1g、Q1h之不同組合。

表2

增益模式	經啟用之RF級電晶體	淨Cgs
G0	Q1f	$(Cgs)_f$
G1	Q1f、Q1g	$(Cgs)_f+(Cgs)_g$
G2	Q1f、Q1g、Q1h	$(Cgs)_f+(Cgs)_g+(Cgs)_h$
G3	Q1e	$(Cgs)_e$

在圖19及表2之實例中，與Q1f、Q1g、Q1h相關聯之Cgs值可經選擇以提供類似於圖8至圖10之實例的一單一效應相位補償。然而，與Q1e相關聯之Cgs值可經選擇以提供相位補償來解決單一效應及G3之增益模式特定效應的組合。

當依上述方式實施時，圖18及圖19之相位補償電路104可導致在圖20中描繪為Φ_{Comp}之一補償相位分佈，且此一分佈可度未經補償相位(Φ_{Uncomp}，其包含單一效應及G3處之增益模式特定效應)提供補償以導致(例如)一參考值Φ_{Ref}處之一實質上一致相位分佈Φ。

圖21展示具有類似於圖16之實例之一可切換Zg3的一LNA 100。然

而，圖21之LNA 100包含可類似於圖11之實例之一相位補償電路104。在一些實施例中，此一補償電路(圖21中之104)可經組態及操作以解決增益模式特定相位變動及影響全部增益模式之相位變動。

在圖21之實例中，與LNA相關聯之一電感可經控制以在LNA處提供一所要相位分佈。如本文中所描述，LNA之一輸入端處的一電感可影響發生於LNA處之相位量。例如，圖3中之LNA 10包含促成LNA之一總阻抗及LNA處之一總相位的一輸入電感。

在圖21中，相位補償電路104可經實施以在LNA 100之一輸入端處提供一可變電感L。此一可變電感可提供所展示之一可變輸入阻抗Zin。此一可變電感亦可用於控制發生於LNA處之相移量。

更特定言之，補償電路104之可變電感可經組態以包含用於不同增益模式之不同輸入電感值。例如，當LNA 100係處於增益模式G0、G1、G2之一者時，可依類似於圖11之實例之一方式選擇輸入電感值用於此等增益模式。針對其中存在單一效應及增益模式特定效應兩者的增益模式G3，可選擇一輸入電感值來補償此等兩個效應。

因此，如圖22中所描繪，圖21之實例之可變輸入電感L可經操作以導致描繪為Φ_{Comp}之一補償相位分佈。此Φ_{Comp}可對未經補償相位效應(Φ_{Uncomp})提供補償以導致(例如)一參考值Φ_{Ref}處之一實質上一致相位分佈Φ。

圖23展示具有類似於圖16之實例之一可切換Zg3的一LNA 100。然而，圖23之LNA 100包含可類似於圖13之實例之一相位補償電路104。在一些實施例中，此一補償電路(圖23中之104)可經組態及操作以解決增益模式特定相位變動及影響全部增益模式之相位變動。

在圖23之實例中，LNA 100可包含經實施以包含一可變電容Cc之一相位補償電路104，可變電容Cc使一端耦合至Q1之閘極且使另一端耦合至Q1之源極。因此，可變電容Cc可與相關聯於Q1之Cgs電並聯。據此，與Q1相關聯之淨Cgs值可為Cgs及Cc之一總和，且此一淨Cgs值可由可變電容Cc調整。

在圖23中，相位補償電路104可經實施以提供一可變電容Cc。此一可變電容可用於控制發生於LNA處之相移量。

更特定言之，補償電路104之可變電容可經組態以包含用於不同增益模式之不同淨Cgs值。例如，當LNA 100係處於增益模式G0、G1、G2之一者時，可依類似於圖13之實例之一方式選擇Cc值用於此等增益模式。針對其中存在單一效應及增益模式特定效應兩者的增益模式G3，可選擇一補償電容(Cc)值來補償此等兩個效應。

因此，如圖24中所描繪，圖23之實例之可變電容Cc可經操作以導致經描繪為Φ_{Comp}之一補償相位分佈。此Φ_{Comp}可對未經補償相位效應(Φ_{Uncomp})提供補償以導致(例如)一參考值Φ_{Ref}處之一實質上一致相位分佈Φ。

在本文中參考圖7至圖15及圖18至圖24所描述之各種實例中，一給定相位補償電路經描述為提供與一LNA之一給定RF級電晶體相關聯之一特定電性質(例如電容或電感)之控制。此一補償電路可提供由與RF級電晶體相關聯之一或多個部分(例如Cgs)所致之一相位變動、與RF級電晶體相關聯之一總相位變動或其等之任何組合之補償。

在一些實施例中，具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA可具有一相位補償電路，其經組態以提供與一給定RF級電晶體相關聯之複數

個電性質之控制。例如，在圖7至圖15及圖18至圖24之實例性相位補償技術之背景下，一相位補償電路可包含此等技術之一組合。例如，一相位補償電路可包含與圖7、圖11及圖13相關聯之補償電路104之兩者或兩者以上。類似地，一相位補償電路可包含與圖18、圖21及圖23相關聯之補償電路104之兩者或兩者以上。

圖25展示：在一些實施例中，一總成181可由一控制器180控制，總成181包含具有本文中所描述之一或多個特徵之LNA 100及相位補償電路104。此一控制器可提供各種控制信號來(例如)操作各種放大電晶體及開關電晶體以達成各種增益模式且對此等增益模式提供相位補償。在一些實施例中，控制器180可經組態以包含MIPI (行動產業處理器介面)功能。

圖26展示：在一些實施例中，具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA 100之部分或全部可經實施於一半導體晶粒200上。此一晶粒可包含一基板202，且一相位補償電路104之至少部分可經實施於基板202上。

圖27及圖28展示：在一些實施例中，具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA 100之部分或全部可經實施於一封裝模組300上。此一模組可包含經組態以接收複數個組件(諸如一或多個晶粒及一或多個被動組件)的一封裝基板302。

圖27展示：在一些實施例中，封裝模組300可包含類似於圖26之實例之一半導體晶粒200。據此，此一晶粒可包含LNA 100之部分或全部，其中一相位補償電路104之至少部分經實施於晶粒200上。

圖28展示：在一些實施例中，封裝模組300可包含一第一半導體晶粒210，其具有經實施於其上之一LNA 100。在圖28之實例中，一相位補償電路104之部分可經實施於第一晶粒210上，且相位補償電路104之剩餘部

分可經實施於另一晶粒212上、一晶粒外(例如，在封裝基板302上)或其等之任何組合。

在圖29中，一分集接收模組300可為圖27及圖28之模組300之一實例。在一些實施例中，此一DRx模組可經耦合至一模組外濾波器513。DRx模組300可包含經組態以接收複數個組件之一封裝基板501及經實施於封裝基板501上之一接收系統。DRx模組300可包含一或多個信號路徑，其等在DRx模組300外選路且可用於一系統整合器、設計者或製造商以支援用於任何所要頻帶之一濾波器。

DRx模組300包含DRx模組300之輸入端與輸出端之間的數個路徑。DRx模組300包含由一旁通開關519啟動之輸入端與輸出端之間的一旁通路徑，旁通開關519由DRx控制器502控制。儘管圖29描繪一單一旁通開關519，然在一些實施方案中，旁通開關519可包含多個開關，例如經安置成實體接近於輸入端之一第一開關及經安置成實體接近於輸出端之一第二開關。如圖29中所展示，旁通路徑不包含一濾波器或一放大器。

DRx模組300包含數個多工器路徑，其等包含一第一多工器511及一第二多工器512。多工器路徑包含數個模組上路徑，其等包含第一多工器511、經實施於封裝基板501上之一帶通濾波器613a至613d、經實施於封裝基板501上之一放大器100a至100d及第二多工器512。多工器路徑包含一或多個模組外路徑，其等包含第一多工器511、經實施封裝基板501外之一帶通濾波器513、一放大器100e及第二多工器512。放大器514可為經實施於封裝基板501上之一寬帶放大器或亦可經實施於封裝基板501外。在一些實施例中，放大器100a至100d、100e可為可變增益放大器及/或可變電流放大器。

一DRx控制器502經組態以選擇性地啟動輸入端與輸出端之間的複數個路徑之一或多者。在一些實施方案中，DRx控制器502經組態以基於由DRx控制器502接收之一頻帶選擇信號(例如，來自一通信控制器)來選擇性地啟動複數個路徑之一或多者。DRx控制器502可藉由(例如)打開或閉合旁通開關519、啟用或停用放大器100a至100d、100e、控制多工器511、512或透過其他機制來選擇性地啟動路徑。例如，DRx控制器502可沿路徑(例如，在濾波器613a至613d、513及放大器100a至100d、100e之間)或藉由將放大器100a至100d、100e之增益實質上設定為零來打開或閉合開關。

在圖29之實例性DRx模組300中，放大器100a至100d、100e之部分或全部可具有相位補償電路104，其具有本文中所描述之一或多個特徵。例如，此等放大器(100)之各者經展示為具有與其相關聯之一相位補償電路104。

在一些實施方案中，具有本文中所描述之一或多個特徵之一架構、裝置及/或電路可經包含於諸如一無線裝置之一RF裝置中。此一架構、裝置及/或電路可經直接實施於無線裝置、本文中所描述之一或多個模組化形式或其等之某一組合中。在一些實施例中，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。儘管在無線裝置之背景下描述，然應瞭解，本發明之一或多個特徵亦可經實施於諸如基地台之其他RF系統中。

圖30描繪具有本文中所描述之一或多個有利特徵之一實例性無線裝置700。在一些實施例中，具有本文中所描述之一或多個特徵之一LNA可

經實施於此一無線裝置中之一或多個位置之各者中。例如，在一些實施例中，此等有利特徵可經實施於具有一或多個低雜訊放大器(LNA)之一模組(諸如一分集接收(DRx)模組300)中。

在圖30之實例中，一功率放大器(PA)模組712中之PA可自一收發器710接收其各自RF信號，收發器710可經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710經展示為與一基帶子系統708互動，基帶子系統708經組態以提供適合於一使用者之資料及/或語音信號與適合於收發器710之RF信號之間的轉換。收發器710亦經展示為連接至一功率管理組件706，功率管理組件706經組態以管理用於操作無線裝置700之功率。此功率管理亦可控制基帶子系統708及無線裝置700之其他組件之操作。

基帶子系統708經展示為連接至一使用者介面702以促進提供至使用者及自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708亦可經連接至一記憶體504，記憶體504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。

在圖30之實例中，DRx模組300可經實施於一或多個分集天線(例如分集天線730)與ASM 714之間。此一組態可允許在來自分集天線730之一RF信號很少或不損失及/或來自分集天線730之RF信號很少或不新增雜訊的情況下處理透過分集天線730所接收之RF信號。接著，可透過一或多個信號路徑使來自DRx模組300之此經處理信號選路至ASM。

在圖30之實例中，一主天線720可經組態以(例如)促進自PA模組512傳輸RF信號。在一些實施例中，亦可透過主天線達成接收操作。

若干其他無線裝置組態可利用本文中所描述之一或多個特徵。例

如，一無線裝置無需為一多頻帶裝置。在另一實例中，一無線裝置可包含額外天線(諸如分集天線)及額外連接特徵(諸如Wi-Fi、Bluetooth及GPS)。

除非內文另有明確要求，否則在[實施方式]及申請專利範圍中，用語「包括」及其類似者應被解釋為包含意義，而非排他或窮舉意義，即，「包含(但不限於)」之意義。如本文中一般所使用，用語「耦合」涉及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，本申請案中所使用之用語「本文中」、「上文」、「下文」及類似含義用語應係指整個本申請案而非本申請案之任何特定部分。在內文容許的情況下，[實施方式]中使用單數或複數之用語亦可分別包含複數或單數。關於兩個或兩個以上項目之一清單的用語「或」涵蓋該用語之以下全部解譯：該清單中之任何項目、該清單中之全部項目及該清單中之項目之任何組合。

本發明之實施例之以上詳細描述不意欲具窮舉性或使本發明受限於上文所揭示之精確形式。儘管上文出於繪示目的描述本發明之特定實施例及實例，然熟習相關技術者將認知，可在本發明之範疇內進行各種等效修改。例如，儘管依一給定順序呈現程序或區塊，然替代實施例可依一不同順序執行具有步驟之常式或採用具有區塊之系統，且可刪除、移動、新增、細分、組合及/或修改一些程序或區塊。可依各種不同方式實施此等程序或區塊之各者。此外，儘管程式或區塊有時經展示為被連續執行，然此等程序或區塊可代以被並行執行或可在不同時間被執行。

本文中所提供之本發明之教示可應用於未必為上述系統之其他系統。上述各種實施例之元件及動作可經組合以提供進一步實施例。

儘管已描述本發明之一些實施例，然此等實施例僅供例示且不意欲限制本發明之範疇。其實，可依各種其他形式體現本文中所述之新穎方法及系統；此外，可在不背離本發明之精神的情況下對本文中所描述之方法及系統作出各種省略、置換及形式改變。隨附申請專利範圍及其等效物意欲於涵蓋落於本發明之範疇及精神內之此等形式或修改。

【符號說明】

10:典型低雜訊放大器(LNA)

12:射頻(RF)級/RLC電路

100:RF放大器/LNA

100a:放大器

100b:放大器

100c:放大器

100d:放大器

100e:放大器

102:放大電晶體

104:相位補償電路

105:節點

180:控制器

181:總成

200:半導體晶粒

202:基板

210:第一半導體晶粒

212:晶粒

300:封裝模組/分集接收(DRx)模組

302:封裝基板

501:封裝基板

502:DRx控制器

511:第一多工器

512:第二多工器

513:模組外濾波器/帶通濾波器

519:旁通開關

613a:帶通濾波器

613b:帶通濾波器

613c:帶通濾波器

613d:帶通濾波器

700:無線裝置

702:使用者介面

704:記憶體

706:功率管理組件

708:基帶子系統

710:收發器

712:功率放大器(PA)模組

714:ASM

720:主天線

730:分集天線

C:電容

Cc:可變電容

Cgs:有效閘極-源極電容

G0:增益模式

G1:增益模式

G2:增益模式

G3:增益模式

Idd:供應電流

L:電感

L1:電感

Q1:第一電晶體

Q1a:射頻(RF)級電晶體

Q1b:RF級電晶體

Q1c:RF級電晶體

Q1d:RF級電晶體

Q1e:RF級電晶體

Q1f:RF級電晶體

Q1g:RF級電晶體

Q1h:RF級電晶體

Q2:第二電晶體

R:電阻

RF_in:輸入RF信號/輸入節點

RF_out:輸出RF信號

S1a:開關電晶體

S1b:開關電晶體

S1c:開關電晶體

S1d:開關電晶體

S1e:開關電晶體

S1f:開關電晶體

S1g:開關電晶體

S1h:開關電晶體

Sg3:開關

Vbias:偏壓電壓

V_{DD}:供應電壓

V_G:閘極電壓

Zg3:電感

Zgs:閘極至源極阻抗

Zin:輸入阻抗

Zs:源極阻抗

Ztot:總阻抗

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種放大器，其包括：

一可變增益級，其包含一共同輸入、一共同輸出及經實施以在該共同輸入及該共同輸出之間電並聯(electrically parallel)之複數個可切換放大分支，每一可切換放大分支包含一第一放大電晶體，該第一放大電晶體與能夠經啟動之一各自開關電串聯，以使得一或多個經啟動之放大分支之一組合提供各自增益位準及相移，該複數個可切換放大分支經組態以使得藉由一或多個經啟動之放大分支之每一組合所提供之該相移補償與藉由該可變增益級之該各自增益位準操作之該放大器相關聯之一相移；及

一共同輸出級，其耦合至該可變增益級之該共同輸出及包括一第二放大電晶體，以使得該可變增益級之每一可切換放大分支及該共同輸出級之一組合能夠提供該放大器之一對應的增益。

【請求項2】

如請求項1之放大器，其中每一可切換放大分支之該第一放大電晶體及該共同輸出級之該第二放大電晶體係以一疊接(cascode)組態實施。

【請求項3】

如請求項2之放大器，其中該等可切換放大分支之該等第一放大電晶體中之每一者及該共同輸出級之該第二放大電晶體經實施作為具有一閘極、一源極及一汲極之一場效電晶體。

【請求項4】

如請求項3之放大器，其中每一可切換放大分支之該第一放大電晶體之該閘極係耦合至該可變增益級之該共同輸入，每一可切換放大分支之該

第一放大電晶體之該汲極係耦合至該共同輸出級之該第二放大電晶體之該源極，及該共同輸出級之該第二放大電晶體之該汲極係耦合至該放大器之一輸出。

【請求項5】

如請求項3之放大器，其中每一可切換放大分支之該第一放大電晶體經組態以作為一共同源極裝置，及該共同輸出級之該第二放大電晶體經組態以作為一共同閘極裝置。

【請求項6】

如請求項3之放大器，其中每一可切換放大分支之該第一放大電晶體具有一閘極-源極電容Cgs，以使得該一或多個經啟動之放大分支之每一組合提供一對應淨Cgs值。

【請求項7】

如請求項6之放大器，其中藉由該一或多個經啟動之放大分支之每一組合所提供之該相移係至少部分基於該對應淨Cgs值。

【請求項8】

如請求項6之放大器，其中該第一放大電晶體之該閘極-源極電容Cgs係至少部分藉由該第一放大電晶體之W/L尺寸以獲得。

【請求項9】

如請求項8之放大器，其中該等可切換放大分支之該等第一放大電晶體中之至少一者之W/L尺寸實質上不同於該等可切換放大分支之該等第一放大電晶體中之其他者之W/L尺寸，以對由針對該等可切換放大分支之該等第一放大電晶體中之該至少一者之一增益設定所致之一副效應(secondary effect)提供相位補償。

【請求項10】

如請求項9之放大器，其中針對該等可切換放大分支之該等第一放大電晶體中之該至少一者之該增益設定係一最低增益設定，且該等可切換放大分支之該等第一放大電晶體中之該至少一者具有實質上小於該等可切換放大分支之該等第一放大電晶體中之該其他者之W/L尺寸的W/L尺寸。

【請求項11】

如請求項1之放大器，其中每一開關經實施為在該各自可切換放大分支之該第一放大電晶體與該共同輸出級之該第二放大電晶體之間電連接。

【請求項12】

如請求項1之放大器，其中該第一放大電晶體、該等各自開關及該第二放大電晶體中之每一者經實施作為一絕緣體上覆矽裝置。

【請求項13】

如請求項1之放大器，其中該放大器係一低雜訊放大器。

【請求項14】

一種放大器，其包括：

一可變增益級，其包含複數個可切換放大分支，該複數個可切換放大分支中之每一者能夠經啟動以使得一或多個經啟動之放大分支之一組合提供各自增益位準及相移，該複數個可切換放大分支經組態以使得藉由一或多個經啟動之放大分支之每一組合所提供之該相移補償與藉由該可變增益級之該各自增益位準操作之該放大器相關聯之一相移，以導致複數個增益位準中之一近似恆定相位(approximately constant phase)。

【請求項15】

一種射頻模組，其包括：

一封裝基板，其經組態以接收複數個組件；及

一放大器，其經實施於該封裝基板上及包含一可變增益級，該可變增益級包含複數個可切換放大分支，該複數個可切換放大分支中之每一者能夠經啟動以使得一或多個經啟動之放大分支之一組合提供各自增益位準及相移，該複數個可切換放大分支經組態以使得藉由一或多個經啟動之放大分支之每一組合所提供之該相移補償與藉由該可變增益級之該各自增益位準操作之該放大器相關聯之一相移，以導致複數個增益位準中之一近似恆定相位。

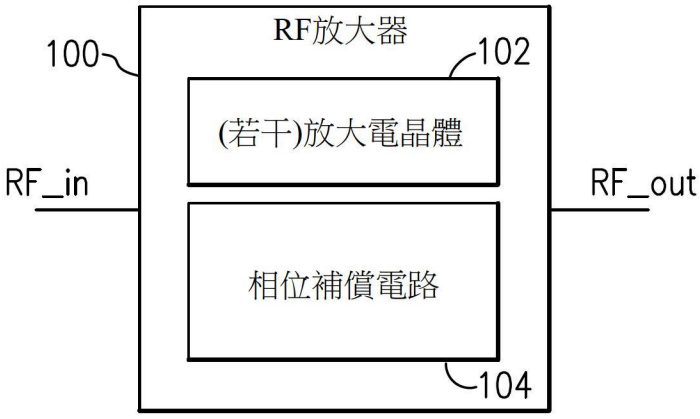
【請求項16】

一種無線裝置，其包括：

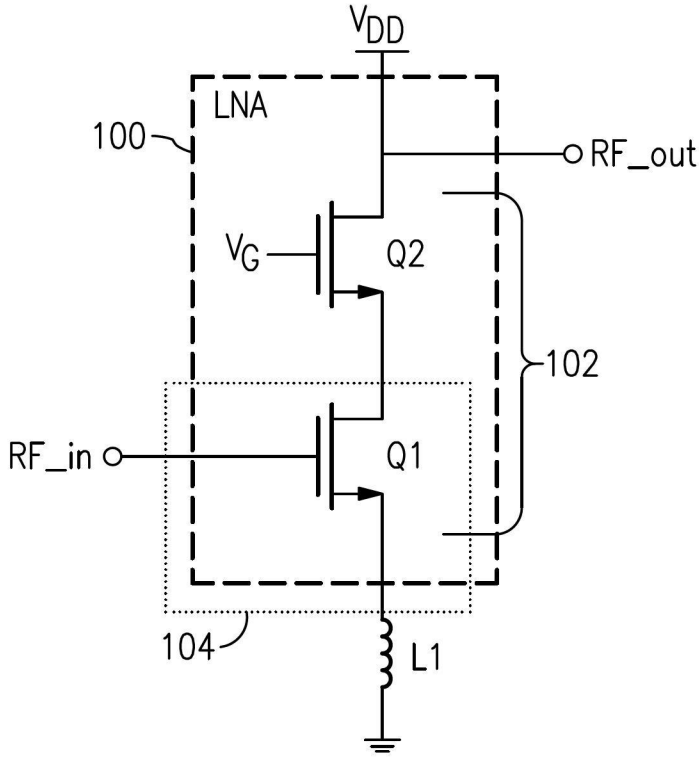
一天線；及

一放大器，其與該天線通信及包含一可變增益級，該可變增益級包含複數個可切換放大分支，該複數個可切換放大分支中之每一者能夠經啟動以使得一或多個經啟動之放大分支之一組合提供各自增益位準及相移，該複數個可切換放大分支經組態以使得藉由一或多個經啟動之放大分支之每一組合所提供之該相移補償與藉由該可變增益級之該各自增益位準操作之該放大器相關聯之一相移，以導致複數個增益位準中之一近似恆定相位。

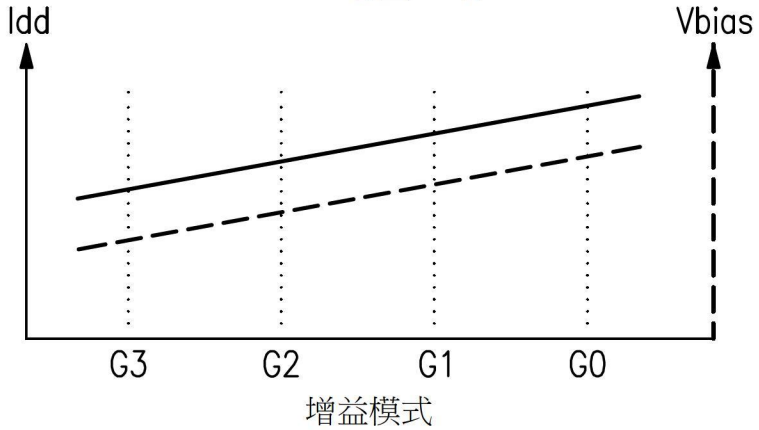
【發明圖式】



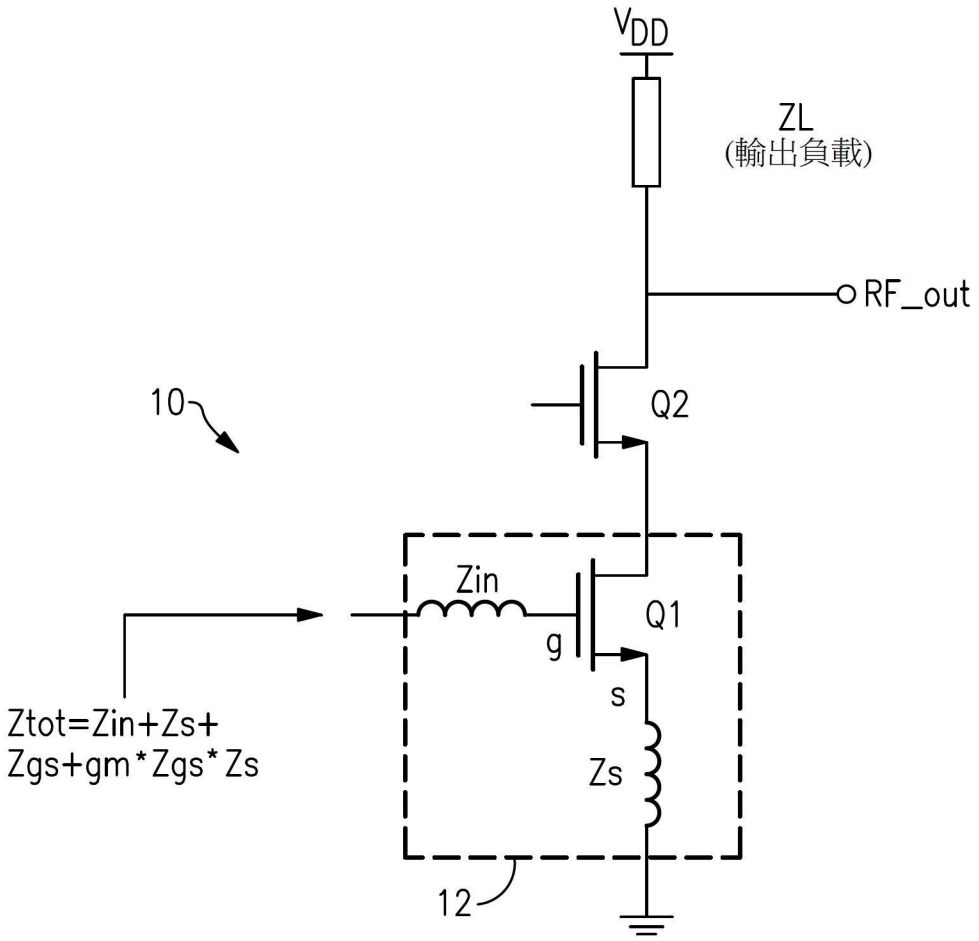
【圖1】



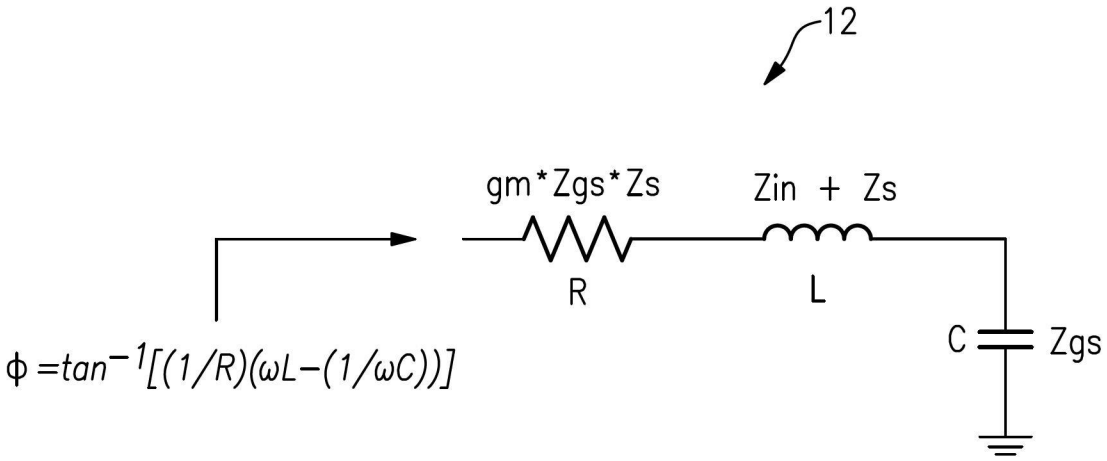
【圖2A】



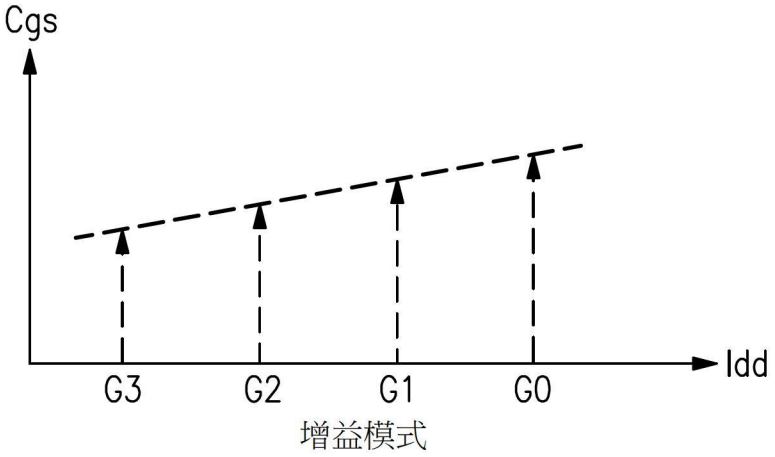
【圖2B】


VDD
ZL
(輸出負載)
RF_out
10
Q2
Zin
Q1
g
s
Zs
Ztot=Zin+Zs+
Zgs+gm*Zgs*Zs
12

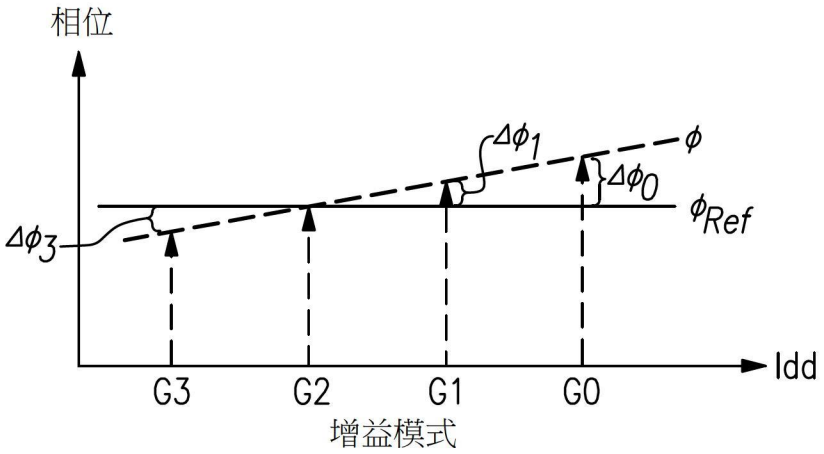
【圖3】


12
gm*Zgs*Zs
Zin + Zs
R
L
C
Zgs
ϕ =tan⁻¹[(1/R)(ωL−(1/ωC))]

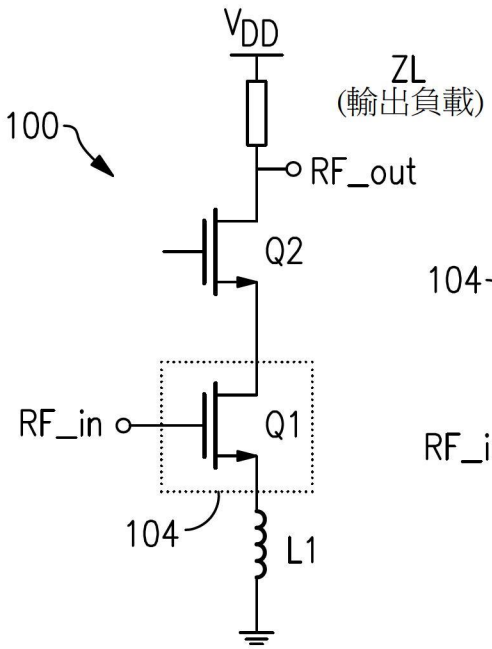
【圖4】



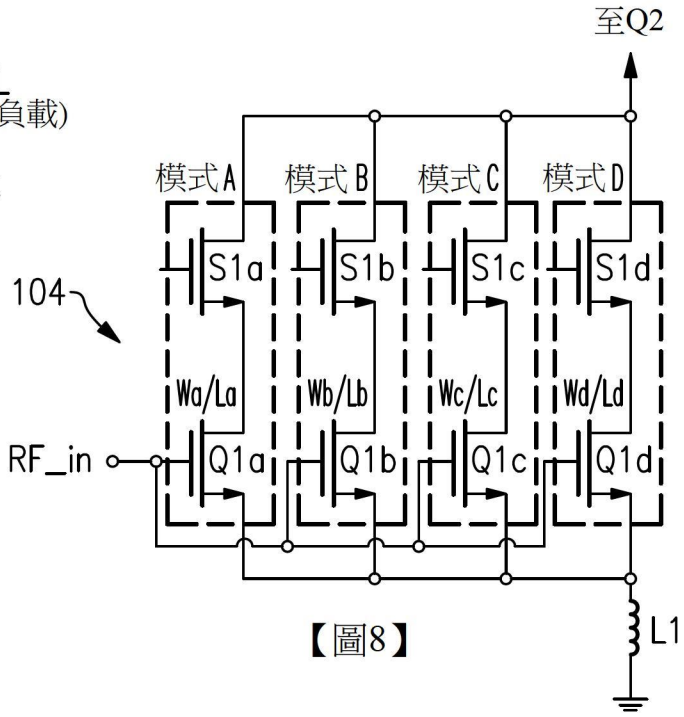
【圖5】



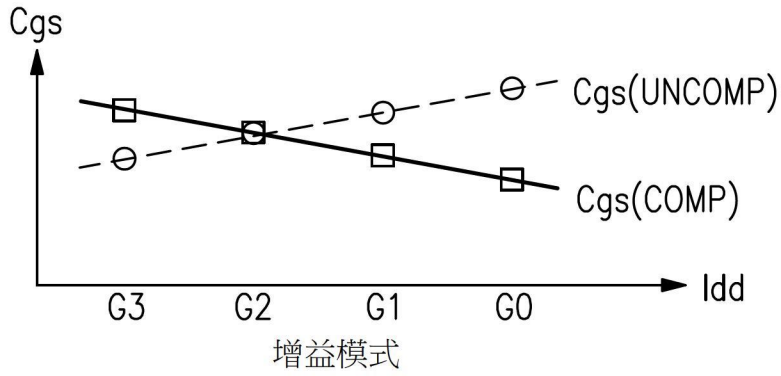
【圖6】


VDD
ZL
(輸出負載)
100
RF_out
Q2
RF_in
Q1
104
L1

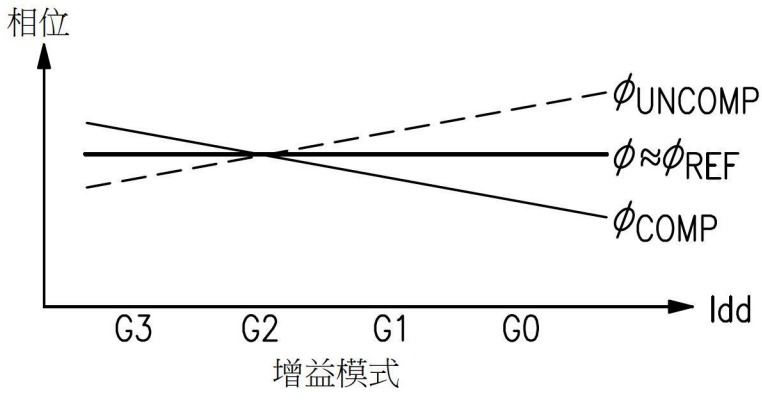
【圖7】


至Q2
模式A
模式B
模式C
模式D
S1a
S1b
S1c
S1d
104
Wa/La
Wb/Lb
Wc/Lc
Wd/Ld
RF_in
Q1a
Q1b
Q1c
Q1d
L1

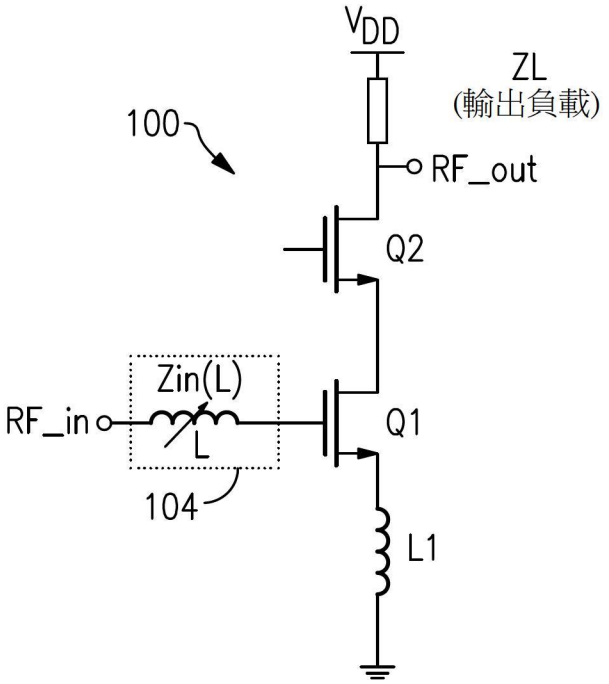
【圖8】


Cgs
Cgs(UNCOMP)
Cgs(COMP)
Idd
G3
G2
G1
G0
增益模式

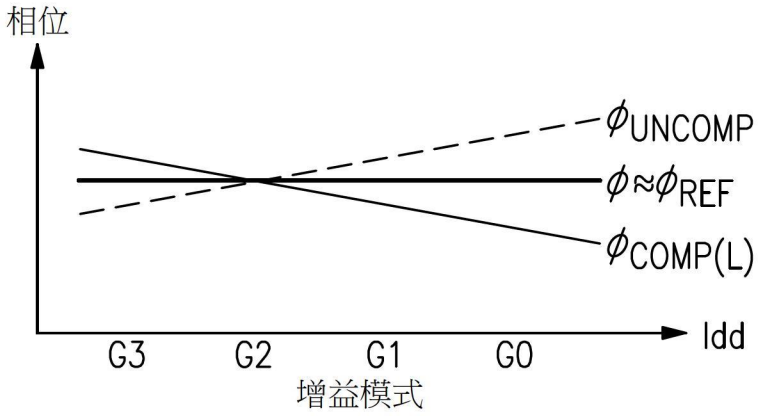
【圖9】


相位
ϕUNCOMP
ϕ≈ϕREF
ϕCOMP
Idd
G3
G2
G1
G0
增益模式

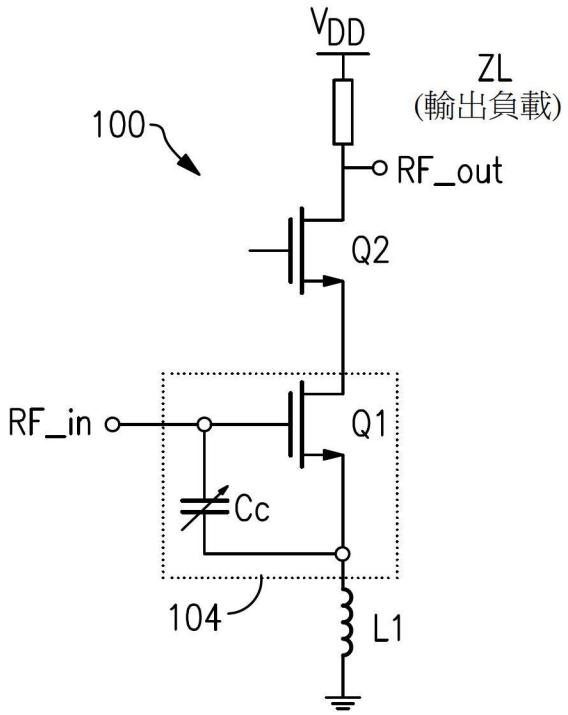
【圖10】


VDD
ZL
(輸出負載)
100
RF_out
Q2
Zin(L)
RF_in
L
Q1
104
L1

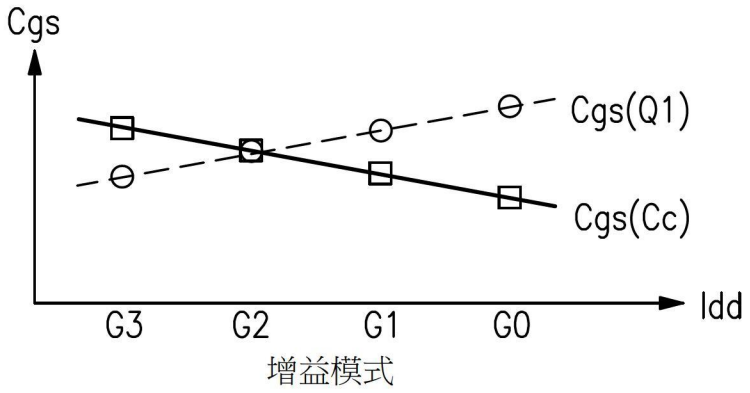
【圖11】


相位
ϕUNCOMP
ϕ≈ϕREF
ϕCOMP(L)
Idd
G3
G2
G1
G0
增益模式

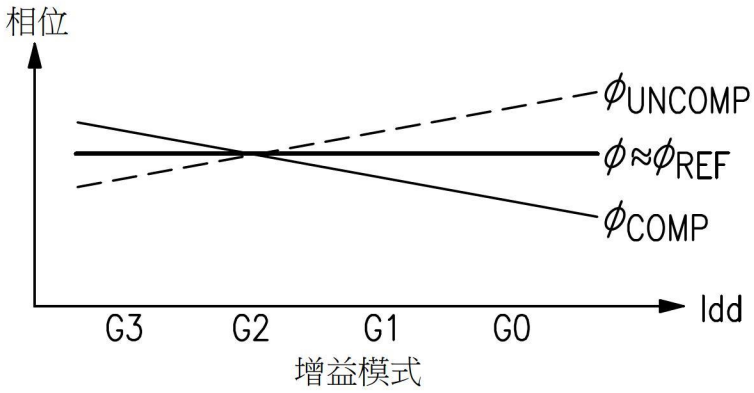
【圖12】


VDD
ZL
(輸出負載)
100
RF_out
Q2
RF_in
Q1
Cc
104
L1

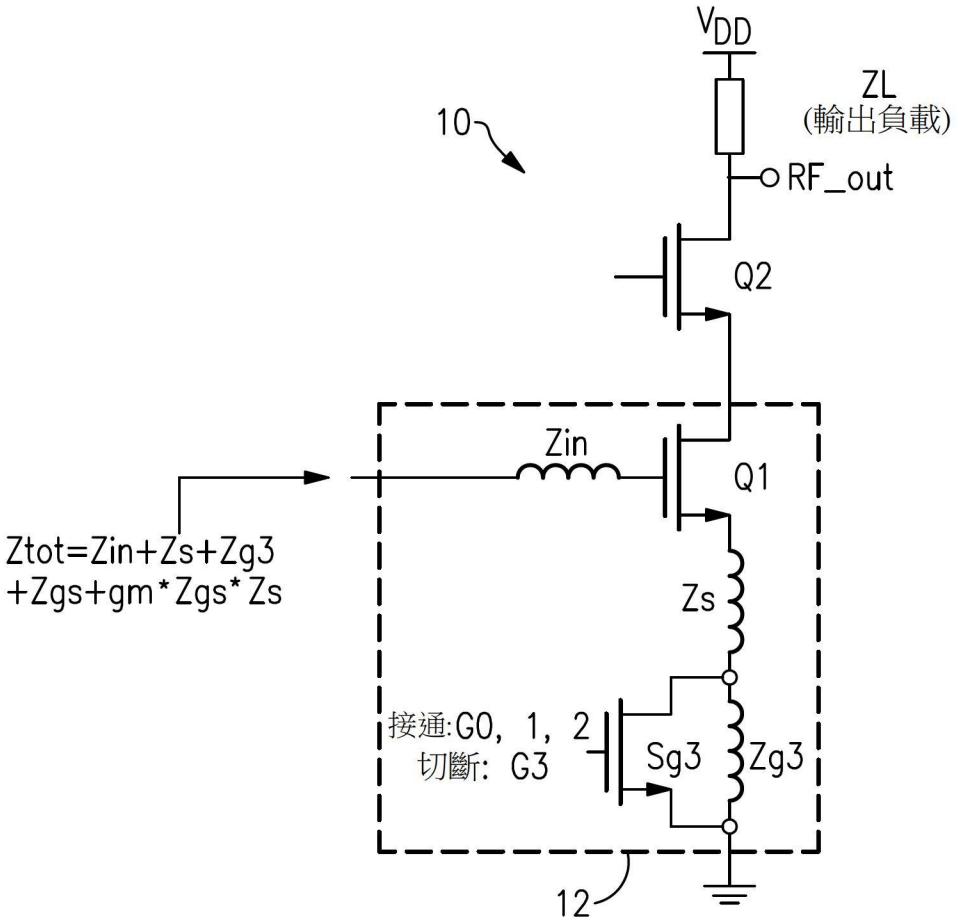
【圖13】


Cgs
Cgs(Q1)
Cgs(Cc)
Idd
G3
G2
G1
G0
增益模式

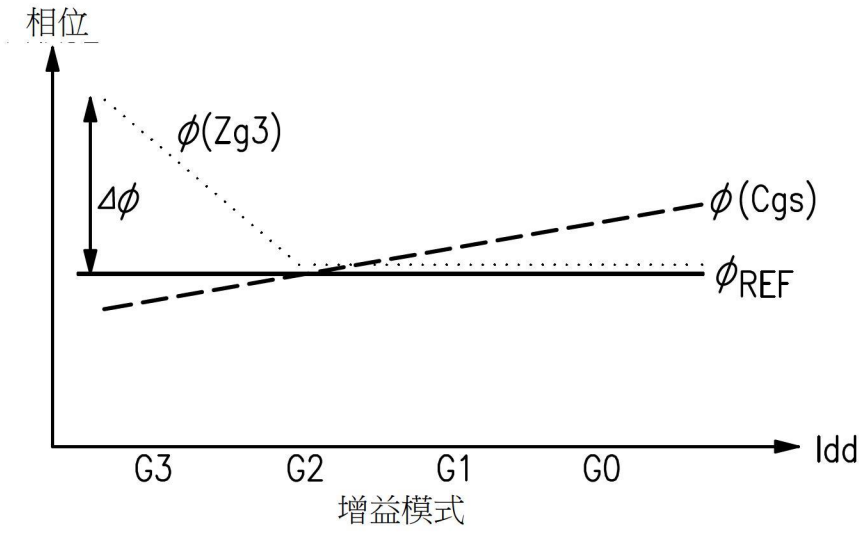
【圖14】


相位
ϕUNCOMP
ϕ≈ϕREF
ϕCOMP
Idd
G3
G2
G1
G0
增益模式

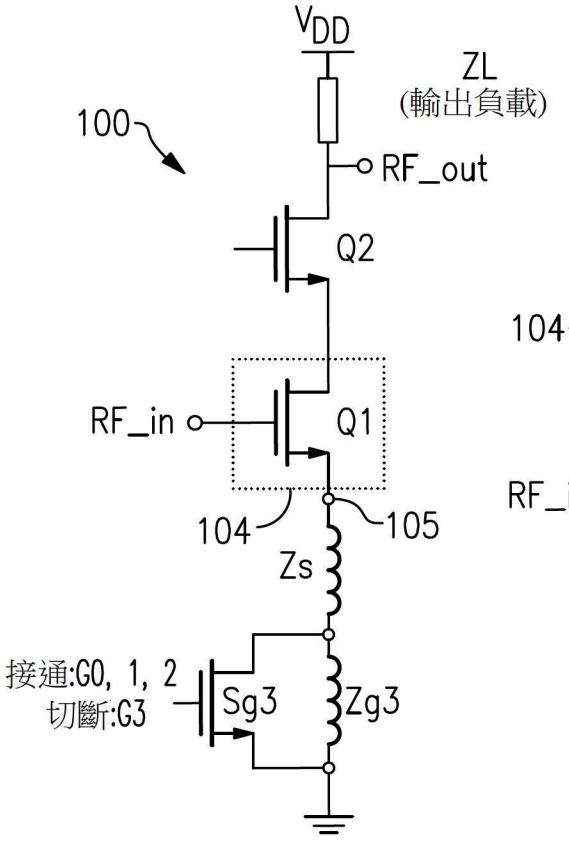
【圖15】


VDD
ZL
(輸出負載)
10
RF_out
Q2
Zin
Q1
Ztot=Zin+Zs+Zg3
+Zgs+gm*Zgs*Zs
Zs
接通:G0, 1, 2
切斷: G3
Sg3
Zg3
12

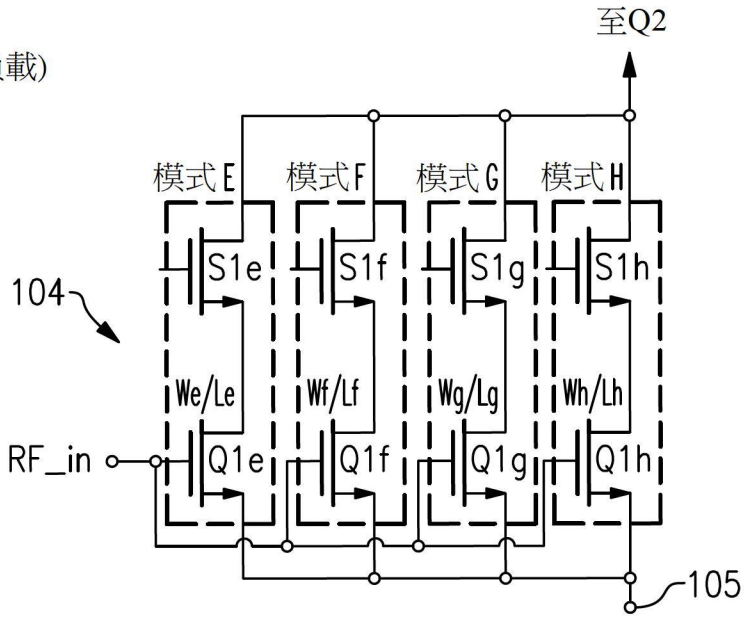
【圖16】


相位
ϕ(Zg3)
Δϕ
ϕ(Cgs)
ϕREF
Idd
G3
G2
G1
G0
增益模式

【圖17】



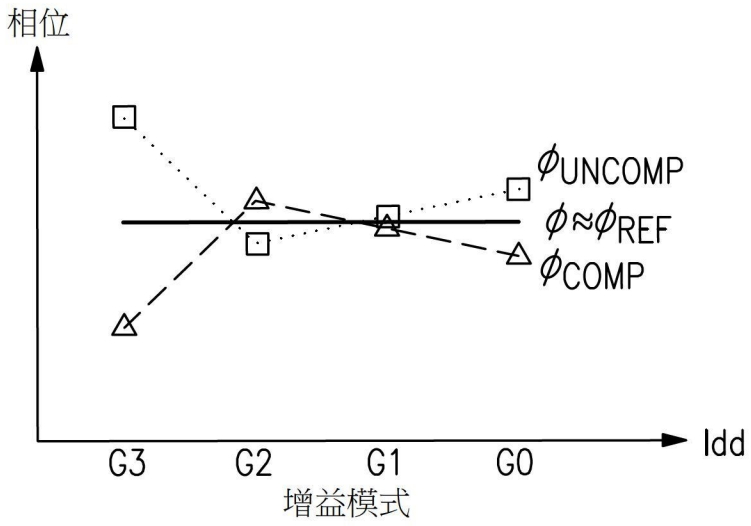
【圖18】



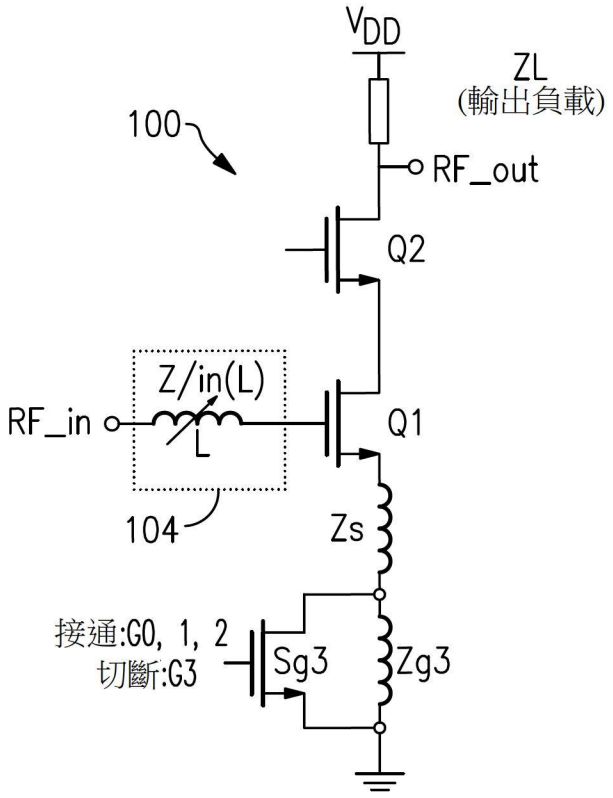
We/Le<<Wf/Lf, Wg/Lg, Wh/Lh

模式 E	僅在G3中接通
模式 F	在G0、G1、G2中接通
模式 G	在G1、G2中接通
模式 H	在G2中接通

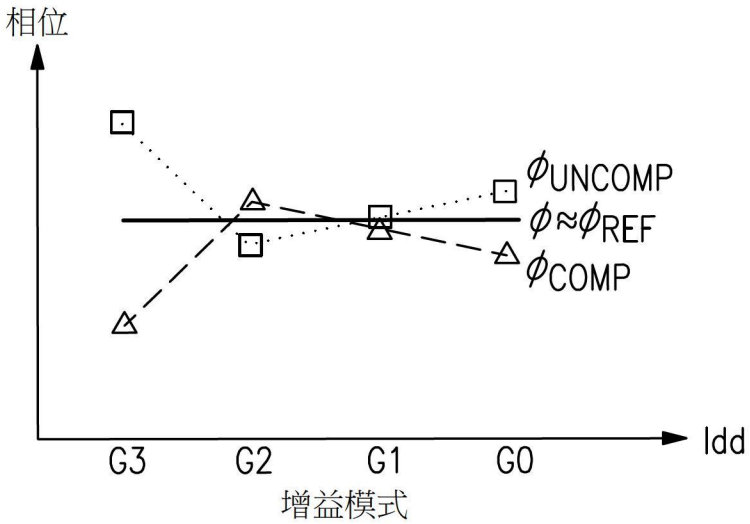
【圖19】



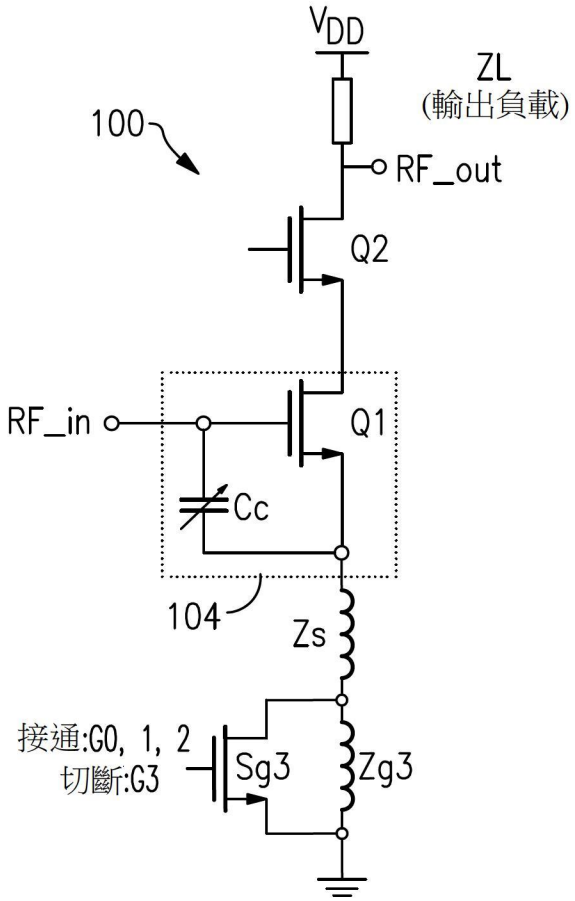
【圖20】


VDD
ZL
(輸出負載)
100
RF_out
Q2
Z/in(L)
RF_in
L
Q1
104
Zs
接通:G0, 1, 2
切斷:G3
Sg3
Zg3

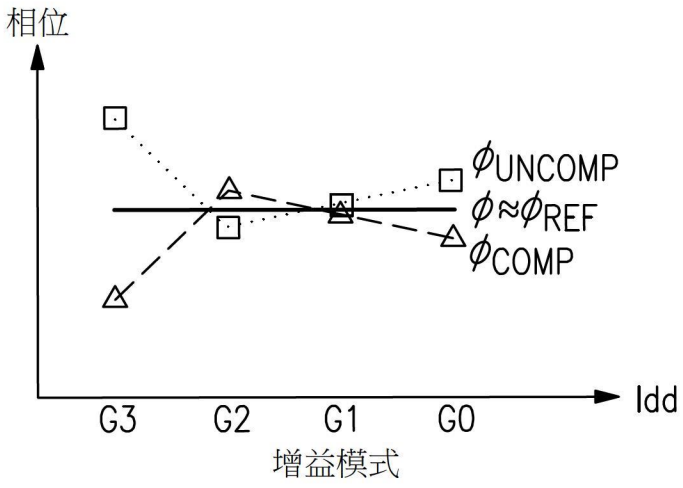
【圖21】


相位
ϕUNCOMP
ϕ≈ϕREF
ϕCOMP
Idd
G3
G2
G1
G0
增益模式

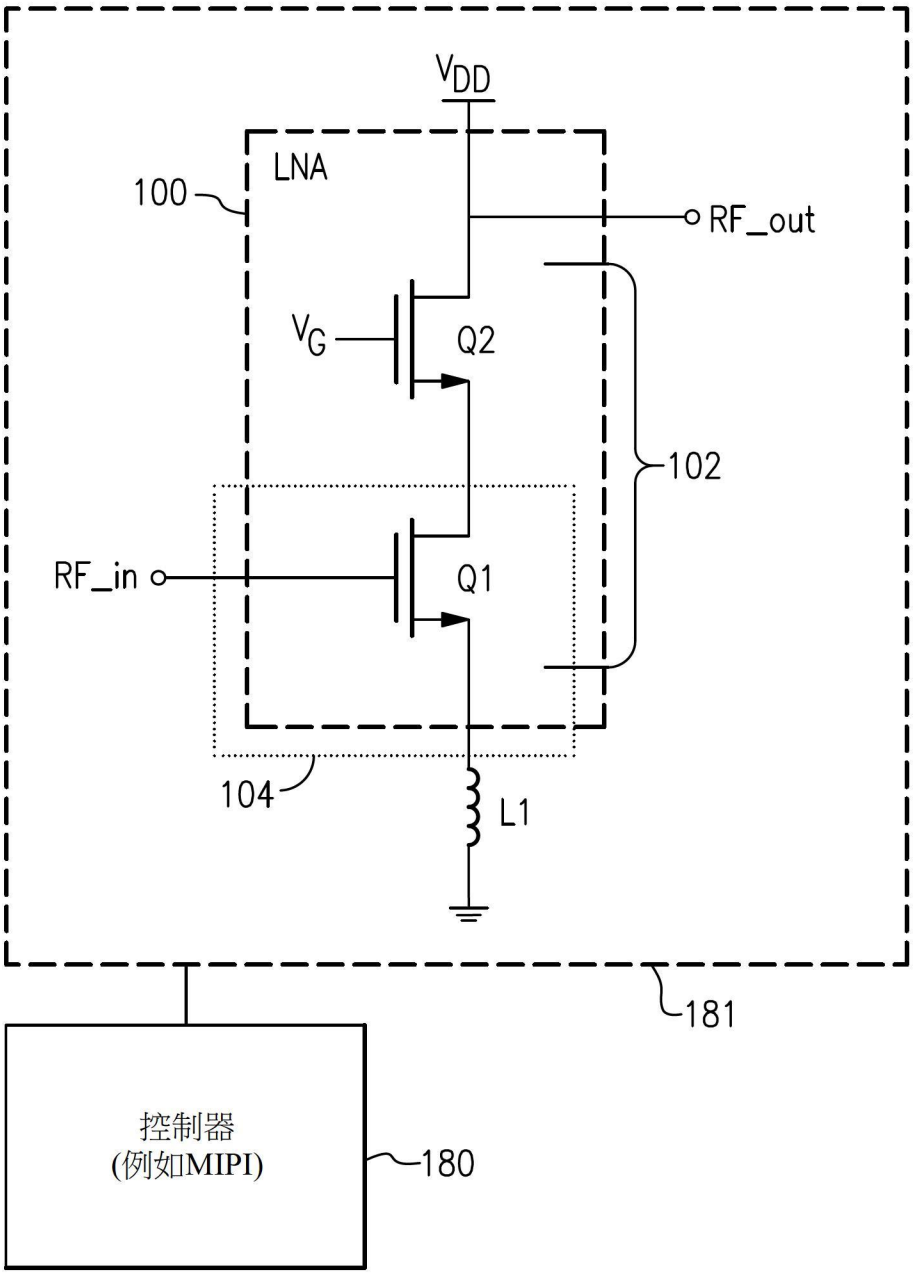
【圖22】


VDD
ZL
(輸出負載)
100
RF_out
Q2
RF_in
Q1
Cc
104
Zs
接通:G0, 1, 2
切斷:G3
Sg3
Zg3

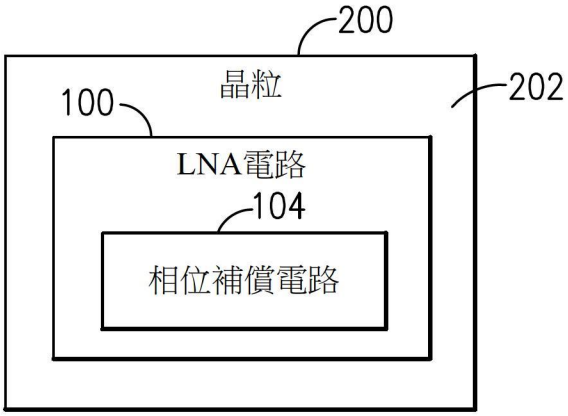
【圖23】


相位
φUNCOMP
φ≈φREF
φCOMP
Idd
G3
G2
G1
G0
增益模式

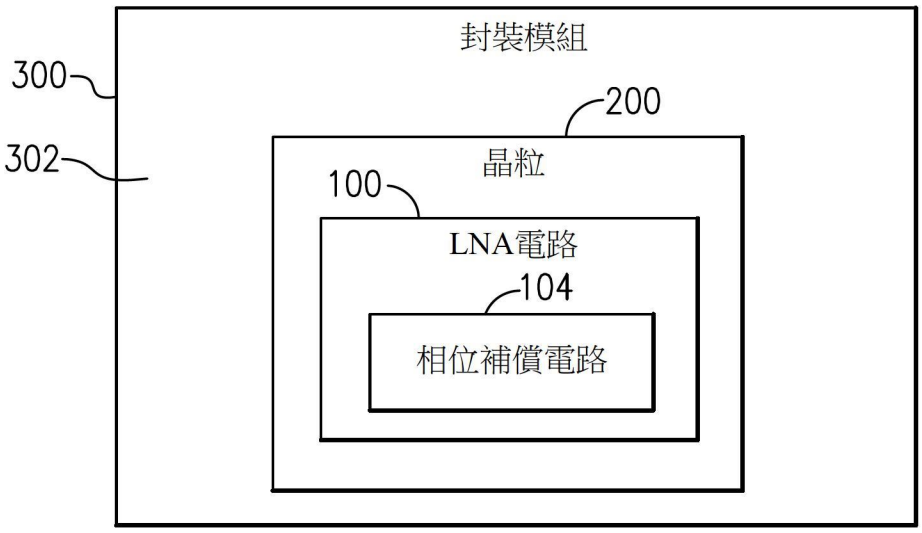
【圖24】



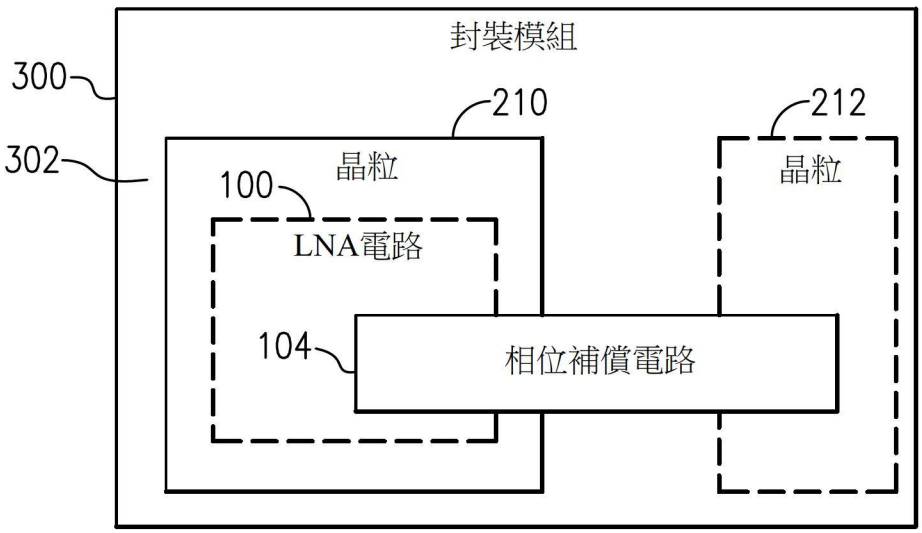
【圖25】


200
晶粒
202
100
LNA電路
104
相位補償電路

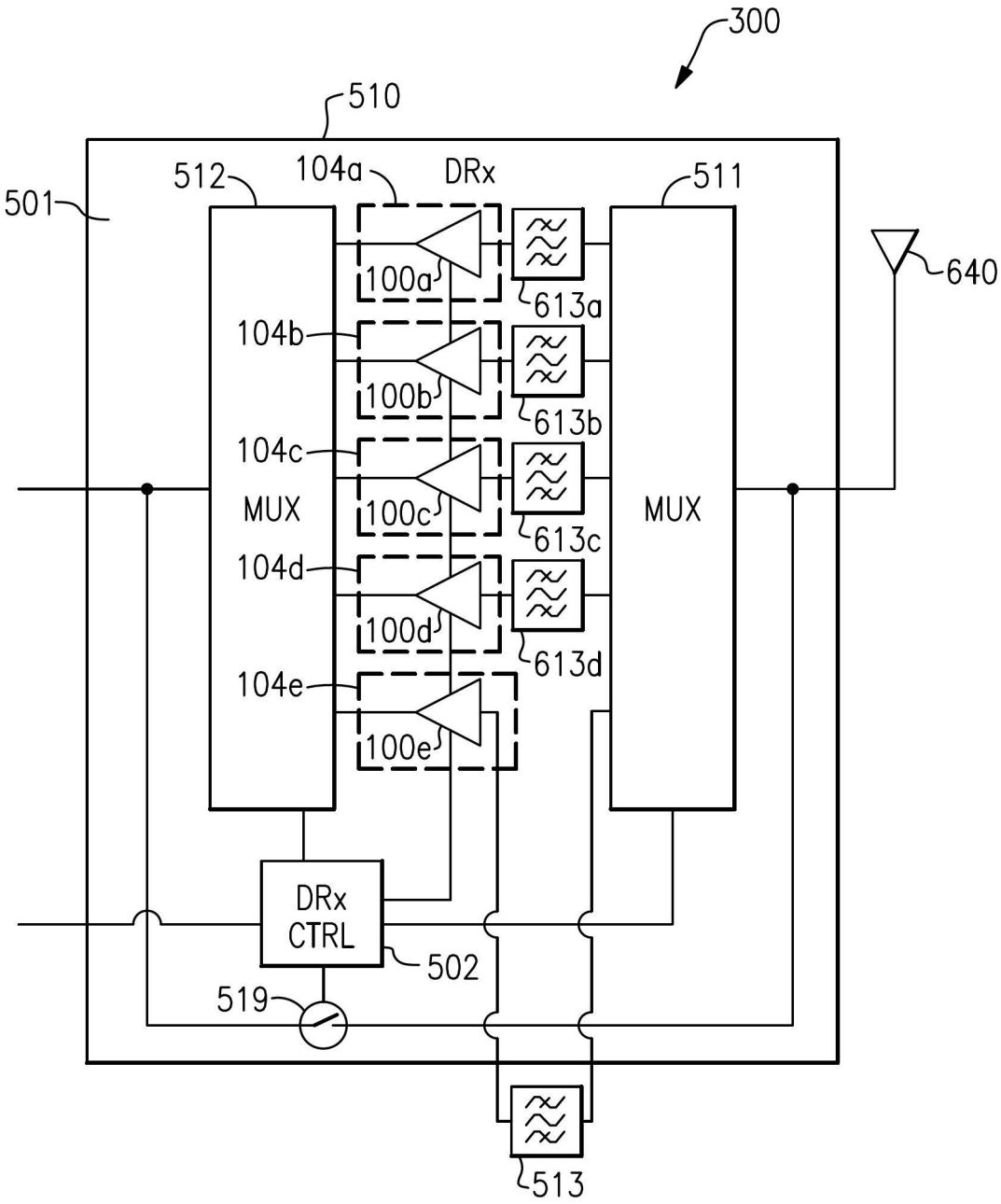
【圖26】


封裝模組
300
302
200
晶粒
100
LNA電路
104
相位補償電路

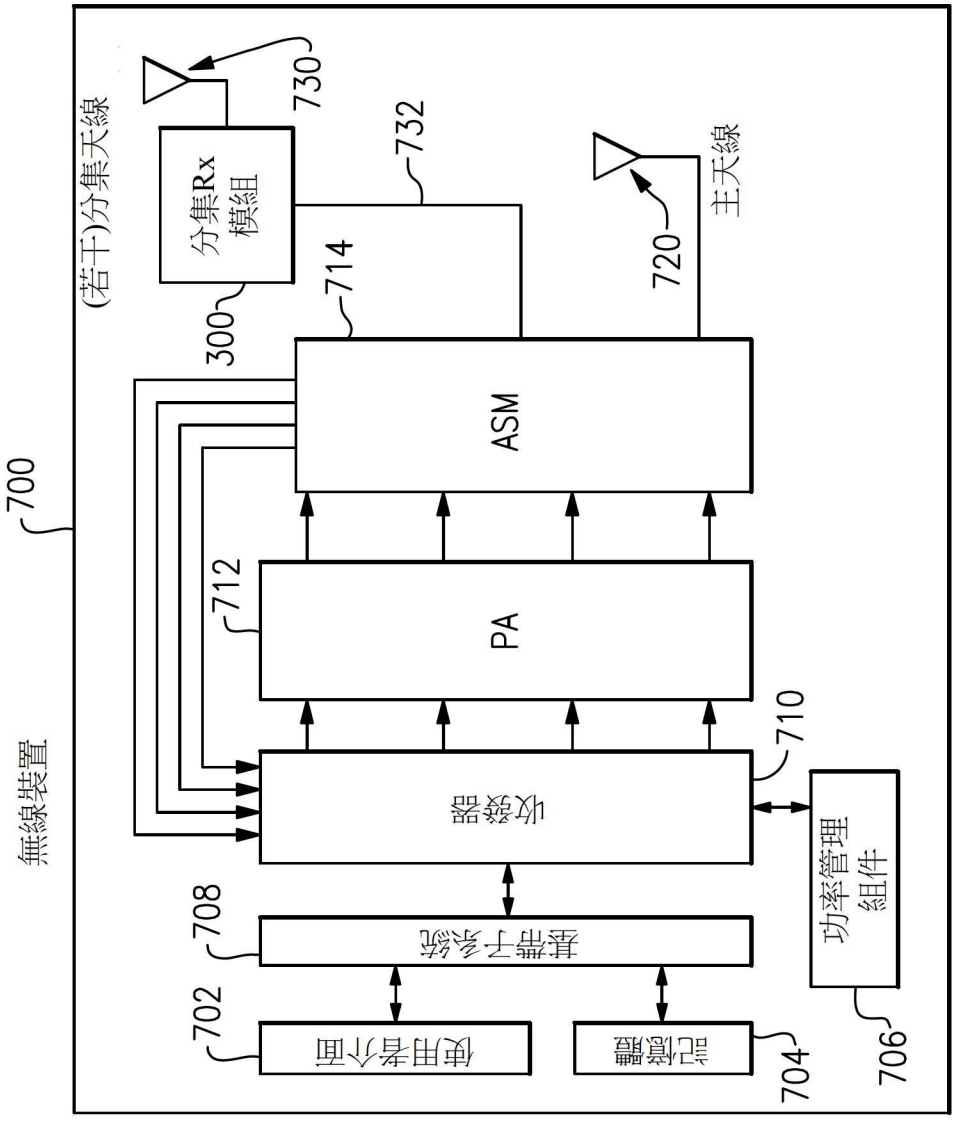
【圖27】


封裝模組
300
302
210
212
晶粒
晶粒
100
LNA電路
104
相位補償電路

【圖28】


300
510
501
512
104a
DRx
511
640
100a
613a
104b
100b
613b
104c
MUX
100c
613c
MUX
104d
100d
613d
104e
100e
DRx
CTRL
502
519
513

【圖29】


無線裝置
700
(若干)分集天線
730
732
分集Rx
模組
300
714
720
主天線
ASM
712
PA
710
收發器
708
基帶子系統
702
使用者介面
記憶體
704
功率管理
組件
706

【圖30】