

基于FPGA的准分子激光器全固化电源的同步系统

申请号: [201110432062.6](#)

申请日: 2011-12-21

申请(专利权)人 [中国科学院安徽光学精密机械研究所](#)
地址 [230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号](#)
发明(设计)人 [尹洪虎 鲍健 方晓东 梁勣 游利兵 李友布 王效顺 王庆胜 赵家敏](#)
主分类号 [H01S3/09 \(2006.01\) I](#)
分类号 [H01S3/09 \(2006.01\) I](#) [G05B19/04 \(2006.01\) I](#)
公开(公告)号 [102447214A](#)
公开(公告)日 [2012-05-09](#)
专利代理机构 [安徽合肥华信知识产权代理有限公司](#) [34112](#)
代理人 [余成俊](#)



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102447214 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 09

(21) 申请号 201110432062. 6

(22) 申请日 2011. 12. 21

(71) 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所

地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路 350 号

(72) 发明人 尹洪虎 鲍健 方晓东 梁勳
游利兵 李友布 王效顺 王庆胜
赵家敏

(74) 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理有限公司 34112

代理人 余成俊

(51) Int. Cl.

H01S 3/09 (2006. 01)

G05B 19/04 (2006. 01)

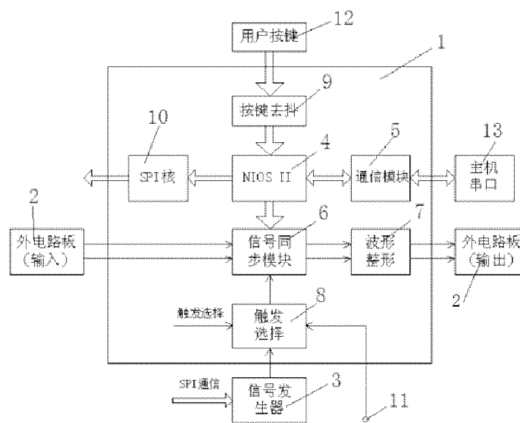
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统,包括有激光器、光 / 磁电传感器、信号发生器、核心板、外电路板,采用可编程逻辑器件 FPGA 实现核心逻辑,提供两路信号的同步控制,信号同步抖动不大于 $\pm 3.3\text{ns}$,信号延时时间和 MO 腔超前 PA 腔发光时间可以针对不同激光器进行设置。本发明采用核心板和外围电路分立的设计,当其中一者改动 / 失效,不会影响其余部分的正常使用;本发明采用了隔离设计,保证系统在有强干扰环境下稳定运行;本发明可以使两台准分子激光器同步工作,从而获得可用于集成电路光刻的窄线宽高功率的准分子激光。



1. 一种基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统,包括有激光器、光 / 磁电传感器、信号发生器、核心板、外电路板,所述核心板为 FPGA 运行的最小系统,所述激光器包括有 PA 腔、MO 腔,其特征在于:所述核心板包括有 NIOS II 处理器、按键去抖模块、触发选择模块、信号同步模块、UART 通信模块、波形整形模块,所述触发选择模块为二选一触发选择器,所述 NIOS II 处理器通过 SPI 核与信号发生器通信,所述信号发生器产生的方波信号通过内触发方式输入到二选一触发选择器的一个信号输入端,所述二选一触发选择器的另一个信号输入端连接外部触发信号,所述二选一触发选择器还与 NIOS II 处理器控制连接,所述二选一触发选择器输出的标准触发信号一分为二分别接入信号同步模块,所述信号同步模块包括有可预置延时模块、粗调延时模块、细调延时模块、偏置模块和控制模块;一路标准触发信号经过可预置延时模块延时后,再经波形整形模块整形后接外电路板中的隔离芯片、反相器隔离放大后输出的信号再一分为二,第一路信号通过放大后输出为 $0\sim 15V$ 的电信号,输出到 BNC 插头,第二路信号驱动一个光纤发射头,输出为光信号,所述的电信号或光信号输入到激光器 MO 腔的电源,所述激光器 MO 腔外接有光电传感器,所述光电传感器依次接外电路板上的 BNC 插头、比较器、隔离芯片、单稳态电路的处理后接入偏置模块,所述偏置模块连接 FPGA 的控制器模块;另一路标准触发信号经过粗调延时模块和细调延时模块延时之后,再经波形整形模块整形后接外电路中的隔离芯片、反相器输出的信号再一分为二,第一路信号通过放大后输出为 $0\sim 15V$ 的电信号,输出到 BNC 插头,第二路信号驱动一个光纤发射头,输出为光信号,所述的电信号或光信号输入到激光器 PA 腔的电源,所述激光器 PA 腔外接有磁电传感器,所述磁电传感器依次接外电路板上的 BNC 插头、比较器、隔离芯片、单稳态电路的处理后接入 FPGA 的控制器模块,所述控制器模块还分别与粗调延时模块和细调延时模块反馈连接;所述 NIOS II 处理器还与按键去抖模块、UART 通信模块控制连接,所述按键去抖模块外接用户按键,所述 UART 通信模块通过 RS232 总线与主机进行通信。

2. 根据权利要求 1 所述的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统,其特征在于:所述的信号同步模块、波形整形模块、触发选择模块、按键去抖模块、NIOS II 处理器、UART 通信模块是使用 FPGA 设计完成的。

3. 根据权利要求 1 所述的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统,其特征在于:所述信号同步模块能够重新配置以适应不同参数的准分子激光器的环境,信号同步抖动不大于 $\pm 3.3ns$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统,其特征在于:所述比较器为 ADCMP601,隔离芯片为 IL710,单稳态电路为 74F123。

5. 根据权利要求 1 所述的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统,其特征在于:所述的信号发生器为 $1\sim 4000Hz$ 频率连续可调的方波信号发生器,芯片为 AD9833。

基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电子系统 / 嵌入式系统领域,具体涉及一种基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统。

技术背景

[0002] 集成电路具有体积小、功能强、可靠性高、寿命长、成本低等优点,已广泛应用于科技、工农业生产和人民生活的各个方面。一个国家的综合实力在一定程度上可以通过集成电路特别是超大规模集成电路的制造能力反映出来,在这方面,我们国家高端集成电路生产设备和制造技术基本上依靠国外进口,先进生产设备和尖端的技术面临着禁运。因此国家决定发展自己的高端芯片制造技术,国家在“十一五”、“十二五”期间部署和实施了一系列重大科技攻关项目,其中包括“核心电子器件、高端通用芯片及基础软件产品专项”(简称 01 专项)和“极大规模集成电路制造装备与成套工艺专项”(简称 02 专项)。这些举措就是要提高我国高端集成电路的研发、制造芯片生产设备的能力,打破技术受制于人的局面。

[0003] 光刻是集成电路制造过程中的核心步骤,提高光刻分辨力,研发相应的光刻设备是超大规模集成电路发展的前提,对整个信息产业进步也具有重要的影响。紫外激光因其波长短、光子能量大而广泛应用于光刻、医疗、材料制备等领域。随着光刻对光源输出功率和线宽控制要求的提高,单腔体结构在功率和线宽方面不能兼顾而使光源供应商寻求新的结构。MOPA(Master Oscillator Power Amplifier)结构提高输出功率并不断改良其输出性能。在这个结构中使用了两个独立的激光腔,MO 腔提供后一级激光器所需的极窄线宽的优质激光脉冲,PA 腔放大来自 MO 腔激光的能量,从而获得线宽窄功率高的高能激光。这种结构的激光器要获得稳定的能量输出,两个激光腔单元的出光时刻必须精密同步,这是因为激光脉冲能量输出对这种同步定时极其敏感。

[0004]

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种拥有一套自制的同步机制,不需要 CPU 参与的情况下能够完成所有的同步控制操作的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统。

[0006] 本发明采用的技术方案是:

基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统,包括有激光器、光 / 磁电传感器、信号发生器、核心板、外电路板,所述核心板为 FPGA 运行的最小系统,所述激光器包括有 PA 腔、MO 腔,其特征在于:所述核心板包括有 NIOS II 处理器、按键去抖模块、触发选择模块、信号同步模块、UART 通信模块、波形整形模块,所述触发选择模块为二选一触发选择器,所述 NIOS II 处理器通过 SPI 核与信号发生器通信,所述信号发生器产生的方波信号通过内触发方式输入到二选一触发选择器的一个信号输入端,所述二选一触发选择器的另一个信号输入端连接外部触发信号,所述二选一触发选择器还与 NIOS II 处理器控制连接,所述二选一触发选择器输出的标准触发信号一分为二分别接入信号同步模块,所述信号同步模块包括

有可预置延时模块、粗调延时模块、细调延时模块、偏置模块和控制模块；一路标准触发信号经过可预置延时模块延时后，再经波形整形模块整形后接外电路板中的隔离芯片、反相器隔离放大后输出的信号再一分为二，第一路信号通过放大后输出为 $0\sim 15V$ 的电信号，输出到 BNC 插头，第二路信号驱动一个光纤发射头，输出为光信号，所述的电信号或光信号输入到激光器 MO 腔的电源，所述激光器 MO 腔外接有光电传感器，所述光电传感器依次接外电路板上的 BNC 插头、比较器、隔离芯片、单稳态电路的处理后接入偏置模块，所述偏置模块连接 FPGA 的控制器模块；另一路标准触发信号经过粗调延时模块和细调延时模块延时之后，再经波形整形模块整形后接外电路中的隔离芯片、反相器输出的信号再一分为二，第一路信号通过放大后输出为 $0\sim 15V$ 的电信号，输出到 BNC 插头，第二路信号驱动一个光纤发射头，输出为光信号，所述的电信号或光信号输入到激光器 PA 腔的电源，所述激光器 PA 腔外接有磁电传感器，所述磁电传感器依次接外电路板上的 BNC 插头、比较器、隔离芯片、单稳态电路的处理后接入 FPGA 的控制器模块，所述控制器模块还分别与粗调延时模块和细调延时模块反馈连接；所述 NIOS II 处理器还与按键去抖模块、UART 通信模块控制连接，所述按键去抖模块外接用户按键，所述 UART 通信模块通过 RS232 总线与主机进行通信。

[0007] 所述的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统，其特征在于：所述的信号同步模块、波形整形模块、触发选择模块、按键去抖模块、NIOS II 处理器、UART 通信模块是使用 FPGA 设计完成的。

[0008] 所述的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统，其特征在于：所述信号同步模块能够重新配置以适应不同参数的准分子激光器的环境，信号同步抖动不大于 $\pm 3.3ns$ 。

[0009] 所述的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统，其特征在于：所述比较器为 ADCMP601，隔离芯片为 IL710，单稳态电路为 74F123。

[0010] 所述的基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统，其特征在于：所述的信号发生器为 $1\sim 4000Hz$ 频率连续可调的方波信号发生器，芯片为 AD9833。

[0011] 本发明的工作原理是：本发明将标准触发信号一分为二，一路经过可预置延时模块延时后输出到激光器 MO 腔的电源，使之放电发光，检测 MO 腔体发光时刻，送给控制器模块；另一路经过粗调延时模块和细调延时模块延时之后输出到激光器 PA 腔的电源，使之放电发光，检测 PA 腔的放电时刻，送给控制器模块，控制器模块比较两路激光器的发光时刻的先后情况，从而调节粗 / 细两个延时可以调节的模块改变延时，以使得两个激光器同时发光（允许有 $\pm 3.3ns$ 的偏差），即同步状态，处于同步状态时给出一个指示信号。可预置延时模块是用来平衡激光器 MO 腔和 PA 腔两者从触发到放电时间差的差别，使用粗调延时模块和细调延时模块一方面可以用少的硬件资源获得大的调节能力，另一方面，保证大的调节范围的同时有保证调节的粒度。

[0012] 本发明的优点是：本发明采用核心板和外围电路分立的设计，当其中一者改动 / 失效，不会影响其余部分的正常使用；本发明采用了隔离设计，保证系统在有强干扰环境下稳定运行。

附图说明

[0013] 图 1 为本发明的总体结构示意框图。

- [0014] 图 2 为本发明的信号同步模块的结构示意框图。
- [0015] 图 3 为本发明的输出信号隔离和放大驱动电路。
- [0016] 图 4 为本发明的输入信号的外围电路。

具体实施方式

[0017] 如图 1、图 2 所示,基于 FPGA 的准分子激光器全固化电源的同步系统,包括有激光器、光 / 磁电传感器、信号发生器 3、核心板 1、外电路板 2,核心板 1 为 FPGA 运行的最小系统,激光器包括有 PA 腔 15、MO 腔 14,核心板 1 包括有 NIOS II 处理器 4、按键去抖模块 9、触发选择模块 8、信号同步模块 6、UART 通信模块 5、波形整形模块 7,触发选择模块 8 为二选一触发选择器,NIOS II 处理器 4 通过 SPI 核 10 与信号发生器 3 通信,信号发生器 3 产生的方波信号通过内触发方式输入到二选一触发选择器的一个信号输入端,二选一触发选择器的另一个信号输入端连接外部触发信号,二选一触发选择器还与 NIOS II 处理器 4 控制连接,二选一触发选择器输出的标准触发信号一分为二分别接入信号同步模块 6,所述信号同步模块 6 包括有可预置延时模块 16、粗调延时模块 19、细调延时模块 20、偏置模块 17 和控制器模块 18;一路标准触发信号经过可预置延时模块 16 延时后,再经波形整形模块 7 整形后接外电路板 2 中的隔离芯片、反相器隔离放大后输出的信号再一分为二,第一路信号通过放大后输出为 0~15V 的电信号,输出到 BNC 插头,第二路信号驱动一个光纤发射头,输出为光信号,电信号或光信号输入到激光器 MO 腔 14 的电源,所述激光器 MO 腔 14 外接有光电传感器,光电传感器依次接外电路板上的 BNC 插头、比较器、隔离芯片、单稳态电路的处理后接入偏置模块 17,偏置模块 17 连接 FPGA 的控制器模块 18;另一路标准触发信号经过粗调延时模块 19 和细调延时模块 20 延时之后,再经波形整形模块 7 整形后接外电路中的隔离芯片、反相器输出的信号再一分为二,第一路信号通过放大后输出为 0~15V 的电信号,输出到 BNC 插头,第二路信号驱动一个光纤发射头,输出为光信号,电信号或光信号输入到激光器 PA 腔 15 的电源,激光器 PA 腔 15 外接有磁电传感器,磁电传感器依次接外电路板 2 上的 BNC 插头、比较器、隔离芯片、单稳态电路的处理后接入 FPGA 的控制器模块 18,所述控制器模块 18 还分别与粗调延时模块 19 和细调延时模块 20 反馈连接;所述 NIOS II 处理器 4 还与按键去抖模块 9、UART 通信模块 5 控制连接,所述按键去抖模块 9 外接用户按键 12,所述 UART 通信模块 5 通过 RS232 总线与主机 13 进行通信。

[0018] 信号同步模块 6、波形整形模块 7、触发选择模块 8、按键去抖模块 9、NIOS II 处理器 4、UART 通信模块 5 是使用 FPGA 设计完成的。

[0019] 信号同步模块 6 能够重新配置以适应不同参数的准分子激光器的环境,信号同步抖动不大于 $\pm 3.3\text{ns}$ 。

[0020] 比较器为 ADCMP601,隔离芯片为 IL710,单稳态电路为 74F123。

[0021] 所述的信号发生器 3 为 1~4000Hz 频率连续可调的方波信号发生器,芯片为 AD9833。

[0022] 如图 2 所示,信号同步模块 6 由可预置延时 16、偏置模块 17、粗调延时 19、细调延时 20、和控制器模块 18 五部分组成。可预置延时 16 和偏置模块 17 由用户根据实际情况进行设置,粗调延时模块 19 和细调延时模块 20 为延时可调节的延时模块,区别在于一次调节改变的延时大小不同,控制器模块通过改变粗调延时 19 和细调延时 20 两模块改变延时,使

可预置延时值、MO 腔延时值与偏置值之和和粗调延时、细调延时与 PA 腔延时值之和保持动态相等。

[0023] 可预置延时模块 16 是用来平衡 MO、PA 两路激光器从触发到放电时刻延时之差 D。根据经验 D 值一般不超过 1 μ s, 为方便调试和调节有足够的裕量, 可预置延时模块设定调节范围为 (1-255) * 10ns, 一般设置为 1 μ s 即可。

[0024] 偏置模块 17 用于设置 MO 腔出光时刻超前于 PA 腔出光时刻的差值, 设置范围为 (3. 3[~]50) ns。

[0025] 粗调延时模块 19 扩大了延时调节范围, 用于快速补偿激光器等外界延时时间变化, 调节以 10ns 为基本步进 / 退单位, 可调节范围为 30ns[~]2. 55 μ s。

[0026] 细调延时模块 20 用于抵消激光器等外界延时时间变化和抖动, 延时调节可以以 3. 3ns 为单位连续变化。可调节范围为 0[~]100ns。

[0027] 控制器 18 通过 ctrlC (粗调控制信号) 和 ctrlF (细调控制信号) 两控制信号分别反馈给粗调延时和细调延时模块, 调节它们增加或者减少延时, 以满足同步的要求。控制模块比较两路输入信号 din_s (从偏置模块输出的信号) 与 din_v (从激光器 PA 腔输出的信号) 的先后到达顺序以及两信号之间的时间差给出输出控制信号。计数值 n 为内部的辅助信号, 以同步时钟周期 3. 3ns 为单位进行计数。当 din_v 超前于 din_s 信号到达时输出控制信号 "01", 否则当 din_v 滞后于 din_s 信号到达时输出 "10"。如果两个信号相差超过 10 个时钟周期, 控制信号由 ctrlC 输出, 如果两信号相差 2-9 个时钟周期, 控制信号由 ctrlF 输出, 如果两信号相差一个时钟周期, 则两路信号已经同步。如果两个信号同时到达, 则两路信号已经同步。

[0028] 如图 3 所示, 为输出信号隔离和放大驱动电路。信号由 tig_in_mo 信号引入, 经过 IL710 数字信号隔离芯片之后, 经过一个反相器增强信号的驱动能力, 然后一分为二, 一路经过反相之后通过放大输出到 BNC 插头为 0[~]15V 的电输出信号; 另一路经过反向之后驱动一个光纤发射头, 输出为光信号。

[0029] 如图 4 所示, 为输入信号的外围电路, 通过 BNC 插头接收一个 0[~]15V 的模拟信号, 通过比较器 ADCMP601 芯片转换成等价的 TTL 数字信号, 经过隔离芯片 IL710 隔离之后, 通过 74F123 单稳态电路对信号进行处理, 过滤掉主波形之后的一系列因振荡产生的干扰波形, 然后安全地输出给 FPGA 芯片。

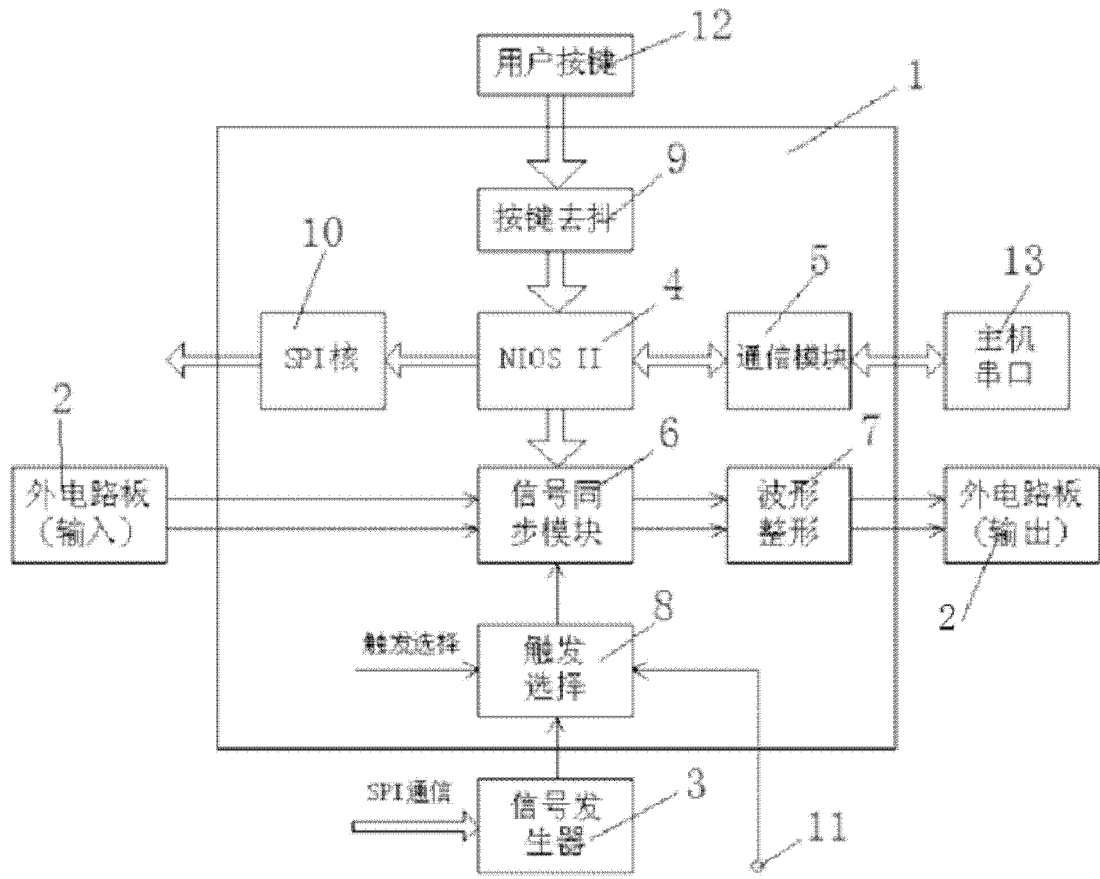


图 1

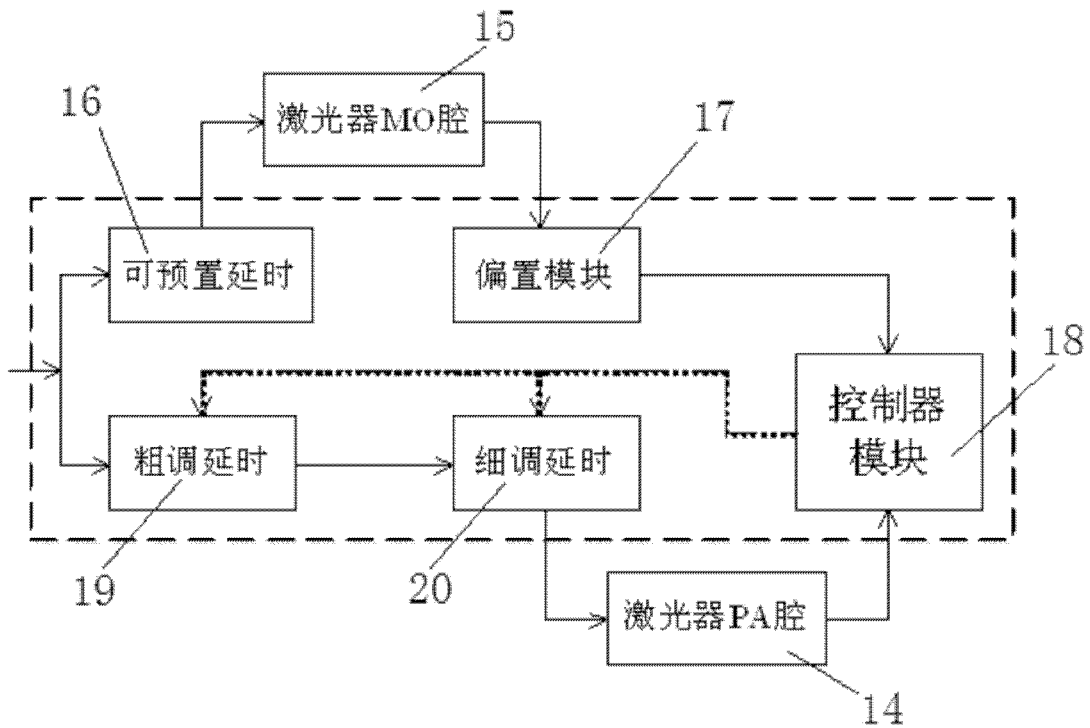


图 2

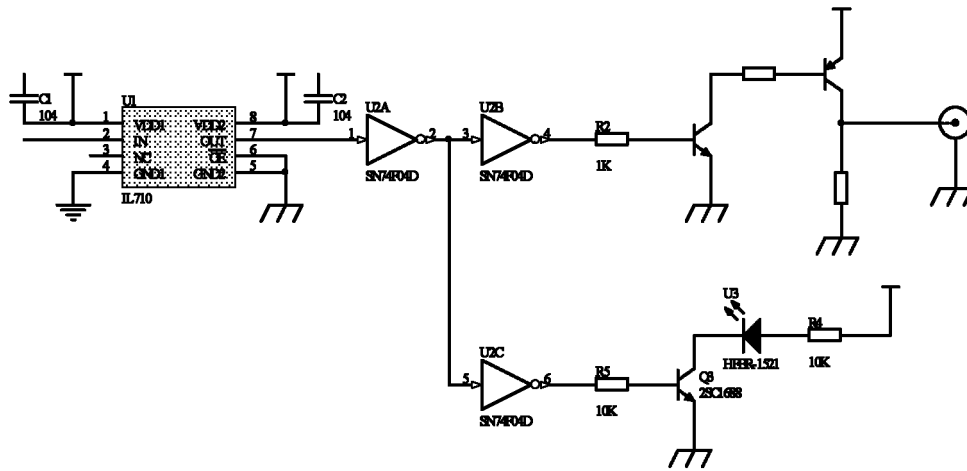


图 3

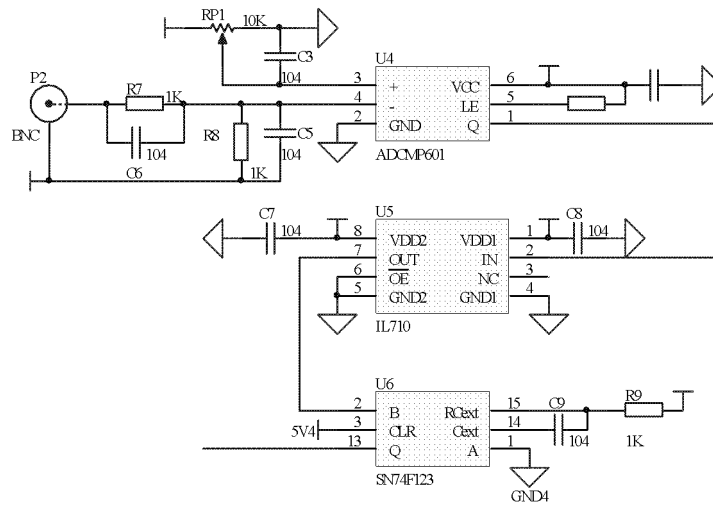


图 4