

基于计算机辅助设计的计算机数控绘图机器人

Antor Mahamudul Hashan^{1*}, Abdullah Haidari², Srishti Saha¹, Titas Paul¹

1.乌拉尔联邦大学 俄罗斯 斯维尔德洛夫斯克州 叶卡捷琳堡 620075

2.国立研究型技术大学莫斯科国立钢铁合金学院 俄罗斯 莫斯科 119049

【摘要】：由于技术的快速发展，数控机床在工业中的使用越来越多。本文的主题是基于计算机辅助设计(CAD)的低成本计算机数控 2D 绘图机器人，它可以精确地绘制复杂的电路、图表、徽标等。该系统使用开源硬件和软件创建，因此可以以低成本获得。开源的 LibreCAD 应用程序已经用于计算机辅助设计。使用基于 python 的 F-Engrave 应用程序将 CAD 模型的几何数据转换为坐标点。该系统使用 Arduino UNO 板作为通用 g 代码发送器的信号生成器，而不影响性能。拟议中的绘图机器人是为教育目的而设计的低成本机器人，旨在将学生对机器人和计算机辅助设计(CAD)技能的兴趣提高到一个新的水平。本研究开发了绘图机器人的结构，它符合低成本的要求，且实验结果令人满意。

【关键词】：计算机辅助设计；2D 制图；Arduino UNO；开源软件

Computer Numerically Controlled Drawing Robot Based on Computer-Aided Design

Antor Mahamudul Hashan^{1*}, Abdullah Haidari², Srishti Saha¹, Titas Paul¹

1.Ural Federal University, Yekaterinburg, Sverdlovsk Oblast, Russia 620075;

2.National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia 119049

Abstract: Due to the rapid development of technology, the use of numerically controlled machines in the industry is increasing. The main idea behind this paper is computer-aided design (CAD) based low-cost computer numerical control 2D drawing robot that can accurately draw complex circuits, diagrams, logos, etc. The system is created using open-source hardware and software, which makes it available at a low cost. The open-source LibreCAD application has been used for computer-aided design. Geometric data of a CAD model is converted to coordinate points using the python-based F-Engrave application. This system uses the Arduino UNO board as a signal generator of the universal g-code sender without compromising the performance. The proposed drawing robot is designed as a low-cost robot for educational purposes and aims to increase the student's interest in robotics and computer-aided design (CAD) skills to the next level. The drawing robot structure has been developed, and it meets the requirements of low cost with satisfactory experimental results.

Keywords: Computer-aided design; 2D drawing; Arduino UNO; Open-source software

1 引言

近年来，我们见证了机器人技术在许多科技领域的巨大影响。数控加工是用计算机控制绘图仪、车床、铣床、机床等的过程，应用于生产过程。由于个人计算机的显著发展，向现代数控机床添加新功能变得很容易，改变和开发控制算法也很容易(Da Rocha, de Silva e Souza 和 de Lima Tostes, 2010)。机器人技术广泛应用于教育目的。本文分析了一种具有绘图能力的机器人。这个机器人能够绘制类似于给定指令的草图，其精度在可接受范围内，并且这个绘图机器人被设计为与开源软件和 g 代码发送器一起工作。这项研究的主要目标是开发一个可以在纸上绘制复杂草图的数控绘图机器人。这种机器人不仅可以鼓励人们参与艺术活动，还能激发人们积极参与机器人设计和编程的兴趣。

2 文献评论

现代技术通过减少人类的劳动让人们过上舒适的生活。为此，人们开发了几种减轻人类劳动负担的设备，如自主式自重

构扫地机器人(Asafa 等人, 2018)，使用 Arduino 的自动植物灌溉系统(Devika 等人, 2017)等。

人们已经为数控机床实施了各种项目，例如 Madekar 等人提出了一种用于 PCB 制图和钻孔的自动迷你数控机床(Kajal 等人, 2016)。该项目的观点是基于廉价的 CNC 系统设计和钻孔 PCB。通过在 Arduino 中包含 atmega328 控制器的计算机功能和三个简单的驱动器来控制电机，实现了更低的成本。他们使用 Inkscape 软件生成控制该系统的 g 代码。

Pandian 等人展示了用于研究生机械工程实验室的低成本三轴立式计算机数控铣床的结果(Pandian 和 Pandian, 2014)。使用开源 XLoader 将十六进制文件直接上传到 Arduino，通用 g 代码发送器平台用作 g 代码发送器。所开发系统的总成本约为实验室目前使用的商用数控机床成本的 1/20。此外，这种机器人可以很容易地定制修改，可使学生更好地了解操作和使用数控铣床。

Jayachandraiah 等人为制造系统设计了一种低成本的 3 轴

CNC 剝削机(Jayachandriah 等人, 2014)。通过将计算机接口功能与基于 Arduino 的系统相结合, 降低了成本。为了控制该系统, 路由器使用了基于 Arduino 的 atmega328p 微控制器。他们使用开源 g 代码解释器控制器 GRBL, 用于 Arduino 开发板, 以及 MATLAB 用于数据分析。机器的所有部件都是用计算机辅助软件(CAD)设计的。Vijayaraghavan 等人开发了一种算法和图形界面, 用于开发完整的基于 CAD 编程的应用程序(Vijayaraghavan 和 Dornfeld, 2007)。他们使用逻辑操作来模拟钻头的制造步骤, 并制作了一个完整设计的钻头。上述应用涉及自动钻井模拟。

3 方法学

绘图机器人的详细功能框图如图 1 所示。用作控制单元的计算机连接到 Arduino UNO 以控制全部操作。该数控绘图机器人基于 LibreCAD 平台、F-Engrave 平台、通用 g 代码发送器、Arduino UNO、电机驱动芯片、步进电机和伺服电机。

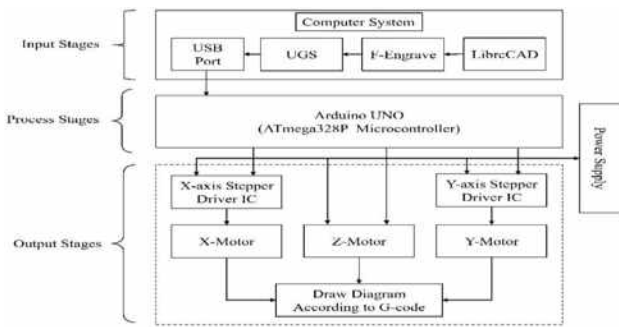


图 1 系统功能框图。

3.1 软件描述

LibreCAD 是 2D CAD(计算机辅助设计)绘图工具, 图形用户界面(GUI)基于 Qt5 库(Tsvetkova 和 Kerenchev, 2020)。LibreCAD 应用程序提供了一个用户界面和许多修图工具, 允许创建, 修改和分析 2D 绘图。LibreCAD 应用程序的详细界面如图 2 所示, 这是最广泛使用的文件格式。这个绘图机器人使用 DXF 文件, 因为 DXF 文件用于生成 g 代码。LibreCAD 是一个免费的开源应用程序, 支持 windows、apple 和 Linux。

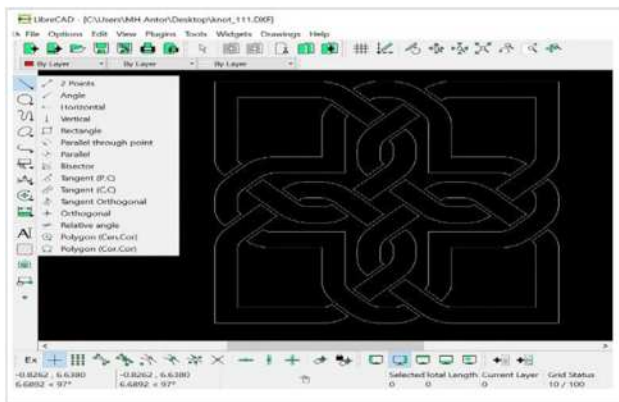


图 2 CAD 应用界面和 2D 草图。

F-Engrave 是一个 g 代码生成器应用程序, 使用优化的 python 编程语言编写的(Yau Lam 和 Ngan, 1989), 是一种免费的开源软件。CAD 模型的 DXF 文件作为 F-Engrave DXF 阅读器的输入, 阅读器的输出是坐标点或 g 代码。图 3 显示了 F-Engrave v1.73 应用程序和 g 代码生成配置的用户界面, 以及一个示例设计布局。

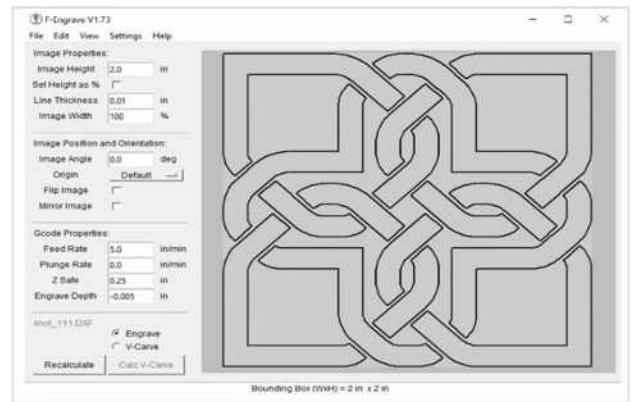


图 3 F-Engrave 应用程序窗口和配置。

计算机数控绘图机器人使用通用 g 代码发送器(UGS)平台从计算机接收输入命令。UGS 是一个 Java 应用程序, 在 Java 运行环境中运行(Patil 和 Anasane, 2020)。通用 g 代码发送器将 g 代码程序文件作为输入, 并通过计算机和 atmega328P 微控制器之间的 USB 连接逐行发送。GRBL 是一个开源固件, 需要将其加载到 atmega328P 微控制器中, 以控制绘图机器人的电机运动。该系统中的 GRBL 固件的功能是将 g 代码转化为电机运动。

3.2 电气部件

Arduino UNO 是一款基于 atmega328P 的微控制器。它是由单个微控制器创建的开源软件和硬件。它有 14 个数字输入输出和 6 个模拟输入。该系统采用 Arduino UNO 平台, 借助电机驱动器 IC 驱动电机(图 4)。该命令由通用 g 代码发送器平台处理。作为控制单元的计算机连接到 Arduino UNO 以控制整个操作。

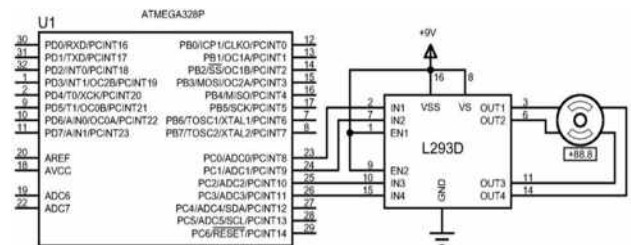


图 4 带 L293D IC 和 ATmega328P 的步进电机原理图

L293D 是一款 16 引脚电机驱动器 IC, 允许步进电机向任何方向运行。L293D IC 有两个 H 桥, 如图 4 所示, 每个 H 桥驱动一个步进电机电磁线圈。我们使用了两个 L293D 电机驱动器 IC, 它们作为 X 轴和 Y 轴驱动两个步进电机。

该项目使用双极性步进电机，具有 2 相、4 线、18 度的步距角和 500gf.cm 的扭矩，每转 200 步(Virgala 等人, 2015)。为了驱动双极性步进电机(图 4)，我们使用了带有内部 H 桥电路的 L293D 电机驱动器 IC。使用步进电机将旋转运动转换为线性运动，并沿 X 轴和 Y 轴存储。X 步进电机左右移动，而 Y 步进电机根据给定信号前后移动。电源由适配器提供。

MG90S 伺服电机可以以 1.8kg/cm 的扭矩和 0.1s/60° 的运行速度旋转 180 度(Kamble 等人, 2018)。它在 Z 轴时固定在垂直方向上。伺服电机上下移动绘笔，从 Arduino UNO 获取信号。伺服电机需要电源，电源由适配器提供。

3.3 电路图

我们设计了一个电脑数控绘图机器人的电路图，如图 5 所示。Arduino Uno 的引脚 8、9、10、11 与 L293D 电机驱动器 IC 相连，该 IC 被配置为驱动 X 轴方向的步进电机。Arduino UNO 的引脚 2、3、4、5 连接到另一个 L293D 电机驱动器 IC，以驱动 Y 轴的另一个步进电机。电机驱动器 3、6、11、14 没有引脚通过步进电机连接。Arduino Uno 的引脚 6 连接到伺服电机的 Z 轴。图 6 展示了一个实验系统布局，其中一个步进电机用于 X 轴，另一个步进电机用于 Y 轴，一个伺服电机用于 Z 轴。

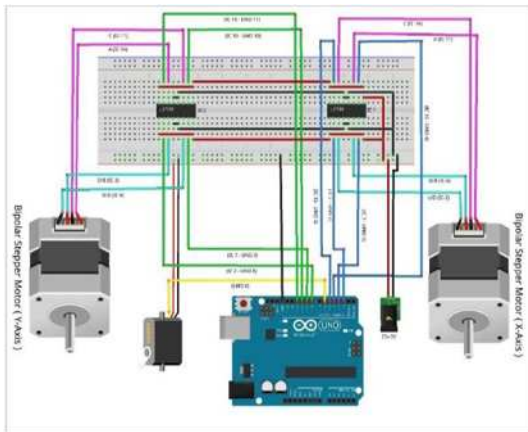


图 5 该系统的电子线路布局。

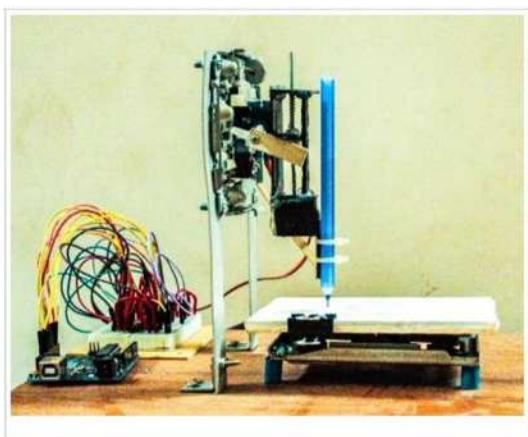


图 6 绘图机器人的机械设置。

4 结果和讨论

表 1 显示了所开发的数控绘图机器人的技术特征。本节包含绘图机器人不同响应时间阶段的详细结果。将文本“父亲节快乐(Happy Father's Day)”的 CAD 模型作为系统的输入，如图 7(A)所示。首先，将 CAD 模型转换为.DXF 格式，然后作为输入传递给 F-Engrave 应用程序，用于转换为 g 代码。基于 g 代码数据的 CAD 模型结果如图 7(B)所示；轴的移动由运动控制单元控制。所提出的绘图机器人绘制图 7(B)所示 CAD 模型的总时间约为 48.60 秒。

表 1 绘图机器人规格

组件	规格
绘图机器人尺寸(最大)	18cm*20cm*32cm(高*宽*长)
机器底板	胶合板和金属板
响应时间	根据情况变化
可重复性	±0.070mm
X 向驱动	1-双极步进电机
Y 向驱动	1-双极步进电机
z 向驱动	1-MG90S 伺服电机
电源	12V 4A(电源适配器)

将另一个几何框架的 CAD 模型作为绘图机器人的输入，如图 7(C)所示。g 代码和绘图机器人的输出如图 7(D)所示。绘制图 7(D)所示的 CAD 模型所需的总时间约为 14.94 秒。绘制图像 4 次，并记录响应时间。两幅不同图像重复这些步骤，如图 7(B)和图 7(D)所示。每次试验的响应时间略有不同。响应时间如表 2 所示。

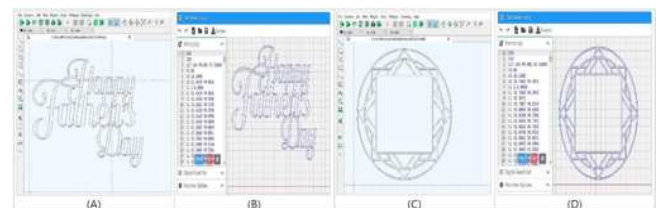


图 7 输入输出设计:(A)文字“父亲节快乐(Happy Father's Day)”的 CAD 模型;(B)文本“父亲节快乐(Happy Father's Day)”; (C)几何框架的 CAD 模型;(D)几何框架的输出。

表 2 响应时间测量

试验	响应时间(秒)	
	图 7(B)	图 7(D)
1	48.60	14.94
2	48.87	15.24
3	49.10	15.24
4	49.11	15.31

5 结论

本文讨论了用于教育目的的三轴绘图机器人的设计、实现和分析。该系统可以作为大学生的学习工具，帮助他们了解数控计算机和 CAD。绘图机器人生成的输出与给定的输入非常相似，并且每次试验的响应时间都是相同的。可以通过安装适当的机械系统来提高精度。这个绘图机器人需要在绘图过程中保持稳定，因为任何简单的振动都可能导致错误。

该系统可以直接在树莓派平台上实现。因此，它可以从系统设计中省去 Arduino 板和 PC，从而显著降低系统成本。此外，该笔可以替换为激光，作为激光雕刻机，用来在木材上进行绘

画。然而，未来计划在尺寸方面缩放绘图机器人，使用更大功率的电机，加强框架，并使用该系统的蓝牙模块进行远程绘制设计草图。

致谢

作者感谢“俄罗斯斯维尔德洛夫斯克州叶卡捷琳堡的乌拉尔联邦大学”的支持和提供进行这项研究的必要设施。

利益冲突

作者声明，作者与可能影响其工作的其他人或组织没有任何财务或个人关系。

参考文献:

- [1] Da Rocha, P. A. S., de Silva e Souza, R. D., & de Lima Tostes, M. E. (2010). Prototype CNC machine design. 2010 9th IEEE/IAS International Conference on Industry Applications - INDUSCON 2010. IEEE.
- [2] Asafa, T. B., Afonja, T. M., Olaniyan, E. A., & Alade, H. O. (2018). Development of a vacuum cleaner robot. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 2911–2920.
- [3] Devika, C. M., Bose, K., & Vijayalekshmy, S. (2017). Automatic plant irrigation system using Arduino. 2017 IEEE International Conference on Circuits and Systems (ICCS). IEEE.
- [4] Kajal, J. M., Kranti, R. N., Pooja, R. P., & Vikas, S. M. (2016). Automatic mini CNC machine for PCB drawing and drilling. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*.
- [5] Pandian, S., & Pandian, S. R. (2014). A LOW-COST BUILD-YOUR-OWN THREE AXIS CNC MILL PROTOTYPE. *International Journal on Mechanical Engineering and Robotics (IJMER)*, pp. 2321-5747.
- [6] Jayachandriah, B., Krishna, O. V., Khan, P. A., & Reddy, R. A. (2014). Fabrication of Low Cost 3-Axis Cnc Router. *International Journal of Engineering Science Invention*.
- [7] Vijayaraghavan, A., & Dornfeld, D. A. (2007). Automated drill modeling for drilling process simulation. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 7(3), 276–282.
- [8] Tsvetkova, T., & Kerenchev, N. (2020). Review of open source software for modelling and analysis of structures. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 951, 012003.
- [9] Yau Lam, C., & Ngan, L. (1989). A micro-computer application in mould design. *Computers in Industry*, 11(2), 161–174.
- [10] Patil, S., & Anasane, S. S. (2020). Development of 3-axis micro-step resolution desktop CNC stage for machining of Meso- and microscale-features. In *Advances in Simulation, Product Design and Development* (pp. 637–652). Singapore: Springer Singapore.
- [11] Virgala, I., Kelemen, M., Lipták, T., & Prada, E. (2015). Stepper Motor Control by ATMEL AVR Microcontroller. *Applied Mechanics and Materials*, 816, 321–326.
- [12] Kamble, P., Khoje, S., & Lele, J. (2018). Implementation of paper PCB using conductive ink 2D plotter. 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA). IEEE.