

基于 ADSP-BF533 的激光打标 控制方式设计与软件实现

吴若鸿, 吴怀宇, 程 磊, 胡 麟, 王栋梁

(武汉科技大学 信息科学与工程学院, 湖北 武汉 430081)

摘 要: 提出了一种基于 ADSP-BF533 的激光打标控制方式, 给出了激光打标控制系统的工作原理方框图, 重点分析了激光打标控制系统中的数据接收、数据处理及数据发送。利用 Visual DSP++ 开发平台编制了激光打标控制软件。实验结果验证了本文提出的激光打标控制策略的有效性。

关键词: ADSP-BF533; 激光打标; Visual DSP++

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)05-0094-05

Design and Software Implementation of Laser Marking Control Based on ADSP-BF533

Wu Ruohong, Wu Huaiyu, Cheng Lei, Hu Lin, Wang Dongliang

(College of Information Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

Abstract: Proposes a ADSP-BF533-based control measurement of laser marking, presents the working principle graph of the laser marking control system, emphatically analyzes the data reception, data processing and data transimission of it. Develops the laser marking control software under the environment of Visual DSP++. The experimental results verify the validation of this control strategy.

Keywords: ADSP-BF533; laser marking; Visual DSP++

0 引言

现有的激光打标机大都采取了工业计算机作为唯一控制单元的策略, 计算机不但要完成打标图形的绘制, 还要连接激光器来控制激光束的运行。这种方式的实时性、抗干扰性均不强^[1], 由于数字信号处理器 DSP 具有实时性、抗干扰性、可编程等特点, 因此下位机 DSP 技术的引入可以使得这些方面得到显著的改善。对工件进行激光打标是由激光与工件的相对运动完成的, 具体控制激光束的运行方式分为定光式和动

光式 2 种^[2]。定光式, 激光束固定、工件运动, 具有造价低廉的特点, 但打标速度难以提高, 且不易加工较精细的图形。动光式, 工件固定、激光束运动, 动光式又分为 2 种: 绘图仪式和振镜式。绘图仪式激光打标机的打标范围较大, 且构造简单, 但由于内部激光反射镜角度固定, 需要由外部带动激光反射镜在工件平面运动来进行打标, 因此打标速度、精细度仍然不高。振镜式激光打标机的工作原理如图 1 所示。

由图 1 可以看出, 通过电机的转动来改变转轴相互垂直的 2 块振镜的旋转角度, 可以实现激光束在工

收稿日期: 2009-06-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50675161), 国家自然科学基金资助项目(60705035), 国际科技合作重点项目(2006CA025), 湖北省教育厅重大研究项目(Z200511001)

作者简介: 吴若鸿(1982-), 男, 河南开封人, 武汉科技大学硕士研究生, 主要从事智能控制方面的研究,

E-mail: ww-1096@163.com

件的 X 方向、 Y 方向的移动。这种方式打标速度快、精细度高。因此, 本文采用的控制方式也是针对振镜式激光打标机的。

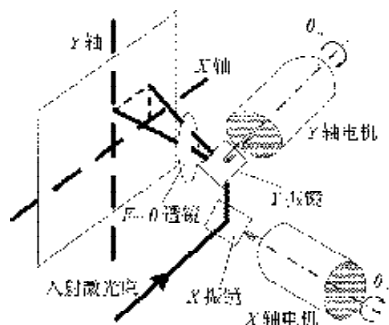


图1 激光打标振镜扫描系统原理图

Fig.1 Schematic diagram of laser marking galvanometer scanning system

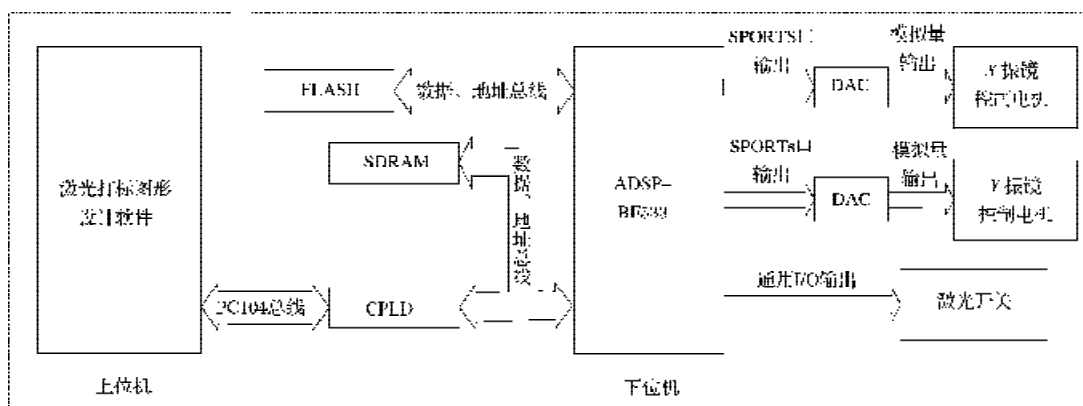


图2 激光打标系统方框图

Fig.2 Block diagram of laser marking system

由图2可看出, 激光打标控制系统分为上位机和下位机2部分。上位机负责绘制打标图形, 并通过CPLD发送图形数据给下位机DSP, DSP负责进行数据的处理、输出, 以控制激光打标。系统中ADSP-BF533所要完成的工作共有3部分: 首先, 由于DSP与上位机总线速度不匹配, 需要通过CPLD接收预处理数据并全部存入SDRAM; 其次, 从SDRAM中取出数据进行计算并得到需要的激光打标数据; 最后, 将计算后得到的数据映射为控制量, 再发送给数模转换单元以控制激光打标。

2.1 接收上位机数据

预处理数据是指的从上位机(嵌入式系统)得到的点数据。在使用激光对某图形进行打标之前, 需要先绘制出该图形。在上位机的激光打标绘图软件中, 将这些图形离散后可得到一些点数据来描述原来的图形, 如图3所示。

图3中实线为绘图软件实际绘出的图形, 圆点为将图形离散后得到的点, 虚线为将离散的圆点进行还原后的图形。从图中可以看出, 离散使得传送给DSP处理的数据量大大减少, 同时上位机软件的设置保证

1 ADSP-BF533 简介

本文所采用的ADSP-BF533是美国模拟器件公司(ADI)生产的一种数字信号处理器(DSP), 它主要具有以下特点:

- 1) 工作频率高、运算速度快;
- 2) 功耗低;
- 3) 外设接口丰富;
- 4) 具有片上JTAG仿真接口, 方便进行调试。

外设支持与SDRAM、FLASH的无缝连接则使得硬件电路的设计大大简化。

2 激光打标系统工作流程

激光打标控制系统方框图如图2所示。

数据量不会过小, 以避免还原后的图形与原图形差别过大, 造成图形失真。

由于上位机发送数据较慢而BF533处理数据较快, 为了满足时序上的匹配, 可采取由CPLD先行接收上位机数据, 并向BF533通用I/O管脚发送中断的方式, BF533接收到中断并直接由CPLD内获取该数据并写入SDRAM中。本阶段在BF533上所做的工作主要包括通用I/O管脚的设置、中断的设置、SDRAM初始化的设置。



图3 上位机数据示意图

Fig.3 Schematic diagram of data from upper computer

通用I/O管脚是BF533的重要外设之一, 共有16个。每个I/O管脚都可以通过更改寄存器的值来分别配置为输入/输出, 因此可分别作为中断接收/发送端。参

数配置寄存器都是16位的,每一位分别与1个通用I/O管脚相对应^[3]。通用I/O管脚中断A使能寄存器(FIO_MASKA_D),用来配置相应管脚接收中断信号。由于使用通用I/O管脚最多可以同时设置2个中断接收/发送端,本文只使用到1个A中断。

外设中断源还必须与内核中断事件绑定,中断服务子程序(ISR)才可以在该中断发生时被执行,使用函数register_handler(IVGx, ISR_Name)可以完成此功能。其中,ISR_Name代表该外设中断的标示,可任意指定,能够清楚代表该中断类型即可。IVGx为内核中断事件代码,与中断优先级有关,有严格的写法要求。

SDRAM作为可以与BF533进行无缝连接的外设,只需对其读写时间等参数进行配置即可用直接寻址的方式进行访问操作^[4]。SDRAM占据的地址为0x00000000~0x08000000。

综上考虑,接收数据策略定为:BF533接收到通用I/O管脚的中断信号后,即从由通信协议规定好的CPLD内部的寄存器地址(映射到异步存储器地址空间)获取数据。通过数据地址总线,将这些数据依次放入SDRAM的存储空间中,等待下一步操作。

2.2 数据处理

2.2.1 斜线插补算法程序设计

插补即是由已知曲线上的一些点信息,按照某种算法计算出已知2点间的点的方法,也称为“数据点的密集化”,主要作用是为了控制激光束在打标物体表面按照规定的路径运动并留下灼烧痕迹。

插补的常用算法有:逐点比较法、数字积分法、时间分割法及最小偏差法等。考虑到插补的路径都是线段,激光打标所需满足的快速性以及图像的实际打标效果,本文采取以逐点比较法为基础的斜线插补算法^[5],其原理如图4所示。

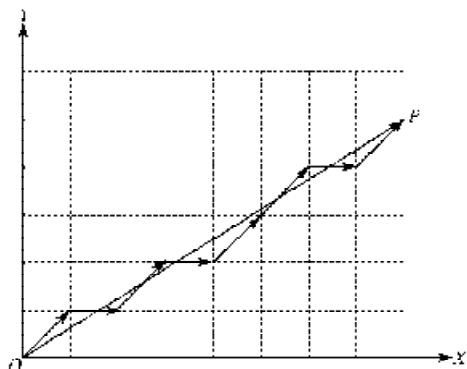


图4 斜线插补算法插补线段OP示意图

Fig. 4 Schematic diagram of interpolating OP by oblique-line interpolation algorithms

以插补1条线段OP为例,从图4中可以看出,斜线插补算法的基本思想为每走一步,不仅要计算该点的函数值,还要计算打标曲线在当前点的斜率(因为OP为线段,其斜率是不变的)。根据斜率以及函数值,

来决定下一步是向X方向还是Y方向,或者是X、Y方向同时进行插补。根据该算法设计的程序流程图如图5所示。

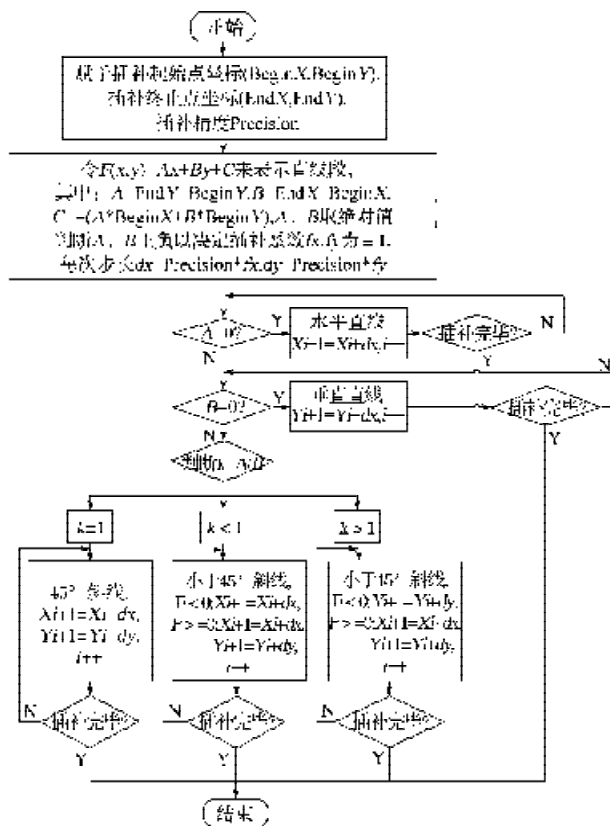


图5 激光打标斜线插补算法流程图

Fig. 5 Flow chart of laser marking oblique-line interpolation algorithms

2.2.2 激光打标中的光学校正

由于采用了双振镜的扫描方式进行激光打标,则不可避免会出现畸变,导致图像失真,如图6所示。

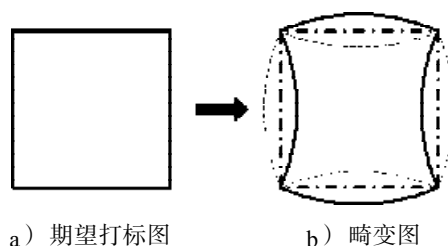


图6 激光打标中的畸变产生与校正示意图
Fig. 6 Schematic diagram of distortion and revision in laser marking

图6 a)为上位机所绘出的期望打标图形。如果按照该图形的各点坐标依次向控制单元发送数据,则会打出如图6 b)中实线所标示的畸变图形。该图形在水平方向产生枕形失真,竖直方向产生桶形失真。而如果要使实际打标效果和图6 a)相同,则直观上应给出类似图6 b)中虚线图形的各个点坐标数据,以用来补偿所产生的畸变,从而得到近似的矩形。

校正前要先了解 $F-\theta$ 透镜的概念。将激光聚焦后, 可产生极大的能量来灼烧工件。如果采用普通的透镜来聚焦激光束, 则激光束的焦点必然在三维空间内呈现 1 个球面, 标刻平面工件时, 就会造成某些点灼烧严重, 而另外一些点可能灼烧效果不明显或者根本没有留下痕迹。如图 1 所示, 在激光打标的硬件构造上, 入射激光束通过 X 、 Y 振镜的反射后, 到达待加工平面工件之前还要通过 1 个被称为 $F-\theta$ 透镜的物理器件, 其作用是将通过该透镜的准直激光束聚集到 1 个平面, 以达到使工件上的每个加工点都是激光聚焦后留下的均匀的灼烧痕迹^[6]。

对于待标刻图形上的 1 点 (x_0, y_0) , 标刻时对应于 X 振镜偏转角度 $\theta_x = \frac{x_0}{2f}$, Y 振镜偏转角度 $\theta_y = \frac{y_0}{2f}$, f 为 $F-\theta$ 透镜的焦距。由 $F-\theta$ 透镜的双振镜扫描系统的扫描几何畸变公式^[7], 可得 (x_0, y_0) 对应于扫描工件平面上的坐标:

$$x = \frac{f \cdot \sin 2\theta_x \cos^{-1}(\cos 2\theta_x \cos 2\theta_y)}{\sqrt{1 - \cos^2 2\theta_x \cos^2 2\theta_y}}, \quad (1)$$

$$y = \frac{f \cdot \sin 2\theta_x \cos 2\theta_x \cos^{-1}(\cos 2\theta_x \cos 2\theta_y)}{\sqrt{1 - \cos^2 2\theta_x \cos^2 2\theta_y}}, \quad (2)$$

式中: (x, y) 是对应于 (x_0, y_0) 的标刻后的畸变图形坐标。

因此, 通过改变待扫描图形的点阵坐标, 使 X 、 Y 振镜多偏转或者少偏转一定角度, 就可以达到校正畸变的目的。由公式 (1)、(2) 可分别得到 X 、 Y 坐标的畸变量 $\delta_x = x_0 - x$, $\delta_y = y_0 - y$ 。

对 (x_0, y_0) 点进行坐标变换, 假设校正后的点为 (x_1, y_1) , 则:

$$x_1 = x_0 + K_x \delta_x, \quad (3)$$

$$y_1 = y_0 + K_y \delta_y, \quad (4)$$

式中: (K_x, K_y) 这 2 个设定的校正参数直接影响标刻效果。 $K_x = 0$ 、 $K_y = 0$ 时, 相当于不加校正; K_x 增大, 是将图形 X 方向往外凸起来一些; K_x 减小, 是将图形 X 方向往内凹进去一些。 K_y 的设置作用类似。

2.3 数据发送

得到了校正后的点坐标, 需对坐标数据进行处理。ADSP-BF533 可采用同步串行端口 (SPORTs) 将处理后的数据输出给 D/A 转换器, 通过 D/A 转换器将代表点坐标的数字量信号转换为模拟量信号, 再将该信号输出给电机, 以控制电机转动使振镜发生偏转, 从而来实现不同图形的激光打标。

2.3.1 同步串行端口 (SPORTs) 简介

ADSP-BF533 处理器提供 2 个相同的全双工同步串行端口 (SPORT0 和 SPORT1) 来完成串行和多处理器的通信工作。

每个端口都可以分别设置相应寄存器数值, 以完

成输入和输出的功能。每个端口都有数据寄存器, 用以同其它处理器部件进行双向数据传输; 内部含有移位寄存器, 用于自动完成放入数据寄存器内的数据移入和移出。只需要对几个传送参数寄存器的值 (如: 传送数据长度, 传送速率等值) 进行设置, 就可在程序中直接将数值写入相应 SPORT 口的传送寄存器, 完成数据的发送。

例如: 如果发送变量 $DATA$, 可在程序中使能相应 SPORTs 口后, 写入 $*pSPORT0_TX = DATA$ 即可完成操作; $DATA$ 可以为 char 型 (8 位)、short 型 (16 位)、int 型 (32 位)。

2.3.2 数值转换

SPORTs 口与 D/A 转换器直接相连。由于插补校正后的数据为坐标值, 因此还要将其映射到 16 位 D/A 转换器可转换的 0~65 535 区间范围之内, 转换的公式为:

$$\text{输出给D/A转换器的值} = \frac{\text{待转换的坐标值}}{\text{坐标轴最大范围值}} \times 65\,535. \quad (5)$$

例如: 待转换的点为 $P(10.5, 20.6)$, 打标图形所处坐标轴的范围为 $(0, 30)$ 。由式 (5) 得输出给 D/A 转换器的 X 值应为:

$$\frac{10.5}{30.0} \times 65\,535 = 22\,937.25 = 22\,937,$$

Y 值应为:

$$\frac{20.6}{30.0} \times 65\,535 = 45\,000.7 = 45\,000,$$

保留整数的原因是 D/A 转换器只接受整数。

3 ADSP-BF533 编程开发环境

VisualDSP++ 是 ADI 公司开发的一种使用方便的软件平台, 它支持 ADI 公司所有系列的 DSP 处理器, 目前最新版为 Visual DSP++5.0 版, 其界面如图 7 所示。

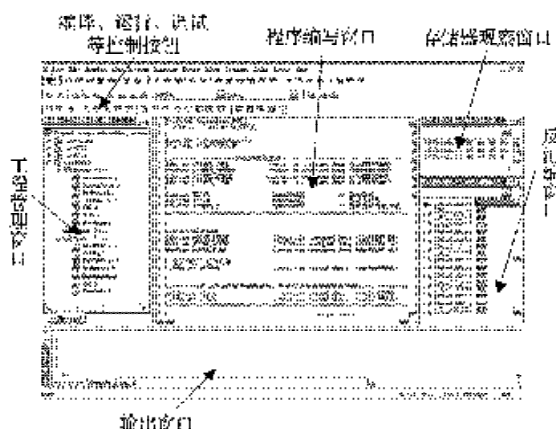


图 7 Visual DSP++5.0 开发环境界面

Fig. 7 Developing environment interface for Visual DSP++5.0

图7中显示了几个常用的窗口,工程管理窗口包含所建立的工程项目;程序编写窗口用于编写运行程序;编译、运行、调试等控制按钮用来在线运行、调试程序;输出窗口可以用来显示程序的编译、调试信息;反汇编窗口可以将C程序反汇编为汇编语言代码;存储器观察窗口可以用来直观地观察BF533的32位地址空间(0x00000000~0xFFFFFFFF)所存放的数值,用来监视数据传送是否正确。

4 实验结果与分析

本文的实验平台如图8中a)和b)所示。图8中a)是利用BF533设计的激光打标控制板卡,控制板卡的输出端与图8中b)所显示的激光器输入端相连,工件摆放在激光头下方的加工平台上。采用本文设计的控制方式,实验中分别对文字、数字、矩形、圆形、椭圆形、多边形、弧线进行了打标测试,打标结果如图8中c)所示。从图8c)中可以看出,激光打标痕迹均匀,成像清晰,路径点没有过烧或者灼烧不够的现象。此结果验证了本文采取基于ADSP-BF533的激光打标控制方式是有效的。

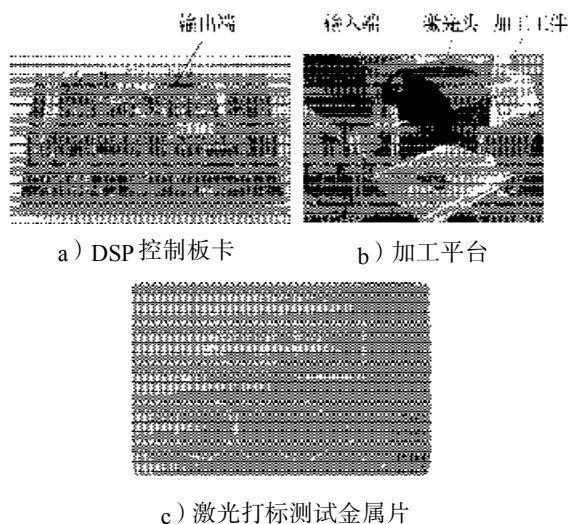


图8 激光打标实验平台及打标测试图
Fig. 8 Experimental platform and test pattern for laser marking

5 结语

激光打标技术在当今社会上的应用越来越广,本

文针对传统激光打标机的抗干扰性较弱、实时性不强等局限,提出了一种以ADSP-BF533为核心的激光打标控制方式,并对这种控制方式的工作流程进行了描述。实验结果表明,由于充分利用了ADSP-BF533丰富的外设接口以及灵活的数据发送、接收机制,并针对激光打标中所应用到的插补、校正技术进行编程,采用基于ADSP-BF533进行激光打标的控制工作是简单而且有效的。接下来的工作将主要集中在如何进一步优化算法提高打标的速度,以及改进软件中的数据结构来提高实际的打标效果。

参考文献:

- [1] 陈兵, 金敏. DSP技术在激光标刻控制中的运用[J]. 机械与电子, 2004(6): 28-29.
Chen Bing, Jin Min. Application of DSP Technique in Laser Marking[J]. Machinery & Electronics, 2004(6): 28-29.
- [2] 郑文生. 激光打标应用越来越广[J]. 世界电子元器件, 1996(9): 50-51.
Zheng Wensheng. Application of Laser Marking Becoming More and More Popular[J]. Global Electronics China, 1996(9): 50-51.
- [3] 陈峰. Blackfin系列DSP原理与系统设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
Chen Feng. Blackfin Series DSP Principle and System Design [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.
- [4] 赵博, 闫达远, 张栋, 等. 基于ADSP-BF533的最小系统设计[J]. 现代电子技术, 2007(9): 156-158.
Zhao Bo, Yan Dayuan, Zhang Dong, et al. Design of Minimal System Based on ADSP-BF533[J]. Modern Electronics Technique, 2007(9): 156-158.
- [5] 陈泽志, 张义宽, 代新玉. 基本曲线的斜线插补生成算法[J]. 航空计算技术, 1998(2): 50-53.
Chen Zezhi, Zhang Yikuan, Dai Xinyu. Oblique-Line Algorithms of Basic Curves[J]. Aeronautical Computing Technique, 1998(2): 50-53.
- [6] 虞孝舜. 双振镜扫描几何畸变的校正[J]. 激光与红外, 1998(1): 45-48.
Yu Xiaoshun. Distortion Correction for Dual Galvanometer Scanning[J]. Laser & Infrared, 1998(1): 45-48.

(责任编辑: 罗立宇)