



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101837514 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 04

(21) 申请号 200910047708. 1

(22) 申请日 2009. 03. 17

(73) 专利权人 上海工程技术大学

地址 201620 上海市松江区龙腾路 333 号

(72) 发明人 赵永礼

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 赵志远

WO 2008105118 A1, 2008. 09. 04, 全文.

CN 201017305 Y, 2008. 02. 06, 全文.

CN 201020602 Y, 2008. 02. 13, 全文.

US 2004095312 A1, 2004. 05. 20, 全文.

赵永礼等. 基于 ATmega128 的激光三维雕刻控制系统. 《光电子技术》. 2007, 第 27 卷 (第 4 期), 第 272-276 页.

审查员 郝桂亮

(51) Int. Cl.

B23K 26/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101017424 A, 2007. 08. 15, 全文.

CN 2448586 Y, 2001. 09. 19, 全文.

CN 201084145 Y, 2008. 07. 09, 全文.

CN 1931504 A, 2007. 03. 21, 全文.

KR 20030094580 A, 2003. 12. 18, 全文.

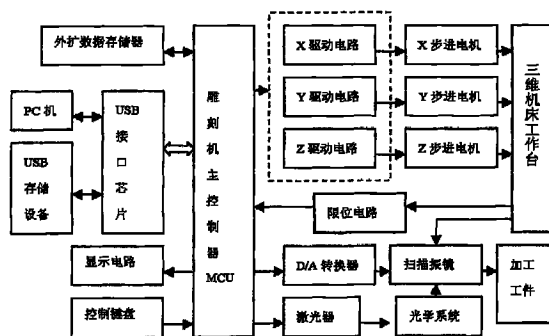
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种具有 USB 主从双模式功能的激光三维内雕机

(57) 摘要

本发明涉及一种具有 USB 主从双模式功能的激光三维内雕机, 该内雕机包括 USB 通讯模块、大容量数据存储模块、扫描振镜控制模块、三维加工机床控制模块、激光器控制模块、人机交互模块和内雕机主控制器, 所述的内雕机主控制器分别连接 USB 通讯模块、大容量数据存储模块、扫描振镜控制模块、三维加工机床控制模块、激光器控制模块和人机交互模块; 所述内雕机具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式, 并能在两种模式之间智能切换, 主机模式能直接读取 USB 移动存储设备, 从机模式能通过 USB 接口与计算机通讯, 每种模式均能独立完成雕刻任务。与现有技术相比, 本发明内雕机具有加工稳定, 图像清晰, 即插即用, 操作简便等优点。



1. 一种具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式的激光三维内雕机,其特征在于,该内雕机包括 USB 通讯模块、大容量数据存储模块、扫描振镜控制模块、三维加工机床控制模块、激光器控制模块、人机交互模块和内雕机主控制器,所述的内雕机主控制器分别连接 USB 通讯模块、大容量数据存储模块、扫描振镜控制模块、三维加工机床控制模块、激光器控制模块和人机交互模块;

所述的内雕机具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式,主机模式和从机模式分别有专用的 USB 连接插口,所述的内雕机主控制器根据连接插口上 USB 总线的信号,智能切换内雕机的工作模式;

USB 主机模式的特征在于,当存有加工数据的 USB 存储设备连接到内雕机时,内雕机切换到 USB 主机工作模式,并且自动搜索可用的加工文件,当得到确认后,读取加工文件转存数据到内雕机的 SRAM 数据存储器,内雕机接收到开始加工指令后,即对加工数据进行运算并且转换为控制振镜、三维加工机床以及激光器的控制信号,从而完成雕刻任务;USB 从机模式的特征在于,通过安装于计算机上的图像处理软件,转换文件格式为适合雕刻加工的数据格式,通过 PC 机 USB 接口连接内雕机并且传输加工数据到内雕机的数据存储器,内雕机主控制器通过对数据存储器中数据的运算,控制加工设备完成雕刻工作。

2. 根据权利要求 1 所述的一种具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式的激光三维内雕机,其特征在于,所述的 USB 通讯模块是由 AVR 单片机和 USB 接口芯片构成的全速 USB 接口,兼容 USB V2.0,USB 接口芯片和 AVR 单片机之间具有独立的 8 位数据总线,USB 接口芯片的读、写、片选以及中断输出都由 AVR 单片机直接控制。

3. 根据权利要求 1 所述的一种具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式的激光三维内雕机,其特征在于,所述的主机模式能够自动搜索 USB 存储设备中的加工文件,然后通过按键选择确定加工文件。

4. 根据权利要求 1 所述的一种具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式的激光三维内雕机,其特征在于,所述的大容量数据存储模块为内雕机扩展的大容量的 SRAM 数据存储器,该存储器的数据总线和地址总线挂接在 AVR 单片机的总线上,内雕机主控制器可以对其进行高速的读写操作,所述的 SRAM 数据存储器里存储的是从 USB 通讯模块传输来的加工数据,该加工数据在 SRAM 数据存储器中的存储方式是按照块、面、点逐次递进的结构进行存储。

5. 根据权利要求 1 所述的一种具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式的激光三维内雕机,其特征在于,所述的扫描振镜控制模块由 2 路双极性 12 位精度的 D/A 转换器和振镜驱动电路构成,D/A 转换器输出的 2 路模拟电压信号分别控制扫描振镜的 X、Y 轴实现激光的平面场扫描,扫描场几何畸变误差采用软件校正。

6. 根据权利要求 1 所述的一种具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式的激光三维内雕机,其特征在于,所述的三维加工机床控制模块包括三维加工机床,X、Y、Z 三路步进电机及其驱动电路,内雕机主控制器通过驱动 X、Y、Z 三路步进电机运转带动三维加工机床运动,其中 X、Y 轴实现雕刻图像块的定位,Z 轴实现雕刻图像层的定位,以此带动内雕机的光学系统实现大面幅图像的雕刻。

7. 根据权利要求 1 所述的一种具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式的激光三维内雕机,其特征在于,所述的人机交互模块由功能按键和 LCD 显示屏构成,功能按键采用翻页菜

单的形式,内雕机的手动控制通过内雕机主控制器的中断实现,LCD 显示屏显示内雕机的工作状态和功能按键菜单的内容。

8. 根据权利要求 1 ~ 7 之一所述的一种具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式的激光三维内雕机,其特征在于,所述的内雕机通过 USB 通讯模块获得加工数据,转存于大容量数据存储模块中,内雕机主控制器读取大容量数据存储模块并对其数据进行分析运算,通过步进电机驱动三维运动加工平台到相应加工位置,然后通过 D/A 转换电路输出控制扫描振镜 X、Y 轴的模拟电压,以此控制激光束的运动,使激光束聚焦于加工器件内完成三维内雕刻任务。

## 一种具有 USB 主从双模式功能的激光三维内雕机

### 技术领域

[0001] 本发明属于激光三维内雕机的雕刻控制器,具体涉及一种具有 USB 主从双模式功能的激光三维内雕控制器。

### 背景技术

[0002] 目前激光内雕机多采用 PC 机控制或通过计算机并 / 串口来实现数据传输,对此类系统而言,主要存在如下问题:(1) 加工系统必须配备 PC 机,不能对目前流行的 USB 移动存储设备直接读取;(2) Windows 平台的实时性不高,Windows 提供的时间函数只能达到毫秒级,远远不能满足高速实时雕刻的需求;(3) 通过 PC 机并 / 串行口控制激光雕刻系统只适用于小批量的单机加工,若要进行大批量的多机同时加工,必须设计单独控制系统来执行加工程序。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种加工稳定,图像清晰,即插即用,操作简便的具有 USB 主从双模式功能的激光三维内雕机。

[0004] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:一种具有 USB 主从双模式功能的激光三维内雕机,其特征在于,该内雕机包括 USB 通讯模块、大容量数据存储模块、扫描振镜控制模块、三维加工机床控制模块、激光器控制模块、人机交互模块和内雕机主控制器,所述的內雕机主控制器分别连接 USB 通讯模块、大容量数据存储模块、扫描振镜控制模块、三维加工机床控制模块、激光器控制模块和人机交互模块。

[0005] 所述的 USB 通讯模块是由 AVR 单片机和 USB 接口芯片构成的全速 USB 接口,兼容 USB V2.0,USB 接口芯片和 AVR 单片机之间具有独立的 8 位数据总线,USB 接口芯片的读、写、片选以及中断输出都由 AVR 单片机直接控制。

[0006] 所述的內雕机具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式,主机模式和从机模式分别有专用的 USB 连接插口,所述的內雕机主控制器根据连接插口上 USB 总线的信号,智能切换內雕机的工作模式。

[0007] 所述的主机模式能够自动搜索 USB 存储设备中的加工文件,然后通过按键选择确定加工文件。

[0008] 所述的大容量数据存储模块为內雕机扩展的大容量的 SRAM 数据存储器,该存储器的数据总线和地址总线挂接在 AVR 单片机的总线上,內雕机主控制器可以对其进行高速的读写操作,所述的 SRAM 数据存储器里存储的是从 USB 通讯模块传输来的加工数据,该加工数据在 SRAM 数据存储器中的存储方式是按照块、面、点逐次递进的结构进行存储。

[0009] 所述的扫描振镜控制模块由 2 路双极性 12 位精度的 D/A 转换器和振镜驱动电路构成,D/A 转换器输出的 2 路模拟电压信号分别控制扫描振镜的 X、Y 轴实现激光的平面场扫描,扫描场几何畸变误差采用软件校正。

[0010] 所述的三维加工机床控制模块包括三维加工机床,X、Y、Z 三路步进电机及其驱动

电路,内雕机主控制器通过驱动 X、Y、Z 三路步进电机运转带动三维加工机床运动,其中 X、Y 轴实现雕刻图像块的定位,Z 轴实现雕刻图像层的定位,以此带动内雕机的光学系统实现大篇幅图像的雕刻。

[0011] 所述的人机交互模块由功能按键和 LCD 显示屏构成,功能按键采用翻页菜单的形式,内雕机的手动控制通过内雕机主控制器的中断实现,LCD 显示屏显示内雕机的工作状态和功能按键菜单的内容。

[0012] 所述的内雕机通过 USB 通讯模块获得加工数据,转存于大容量数据存储模块中,内雕机主控制器读取大容量数据存储模块并对其数据进行分析运算,通过步进电机驱动三维运动加工平台到相应加工位置,然后通过 D/A 转换电路输出控制扫描振镜 X、Y 轴的模拟电压,以此控制激光束的运动,使激光束聚焦于加工器件内完成三维内雕刻任务。

[0013] 与现有技术相比,本发明采用单片机系统控制内雕机,具有 USB-Host 和 USB-Device 两种工作模式,并能在两种模式之间智能切换。USB-Host 模式下激光内雕机能对 USB 移动存储设备实现直接读取,改变了传统激光加工设备必须配备 PC 机的现状。USB-Device 模式采用 USB 接口实现 PC 机与激光内雕机的数据传输,克服了传统的基于 PC 机控制的激光加工设备实时性不高的问题,USB 接口使得系统能够扩展多台内雕机共用一台 PC 机控制,实现多机同时加工,系统扩展了大容量的 SRAM 数据存储,能够满足大容量数据存储的需要,实现了激光内雕机在脱机状态下工作。该设备克服了现有技术的缺陷,适应了目前计算机接口和移动存储技术的发展趋势,提高了设备的兼容性,能适应高速、大数据量、高精度的加工需求。该设备加工稳定,图像清晰,即插即用,操作简便。

[0014] 本发明可以独立的工作于 USB 主机或从机的任一模式,并且能够在两种模式间智能切换。USB 主机模式的特征在于,当存有加工数据的 USB 存储设备连接到内雕机时,内雕机切换到 USB 主机工作模式,并且自动搜索可用的加工文件,当得到确认后,读取加工文件转存数据到内雕机的 SRAM 数据存储,内雕机接收到开始加工指令后,即对加工数据进行运算并且转换为控制振镜、三维加工机床以及激光器的控制信号,从而完成雕刻任务;USB 设备模式的特征在于,通过安装于计算机上的图像处理软件,转换文件格式为适合雕刻加工的数据格式,通过 PC 机 USB 接口连接内雕机并且传输加工数据到内雕机的数据存储,内雕机主控制器通过对数据存储中数据的运算,控制加工设备完成雕刻工作。USB 菊花链式的星形总线结构,使得 PC 机可以同时支持多达 127 个外设的同时连接,所以本发明可实现大批量的多机同时加工;内雕机扩展的大容量数据存储,使加工数据存储于下位机,从而本发明又能实现脱机工作;嵌入式 USB 主机功能的实现,可以改变激光加工设备必须配置 PC 机的现状,实现内雕机对 USB 移动存储设备的直接读取,使内雕机具有更高的可靠性、实时性和灵活性。

#### 附图说明

[0015] 图 1 为本发明结构原理图;

[0016] 图 2 为本发明内雕机 USB 通讯模块电路图;

[0017] 图 3 为本发明内雕机外扩数据存储模块电路图;

[0018] 图 4 为本发明扫描振镜控制模块和三维机床控制模块电路图;

[0019] 图 5 为本发明人机交互模块电路图;

[0020] 图 6 为本发明固件程序流程图。

### 具体实施方式

[0021] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0022] 本发明具有 USB 主从双模式功能的激光三维内雕机具有 USB 主机和 USB 从机两种工作模式。USB 主机模式时内雕机能直接读取 USB 移动存储设备,如同计算机上的 USB 接口,只要把 U 盘等存储设备连接到内雕机的 USB 主机模式插口即可,内雕机通过读取 USB 移动存储设备中的加工数据完成雕刻任务,此种工作模式,内雕机不需要配置计算机(即 PC 主机);USB 从机模式下,内雕机是需要配置计算机的,工作方式就像通过 USB 连接的打印机,计算机可以控制并传输加工数据给内雕机。主机和从机两种模式是可以独立工作的,都能完成雕刻任务。

[0023] 实施例

[0024] 如图 1 所示,一种具有 USB 主从双模式功能的激光三维内雕机,该内雕机包括 PC 主机模块、USB 通讯模块、大容量数据存储模块、扫描振镜控制模块、三维加工机床控制模块、激光器控制模块、人机交互模块和内雕机主控制器,所述的内雕机主控制器分别连接 USB 通讯模块、大容量数据存储模块、扫描振镜控制模块、三维加工机床控制模块、激光器控制模块和人机交互模块。

[0025] 其中各主要模块通过以下方式实现:

[0026] (1)USB 通讯模块,全速 USB 接口,兼容 USB V2.0,由 AVR 单片机和 USB 接口芯片构成。AVR 单片机和 USB 接口芯片之间具有独立的 8 位数据总线,USB 接口芯片的读、写、片选控制线以及中断输出由 AVR 单片机直接控制,可方便地挂接到单片机系统总线上,接口芯片的外围电路主要包括晶振电路,这种方法使得硬件电路设计简单。USB 通讯模块具有两个独立的 USB 插口,分别支持 USB-HOST 主机方式和 USB-DEVICE/SLAVE 设备方式,内雕机的主控制器通过 USB 插口的 Vbus 信号判断设备工作模式。

[0027] (2)大容量数据存储模块即外扩数据存储器,本模块选用 SRAM 存储器作为内雕机的数据缓冲区,在 USB-Device 模式下存储 PC 机传输到下位机的加工数据,在 USB-Host 模式下存储内雕机读取的 USB 移动存储设备中的加工数据,加工数据的存储按照块、面、点逐次递进的结构进行存储。

[0028] (3)扫描振镜控制模块,是由具有 2 通道双极性 12 位精度的 D/A 转换器和振镜驱动电路构成,经对数据存储器中的加工数据运算后,D/A 转换器输出模拟电压信号分别控制扫描振镜的 X 轴、Y 轴,以此实现激光的平面场扫描,扫描场几何畸变误差采用软件校正。

[0029] (4)三维加工机床控制模块,包括三维加工机床,X、Y、Z 三路步进电机及其驱动电路,限位电路组成,内雕机主控制器通过驱动 X、Y、Z 三路步进电机运转带动三维加工机床运动,其中 X、Y 轴实现雕刻图像块的定位,Z 轴实现雕刻图像层的定位,以此带动内雕机的光学系统实现大面幅图像的雕刻。

[0030] (5)人机交互模块,由功能按键和 LCD 显示屏构成,功能键连接内雕机主控制器,采用的是翻页菜单的形式,能循环切换控制菜单,控制功能通过内雕机主控制器的中断实现,LCD 显示屏通过显示电路连接内雕机主控制器,显示设备的工作状态或者按键菜单的切换,实现设备的人机交互。

[0031] 内雕机通过 USB 通讯模块获得加工数据,转存于大容量数据存储模块中,内雕机主控制器读取大容量数据存储模块并对其数据进行分析运算,通过步进电机驱动三维运动加工平台到相应加工位置,然后通过 D/A 转换电路输出控制扫描振镜 X、Y 轴的模拟电压,以此控制激光束的运动,使激光束聚焦于加工器件内完成三维内雕刻任务。

[0032] 图 2 ~ 图 5 是内雕机主要模块的电路连接图,下面结合电路图作详细说明:

[0033] (1) 图 2 是 USB 通讯控制模块电路图,主要由内雕机主控制器 U1 和 USB 接口芯片 U2 构成。U1 选用 Atmel 公司的 AVR 系列单片机,图中以 ATmega128 单片机为例,它是高性能、低功耗增强型 AVR RISC 结构的 8 位高档单片机,芯片核心采用哈佛结构,所有的寄存器都直接与算术逻辑单元 (ALU) 相连接,使得一条指令可以在一个时钟周期内同时访问两个独立的寄存器,这种结构能大大提高代码效率,并且具有比普通的复杂指令集 (CISC) 微处理器高 10 倍的数据吞吐率。ATmega128 具有 128K 字节的系统内可编程 Flash (具有 RWW 功能),这使得程序设计时不会受到程序存储空间的限制,并且无需扩展程序存储器,ATmega128 可通过 SPI 实现系统内编程,程序的烧录简单可靠。具有 53 个可编程通用 I/O 口线,各引脚均可独立地配置输入输出方向,无需扩展 I/O 接口,使电路设计更为简便,除此之外,ATmega128 还具有可工作于主机 / 从机模式的全双工,3 线同步数据传输的 SPI 串行接口,方便与外围扩展芯片的数据通讯。U2 选用的是 CH375 芯片,支持 USB 主从机两种模式,在 Device 模式下兼容 CH372 芯片。图 2 所示电路图能够方便的利用一块 CH375 实现 USB-HOST 和 USB-DEVICE 主从两种 USB 通讯模式,主从模式是由内雕机主控制器 ATmega128 决定的,接口 JP1 用于连接 USB 设备 (如 U 盘),端口 JP2 用于连接 PC 机,二者不能同时使用。空闲情况下,INT1 为低电平,ATmega128 使 CH375 工作于主模式,当有 USB 设备插入 JP1 时 CH375 会自动通知单片机作相应处理;当端口 JP2 连接到 PC 机的 USB 端口时,PC 机的 USB 提供 5V 电源使 INT1 为高电平,ATmega128 使 CH375 切换到从模式。CH375 的 TXD 引脚通过  $1K\Omega$  的下拉电阻接地,使 CH375 工作于并口方式,CH375 的 8 位并行数据线 (D0-D7) 连接到 ATmega128 的 PA 端口,实现数据的并行传输。1 位地址线 (A0) 用来区分写命令或读写数据,CS# 是 CH375 的片选控制输入,RD# 和 WR# 分别为读写选通输入,这些引脚可通过 ATmega128 的任意 I/O 口控制,本发明中通过 ATmega128 的 PB4-PB7 控制。CH375 的 INT# 引脚与 ATmega128 的 INT0 相连来提供中断信号,由于 CH375 内部不提供时钟信号,所以需要外接晶振,USB-HOST 主机方式要求时钟频率比较准确,Y21 的频率是  $12MHz \pm 0.4\%$ ,C25 和 C26 是容量约为 15pF 的独石或高频瓷片电容。为使 CH375 可靠复位,电源电压从 0V 上升到 5V 的上升时间应该少于 100ms。如果电源上电过程较慢并且电源断电后不能及时放电,那么 CH375 将不能可靠复位。所以在 RST1 引脚与 VCC 之间跨接了一个容量为 0.47uF 的电容 C27 延长复位时间。

[0034] (2) 内雕机的扩展数据存储由 U3 实现,电路连接如图 3 所示,U3 选用的是 TI 公司的 SRAM 存储芯片 BQ4017,其容量是 16Mb,+5V 供电,BQ4017 内部具有电压监控电路和锂电池,当 VCC 引脚电压低于 4.62V 时,内部控制电路对 SRAM 采取写保护以此来保护内部数据,当 VCC 引脚电压低于 3V 时,芯片切换到锂电池供电,因此在断电后,加工数据不会丢失。BQ4017 具有快速的读写速度 (70ns),无擦写次数限制等特点,能够适合内雕机高速加工的需求。BQ4017 具有 21 条地址总线,8 位数据总线以及读、写、片选等引脚,可以方便的与 AVR 单片机连接。本发明中 BQ4017 的地址总线由 ATmega128 单片机 PC、PF 和 PG 端口控制,存

存储器与内雕机主控制器的数据读写通过 PE 端口实现。

[0035] (3) 图 4 所示中的 U4 为 MAX5322D/A 转换芯片, 实现 D/A 转换功能, 经 ATmega128 控制输出振镜调节需求的电压信号。MAX5322 是双通道双极性 12 位串行接口数模转换器, 拥有一个快速的 10MHz SPI™/QSPI™/MICROWIRE™ 兼容串行接口, 采用 ±12V 至 ±15V 模拟电源电压供电, 可提供双极性 ±5V 至 ±10V 输出, 由于扫描振镜驱动器所需控制电压为 -5V 至 +5V 之间的模拟电压, 所以 MAX5322 的 A、B 两路参考电压 REFA、REFB 接 +2.5V, MAX5322 具有极佳的线性度, 积分非线性度 (INL) 和微分非线性度 (DNL) 为 ±1LSB (最大), 0.5 LSB 建立时间只有 10us, 装载 DAC (/LDAC) 输入可以对输出进行异步刷新。MAX5322 串行数据输入引脚 DIN 连接 ATmega128 SPI 接口的数据输出引脚 MOSI, 串行时钟输出引脚 SCK 为 MAX5322 提供时钟基准, MAX5322 的片选引脚可以和 AVR 单片机的任一 I/O 口相连, 在本发明中为 PD4, MAX5322 的两路模拟电压输出分别连接到 X、Y 轴振镜驱动电路。

[0036] (4) 图 4 中的 MD1、MD2、MD3 是控制内雕机三维运动平台的步进电机驱动器, 通过控制输入脉冲数量, 频率及电机各相绕组的接通顺序, 可以得到各种需要的运动特性。在本发明中 ATmega128 的 PB0 端口用来输出脉冲以及控制脉冲数量, PB1 控制步进电机的运转方向, PB2 和 PB3 则连接加工机床的限位电路, PD5、PD6、PD7 分别作为 X、Y、Z 轴的使能接口。内雕机工作时首先由 PD5、PD6 使能 X、Y 路步进电机, 使机床运动到相应的加工块位置, 在每块图像雕刻过程中逐步提升 Z 轴完成每层图像的雕刻。

[0037] (5) 图 5 左边是按键控制电路, S\_i1 连接 AVR 单片机的 RESET 引脚, 实现内雕机系统的复位功能, S\_i2 连接 AVR 单片机的 INT2 引脚, 通过中断实现功能菜单的顺序切换, S\_i3 连接 AVR 单片机的 INT3 引脚, 实现功能确认。图 5 右边电路为 LCD 显示屏电路, 该显示模块的 8 位数据总线可直接挂接到单片机总线上, 使能、读写等引脚也由单片机控制。

[0038] 图 6 是本发明的固件程序流程, 首先内雕机通过 USB 总线的信号确定设备的工作模式, 然后对 USB 接口芯片 CH375 初始化, 使其工作于 USB-Host 模式或者 USB-Device 模式。如果为 Host 模式, 首先需要查询是否有 U 盘插入, U 盘成功连接后, 系统搜索可用的加工文件并打开文件, 通过调用 CH375FileQuery() 查询当前文件信息, 根据文件长度等信息完成相应的数据读取操作, 并且把数据转存到内雕机的数据存储器中。如果工作于 Device 模式, 设备完成 USB 枚举后, 等待上位机的数据发送, 当有数据发送时同样要把数据转存到内雕机的数据存储器。加工数据成功存储于内雕机的数据存储器后, 设备等待开始加工信号, 当系统接收到加工指令后, 从扩展数据存储器中读取加工数据, 并对数据进行运算, 以确定工作平台的位置, 然后控制步进电机作相应的运动, 并控制 D/A 转换器输出相应的模拟电压信号来控制扫描振镜的旋转角度, 然后控制激光器对加工器件进行加工。如此循环, 直到整个器件加工完毕。如果需要加工多个器件, 则只需通过按键给系统一个开始加工信号即可, 或者在初始化时设定加工件数。



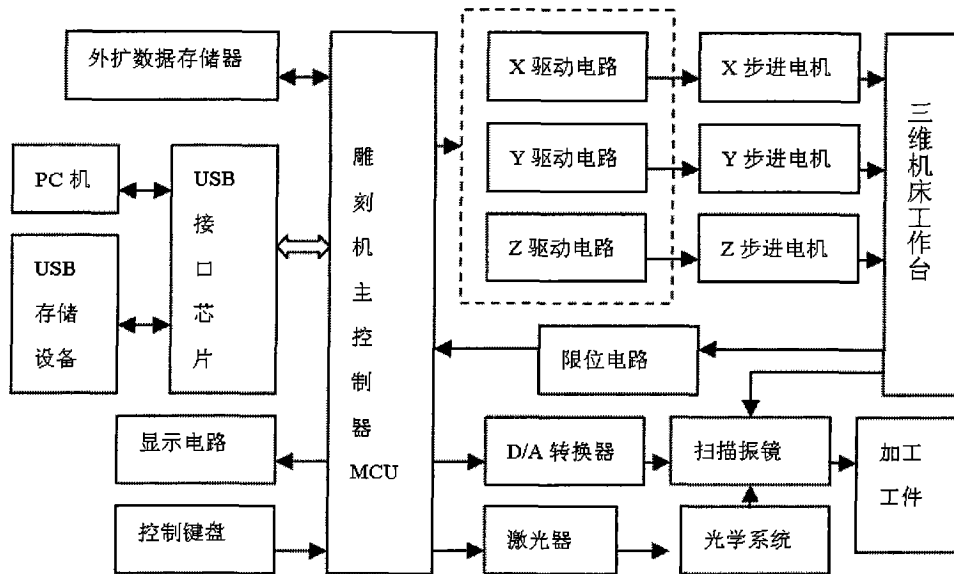


图 1

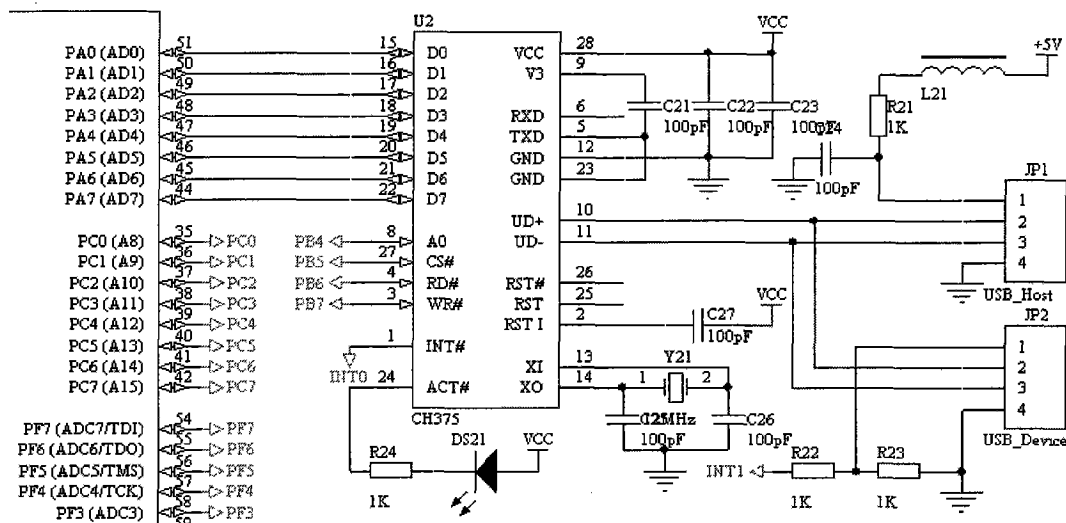


图 2

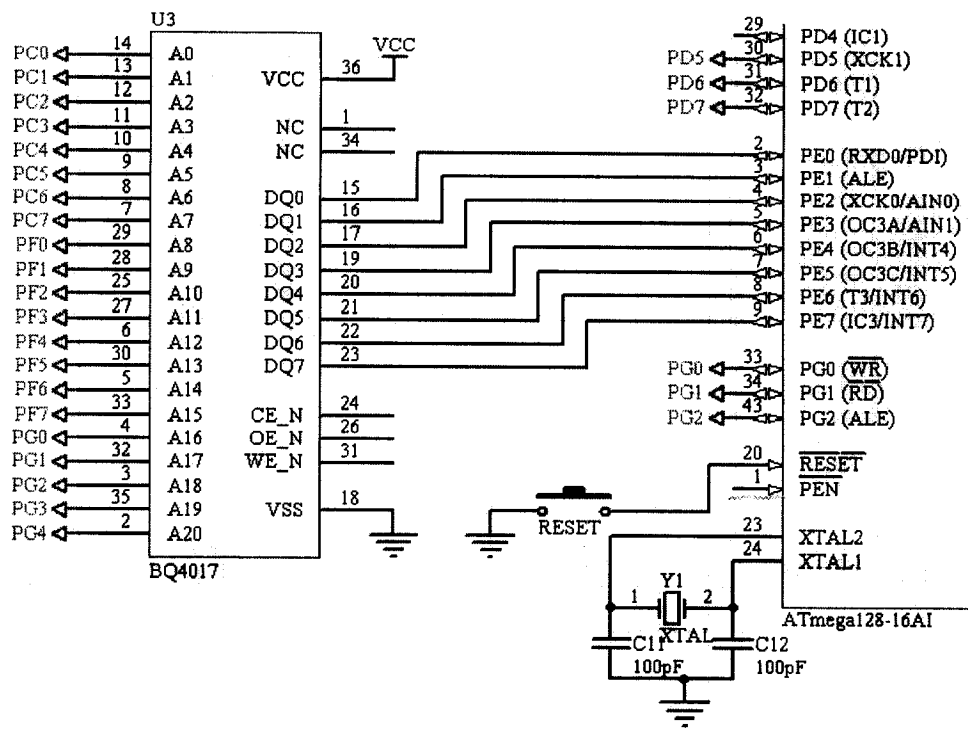


图 3

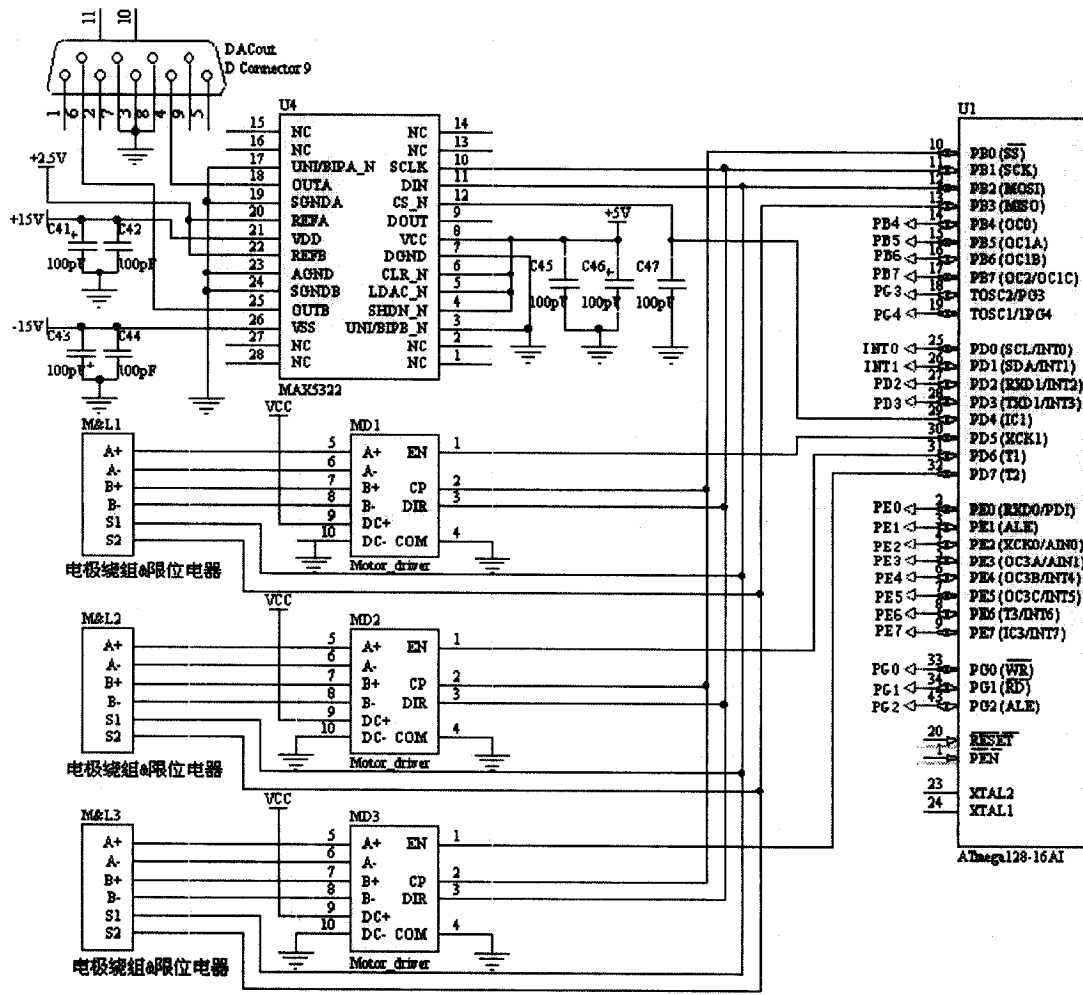


图 4

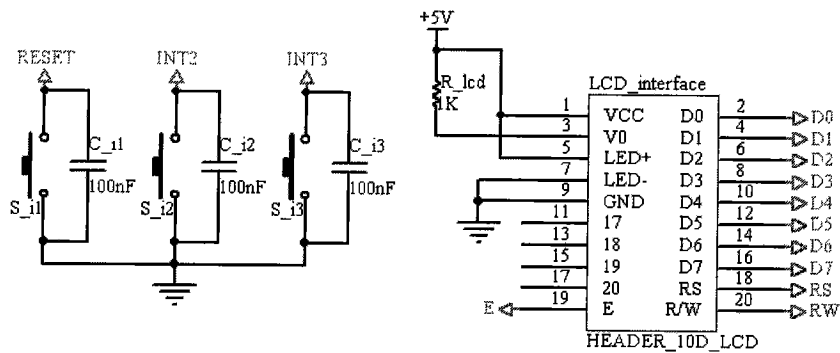


图 5

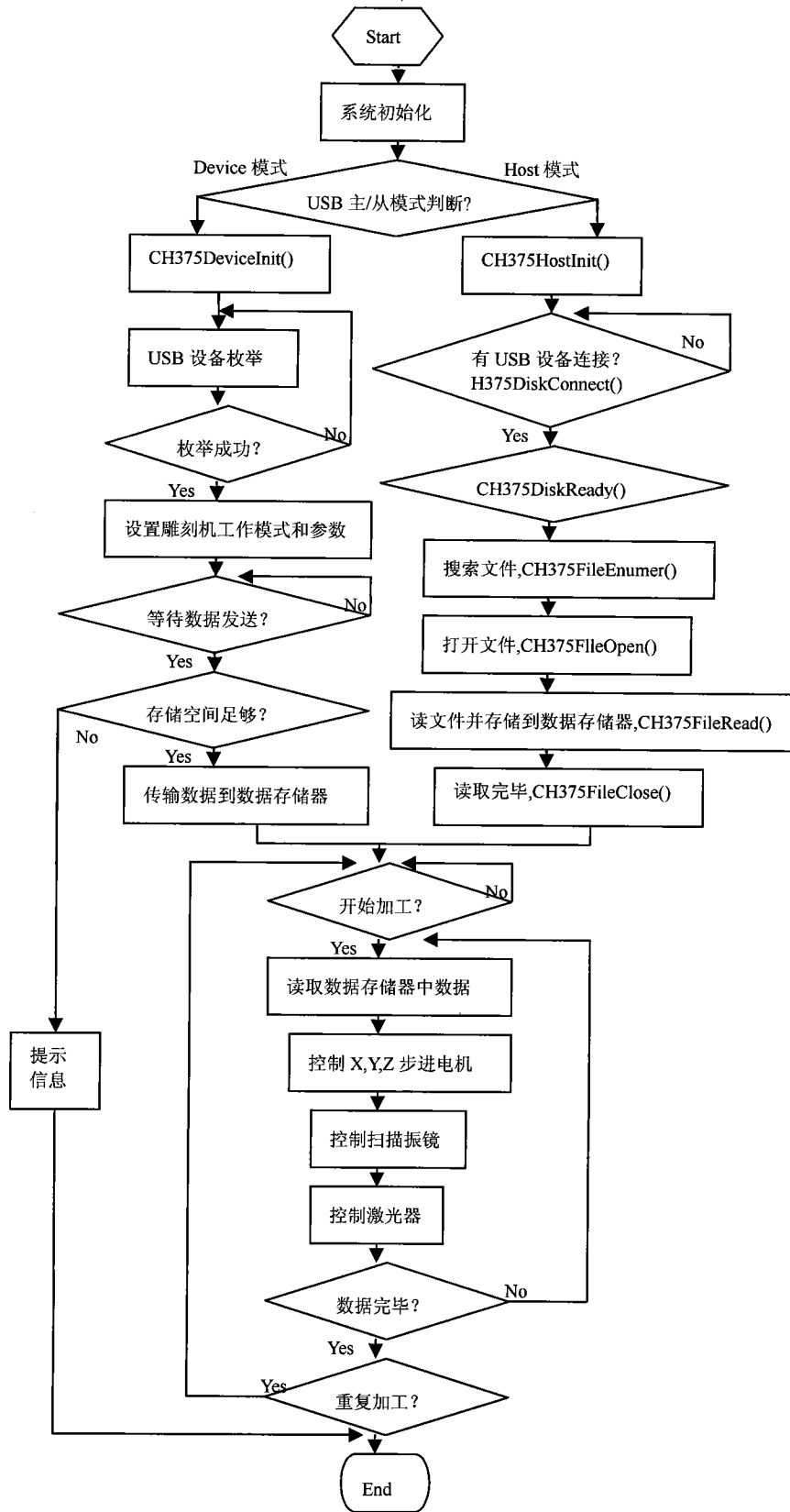


图 6