

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021年5月20日 (20.05.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/093822 A1

(51) 国际专利分类号:
H03F 3/195 (2006.01) H03F 3/213 (2006.01)
H03F 3/24 (2006.01)

Tianjin 300457 (CN)。白云芳(BAI, Yunfang); 中国天津市滨海新区信环西路19号2号楼2701-3室, Tianjin 300457 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/128471

(74) 代理人: 北京汲智翼成知识产权代理事务所(普通合伙)(BEIJING GENIUS ESSEN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国北京市西城区珠市口西大街120号太丰惠中大厦806~809室, Beijing 100050 (CN)。

(22) 国际申请日: 2020年11月12日 (12.11.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201911121417.2 2019年11月15日 (15.11.2019) CN

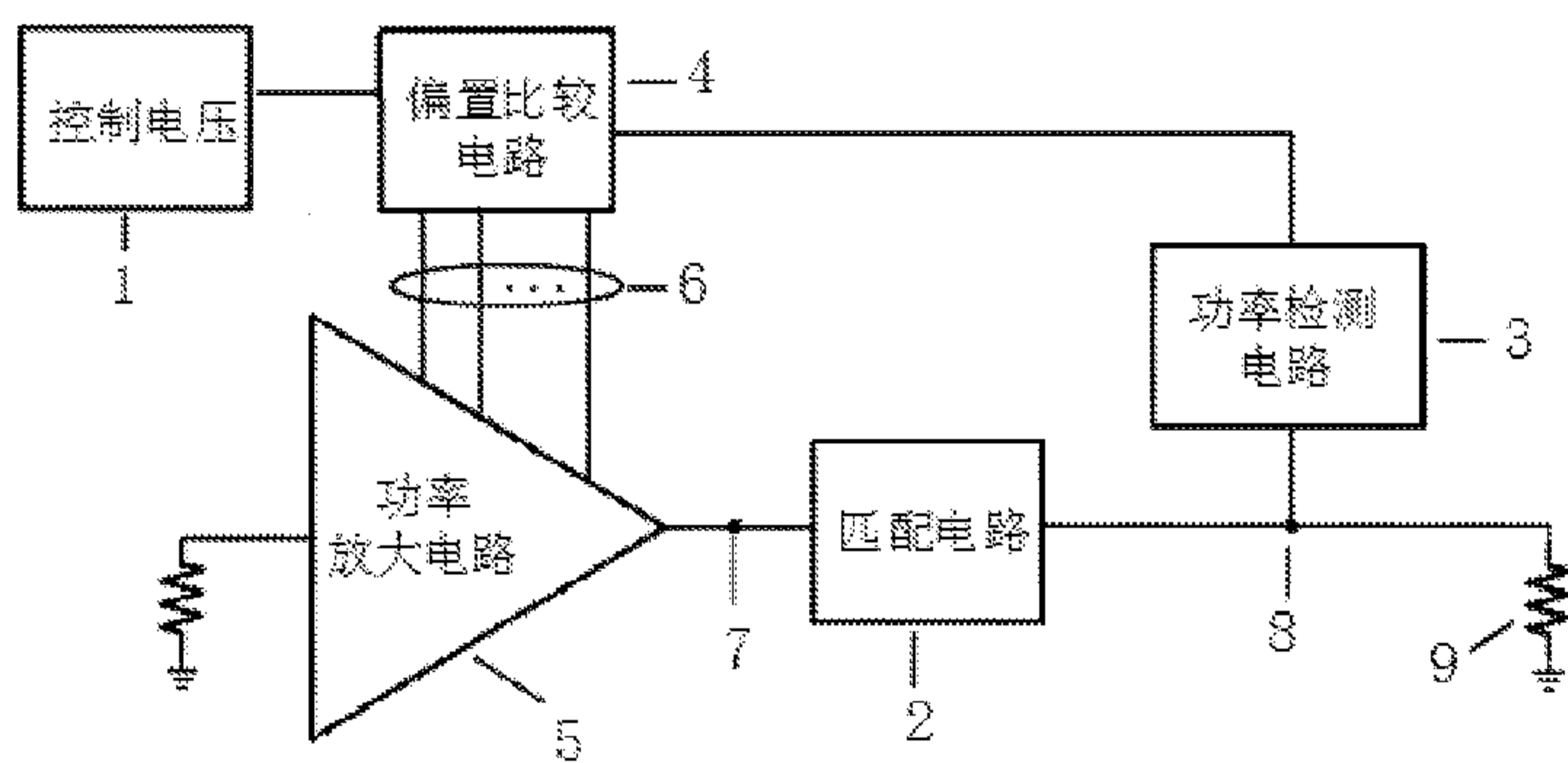
(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(71) 申请人: 唯捷创芯(天津)电子技术股份有限公司(VANCHIP (TIANJIN) TECHNOLOGY CO.,LTD.) [CN/CN]; 中国天津市滨海新区信环西路19号2号楼2701-3室, Tianjin 300457 (CN)。

(72) 发明人: 赵锦鑫(ZHAO, Jinxin); 中国天津市滨海新区信环西路19号2号楼2701-3室,

(54) Title: RADIO FREQUENCY POWER AMPLIFIER, CHIP, AND COMMUNICATION TERMINAL

(54) 发明名称: 一种射频功率放大器、芯片及通信终端



1 CONTROL VOLTAGE
2 MATCHING CIRCUIT
3 POWER MEASUREMENT CIRCUIT
4 BIAS COMPARISON CIRCUIT
5 POWER AMPLIFIER CIRCUIT

图 1

(57) Abstract: A radio frequency power amplifier, a chip, and a communication terminal. The radio frequency power amplifier comprises a power amplifier circuit (5), an output matching circuit (2), a power measurement circuit (3), and a bias comparison circuit (4). The output power on a main signal path is measured by the power measurement circuit (3), and an equivalent voltage proportional to the output power is obtained and input to the bias comparison circuit (4); the equivalent voltage value is adjusted by means of the bias comparison circuit (4) and compared with a control voltage (1) to provide a bias voltage and/or collector voltage for the power amplifier circuit (5), thereby forming a closed-loop circuit, such that the radio frequency power amplifier can work in a stable state when gains and output power are in different power levels.

(57) 摘要: 一种射频功率放大器、芯片及通信终端。该射频功率放大器包括功率放大电路(5)、输出匹配电路(2)、功率检测电路(3)和偏置比较电路(4)。通过功率检测电路(3)检测主信号通路上的输出功率, 并得到与该输出功率成正比的等效电压输入到偏置比较电路(4), 通过偏置比较电路(4)调整等效电压数值, 并与控制电压(1)进行比较, 为功率放大电路(5)提供偏置电压和/或集电极电压, 由此形成一个闭环回路, 使射频功率放大器工作在增益以及输出功率在不同的功率等级下都能保持稳定状态。

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种射频功率放大器、芯片及通信终端

技术领域

本发明涉及一种射频功率放大器，同时也涉及包括该射频功率放大器的集成电路芯片及相应的通信终端，属于射频集成电路技术领域。

背景技术

射频功率放大器是无线通信应用中不可或缺的关键部件，用于将收发机输出的已调制射频信号进行功率放大，以满足无线通信所需的射频信号的功率要求。由于无线通信对性能的要求，射频功率放大器需要进行功率控制。并且，由于工艺的偏差也会导致射频功率放大器的增益以及输出功率发生变化。

现有技术中，射频功率放大器的功率控制方法主要有以下两种：

第一种是基于闭环控制的功率控制方法。该功率控制方法主要通过控制射频功率放大器的输入功率，实现控制射频功率放大器最终的输出功率。此外，由于该功率控制方法采用同一个偏置电压产生满足需求的输出功率，导致当射频功率放大器所需的输出功率较小时，会使得射频功率放大器的电流出现余量，从而造成不必要的浪费。

另一种是基于开环控制的功率控制方法。该功率控制方法主要通过控制电压，实现控制射频功率放大器最终的输出功率。由于该功率控制方法无法获知控制电压控制射频功率放大器的输出功率的大小，使得控制电压无法精确控制射频功率放大电路的偏置电压，进而无法精确控制射频功率放大器的输出功率。

发明内容

本发明所要解决的首要技术问题在于提供一种射频功率放大器。

本发明所要解决的另一技术问题在于提供一种包括上述射频功率放大器的集成电路芯片及相应的通信终端。

为了实现上述目的，本发明采用下述的技术方案：

根据本发明实施例的第一方面，提供一种射频功率放大器，包括功率放大电路、输出匹配电路、功率检测电路和偏置比较电路；所述功率放大电路和所述输出匹配电路连接，构成所述射频功率放大器的

主信号通路，所述功率检测电路的输入端与所述主信号通路上的某一节点连接，所述功率检测电路的输出端与所述偏置比较电路的输入端连接，所述偏置比较电路的输出端与所述功率放大电路的偏置端和/或集电极端连接；

通过所述功率检测电路检测所述主信号通路上的输出功率，并得到与所述输出功率成正比的等效电压，所述等效电压输入到所述偏置比较电路后，根据所述功率放大电路不同偏置端所需要的不同的偏置状态调整所述等效电压的数值，得到一个或多个分支等效电压；

每个所述分支等效电压分别与预先输入到所述偏置比较电路的控制电压进行比较，持续为所述功率放大电路提供偏置电压和/或集电极电压，直到所述控制电压与所述射频功率放大器的输出功率等级相对应，以控制所述射频功率放大器在不同功率等级下的输出功率稳定。

其中较优地，所述功率检测电路包括耦合器和包络检波器，所述耦合器的输入端通过所述输出匹配电路与所述功率放大电路的输出端连接，所述耦合器的直通输出端与输出负载连接，所述耦合器的耦合输出端与所述包络检波器的输入端连接，所述包络检波器的输出端与所述偏置比较电路的输入端连接。

其中较优地，采用电容替代所述耦合器。

其中较优地，所述包络检波器包括第一电阻、第二电阻、第三电阻、第一二极管、第四电阻和第一电容；所述第一电阻与所述第二电阻连接在电源与地之间，所述第三电阻连接在所述第一二极管的正极与所述第一电阻和所述第二电阻的公共节点之间，所述第一二极管的负极通过所述第四电阻与所述第一电容的并联网络连接到地。

其中较优地，所述偏置比较电路包括 N 个低压差线性稳压器， N 为正整数；每个所述低压差线性稳压器的输入端分别连接所述控制电压和所述功率检测电路，每个所述低压差线性稳压器的输出端连接所述功率放大电路的偏置端和/或集电极端。

其中较优地，每个所述低压差线性稳压器分别包括第五电阻、第六电阻、运算放大器、PMOS 晶体管和第七电阻，所述第五电阻与所述第六电阻连接在第三节点与地之间，所述运算放大器的正相输入端和所述第五电阻与所述第六电阻之间的公共节点连接，所述运算放大器

的反相输入端连接外部的基带电路，所述运算放大器的输出端连接所述 PMOS 晶体管的栅极，所述 PMOS 晶体管的源极连接到电源，所述 PMOS 晶体管的漏极通过所述第七电阻连接到地。

其中较优地，所述功率放大电路包括一级或多级放大电路及与每一级放大电路对应的偏置电路，每一级放大电路与对应的所述偏置电路连接。

其中较优地，所述主信号通路上的某一节点包括所述功率放大电路的任意一级放大电路、第一节点和第二节点。

根据本发明实施例的第二方面，提供一种集成电路芯片，所述集成电路芯片中包括上述的射频功率放大器。

根据本发明实施例的第三方面，提供一种通信终端，所述通信终端中包括上述的射频功率放大器。

本发明实施例提供的射频功率放大器通过功率检测电路检测主信号通路上的输出功率，并得到与该输出功率成正比的等效电压输入到偏置比较电路，通过偏置比较电路调整等效电压数值，并与控制电压进行比较，为功率放大电路提供偏置电压和/或集电极电压，这样形成一个闭环回路，使射频功率放大器工作在增益以及输出功率在不同的功率等级下都能保持稳定状态。

附图说明

图 1 为本发明实施例提供的射频功率放大器的电路框图；

图 2 为采用由包络检波器和耦合器组成的功率检测电路的射频功率放大器的电路框图；

图 3 为本发明实施例提供的射频功率放大器中，包络检波器的电路原理图；

图 4 为本发明实施例提供的射频功率放大器中，包络检波器的输入功率与输出直流电压的关系图；

图 5 为本发明实施例提供的射频功率放大器中，偏置比较电路的电路原理图；

图 6 为采用两级放大电路的射频功率放大器的电路原理图 1；

图 7 为采用两级放大电路的射频功率放大器的电路原理图 2；

图 8 为本发明实施例提供的射频功率放大器中，功率放大电路的

集电极电压与输出功率的关系图；

图 9 是根据本发明实施例示出的一种通信终端的结构框图。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施例对本发明的技术内容做进一步的详细说明。

如图 1 所示，本发明实施例提供的射频功率放大器包括功率放大电路 5、输出匹配电路 2、功率检测电路 3 和偏置比较电路 4；功率放大电路 5、输出匹配电路 2 及输出负载 9 依次连接，构成射频功率放大器的主信号通路，实现对输入射频信号的放大以满足与基站通信所需要的功率；功率检测电路 3 的输入端与主信号通路上的某一节点（如图 1 所示的位于功率放大电路 5 与输出匹配电路 2 之间的第一节点 7 和输出匹配电路 2 与输出负载 9 之间的第二节点 8）连接，功率检测电路 3 的输出端与偏置比较电路 4 的输入端连接，偏置比较电路 4 的输出端与功率放大电路 5 的偏置端和/或集电极端连接。

通过功率检测电路 3 检测主信号通路上的功率，并得到与主信号通路功率成正比的等效电压，该等效电压输入到偏置比较电路 4 后，根据功率放大电路 5 不同偏置端所需要的不同的偏置状态调整等效电压的数值，得到一个或多个分支等效电压；每个分支等效电压分别与外部的基带电路预先输入到偏置比较电路 4 的控制电压 1 进行比较，持续为功率放大电路 5 产生与控制电压，分支等效电压电压差值成反向变化的偏置电压 6 和/或集电极电压，直到所产生的偏置电压和/或集电极电压使得相应的分支等效电压与控制电压相等，进而使得控制电压与射频功率放大器的输出功率等级相对应，以控制射频功率放大器在不同功率等级下的输出功率稳定。

需要说明的是，外部的基带电路预先输入到偏置比较电路 4 的控制电压与射频功率放大器的输出功率等级相对应，即一个输出功率等级对应于一个控制电压。在基带电路中预设设置了多个与射频功率放大器的输出功率等级相对应的控制电压。基带电路为射频功率放大器提供的控制电压的数值根据通信终端（如手机）与基站进行交互信息时实际所需的输出功率而定。即通过设置不同的控制电压可以使得射频功率放大器得到不同的输出功率。例如，假设手机与基站进行通信，

此时如果手机距离基站较近，那么手机与基站进行交互信息时需要的输出功率就会比较小，基站会将与手机进行交互信息时所需的输出功率反馈给手机，手机就会通过基带电路向其射频功率放大器提供与所需的输出功率等级对应的控制电压。

如图 2 所示，在本发明的一个实施例中，功率检测电路 3 包括耦合器 31 和包络检波器 30。耦合器 31 的输入端通过输出匹配电路 2 与功率放大电路 5 的输出端连接，耦合器 31 的直通输出端 8 与输出负载 9 连接，耦合器 31 的耦合输出端 32 与包络检波器 30 的输入端连接，包络检波器 30 的输出端与偏置比较电路 4 的输入端连接。

耦合器 31，用于检测功率放大电路 5、输出匹配电路 2 及输出负载 9 构成的射频功率放大器的主信号通路上某一位置的输出功率并产生耦合功率。该耦合功率与射频功率放大器的输出功率具有一定的比例关系。例如，耦合器 31 检测的射频功率放大器的主信号通路上某一位置的输出功率并产生耦合功率是射频功率放大器的输出功率的百分之一。

由于将耦合器 31 连接到主信号通路上的第二节点 8 比第一节点 7 时对功率放大电路 5 的输出功率影响小，并且耦合器 31 在第二节点 8 位置检测到的功率更接近最终的输出功率；因此，优选将耦合器 31 连接到主信号通路上的第二节点 8 上，不仅保证对主信号通路的射频信号影响小，而且还使得功率检测电路 3 检测到的功率更接近放大电路最终的输出功率。其中，耦合器 31 的耦合系数一般大于 20dB，使得在检测主信号通路上某一位置的输出功率的同时还能减小对功率放大电路 5 输出功率的损耗。

此外，还可以采用电容替代耦合器，实现检测射频功率放大器的主信号通路上某一位置的输出功率。

包络检波器 30，用于接收耦合器 31 的耦合输出端 32 输出的耦合功率并得到与该耦合功率成正比的等效电压 33。如图 3 所示，包络检波器 30 包括第一电阻 307、第二电阻 308、第三电阻 310、第一二极管 302、第四电阻 304 和第一电容 305；第一电阻 307 与第二电阻 308 连接在电源与地之间，通过分压作用为第一二极管 302 提供偏置电压，第三电阻 310 连接在第一二极管 302 的正极 301 与第一电阻 307 和第

二电阻 308 的公共节点 309 之间，用于为第一二极管 302 提供合适的偏置电流。第一二极管 302 的负极 303 通过第四电阻 304 与第一电容 305 的并联网络连接到地。第四电阻 304 作为第一二极管 302 的负载，为第一二极管 302 提供直流状态，同时为第一二极管 302 提供功率到电压的转换增益；第一电容 305 作为第一二极管 302 的滤波电容，用于得到第一二极管 302 输出电压的直流部分；通过第四电阻 304 和第一电容 305 可以将耦合器 31 输出的耦合功率转换成预设摆幅的等效电压，该等效电压与耦合功率成正比。其中，耦合器 31 输出的耦合功率通过电容 306 输入到第一二极管 302 的正极 301。包络检波器 30 将耦合器 31 输出的耦合功率转换成预设摆幅的等效电压后，通过以第四电阻 304 和第一电容 305 之间的公共节点 303 作为包络检波器 30 的输出端输入到偏置比较电路 4。如图 4 所示，当第一二极管 302 的正极 301 处的输入功率（耦合器 31 输出的耦合功率）从 -15dBm 变化到 10dBm 时，则第一二极管 302 的负极 303 处的直流电压（与耦合功率对应的预设摆幅的等效电压）从 0.3V 变化到 1.35V。

如图 5 所示，在本发明的一个实施例中，偏置比较电路 4 包括 N 个低压差线性稳压器，N 为正整数，N 的取值由功率放大电路 5 实际所需的偏置电压和集电极电压的个数决定。每个低压差线性稳压器分别包括第五电阻 402、第六电阻 403、运算放大器 406、PMOS 晶体管 408 和第七电阻 411。每个低压差线性稳压器各部分的连接关系及工作原理如下：第五电阻 402 与第六电阻 403 连接在第三节点 401 与地之间，用于根据功率放大电路 5 的工作状态，通过第五电阻 402 与第六电阻 403 的分压作用将功率检测电路 3 输出的等效电压进行特定比例的复制，得到一个分支等效电压；运算放大器 406 的正相输入端和第五电阻 402 与第六电阻 403 之间的公共节点 404 连接，用于通过公共节点 404 接收经第五电阻 402 与第六电阻 403 分压作用得到的分支等效电压；运算放大器 406 的反相输入端连接外部的基带电路，用于接收与射频功率放大器实际所需的输出功率等级对应的控制电压；运算放大器 406 的输出端连接 PMOS 晶体管 408 的栅极，PMOS 晶体管 408 的源极 409 连接到电源，PMOS 晶体管 408 的漏极 410 通过第七电阻 411 接到地。

偏置比较电路 4 的工作原理为，通过将功率检测电路 3 输出的与其检测的输出功率成正比的等效电压 33 输入到每个低压差线性稳压器的运算放大器 406，每个低压差线性稳压器根据功率放大电路 5 的工作状态，通过第五电阻 402 与第六电阻 403 的分压作用将功率检测电路 3 输出的等效电压进行特定比例的复制，得到一个分支等效电压；运算放大器 406 将分支等效电压与预先输入到运算放大器 406 的反相输入端的控制电压 1 进行比较后，PMOS 晶体管 408 的漏极 410 通过第七电阻 411 产生电压为功率放大电路 5 提供偏置电压和/或集电极电压。其中，第七电阻 411 的数值可以根据需要选用不同的值。

由于功率放大电路 5 包括一级或多级放大电路及与每一级放大电路对应的偏置电路；因此，每个低压差线性稳压器根据功率放大电路 5 的工作状态可以指的是，功率放大电路 5 的某一级放大电路的工作状态；即每个低压差线性稳压器根据功率放大电路 5 的某一级放大电路的工作状态，通过第五电阻 402 与第六电阻 403 的分压作用将功率检测电路 3 输出的等效电压进行特定比例的复制，得到一个分支等效电压；即每个低压差线性稳压器可以为功率放大电路 5 中对应的某一级放大电路提供偏置电压和/或集电极电压，通过偏置电压或集电极电压控制对应的某一级放大电路的输出功率。那么，采用多个低压差线性稳压器可以为功率放大电路 5 中对应的多级放大电路提供偏置电压和/或集电极电压。

由于每个低压差线性稳压器分别与功率放大电路 5、输出匹配电路 2、功率检测电路 3 之间形成闭环控制，因此，每个低压差线性稳压器会持续收到功率检测电路 3 输出的等效电压，低压差线性稳压器会将每次收到的等效电压进行动态调整，得到分支等效电压，并将分支等效电压与控制电压比较后，为功率放大电路 5 中对应的某一级放大电路提供偏置电压和/或集电极电压，直到每个低压差线性稳压器相应的分支等效电压与控制电压相等，进而使得控制电压与射频功率放大器的输出功率等级相对应，以控制射频功率放大器在不同功率等级下的输出功率稳定。

输出匹配电路 2，用于实现与外部的天线之间的阻抗匹配，使得功率放大电路 5 能够将射频信号输入到天线，并通过天线将射频信号

发射至基站。输出匹配电路 2 包括串联电感与并联电容，即在第一节点 7 和第二节点 8 之前连接电感，在第二节点 8 与地之间连接电容。

下面以功率放大电路 5 采用两级放大电路及与两级放大电路对应的偏置电路为例，并以检测第二节点 8 的输出功率，为功率放大电路 5 的某一级放大电路提供集电极电压，或者为每一级放大电路分别提供偏置电压和集电极电压为典型，对本发明实施例提供的射频功率放大器的工作原理及每一级放大电路及对应的偏置电路的结构进行说明。

如图 6 所示，功率放大电路 5 的第一级放大电路包括第一三极管 502，第一三极管 502 的集电极连接到第一电感 509 的一端，第一电感 509 作为第一级放大电路的负载。第一电感 509 的另一端通过第二电容 510 连接到地，第二电容 510 作为第一级放大电路的旁路电容，从而使得第一电感 509 与第二电容 510 的公共端 511 可以视为交流地。第八电阻 505 的一端与第二三极管 504 的集电极连接到节点 508，第八电阻 505 的另一端连接到第二三极管 504 的基极，并且第八电阻 505 的另一端还通过第二二极管 506，第三二极管 507 连接到地。第二三极管 504 的发射极通过第九电阻 503 连接到第一三极管 502 的基极，为第一三极管 502 提供偏置电流。其中，第八电阻 505、第二三极管 504、第二二极管 506，第三二极管 507 和第九电阻 503 组成与第一级放大电路对应的偏置电路。第一三极管 502 的集电极通过第三电容 512 连接到第三三极管 513 的基极，第一级放大电路通过电容 501 接收射频信号，并将该射频信号通过第三电容 512 输入到第二级放大电路。同样，第二电感 520 的一端连接到第三三极管 513 的集电极，作为第三三极管 513 的负载。第二电感 520 的另一端通过第四电容 521 连接到地，第四电容 521 作为第二级放大电路的旁路电容，使得第二电感 520 与第四电容 521 的公共端 522 可以视为交流地。第十电阻 516 的一端与第四三极管 515 的集电极连接到节点 519，第十电阻 516 的另一端连接到第四三极管 515 的基极，并且通过第四二极管 517，第五二极管 518 连接到地。第四三极管 51 的发射极通过第十一电阻 514 连接到第三三极管 513 的基极，为第三三极管 513 提供偏置电流。第三三极管 513 的集电极通过输出匹配电路 2 输出到输出负载。

功率检测电路 3 检测第二节点 8 的输出功率，并得到与该输出功率成正比的等效电压 526，该等效电压 526 输入到偏置比较电路 4，偏置比较电路 4 通过将等效电压 526 与预先输入到偏置比较电路 4 的控制电压 1 进行比较得到偏置电压 529。偏置电压 529 连接到第二电感 520 与第四电容 521 之间的公共节点 522，为第二级放大电路提供集电极电压。通过集电极电压控制功率放大电路的输出功率。

如图 7 所示，通过功率检测电路 3 检测第二节点 8 的输出功率，并得到与该输出功率成正比的等效电压 526，该等效电压 526 分别输入到偏置比较电路 4 的 4 个低压差线性稳压器中，其中两个低压差线性稳压器根据功率放大电路 5 的第一级放大电路的工作状态调整等效电压的数值，得到两个分支等效电压，这两个低压差线性稳压器分别将相应的分支等效电压与控制电压进行比较，通过节点 508 和节点 511 持续为第一级放大电路产生相应的偏置电压 534 和集电极电压 533，直到所产生的偏置电压和集电极电压使得相应的分支等效电压与控制电压相等；另两个低压差线性稳压器根据功率放大电路 5 的第二级放大电路的工作状态调整等效电压的数值，也得到两个分支等效电压，这两个低压差线性稳压器分别将相应的分支等效电压分别与控制电压进行比较，通过节点 519 和节点 522 持续为第二级放大电路产生相应的偏置电压 532 和集电极电压 531，直到所产生的偏置电压和集电极电压使得相应的分支等效电压与控制电压相等。

如图 8 所示，当偏置比较电路 4 为第二级放大电路提供的集电极电压从 0.4V 变化到 3.4V 时，功率放大电路的输出功率从 11dBm 变化到 35dBm。因此，由图 4 和图 8 可知，通过设置不同的控制电压可以使功率放大电路得到不同的输出功率。

本发明实施例提供的射频功率放大器通过功率检测电路检测主信号通路上的输出功率，并得到与该输出功率成正比的等效电压输入到偏置比较电路，通过偏置比较电路调整等效电压数值，并与控制电压进行比较，为功率放大电路提供偏置电压和/或集电极电压，这样形成一个闭环回路，达到稳定控制功率放大电路的输出功率的目的。另外，通过检测主信号通路上的输出功率，调整各级放大电路的工作状态，从而抑制由工艺变化导致的射频功率放大器工作状态变化，同时可以

减小输入功率的变化对射频功率放大器工作状态的影响，使射频功率放大器工作在增益以及输出功率在不同的功率等级下都能保持稳定状态。

本发明实施例提供的射频功率放大器还可以被用在集成电路芯片中。对于该集成电路芯片中的射频功率放大器的具体结构，在此就不再一一详述了。

另外，上述射频功率放大器还可以被用在如图 9 所示的通信终端中，作为通信组件的重要组成部分。这里所说的通信终端是指可以在移动环境中使用，支持 GSM、EDGE、WiFi、4G/5G 等多种通信制式的计算机设备，包括移动电话、笔记本电脑、平板电脑、车载电脑等。此外，本发明实施例提供的技术方案也适用于其他通信组件应用的场合，例如通信基站等。

图 9 是根据本发明实施例示出的一种通信终端的结构框图。参照图 9，通信终端 800 可以包括以下一个或多个组件：处理组件 802，存储器 804，电源组件 806，输入/输出 (I/O) 的接口 812，传感器组件 814 以及通信组件 816。

处理组件 802 通常控制通信终端 800 的整体操作。处理组件 802 可以包括一个或多个处理器 820 来执行指令，以完成上述的方法的全部或部分步骤。此外，处理组件 802 可以包括一个或多个模块，便于处理组件 802 和其他组件之间的交互。

存储器 804 被配置为存储各种类型的数据以支持在通信终端 800 的操作。这些数据的示例包括用于在通信终端 800 上操作的任何应用程序或方法的指令等。存储器 804 可以由任何类型的易失性或非易失性存储设备或者它们的组合实现，如静态随机存取存储器 (SRAM)，电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM)，可擦除可编程只读存储器 (EPROM)、可编程只读存储器 (PROM)、只读存储器 (ROM)、磁存储器、快闪存储器、磁盘或光盘。

电源组件 806 为通信终端 800 的各种组件提供电力。电源组件 806 可以包括电源管理系统，一个或多个电源，及其他与为通信终端 800 生成、管理和分配电力相关联的组件。I/O 接口 812 为处理组件 802 和外围接口模块之间提供接口，上述外围接口模块可以是键盘、滚轮、按钮等。

传感器组件 814 包括一个或多个传感器，用于为通信终端 800 提供各个方面的状态评估。在一些实施例中，该传感器组件 814 可以包括加速度传感器、陀螺仪传感器、磁传感器、压力传感器或温度传感器等。

通信组件 816 被配置为便于通信终端 800 和其他设备之间以有线或无线方式的通信，优选为 4G/5G 接入模块。通信终端 800 可以接入基于各类通信制式的无线网络，如 GSM、EDGE、WiFi、4G/5G 或它们的组合。

以上对本发明实施例提供的射频功率放大器、芯片及通信终端进行了详细的说明。对本领域的一般技术人员而言，在不背离本发明实质内容的前提下对它所做的任何显而易见的改动，都将属于本发明专利权的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种射频功率放大器，其特征在于包括功率放大电路、输出匹配电路、功率检测电路和偏置比较电路；所述功率放大电路和所述输出匹配电路连接，所述功率检测电路的输入端与所述主信号通路上的节点连接，所述功率检测电路的输出端与所述偏置比较电路的输入端连接，所述偏置比较电路的输出端与所述功率放大电路的偏置端和/或集电极端连接；

通过所述功率检测电路检测所述主信号通路上的输出功率，并得到与所述输出功率成正比的等效电压，所述等效电压输入到所述偏置比较电路后，根据所述功率放大电路不同偏置端所需要的不同的偏置状态调整所述等效电压的数值，得到一个或多个分支等效电压；

每个所述分支等效电压分别与预先输入到所述偏置比较电路的控制电压进行比较，持续为所述功率放大电路提供偏置电压和/或集电极电压，直到所述控制电压与所述射频功率放大器的输出功率等级相对应。

2. 如权利要求 1 所述的射频功率放大器，其特征在于：

所述功率检测电路包括耦合器和包络检波器，所述耦合器的输入端通过所述输出匹配电路与所述功率放大电路的输出端连接，所述耦合器的直通输出端与输出负载连接，所述耦合器的耦合输出端与所述包络检波器的输入端连接，所述包络检波器的输出端与偏置比较电路的输入端连接。

3. 如权利要求 2 所述的射频功率放大器，其特征在于：

采用电容替代所述耦合器。

4. 如权利要求 2 所述的射频功率放大器，其特征在于：

所述包络检波器包括第一电阻、第二电阻、第三电阻、第一二极管、第四电阻和第一电容；所述第一电阻与所述第二电阻连接在电源与地之间，所述第三电阻连接在所述第一二极管的正极与所述第一电阻和所述第二电阻的公共节点之间，所述第一二极管的负极通过所述第四电阻与所述第一电容的并联网络连接到地。

5. 如权利要求 1 所述的射频功率放大器，其特征在于：

所述偏置比较电路包括 N 个低压差线性稳压器， N 为正整数；每个所述低压差线性稳压器的输入端分别连接所述控制电压和所述功率检测电路，每个所述低压差线性稳压器的输出端连接所述功率放大电路的偏置端和/或集电极端。

6. 如权利要求 1 所述的射频功率放大器，其特征在于：

每个所述低压差线性稳压器分别包括第五电阻、第六电阻、运算放大器、PMOS 晶体管和第七电阻，所述第五电阻与所述第六电阻连接在第三节点与地之间，所述运算放大器的正相输入端和所述第五电阻与所述第六电阻之间的公共节点连接，所述运算放大器的反相输入端连接外部的基带电路，所述运算放大器的输出端连接所述 PMOS 晶体管的栅极，所述 PMOS 晶体管的源极连接到电源，所述 PMOS 晶体管的漏极通过所述第七电阻连接到地。

7. 如权利要求 1 所述的射频功率放大器，其特征在于：

所述功率放大电路包括一级或多级放大电路及与每一级放大电路对应的偏置电路，每一级放大电路与对应的所述偏置电路连接。

8. 如权利要求 7 所述的射频功率放大器，其特征在于：

所述主信号通路上的某一节点包括所述功率放大电路的任意一级放大电路、第一节点和第二节点。

9. 一种集成电路芯片，其特征在于所述集成电路芯片中包括权利要求 1~8 中任意一项所述的射频功率放大器。

10. 一种通信终端，其特征在于所述通信终端中包括权利要求 1~8 中任意一项所述的射频功率放大器。

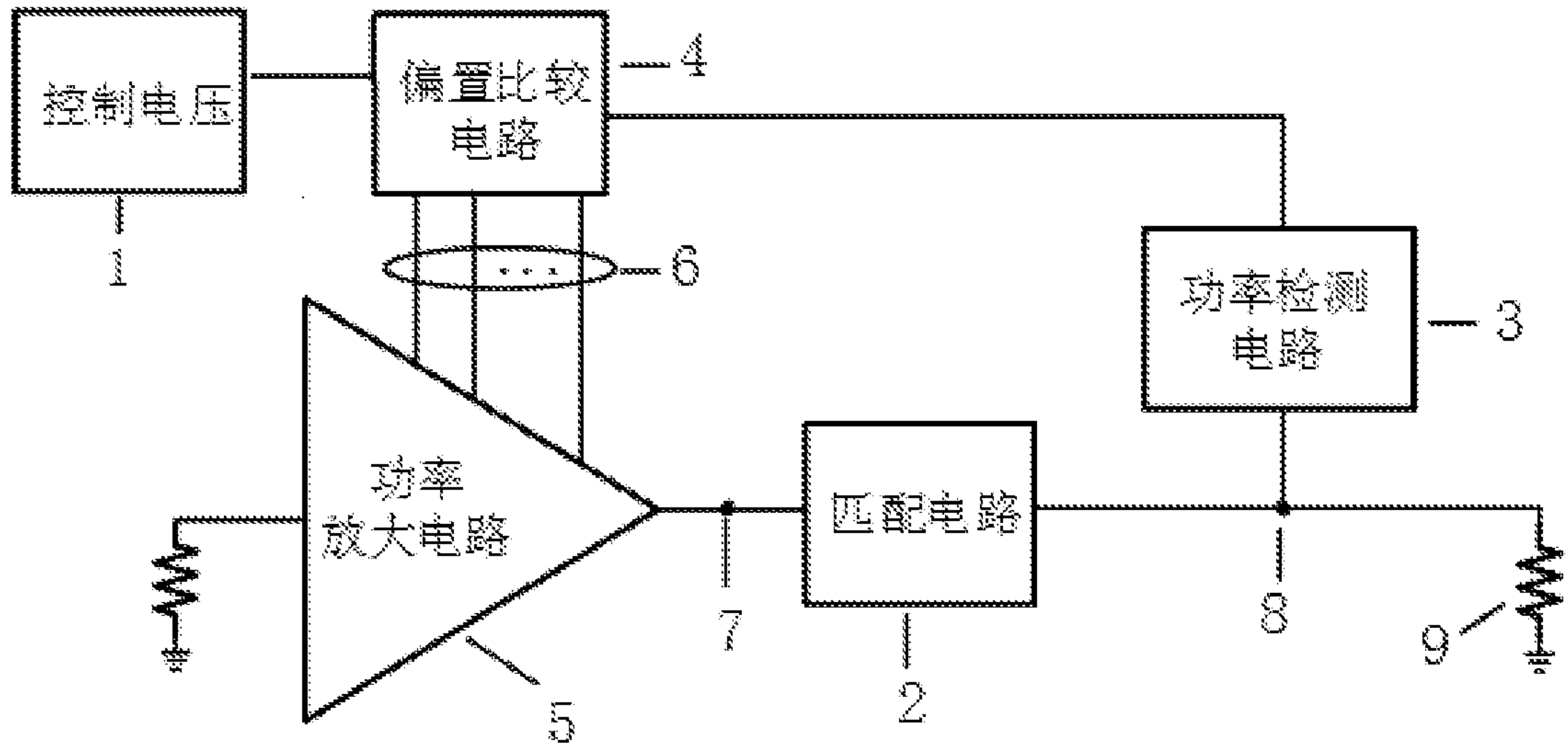


图 1

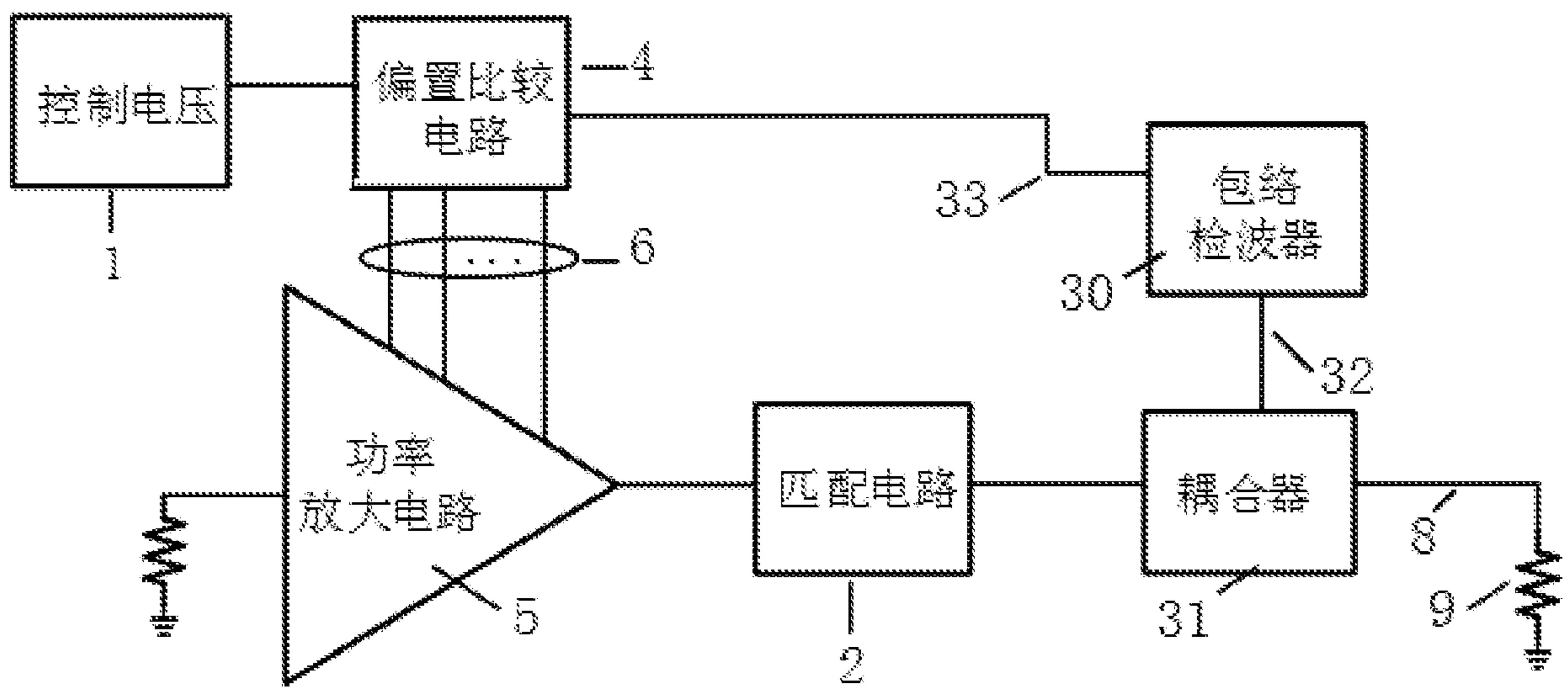


图 2

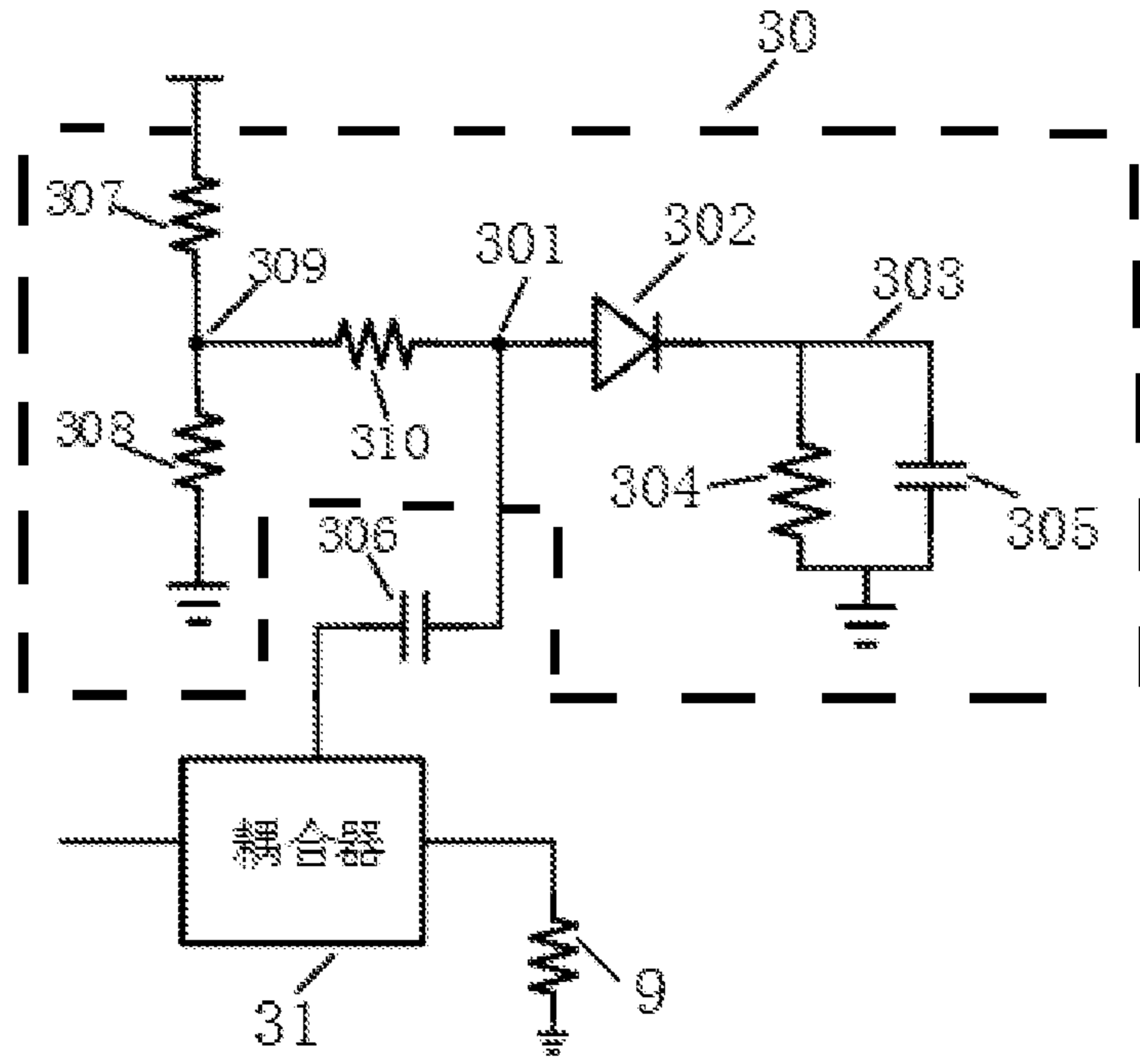


图 3

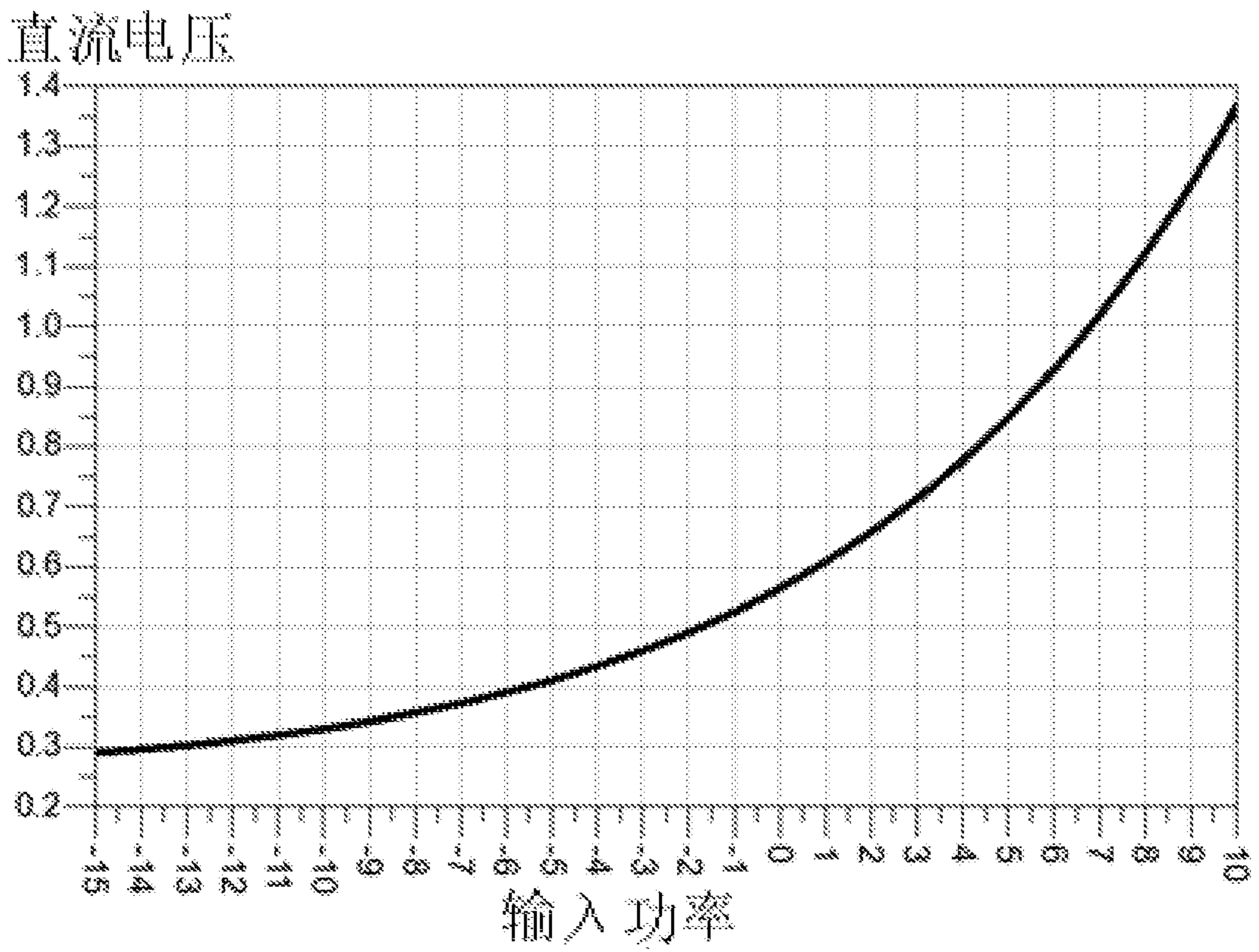


图 4

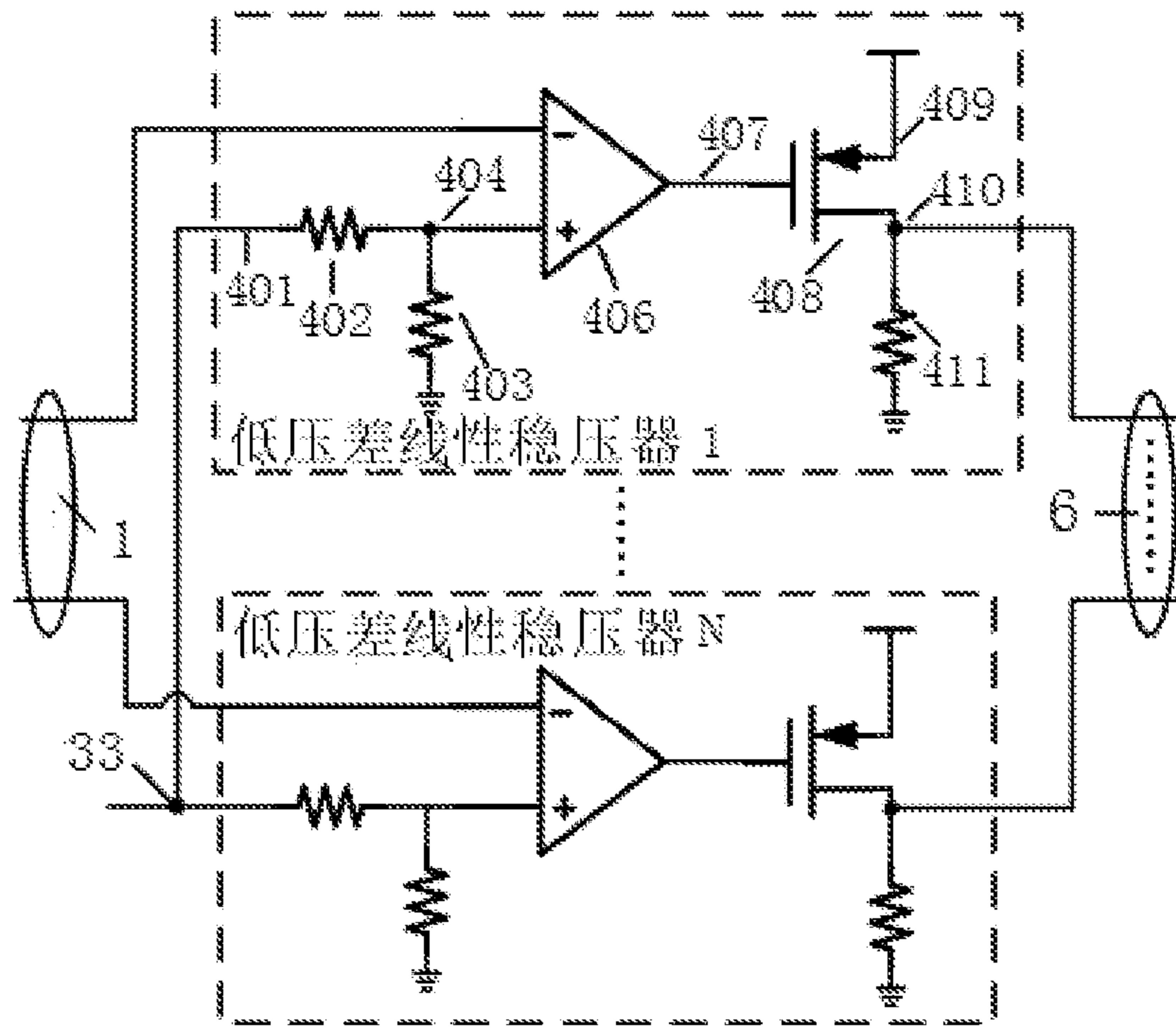


图 5

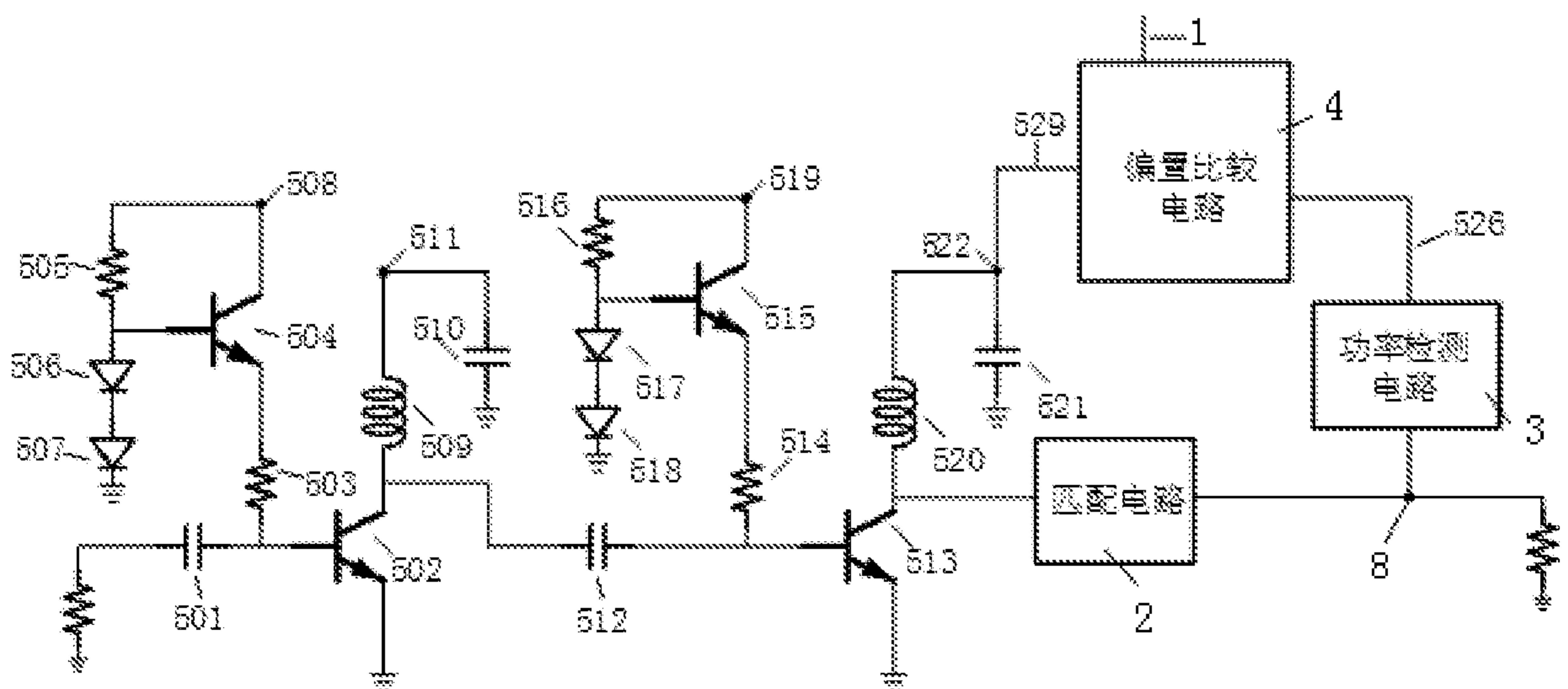


图 6

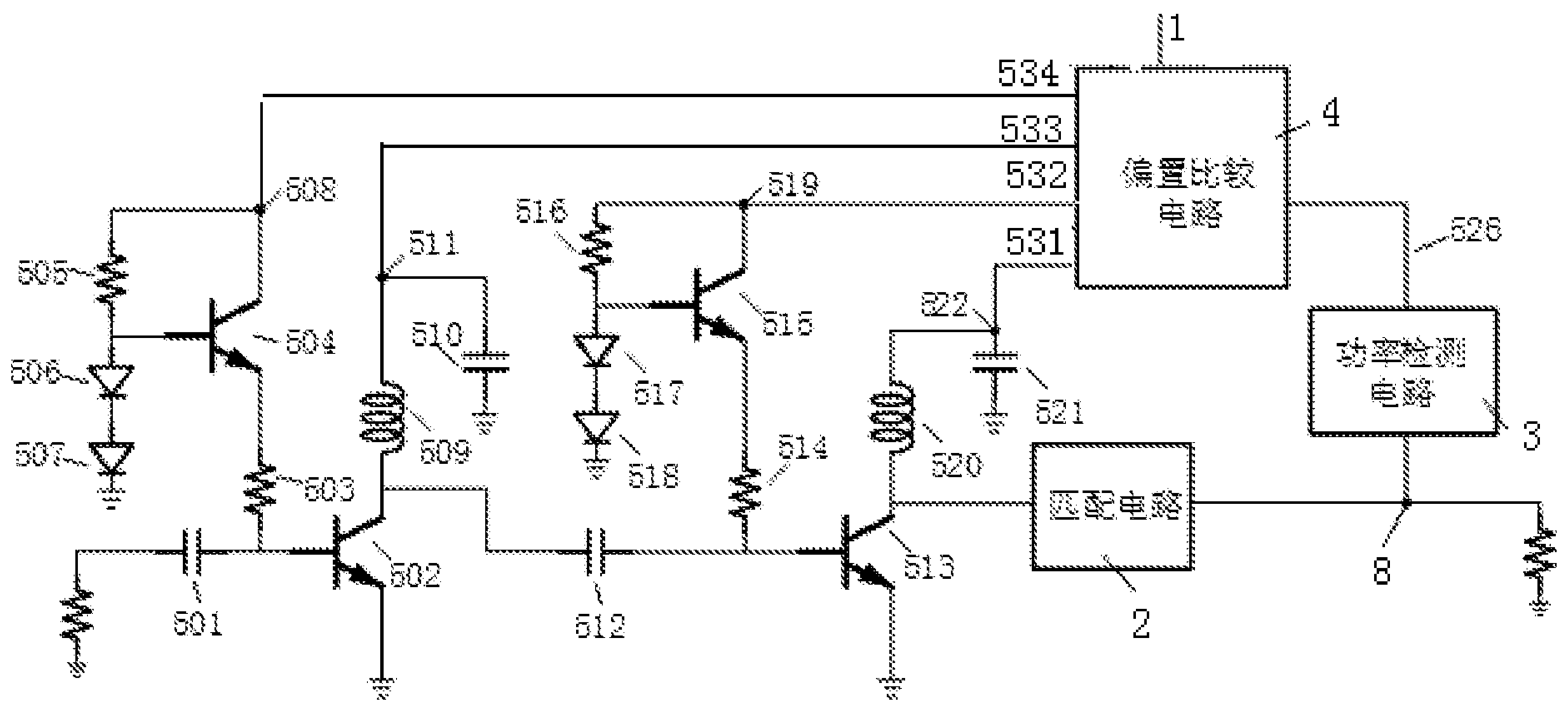


图 7

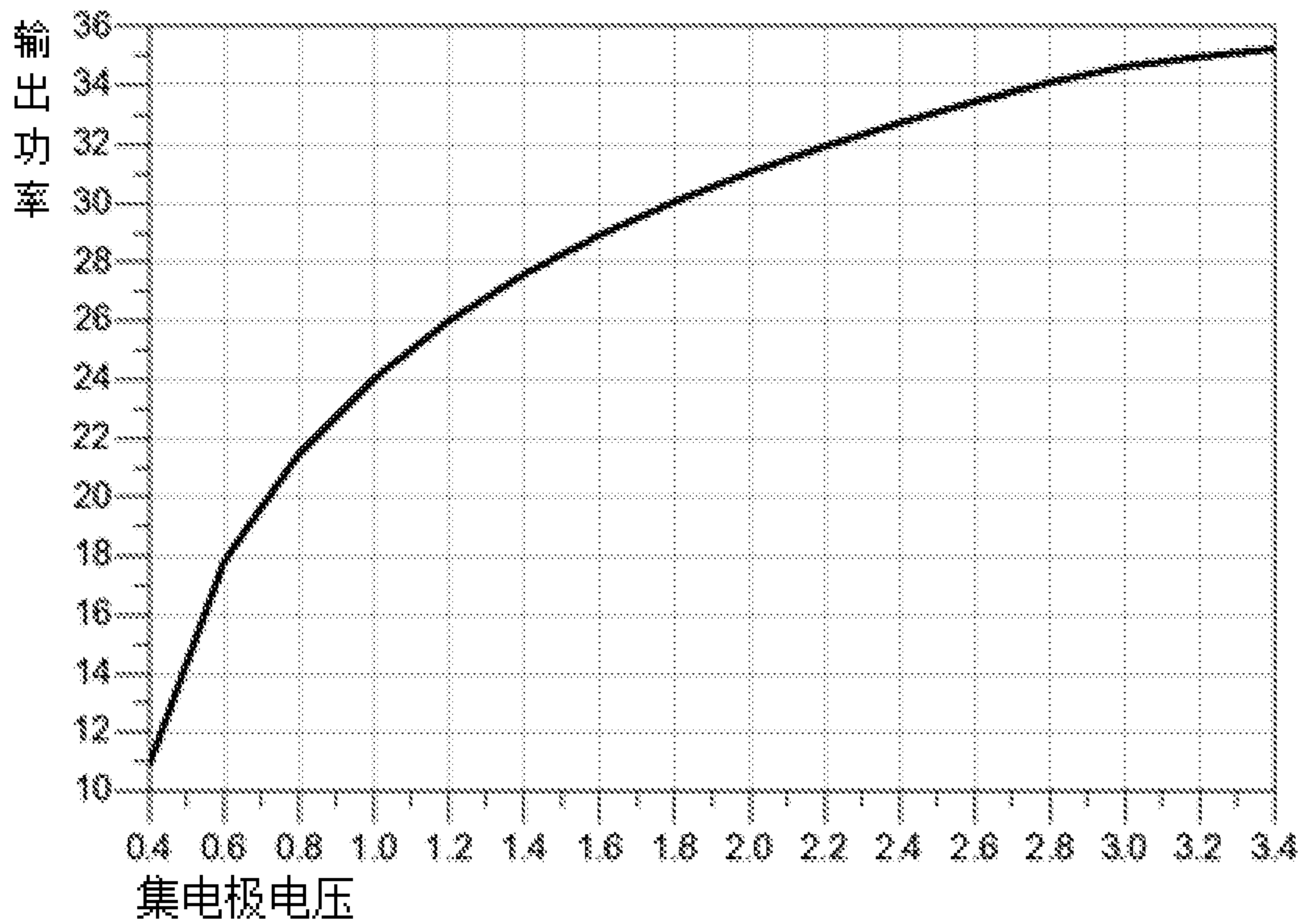


图 8

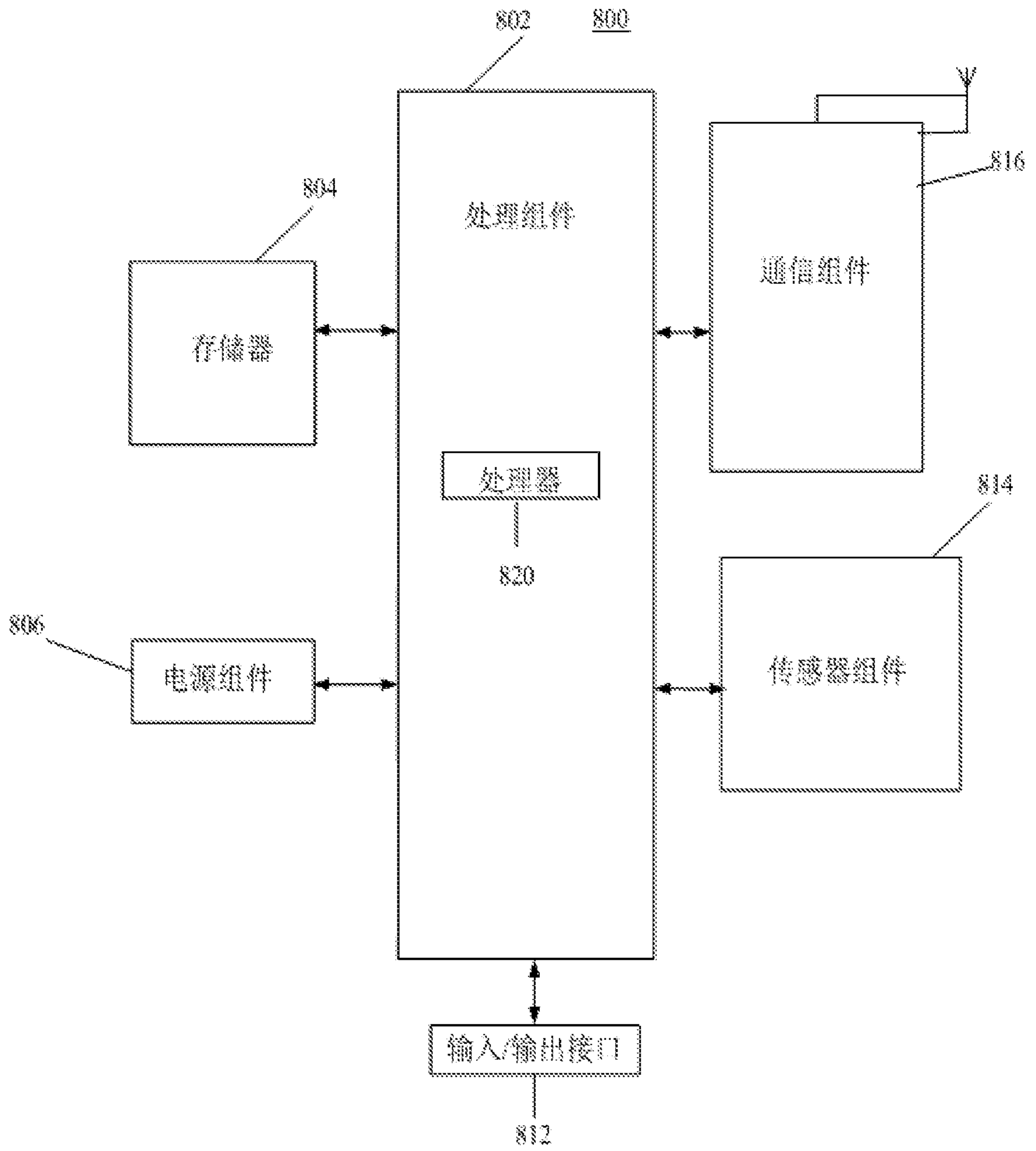


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/128471

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H03F 3/195(2006.01)i; H03F 3/24(2006.01)i; H03F 3/213(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H03H; H03G		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNKI, CNPAT, EPODOC, WPI, IEEE: 射频, 功率放大, 功放, 输出, 信号, 检测, 反馈, 调整, 控制, 电压, 偏置, RF, radio w frequency, PA, power w amplifier, output, signal, detect, feedback, adjust, control, voltage, bias		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110855254 A (JINICP, TIANJIN ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 28 February 2020 (2020-02-28) claims 1-10	1-10
X	CN 109510634 A (BEIJING WIDE TECHNOLOGY CO., LTD.) 22 March 2019 (2019-03-22) description, paragraphs 40-43, claims 1-5	1-10
A	CN 109428554 A (BEIJING TAILONG ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 05 March 2019 (2019-03-05) entire document	1-10
A	CN 106937364 A (LEADCORE TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 07 July 2017 (2017-07-07) entire document	1-10
A	US 2018316312 A1 (SKYWORCS SOLUTIONS, INC.) 01 November 2018 (2018-11-01) entire document	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
22 January 2021		10 February 2021
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/128471

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110855254	A	28 February 2020	None			
CN	109510634	A	22 March 2019	CN	209072461	U	05 July 2019
CN	109428554	A	05 March 2019	None			
CN	106937364	A	07 July 2017	None			
US	2018316312	A1	01 November 2018	US	2020099340	A1	26 March 2020

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/128471

<p>A. 主题的分类</p> <p>H03F 3/195(2006.01)i; H03F 3/24(2006.01)i; H03F 3/213(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H03H; H03G</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNKI, CNPAT, EPODOC, WPI, IEEE: 射频, 功率放大, 功放, 输出, 信号, 检测, 反馈, 调整, 控制, 电压, 偏置, RF, radio w frequency, PA, power w amplifier, output, signal, detect, feedback, adjust, control, voltage, bias</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110855254 A (唯捷创芯天津电子技术股份有限公司) 2020年 2月 28日 (2020 - 02 - 28) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 109510634 A (北京唯得科技有限公司) 2019年 3月 22日 (2019 - 03 - 22) 说明书第40-43段、权利要求1-5</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109428554 A (北京泰龙电子技术有限公司) 2019年 3月 5日 (2019 - 03 - 05) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106937364 A (联芯科技有限公司 等) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2018316312 A1 (SKYWOKS SOLUTIONS, INC.) 2018年 11月 1日 (2018 - 11 - 01) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 110855254 A (唯捷创芯天津电子技术股份有限公司) 2020年 2月 28日 (2020 - 02 - 28) 权利要求1-10	1-10	X	CN 109510634 A (北京唯得科技有限公司) 2019年 3月 22日 (2019 - 03 - 22) 说明书第40-43段、权利要求1-5	1-10	A	CN 109428554 A (北京泰龙电子技术有限公司) 2019年 3月 5日 (2019 - 03 - 05) 全文	1-10	A	CN 106937364 A (联芯科技有限公司 等) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 全文	1-10	A	US 2018316312 A1 (SKYWOKS SOLUTIONS, INC.) 2018年 11月 1日 (2018 - 11 - 01) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 110855254 A (唯捷创芯天津电子技术股份有限公司) 2020年 2月 28日 (2020 - 02 - 28) 权利要求1-10	1-10																		
X	CN 109510634 A (北京唯得科技有限公司) 2019年 3月 22日 (2019 - 03 - 22) 说明书第40-43段、权利要求1-5	1-10																		
A	CN 109428554 A (北京泰龙电子技术有限公司) 2019年 3月 5日 (2019 - 03 - 05) 全文	1-10																		
A	CN 106937364 A (联芯科技有限公司 等) 2017年 7月 7日 (2017 - 07 - 07) 全文	1-10																		
A	US 2018316312 A1 (SKYWOKS SOLUTIONS, INC.) 2018年 11月 1日 (2018 - 11 - 01) 全文	1-10																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2021年 1月 22日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2021年 2月 10日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>受权官员</p> <p>宋朝</p> <p>电话号码 86-(10)-53961349</p>																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/128471

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110855254	A	2020年 2月 28日	无			
CN	109510634	A	2019年 3月 22日	CN	209072461	U	2019年 7月 5日
CN	109428554	A	2019年 3月 5日	无			
CN	106937364	A	2017年 7月 7日	无			
US	2018316312	A1	2018年 11月 1日	US	2020099340	A1	2020年 3月 26日