



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111035352 A

(43)申请公布日 2020. 04. 21

(21)申请号 201911396630.4

(22)申请日 2019.12.30

(71)申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72)发明人 李向阳 刘富春

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 林梅繁

(51)Int.Cl.

A61B 1/06(2006.01)

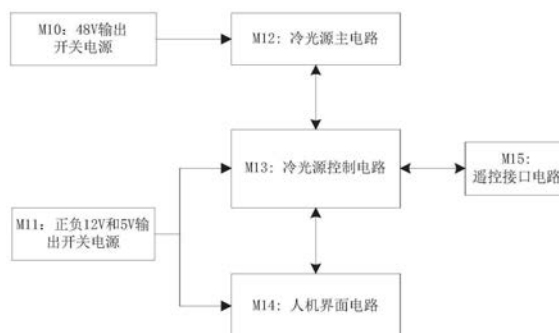
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源及其
控制系统

(57)摘要

本发明属于内窥镜光源及内窥镜光源控制系统领域,涉及一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源,包括:48V开关电源、正负12V和5V开关电源、冷光源主电路、冷光源控制电路、人机界面电路和遥控接口电路,其中:48V开关电源为冷光源主电路提供电能;正负12V和5V开关电源为冷光源主电路之外的其它电路提供电能;冷光源主电路的48V直流通过推挽变压器变为低压高频交流电,再通过同步整流和LC滤波得到直流电压,直流电压通过线性功率MOSFET管驱动大功率LED发光;人机界面电路和遥控接口电路分别用于在本机和远程设置LED电流输出百分比。本发明的内窥镜冷光源具有大功率、亮度可调、亮度波动极小的特点。本发明还提供一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源控制系统。



1. 一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源,其特征在于,包括:48V开关电源、正负12V和5V开关电源、冷光源主电路、冷光源控制电路、人机界面电路和遥控接口电路,其中:

48V开关电源为冷光源主电路提供电能;正负12V和5V开关电源为冷光源主电路之外的其它电路提供电能;冷光源主电路的48V直流通过推挽变压器变为低压高频交流电,再通过同步整流和LC滤波得到直流电压,直流电压通过线性功率MOSFET管驱动大功率LED发光;人机界面电路和遥控接口电路分别用于在本机和远程设置LED电流输出百分比。

2. 根据权利要求1所述的内窥镜冷光源,其特征在于,内窥镜冷光源的输出电流可以从10%~100%按照5%步长调节。

3. 根据权利要求1所述的内窥镜冷光源,其特征在于,冷光源主电路包括:推挽高频变压器、一次侧驱动电路、二次侧自驱动同步整流和滤波电路、大功率LED及其发光驱动电路;其中:一次侧驱动电路采用线性MOSFET功率管驱动推挽高频变压器;二次侧自驱动同步整流和滤波电路采用导通电阻为1.8毫欧的功率MOSFET晶体管代替通常的整流二极管。

4. 根据权利要求3所述的内窥镜冷光源,其特征在于,冷光源控制电路包括:输出电流检测电路、MCU控制软件和外围逻辑电路、输出电流控制电路、输出电压检测和DS差压检测电路和一次侧电流检测电阻,其中:MCU控制软件和外围逻辑电路给输出电流控制电路提供LED输出电流设定值。

5. 根据权利要求4所述的内窥镜冷光源,其特征在于,输出电流检测电路、输出电流控制电路和大功率LED及其发光驱动电路组成大功率LED电流控制回路。

6. 根据权利要求4所述的内窥镜冷光源,其特征在于,推挽高频变压器、一次侧驱动电路、二次侧自驱动同步整流和滤波电路、输出电压检测和DS差压检测电路、一次侧电流检测电阻、MCU控制软件和外围逻辑电路组成输出功率MOSFET的DS差压控制回路。

7. 一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源控制系统,其特征在于,用于对权利要求1-6中任一项所述的内窥镜冷光源进行控制,包括两组并行的控制回路,分别为:大功率LED电流控制回路和输出MOSFET的DS差压控制回路。

8. 根据权利要求7所述的内窥镜冷光源控制系统,其特征在于,大功率LED电流控制回路由硬件实现,为线性电源电路,同时具有过流保护电路。

9. 根据权利要求7所述的内窥镜冷光源控制系统,其特征在于,输出MOSFET的DS差压控制回路包括三个串级控制器回路,分别为:外环的差压控制器、中环的输出电压控制器和内环的一次侧电流控制器。

10. 根据权利要求9所述的内窥镜冷光源控制系统,其特征在于,外环的差压控制器设定值由MCU软件根据输出MOSFET的工作参数按照式(1)来确定:

$$V_{sv} = \alpha \cdot R_{ds} \cdot I_{sv} \quad (1)$$

其中: α 为裕度系数; R_{ds} 为功率MOSFET晶体管的 $V_{gs}=10V$ 下的最大导通电阻; I_{sv} 为大功率LED的工作电流设定值。

一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源及其控制系统

技术领域

[0001] 本发明属于内窥镜光源及内窥镜光源控制系统领域,涉及一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源及其控制系统。

背景技术

[0002] 随着LED技术的发展,大功率LED照明的应用越来越多,在医疗设备领域采用大功率LED代替氙灯已经成为一种趋势。为简化LED驱动电路,通常的LED照明采用单回路电流反馈型开关电源。随着高质量和高清晰度内窥镜需求增加,从1080P到4K分辨率,再到以后的8K和3D立体视频的内窥镜的出现,对内窥镜配套的光源质量需求不断提高,与此同时,内窥镜视频图像的帧率也在不断提高,从每秒30帧到60帧和以后可能的120帧,这些都对内窥镜的光源提出了新的要求。

发明内容

[0003] 本发明针对高质量内窥镜对其配套光源的新需求,提供一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源。

[0004] 本发明还提供一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源控制系统。

[0005] 本发明的大功率可调亮度的内窥镜冷光源采用如下技术方案实现:

[0006] 一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源,包括:48V开关电源、正负12V和5V开关电源、冷光源主电路、冷光源控制电路、人机界面电路和遥控接口电路,其中:

[0007] 48V开关电源为冷光源主电路提供电能;正负12V和5V开关电源为冷光源主电路之外的其它电路提供电能;冷光源主电路的48V直流通过推挽变压器变为低压高频交流电,再通过同步整流和LC滤波得到直流电压,直流电压通过线性功率MOSFET管驱动大功率LED发光;人机界面电路和遥控接口电路分别用于在本机和远程设置LED电流输出百分比。

[0008] 优选地,内窥镜冷光源的输出电流可以从10%~100%按照5%步长调节。

[0009] 优选地,冷光源主电路包括:推挽高频变压器、一次侧驱动电路、二次侧自驱动同步整流和滤波电路、大功率LED及其发光驱动电路;其中:一次侧驱动电路采用线性MOSFET功率管驱动推挽高频变压器;二次侧自驱动同步整流和滤波电路采用导通电阻为1.8毫欧的功率MOSFET晶体管代替通常的整流二极管。

[0010] 优选地,冷光源控制电路包括:输出电流检测电路、MCU控制软件 and 外围逻辑电路、输出电流控制电路、输出电压检测和DS差压检测电路和一次侧电流检测电阻,其中:MCU控制软件 and 外围逻辑电路给输出电流控制电路提供LED输出电流设定值。

[0011] 优选地,输出电流检测电路、输出电流控制电路和大功率LED及其发光驱动电路组成大功率LED电流控制回路。

[0012] 优选地,推挽高频变压器、一次侧驱动电路、二次侧自驱动同步整流和滤波电路、输出电压检测和DS差压检测电路、一次侧电流检测电阻、MCU控制软件 and 外围逻辑电路组成输出功率MOSFET的DS差压控制回路。

[0013] 本发明的大功率可调亮度的内窥镜冷光源控制系统采用如下技术方案实现：

[0014] 一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源控制系统，用于对本发明的内窥镜冷光源进行控制，包括两组并行的控制回路，分别为：大功率LED电流控制回路和输出MOSFET的DS差压控制回路。

[0015] 优选地，大功率LED电流控制回路由硬件实现，为线性电源电路，同时具有过流保护电路。

[0016] 优选地，输出MOSFET的DS差压控制回路包括三个串级控制器回路，分别为：外环的差压控制器、中环的输出电压控制器和内环的一次侧电流控制器。

[0017] 优选地，外环的差压控制器设定值由MCU软件根据输出MOSFET的工作参数按照式(1)来确定：

[0018] $V_{sv} = \alpha \cdot R_{ds} \cdot I_{sv}$ (1)

[0019] 其中： α 为裕度系数； R_{ds} 为功率MOSFET晶体管的 $V_{gs}=10V$ 下的最大导通电阻； I_{sv} 为大功率LED的工作电流设定值。

[0020] 本发明与现有技术比较具有显著的优点与积极效果，包括：

[0021] (1) 本发明的内窥镜冷光源具有大功率、亮度可调、亮度波动极小的特点。具有大功率LED输出电流控制和功率MOSFET晶体管的DS压差控制两个并行控制回路，大功率LED亮度平稳，功率MOSFET晶体管的功耗低；输出电流控制回路由硬件实现，速度快，并有过流保护电路，能快速防止昂贵的大功率LED器件过电流，DS差压控制回路主要由MCU软件实现，成本低。

[0022] (2) DS压差控制回路包括三个串级控制器，推挽变压器的一次侧电流和二次侧电压都能得到有效控制，最内环的变压器一次侧电流控制采用线性低导通电阻MOSFET，电流冲击小，变压器二次侧的电流变化平稳，减少了高频谐波对后续电流的影响，有利于稳定LED发光强度。

[0023] (3) 本发明的内窥镜冷光源的输出电流可以从10%~100%按照步长5%调节，调节范围宽。

[0024] (4) 本发明的内窥镜冷光源可作为各种1080P和4K等高清晰度内窥镜的配套高质量光源使用。

附图说明

[0025] 图1为本发明一个实施例中内窥镜冷光源的总体结构；

[0026] 图2为本发明一个实施例中内窥镜冷光源的能量流和控制信号流；

[0027] 图3为本发明一个实施例中内窥镜冷光源的控制系统结构图；

[0028] 图4为本发明一个实施例中内窥镜冷光源的大功率LED电流控制回路结构图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明的具体实施进行说明，但本发明的实施方式并不限于此。

[0030] 本发明为内窥镜提供配套的LED冷光源，一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源，包括：48V开关电源、正负12V和5V开关电源、冷光源主电路、冷光源控制电路、人机界面电路和遥控接口电路，其中：

[0031] 48V开关电源为冷光源主电路(DC/DC主电路)提供电能,正负12V和5V开关电源为剩余其它电路提供电能;冷光源主电路48V直流通过推挽变压器变为低压高频交流电,再通过同步整流和LC滤波得到直流电压,该直流电压再通过线性功率MOSFET管驱动大功率LED发光。人机界面电路和遥控接口电路分别用于在本机和远程设置LED电流输出百分比,由MCU内部的12位DAC输出设定值,输出电流可以从10%~100%按照5%步长调节,调节范围宽。

[0032] 本发明的内窥镜冷光源具有两组并行的控制回路,大功率LED电流控制回路和输出MOSFET的DS差压控制回路。大功率LED电流控制回路由硬件实现,为线性电源电路,高带宽,保证大功率LED电流输出的稳定,同时具有过流保护电路,保证大功率LED安全工作;DS压差控制回路为开关电源电路,主要由MCU软件和必须的硬件驱动电路实现,成本低,保证MOSFET的D极和S极压差的稳定,两组并行的控制回路保证了整定冷光源工作的输出电流恒定、功率MOSFET晶体管自身发热量少和效率高。DS压差控制回路包括外环差压控制环、中环输出电压控制环和内环一次侧电流控制环。DC/DC主变压器工作在推挽拓扑方式,推挽变压器一次侧采用线性MOSFET驱动,减少了电流冲击;推挽变压器二次侧采用自驱动同步整流,进一步降低损耗,提高效率。

[0033] 具体地,参见图1,一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源包括:48V输出开关电源M10、正负12V和5V输出开关电源M11、冷光源主电路M12、冷光源控制电路M13、人机界面电路M14和遥控接口电路M15。其中:

[0034] 48V输出开关电源M10把220V交流市电变为48V直流电,给冷光源主电路供电。

[0035] 正负12V和5V输出开关电源M11把220V交流市电变为正负12V和5V电源,为冷光源主电路之外的其它所有电路供电。

[0036] 冷光源主电路M12包括推挽变压器、自驱动同步整流电路、LC滤波电路、大功率LED器件、线性功率MOSFET器件和电阻型电流传感器,大功率LED器件为CFT-90-W,线性功率MOSFET为IPB017N10N5LF。

[0037] 冷光源控制电路M13包括:MCU(Micro Control Unit,微控制单元)检测和控制软件、电流和电压检测电路、运算放大器和比较器;

[0038] 人机界面电路M14包括按键和OLED显示屏,按键连接MCU的I/O口,显示屏为OLED-1280064D-GPP3N,通过SPI接口与MCU连接;

[0039] 遥控接口电路M15把MCU片上外设UART通过MAX490芯片变为RS422接口,与内窥镜主机连接。

[0040] 在一个优选的实施例中,参见图2,冷光源主电路包括:48V开关电源M20、推挽高频变压器M21、一次侧驱动电路M22、二次侧自驱动同步整流和滤波电路M23、大功率LED及其发光驱动电路M24;冷光源的控制电路包括:输出电流检测电路M25、MCU控制软件和外围逻辑电路M26、输出电流控制电路M27、输出电压检测和DS差压检测电路M28和一次侧电流检测电阻M29。图2中的MCU控制软件和外围逻辑电路M26给输出电流控制电路M27提供LED输出电流设定值,输出电流检测电路M25、输出电流控制电路M27和大功率LED及其发光驱动电路M24组成大功率LED电流控制回路,大功率LED电流控制回路结构见图3,具体硬件电路实现见图4。

[0041] 图2中的推挽高频变压器M21、一次侧驱动电路M22、二次侧自驱动同步整流和滤波

电路M23、输出电压检测和DS差压检测电路M28、一次侧电流检测电阻M29、MCU控制软件和外围逻辑电路M26组成输出功率MOSFET的D极和S极的差压控制回路(DS差压控制回路),DS差压控制回路结构见图3。一次侧驱动电路M22由两个线性MOSFET功率管IPB110N20N3LF驱动推挽高频变压器,采用线性MOSFET可以较好地控制变压器一次侧电流上升和下降速度,减少变压器二次侧电流冲击,有利于后续大功率LED工作电压和电流的平稳,同时该功率MOSFET的完全导通时电阻很小,并不会增加功耗。二次侧自驱动同步整流和滤波电路M23采用导通电阻为1.8毫欧的功率MOSFET晶体管BSZ018N04LS6代替通常的整流二极管,能降低整流时的压降,提高效率。输出电压检测和DS差压检测电路M28中的输出电压检测采用电阻分压和RC滤波器实现,再接MCU的片上ADC(Analog to Digital Converter,模数转换器);DS差压检测电路采用差分仪表放大器INA826对MOSFET的D极和S极的差压进行放大器和滤波,再接MCU的片上ADC;一次侧电流检测电阻M29采用两个10毫欧5瓦的电流检测电阻并联,放大后接MCU的ADC,详见图4。MCU控制软件和外围逻辑电路M26实现电压和电流检测和换算,运行控制算法,然后通过其片上DAC(Digital to Analog Converter,数模转换器)输出设定值或者控制量。

[0042] 参见图3,大功率可调亮度的内窥镜冷光源的整个控制系统包括两个并行的控制回路,大功率LED电流控制回路和输出MOSFET的DS差压控制回路。

[0043] 大功率LED电流控制回路由硬件实现,响应速度快,详细描述见图4,其设定值由用户通过人机界面设置,然后MCU的软件通过其DAC输出设定值。LED的发光光强与其工作电流成正相关性,根据器件参数确定,用户可以调节范围为(0%,10%~100%),0%为关闭LED发光,10%为最小设定值,100%为最大设定值,最小设定值为10%是因为太小的光在实际中不需要,从10%~100%之间的调节步长为5%。对于CFT-90-W型号的大功率LED,其相对发光强度与电流对应的关系如表1所示,MCU按照线性插值法把用户设置的相对光强变为LED工作电流设定值。

[0044] 表1 CFT-90-W的相对光强与其工作电流的关系

[0045]	相对光强(%)	10	35	60	80	94	100
	工作电流(A)	1.5	5	10	15	20	22.5

[0046] 图4的大功率LED电流控制回路采用具有4个运放的10M带宽放大器OPA4197,U1D用于测量大功率LED CFT-90-W的电流,电阻R01和R02并联为电流传感电阻,通过同相放大器放大17倍后一路给MCU的ADC作为其它的参数计算和显示之用,另外一路接电阻R23,作为给放大器U1B作为的被控量输入。U1A作为电压跟随器把MCU的DAC输出的电流设定值进行功率放大,U1B为差分放大器,求电流设定值和测量值的误差并放大10倍后送给U1C进行PI运算,U1C的输出经过电阻R03驱动大功率MOSFET晶体管Q01 IPB017N10N5LF。由于大功率LED的电流随外部电压 U_{pv} 和温度等因素而变化,采用较大的比例增益可以实现快速稳定LED电流,克服 U_{pv} 的波动;积分环节实现了对温度等慢变扰动的补偿。

[0047] 输出MOSFET的DS差压控制回路包括三个串级控制器回路,分别为:外环的差压控制器、中环的输出电压控制器和内环的一次侧电流控制器,前一级控制器的输出值是后一级控制器的设定值,外环的差压控制器设定值由MCU软件根据输出MOSFET的工作参数按照式(1)来确定。

[0048] $V_{sv} = \alpha \cdot R_{ds} \cdot I_{sv}$ (1)

[0049] 式中 α 为裕度系数,可取1.3; R_{ds} 为功率MOSFET晶体管的 $V_{gs}=10V$ 下的最大导通电阻,对于IPB017N10N5LF为 $17m\Omega$ (毫欧); I_{sv} 为大功率LED的工作电流设定值,由MCU根据用户设定的光强设定值通过表1和线性插值法计算得出。

[0050] 图3的输出MOSFET的DS端差压测量值M39通过差分放大器放大后给MCU的ADC,MCU通过ADC得到DS端差压值 V_{ds} 。压差控制器M33把DS端差压设定值和差压测量值求差后,再通过非零初始的PI控制算法得到 U_{sv} ,具体算法如式(2)所示,采用非零初始值减少了到达稳态的过渡时间。

$$[0051] \quad U_{sv} = U_{sv0} + K_{p1} \cdot (V_{sv} - V_{ds}) + K_{i1} \cdot \int_0^t (V_{sv} - V_{ds}) d\tau \quad (2)$$

[0052] 式中 U_{sv0} 为初始常数,取3940mV; K_{p1} 为比例系数,取0.618; K_{i1} 为积分系数,取0.06; V_{ds} 为输出MOSFET的DS端差压测量值; V_{sv} 为DS端差压设定值。

[0053] 图3的输出电压控制器M34把其设定值 U_{sv} 和滤波电容上的电压 U_{pv} 求差后得到下一级控制的电流设定值,其算法如式(3)所示。

$$[0054] \quad I_{sv1} = I_{sv0} + K_{p2} \cdot (U_{sv} - U_{pv}) + K_{i2} \cdot \int_0^t (U_{sv} - U_{pv}) d\tau \quad (3)$$

[0055] 式中 I_{sv0} 为初始常数,取150mA; K_{p2} 为比例系数,取8; K_{i2} 为积分系数,取0.8。

[0056] 一次侧电流控制器M35包括MCU定时器片上外设(用于输出PWM方波)、比较器LM331和功率MOSFET驱动器2EDN7523F。MCU的100kHz频率的PWM信号输出连接2EDN7523F的两个输入,2EDN7523F的输出驱动线性功率MOSFET晶体管IPB110N20N3LF,IPB110N20N3LF再驱动推挽变压器,推挽变压器的一次侧电流设定值为 I_{sv1} 、一次侧电流测量值为 I_{pv1} ;LM331的输出连接2EDN7523F的使能端,只有当 I_{sv1} 大于 I_{pv1} 时,功率MOSFET驱动器2EDN7523F才能输出PWM驱动信号,从而实现按照设定电流值来调节PWM波的占空比。为了保证功率MOSFET开关过程的完整性,比较器设置20%的回差, I_{pv1} 的测量电路采用滤波时间常数为50纳秒的阻容低通滤波器。采用线性功率MOSFET减少开关过程变压器一次侧和二次侧的电流冲击,也减少了一次侧电流测量过程的干扰。

[0057] 图3除了上述两个并行的控制回路外,还有一个过流保护电路M3A模块,包括高速比较器LMV7219和触发器74LVC1G74。当正常工作,LED没有过电流时,触发器输出低电平,电子开关EW1处于断开状态,不影响LED电流控制回路正常运行;当LED电流大于其过流设定值27安培,由参考电源REF3030通过电阻分压设定时,比较器翻转使触发器输出高电平,并把状态锁存起来,此时电子开关EW1闭合,关断流过LED的电流,保护了昂贵的大功率LED,同时,过流保护电路M3A把过流状态通知MCU。MCU经过10秒钟后,尝试再次复位过流保护电路,若再次有过流发生,则报告故障,维修后重新开机才能再次投入运行。

[0058] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

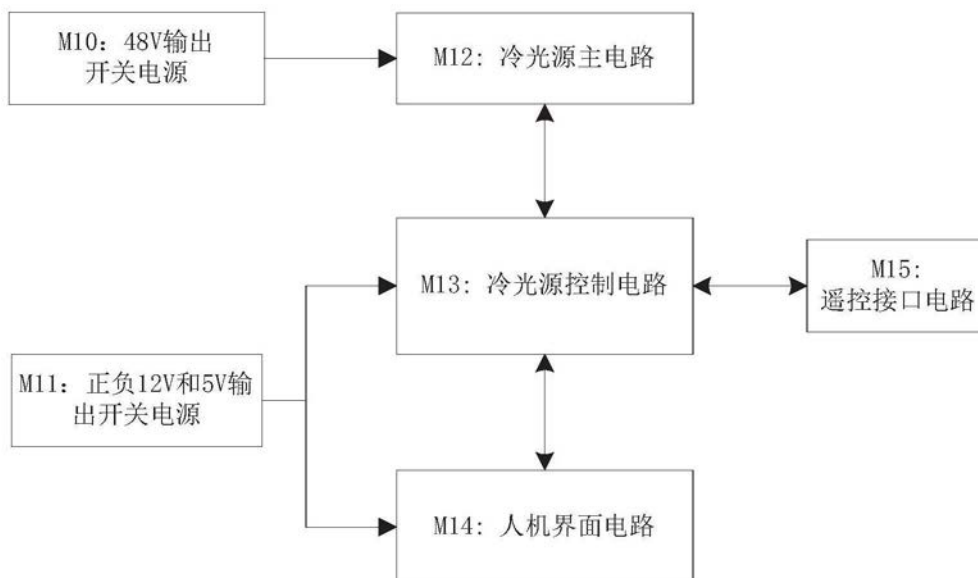


图1

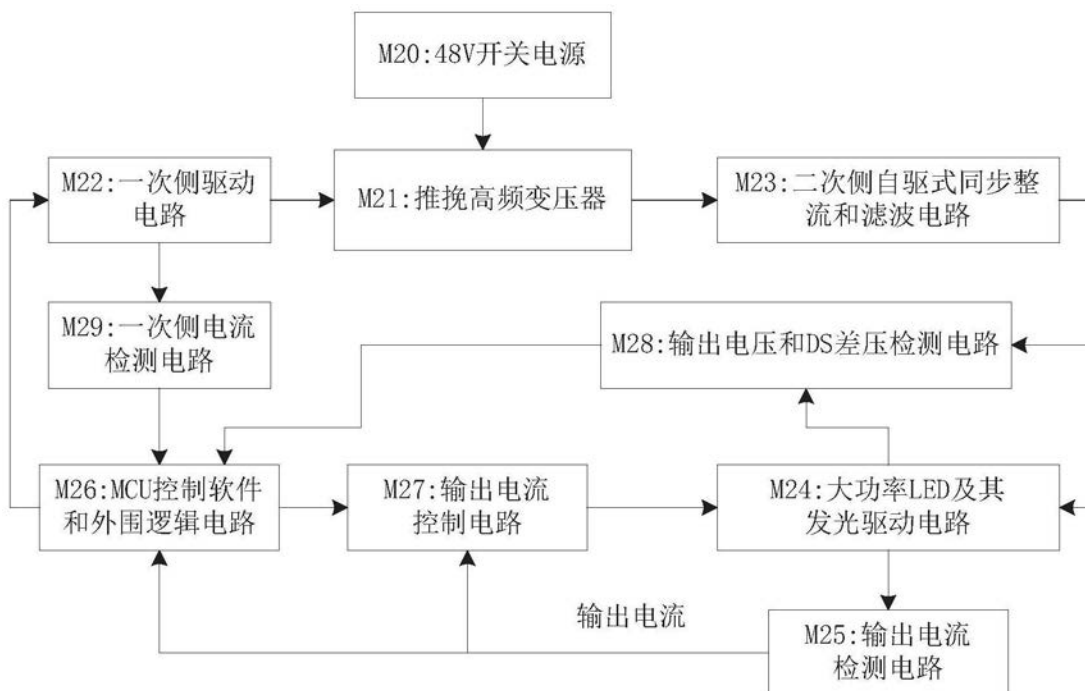


图2

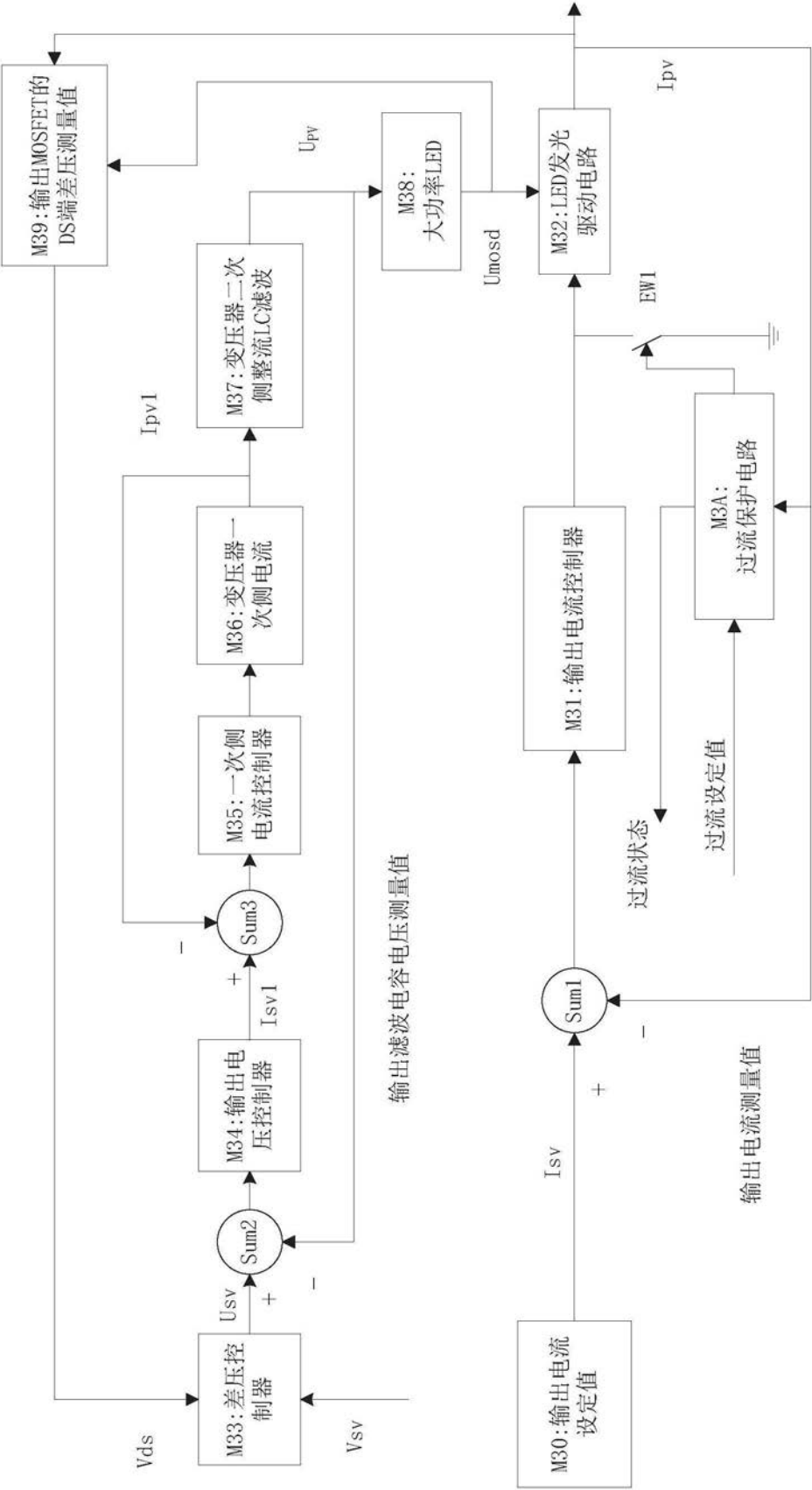


图3

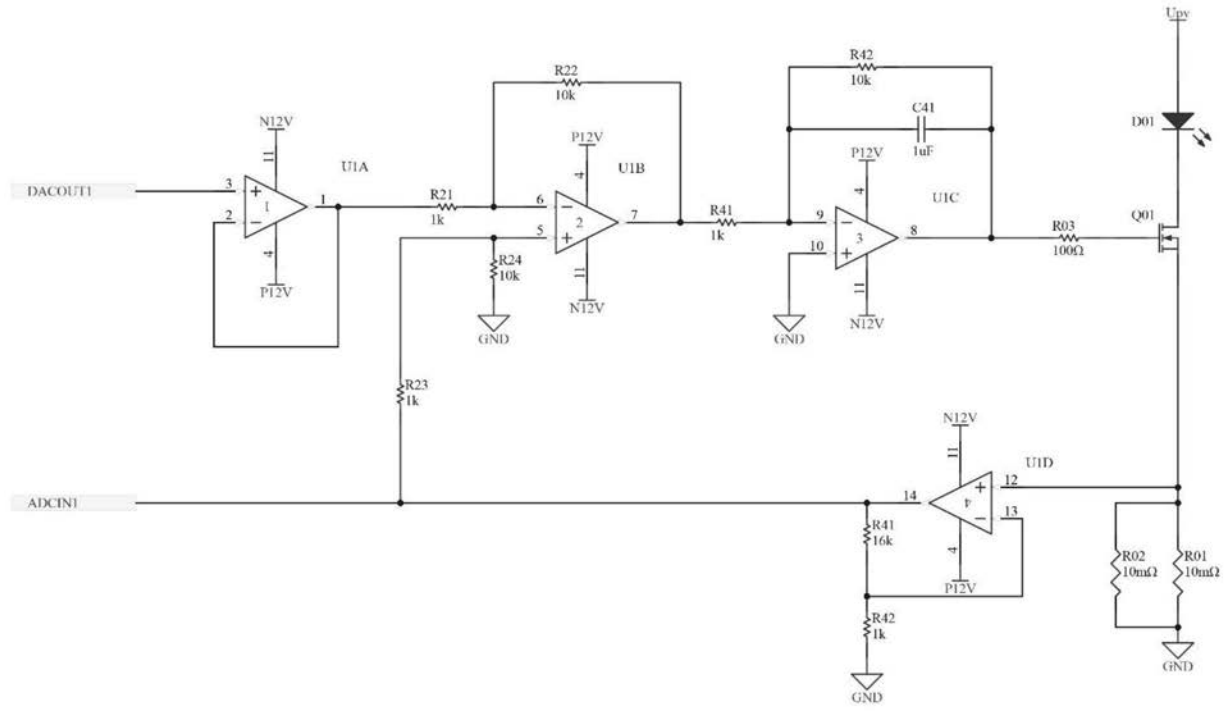


图4

专利名称(译)	一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源及其控制系统		
公开(公告)号	CN111035352A	公开(公告)日	2020-04-21
申请号	CN201911396630.4	申请日	2019-12-30
[标]申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
[标]发明人	李向阳 刘富春		
发明人	李向阳 刘富春		
IPC分类号	A61B1/06		
CPC分类号	A61B1/00027 A61B1/0684		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明属于内窥镜光源及内窥镜光源控制系统领域，涉及一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源，包括：48V开关电源、正负12V和5V开关电源、冷光源主电路、冷光源控制电路、人机界面电路和遥控接口电路，其中：48V开关电源为冷光源主电路提供电能；正负12V和5V开关电源为冷光源主电路之外的其它电路提供电能；冷光源主电路的48V直流通过推挽变压器变为低压高频交流电，再通过同步整流和LC滤波得到直流电压，直流电压通过线性功率MOSFET管驱动大功率LED发光；人机界面电路和遥控接口电路分别用于在本机和远程设置LED电流输出百分比。本发明的内窥镜冷光源具有大功率、亮度可调、亮度波动极小的特点。本发明还提供一种大功率可调亮度的内窥镜冷光源控制系统。

