



(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 I757327 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：106129590

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 30 日

(51)Int. Cl. : H03G3/30 (2006.01)

H03G1/00 (2006.01)

(30)優先權：2016/08/30 美國

62/381,262

(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)；辛何 利莫 迪普 SINGH, RIMAL DEEP

(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)；阿葛沃 比伯 AGARWAL, BIPUL (US)；帕德亞納 阿拉賓德

庫瑪 PADYANA, ARAVIND KUMAR (IN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW I431932B

CN 101777931B

CN 204334539U

US 6900931B1

US 2004/0197105A1

US 2012/0206205A1

US 2016/0077158A1

US 2016/0248400A1

審查人員：范士隆

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：13 共 58 頁

(54)名稱

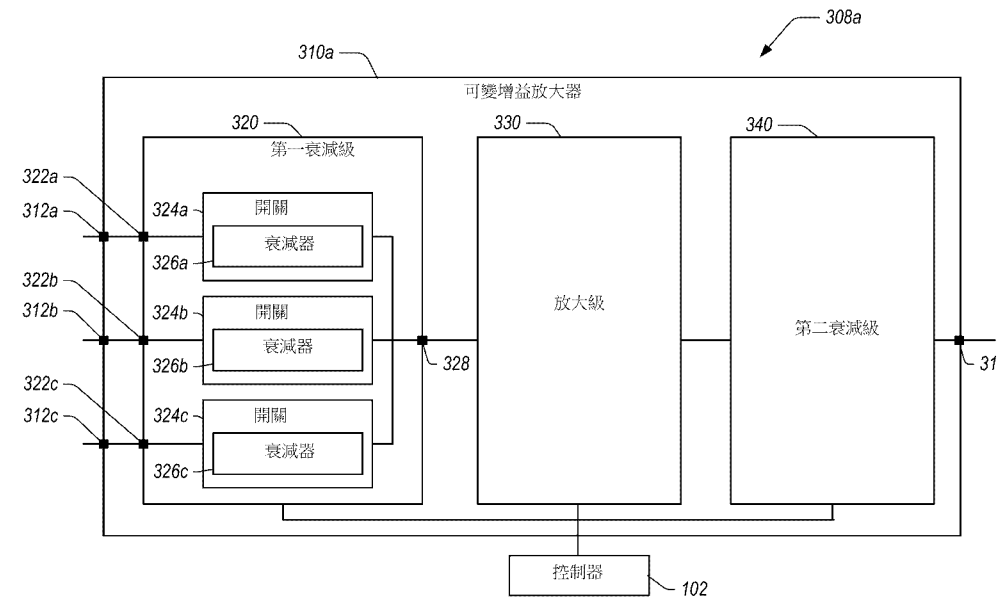
具有可程式化嵌入式衰減器之多輸入放大器

(57)摘要

本文中描述將可程式化衰減器嵌入至允許信號在一高增益模式中繞過衰減之可切換路徑中的可變增益放大器及多工器。此有利地減少或消除該高增益模式中之效能損失。該等可程式化衰減器可經組態以透過目標增益模式中之 LNA 前衰減來提高放大程序之線性度。另外，本文中描述具有一切換網路中之嵌入式衰減器之可變增益放大器。該等衰減器可嵌入至開關上且可經組態以對一高增益模式中的一雜訊因數具有較小影響或無影響，此係因為該切換網路可在一高增益模式中提供一衰減旁路且在其他增益模式中提供一衰減。可將該等可程式化衰減器嵌入至一多輸入 LNA 架構上。

Described herein are variable gain amplifiers and multiplexers that embed programmable attenuators into switchable paths that allow signals in a high gain mode to bypass attenuation. This advantageously reduces or eliminates performance penalties in the high gain mode. The programmable attenuators can be configured to improve linearity of the amplification process through pre-LNA attenuation in targeted gain modes. In addition, described herein are variable gain amplifiers with embedded attenuators in a switching network. The attenuators can be embedded onto switches and can be configured to have little or no effect on a noise factor in a high gain mode because the switching network can provide an attenuation bypass in a high gain mode and an attenuation in other gain modes. The programmable attenuators can be embedded onto a multi-input LNA architecture.

指定代表圖：



【圖3A】

符號簡單說明：

- 102 . . . 控制器
- 308a . . . 前端模組
- 310a . . . 可變增益放大器
- 312a 至 312c . . . 輸入埠
- 318 . . . 輸出埠
- 320 . . . 第一衰減級
- 322a 至 322c . . . 輸入端/輸入埠
- 324a 至 324c . . . 開關
- 326a 至 326c . . . 可變衰減元件/衰減器
- 328 . . . 共同輸出端
- 330 . . . 放大級
- 340 . . . 第二衰減級

I757327

【發明摘要】

【中文發明名稱】

具有可程式化嵌入式衰減器之多輸入放大器

【英文發明名稱】

MULTI-INPUT AMPLIFIER WITH PROGRAMMABLE
EMBEDDED ATTENUATORS

【中文】

本文中描述將可程式化衰減器嵌入至允許信號在一高增益模式中繞過衰減之可切換路徑中的可變增益放大器及多工器。此有利地減少或消除該高增益模式中之效能損失。該等可程式化衰減器可經組態以透過目標增益模式中之LNA前衰減來提高放大程序之線性度。另外，本文中描述具有一切換網路中之嵌入式衰減器之可變增益放大器。該等衰減器可嵌入至開關上且可經組態以對一高增益模式中的一雜訊因數具有較小影響或無影響，此係因為該切換網路可在一高增益模式中提供一衰減旁路且在其他增益模式中提供一衰減。可將該等可程式化衰減器嵌入至一多輸入LNA架構上。

【英文】

Described herein are variable gain amplifiers and multiplexers that embed programmable attenuators into switchable paths that allow signals in a high gain mode to bypass attenuation. This advantageously reduces or eliminates performance penalties in the high gain mode. The programmable attenuators can be configured to improve linearity of the amplification process through pre-LNA attenuation in targeted gain

modes. In addition, described herein are variable gain amplifiers with embedded attenuators in a switching network. The attenuators can be embedded onto switches and can be configured to have little or no effect on a noise factor in a high gain mode because the switching network can provide an attenuation bypass in a high gain mode and an attenuation in other gain modes. The programmable attenuators can be embedded onto a multi-input LNA architecture.

【指定代表圖】

圖3A

【代表圖之符號簡單說明】

102	控制器
308a	前端模組
310a	可變增益放大器
312a至312c	輸入埠
318	輸出埠
320	第一衰減級
322a至322c	輸入端/輸入埠
324a至324c	開關
326a至326c	可變衰減元件/衰減器
328	共同輸出端
330	放大級
340	第二衰減級

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有可程式化嵌入式衰減器之多輸入放大器

【英文發明名稱】

MULTI-INPUT AMPLIFIER WITH PROGRAMMABLE
EMBEDDED ATTENUATORS

【技術領域】

本發明大體上係關於用於無線通信裝置之放大器。

【先前技術】

在電子應用(諸如射頻(RF)應用)中，有時期望放大或衰減一信號。例如，可由一功率放大器放大一待傳輸信號，且可由一低雜訊放大器放大一接收信號。在另一實例中，可根據需要或期望沿上述傳輸及接收路徑之任一者或兩者實施一或多個衰減器來衰減各自信號。

【發明內容】

根據若干實施方案，本發明係關於一種可變增益信號放大器，其包含具有複數個分支之一第一衰減級，各分支包含一開關及一可變衰減元件，該第一衰減級具有一共同輸出端及用於各分支之一輸入端。該放大器亦包含一放大級，其耦合至該第一衰減級之該共同輸出端以提供一多工輸出。該放大器亦包含一第二衰減級，其經組態以接收該放大級之該多工輸出以提供一放大輸出信號來維持一增益位準範圍內之各種所要特性。

在一些實施例中，該信號包含一射頻信號。在一些實施例中，該第一衰減級經組態以提供一旁通路徑，使得一輸入端處所接收之一信號在未被該可變衰減元件衰減的情況下被導引至該共同輸出端。在進一步實施例

中，該第一衰減級經組態以在一高增益模式中提供該旁通路徑。在又進一步實施例中，在該高增益模式中，一信號之一雜訊因數至少部分歸因於繞過該可變衰減元件而未增大。在進一步實施例中，在其他增益模式中，該信號之IIP3至少部分歸因於由該可變衰減元件提供之調適衰減而增大。

在一些實施例中，該放大器經組態以在各自輸入端處接收覆蓋複數個蜂巢式頻帶之信號。在一些實施例中，該放大器經組態以獨立於其他輸入端處所接收之其他信號之衰減或放大而衰減或放大一特定輸入端處所接收之一信號。

在一些實施例中，該放大器進一步包含經組態以將控制信號發送至該第一衰減級、該放大級或該第二衰減級之一控制電路。在進一步實施例中，該控制電路包含經組態以在一高增益模式中提供一放大控制信號之一控制器，該高增益模式引起該第一衰減級提供繞過該可變衰減元件之一路徑。

根據若干實施方案，本發明係關於一種可變增益放大器，其包含具有複數個分支之一切換級，各分支包含一開關及一嵌入式可程式化衰減元件，該第一切換級具有一共同輸出端及用於各分支之一輸入端。該放大器亦包含耦合至該切換級之該共同輸出端以提供一多工輸出的一放大級。該放大器亦包含經組態以接收該放大級之該多工輸出的一放大後衰減級，該放大後衰減級經組態以提供通過一嵌入式可程式化衰減器之一衰減路徑及一旁通路徑，該等路徑經組態以維持一增益位準範圍內之各種所要特性。該放大器亦包含經組態以接收一單一輸入且提供複數個輸出之一分流器。

在一些實施例中，該第一切換級經組態以將目標信號選擇性地導引至該放大級。在一些實施例中，針對該複數個分支之個別分支，該切換級

經組態以提供通過該嵌入式可程式化衰減元件之一衰減路徑及不通過該嵌入式可程式化衰減元件之一旁通路徑。在進一步實施例中，在一高增益模式中，該切換級經組態以沿該旁通路徑導引信號。在又進一步實施例中，在該高增益模式中，沿該旁通路徑所導引之信號使一雜訊因數在該切換級之前及在該切換級之後維持實質上相同值。在進一步實施例中，在其他增益模式中，沿衰減路徑所導引之信號至少部分歸因於由該等嵌入式可程式化衰減元件提供之調適衰減而提高線性度。

在一些實施例中，該放大器進一步包含經組態以將控制信號發送至該切換級、該放大級、該放大後衰減級或該分流器之一控制電路。在進一步實施例中，該控制電路包含經組態以在一高增益模式中提供一放大控制信號之一控制器，該高增益模式引起該切換級提供繞過該可變衰減元件之一路徑。

根據若干實施方案，本發明係關於一種前端架構，其包含一可變增益信號放大器，該可變增益信號放大器包含：一第一衰減級，其具有複數個分支，各分支包含一開關及一可變衰減元件，該第一衰減級具有一共同輸出端及用於各分支之一輸入端；一放大級，其耦合至該第一衰減級之該共同輸出端以提供一多工輸出；及一第二衰減級，其經組態以接收該放大級之該多工輸出以提供一放大輸出信號來維持一增益位準範圍內之各種所要特性。該前端架構亦包含一濾波器總成，其耦合至該可變增益信號放大器以將頻帶導引至該可變增益信號放大器之選擇輸入端。該前端架構亦包含一控制器，其經實施以控制該可變增益信號放大器提供複數個增益模式，使得在一高增益模式中，該可變增益信號放大器沿繞過一特定分支中之該可變衰減元件之一路徑導引信號。

在一些實施例中，在該高增益模式中，一信號之一雜訊因數至少部分歸因於繞過該可變衰減元件而未增大。在進一步實施例中，在其他增益模式中，該信號之IIP3至少部分歸因於由該可變衰減元件提供之調適衰減而增大。

根據若干實施方案，本發明係關於一種無線裝置，其包含：一分集天線；及一濾波器總成，其耦合至該分集天線以接收信號且沿選擇路徑導引頻帶。該無線裝置亦包含一可變增益信號放大器，其耦合至該濾波器總成以自選擇路徑接收信號，該可變增益信號放大器包含：一第一衰減級，其具有複數個分支，各分支包含一開關及一可變衰減元件，該第一衰減級具有一共同輸出端及用於各分支之一輸入端；一放大級，其耦合至該第一衰減級之該共同輸出端以提供一多工輸出；及一第二衰減級，其經組態以接收該放大級之該多工輸出以提供一放大輸出信號來維持一增益位準範圍內之各種所要特性。該無線裝置亦包含一控制器，其經實施以控制該可變增益信號放大器提供複數個增益模式，使得在一高增益模式中，該可變增益信號放大器沿繞過一特定分支中之該可變衰減元件之一路徑導引信號。

在一些實施例中，在該高增益模式中，一信號之一雜訊因數至少部分歸因於繞過該可變衰減元件而未增大。在進一步實施例中，在其他增益模式中，該信號之IIP3至少部分歸因於由該可變衰減元件提供之調適衰減而增大。

為概述本發明之目的，本文中已描述特定態樣、優點及新穎特徵。應瞭解，可根據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實施所揭示之實施例。

【圖式簡單說明】

圖1繪示具有一主天線及一分集天線之一無線裝置。

圖2繪示包含一分集接收器(DRx)前端模組(FEM)之一DRx組態。

圖3A繪示可實施於一前端模組(諸如一分集接收器模組)中之一實例性可變增益放大器。

圖3B繪示類似於圖3A之可變增益放大器般組態之一可變增益放大器之一實例。

圖4繪示具有一第一衰減級之一實例性可變增益放大器，該第一衰減級具有複數個輸入端及一共同輸出端。

圖5繪示具有一放大級及一第二衰減級之一實例性可變增益放大器。

圖6繪示具有一輸入埠、一頻帶選擇開關、一衰減選擇分支及一輸出埠之一實例性多工器。

圖7繪示經組態以提供一衰減路徑及一旁通路徑之一實例性放大後衰減級。

圖8A及圖8B繪示分別在一旁通模式及一衰減模式中操作之一衰減級之實例。

圖9A及圖9B繪示包含一放大前衰減級、各自放大級、一輸出匹配網路及一放大後衰減級之實例性可變增益放大器。

圖10A及圖10B繪示圖9A及圖9B之可變增益放大器之效能圖。

圖11展示：在一些實施例中，分集接收器組態之部分或全部可完全或部分實施於一模組中。

圖12展示：在一些實施例中，分集接收器組態之部分或全部可完全或部分實施於一架構中。

圖13繪示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2016年8月30日申請且名稱為「MULTI-INPUT AMPLIFIER WITH PROGRAMMABLE EMBEDDED ATTENUATORS」之美國臨時申請案第62/381,262號之優先權，該案之全文以引用的方式明確併入本文中用於全部目的。

本文中提供之標題(若有)僅為了方便且未必影響本發明之範疇及意義。

概述

圖1繪示具有一主天線160及一分集天線170之一無線裝置100。無線裝置100包含可由一控制器102控制之一RF模組106及一收發器104。收發器104經組態以使類比信號(例如射頻(RF)信號)與數位資料信號之間發生轉換。為此，收發器104可包含一數位轉類比轉換器、一類比轉數位轉換器、一本地振盪器(其用於將一基頻類比信號調變成一載波頻率或自一載波頻率解調變一基頻類比信號)、一基頻處理器(其使數位樣本與資料位元(例如語音或其他類型之資料)之間發生轉換)或其他組件。

RF模組106耦合於主天線160與收發器104之間。由於RF模組106可實體接近於主天線160以減少歸因於電纜損耗之衰減，所以RF模組106可指稱前端模組(FEM)。RF模組106可對自主天線160接收以用於收發器104或自收發器104接收以經由主天線160傳輸之一類比信號執行處理。為此，RF模組106可包含濾波器、功率放大器、低雜訊放大器、頻帶選擇開

關、衰減器、匹配電路及其他組件。

當將一信號傳輸至無線裝置100時，可在主天線160及分集天線170兩者處接收信號。主天線160及分集天線170可經實體隔開使得主天線160及分集天線170處接收具有不同特性之信號。例如，在一實施例中，主天線160及分集天線170可接收具有不同衰減、雜訊、頻率回應及/或相移之信號。收發器104可使用具有不同特性之兩個信號來判定對應於信號之資料位元。在一些實施方案中，收發器104基於特性來自主天線160與分集天線170之間選擇，諸如，選擇具有最高信雜比之天線。在一些實施方案中，收發器104將來自主天線160及分集天線170之信號組合以增大組合信號之信雜比。在一些實施方案中，收發器104處理信號以執行多輸入/多輸出(MiMo)通信。

在一些實施例中，分集天線170經組態以接收蜂巢式頻帶及無線區域網路(WLAN)頻帶內之信號。在此等實施例中，無線裝置100可包含耦合至分集天線170之一多工器、切換網路及/或濾波器總成，分集天線170經組態以將分集信號分離至不同頻率範圍中。例如，多工器可經組態以包含：一低通濾波器，其使包含低頻帶蜂巢式頻率之一頻率範圍通過；一帶通濾波器，其使包含低頻帶WLAN信號及中頻帶及高頻帶蜂巢式信號之一頻率範圍通過；及一高通濾波器，其使包含高頻帶WLAN信號之一頻率範圍通過。此實例僅供說明。作為另一實例，多工器可具有各種不同組態，諸如提供一高通濾波器及一低通濾波器之功能的一雙工器。

由於分集天線170與主天線160實體隔開，所以分集天線170可藉由一傳輸線(諸如一電纜或一印刷電路板(PCB)跡線)耦合至收發器104。在一些實施方案中，傳輸線係有損耗的且使分集天線170處所接收之信號在到達

收發器104之前衰減。因此，在一些實施方案中，將增益施加於分集天線170處所接收之信號。可由分集接收器模組108施加增益(及其他類比處理，諸如濾波)。由於此一分集接收器模組108可經定位成實體接近於分集天線170，所以其可指稱一分集接收器前端模組(本文中將更詳細描述其實例)。

RF模組106及分集接收器模組108分別包含可變增益放大器110a、110b，其經組態以選擇性地衰減及放大來自主天線160及分集天線170之信號。各可變增益放大器110a、110b可在一放大級之前及在一放大級之後包含一可程式化衰減級。可由放大前衰減級衰減可變增益放大器110a、110b處所接收之信號或可允許信號繞過衰減，如本文中將更詳細描述。可由控制器102控制所選擇之衰減或所提供之旁通路徑。可將可變可程式化衰減嵌入於可變增益放大器110a、110b上。可變增益放大器110a、110b可接收多個輸入信號且輸出一單一信號或複數個輸出信號。有利地，可變增益放大器110a、110b之架構可允許一單一放大器(諸如一低雜訊放大器(LNA))用於處理覆蓋複數個蜂巢式頻帶之信號。

控制器102可經組態以產生及/或發送至無線裝置100之其他組件的控制信號。在一些實施例中，控制器102至少部分基於由行動產業處理器介面聯盟(MIPI[®]聯盟)提供之規範來提供信號。控制器102可經組態以自無線裝置100之其他組件接收待處理信號以判定至其他組件之待接收控制信號。在一些實施例中，控制器102可經組態以分析信號或資料以判定用於發送至無線裝置100之其他組件的控制信號。控制器102可經組態以基於由無線裝置100提供之增益模式來產生控制信號。例如，控制器102可將控制信號發送至可變增益放大器110a、110b以控制由放大器提供之衰減

及放大。類似地，控制器102可經組態以基於程式化衰減來產生控制信號。例如，控制器102可將控制信號發送至放大前衰減級及放大後衰減級以控制該等級處所提供之衰減量。

在一些實施方案中，控制器102基於輸入端處所接收之一輸入信號之一服務品質度量來產生(若干)放大器控制信號。在一些實施方案中，控制器102基於自一通信控制器接收之一信號來產生(若干)放大器控制信號，該(等)放大器控制信號繼而可基於該接收信號之一服務品質(QoS)度量。接收信號之QoS度量可至少部分基於分集天線170上所接收之分集信號(例如輸入端處所接收之一輸入信號)。接收信號之QoS度量可進一步基於一主天線160上所接收之一信號。在一些實施方案中，控制器102在不自通信控制器接收一信號的情況下基於分集信號之一QoS度量來產生(若干)放大器控制信號。在一些實施方案中，QoS度量包含一信號強度。作為另一實例，QoS度量可包含一位元錯誤率、一資料通量、一傳輸延遲或任何其他QoS度量。在一些實施方案中，控制器102控制可變增益放大器110a、110b中之放大器之增益(及/或電流)。在一些實施方案中，控制器102基於一放大器控制信號來控制無線裝置之其他組件之增益。

在一些實施方案中，可變增益放大器110a、110b可包含一逐步可變增益放大器，其經組態以使接收信號依由一放大器控制信號指示之複數個組態量之一者之一增益放大。在一些實施方案中，可變增益放大器110a、110b可包含一連續可變增益放大器，其經組態以使接收信號依與放大器控制信號成比例或由放大器控制器信號指定之一增益放大。在一些實施方案中，可變增益放大器110a、110b可包含一逐步可變電流放大器，其經組態以藉由汲取由放大器控制信號指示之複數個組態量之一者之一電流來

放大接收信號。在一些實施方案中，可變增益放大器110a、110b可包含一連續可變電流放大器，其經組態以藉由汲取與放大器控制信號成比例之一電流來放大接收信號。

圖2展示包含一分集接收器(DRx)前端模組(FEM) 208之一DRx組態200。DRx組態200包含一分集天線170，其經組態以接收一分集信號且透過一濾波器總成272將該分集信號提供至DRx FEM 150。濾波器總成272可包含(例如)一多工器，其經組態以沿各自路徑將目標頻率範圍內之信號選擇性地導引至具有可程式化衰減之一多工器210。信號可包含與WLAN信號混合之蜂巢式信號(例如低頻帶、中頻帶、高頻帶及/或超高頻帶蜂巢式頻率)。在一些實施例中，沿一第一路徑所導引之信號包含具有WLAN信號之蜂巢式信號(例如中頻帶及/或高頻帶蜂巢式頻率)且沿一第二路徑所導引之信號包含無WLAN信號之蜂巢式信號(例如低頻帶蜂巢式頻率)。

DRx FEM 208經組態以對自濾波器總成272接收之分集信號執行處理。例如，DRx FEM 208可經組態以將分集信號濾波至可包含蜂巢式及/或WLAN頻帶之一或多個主動頻帶。控制器102可經組態以控制DRx FEM 208將信號選擇性地導引至目標濾波器以完成濾波。作為另一實例，DRx FEM 208可經組態以使用具有可程式化衰減之多工器210來放大經濾波信號之一或多者。為此，DRx FEM 208可包含濾波器、低雜訊放大器、頻帶選擇開關、匹配電路及其他組件。控制器102可經組態以與DRx FEM 208中之組件互動以智慧地選擇通過DRx FEM 208之分集信號之路徑。在特定實施方案中，濾波器總成272定位於與DRx FEM 208分離之一晶粒上。

DRx FEM 208將經處理之分集信號之至少一部分傳輸至收發器

104。收發器104可由控制器102控制。在一些實施方案中，控制器102可實施於收發器104內。

DRx FEM 208可經組態以提供複數個增益模式。針對複數個增益模式，可在多工器210中施加不同衰減。在一或多個增益模式中，多工器210可經組態以導引信號通過選擇性地衰減信號之一衰減路徑，諸如具有一可變及/或可程式化衰減器之一衰減路徑。可將此等可程式化衰減器嵌入至一多輸入放大器架構上。在一高增益模式中，多工器210可經組態以提供一旁通路徑，使得信號不通過衰減路徑。可在一放大級之前及/或在一放大級之後使用可程式化衰減器。

在一些實施例中，在一放大級(例如一LNA)之前利用一多工器中之可程式化衰減可提供提高線性度及/或輸入三階截取點(Input third-order Intercept Point, "IIP3")。可程式化衰減可有益地允許信號與放大器之一所要或目標範圍匹配。在特定實施方案中，在放大級之前衰減一信號會增加信號中之雜訊。然而，DRx組態200可經組態以衰減具有一相對較大信雜比之信號且使具有一相對較低信雜比之信號繞過衰減。在一些實施例中，DRx組態200經組態以在一高增益模式中操作時繞過衰減且在其他增益模式中操作時衰減信號。此可有利地允許DRx組態200衰減特定信號以提高線性度，同時允許其他信號繞過衰減以不增加信號中之雜訊。此組態之另一優點在於：進入DRx FEM 208之大信號可經選擇性地衰減使得放大器不被大於放大器經設計以處置之信號的信號損壞。嵌入式衰減器可允許DRx FEM 208基於信號、增益模式及放大器操作特性來調適衰減來維持及/或提高信號品質(例如，藉由透過放大程序增大或維持線性度)。

在一些實施例中，具有可程式化衰減之多工器210經組態以接收複數

個輸入信號且提供一單一輸出信號。在特定實施例中，多工器210可經組態以接收複數個輸入信號且提供複數個對應輸出信號。多工器210可經組態以提供傳輸至一單一放大器之一單一輸出信號以允許DRx FEM 210將一個放大器或放大級用於複數個頻帶。此可有利地減少DRx FEM 208中所使用之組件之數目，藉此減少與製造DRx FEM 208相關聯之成本。

多工器210可包含提供通過多工器210之複數個可切換路徑的開關。複數個可切換路徑可對應於複數個頻帶，各可切換路徑對應於一或若干特定頻帶(例如重疊頻帶)。濾波器總成272可經組態以沿指定路徑將對應於特定頻帶之信號導引至多工器210。在特定實施方案中，通過多工器210之可切換路徑亦可經組態以選擇性地導引一特定路徑上之信號通過一衰減路徑或繞過該衰減路徑。例如，一或多個開關可與一可變衰減器並行操作，使得在一旁通組態中，信號通過開關但不通過可變衰減器(例如，開關閉合)，且在一衰減組態中，信號通過可變衰減器(例如，開關打開)。在旁通組態中，信號不會經受與衰減組態相關聯之一雜訊損失。此可有利地允許DRx FEM 208提供可變增益及/或複數個增益模式，同時相對於不選擇性地衰減信號的組態或不調適信號之衰減的組態而減少對雜訊指數(NF)的影響。

可將多工器210之開關嵌入於相同於多工器210之晶粒上。此等嵌入式開關可經組態以選擇性地提供通過多工器210之路徑且可經組態以沿衰減路徑或旁通路徑選擇性地導引信號。衰減路徑可經組態以衰減信號，其中根據多工器210中之可切換路徑後之放大級來調適衰減。具有多工器210之DRx FEM 208可為提供具有可程式化衰減之複數個可切換路徑的一架構，其中可使用一可變增益放大器來放大各可切換路徑。

控制器102可經組態以控制DRx FEM 208將信號選擇性地導引至適合信號路徑。例如，控制器102及DRx FEM 208可控制多工器210沿一衰減路徑或一旁通路徑導引信號。作為另一實例，控制器102及DRx FEM 208可控制多工器210基於所要或目標蜂巢式信號或WLAN信號來提供通過多工器210之可切換路徑。作為另一實例，控制器102及DRx FEM 208可控制多工器210調適施加於沿衰減路徑所導引之信號的衰減。作為另一實例，控制器102及DRx FEM 208可提供複數個增益模式。

可變增益放大器之實例性架構

前端模組一般包含諸如低雜訊放大器(LNA)之放大器來放大接收信號。在提供各種增益模式之無線裝置中，可在放大信號之前有利地衰減信號。然而，此會不利地影響小信號以增加雜訊且使信雜比更差。

相應地，本文中提供將可程式化衰減器嵌入至允許信號在一高增益模式中繞過衰減之可切換路徑中的可變增益放大器及多工器。此可有利地減少或消除高增益模式中之效能損失。此外，可程式化衰減器可經組態以透過目標增益模式中之LNA前衰減來提高放大程序之線性度。儘管雜訊會在此等放大之前衰減之增益模式中增加，但此雜訊增加可忽略不計或足夠小，使得提高線性度之優點使權衡結果可取或有益。

可將可程式化衰減器嵌入至一放大級之前及一放大級之後之開關中。此等可程式化輸入及輸出衰減可經調適以達成目標增益、雜訊因數(NF)及線性度(IIP3)。此外，此等衰減可經組態以使放大器在接收大信號時不易失效，此係因為衰減器可減小此等信號之振幅，使得其落於放大器之一目標範圍或適合範圍內。

相應地，本文中描述具有一切換網路中之嵌入式衰減器之可變增益

放大器。衰減器可嵌入至開關上且可經組態以對一高增益模式中之一雜訊因數具有較小影響或無影響，此係因為切換網路可在一高增益模式中提供一衰減旁路且在其他增益模式中提供一衰減。可將可程式化衰減器嵌入至一多輸入LNA架構上。例如，可將一衰減區塊嵌入至一多輸入開關上且可將一衰減區塊嵌入至一輸出開關上。

圖3A繪示可實施於一前端模組308a (諸如一分集接收器模組)中之一實例性可變增益放大器310a。可變增益放大器310a包含一第一衰減級320、一放大級330及一第二衰減級340。第一衰減級320提供放大前衰減且第二衰減級340提供放大後衰減。一控制器102可經組態以控制第一衰減級320、放大級330及第二衰減級340之操作。控制器102可類似於本文中參考圖1及圖2所描述之控制器102般組態。

可變增益放大器310a包含：複數個輸入埠312a至312c，其經組態以接收輸入信號(例如RF信號)；及一輸出埠318，其經組態以提供一經處理(例如，經放大及/或經衰減)信號。第一衰減級320包含對應於輸入埠312a至312c之複數個輸入端322a至322c及一共同輸出端328。第一衰減級320提供複數個分支，其中個別分支具有一開關(例如開關324a、324b或324c)及一可變衰減元件(例如衰減器326a、326b或326c)，其經組態以選擇性地提供通過第一衰減級320之一路徑。開關324a至324c經組態以提供通過第一衰減級320之一路徑且選擇性地導引信號通過一對應衰減器326a至326c或繞過衰減器326a至326c。可使用一對應衰減器326a至326c處之一調適衰減來選擇性地衰減沿通過第一衰減級320之一個別路徑所導引的一信號或使其繞過衰減。開關324a至324c亦可經組態以針對目標信號或選定信號將通過第一衰減級320之一路徑選擇性地提供至放大級330。例如，開

關324a至324c可經組態以導引信號通過第一衰減級320而到達特定輸入埠，同時阻止來自其他輸入埠之信號，使得信號不會到達輸出埠328。

放大級330經組態以放大自第一衰減級320接收之信號且將放大信號傳至第二衰減級340。依此方式，可變增益放大器310a可經組態以提供多工輸出，此係因為第一衰減級320在複數個輸入埠322a至322c處接收信號且放大級330在一單一輸入埠處接收一輸入信號且在一單一輸出埠處提供一經處理信號。放大級330可包含經組態以提供一所要或目標放大之任何適合放大器電路。在一些實施例中，放大級330包含經組態以放大來自複數個頻帶(例如蜂巢式頻帶及/或WLAN頻帶)之信號的一單一低雜訊放大器(LNA)電路。因此，如本文中所使用，第一衰減級320可指稱LNA前衰減且第二衰減級340可指稱LNA後衰減。然而，應瞭解，本文中所描述之實施例不限於為利用低雜訊放大器之實施方案，而是包含在可變增益放大器310a中使用各種放大器之實施方案。

放大級330可經組態以至少部分基於複數個增益模式來放大信號。例如，放大級330可經組態以針對一第一增益模式提供一第一放大或增益，針對一第二增益模式提供一第二放大或增益，等等。放大級330可由控制器102控制以控制放大級處所提供之增益。例如，控制器102可將指示一所要或目標增益之一信號提供至放大級330且放大級330可提供該目標增益。控制器102可自(例如)一無線裝置中之另一組件接收目標增益之一指示且至少部分基於該指示來控制放大級330。類似地，可至少部分基於可變增益放大器310a之一增益模式及/或目標增益來控制第一衰減級320及第二衰減級340。

可依類似於第一衰減級320之一方式組態第二衰減級340。特定言

之，第二衰減級340可類似於第一衰減級320，其經組態以在一單一輸入端處接收一信號且在一單一輸出端處提供一信號。第二衰減級340經組態以自放大級330接收一多工輸出且沿可切換路徑導引信號以選擇性地使用可程式化衰減來衰減信號或使信號繞過衰減。在特定實施例中，第二衰減級340提供通過級之至少兩個可切換路徑：通過一衰減器之一第一路徑及繞過該衰減器之一第二路徑。在各種實施例中，第二衰減級340提供通過級之一單一路徑，其中使用一固定或可程式化衰減來衰減信號。將自第二衰減級340輸出之信號傳至可變增益放大器310a之輸出埠318。

相應地，圖3A繪示包含具有複數個分支之一第一衰減級320的一可變增益信號放大器310a，各分支包含一開關324a至324c及一可變衰減元件326a至326c。第一衰減級320包含用於各分支之一輸入端322a至322c及一共同輸出端328。可變增益放大器310a包含耦合至第一衰減級320之共同輸出端328以提供一多工輸出的一放大級330。可變增益放大器310a包含一第二衰減級340，其經組態以接收放大級330之多工輸出以提供一放大輸出信號來維持一增益位準範圍內之各種所要特性。通過第一衰減級320之各分支可包含由一開關控制之一旁通路徑及一衰減路徑。衰減路徑包含用於各分支之一可變或固定衰減。

可變增益信號放大器310a可經組態以使用可程式化衰減器來相對於無一嵌入式切換網路之放大器達成相對較低雜訊及高線性度(例如較高IIP3)。可變增益信號放大器310a可經組態以放大諸如蜂巢式信號、WLAN信號、BLUETOOTH®信號、GPS信號及其類似者之射頻(RF)信號。可變增益信號放大器310a可經組態以藉由在多個輸入端312a至312c處接收複數個頻帶內之信號且處理此等信號來提供寬頻性能。可變增益信

號放大器310a可經組態以獨立處理各自輸入端312a至312c處之信號。可變增益信號放大器310a可經組態以由諸如控制器102之一控制電路總成控制。控制電路總成可智慧且選擇性地切換第一衰減級320中之路徑且可選擇性地程式化由衰減器326a至326c提供之衰減。

如本文中所描述，可變增益信號放大器310a提供一高增益模式，其不會經受由其他增益模式因在放大之前通過一衰減器而經歷之一效能損失。藉由將衰減器嵌入至既有切換架構，高增益或其他增益模式可經組態以繞過衰減，藉此消除處理鏈中之一雜訊源。在一些實施方案中，可變增益信號放大器310a係具有可調LNA前及/或LNA後衰減之一多輸入LNA。LNA前衰減可用於(例如)在信號較大時滿足目標線性度。在特定實施方案中，一單一放大器或LNA可用於多個蜂巢式頻帶。

圖3B繪示類似於本文中參考圖3A所描述之可變增益放大器310a般組態之一可變增益放大器310b之一實例。可變增益放大器310b包含一分流器350，其經組態以在一單一輸入埠處接收一信號且在複數個輸出埠處提供信號。分流器350由控制器102控制以將輸入信號導引至一目標輸出端。相應地，可變增益放大器310b可經組態以在複數個輸入端312a至312c處接收信號且在對應複數個輸出端318a至318c處提供經處理信號。可選擇性地衰減及放大此等信號，如本文中參考圖3A所描述。

因此，圖3B繪示包含具有複數個分支之一第一衰減級320的一可變增益放大器310b，各分支包含一開關324a至324c及一可變衰減元件326a至326c。第一衰減級320包含一共同輸出端328及用於各分支之一輸入端322a至322c。可變增益放大器310b包含一放大級330，其耦合至第一衰減級320之共同輸出端328以提供一多工輸出。可變增益放大器310b包含一

第二衰減級340，其經組態以接收放大級330之多工輸出以提供一放大輸出信號來維持一增益位準範圍內之各種所要特性。可變增益放大器310b包含一分流器350。通過第一衰減級320之各分支可包含由一開關控制之一旁通路徑及一衰減路徑。衰減路徑包含用於各分支之一可變或固定衰減。

圖4繪示具有一第一衰減級420之一實例性可變增益放大器410，第一衰減級420具有複數個輸入端322a至322c及一共同輸出端328。將共同輸出端328處所輸出之信號導引至一放大級330，如本文中參考圖3A及圖3B所描述。可變增益放大器410包含一控制器102，其經組態以將控制信號提供至第一衰減級420及放大級330。此等控制信號可經組態以控制由可變增益放大器410提供之衰減及/或放大。

在第一衰減級420之複數個輸入端322a至322c與共同輸出端328之間提供複數個分支425a至425c以提供通過級之可切換路徑。將個別輸入端322a至322c處所接收之信號導引至一對應分支425a至425c，對應分支425a至425c經組態以將通過分支425a至425c之一路徑選擇性地提供至共同輸出端328。若提供通過分支425a至425c之一路徑，則第一衰減級420可經進一步組態以選擇性地導引信號路徑通過一可變衰減器R1或使其繞過衰減器R1。應瞭解，儘管圖中繪示三個輸入端322a至322c及三個分支425a至425c，但可變增益放大器410可包含任何適合數目個輸入端及對應分支。例如且不限於，可變增益放大器410可包含至少2個輸入端及對應分支、至少4個輸入端及對應分支、至少8個輸入端及對應分支、至少16個輸入端及對應分支、至少32個輸入端及對應分支、至少64個輸入端及對應分支或描述範圍內之至少任何數目個輸入端及對應分支。作為另一實

例且不限於，可變增益放大器410可包含小於或等於64個輸入端及對應分支、小於或等於32個輸入端及對應分支、小於或等於16個輸入端及對應分支、小於或等於8個輸入端及對應分支、小於或等於4個輸入端及對應分支或小於或等於描述範圍內之任何數目個輸入端及對應分支。

舉例而言，一個別分支425a-425c可經組態以打開適合開關，使得無信號路徑通過分支。因此，第一衰減級420可經組態以藉由選擇性地提供自輸入端322a至322c至輸出端328之路徑來選擇待處理信號或頻帶。

舉例而言，當第一衰減級420提供自一輸入端322a至322c通過一對應分支425a至425c至輸出端328之一路徑時，個別分支425a至425c可經進一步組態以選擇性地提供衰減信號或繞過衰減之路徑。為繞過衰減，諸如在一高增益模式中，一分支425a至425c閉合開關S1且打開開關S2及S3。為衰減信號，諸如在其他增益模式中，一分支425a至425c打開開關S1且閉合開關S2及S3，使得信號通過可變衰減器R1。開關S1至S3可為提供切換性能之任何適合組件及組件組合。可變衰減器R1可為提供一可程式化衰減之任何適合組件及組件組合。可變衰減器R1可經組態以至少部分基於自控制器102接收之信號、由可變增益放大器410提供之增益模式或兩者之一組合來提供不同衰減位準。可變衰減器R1可為嵌入至輸入開關中之可程式化衰減器。此可減少或消除對繞過衰減器之特定增益模式(諸如高增益模式)中之雜訊因數(NF)的負面影響。

圖5繪示具有一放大級330 (如本文中參考圖3A及圖3B所描述)及一第二衰減級540之一實例性可變增益放大器510。可變增益放大器510包含一控制器102，其經組態以將控制信號提供至放大級330及第二衰減級540。此等控制信號可經組態以控制由可變增益放大器510提供之衰減及/或放

大。

第二衰減級540可經組態以選擇性地導引自放大級330接收之信號通過一可變衰減器R1或使其繞過衰減器R1。為繞過衰減，諸如在一高增益模式中，第二衰減級540閉合開關S1且打開開關S2及S3。為衰減信號，諸如在其他增益模式中，第二衰減級540打開開關S1且閉合開關S2及S3，使得信號通過可變衰減器R1。可將可變衰減器R1嵌入至輸出開關上。可在特定增益模式中繞過可變衰減器R1以減少或消除針對此等增益模式(諸如一高增益模式)來衰減信號的負面影響。

圖6繪示具有一輸入埠622、一頻帶選擇開關623、一衰減選擇分支625及一輸出埠628之一實例性多工器620。為清楚起見，圖中繪示通過多工器620之一單一分支，但應瞭解，可提供通過多工器之多個開關及分支(如本文中參考圖4所更詳細描述)，且可在共同輸出埠628處輸出此等信號。將自輸入埠622傳至輸出埠628之信號傳輸至本文中參考圖3A及圖3B所更詳細描述之一放大級330。亦應瞭解，多工器620及放大級330可由一控制器(圖中未展示)控制，如本文中參考圖3A至圖5所更詳細描述。由於多工器620包含一衰減選擇分支625，所以多工器620亦可指稱一衰減級，諸如本文中參考圖3A、圖3B及圖4所更詳細描述之衰減級320、420。

參考圖6，頻帶選擇開關623允許多工器620選擇某種信號傳至放大級330。此可用於自目標、選定或所要頻帶選擇信號。就多工器620中之多個分支而言，對應頻帶選擇開關623可用於選擇目標頻帶用於處理。可依任何適合型樣(例如，基於時間)或基於自一控制器接收之信號來打開及閉合此等頻帶選擇開關623。依此方式，多工器620及放大級330經組態以提供一多工輸出。頻帶選擇開關623包含經組態以將信號選擇性地導引至一

接地電位或其他參考電壓的電晶體Q1、Q2。頻帶選擇開關623可包含用於提供適合偏壓電壓來操作電晶體Q1、Q2及/或提供阻抗匹配或其他信號調節元件的其他組件。

衰減選擇分支625經組態以選擇性地提供通過可變衰減器R1之一衰減路徑及通過電晶體Q3及Q4之一旁通路徑。衰減路徑由電晶體Q5、Q6控制且包含可變衰減器R1及電阻器R2至R4。電阻器R2至R4可具有固定電阻值且可經選擇以提供一增益模式範圍內之所要信號特性、信號振幅及/或程式化衰減。可變衰減器R1可經組態以具有至少部分取決於操作增益模式、頻帶、信號振幅或其類似者之複數個值。旁通路徑由電晶體Q3及Q4控制且可包含用於提供一增益模式範圍內之所要信號特性、信號振幅及/或程式化衰減的額外電組件(圖中未展示)。在一些實施例中，在一高增益模式中操作時選擇旁通路徑且在其他增益模式中操作時選擇衰減路徑。

多工器620可經組態為在各分支中具有可變增益之一多工器。可在放大級330之前之一切換級或切換網路中提供可程式化衰減。此切換級可包含複數個衰減選擇分支625。

圖7繪示經組態以提供一衰減路徑及一旁通路徑之一實例性放大後衰減級740。可使用一可程式化衰減器R1來選擇性地衰減自一放大級330 (如本文中參考圖3A及圖3B所更詳細描述)接收之信號。應瞭解，放大後衰減級740及放大級330可由一控制器(圖中未展示)控制，如本文中參考圖3A至圖5所更詳細描述。放大後衰減級740可經實施為本文中相對於圖3A、圖3B及圖5所更詳細描述之一第二衰減級340、540。

類似於參考圖6所描述之衰減選擇分支625，放大後衰減級740經組態以選擇性地提供通過可變衰減器R1之一衰減路徑及通過電晶體Q3及Q4之

一旁通路徑。衰減路徑由電晶體Q5及Q6控制且包含可變衰減器R1及電阻器R2至R4。電阻器R2至R4可具有固定電阻值且可經選擇以提供一增益模式範圍內之所要信號特性、信號振幅及/或程式化衰減。可變衰減器R1可經組態以具有至少部分取決於操作增益模式、頻帶、信號振幅或其類似者之複數個值。旁通路徑由電晶體Q3及Q4控制且可包含用於提供一增益模式範圍內之所要信號特性、信號振幅及/或程式化衰減的額外電組件(圖中未展示)。在一些實施例中，在一高增益模式中操作時選擇旁通路徑且在其他增益模式中操作時選擇衰減路徑。

圖8A及圖8B繪示一旁通模式(圖8A)及一衰減模式(圖8B)中操作之一衰減級740之實例。衰減級740可為本文中參考圖7所描述之一放大後級或本文中參考圖6所描述之一放大前級或多工器中之一分支。在圖8A所繪示之旁通模式中，啟動電晶體Q3、Q4且停用電晶體Q5、Q6。在此組態中，信號在離開衰減級740之前通過提供於電晶體Q3、Q4之間的電組件(若有)。在圖8B所繪示之衰減模式中，停用電晶體Q3、Q4且啟動電晶體Q5、Q6。在此組態中，信號在離開衰減級740之前通過電阻器R2至R4及可變衰減器R1。可由一控制器(圖中未展示)控制電晶體之啟動及停用。可由一控制器(圖中未展示)控制可變衰減器R1之值。儘管為清楚起見圖中未展示，但衰減級740可包含經組態以將適合控制信號及電壓偏壓提供至電晶體Q3至Q6及可變衰減器R1的其他電組件。

圖9A及圖9B繪示包含一放大前衰減級620、各自放大級930a、930b、一輸入匹配網路913、一輸出匹配網路914及一放大後衰減級740之實例性可變增益放大器910a、910b。可變增益放大器910a、910b包含複數個輸入埠912及一共同輸出埠918。放大前衰減級620可類似於本文中參

考圖6所更詳細描述之衰減級或多工器620般組態。放大後衰減級740可類似於本文中參考圖7所更詳細描述之衰減級740般組態。

參考圖9A，放大級930a可包含一疊接放大器，其包含電晶體Q1、Q2、一電壓源VDD、一負載ZL及電感元件ZS(其一起放大透過電容器C1所接收之信號)。輸出匹配網路914包含經組態以匹配放大級930a之阻抗來維持所要信號特性之組件。輸入匹配網路913包含經組態以匹配第一衰減級920之阻抗來維持所要信號特性之組件。在一些實施例中，輸入匹配網路913可包含於放大級930a中。

參考圖9B，放大級930b類似於放大級930a且另外包含一退化切換區塊932。退化切換區塊932包含一第二電感ZS1及電晶體Q3。退化切換區塊932經組態以在一或多個增益模式中新增額外電感元件ZS1。例如，在一選定增益模式中，退化切換區塊932可停用電晶體Q3，使得至接地或其他參考電壓之路徑通過電感元件ZS及電感元件ZS1兩者。在其他增益模式中，退化切換區塊932可啟動電晶體，使得至接地或其他參考電壓之路徑通過電感元件ZS但不通過電感元件ZS1。此會影響放大級930b之雜訊指數(NF)及/或線性度(IIP3)，如本文中將參考圖10B更詳細描述。

圖10A及圖10B繪示分別參考圖9A及圖9B所描述之可變增益放大器910a、910b之效能圖。圖10A繪示可變增益放大器910a(參考圖9A所描述)之雜訊指數(NF)及/或線性度(IIP3)及包含所描述之放大前衰減級620之效應的繪圖。類似地，圖10B繪示可變增益放大器910b(參考圖9B所描述)之雜訊指數(NF)及/或線性度(IIP3)及包含所描述之放大前衰減級620之效應的繪圖。

參考圖10A，上圖展示依據增益模式而變化之雜訊指數(NF)，其中

G4係一低增益模式且增益增大至G0 (一高增益模式)。在左上圖1000a中，來自放大級930a (或LNA)之NF經展示為一實線1002a，NF無一LNA前衰減級620。目標NF經展示為一點鏈線1004a。目標NF 1004a與來自LNA之NF 1002a之間的差異係經允許之LNA前衰減，其經展示為一虛線1006a (例如NF裕度)。可藉由程式化LNA前衰減級之可變衰減來達成目標NF，如右上圖1010a中所展示。來自具有LNA前衰減之LNA之NF經展示為實線1012a，其實質上與亦展示為點鏈線1004a之目標LNA對準。

繼續參考圖10A，下圖展示依據增益模式而變化之線性度(IIP3)，其中G4係一低增益模式且增益增大至G0 (一高增益模式)。在左下圖1020a上，來自放大級930a (或LNA)之IIP3經展示為一實線1022a，IIP3無一LNA前衰減級620。目標IIP3經展示為點鏈線1024a。經允許之LNA前衰減亦經展示為虛線1006a。可藉由程式化LNA前衰減級之可變衰減來達成超過目標IIP3之線性度，如繪圖1030a中所展示。來自具有LNA前衰減之LNA之IIP3經展示為實線1032a，其超過亦展示為點鏈線1024a之目標IIP3。

圖10A中之繪圖繪示：所揭示之可變增益放大器可經組態以在非高增益模式中達成一目標IIP3或較高IIP3。此外，就經允許之NF裕度而言，LNA前衰減可經調適以達成一目標前端損耗以提高低增益模式中之線性度(IIP3)效能。

繼續至圖10B，繪圖1000、1010b、1020b、1030b繪示相同於圖10A中所描述之參數的參數，但使用包含一退化切換區塊932之放大級930b來替換放大級930a。換言之，可變增益放大器910a、910b之間的差異在於：可變增益放大器910b中存在退化切換區塊932。在圖10B之繪圖中，

對增益模式G3之退化區塊之切換效應見於NF及IIP3繪圖中。

上圖展示依據增益模式而變化之雜訊指數(NF)，其中G4係一低增益模式且增益增大至G0 (一高增益模式)。在左上圖1000b中，來自放大級930b (或LNA)之NF經展示為一實線1002b，NF未經一LNA前衰減級620。目標NF經展示為一點鏈線1004b。目標NF 1004a與來自LNA之NF 1002b之間的差異係經允許之LNA前衰減，其經展示為一虛線1006b (例如NF裕度)。可藉由程式化LNA前衰減級之可變衰減來達成目標NF，如右上圖1010b中所展示。來自具有LNA前衰減之LNA之NF經展示為實線1012b，其實質上與展示為點鏈線1004b之目標LNA對準。

繼續參考圖10B，下圖展示依據增益模式而變化之線性度(IIP3)，其中G4係一低增益模式且增益增大至G0 (一高增益模式)。在左下圖1020b中，來自放大級930b (或LNA)之IIP3經展示為一實線1022b，IIP3未經一LNA前衰減級620。目標IIP3經展示為點鏈線1024b。經允許之LNA前衰減亦經展示為虛線1006b。可藉由程式化LNA前衰減級之可變衰減來達成超過目標IIP3之線性度，如繪圖1030b中所展示。來自具有LNA前衰減之LNA之IIP3經展示為實線1032b，其超過亦展示為點鏈線1024b之目標IIP3。

圖10B中之繪圖繪示：所揭示之可變增益放大器可經組態以在非高增益模式中達成一目標IIP3或較高IIP3。此外，就經允許之NF裕度而言，LNA前衰減可經調適以達成一目標前端損耗以提高低增益模式中之線性度(IIP3)效能。

產品及架構之實例

圖11展示：在一些實施例中，部分或全部分集接收器組態(其包含具

有特徵組合之部分或全部分集接收器組態(例如圖1至圖9B))可完全或部分實施於一模組中。此一模組可為(例如)一前端模組(FEM)。此一模組可為(例如)一分集接收器(DRx) FEM。此一模組可為(例如)一多輸入多輸出(MiMo)模組。

在圖11之實例中，一模組1108可包含一封裝基板1101，且若干組件可安裝於此一封裝基板1101上。例如，一控制器1102 (其可包含一前端功率管理積體電路[FE-PIMC])、一組合總成1106、一可變增益放大器總成1110 (其包含具有本文中所描述之一或多個特徵的嵌入式可程式化衰減器1116)，且一濾波器組1108 (其可包含一或多個帶通濾波器)可安裝及/或實施於封裝基板1101上及/或封裝基板1101內。其他組件(諸如若干SMT裝置1105)亦可安裝於封裝基板1101上。儘管將全部各種組件描繪成佈置於封裝基板1101上，但應瞭解，可將一些組件實施於(若干)其他組件上方。

在一些實施例中，分集接收模組1108包含兩個或兩個以上可變增益放大器總成1110。在各種實施方案中，兩個或兩個以上可變增益放大器總成1110可實施於一單一晶粒上。各總成1110可包含一第一衰減級、一放大級及一第二衰減級。可接合各總成1110之輸出。此可有利地實現較廣頻率範圍內之效能調諧。例如，可針對一第一頻率範圍調諧一第一總成且可針對一第二頻率範圍調諧一第二總成。信號可被導引至適當總成1110且在一共同輸出端處接合。因此，分集接收模組1108可經組態以相對於包含一單一放大器總成之一組態而覆蓋具有提高效能之一較廣頻率範圍。

圖12展示：在一些實施例中，部分或全部分集接收器組態(其包含具有特徵組合之部分或全部分集接收器組態(例如圖1至圖9b))可完全或部分

實施於一架構中。此一架構可包含一或多個模組且可經組態以提供諸如分集接收器(DRx)前端功能之前端功能。

在圖12之實例中，一架構1208可包含一控制器1202 (其可包含一前端功率管理積體電路[FE-PIMC])、一組合總成1206、一可變增益放大器總成1210 (其包含具有本文中所描述之一或多個特徵的嵌入式可程式化衰減器1216)，且一濾波器組1208 (其可包含一或多個帶通濾波器)可安裝及/或實施於封裝基板1201上及/或封裝基板1201內。其他組件(諸如若干SMT裝置1205)亦可實施於架構1208中。

在一些實施方案中，具有本文中所描述之一或多個特徵的一裝置及/或一電路可包含於諸如一無線裝置之一RF電子裝置中。此一裝置及/或電路可直接依本文中所描述之一模組化形式或其之某一組合實施於無線裝置中。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、一無線平板電腦等等。

圖13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1300。在具有本文中所描述之一或多個特徵之一或多個模組之內文中，此等模組一般可由一虛線框1306 (其可實施為(例如)一前端模組)及一分集接收器(DRx)模組1308 (其可實施為(例如)一前端模組)描繪。

參考圖13，功率放大器(PA) 1382可自一收發器1304接收其各自RF信號，收發器1304可經組態及操作以產生待放大及傳輸之RF信號且處理所接收之信號。收發器1304經展示為與一基頻子系統1305互動，基頻子系統1305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1304之RF信號之間的轉換。收發器1304亦可與一功率管理組件1307

通信，功率管理組件1307經組態以管理用於操作無線裝置1300之功率。此功率管理亦可控制基頻子系統1305及模組1306及1308之操作。

基頻子系統1305經展示為連接至一使用者介面1301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。基頻子系統1305亦可連接至一記憶體1303，記憶體1303經組態以儲存用於促進無線裝置之操作的資料及/或指令及/或對使用者提供資訊儲存。

在實例性無線裝置1300中，PA 1382之輸出經展示為匹配於(經由各自匹配電路1384)且選路至其各自雙工器1386。此等經放大及濾波之信號可透過一切換網路1309選路至一主天線1360而用於傳輸。在一些實施例中，雙工器1386可允許使用一共同天線(例如主天線1360)來同時執行傳輸及接收操作。在圖13中，所接收之信號經展示為選路至一可變增益放大器總成1310a，可變增益放大器總成1310a提供本文中所描述之可變增益放大器之特徵及優點。DRx模組1308亦包含一類似可變增益放大器總成1310b。

在實例性無線裝置1300中，主天線1330處所接收之信號可經匹配(經由各自匹配電路1385)且可被發送至前端模組1306中之一可變增益放大器1310a。可變增益放大器1310a可包含一放大前可程式化衰減總成1320、一放大器1330、一放大後可程式化衰減總成1340及一分流器1350。可變增益放大器1310a經組態以在輸入端1312處接收複數個信號且在輸出端1318處輸出複數個經處理信號。可變增益放大器1310a經組態以將複數個可切換路徑提供至放大器1310a，該複數個可切換路徑包含嵌入式可程式化衰減器，該嵌入式可程式化衰減器通過複數個增益模式提供目標放大且相對於不包含嵌入式可程式化衰減器之可變增益放大器而提高信號之線性

度。在至少一高增益模式中，可繞過可程式化衰減器以減少或消除對雜訊指數的影響。在至少一非高增益模式中，可程式化衰減器可經調適以提高在至少一非高增益模式中放大之信號之線性度。

無線裝置亦包含一分集天線1370及自分集天線1370接收信號之一分集接收器模組1308。分集接收模組1308包含一可變增益放大器1310b，其類似於前端模組1306中之可變增益放大器1310a。分集接收器模組1308及可變增益放大器1310b處理所接收之信號且將經處理信號傳輸至收發器1304。在一些實施例中，一雙工器、三工器或其他多工器或濾波器總成可包含於分集天線1370與分集接收器模組1308之間，如本文中所描述。

可使用本文中所描述之各種蜂巢式頻帶來實施本發明之一或多個特徵。此等頻帶之實例列於表1中。應瞭解，至少一些頻帶可被分成子頻帶。亦應瞭解，可使用不具有標識之頻率範圍(諸如表1之實例)來實施本發明之一或多個特徵。應瞭解，術語「射頻(RF)」及「射頻信號」係指至少包含表1中所列之頻率的信號。

表1

頻帶	模式	Tx 頻率範圍 (MHz)	Rx 頻率範圍 (MHz)
B1	FDD	1,920至1,980	2,110至2,170
B2	FDD	1,850至1,910	1,930至1,990
B3	FDD	1,710至1,785	1,805至1,880
B4	FDD	1,710至1,755	2,110至2,155
B5	FDD	824至849	869至894
B6	FDD	830至840	875至885
B7	FDD	2,500至2,570	2,620至2,690
B8	FDD	880至915	925至960
B9	FDD	1,749.9至1,784.9	1,844.9至1,879.9
B10	FDD	1,710至1,770	2,110至2,170

B11	FDD	1,427.9至1,447.9	1,475.9至1,495.9
B12	FDD	699至716	729至746
B13	FDD	777至787	746至756
B14	FDD	788至798	758至768
B15	FDD	1,900至1,920	2,600至2,620
B16	FDD	2,010至2,025	2,585至2,600
B17	FDD	704至716	734至746
B18	FDD	815至830	860至875
B19	FDD	830至845	875至890
B20	FDD	832至862	791至821
B21	FDD	1,447.9至1,462.9	1,495.9至1,510.9
B22	FDD	3,410至3,490	3,510至3,590
B23	FDD	2,000至2,020	2,180至2,200
B24	FDD	1,626.5至1,660.5	1,525至1,559
B25	FDD	1,850至1,915	1,930至1,995
B26	FDD	814至849	859至894
B27	FDD	807至824	852至869
B28	FDD	703至748	758至803
B29	FDD	N/A	716至728
B30	FDD	2,305至2,315	2,350至2,360
B31	FDD	452.5至457.5	462.5至467.5
B32	FDD	N/A	1,452至1,496
B33	TDD	1,900至1,920	1,900至1,920
B34	TDD	2,010至2,025	2,010至2,025
B35	TDD	1,850至1,910	1,850至1,910
B36	TDD	1,930至1,990	1,930至1,990
B37	TDD	1,910至1,930	1,910至1,930
B38	TDD	2,570至2,620	2,570至2,620
B39	TDD	1,880至1,920	1,880至1,920
B40	TDD	2,300至2,400	2,300至2,400
B41	TDD	2,496至2,690	2,496至2,690
B42	TDD	3,400至3,600	3,400至3,600

B43	TDD	3,600至3,800	3,600至3,800
B44	TDD	703至803	703至803
B45	TDD	1,447至1,467	1,447至1,467
B46	TDD	5,150至5,925	5,150至5,925
B65	FDD	1,920至2,010	2,110至2,200
B66	FDD	1,710至1,780	2,110至2,200
B67	FDD	N/A	738至758
B68	FDD	698至728	753至783

本發明描述各種特徵，其之單一者不單獨負責本文中所描述之益處。應瞭解，可組合、修改或省略本文中所描述之各種特徵，如一般技術者將明白。一般技術者將明白除本文中所明確描述之組合及子組合之外的其他組合及子組合，且該等組合及子組合意欲形成本發明之一部分。本文中結合各種流程圖步驟及/或階段描述各種方法。應瞭解，在諸多情況中，可將特定步驟及/或階段組合在一起，使得流程圖中所展示之多個步驟及/或階段可經執行為一單一步驟及/或階段。此外，可將特定步驟及/或階段分解成被單獨執行之額外子組件。在一些例項中，可重新配置步驟及/或階段之順序且可完全省略特定步驟及/或階段。此外，本文中所描述之方法應被理解為開放式的，使得除本文中所展示及描述之步驟及/或階段之外的額外步驟及/或階段亦可被執行。

可使用(例如)電腦軟體、硬體、韌體或電腦軟體、硬體及韌體之任何組合來有利地實施本文中所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)中之電腦可執行程式碼，其在被執行時執行本文中所描述之功能。在一些實施例中，電腦可執行程式碼由一或多個通用電腦處理器執行。熟悉技術者應瞭解，鑑於本發明，亦可使用硬體、軟體或韌體之一不同組合來實施可使用待在一通用

電腦上執行之軟體來實施之任何特徵或功能。例如，可使用積體電路之一組合來將此一模組完全實施於硬體中。替代地或另外，可使用經設計以執行本文中所描述之特定功能之專用電腦而非藉由通用電腦來完全或部分實施此一特徵或功能。

多個分佈式運算裝置可替代本文中所描述之任一運算裝置。在此等分佈式實施例中，一個運算裝置之功能經分佈(例如，通過一網路)使得一些功能經執行於分佈式運算裝置之各者上。

可參考方程式、演算法及/或流程圖來描述一些實施例。可使用可在一或多個電腦上執行之電腦程式指令來實施此等方法。此等方法亦可經單獨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，各方程式、演算法、區塊或一流程圖之步驟及其之組合可由硬體、軟體及/或軟體(其包含體現於電腦可讀程式碼邏輯中之一或多個電腦程式指令)實施。應瞭解，可將任何此等電腦程式指令載入至一或多個電腦(其包含(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(其用於產生一機器)上，使得在(若干)電腦或(若干)其他可程式化處理裝置上執行之電腦程式指令實施方程式、演算法及/或流程圖中所指定之功能。亦應瞭解，各方程式、演算法及/或流程圖中之區塊及其之組合可由基於專用硬體之電腦系統(其執行指定功能或步驟)或專用硬體及電腦可讀程式碼邏輯構件之組合實施。

此外，電腦程式指令(諸如，體現於電腦可讀程式碼邏輯中)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，該等電腦程式指令可指導一或多個電腦或其他可程式化處理裝置依一特定方式運行，使得儲存於電腦可讀記憶體中之指令實施(若干)流程圖之(若干)區塊中所指定

之(若干)功能。亦可將電腦程式指令載入至一或多個電腦或其他可程式化運算裝置上以引起在一或多個電腦或其他可程式化運算裝置上執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(若干)方程式、(若干)演算法及/或(若干)流程圖之(若干)區塊中所指定之功能的步驟。

可由一電腦系統執行及完全自動化本文中所描述之部分或全部方法及任務。在一些情況中，電腦系統可包含通過一網路來通信及相互操作以執行描述功能的多個不同電腦或運算裝置(例如實體伺服器、工作站、儲存陣列等等)。各此運算裝置通常包含一處理器(或多個處理器)，其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。本文中所揭示之各種功能可體現於此等程式指令中，但替代地，部分或全部揭示功能可實施於電腦系統之專用電路(例如ASIC或FPGA)中。當電腦系統包含多個運算裝置時，可(但非必需)共置此等裝置。可藉由將實體儲存裝置(諸如固態記憶體晶片及/或磁碟)變換成一不同狀態來持久儲存所揭示之方法及任務之結果。

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」及類似含義之用語應係指整個本申請案而非本申請案之任何特定部分。若內文容許，則在[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或該清單中之項目之任何組合。用語「例示性」在本文中專門用於意指「用作一實例、例項或說明」。在本文中描述為「例示性」之任何實施方案未必被解釋為好於或優於其他實施方案。

本發明不意欲受限於本文中所展示之實施方案。熟悉技術者可易於明白本發明中所描述之實施方案之各種修改，且可在不背離本發明之精神或範疇的情況下將本文中所界定之一般原理應用於其他實施方案。本文中所提供之本發明之教示可應用於其他方法及系統，而非受限於上文所描述之方法及系統，且上文所描述之各種實施例之元件及動作可經組合以提供進一步實施例。相應地，可依各種其他形式體現本文中所描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】

100	無線裝置
102	控制器
104	收發器
106	射頻(RF)模組
108	分集接收器模組
110a	可變增益放大器
110b	可變增益放大器
160	主天線
170	分集天線

200	分集接收器(DRx)組態
208	DRx前端模組(FEM)
210	多工器
272	濾波器總成
308a	前端模組
310a	可變增益放大器
310b	可變增益放大器
312a至312c	輸入埠
318	輸出埠
318a至318c	輸出端
320	第一衰減級
322a至322c	輸入端/輸入埠
324a至324c	開關
326a至326c	可變衰減元件/衰減器
328	共同輸出端
330	放大級
340	第二衰減級
350	分流器
410	可變增益放大器
420	第一衰減級
425a至425c	分支
510	可變增益放大器
540	第二衰減級

620	多工器/放大前衰減級
622	輸入埠
623	頻帶選擇開關
625	衰減選擇分支
628	輸出埠
740	放大後衰減級
910a	可變增益放大器
910b	可變增益放大器
912	輸入埠
913	輸入匹配網路
914	輸出匹配網路
918	共同輸出埠
930a	放大級
930b	放大級
932	退化切換區塊
1000a	繪圖
1000b	繪圖
1002a	NF
1002b	NF
1004a	目標NF
1004b	目標NF
1006a	經允許之LNA前衰減
1006b	經允許之LNA前衰減

1010a	繪圖
1010b	繪圖
1012a	NF
1012b	NF
1020a	繪圖
1020b	繪圖
1022a	IIP3
1022b	IIP3
1024a	目標IIP3
1024b	目標IIP3
1030a	繪圖
1030b	繪圖
1032a	IIP3
1032b	IIP3
1101	封裝基板
1102	控制器
1105	SMT裝置
1106	組合總成
1108	濾波器組/分集接收模組
1110	可變增益放大器總成
1116	嵌入式可程式化衰減器
1201	封裝基板
1202	控制器

1205	SMT裝置
1206	組合總成
1208	架構/濾波器組
1210	可變增益放大器總成
1216	嵌入式可程式化衰減器
1300	無線裝置
1301	使用者介面
1303	記憶體
1304	收發器
1305	基頻子系統
1306	前端模組
1307	功率管理組件
1308	DRx模組
1309	切換網路
1310a	可變增益放大器總成
1310b	可變增益放大器總成
1312	輸入端
1318	輸出端
1320	放大前可程式化衰減總成
1330	放大器
1340	放大後可程式化衰減總成
1350	分流器
1360	主天線

1370	分集天線
1382	功率放大器(PA)
1384	匹配電路
1385	匹配電路
1386	雙工器
Q1	電晶體
Q2	電晶體
Q3	電晶體
Q4	電晶體
Q5	電晶體
Q6	電晶體
R1	可變衰減器
R2至R4	電阻器
S1至S3	開關
VDD	電壓源
ZL	負載
ZS	電感元件
ZS1	額外電感元件

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種可變增益信號放大器，其包括：

一第一衰減級(attenuation stage)，其具有複數個分支(branches)，各分支包含一開關電路及一可變衰減元件(variable-attenuation element)，該開關電路及該可變衰減元件經組態以使得該開關電路在一第一狀態中提供旁通(bypass)該可變衰減元件之一路徑、在一第二狀態中提供通過(pass through)該可變衰減元件之一路徑、及在一第三狀態中消除(eliminate)通過該分支之任何信號路徑，該第一衰減級具有一共同輸出端及用於各分支之一輸入端；

一放大級，其耦合至該第一衰減級之該共同輸出端以提供一多工(multiplexed)輸出；及

一第二衰減級，其經組態以接收該放大級之該多工輸出以提供一放大輸出信號來維持一增益位準範圍內之各種所要特性。

【第2項】

如請求項1之放大器，其中該信號包含一射頻信號。

【第3項】

如請求項1之放大器，其中該第一衰減級經組態以提供一旁通路徑，使得一輸入端處所接收之一信號在不被該可變衰減元件衰減的情況下被導引至該共同輸出端。

【第4項】

如請求項3之放大器，其中該第一衰減級經組態以在一高增益模式中提供該旁通路徑。

【第5項】

如請求項4之放大器，其中在該高增益模式中，一信號之一雜訊因數至少部分歸因於繞過該可變衰減元件而未增大。

【第6項】

如請求項4之放大器，其中在其他增益模式中，該信號之輸入三階截取點(Input third-order Intercept Point)至少部分歸因於由該可變衰減元件提供之調適衰減而增大。

【第7項】

如請求項1之放大器，其中該放大器經組態以在各自輸入端處接收覆蓋複數個蜂巢式頻帶之信號。

【第8項】

如請求項1之放大器，其中該放大器經組態以獨立於其他輸入端處所接收之其他信號之衰減或放大而衰減或放大一特定輸入端處所接收之一信號。

【第9項】

如請求項1之放大器，其進一步包括經組態以將控制信號發送至該第一衰減級、該放大級或該第二衰減級之一控制電路。

【第10項】

如請求項9之放大器，其中該控制電路包含經組態以在一高增益模式中提供一放大控制信號之一控制器，該高增益模式引起該第一衰減級提供繞過該可變衰減元件之一路徑。

【第11項】

如請求項1之放大器，其中該第一衰減級經組態以將目標信號選擇性

地導引至該放大級。

【第12項】

如請求項1之放大器，其進一步包括一分流器(splitter)，該分流器具有耦合至該第二衰減級以接收該放大輸出信號之一輸入埠(port)及複數個輸出埠。

【第13項】

如請求項12之放大器，其中該分流器經組態以將該放大輸出信號導引至對應於該第一衰減級之一特定(particular)輸入分支之一目標輸出埠。

【第14項】

一種前端架構，其包括：

一可變增益信號放大器，其包含：一第一衰減級，其具有複數個分支，各分支包含一開關電路及一可變衰減元件，該開關電路及該可變衰減元件經組態以使得該開關電路在一第一狀態中提供旁通該可變衰減元件之一路徑、在一第二狀態中提供通過該可變衰減元件之一路徑、及在一第三狀態中消除通過該分支之任何信號路徑，該第一衰減級具有一共同輸出端及用於各分支之一輸入端；一放大級，其耦合至該第一衰減級之該共同輸出端以提供一多工輸出；及一第二衰減級，其經組態以接收該放大級之該多工輸出以提供一放大輸出信號來維持一增益位準範圍內之各種所要特性；

一濾波器總成，其耦合至該可變增益信號放大器以將頻帶導引至該可變增益信號放大器之選擇輸入端；及

一控制器，其經實施以控制該可變增益信號放大器提供複數個增益模式，使得在一高增益模式中，該可變增益信號放大器藉由控制在一特定

分支中之該開關電路在該第一狀態中以沿繞過該特定分支中之該可變衰減元件之一路徑而導引信號。

【第15項】

如請求項14之前端架構，其中在該高增益模式中，一信號之一雜訊因數至少部分歸因於繞過該可變衰減元件而未增大。

【第16項】

如請求項15之前端架構，其中在其他增益模式中，該信號之輸入三階截取點至少部分歸因於由該可變衰減元件提供之調適衰減而增大。

【第17項】

如請求項14之前端架構，其中針對該複數個分支之個別分支，該第一衰減級經組態以提供通過該可變衰減元件之一衰減路徑及提供不通過該可變衰減元件之一旁通路徑。

【第18項】

一種無線裝置，其包括：

一分集天線；

一濾波器總成，其耦合至該分集天線以接收信號且沿選擇路徑導引頻帶；

一可變增益信號放大器，其耦合至該濾波器總成以自選擇路徑接收信號，該可變增益信號放大器包含：一第一衰減級，其具有複數個分支，各分支包含一開關電路及一可變衰減元件，該開關電路及該可變衰減元件經組態以使得該開關電路在一第一狀態中提供旁通該可變衰減元件之一路徑、在一第二狀態中提供通過該可變衰減元件之一路徑、及在一第三狀態中消除通過該分支之任何信號路徑，該第一衰減級具有一共同輸出端及用

於各分支之一輸入端；一放大級，其耦合至該第一衰減級之該共同輸出端以提供一多工輸出；及一第二衰減級，其經組態以接收該放大級之該多工輸出以提供一放大輸出信號來維持一增益位準範圍內之各種所要特性；及一控制器，其經實施以控制該可變增益信號放大器提供複數個增益模式，使得在一高增益模式中，該可變增益信號放大器藉由控制在一特定分支中之該開關電路在該第一狀態中以沿繞過該特定分支中之該可變衰減元件之一路徑而導引信號。

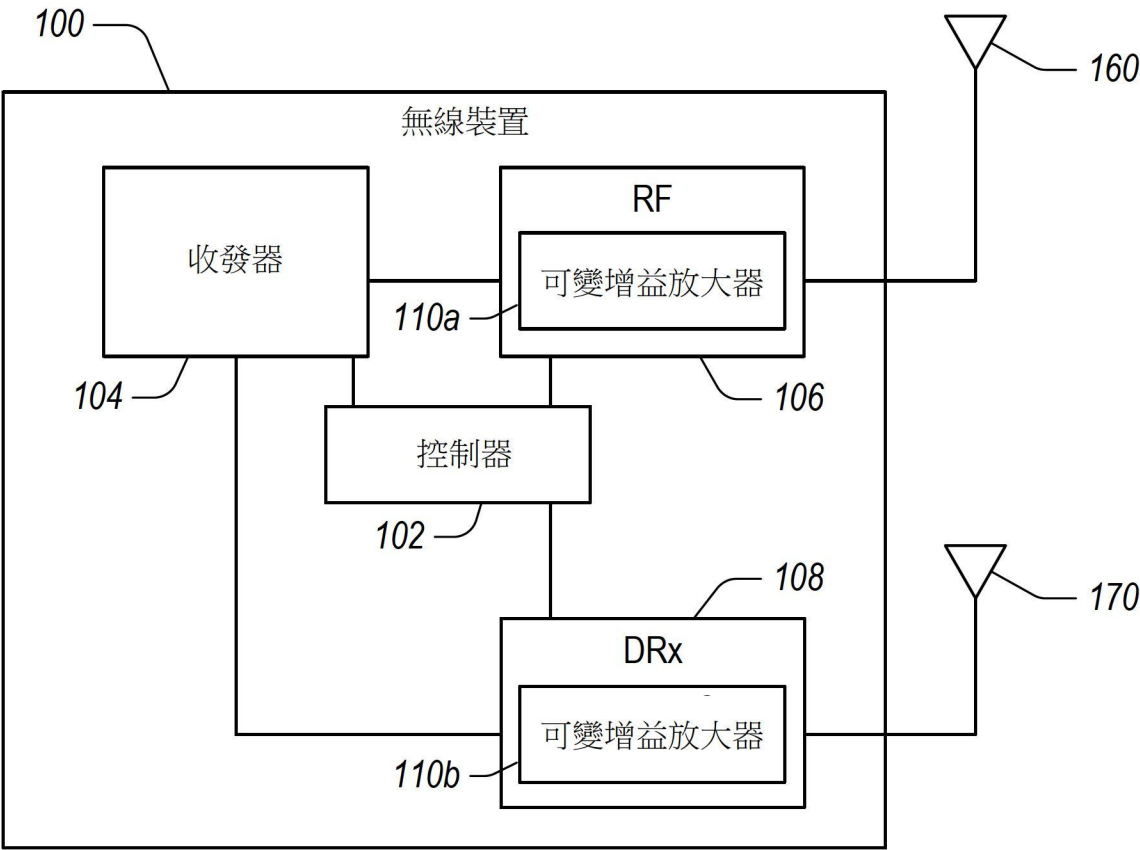
【第19項】

如請求項18之裝置，其中在該高增益模式中，一信號之一雜訊因數至少部分歸因於繞過該可變衰減元件而未增大。

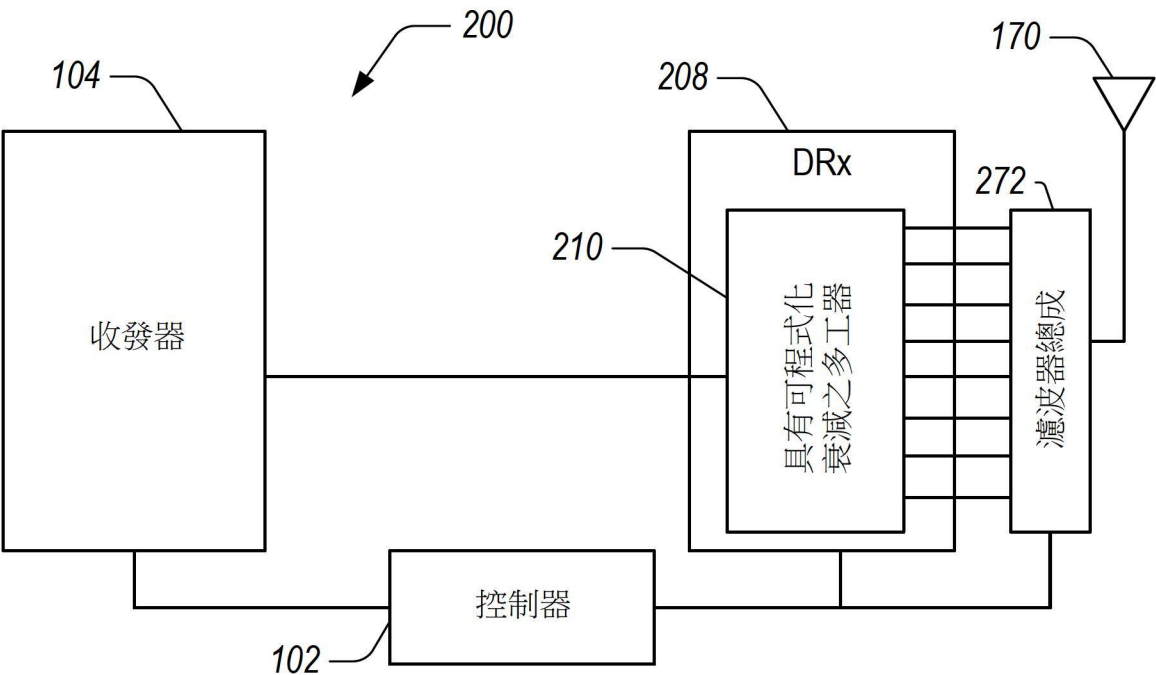
【第20項】

如請求項19之裝置，其中在其他增益模式中，該信號之輸入三階截取點至少部分歸因於由該可變衰減元件提供之調適衰減而增大。

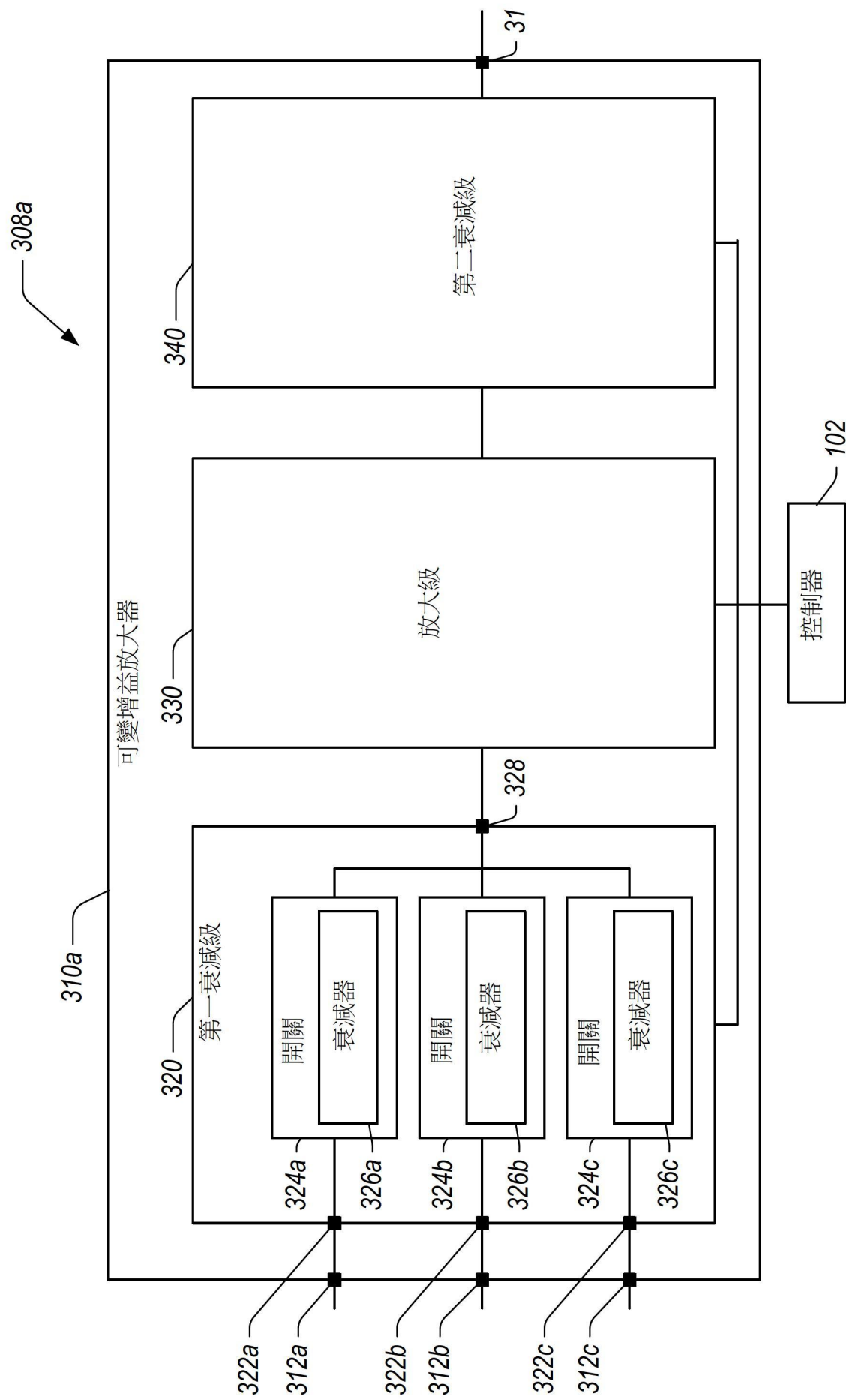
【發明圖式】



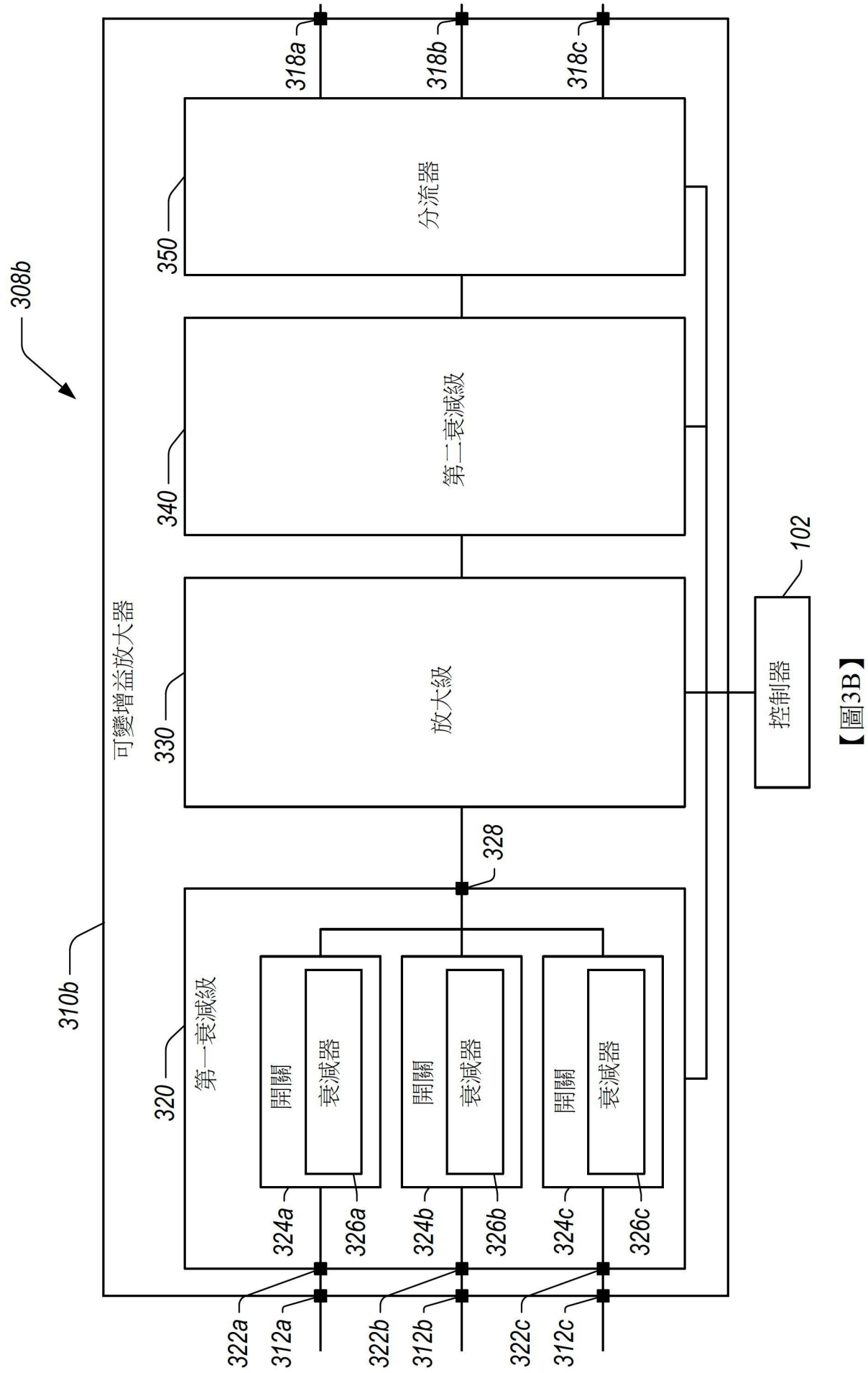
【圖1】

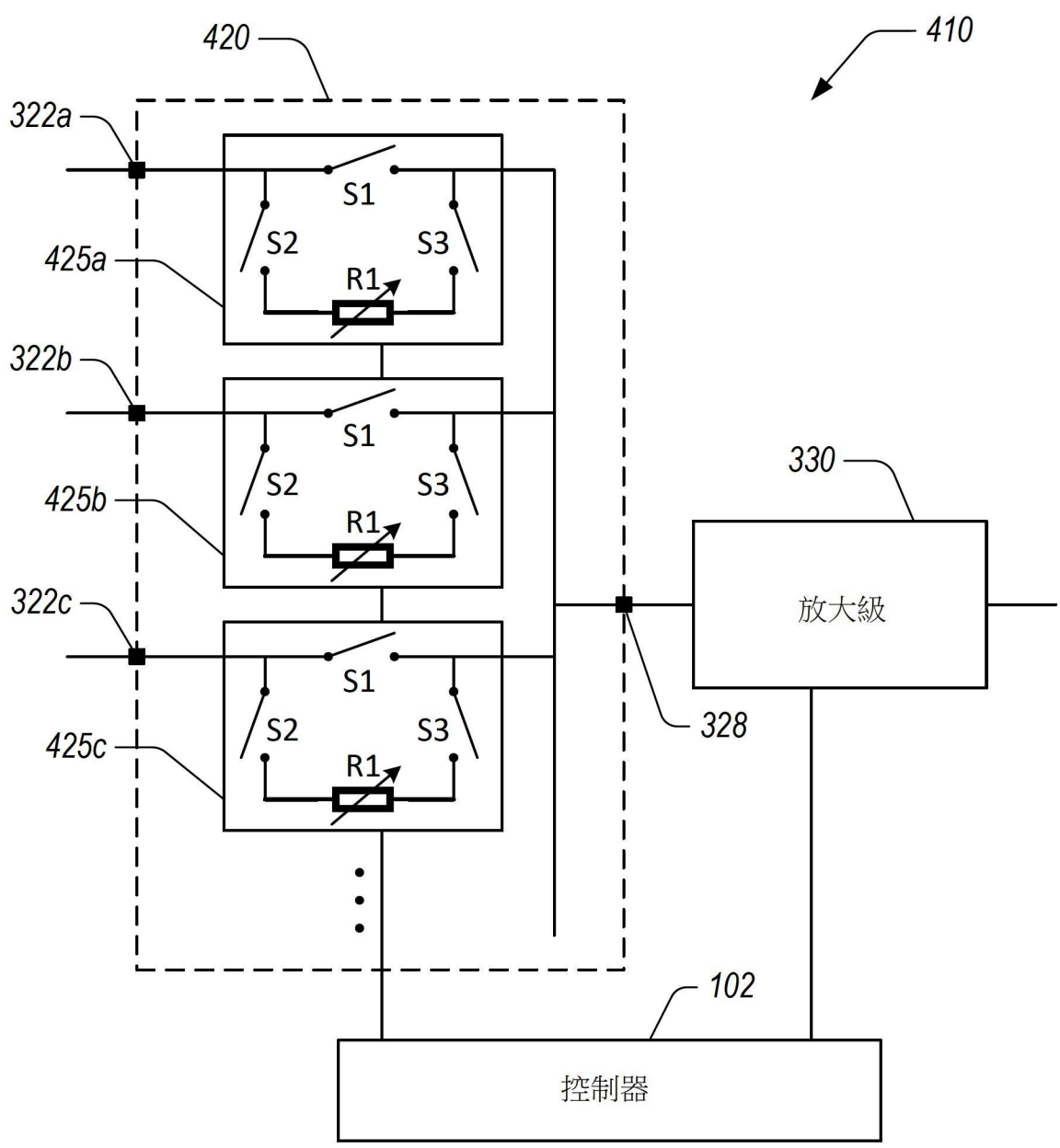


【圖2】

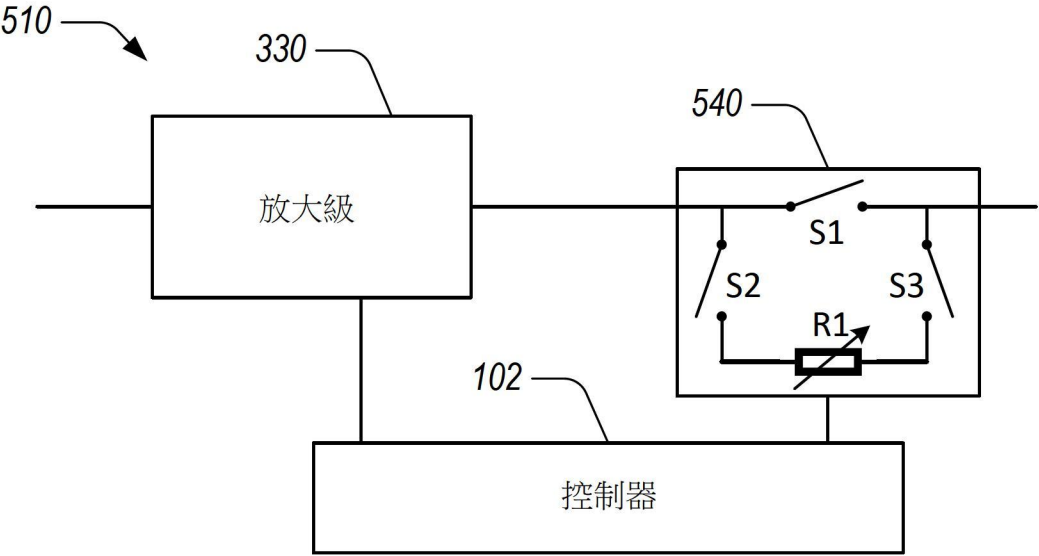


【圖3A】

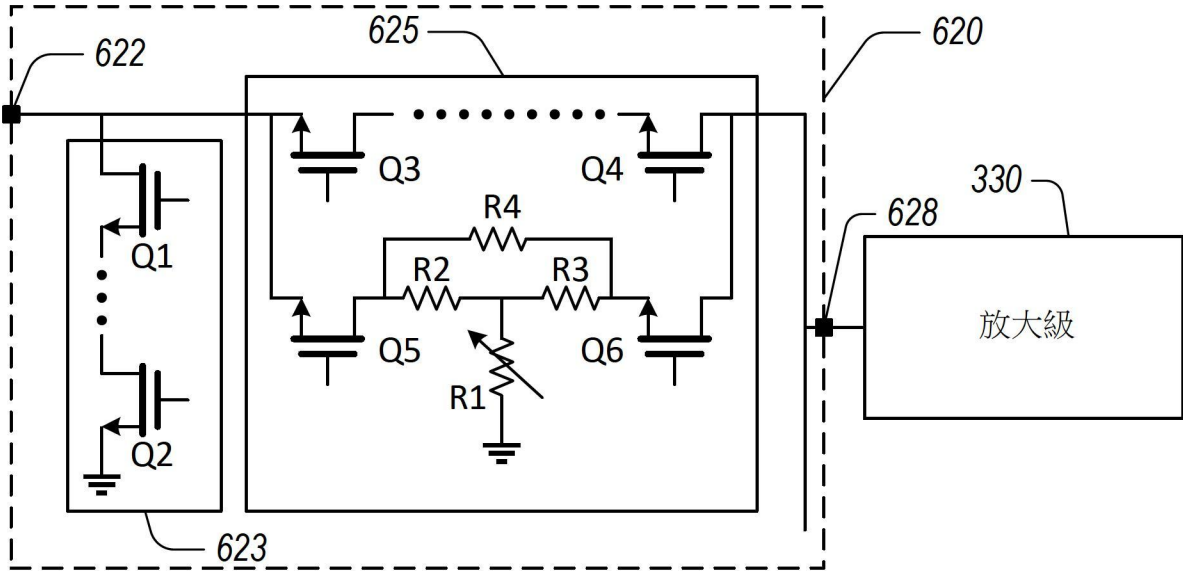




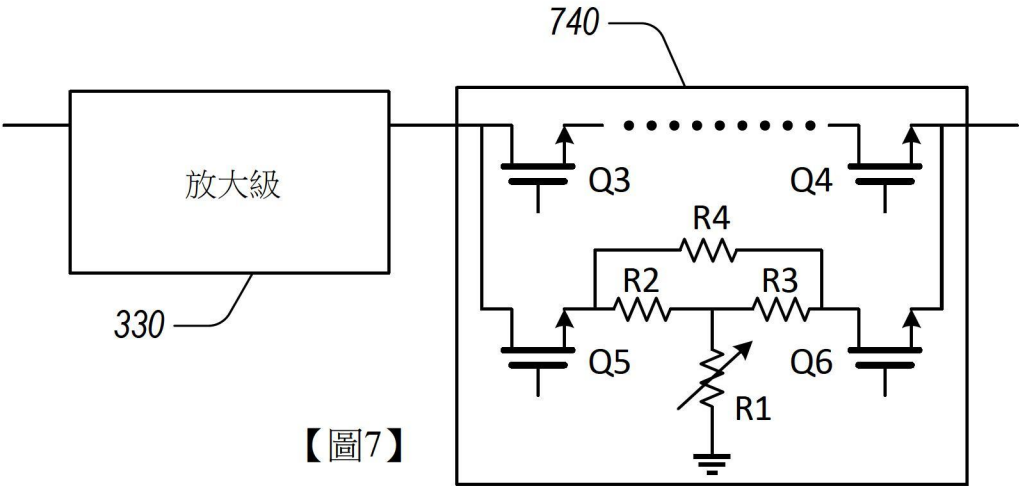
【圖4】



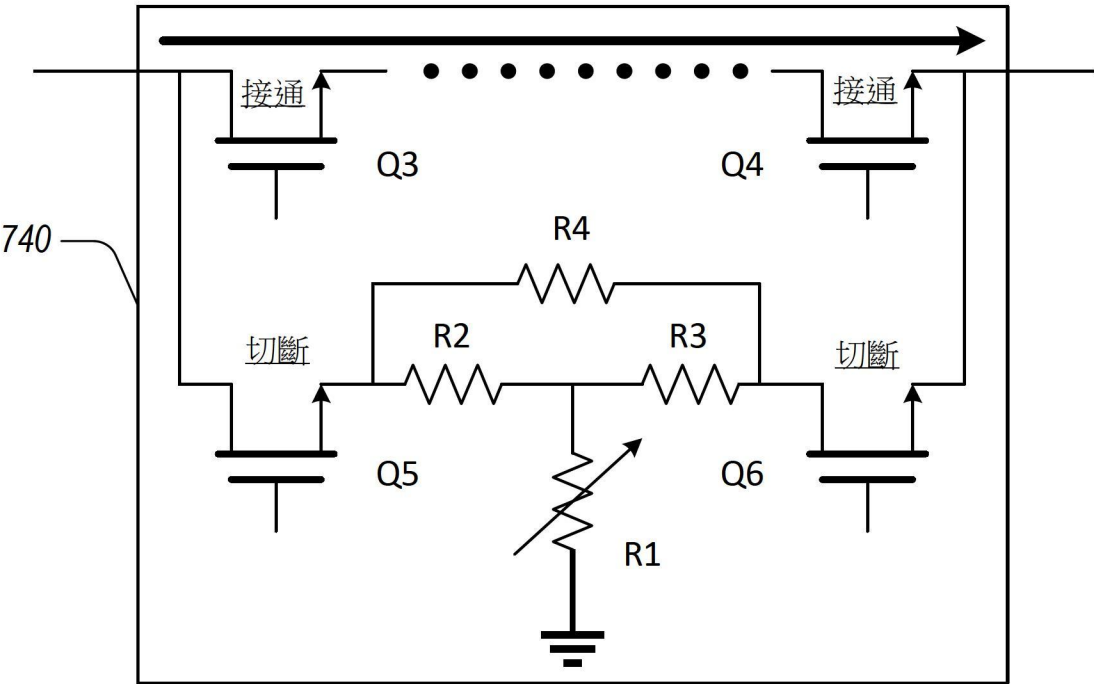
【圖5】



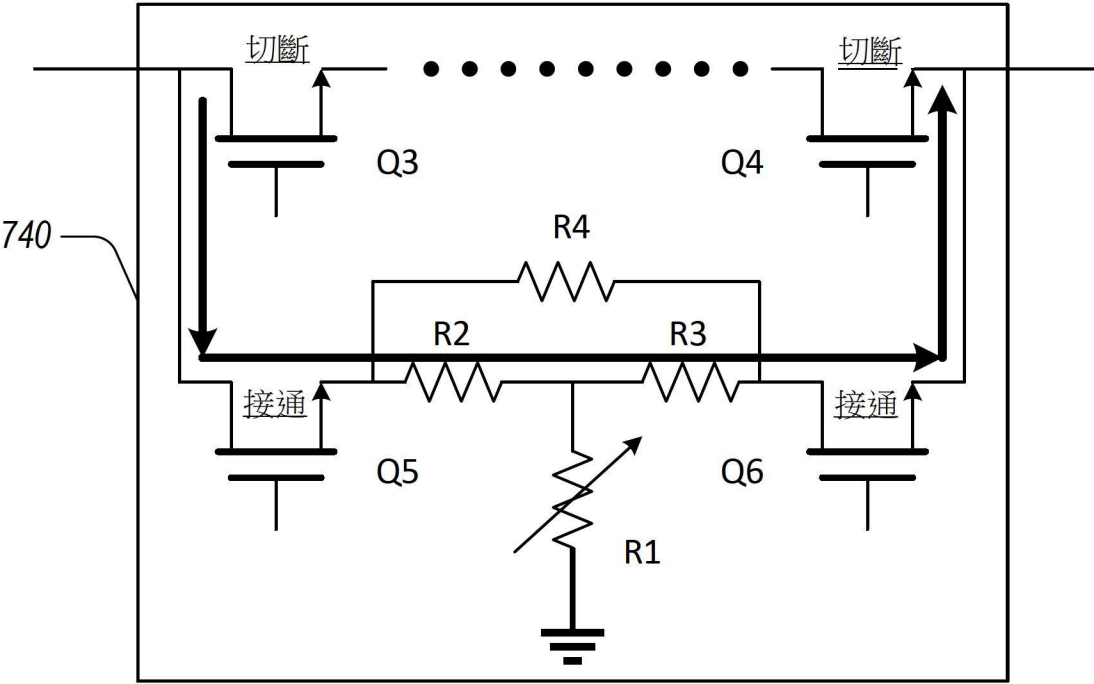
【圖6】



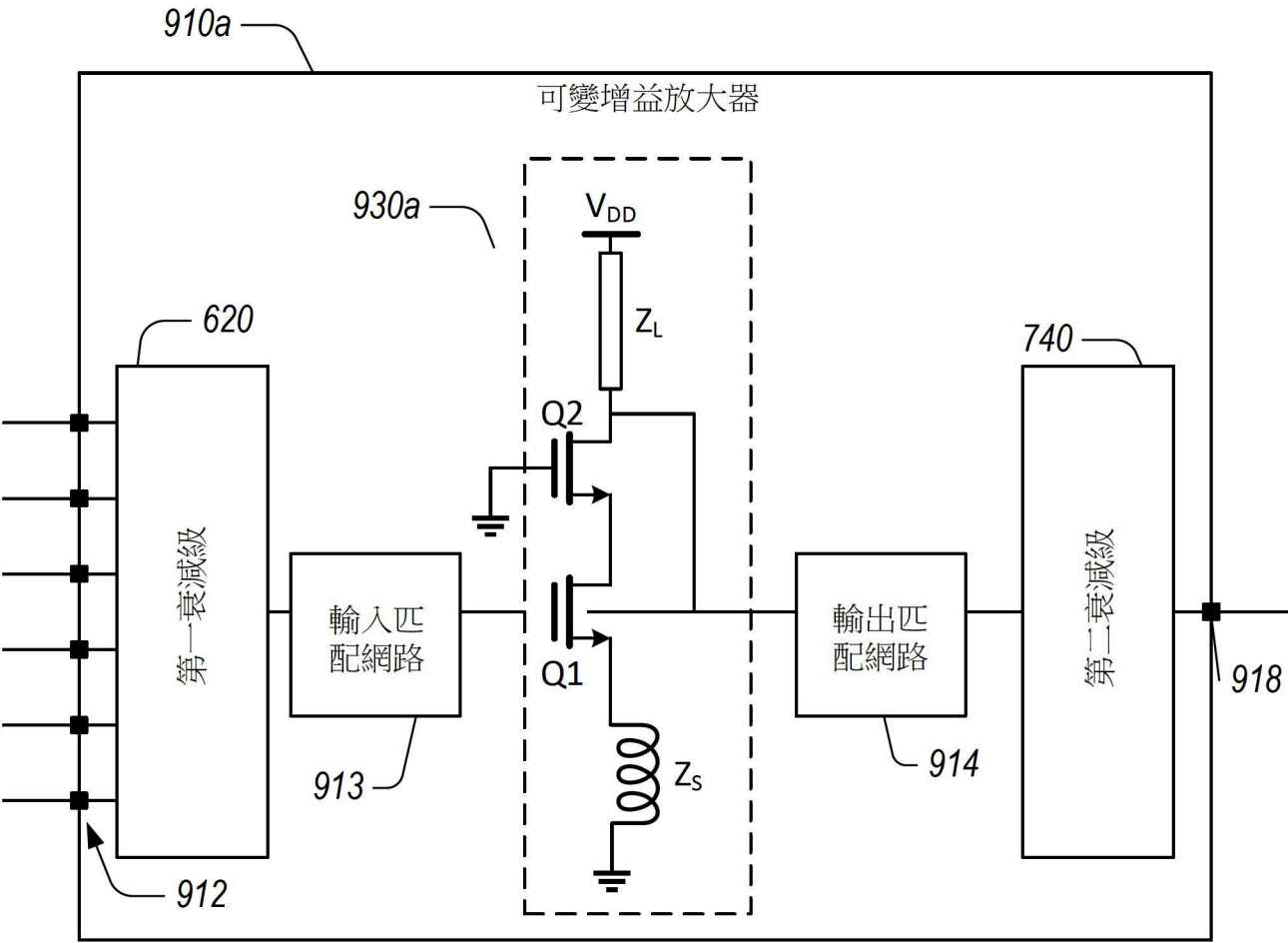
【圖7】



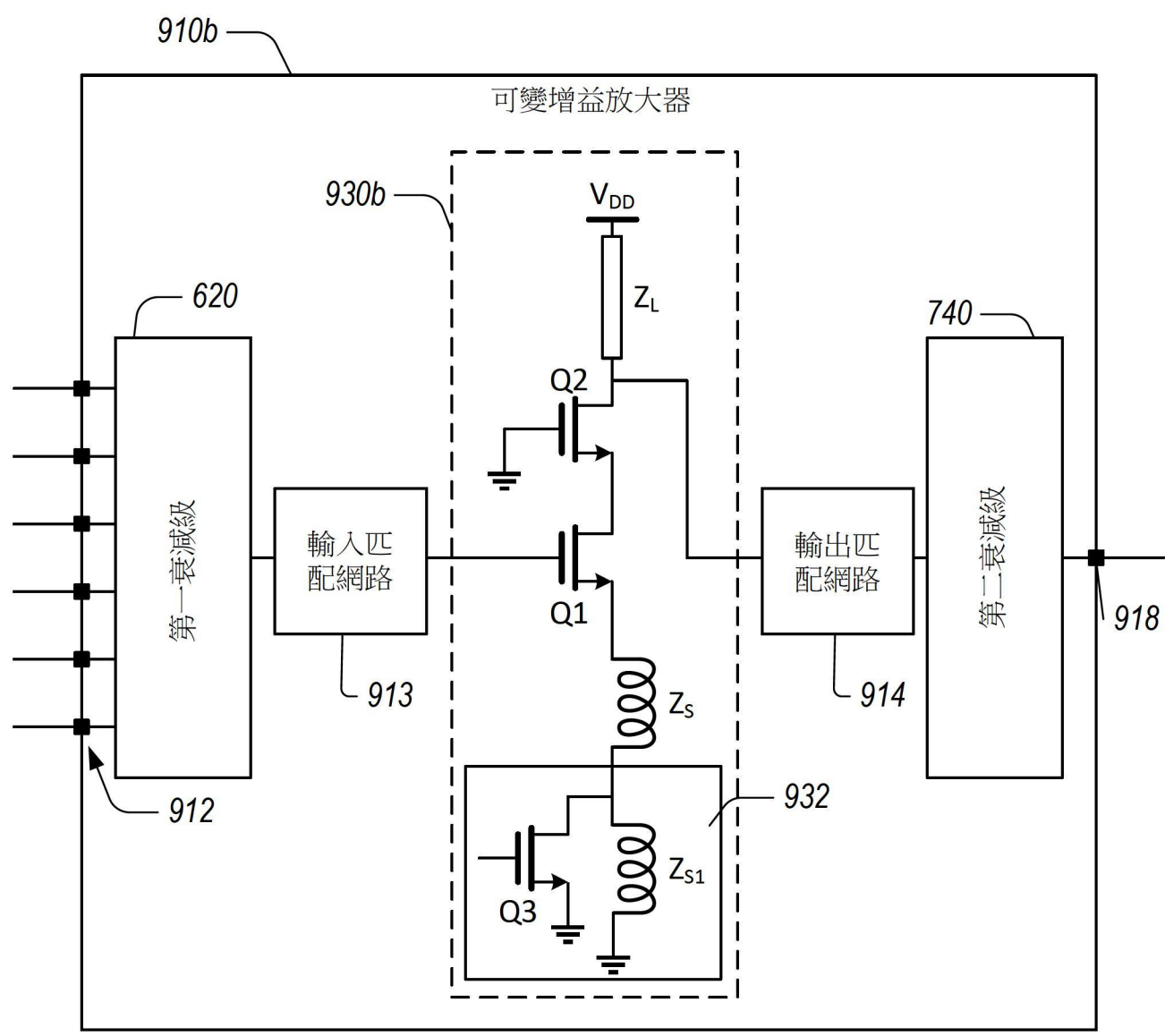
【圖8A】



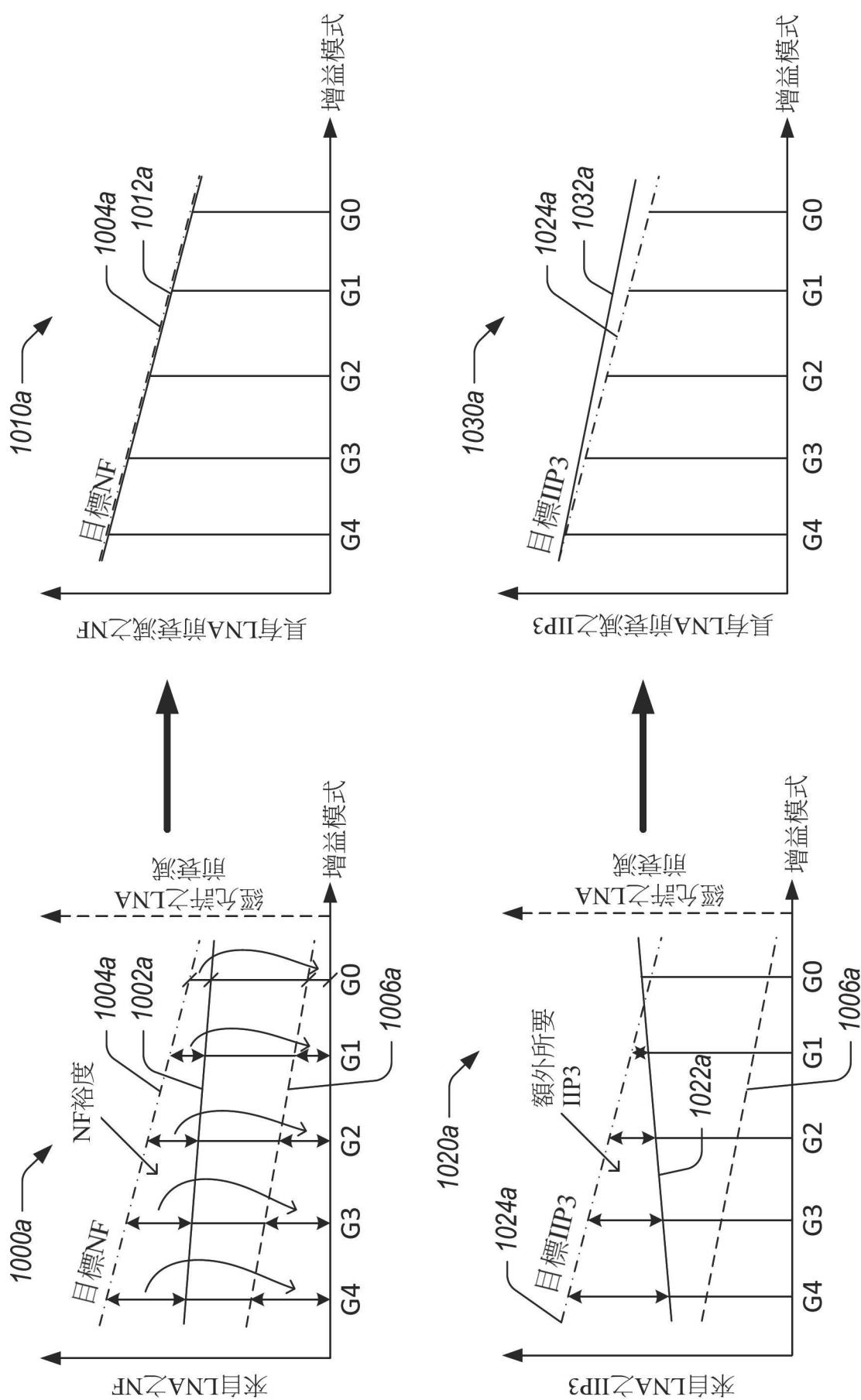
【圖8B】



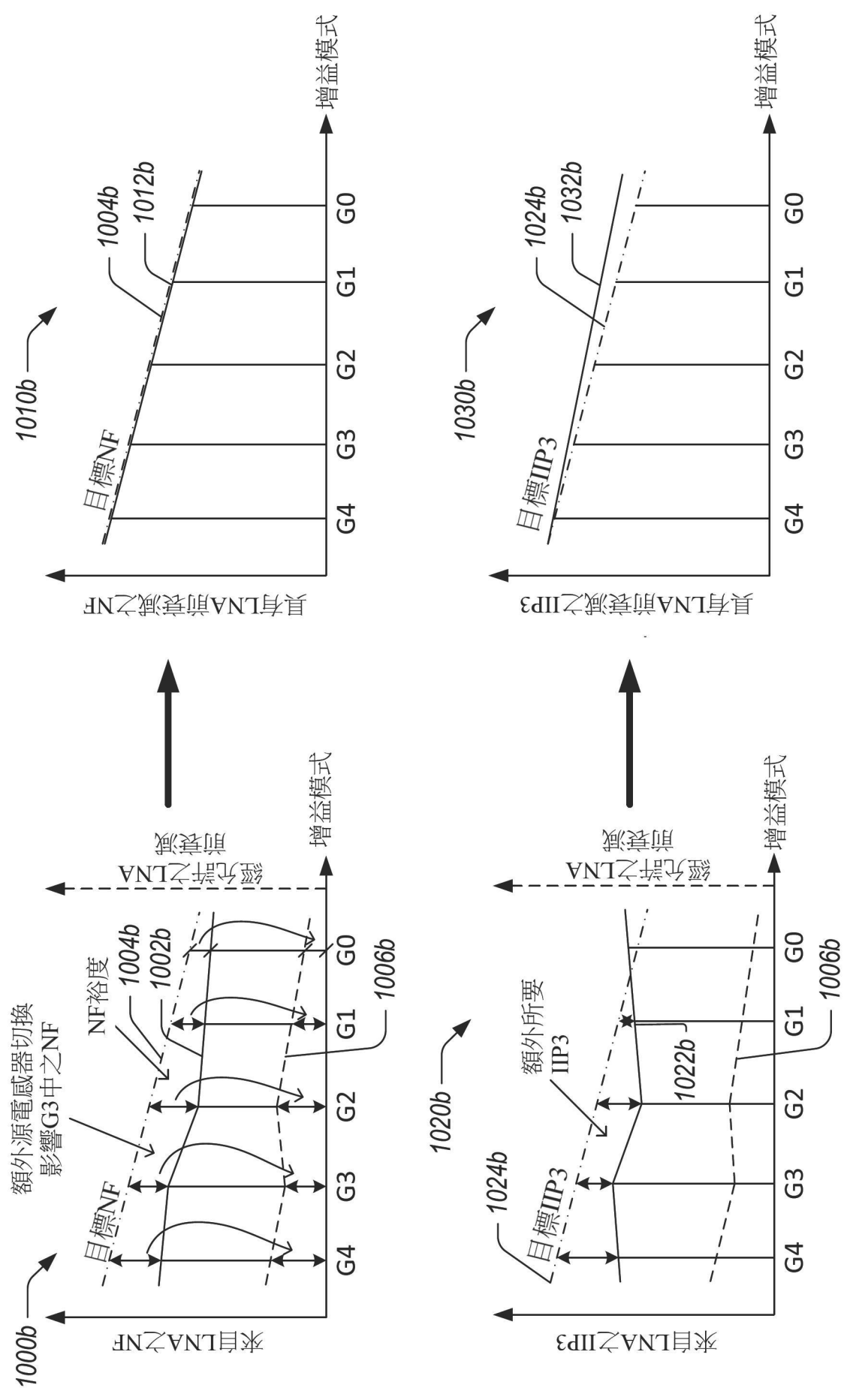
【圖9A】



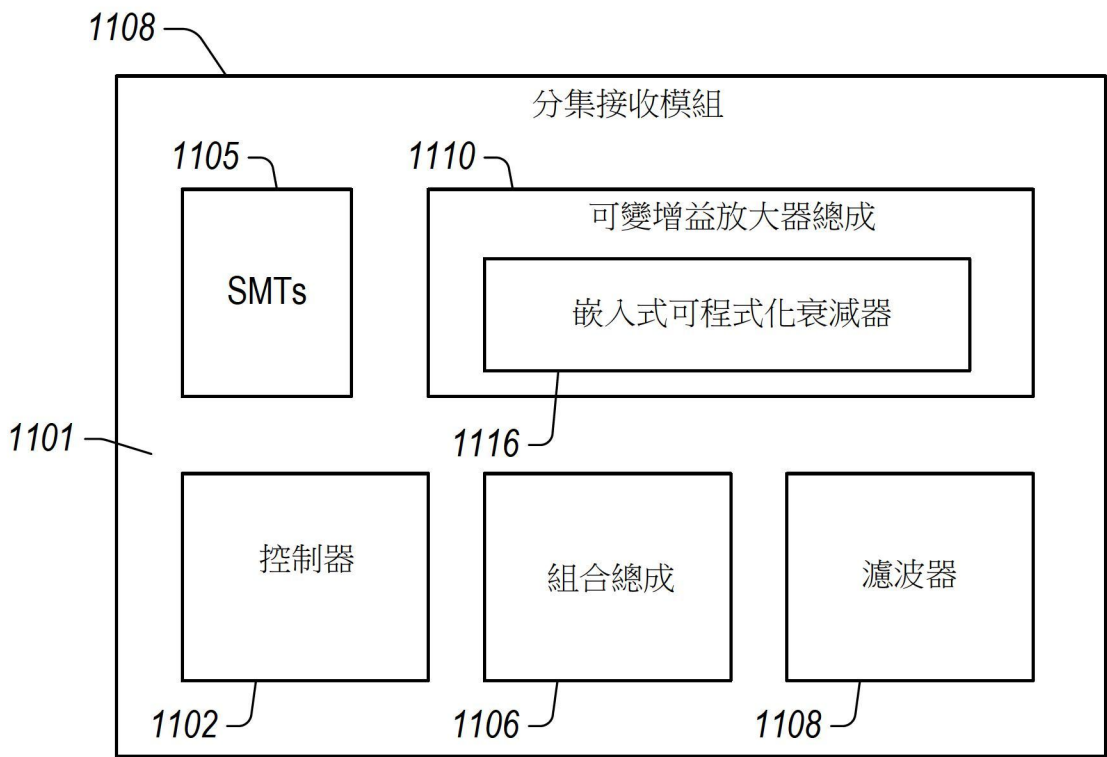
【圖9B】



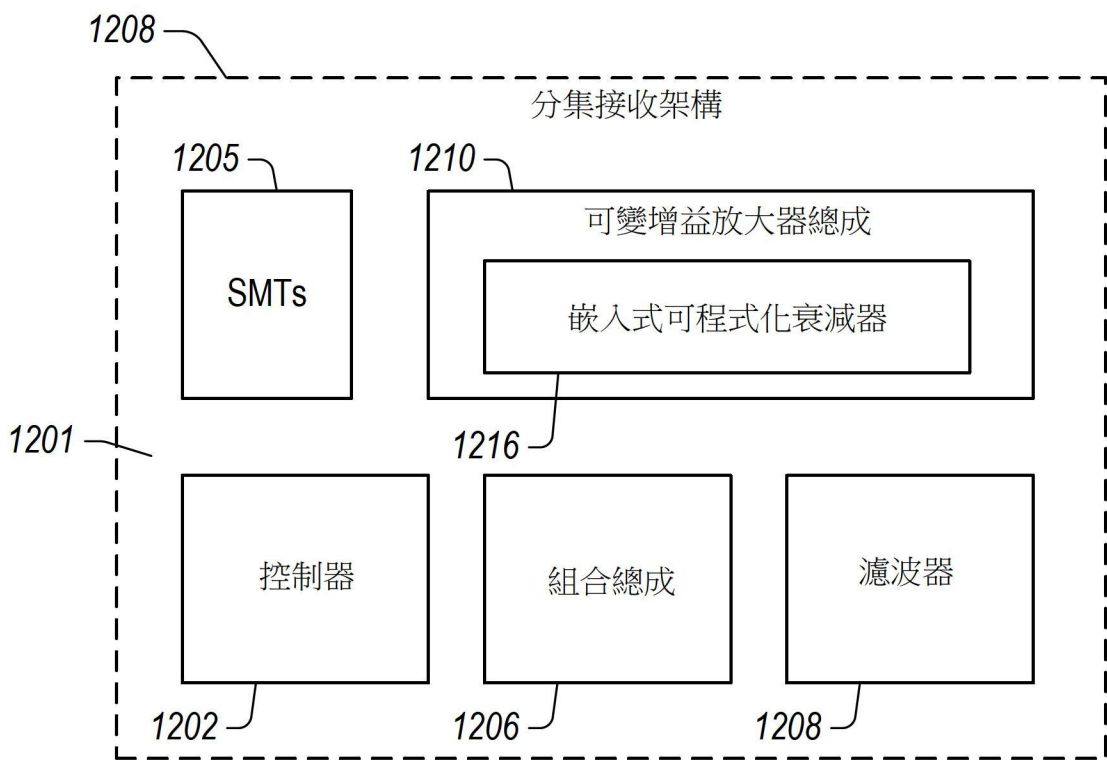
【圖10A】



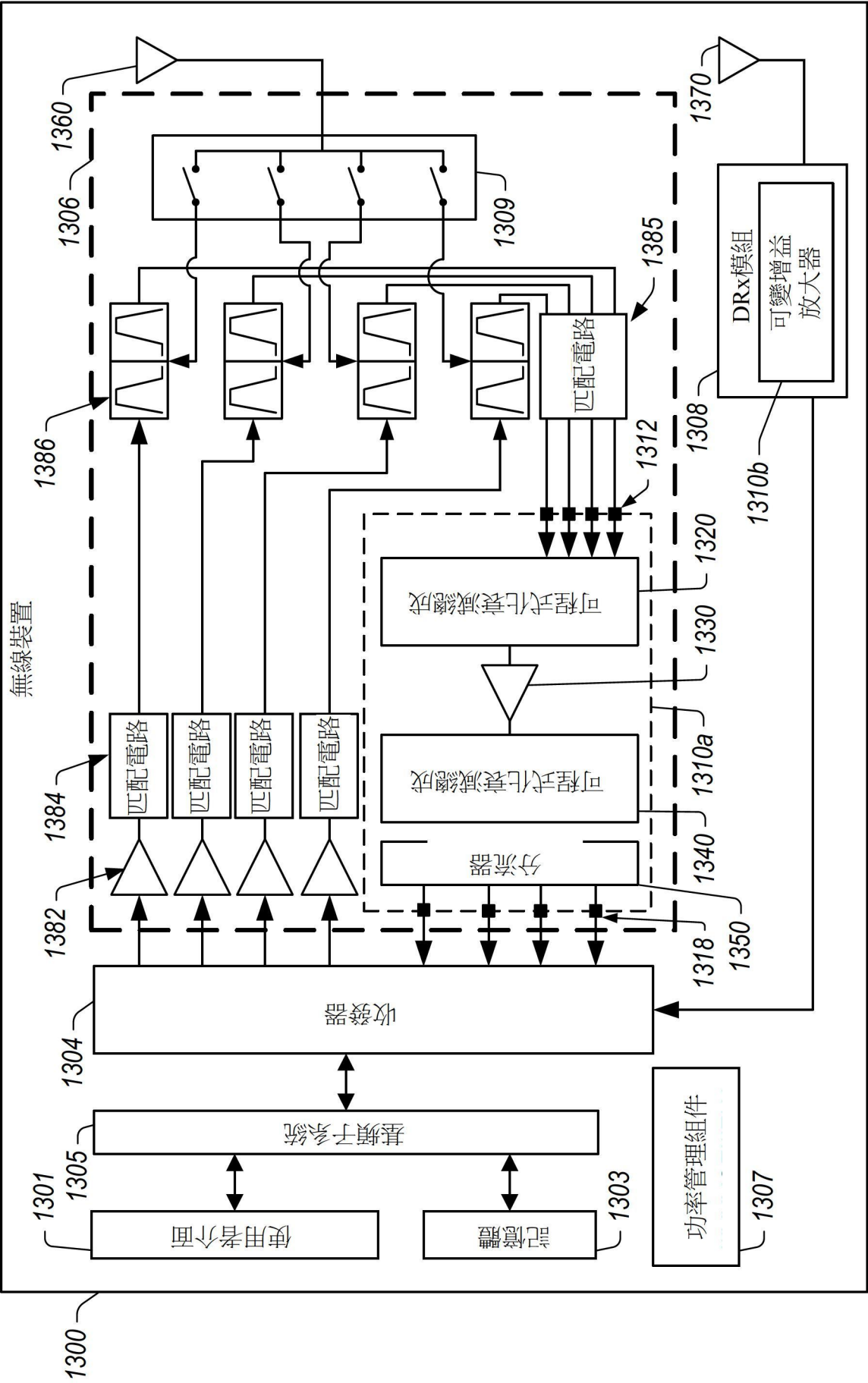
【圖10B】



【圖11】



【圖12】



【圖13】