



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103852714 B

(45)授权公告日 2016. 11. 23

(21)申请号 201310628205.X

(22)申请日 2013.11.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103852714 A

(43)申请公布日 2014.06.11

(30)优先权数据  
61/731,845 2012.11.30 US  
14/054,213 2013.10.15 US

(73)专利权人 联发科技股份有限公司  
地址 中国台湾新竹科学工业园区新竹市笃行一路一号

(72)发明人 陈彦良 彭俊贤 施盈舟 陈俞安 杨钧伟

(74)专利代理机构 北京万慧达知识产权代理有限公司 11111  
代理人 杨颖 张金芝

(51)Int.Cl.

G01R 31/28(2006.01)

(56)对比文件

- CN 101784904 A, 2010.07.21,
- CN 101784904 A, 2010.07.21,
- CN 102089669 A, 2011.06.08,
- CN 101464491 A, 2009.06.24,
- CN 102540052 A, 2012.07.04,
- CN 102495353 A, 2012.06.13,
- JP 2008151718 A, 2008.07.03,
- WO 2006113460 A1, 2006.10.26,
- TW 201038956 A, 2010.11.01,

审查员 郭凤华

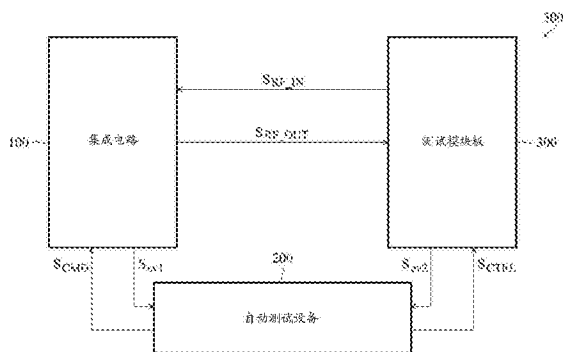
权利要求书3页 说明书9页 附图12页

## (54)发明名称

集成电路、测试设备及射频测试系统

## (57)摘要

本发明提供一种集成电路,包括:射频发送器,用以回应测试设备的命令信号以产生射频信号;以及射频接收器,用以依据该射频信号产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,其中该测试设备在该集成电路的外部。本发明还提供一种测试设备及射频测试系统。本发明可降低设计及制造成本。



1. 一种集成电路,其特征在于,包括:  
射频发送器,用以回应测试设备的命令信号以产生射频信号,并传送至模块电路;以及  
射频接收器,用以依据来自该模块电路的该射频信号产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,  
其中该测试设备及该模块电路在该集成电路的外部。
2. 如权利要求1所述的集成电路,其特征在于,该评估信号是指该射频信号的电性特性。
3. 如权利要求1所述的集成电路,其特征在于,更包括:  
内部衰减器,用以衰减来自该射频发送器的该射频信号;以及  
信号产生器,用以回应来自该测试设备的该命令信号以产生多个预定射频测试样本,  
其中该射频发送器回应所产生的该多个射频测试样本以产生该射频信号,且该射频接收器将衰减后的该射频信号转换为该评估信号。
4. 如权利要求1所述的集成电路,其特征在于,该命令信号用以初始化射频测试流程。
5. 如权利要求1所述的集成电路,其特征在于,更包括:  
测试控制器,用以回应来自该测试设备的该命令信号以控制该射频发送器及该射频接收器。
6. 如权利要求1所述的集成电路,其特征在于,该集成电路为系统单芯片或是单独的射频集成电路。
7. 如权利要求1所述的集成电路,其特征在于,该射频发送器接收来自该集成电路外部的信号产生器的多个射频测试样本,并因应所接收的该多个射频测试样本以产生该射频信号。
8. 如权利要求1所述的集成电路,其特征在于,该射频接收器所接收的该射频信号为来自该模块电路的衰减后的该射频信号。
9. 一种集成电路,其特征在于,包括:  
射频发送器,用以回应来自测试设备的命令信号以产生射频信号,并传送该射频信号至模块电路,用以使该模块电路执行信号转换以产生评估信号,其中该评估信号被回报至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,  
其中该测试设备及该模块电路均在该集成电路外部。
10. 如权利要求9所述的集成电路,其特征在于,该评估信号是指该射频信号的电性特性。
11. 如权利要求9所述的集成电路,其特征在于,更包括:  
信号产生器,用以回应来自该测试设备的该命令信号以产生多个预定射频测试样本,  
其中该射频发送器依据该信号产生器所产生的该多个预定射频测试样本以产生该射频信号。
12. 如权利要求9所述的集成电路,其特征在于,该集成电路更包括:  
测试控制器,用以回应来自该测试设备的该命令信号以控制该射频发送器及该模块电路。
13. 如权利要求9所述的集成电路,其特征在于,该射频发送器更因应来自该测试设备的该命令信号而被该模块电路的测试控制器所控制。

14. 如权利要求9所述的集成电路,其特征在于,该射频发送器接收来自在该集成电路外部的信号产生器的多个测试样本,并依据来自该信号产生器的该多个测试样本以产生该射频信号。

15. 如权利要求9所述的集成电路,其特征在于,该集成电路为系统单芯片或是单独的射频集成电路。

16. 一种集成电路,其特征在于,包括:

射频接收器,用以回应来自测试设备的命令信号以接收来自模块电路的射频信号,依据所接收的该射频信号产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,

其中该模块电路及该测试设备在该集成电路外部。

17. 如权利要求16所述的集成电路,其特征在于,该评估信号是指该射频信号的电性特性。

18. 如权利要求16所述的集成电路,其特征在于,由该射频接收器所接收的该射频信号为由该模块电路的信号产生器所产生的射频测试信号的衰减后的信号。

19. 如权利要求16所述的集成电路,其特征在于,该射频接收器因应来自该测试设备的该命令信号而被该模块电路的测试控制器所控制。

20. 如权利要求16所述的集成电路,其特征在于,更包括:

测试控制器,用以因应来自该测试设备的该命令信号控制该模块电路。

21. 如权利要求16所述的集成电路,其特征在于,该集成电路为系统单芯片或是单独的射频集成电路。

22. 一种测试设备,与集成电路进行通信,其特征在于,包括:

控制端口,用以发送命令信号至该集成电路以初始化射频测试流程;

输入端口,用以接收表示该集成电路的射频信号的电性特性的评估信号,其中该评估信号为基频信号;以及

测试分析器,用以对该评估信号执行测试分析以决定测试结果。

23. 一种射频测试系统,其特征在于,包括:

测试设备;

模块电路;以及

集成电路,用以回应来自该测试设备的命令信号以藉以射频信号与该模块电路进行通信,依据该射频信号产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,

其中该模块电路在该集成电路及该测试设备外部。

24. 一种射频测试系统,其特征在于,包括:

测试设备;

模块电路;以及

集成电路,用以回应来自该测试设备的命令信号以藉以射频信号与该模块电路进行通信,

其中该模块电路依据来自该集成电路的该射频信号以产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,

其中该模块电路在该集成电路及该测试设备外部。

## 集成电路、测试设备及射频测试系统

### 【技术领域】

[0001] 本发明关于半导体装置,特别是有关于用于半导体装置的集成电路、测试设备及射频(radio frequency)测试系统。

### 【背景技术】

[0002] 半导体装置以晶圆(wafer)形式制造,其内包括成千上万的半导体元件。晶圆被切割为晶片(dies)并且被封装成为集成电路(Integrated Circuit, IC)。藉由将日益增多的数字和模拟电路整合入一单一芯片而实现集成电路。

[0003] 因为逐渐增加的整合RF电路的测试复杂度,在晶圆层(wafer-level)测试或最终测试时辨识“好的”和“坏的”集成电路已经成为具有高挑战性的议题。传统的RF电路测试使用昂贵的自动测试设备(Automatic Testing Equipment, ATE),例如具有RF仪器的UltraFlex或Flex,或者混和信号设备以用于产生RF测试信号(或RF测试样本(pattern))至待测装置(Device Under Test, DUT)以及处理从待测装置输出的RF信号,从而导致测试成本和测试时间增加。因此需要一种适用于收发器的有效的RF测试技术来解决上述问题。

### 【发明内容】

[0004] 有鉴于此,本发明提供一种集成电路、测试设备及射频测试系统。

[0005] 本发明提供一种集成电路,包括:射频发送器,用以回应测试设备的命令信号以产生射频信号;以及射频接收器,用以依据该射频信号产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,其中该测试设备是在该集成电路的外部。

[0006] 在一些实施例中,该评估信号是指该射频信号的电性特性。

[0007] 在一些实施例中,该集成电路更包括:内部衰减器,用以衰减来自该射频发送器的该射频信号;以及信号产生器,用以回应来自该测试设备的该命令信号以产生多个预定射频测试样本,其中该射频发送器回应所产生的该多个射频测试样本以产生该射频信号,且该射频接收器将衰减后的该射频信号转换为该评估信号。

[0008] 在一些实施例中,该命令信号用以初始化射频测试流程。

[0009] 在一些实施例中,该集成电路更包括:测试控制器,用以回应来自该测试设备的该命令信号以控制该射频发送器及该射频接收器。

[0010] 在一些实施例中,该集成电路为系统单芯片或是单独的射频集成电路。

[0011] 在一些实施例中,该射频发送器接收来自该集成电路外部的信号产生器的多个射频测试样本,并依据所接收的该多个射频测试样本以产生该射频信号。

[0012] 在一些实施例中,该射频发送器将该射频信号发送至在该集成电路外部的模块电路,且该射频接收器接收来自该模块电路的衰减后的该射频信号,并据以产生该评估信号。

[0013] 本发明还提供一种集成电路,包括:射频发送器,用以回应来自测试设备的命令信号以产生射频信号,并传送该射频信号至模块电路,用以使该模块电路执行信号转换以产

生评估信号,其中该评估信号被回报至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,其中该测试设备及该模块电路均在该集成电路外部。

[0014] 本发明还提供一种集成电路,包括:射频接收器,用以回应来自测试设备的命令信号以接收来自模块电路的射频信号,依据所接收的该射频信号产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,其中该模块电路及该测试设备在该集成电路外部。

[0015] 本发明另提供一种测试设备,与集成电路进行通信,包括:控制端口,用以发送命令信号至该集成电路以初始化射频测试流程;输入端口,用以接收表示该集成电路的射频信号的电性特性的评估信号,其中该评估信号为基频信号;以及测试分析器,用以对该评估信号执行测试分析以决定测试结果。

[0016] 本发明更提供一种射频测试系统,包括:测试设备;模块电路;以及集成电路,用以回应来自该测试设备的命令信号以藉以射频信号与该模块电路进行通信,依据该射频信号产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,其中该模块电路在该集成电路及该测试设备外部。

[0017] 本发明更提供一种射频测试系统,包括:测试设备;模块电路;以及集成电路,用以回应来自该测试设备的命令信号以藉以射频信号与该模块电路进行通信,其中该模块电路依据来自该集成电路的该射频信号以产生评估信号,并回报该评估信号至该测试设备,使得该测试设备对该评估信号执行测试分析以决定测试结果,其中该模块电路在该集成电路及该测试设备外部。

[0018] 上述集成电路、测试设备及射频测试系统可降低设计及制造成本。

### 【附图说明】

[0019] 图1显示传统射频测试系统3001的功能方块图。

[0020] 图2显示依据本发明一实施例的射频测试系统3002的简化功能方块图。

[0021] 图3显示依据本发明一实施例的射频测试系统3003的详细功能方块图。

[0022] 图4显示依据本发明另一实施例的射频测试系统3004的详细功能方块图。

[0023] 图5A—5B显示依据本发明不同实施例的信号转换器330的功能方块图。

[0024] 图6显示依据本发明又一实施例的射频测试系统3006的详细功能方块图。

[0025] 图7显示依据本发明又一实施例的射频测试系统3007的详细功能方块图。

[0026] 图8A—8C显示依据本发明不同实施例的外部信号产生器310的方块图。

[0027] 图9显示依据本发明一实施例的射频测试系统3009的功能方块图。

[0028] 图10显示依据本发明另一实施例的射频测试系统3010的功能方块图。

[0029] 图11显示依据本发明另一实施例的射频测试系统3011的功能方块图。

[0030] 图12显示依据本发明另一实施例的射频测试系统3012的功能方块图。

[0031] 图13显示依据本发明又一实施例的射频测试系统3013的功能方块图。

[0032] 图14显示依据本发明又一实施例的射频测试系统3014的功能方块图。

### 【具体实施方式】

[0033] 为使本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合

所附图式,作详细说明如下。

[0034] 图1显示一传统射频测试系统3001的功能方块图。如图1所示,射频测试系统3001包括一集成电路10、以及一自动测试设备12。在硬件的制造过程中,自动测试设备12可为集成电路10中的数字及模拟元件进行半导体测试。集成电路10为一待测装置,其可接收来自自动测试设备12的供电以及测试样本(test pattern),并输出测试回应值至自动测试设备12。自动测试设备12为一电子装置,其可接收一测试程式并藉由提供刺激信号(stimulus signal)对待测装置执行测试。自动测试设备12亦接收输出信号、进行信号测量、依据信号测量以评估测试结果、并决定待测装置的好坏。自动测试设备12包括一信号产生器1200、一数字转换器(digitizer)1202、一测试结果分析器1204、以及一测试控制器1206。测试控制器1206发送一测试控制信号S<sub>CTRL</sub>以藉由某些数字或模拟脚位(pin)以控制集成电路10中的所有寄存器在测试模式下进行运作。信号产生器1200提供模拟信号及/或射频信号(射频测试样本S<sub>TEST\_IN</sub>)注入至集成电路10,以用于射频电路的测试。数字转换器1202将来自集成电路10的输出回应值S<sub>TEST\_OUT</sub>进行数字化并且将模拟信号及/或射频信号转换至数字信号。测试结果分析器1204分析数字化信号的评估信号的效能以判断待测装置在晶圆层级测试或最终测试中是否带有任何的问题元件。

[0035] 如图1所示,集成电路10包括一射频测试系统30,其包括一基频电路1000及一射频收发器1002。自动测试设备12对集成电路10执行射频测试,特别是藉由将模拟和/或RF测试样本信号S<sub>TEST\_IN</sub>反馈输入至集成电路10中而对集成电路10采用的所有使用于各种通信系统的收发器进行RF测试。射频测试系统30显示一发送器路径及一接收器路径,其中发送器路径包括数字模拟转换器(Digital-to-Analog Converter, DAC)10020、滤波器10022、调变器(modulator)10024以及功率放大器(Power Amplifier, PA)10026,并且接收器路径包括低噪声放大器(Low Noise Amplifier, LNA)10027、解调变器10025、滤波器10023以及模拟数字转换器(Analog-to-Digital Converter, ADC)10021。对射频测试来说,自动测试设备12内的信号产生器1200产生具有高频的RF测试样本信号S<sub>TEST\_IN</sub>,并将射频测试样本信号S<sub>TEST\_IN</sub>注入至测试介面(未绘示)以对射频测试系统30内的射频接收器进行测试。自动测试设备12可另外从发送器路径的输出接收模拟及/或射频信号S<sub>TEST\_OUT</sub>以评估集成电路10的发送器品质。

[0036] 在现有的射频测试里,自动测试设备12会提供模拟或/和射频测试样本信号S<sub>TEST\_IN</sub>至集成电路10并且接收来自集成电路10的模拟或/和射频输出回应值S<sub>TEST\_OUT</sub>,因此在自动测试设备12和集成电路10之间存在一种高速通信,使得自动测试设备12要在高速状态运作,并导致自动测试设备12需要更多的制造和运作费用。

[0037] 图2显示依据本发明一实施例的射频测试系统3002的简化功能方块图。如图2所示,射频测试系统3002可包括一集成电路100、一自动测试设备200、以及一测试模块板(例如一模块电路)300。自动测试设备200藉由发送命令信号S<sub>CMD</sub>至集成电路100以初始化(initialize)测试过程。回应该命令信号S<sub>CMD</sub>,集成电路100会进入测试模式,且相较于自动测试设备200以传统的方式控制测试过程,本发明的集成电路100是控制了测试运作。然而,这仅是描述性的目的而不是用以限制本发明。在其他实施例中(其细节将详述于后),测试流程的控制可发生在测试模块板300,其中自动测试设备200发送该命令信号S<sub>CMD</sub>(或者控制信号S<sub>CTRL</sub>)至测试模块板300,且测试模块板300接着相应地发送控制信号至集成电路100。

亦或是,自动测试设备200可配置该测试流程控制。除此之外,测试流程旨在找出集成电路100内的混和模式(mix mode)电路或模拟电路中有问题的建构元件。在测试模式下,集成电路100使用射频信号或模拟信号与测试模块板300进行通信。举例来说,集成电路100可传送射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 至测试模块板300以评估传输效能或是接收来自测试模块板300的射频信号 $S_{RF\_IN}$ ,其是由测试模块板300所产生或是由集成电路100所产生并使用外部回路路径经由(pass through)测试模块板300,藉以评估集成电路100的接收效能(其细节将详述于后)。输出信号 $S_{ev1}$ 可为一评估信号,其为低频(例如:基频或接近频率0)信号并由集成电路100产生并发送至自动测试设备200以进行测试分析。同样地,输出信号 $S_{ev2}$ 可为一评估信号,其为低频(例如:基频或接近频率0)信号,并由测试模块板300产生并发送至自动测试设备200以进行测试分析。另外,评估信号是指该射频信号 $S_{RF\_IN}/S_{RF\_OUT}$ 的电性特性(electrical characteristic)。测试模块板300位于集成电路100及自动测试设备200之外,测试模块板300上包括离散元件以帮助信号特性分析以及RF测试信号的产生,并在测试模式中接收来自自动测试设备200的控制信号 $S_{CTRL}$ 。在此方式下,自动测试设备200不需处理高频信号(例如射频信号),故成本可以降低。当利用自动测试设备200执行测试分析时,待测装置不需配备有数字信号处理器,意即集成电路100可为一单芯片系统(System-on-chip, SOC)电路或是单独的一射频集成电路。在后述段落中,将会介绍本发明中的不同测试设定。

[0038] 图3显示依据本发明一实施例的射频测试系统3003的详细功能方块图。射频测试系统3003可包括集成电路100及自动测试设备200。举例来说,集成电路100可为具有数字模拟转换器及模拟数字转换器的一单芯片系统或是单独的一射频集成电路。如图3所示,集成电路100包括一信号产生器110、一射频发送器120、一衰减器(attenuator)130、一射频接收器140、以及通信端口170及180。射频发送器120及射频接收器140可属于相同或不同的收发器系统。举例来说,射频发送器120及射频接收器140可同属于一WLAN系统,或是其可分别属于一WLAN系统及一Bluetooth系统。在一些实施例中,信号产生器110包括存储电路111,其保存不同的测试样本以供射频测试过程使用,以及基频电路112,其可执行数字功率控制(未绘示)及/或数字补偿(未绘示),例如是同相/正交(in-phase/quadrature, IQ)失配以及数字预矫正(pre-distortion)。射频发送器120包括一数字模拟转换器121、一滤波电路122、一调变器123、一功率放大器124。同样地,射频接收器140包括一解调变器142、一滤波电路143以及一模拟数字转换器144。调变器123及解调变器142还可接收来自一个或多个本地振荡器(未绘示)的载波信号(carrier signal)以分别调变或解调变输出及输入的射频信号。在内部回路设定(internal loopback configuration)中,通信端口170输出由射频接收器140所产生的一评估信号 $S_{ev1}$ 至自动测试设备200。

[0039] 如图3所示,自动测试设备200可包括一测试分析器210、一测试控制器220、以及通信端口240及246。自动测试设备200的测试控制器220经由通信端口240及180将命令信号 $S_{CMD}$ 导向至集成电路100中的元件,藉以控制集成电路100中的元件以进行射频测试流程。回应该命令信号 $S_{CMD}$ ,集成电路100进入测试模式,并在内部产生测试样本信号 $S_t$ 。测试样本信号 $S_t$ 被发送至射频发送器120以经由发送器路径中的不同模拟电路,藉以产生(render)一输出射频信号 $S_{RF\_OUT}$ ,其还经由内部衰减器130发送至射频接收器140。测试分析器210可用于藉由测量相关于主要分量(wanted tone)、影像分量(image tone)、或二次或三次谐波(second-order/third-order harmonics)的频率处的功率以测试发送器/接收器的增益



值、影像抑制比率(Image Rejection Ratio,以下称为IRR)、二阶输入截断点(input second-order intercept point,以下称为IIP2)、三阶输入截断点(input third-order intercept point,以下称为IIP3)等等。在测试分析器210中可以应用噪声功率估计器以在噪声指数(noise figure,NF)测试中计算接收器的噪声功率或信噪比(Signal-to-Noise Ratio,以下称为SNR)。锁相时间(lock-time)的测量也可由测试分析器210内的软件或硬件加以实现,藉以测试锁相回路(Phase-Locked Loop,PLL)的锁相时间,上述锁相时间的测试包括瞬时(instantaneous)频率估计、使用频率估计信息的锁相时间计算、以及测试通过与否的决定。某些调变测试(例如为误差向量振幅值(Error Vector Magnitude,EVM))的估计器和频谱(spectrum)估计器也可由测试分析器210加以实现,以估计RF发送器120的品质。

[0040] 更进一步而言,在内部回路设定中,输出射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 经由衰减器130而传送至RF接收器140的解调变器142,藉以在接收器路径中承受射频损害,并经由通信端口170输出第一基频评估信号 $S_{ev1}$ 至自动测试设备200的测试分析器210以进行测试分析。

[0041] 图4显示依据本发明另一实施例的射频测试系统3004的详细功能方块图。射频测试系统3004的电路设定与图3中的射频测试系统3003类似,除了测试模块板300连接至集成电路100,且包括了一低噪声放大器141以及开关SW1及SW2。当选择内部回路路径或是外部回路路径时,解调变器142的输入可分别来自内部衰减器130或来自低噪声放大器141(其细节将详述于后)。当选择内部回路路径时(如图3所示),开关SW1会开启且开关SW2会关闭,使得输出射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 会经由介于射频发送器120的输出及射频接收器140的输入之间的内部衰减器130而回送,使得可不使用外部测试模块板300的情况下评估射频发送器120及射频接收器140的信号效能。图4的实施例选择外部回路设定。回应该外部回路设定,开关SW1会关闭且开关SW2会开启。除此之外,自动测试设备200的测试控制器220更经由通信端口242及372将控制信号 $S_{CTRL}$ 导向以控制测试模块板300,且集成电路100的通信端口160接收来自测试模块板300的输入射频信号 $S_{RF\_IN}$ 。

[0042] 如图4所示,测试模块板300在集成电路100及自动测试设备200的外部,测试模块板300包括一输入端口370、一反馈端口374、一控制端口372、一输出端口376、一可调衰减器320、一开关SW3、以及一信号转换器330。在一些实施例中,可提供一测试载板(testing load board,未绘示)以将测试模块板300及集成电路100固定在一起。该测试载板可包括一IC插槽(未绘示)以接受集成电路100、以及一模块槽(未绘示)以在测试时固定测试模块板300在适当的位置。输入端口370接收来自集成电路100的射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 。控制端口372接收来自自动测试设备200的测试控制器220的控制信号 $S_{CTRL}$ 以致能(enable)测试模块板300工作在测试模式。控制信号 $S_{CTRL}$ 控制衰减器320以及开关SW3的切换。更进一步而言,衰减器320由控制信号 $S_{CTRL}$ 控制以调整射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 的衰减程度。开关SW3由控制信号 $S_{CTRL}$ 所选择在信号转换器设定(经由信号转换器330)及外部回路设定(经由反馈端口374)之间切换。在外部回路设定中,开关SW3切换至反馈端口374。来自射频发送器120的输出射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 由测试模块板300的衰减器320所衰减,并接着经由反馈端口374被输出至射频接收器140的低噪声放大器141以承受在接收器路径的射频损害。换言之,射频发送器120的输出射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 会经由衰减器320而回送以作为至射频接收器140的一输入射频信号 $S_{RF\_IN}$ ,藉以在接收器路径中进一步测试。在射频接收器140中,输入射频信号 $S_{RF\_IN}$ 被降频转换至基频,其被数字化至称为评估信号 $S_{ev1}$ 的数字字元,并被发送至自动测试设备200的测试分析

器210以进行测试分析。其中该评估信号是指该射频信号 $S_{RF\_IN}/S_{RF\_OUT}$ 的一电性特性。

[0043] 图6显示依据本发明又一实施例的射频测试系统3006的详细功能方块图。在信号转换器设定中,如图6所示,开关SW3切换至信号转换器330,来自射频发送器120的输出射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 由测试模块板300的衰减器320进行衰减,并接着由信号转换器330所转换。换言之,射频发送器120的输出射频信号 $S_{RF\_OUT}$ 不会回送至集成电路100,但会被测试模块板300所处理以产生评估信号 $S_{ev2}$ ,其经由输出端口376及通信端口244被发送至自动测试设备200的测试分析器210以进行测试分析。图5A—5B显示依据本发明不同实施例的信号转换器330的功能方块图。信号转换器330可用不同的电路实现,藉以转换射频信号为模拟/数字信号。举例来说,信号转换器330可包括一功率侦测器331及一模拟数字转换器332,如图5A所示。除此之外,信号转换器330可具有类似的元件,例如是低噪声放大器333、解调变器334、滤波器335、以及模拟数字转换器336,如同射频接收器140,如图5B所示。需注意的是,本发明的信号转换器330并不局限于上述的实现方式。对于本发明领域的技术人员来说,当了解参考射频接收器可用许多电路来实现,其细节在此不再赘述。

[0044] 需注意的是,评估信号 $S_{ev1}$ 及 $S_{ev2}$ 可为模拟或数字的形式且其是指该射频信号 $S_{RF\_IN}/S_{RF\_OUT}$ 的一电性特性。在一些实施例中,射频发送器120及射频接收器140并不具有数字模拟转换器/模拟数字转换器电路,且测试分析器210更可包括一数字转换器(未绘示)以将输入的模拟评估信号转换至数字信号,藉以执行射频测试流程的数字信号分析。

[0045] 相较于传统的射频测试机制,本发明的此实施例揭示了一种射频测试系统,其中由自动测试设备200所接收/发送的信号仅为低频信号。更进一步而言,仅有低频命令信号 $S_{CMD}$ 及评估信号 $S_{ev1}$ 在集成电路100及自动测试设备200之间进行交换。除此之外,仅有低频的控制信号 $S_{CTRL}$ 及评估信号 $S_{ev2}$ 会在测试模块板300及自动测试设备200之间进行交换。需注意的是高速通信仅在集成电路100及测试模块板300之间。这可让自动测试设备200的电路复杂度降低,进而降低设计及制造成本。

[0046] 综上所述,本发明提供三种设定,例如是内部回路设定、外部回路设定、以及信号转换器设定,用以测试集成电路100的传输效能。当接收到评估信号 $S_{ev1}$ 或 $S_{ev2}$ ,自动测试设备200的测试分析器210可执行集成电路100的传输效能的测试分析。举例来说,发送器路径通常藉由EVM及频谱、非线性度(nonlinearity)测试(例如为IIP2和IIP3)、影像信号测试、载波泄漏(leakage)测试、以及传送功率测试,以系统层级测试进行测试。

[0047] 图7显示依据本发明又一实施例的射频测试系统3007的详细功能方块图。在图7中的射频测试系统3007的电路设定类似于射频测试系统3006,除了在射频测试系统3007中,一外部信号产生器(external source generator)310及开关SW4置于测试模块板300以进行更进一步的接收测试流程。开关SW4由控制信号 $S_{CTRL}$ 所控制,用以在来自射频发送器120或外部信号产生器310的输入射频信号之间进行切换。更进一步而言,请参考图7,当接收到指示启动射频接收测试流程的控制信号 $S_{CTRL}$ ,外部信号产生器310会开始产生在射频接收测试流程中所需的单音(single-tone)信号、双音(two-tone)信号及调变信号。同时,开关SW4会切换至外部信号产生器310,且开关SW3会切换至反馈端口374。做为回应,由外部信号产生器310所产生的射频信号会被传送至衰减器320,且接着衰减后的射频信号会经由反馈端口374被传送至射频接收器140的低噪声放大器141,藉以在测试分析器210评估集成电路100在接收器路径的接收效能。同样地,射频接收器140会经由通信端口170输出第一评估信

号 $S_{ev1}$ 至自动测试设备200的测试分析器210以进行测试分析。当接收到评估信号 $S_{ev1}$ ,自动测试设备200的测试分析器210则执行集成电路100的接收效能的测试分析。举例来说,在接收器路径中所要评估的特性包括:接收器增益测试(receiver gain test)、影像信号测试(image signal test)、直流偏移测试(DC offset test)、噪声指数测试(noise figure test)、以及非线性测试(nonlinearity test),例如是IIP2及IIP3。

[0048] 图8A—8C显示依据本发明不同实施例的外部信号产生器310的方块图。举例来说,外部信号产生器310可为单音产生器、双音产生器、及/或参考射频发送器,分别如图8A、8B及8C所示。在图8C中的数字模拟转换器可耦接至一测试样本产生器(未绘示)、或是接收来自自动测试设备200的测试样本。单音产生器、双音产生器、及参考射频发送器的实现方式对于本发明领域的技术人员来说为现有技术,故其细节在此不再赘述。

[0049] 图9显示依据本发明一实施例的射频测试系统3009的功能方块图。在射频测试系统3009中,集成电路500可为不具有信号产生器的单独的一射频集成电路。因此,信号产生器的功能可移至自动测试设备200。换言之,测试控制器220可在内部控制信号产生器230,藉以传送预定的射频测试样本至射频发送器120。射频测试系统3009的电路设定及其他元件的连接方式类似于射频测试系统3003,其细节可参考图3的实施例。类似于图3的实施例,射频测试系统3009亦选择内部回路设定。更进一步而言,射频发送器120接收来自自动测试设备200的信号产生器230的外部射频测试样本信号。接着,由射频发送器120所产生的输出射频信号会经由内部衰减器130在内部回送至射频接收器140。除此之外,由射频接收器140所输出的评估信号 $S_{ev1}$ 可被传送至测试分析器210以进行测试分析。

[0050] 图10显示依据本发明另一实施例的射频测试系统3010的功能方块图。在射频测试系统3010中,集成电路500可为不具有信号产生器的单独的一射频集成电路。因此,信号产生器的功能可移至自动测试设备200。换言之,测试控制器220可在内部控制信号产生器230,藉以传送预定的射频测试样本至射频发送器120。射频测试系统3010的电路设定及其他元件的连接方式类似于射频测试系统3004,其细节可参考图4的实施例。类似于图4的实施例,射频测试系统3010亦选择外部回路设定。更进一步而言,射频发送器120接收来自自动测试设备200的信号产生器230的外部射频测试样本信号,并产生输出射频测试信号 $S_{RF\_OUT}$ 。接着,来自射频发送器120的输出射频测试信号 $S_{RF\_OUT}$ 会被传送至测试模块板300。射频测试信号 $S_{RF\_OUT}$ 会由测试模块板300中的衰减器320进行衰减,且衰减后的射频测试信号更会经由通信端口160被回送至射频接收器140。接着,由射频接收器140所输出的评估信号 $S_{ev1}$ 会被传送至测试分析器210以进行测试分析。

[0051] 图11显示依据本发明另一实施例的射频测试系统3011的功能方块图。在射频测试系统3011中,集成电路500可为不具有信号产生器的单独的一射频集成电路。因此,信号产生器的功能可移至自动测试设备200。换言之,测试控制器220可在内部控制信号产生器230,藉以传送预定的射频测试样本至射频发送器120。射频测试系统3011的电路设定及其他元件的连接方式类似于射频测试系统3006,其细节可参考图6的实施例。类似于图6的实施例,射频测试系统3011亦选择信号转换器设定。更进一步而言,射频发送器120接收来自自动测试设备200的信号产生器230的外部射频测试样本信号。接着,来自射频发送器120的输出射频测试信号 $S_{RF\_OUT}$ 会被传送至测试模块板300。射频测试信号 $S_{RF\_OUT}$ 会由测试模块板300中的衰减器320进行衰减,且衰减后的射频测试信号更会被传送至信号转换器330以进

行信号转换。接着,信号转换器330会产生一第二评估信号 $S_{ev2}$ ,且第二评估信号 $S_{ev2}$ 会经由输出端口376而被传送至自动测试设备200的测试分析器210。

[0052] 图12显示依据本发明另一实施例的射频测试系统3012的功能方块图。在射频测试系统3012中,集成电路500可为不具有信号产生器的单独的一射频集成电路。射频测试系统3012的电路设定及其他元件的连接方式类似于射频测试系统3007,除了信号产生器230已被移至自动测试设备200,其细节可参考图7的实施例。类似于射频测试系统3007,测试模块板300由自动测试设备200的测试控制器220所产生的控制信号 $S_{CTRL}$ 所控制。更进一步而言,当接收到指示启动射频接收测试流程的控制信号 $S_{CTRL}$ 时,外部信号产生器310会开始产生在射频接收测试流程中所需的单音信号、双音信号、及调变信号。同时,开关SW4会切换至外部信号产生器310且开关SW3会切换至反馈端口374,使得外部信号产生器310所产生的射频信号可传送至衰减器320,且衰减后的射频信号会经由反馈端口374传送至射频接收器140的低噪声放大器141,藉以在测试分析器210评估集成电路500在接收器路径的接收效能。同样地,射频接收器140会经由通信端口170输出第一评估信号 $S_{ev1}$ 至自动测试设备200的测试分析器210以进行测试分析。当接收到评估信号 $S_{ev1}$ ,自动测试设备200的测试分析器210则可对集成电路500的接收效能进行测试分析。

[0053] 需注意的是,评估信号 $S_{ev1}$ 及 $S_{ev2}$ 可为模拟或数字的形式。在一些实施例中,上述射频发送器及射频接收器并不具有数字模拟转换器/模拟数字转换器,且测试分析器210更包括一数字转换器(未绘示)以将输入模拟评估信号转换为数字信号,藉以进行射频测试流程的数字信号分析。

[0054] 图13显示依据本发明又一实施例的射频测试系统3013的功能方块图。在射频测试系统3013中,集成电路500可为具有测试控制器的单芯片系统或单独的一射频集成电路。射频测试系统3013的电路设定及其他元件的连接方式类似于射频测试系统3007,除了测试控制器220已被移至集成电路500。在此实施例中,自动测试设备200的测试分析器210可藉由发送一命令信号(例如数字信号) $S_{CMD}$ 至集成电路500中的测试控制器220以初始化射频发送(Tx)或接收(Rx)测试流程,且集成电路500中的测试控制器220会回应该命令信号 $S_{CMD}$ 并发送相关的控制信号 $S_{CTRL}$ 至集成电路500中的元件及测试模块板300。需注意的是在实施例图3~12中所介绍的不同射频测试设定可用于射频测试系统3013,且其细节可参考图3~12的实施例。更进一步而言,自动测试设备200的测试分析器210仍然用于接收来自射频接收器140或信号转换器330的评估信号(例如低速模拟/数字信号)以进行数字信号分析。当来自射频接收器140或信号转换器330的评估信号为模拟形式,在由测试分析器210进行测试分析之前,自动测试设备200的数字转换器250先将评估信号转换为数字信号。

[0055] 图14显示依据本发明又一实施例的射频测试系统3014的功能方块图。在射频测试系统3014中,集成电路500可为一系统单芯片、或是单独的一射频集成电路,且射频测试系统3014的电路设定及元件的连接方式与射频测试系统3007类似,除了测试控制器220已被移至测试模块板300。在此实施例中,自动测试设备200可藉由发送一命令信号(例如数字信号) $S_{CMD}$ 至测试模块板300中的测试控制器220以初始化射频发送或接收测试流程,且回应该命令信号 $S_{CMD}$ ,在测试模块板300中的测试控制器220会发送控制信号 $S_{CTRL}$ 至集成电路500中的相关元件及测试模块板300。需注意的是,在图3~12中的实施例所介绍的不同射频测试设定均可用于射频测试系统3014,其细节请参考图3~12的实施例。更进一步而言,自动测

试设备200的测试分析器210仍然用于接收来自射频接收器140或信号转换器330的评估信号(例如低速模拟/数字信号)以进行数字信号分析。当来自射频接收器140或信号转换器330的评估信号为模拟形式,在测试分析器210进行测试分析之前,自动测试设备200的数字转换器250会将评估信号转换为数字信号。

[0056] 本发明虽以较佳实施例揭露如上,然其并非用以限定本发明的范围,任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,当可做些许的更动与润饰,因此本发明的保护范围当视权利要求所界定者为准。

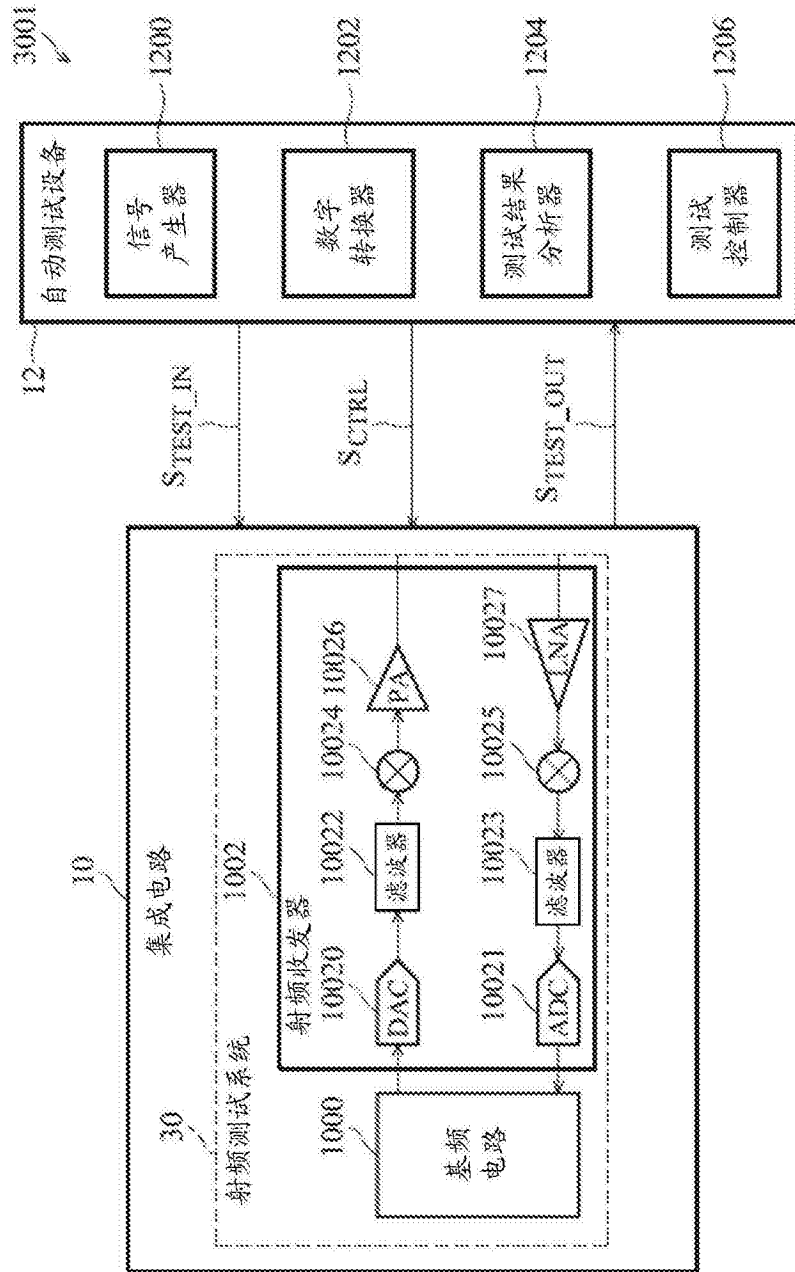


图1

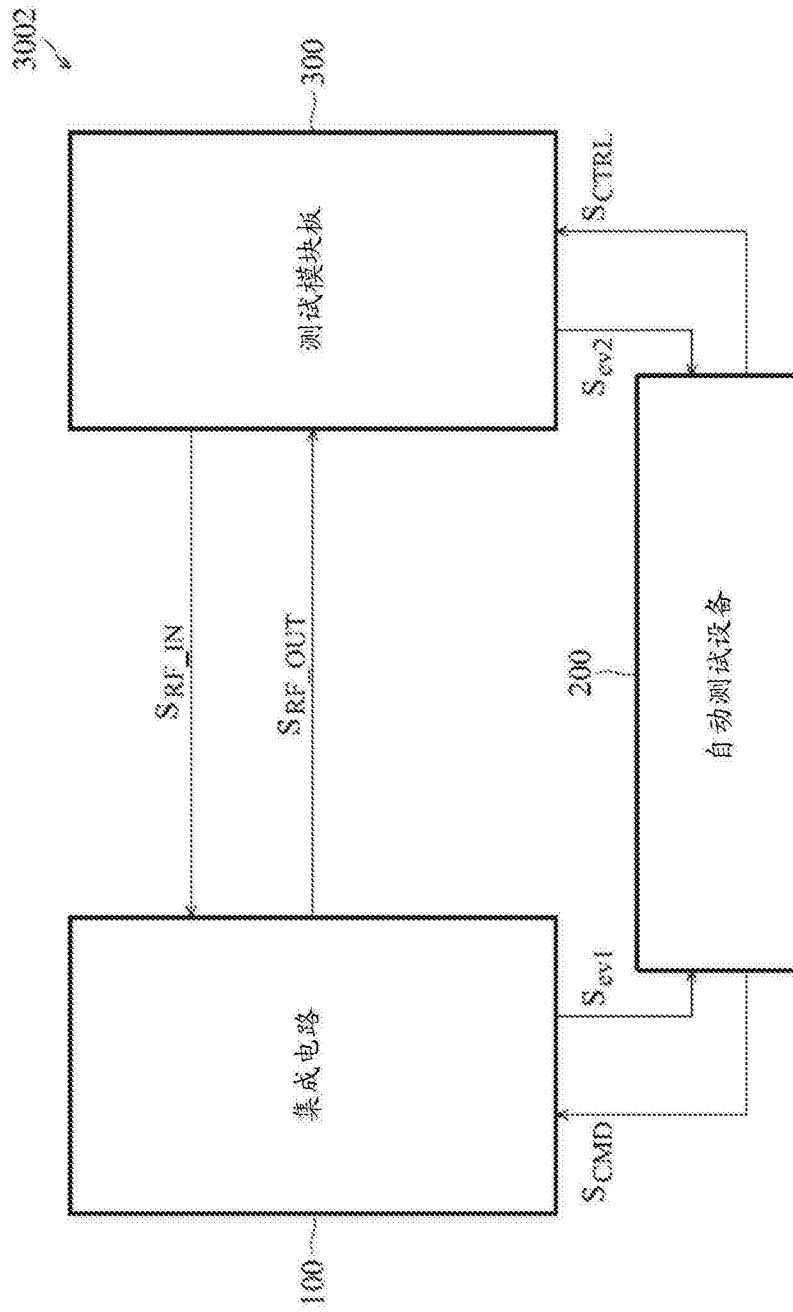


图2

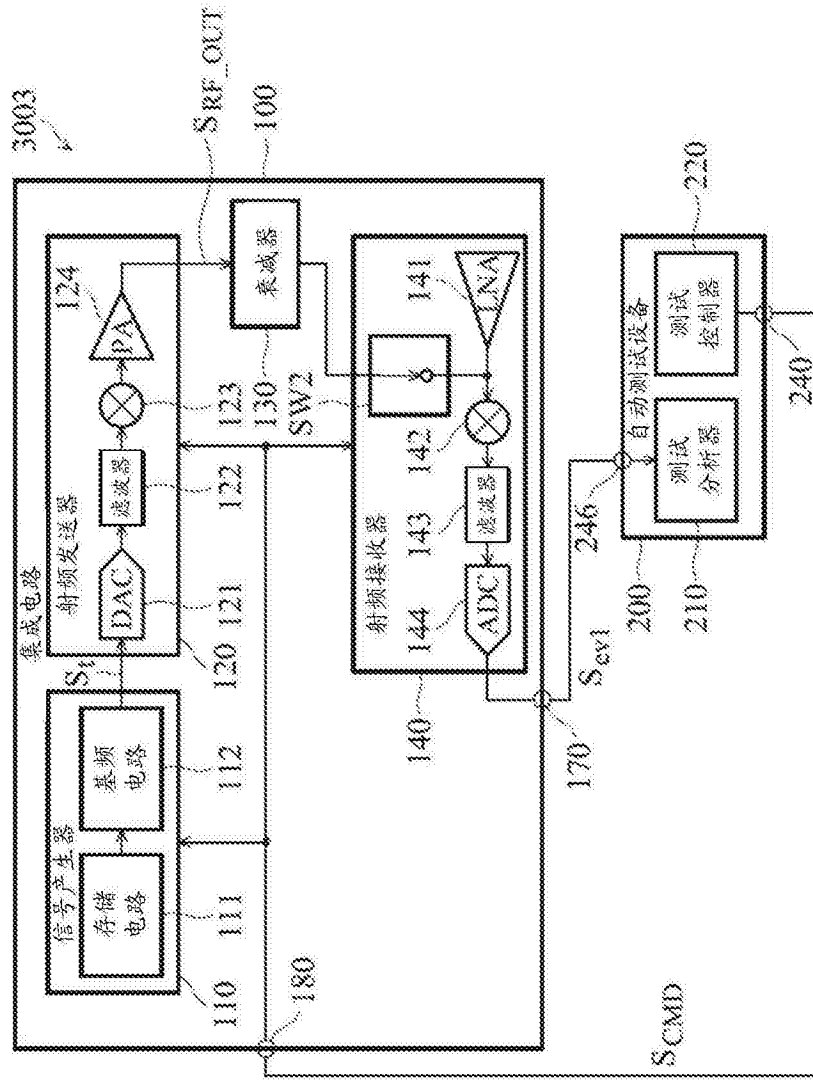


图3



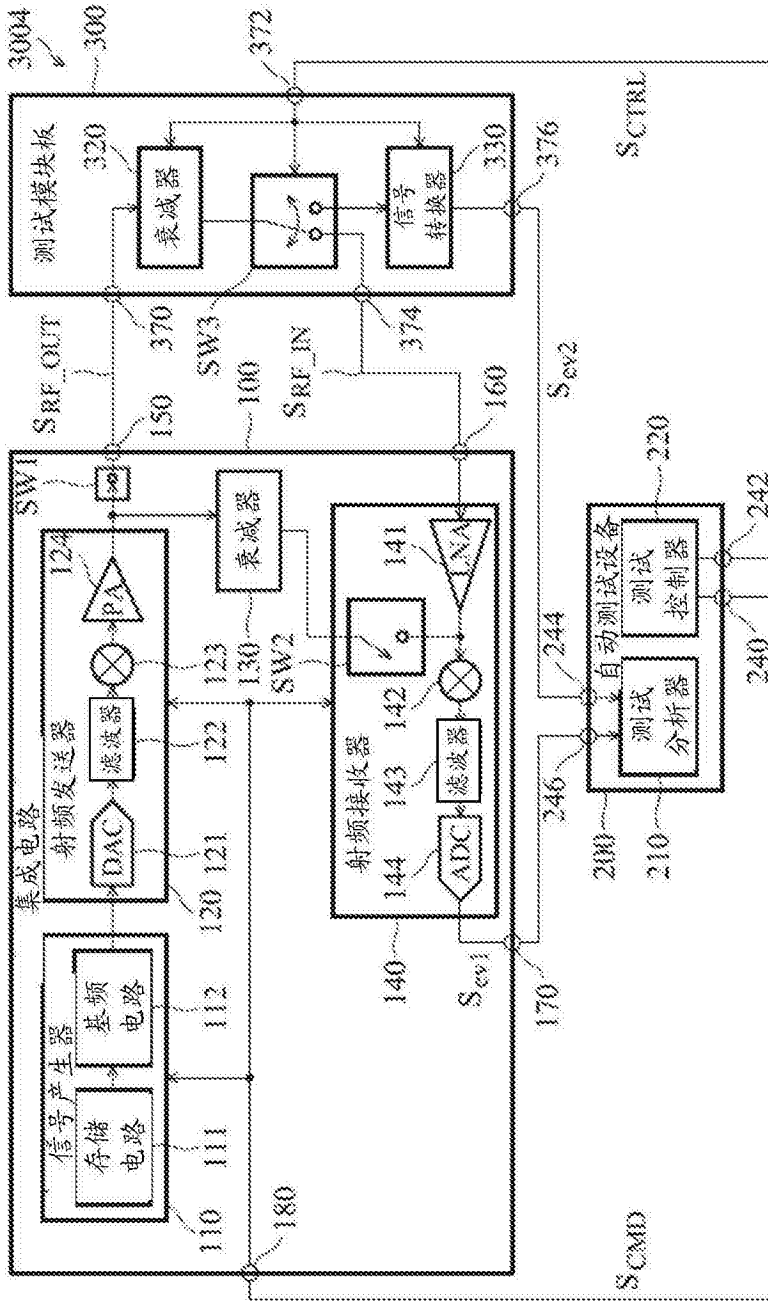


图4

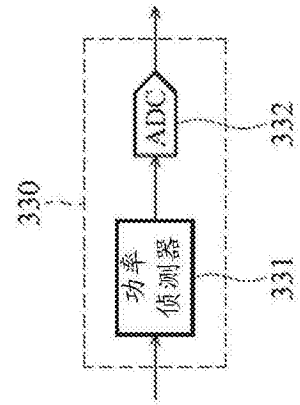


图5A

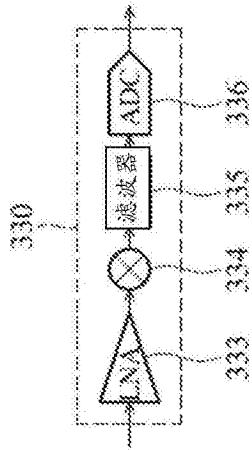


图5B

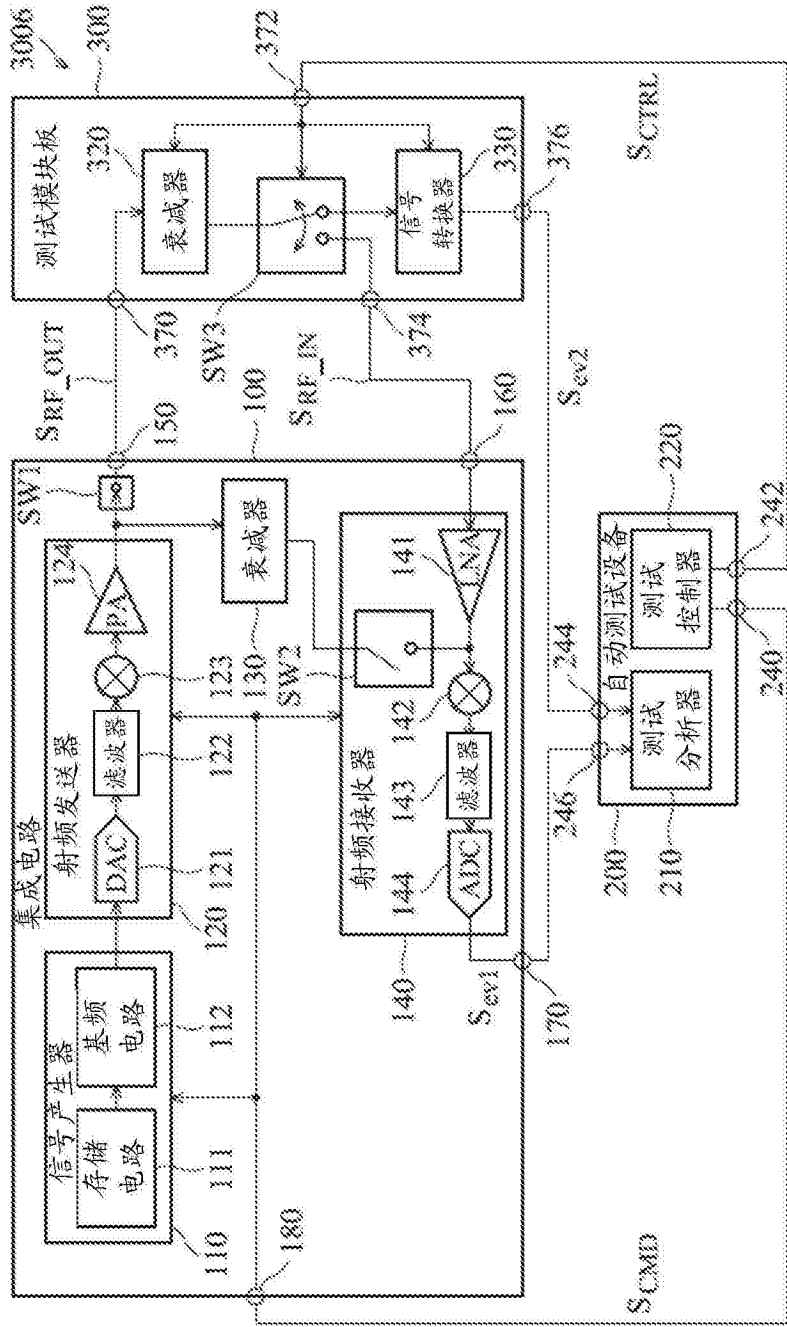


图6

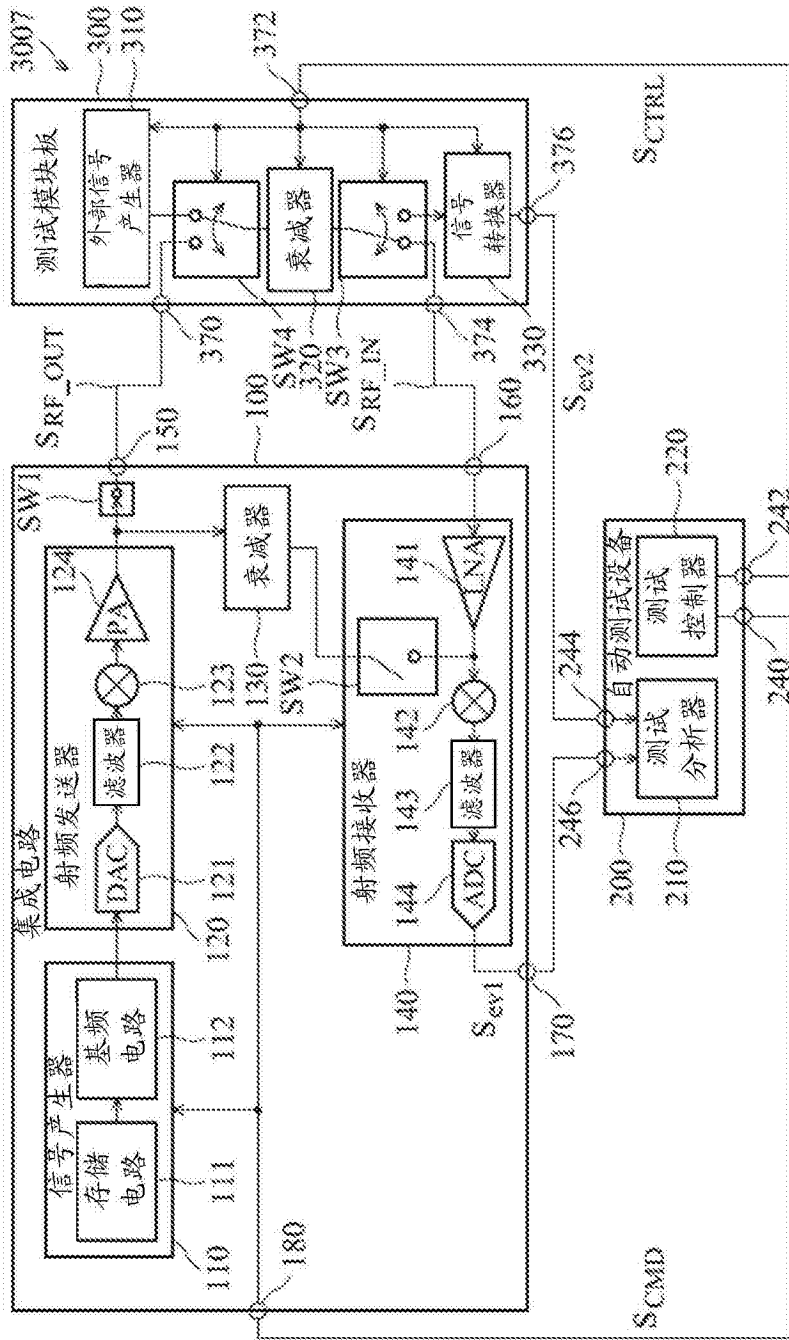


图7



图8A

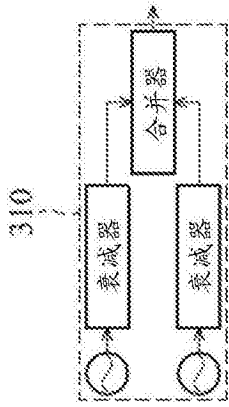


图8B

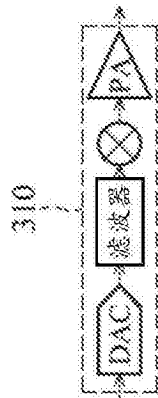


图8C

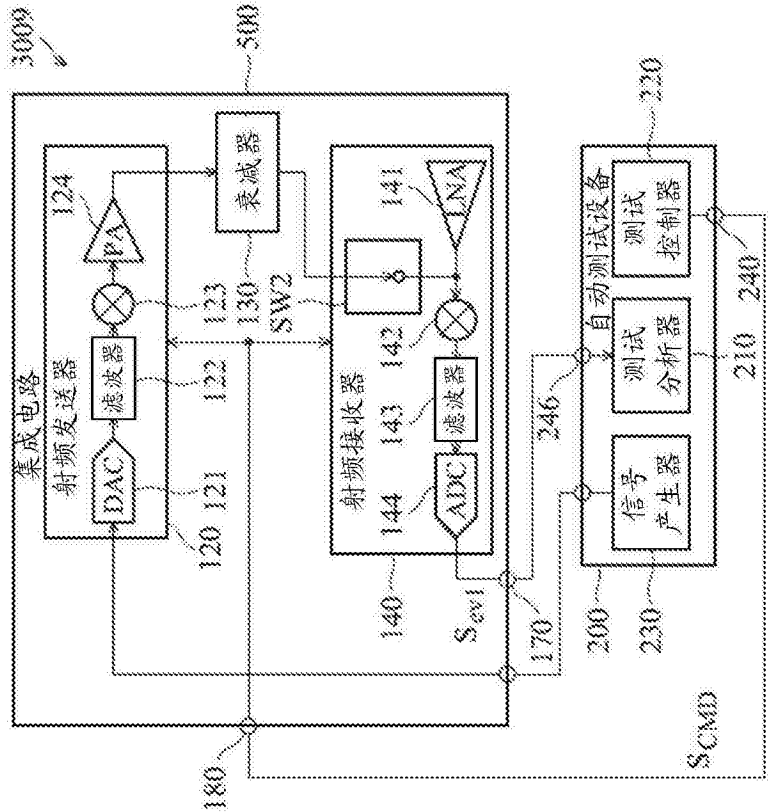


图9

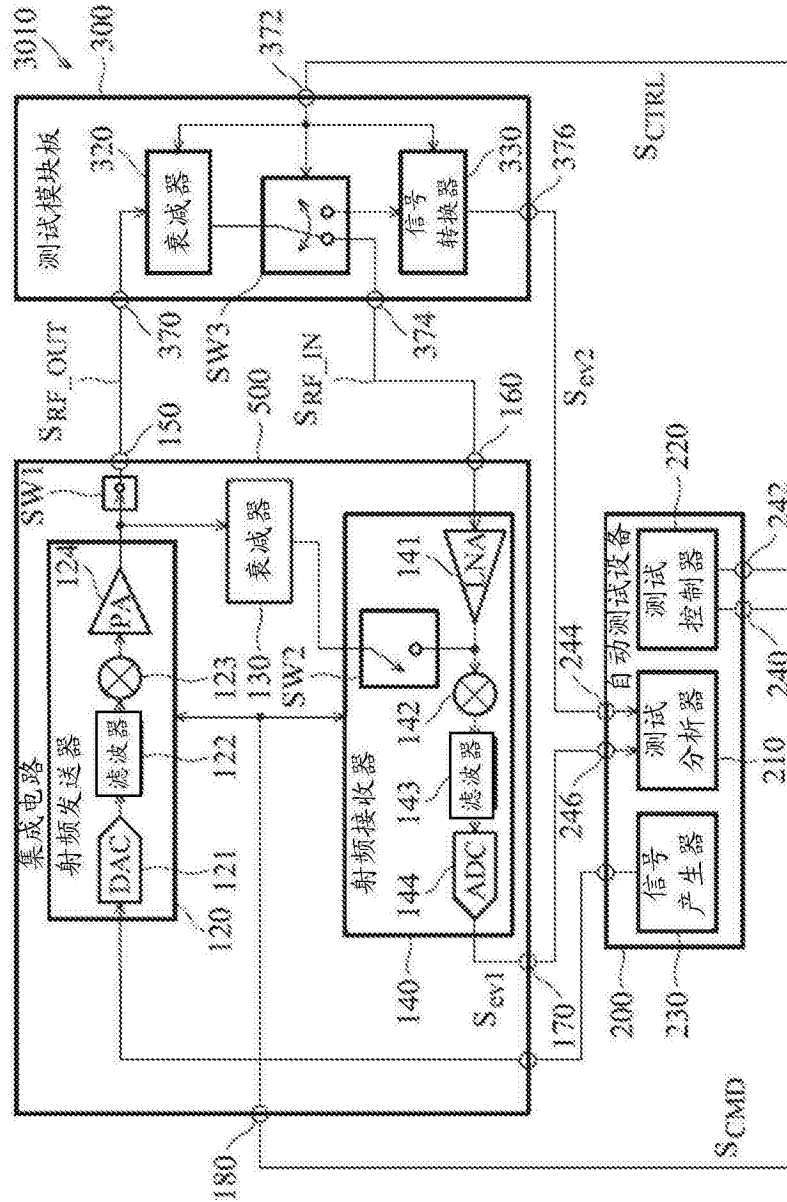


图10

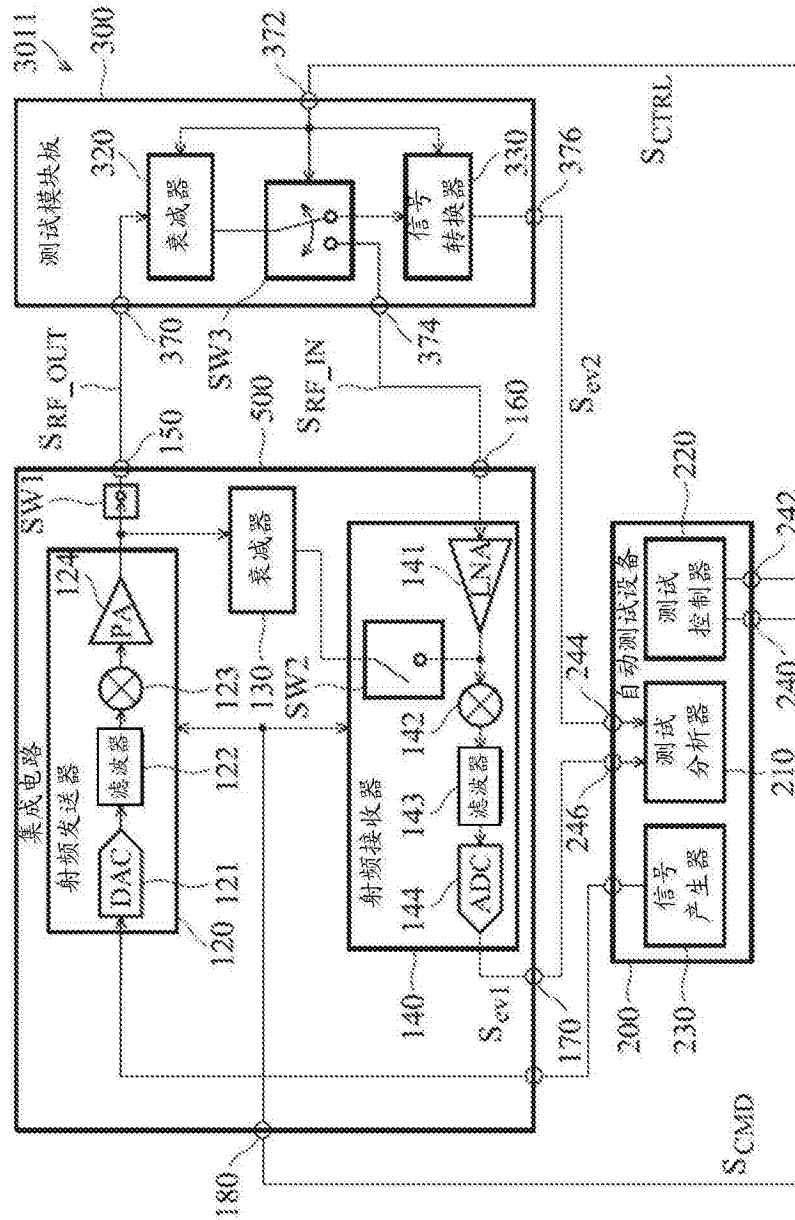


图11

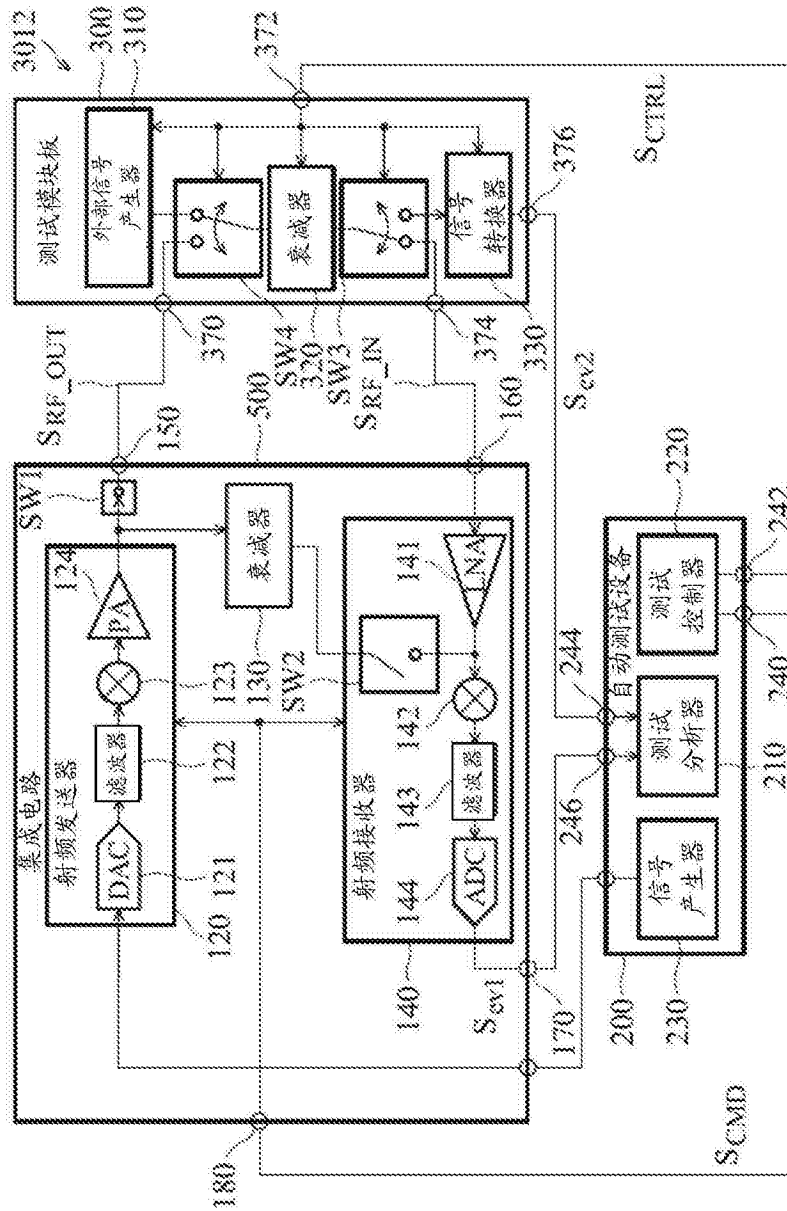


图12

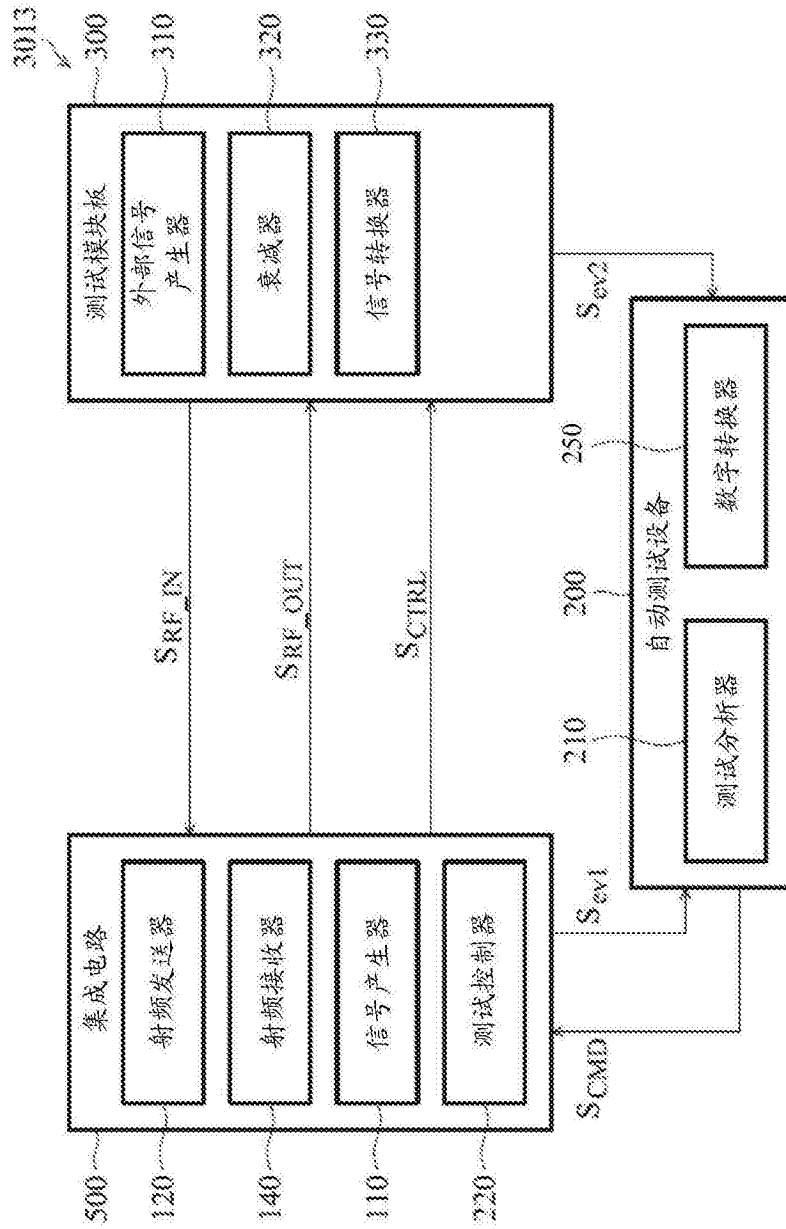


图13



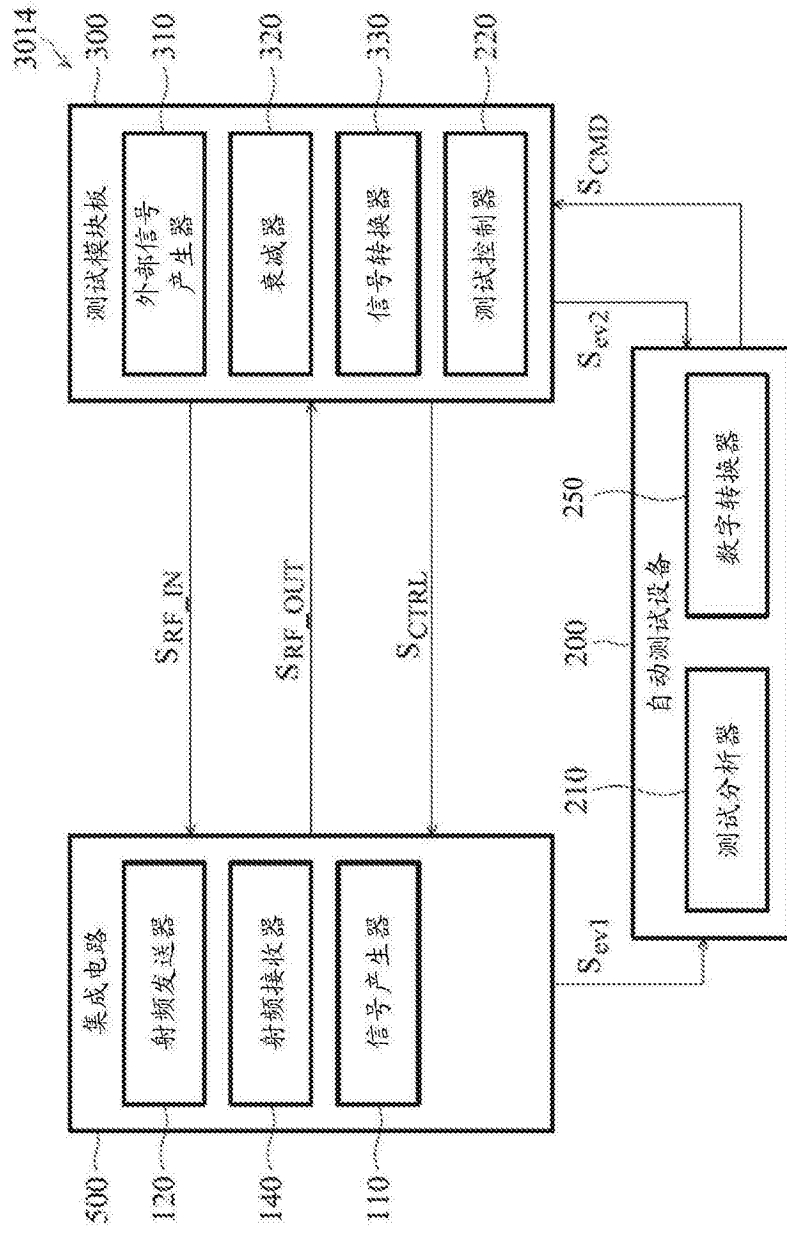


图14