يتناول هذا المشروع تصميم وتطوير ماكينة CNC ثلاثية المحاور منخفضة التكلفة والمخصصة لإنتاج الدوائر المطبوعة (PCBs)بدقة عالية، وتستهدف كل من المهنيين والهواة. تتميز هذه الماكينة بإمكانية التشغيل عن بُعد والمراقبة الحية، حيث تحتوي على هيكل متين من الألومنيوم وتدمج مكونات أساسية مثل محركات الخطوة NEMA 23 ومسامير كروية للحركة الدقيقة. يتم التحكم بمحركات الخطوة بواسطة أردوينو Uno مع مكتبةGRBL ، بينما يعمل Raspberry Pi كمستضيف لنظام إرسال G-code مخصص، مما يسمح بالتحكم عن بُعد وبث الفيديو في الوقت الفعلي، ما يوفر دقة عالية بتكلفة معقولة، بما ينافس خيارات CNC التجارية المتقدمة.

المكونات الرئيسية والمنهجية

تتضمن الماكينة مجموعة من المكونات، منها:

- **محركات الخطوة** (NEMA 23)، **محركات تيار مستمر**، **حساسات IR** للسلامة، **وحدة GSM** للتنبيهات، و **شاشة لمس** للتحكم.
- **Raspberry Pi**:يعمل كحلقة وصل بين المكونات المادية وواجهة المستخدم، مما يتيح المراقبة عن بُعد ومعالجة G-code.
- **GRBL**:برنامج مفتوح المصدر لتحليل أكوادG ، مما يضمن دقة العمليات.

الميزات والتصميم

توفر الماكينة:

1. **التحكم عن بُعد** عبرRaspberry Pi ، مما يتيح للمستخدمين تشغيلها من أي مكان.
2. **المراقبة في الوقت الفعلي** من خلال بث الفيديو المباشر.
3. **تحسين الأمان** باستخدام حساساتIR ، مفاتيح التحديد، وزر التوقف الطارئ.
4. **التسوية التلقائية** لضمان وضع الأمثل للدوائر المطبوعة لتحقيق دقة عالية.

النتائج والاختبارات

تم إجراء اختبارات مكثفة، خاصة على "دائرة PIC الأساسية"، لإثبات قدرة الماكينة. أظهرت ماكينة CNC دقة عالية في إنتاج الدوائر المطبوعة، مما يوفر الوقت ويقلل من الأخطاء التي تحدث في الإنتاج اليدوي. ووجد المستخدمون من الطلاب والمهنيين أن الماكينة فعّالة في إنشاء دوائر معقدة بموثوقية عالية.

التحديات والحلول

شملت التحديات الرئيسية دمج أنظمة Raspberry Pi وArduino، وتكوين الوصول عن بُعد، وضمان الأمان التشغيلي. تم التغلب على هذه التحديات باستخدام نظام إرسال G-code مخصص وخادم واسع النطاق، كما تم تعزيز الموثوقية باستخدام تدابير الأمان مثل مفاتيح التحديد واختيار محركات عالية الجودة.

الخلاصة والتوصيات

توفر ماكينة CNC حلاً فعالاً من حيث التكلفة لإنتاج الدوائر المطبوعة، بميزات تنافس معدات تجارية عالية الجودة. يمكن إجراء تحسينات مستقبلية مثل توسيع مساحة العمل، وتعزيز تغذية الحساسات، وتكاملها مع أدوات تصميم الدوائر المطبوعة. ويفتح هذا المشروع آفاقاً جديدة للتصنيع الدقيق الميسور التكلفة، ليكون مناسباً للتطبيقات التعليمية والصناعية الصغيرة.