



(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 I698106 B

(45) 公告日：中華民國 109 (2020) 年 07 月 01 日

(21) 申請案號：108106409

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 02 月 26 日

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

H04B1/04 (2006.01)

H04B1/16 (2006.01)

(71) 申請人：瑞昱半導體股份有限公司 (中華民國) REALTEK SEMICONDUCTOR CORPORATION (TW)

新竹市東區新竹科學園區創新二路二號

(72) 發明人：陳邦萌 CHEN, BENG-MENG (TW)；黃建融 HUANG, CHIEN-JUNG (TW)；呂宜樺 LU, YI-HUA (TW)

(74) 代理人：林昱初

(56) 參考文獻：

TW 201301818A

US 10469036B2

審查人員：林宥辰

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：4 共 20 頁

(54) 名稱

接收機、發射機及其校正電路

(57) 摘要

一種裝置，包含用來產生一第一數位訊號之一基頻電路、用來將該第一數位訊號轉換為一基頻訊號之一數位類比轉換器、用來基於該基頻訊號及一第一參考訊號產生一第一混合訊號之一第一混頻器、用來基於該基頻訊號及一第二參考訊號產生一第二混合訊號之一第二混頻器、用來基於該第一混合訊號及該第二混合訊號產生一降頻後訊號之一第三混頻器、用來將該降頻後訊號轉換為一第二數位訊號之一類比數位轉換器。該第一參考訊號的頻率不等於該第二參考訊號的頻率。

A device includes a baseband circuit that generates a first digital signal, a digital-to-analog converter (DAC) that converts the first digital signal into a baseband signal, a first mixer that generates a first mixed signal based on the baseband signal and a first reference signal, a second mixer that generates a second mixed signal based on the baseband signal and a second reference signal, a third mixer that generates a down-converted signal based on the first mixed signal and the second mixed signal, and an analog-to-digital converter (ADC) that converts the down-converted signal into a second digital signal. The frequency of the first reference signal is not equal to the frequency of the second reference signal.

指定代表圖：

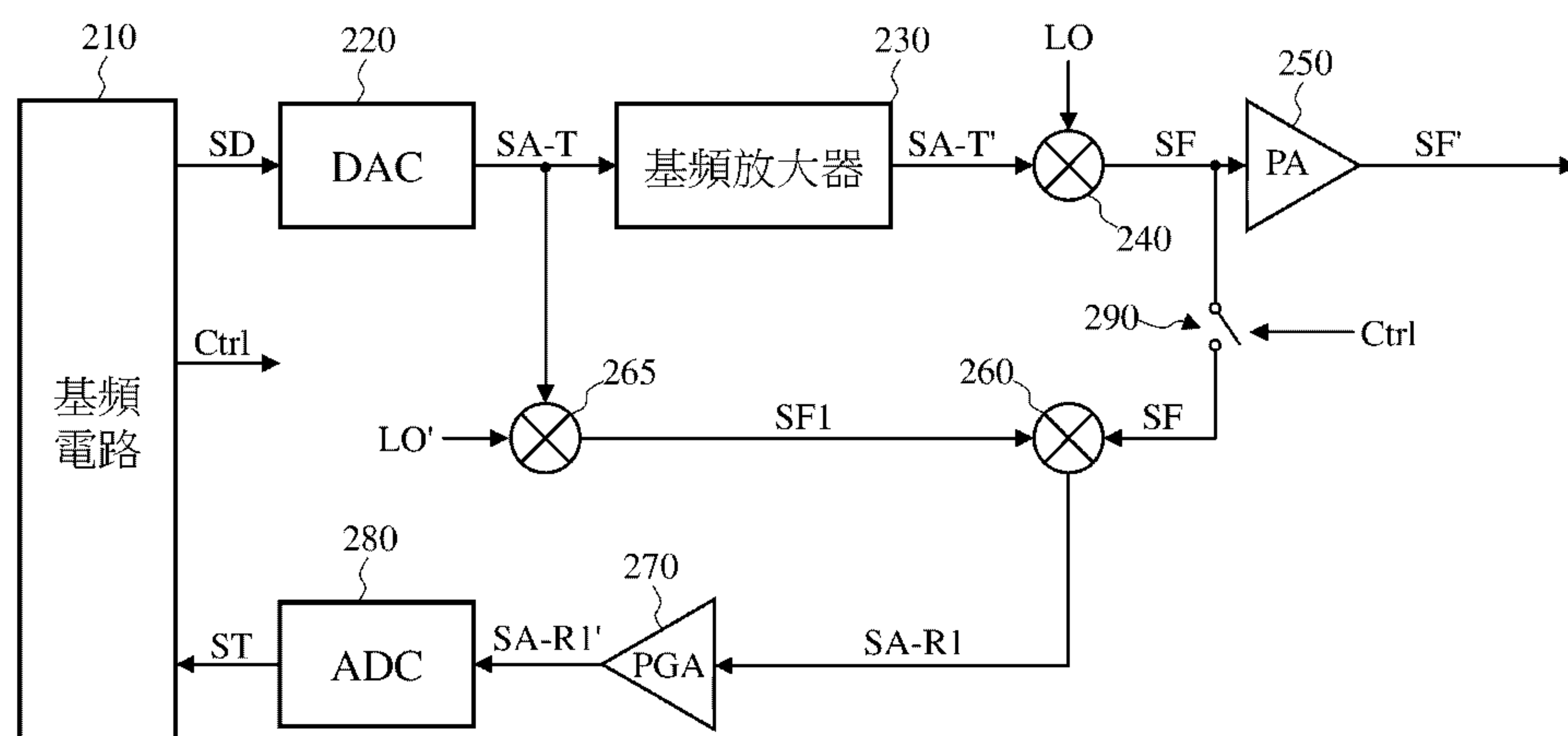


圖2

符號簡單說明：

210:基頻電路

220:數位類比轉換器

230:基頻放大器

240、260、265:混頻器

250:功率放大器

270:可程式增益放大器

280:類比數位轉換器

290:開關

SD:數位訊號

SA-T:基頻訊號

SA-T':放大後的基頻訊號

LO、LO':參考訊號

SF、SF1:混合訊號

SF':放大後的混合訊號

SA-R1:降頻後訊號

SA-R1':放大後的降頻訊號

ST:數位訊號

CTRL:控制訊號



公告本

I698106

【發明摘要】

【中文發明名稱】 接收機、發射機及其校正電路

【英文發明名稱】 Receiver, transmitter and correction circuit thereof

【中文】

一種裝置，包含用來產生一第一數位訊號之一基頻電路、用來將該第一數位訊號轉換為一基頻訊號之一數位類比轉換器、用來基於該基頻訊號及一第一參考訊號產生一第一混合訊號之一第一混頻器、用來基於該基頻訊號及一第二參考訊號產生一第二混合訊號之一第二混頻器、用來基於該第一混合訊號及該第二混合訊號產生一降頻後訊號之一第三混頻器、用來將該降頻後訊號轉換為一第二數位訊號之一類比數位轉換器。該第一參考訊號的頻率不等於該第二參考訊號的頻率。

【英文】

A device includes a baseband circuit that generates a first digital signal, a digital-to-analog converter (DAC) that converts the first digital signal into a baseband signal, a first mixer that generates a first mixed signal based on the baseband signal and a first reference signal, a second mixer that generates a second mixed signal based on the baseband signal and a second reference signal, a third mixer that generates a down-converted signal based on the first mixed signal and the second mixed signal, and an analog-to-digital converter (ADC) that converts the down-converted signal into a second digital signal.

The frequency of the first reference signal is not equal to the frequency of the second reference signal.

【指定代表圖】 圖2

【代表圖之符號簡單說明】

210 基頻電路

220 數位類比轉換器

230 基頻放大器

240、260、265 混頻器

250 功率放大器

270 可程式增益放大器

280 類比數位轉換器

290 開關

SD 數位訊號

SA-T 基頻訊號

SA-T' 放大後的基頻訊號

LO、LO' 參考訊號

SF、SF1 混合訊號

SF' 放大後的混合訊號

SA-R1 降頻後訊號

SA-R1' 放大後的降頻訊號

ST 數位訊號

CTRL 控制訊號

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 接收機、發射機及其校正電路

【英文發明名稱】 Receiver, transmitter and correction circuit thereof

### 【技術領域】

【0001】 本發明是關於無線通訊，尤其是關於接收機、發射機及其校正電路。

### 【先前技術】

【0002】 圖 1 係習知收發機的功能方塊圖。基頻電路 110 用來處理基頻訊號，可能包含中央處理單元、微處理器、微控制器或數位訊號處理器等邏輯電路。數位類比轉換器（digital-to-signal converter, DAC）120 用來將基頻電路 110 所產生的數位訊號 SD 轉換為基頻訊號 SA-T。基頻放大器 130 用來放大基頻訊號 SA-T 以產生放大後的基頻訊號 SA-T'。基頻放大器 130 可能同時具有濾波的功能，可濾除基頻訊號 SA-T 的某些頻率成分。混頻器 140 用來將該放大後的基頻訊號 SA-T' 與參考訊號 LO 混頻，以產生混合訊號 SF。功率放大器（power amplifier, PA）150 用來放大混合訊號 SF 以產生放大後的混合訊號 SF'。放大後的混合訊號 SF' 可以經由天線（圖未示）發射。混頻器 160 用來將放大後的混合訊號 SF' 與自身混頻，以產生一降頻後訊號 SA-R。降頻後訊號 SA-R 經可程式增益放大器（programmable gain amplifier, PGA）170 放大後形成放大後的降頻訊號 SA-R'。類比數位轉換器（analog-to-digital converter, ADC）180

將該放大後的降頻訊號 SA-R' 轉換為數位訊號 ST。

【0003】非理想的電路（例如線性度不佳）會造成混合訊號 SF 或放大後的混合訊號 SF' 的同相/正交相不匹配(In-phase/Quadrature-phase mismatch，即 I/Q mismatch)，而基頻電路 110 根據以下的原理來校正訊號的同相/正交相不匹配(亦即校正電路的線性度)。假設基頻訊號 SA-T 的頻率為  $f_B$ ，則當電路非理想時，混合訊號 SF 及放大後的混合訊號 SF' 可能包含以下的頻率成分： $f_{LO}-f_B$ 、 $f_{LO}$  及  $f_{LO}+f_B$ ，其中  $f_{LO}$  為參考訊號 LO 的頻率， $f_{LO}+f_B$  為訊號成分， $f_{LO}-f_B$  為鏡像 (image) 成分。鏡像成分是由非線性的電路所造成。降頻後訊號 SA-R 及放大後的降頻訊號 SA-R' 可能包含以下的頻率成分：零頻(即直流成分)、基頻(即  $f_B$ ) 以及 2 倍頻 ( $2f_B$ )。基頻電路 110 可以藉由分析數位訊號 ST 來得知各頻率成分的能量 (power)。因為 2 倍頻的頻率成分是由訊號成分及鏡像成分混頻而來，所以只需調整電路來減少 2 倍頻的頻率成分，便可提升電路的線性度(亦即校正訊號的同相/正交相不匹配)。不幸地，基頻訊號 SA-T 及/或放大後的基頻訊號 SA-T' 的基頻成分及 2 倍頻成分可能經由訊號耦合(例如虛線 190 所示)直接耦合至類比數位轉換器 180 的輸入端，造成基頻電路 110 的判斷錯誤。

#### 【發明內容】

【0004】鑑於先前技術之不足，本發明之一目的在於提供一種接收機、發射機及其校正電路。

【0005】本發明揭露一種裝置，包含一基頻電路、一數位類比轉換器、一第一混頻器、一第二混頻器、一第三混頻器以及一類比數位轉換器。該基頻電路用來產生一第一數位訊號。該數位類比轉換器耦接該基頻電路，用來將該第一數位訊號轉換為一基頻訊號。該第一混頻器耦接該數位類比轉換器，用來基於該基頻訊號及一第一參考訊號產生一第一混合訊號。該第二混頻器耦接該數位類比轉換器，用來基於該基頻訊號及一第二參考訊號產生一第二混合訊號。該第三混頻器耦接該第一混頻器及該第二混頻器，用來基於該第一混合訊號及該第二混合訊號產生一降頻後訊號。該類比數位轉換器耦接該第三混頻器及該基頻電路，用來將該降頻後訊號轉換為一第二數位訊號。該第一參考訊號的頻率不等於該第二參考訊號的頻率。

【0006】本發明另揭露一種裝置包含一基頻電路、一數位類比轉換器、一第一混頻器、一低噪音放大器、一第二混頻器、一第三混頻器以及一類比數位轉換器。該基頻電路用來產生一第一數位訊號。該數位類比轉換器耦接該基頻電路，用來將該第一數位訊號轉換為一基頻訊號。該第一混頻器耦接該數位類比轉換器，用來基於該基頻訊號及一第一參考訊號產生一第一混合訊號。該低噪音放大器用來透過訊號耦合接收該第一混合訊號，並放大該第一混合訊號以產生一放大後的混合訊號。該第二混頻器耦接該數位類比轉換器，用來基於該基頻訊號及一第二參考訊號產生一第二混合訊號。該第三混頻器耦接該低噪音放大器及該第二混頻器，用來基於該放大後的混合訊號及該第二混合訊號產生一降頻後訊號。該類比數位轉換器耦接該第三混頻器及該基頻電路，用來將該降頻後訊號轉換為一第二數位訊號。該第一參考訊號的頻率不等於該第二參考訊號的頻率。



【0007】本發明之接收機、發射機及其校正電路能夠避免由電路內部之訊號耦合所引起的干擾。相較於傳統技術，本發明可以更準確地校正電路，以提升電路的線性度，進而降低訊號失真，使訊號的品質更好。

【0008】有關本發明的特徵、實作與功效，茲配合圖式作實施例詳細說明如下。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0009】

〔圖1〕為習知收發機的功能方塊圖；

〔圖2〕顯示根據本發明之一實施例的裝置的功能方塊圖；

〔圖3〕顯示根據本發明之另一實施例的裝置的功能方塊圖；以及

〔圖4〕顯示根據本發明之另一實施例的裝置的功能方塊圖。

### 【實施方式】

【0010】以下說明內容之技術用語係參照本技術領域之習慣用語，如本說明書對部分用語有加以說明或定義，該部分用語之解釋係以本說明書之說明或定義為準。

【0011】本發明之揭露內容包含接收機、發射機及其校正電路。由於本發明所包含之部分元件單獨而言可能為已知元件，因此在不影響該裝置發明之充分揭露及可實施性的前提下，以下說明對於已知元件的細節將予以節略。

【0012】圖2顯示根據本發明之一實施例的裝置的功能方塊圖，該裝

置包含發射機及校正電路。元件 210、220、230、240、250、270 及 280 的功能分別與元件 110、120、130、140、150、170 及 180 的功能相似，故不再重覆描述元件 210、220、230、240、250、270 及 280 的操作。發射機包含數位類比轉換器 220、基頻放大器 230、混頻器 240 及功率放大器 250，而校正電路包含基頻電路 210、混頻器 260、混頻器 265、可程式增益放大器 270、類比數位轉換器 280 及開關 290。圖 2 的裝置可以操作於工作模式或校正模式。於工作模式下，基頻電路 210 以控制訊號 CTRL 控制開關 290 不導通，並選擇性地關閉或不供電給混頻器 260、混頻器 265、可程式增益放大器 270 及類比數位轉換器 280。在工作模式下，基頻電路 210 所產生的數位訊號 SD 經由訊號傳送路徑上的元件（包含數位類比轉換器 220、基頻放大器 230、混頻器 240 及功率放大器 250）處理後形成放大後的混合訊號 SF'，然後透過天線（圖未示）發射出去。在校正模式下，基頻電路 210 控制開關 290 導通，並且啟動或供電至混頻器 260、混頻器 265、可程式增益放大器 270 及類比數位轉換器 280。混頻器 265 用來混頻基頻訊號 SA-T 及參考訊號 LO' 來產生混合訊號 SF1，換言之，混合訊號 SF1 是混頻器 265 基於基頻訊號 SA-T 及參考訊號 LO' 所產生。混頻器 260 用來混頻混合訊號 SF 及混合訊號 SF1 來產生降頻後訊號 SA-R1。參考訊號 LO 的頻率與參考訊號 LO' 的頻率不同。在一些實施例中，參考訊號 LO 的頻率與參考訊號 LO' 的頻率的差值小於 80MHz。因為 Wifi 在射頻頻段目前支援的最大頻寬為 160MHz，而將訊號降至基頻則至少需要 80MHz 以內的頻寬能精準解析的能力，所以將差值設為小於 80MHz 可以直接滿足原電路在基頻一定能解析的頻率範圍內。

【0013】請注意，因為混合訊號 SF 及放大後的混合訊號 SF' 只是振幅不同，所以在一些實施例中混頻器 260 也可以混頻放大後的混合訊號 SF' 及混合訊號 SF1，此情況下混頻器 260 透過開關 290 耦接功率放大器 250 的輸出端。在其他的實施例中，功率放大器 250 可以是一個包含多級放大電路的放大器，此情況下混頻器 260 的輸入可以是功率放大器 250 中任一級的放大電路的輸出訊號。根據混合訊號 SF 或放大後的混合訊號 SF' 的實際振幅，在一些實施例中開關 290 與混頻器 260 之間可以串接訊號衰減器或訊號放大器。

【0014】假設參考訊號 LO 的頻率仍為  $f_{LO}$ ，則混合訊號 SF 或放大後的混合訊號 SF' 可能包含以下的頻率成分： $f_{LO}-f_B$ （鏡像成分）、 $f_{LO}+f_B$ （訊號成分）及  $f_{LO}$ 。假設參考訊號 LO' 的頻率為  $f_{LOP}$ ，則混合訊號 SF1 包含以下的頻率成分： $f_{LOP}+f_B$  及  $f_{LOP}$ 。在混合訊號 SF（或放大後的混合訊號 SF'）及混合訊號 SF1 經過混頻器 260 的混頻後，降頻後訊號 SA-R1 包含以下的頻率成分： $f_{LO}-f_{LOP}$ 、 $f_{LO}-f_{LOP}-f_B$  以及  $f_{LO}-f_{LOP}-2f_B$ 。只要調整電路以設法降低頻率成分  $f_{LO}-f_{LOP}-2f_B$  的振幅，電路的線性度即可獲得提升。可以發現，因為  $f_{LO}$  不等於  $f_{LOP}$ ，所以頻率成分  $f_{LO}-f_{LOP}-2f_B$  不等於 2 倍頻 ( $2f_B$ )。如此一來，即使存在來自基頻訊號 SA-T 及/或放大後的基頻訊號 SA-T' 的非理想的訊號耦合，基頻電路 210 仍可順利地校正電路的線性度。

【0015】圖 3 顯示根據本發明之另一實施例的裝置的功能方塊圖，該裝置包含發射機及校正電路。圖 3 的裝置與圖 2 的裝置相似，差別在於圖 3 的裝置更包含濾波器 310（例如是帶通濾波器），其耦接於混頻器 260 與混頻器 265 之間，用來濾除混合訊號 SF1 中的低頻成分（即濾除頻率成

分  $f_{LOP}$ )，使濾波後的混合訊號 SF1' 理想上只包含頻率成分  $f_{LOP}+f_B$ 。濾除混合訊號 SF1 中的低頻成分可以使降頻後訊號 SA-R1 的頻率成分變得單純，有助於基頻電路 210 的分析及判斷。因為濾波後的混合訊號 SF1' 及混合訊號 SF1 皆包含頻率成分  $f_{LOP}+f_B$ ，所以混頻混合訊號 SF 及濾波後的混合訊號 SF1' 與混頻混合訊號 SF 及混合訊號 SF1 可以達到相同的目的。換言之，混頻器 260 可以基於或是根據濾波後的混合訊號 SF1' 或混合訊號 SF1 進行混頻操作。

【0016】圖 4 顯示根據本發明之另一實施例的裝置的功能方塊圖，該裝置包含發射機、接收機及校正電路。發射機包含數位類比轉換器 220、基頻放大器 230、混頻器 240 及功率放大器 250，接收機包含低噪音放大器 420、混頻器 260、可程式增益放大器 270 及類比數位轉換器 280，而校正電路包含基頻電路 410、混頻器 260、混頻器 265、可程式增益放大器 270、類比數位轉換器 280 及開關 290。圖 4 的裝置可以操作於工作模式或校正模式。基頻電路 410 藉由控制訊號 CTRL1 控制多工器 430 在工作模式選擇參考訊號 LO 以及在校正模式選擇混合訊號 SF1。類似地，在一些實施例中，混頻器 265 及多工器 430 之間可以串接濾波器來濾除混合訊號 SF1 中的低頻成分。

【0017】於工作模式下，低噪音放大器 420 放大由發送端傳來的射頻訊號 SF2，混頻器 260 混頻參考訊號 LO 及訊號 SF2' (此時訊號 SF2' 為放大後的射頻訊號 SF2) 以產生降頻後訊號 SA-R2，可程式增益放大器 270 放大降頻後訊號 SA-R2 以產生放大後的降頻訊號 SA-R2'，以及最後類比數位轉換器 280 將放大後的降頻訊號 SA-R2' 轉換成數位訊號 ST。

【0018】發射機及接收機可以在校正模式下獲得校正。在校正發射機的操作中，基頻電路 410 控制開關 290 導通並關閉低噪音放大器 420。校正發射機的細節已詳述於圖 2 之實施例，故不再贅述。在校正接收機的操作中，基頻電路 410 控制開關 290 不導通，並開啟其他元件，而發射機所發射的放大後的混合訊號 SF' 透過訊號耦合（例如虛線 440 所示）耦合至低噪音放大器 420 的輸入端。因為放大後的混合訊號 SF' 包含頻率成分  $f_{LO}$ ，所以在校正模式下射頻訊號 SF2 亦包含頻率成分  $f_{LO}$ 。再者，因為在校正模式下混頻器 260 以混合訊號 SF1（而非參考訊號 LO）混頻訊號 SF2'（此時訊號 SF2' 等於放大後的射頻訊號 SF2，亦等效於放大後的混合訊號 SF' 或混合訊號 SF），所以降頻後訊號 SA-R2 不包含基頻訊號 SA-T 及/或放大後的基頻訊號 SA-T' 的基頻成分及 2 倍頻成分。如此一來，接收機的校正亦不受來自基頻訊號 SA-T 及/或放大後的基頻訊號 SA-T' 的非理想的訊號耦合所影響。

【0019】在上述的揭露中，因為放大後的基頻訊號 SA-T' 與降頻後訊號 ~~SA-R~~ 基頻訊號 SA-T 之間理想上只有振幅不同，所以基於或根據此兩訊號的其中一者所進行的操作（例如混頻、類比數位轉換、放大、訊號耦合等），實質上等效於基於或根據另一者所進行的操作。相同的道理可應用於訊號對（SF, SF'）、（SA-R1, SA-R1'）、（SF2, SF2'）及（SA-R2, SA-R2'）。

【0020】由於本技術領域具有通常知識者可藉由本案之裝置發明的揭露內容來瞭解本案之方法發明的實施細節與變化，因此，為避免贅文，在不影響該方法發明之揭露要求及可實施性的前提下，重複之說明在此予以

節略。請注意，前揭圖示中，元件之形狀、尺寸以及比例等僅為示意，係供本技術領域具有通常知識者瞭解本發明之用，非用以限制本發明。

【0021】雖然本發明之實施例如上所述，然而該些實施例並非用來限定本發明，本技術領域具有通常知識者可依據本發明之明示或隱含之內容對本發明之技術特徵施以變化，凡此種種變化均可能屬於本發明所尋求之專利保護範疇，換言之，本發明之專利保護範圍須視本說明書之申請專利範圍所界定者為準。

#### 【符號說明】

##### 【0022】

110、210、410 基頻電路

120、220 數位類比轉換器

SD 數位訊號

SA-T 基頻訊號

130、230 基頻放大器

SA-T' 放大後的基頻訊號

140、160、240、260、265 混頻器

LO、LO' 參考訊號

SF、SF1 混合訊號

150、250 功率放大器

SF' 放大後的混合訊號

SA-R、SA-R1、SA-R2 降頻後訊號

170、270 可程式增益放大器

SA-R'、SA-R1'、SA-R2' 放大後的降頻訊號

180、280 類比數位轉換器

ST 數位訊號

190、440 訊號耦合

CTRL、CTRL1 控制訊號

290 開關

310 濾波器

SF1' 濾波後的混合訊號

420 低噪音放大器

430 多工器

SF2 射頻訊號

SF2' 訊號

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】一種收發機及其校正電路，包含：

- 一基頻電路，用來產生一第一數位訊號；
- 一數位類比轉換器，耦接該基頻電路，用來將該第一數位訊號轉換為一基頻訊號；
- 一第一混頻器，耦接該數位類比轉換器，用來基於該基頻訊號及一第一參考訊號產生一第一混合訊號；
- 一第二混頻器，耦接該數位類比轉換器，用來基於該基頻訊號及一第二參考訊號產生一第二混合訊號；
- 一第三混頻器，耦接該第一混頻器及該第二混頻器，用來基於該第一混合訊號及該第二混合訊號產生一降頻後訊號；以及
- 一類比數位轉換器，耦接該第三混頻器及該基頻電路，用來將該降頻後訊號轉換為一第二數位訊號；

其中該第一參考訊號的頻率不等於該第二參考訊號的頻率。

【第2項】如申請專利範圍第1項所述之收發機及其校正電路，更包含：

- 一濾波器，耦接該第二混頻器，用來濾除該第二混合訊號之低頻成分。

【第3項】如申請專利範圍第1項所述之收發機及其校正電路，其中該



第一參考訊號的頻率與該第二參考訊號的頻率的差值係小於80MHz。

【第4項】一種收發機及其校正電路，包含：

- 一基頻電路，用來產生一第一數位訊號；
  - 一數位類比轉換器，耦接該基頻電路，用來將該第一數位訊號轉換為一基頻訊號；
  - 一第一混頻器，耦接該數位類比轉換器，用來基於該基頻訊號及一第一參考訊號產生一第一混合訊號；
  - 一低噪音放大器，用來透過訊號耦合接收該第一混合訊號，並放大該第一混合訊號以產生一放大後的混合訊號；
  - 一第二混頻器，耦接該數位類比轉換器，用來基於該基頻訊號及一第二參考訊號產生一第二混合訊號；
  - 一第三混頻器，耦接該低噪音放大器及該第二混頻器，用來基於該放大後的混合訊號及該第二混合訊號產生一降頻後訊號；以及
  - 一類比數位轉換器，耦接該第三混頻器及該基頻電路，用來將該降頻後訊號轉換為一第二數位訊號；
- 其中該第一參考訊號的頻率不等於該第二參考訊號的頻率。

【第5項】如申請專利範圍第4項所述之收發機及其校正電路，更包含：

- 一濾波器，耦接該第二混頻器，用來濾除該第二混合訊號之低

頻成分。

【第6項】如申請專利範圍第4項所述之收發機及其校正電路，其中該第一參考訊號的頻率與該第二參考訊號的頻率的差值係小於80MHz。

【發明圖式】

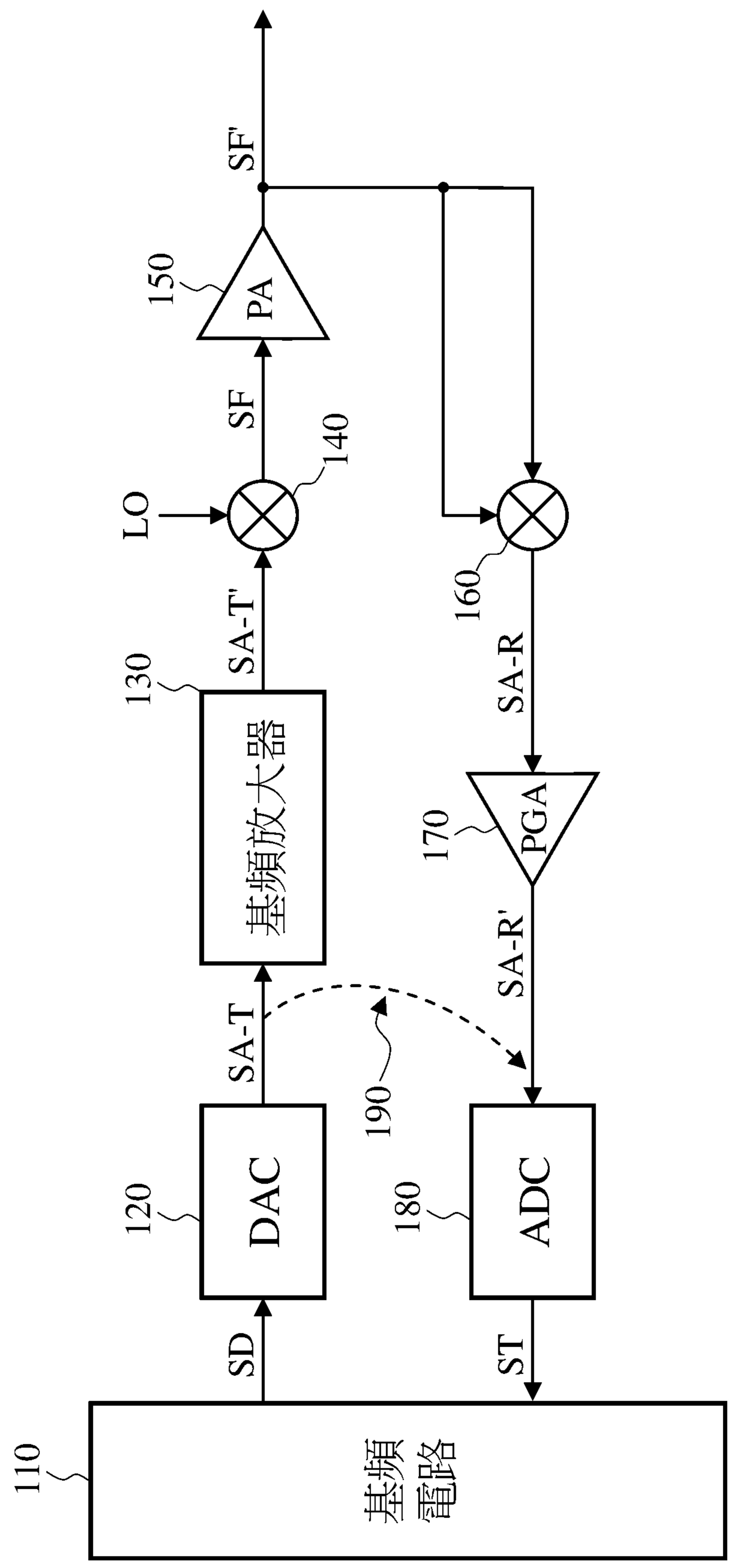


圖1

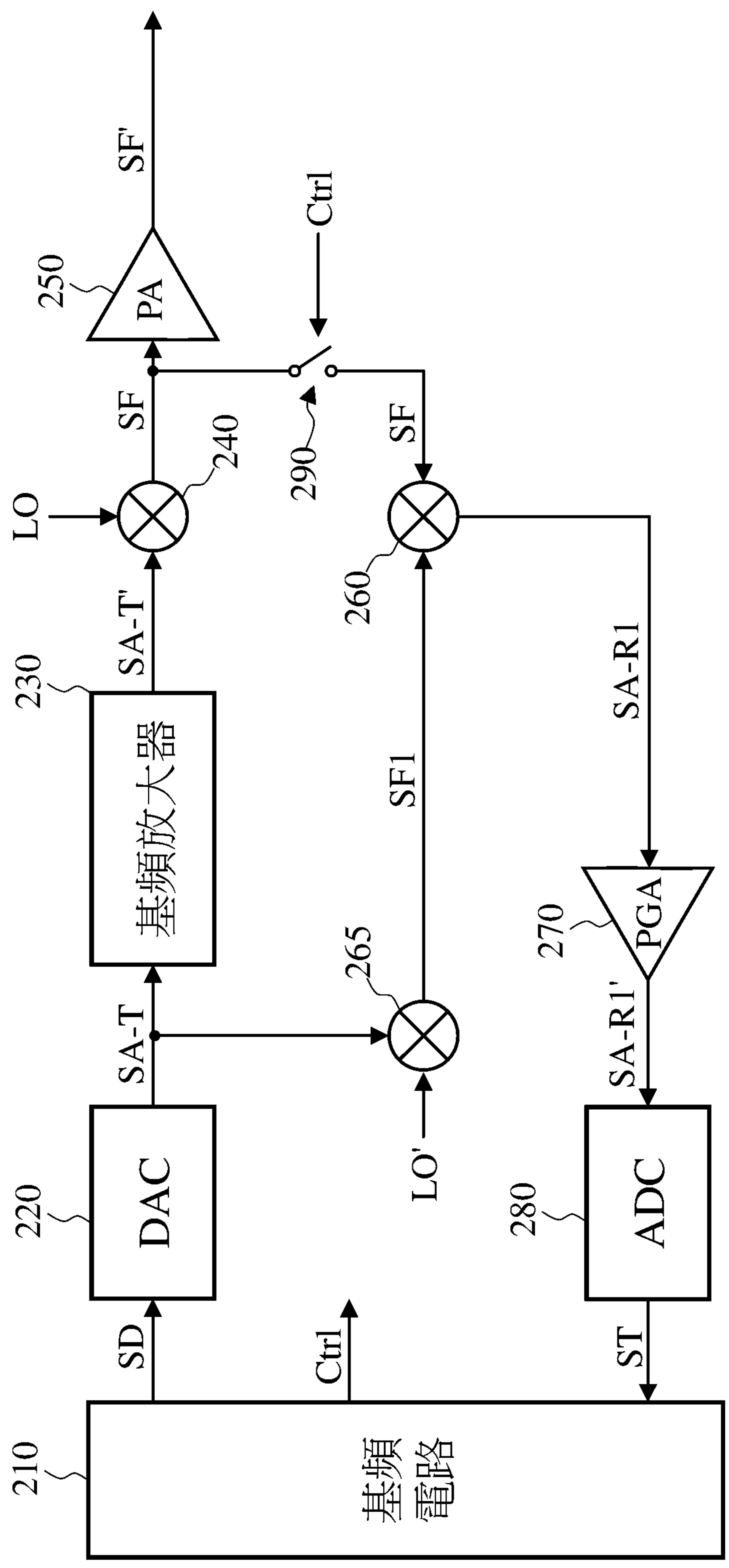


圖2

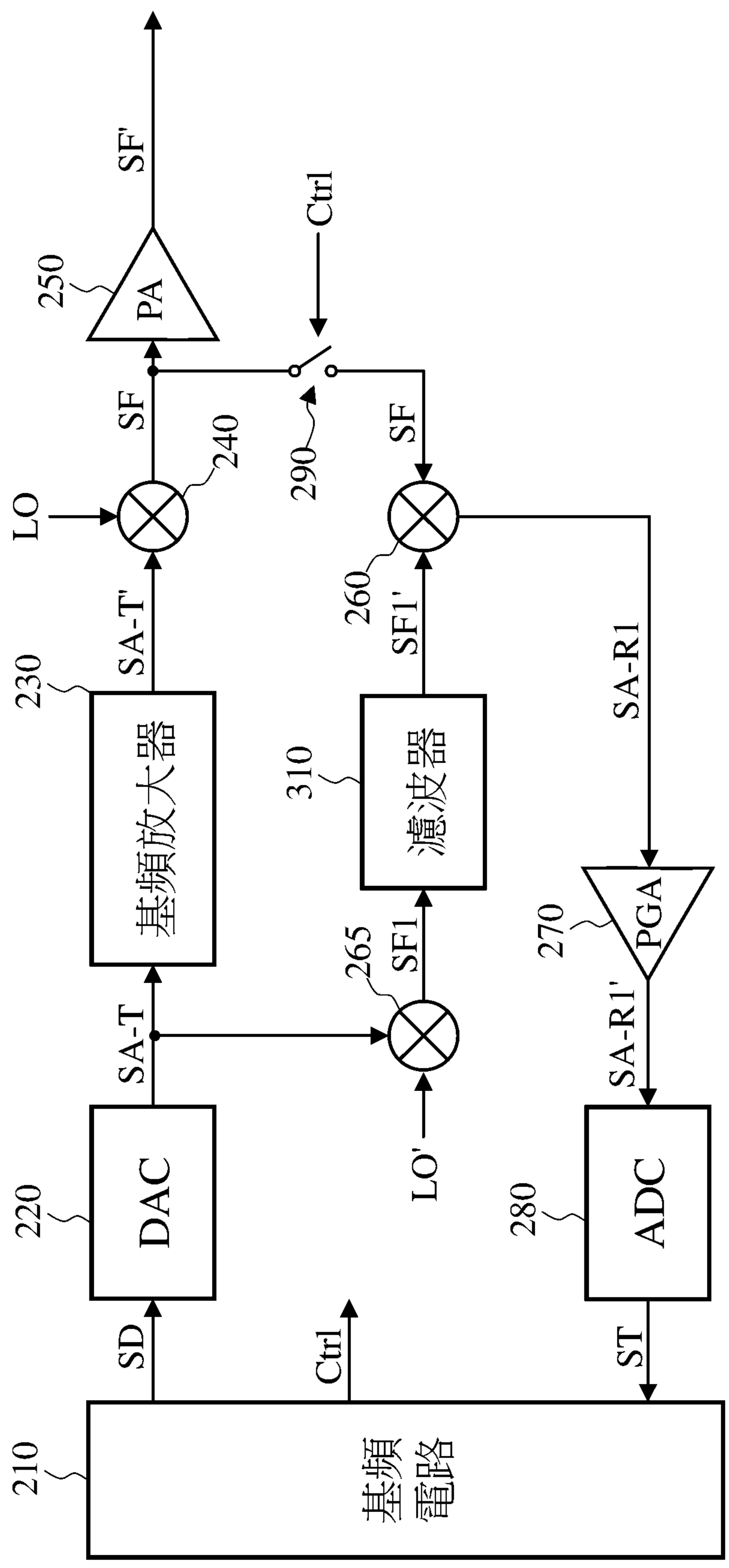


圖3

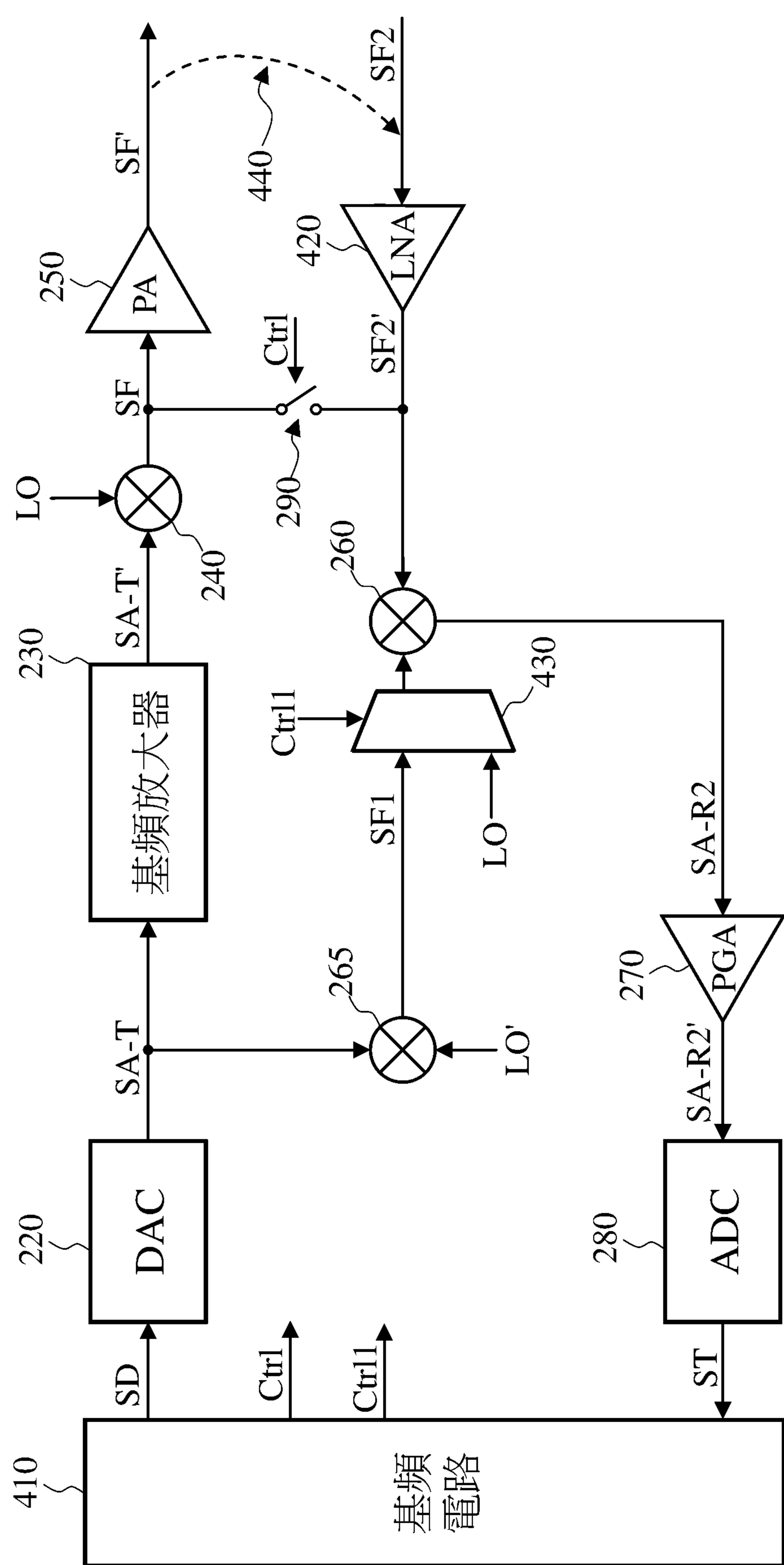


圖4