

● 电路与设计

采用三个放大器芯片组成的光功率自动控制电路

西北核技术研究所 赵军卫

Automatic—Optic—Power—Control Circuit With Three Amplifiers

Zhao Junwei

摘要: 介绍一种采用美国 B—B 公司三个放大器 INA114、OPA177 和 OPA547 构成的光功率自动控制电路。该电路具有集成度高、元件少、造价适中、性能稳定的特点,并已在实际应用中取得良好效果。

关键词: 仪表放大器; 电压跟随器; 功率自动控制; 光纤通讯; INA114; INA177; OPA547

分类号: TN247 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006—6977(2000)10—0026—02

在光纤通讯系统中,光发送电路主要由光源驱动器、光源(主要是半导体光源,包括 LED、LD 等)、光功率自动控制电路(APC)、检测器、温度自动控制(ATC)以及告警电路等部分组成。其组成结构如图 1 所示。

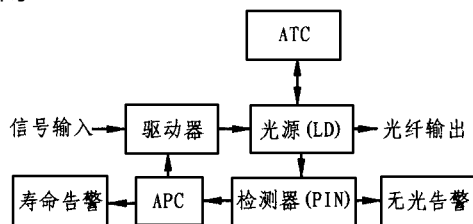


图 1 光发送电路框图

要使半导体激光器克服供电电源波动、器件老化等因素的影响,确保激光器输出功率稳定,就必须设计自动功率控制(APC)电路。

1 激光器的调制及背光耦合

为了方便进行自动功率控制,通常半导体激光器内部将激光器 LD 与背向光检测器 PIN 集成在一起,其典型工作特性如图 2 所示。根据背向光检测器 PIN 对 LD 的耦合特性(见图 3)可设计适当的外围电路,以完成对 LD 的自动光功率控制。

2 三个主要器件

由于工作需要,我们选用美国 B—B 公司生产的三种运算放大器 INA114、OPA177 和 OPA547 为光发射机设计了自动功率控制(APC)电路,该电路具有集成度高、元件少、造价适中、性能稳定的特点,实际应用效果较好,现介绍如下:

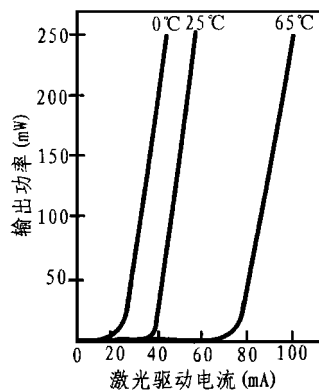


图 2 激光器调制特性

INA114 是一种低价格、小体积的通用仪表放大器,精度较高。由于在生产中采用了激光调整工艺,从而使 INA114 具有非常低的失调电压($50\mu\text{V}$)和温漂($0.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)以及很高的共模抑制比($G=1000$ 时为 115dB),工作电压可以低至 $\pm 2.25\text{V}$,很适合于电池供电的便携式仪器或采用 $+5\text{V}$ 供电的系统中,静态电流最大为 3mA。采用 8 脚塑料或陶

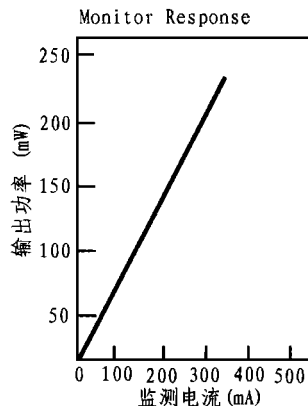


图 3 背向光检测器耦合特性

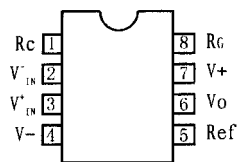


图4 INA114引脚图

瓷DIP封装或16脚贴面封装形式，工作温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 。其8脚封装的引脚排列如图4所示。

OPA177是一个精密双极性运算放大器，它具有非常低的失调电压（ $\leq 10\mu\text{V}$ ）和温漂（ $0.1\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ）。由于芯片内部采用了精密的激光修整技术，因此无须外部元件调整失调电压、输入偏置电流和温漂。OPA177具有非常低的静态电流（典型值为 1.5mA ）和噪声（ $\leq 150\text{nV rms}$ ， $1\sim 100\text{Hz}$ 条件下），因而可极大地降低漂移和误差，从而保证芯片的精度。OPA177采用8脚塑料、陶瓷DIP封装或SO-8贴面封装形式。其高性能、低成本的特点可满足多种精密仪器仪表的使用要求。其引脚排列如图5所示。

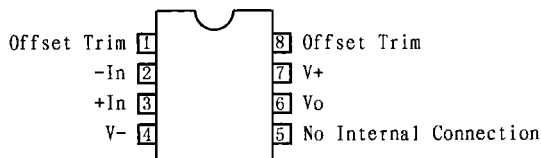


图5 OPA177引脚图

OPA547也是一个低价格的高电压/大电流运算放大器，具有优良的小信号放大性能，用其驱动多种负载非常理想，可单电源或双电源工作，在单电源工作时，输入的共模电压范围可扩展至地。而且内部具有过温和电流过载保护，此外，用户还可根据需要进行精密的限流设计，用 $0\sim 15\mu\text{A}$ 的控制信号即可将输出限制电流从0调整至 750mA ，调整器件可以是电阻、电位器或数控的具有电流或电压输出的数模转换器DAC。启动/状态（E/S）管脚可提供两种功能，不仅可以禁止输出从而有效断开负载，而且还能减少静态电流以保存电源能量。检测E/S管脚还可用于确定OPA547是否处于过热保护状态。封装形式为工业级7脚弯形的TO-220封装和7弯脚的DDPAK表面塑封，其工作温度范围为 $-45\sim+85^{\circ}\text{C}$ 。OPA547的引脚排列如图6所示。

3 电路组成及工作过程

APC光功率自动控制电路的工作原理如图7所示。整个APC电路主要由三个集成块构成，光电二极管PIN用于检测半导体激光器背向输出的光功率，并转换为光电流通过电阻R1变为电压信号加在INA114的反向输入端。电阻R2和R4构成参考电平，接于比较放大器INA114的正向输入端。INA114对正向和反向输入端的电压差值进行放大，电阻R_G用于调节放大倍数G，其关系可用下式表示：

$$G = 1 + (50\text{k}\Omega / R_G)$$

$$V_2 = V_1 = G(V_+ - V_-) + V_3$$

用OPA177和OPA547为核心构成恒流源，以实现半导体激光器的恒流驱动，R_f为限流电阻，肖特基二极管D2与LD反向相接，用于防止反向过冲击LD，以对LD起保护作用。

以OPA177构成的电压跟随器用于将LD上的电压送至INA114的Ref管脚，即 $V_3 = V_4$ ，这时流过LD的电流I可用下式得到：

$$I = (V_2 - V_4) / R_f = G(V_+ - V_-) / R_f$$

正常状态下，LD工作在设定的工作点。流过LD的驱动电流I与LD的输出光功率保持稳定的平衡状态。（下转29页）

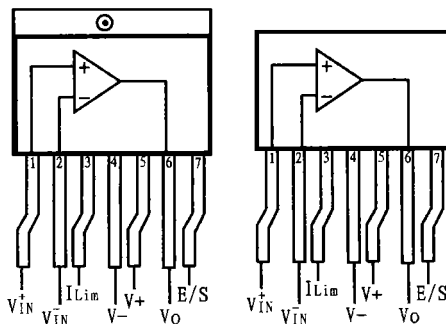


图6 OPA547引脚图

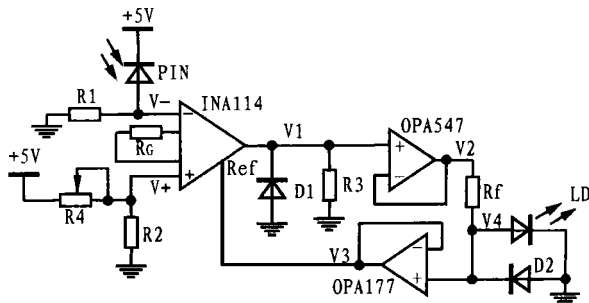


图7 自动控制原理图

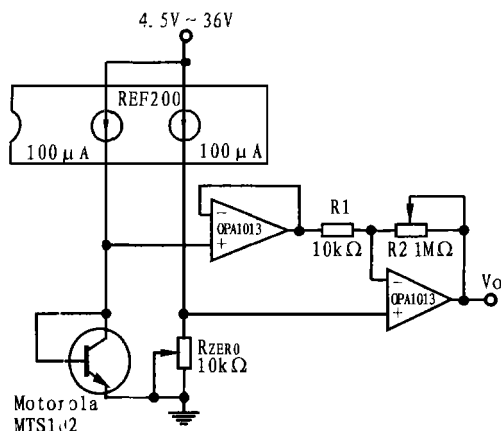


图2 可独立调节的测温电路

影响, 这是这种简单电路存在的缺陷。该电路存在的另一缺陷是温度—电压转换是反相的, 换句话说, 温度的正向变化导致输出电压负向变化。

2.2 改进电路的设计

要想克服简单电路的两个缺陷, 使得增益调整和补偿调整相互独立, 温度电压转换也是同相的, 可采用图 2 所示的具有独立调节功能的测温电路。

从图 2 可以看出, 二极管传感器 MTS 102 通过射极跟随器与放大器负输入端相连; 调零网络与放大器正输入端相连。在传感器和后级放大器之间加一级缓冲器是为了减轻传感器的负载压力。调整时, 应该先调整 R_1 或 R_2 , 校好增益, 再调整 R_{ZERO} , 使系统调零。其调整次序不可颠倒。

2.3 温差检测电路设计

(上接 27 页)

当激光器 LD 因某种原因功率增大时, 耦合至光电二极管 PIN 的光电流也同比例增大, 从而使电阻 R_1 上的电位升高, 这样, 通常状态下的平衡被打破, 使得 INA114 上的输出电压 V_1 降低, 由于 $V_2 = V_1 = IR_{if} + V_4$, 因而电阻 R_f 上的电流 I 降低。由于流过 OPA177 正向输入端的电流可以忽略不计, 则流过激光器 LD 的电流也相应降低。从而达到降低 LD 功率的目的。

当 LD 光功率降低时, PIN 的光电流相应降低, INA114 放大器输出电压升高, 进而增大 LD 的驱动电流, 达到增大 LD 功率的目的。

根据选定激光器的性能特点对该电路中的其它器件的参数进行合理的选择匹配, 可以获得非常高的控制精度。笔者采用上述电路设计的 APC 达到的

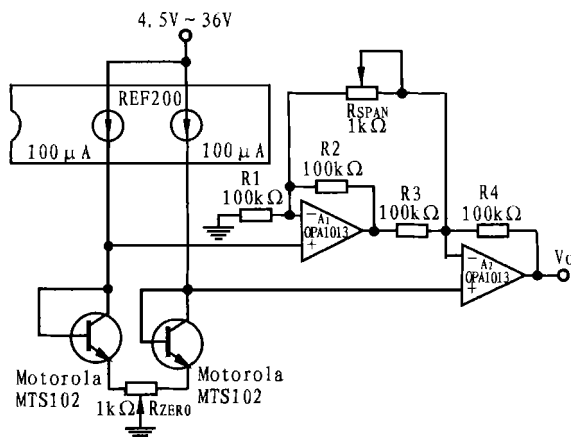


图3 温差检测电路

当需要检测两点的温差时, 可采用图 3 所示的电路。在这个电路中, 两个温度传感二极管之间的误差电压经过由双运放组成的仪器放大器放大, 并由 A_2 输出端输出。这个仪器放大器由一对 OPA1013 及 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 和 R_{SPAN} 组成。 R_{SPAN} 用于设置仪器放大器的增益。要获得较高的共模抑制比, R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 必须匹配。如果使用 1% 的电阻, 在增益大于 50 时, CMR 会超过 70dB。在这个电路中, 增益调节与调零可不分先后。

参考文献

1. Burr-Brown IC Applications Handbook. 1994.

收稿日期: 2000-04-04

咨询编号: 001010

长期稳定性为 $\pm 1\%$, 并已成功用于研制有关光纤传输系统中。

值得说明的是, 图中的 OPA177 可以用类似的芯片代替, 比如 OP-07, OP-77 或 AD707 等。当激光器 LD 驱动电流大于 500mA, 在控制精度要求不太高的场合, 可采用达林顿晶体管构成射极跟随器代替 OPA547, 以降低系统成本。

参考文献

1. 解金山, 陈宝珍. 光纤数字通信技术. 电子工业出版社. 1997. 10

2. BURR-BROWN IC DATA BOOK — LINEAR PRODUCTS. 1994

3. LASERTRON Product Guide. 1998

收稿日期: 2000-04-24

咨询编号: 001009