

# دومین کنفرانس بین المللی ۹ پنجمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی



مکاتبه های علمی ایران (نما)

## طراحی و بررسی ساخت پمپ سرنگ الکترونیکی و کنترل دقیق آن با استفاده از میکروکنترلر AVR

عطاءالله پناهقلی<sup>1</sup>، حسن فرجی بگتاش<sup>2\*</sup>، علیرضا اعتقاد<sup>3</sup>

صنعتی سهند، تبریز، ایران<sup>1,2,3</sup>

[hfaraji@sut.ac.ir](mailto:hfaraji@sut.ac.ir) \*

[a\\_panaahgholi@sut.ac.ir](mailto:a_panaahgholi@sut.ac.ir)

[a\\_eteghad402@sut.ac.ir](mailto:a_eteghad402@sut.ac.ir)

### چکیده

پمپ سرنگ الکترونیکی دستگاهی است که حجم و دبی میلی لیتر به میکرولیتر را برای مدت معینی با دقت بسیار بالا کنترل می‌کند که به تدریج پیستون تزریق را فشار می‌دهد. کنترل میزان تزریق و جمع شدن پمپ سرنگ الکترونیکی یک بخش مهم در طراحی و عملکرد سیستم‌های الکتروریسی است. تخلیه مواد قطرات کوچک با ساختار و الگوی کنترل شده از طریق سوزن پمپ سرنگ بسیار مهم است. این مطالعه بر طراحی و کنترل یک پمپ سرنگ الکترونیکی و بررسی ساخت آن تمرکز دارد. پیشرفت تکنولوژی امکان استفاده از موتور را به عنوان نیروی محركه سرنگ پر از مایعی که از طریق سوزن آزاد می‌شود را فراهم کرده است. طراحی با استفاده از یک موتور پله ای مبتنی بر AVR برای تنظیم نرخ جریان انتخاب شده است. این تحقیق شامل 2 قسمت طراحی و بررسی ساخت این دستگاه می‌باشد. سخت افزار با قطعات مورد نیاز برای ساخت پمپ سرنگ با AVR به عنوان هسته پردازشی سیستم و استپر موتور به عنوان فشار دهنده پیستون می‌باشد. پمپ سرنگ را می‌توان با صفحه کلید تنظیم کرد و روی صفحه نمایش نشان داد. سیستم قادر به کنترل مقادیر کوچک خواهد بود و امکان تنظیم و نرخ تحويل کوچک را فراهم می‌کند.

**کلید واژه‌ها :** پمپ، سرنگ، کنترل، میکروکنترلر، سوزن

### 1. مقدمه

پمپ سرنگ یک دستگاه تزریق کوچک است که برای تجویز کنترل شده مقادیر کمی دارو به بیمار یا برای استفاده در تحقیقات پلیمری و زیست پزشکی استفاده می‌شود [1]. به طور کلی دو نوع پمپ سرنگ وجود دارد: پمپ‌های تزریق پزشکی و پمپ‌های سرنگ تحقیقاتی. پمپ انفوژیون پزشکی وسیله‌ای است که برای رساندن مقادیر کنترل شده مایعات مانند مواد مغذی، داروها، شیمی درمانی و خون به بیماران استفاده می‌شود [2]. از سوی دیگر، پمپ سرنگ تحقیقاتی دستگاهی است که در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی برای کاربردهایی مانند الکتروریسی استفاده می‌شود [3]. دقت عملکرد یا کارایی کنترل نرخ جریان برای کاربرد سیستم‌های میکروسیال قطرات بسیار مهم است. پمپ تزریق سرنگ الکترونیکی نقش مهمی در طراحی سیستم الکتروریسی دارد.

# دومین کنفرانس بین المللی ۹ پنجمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

میرآبادیکه‌های ملی ایران (نمایشگاه)

سیستم الکترونیسی شامل سه بخش اصلی است که نانوالیاف پیوسته را با استفاده از منبع تغذیه با ولتاژ بالا، پمپ تزریق سرنگ الکترونیکی و درام/صفحه کلکتور [4] تولید می‌کند. امروزه نانوالیاف دارای چندین کاربرد علمی و تجاری امیدوارکننده مانند تحویل داروی زیست پزشکی، پزشکی و داروسازی، مواد پوشش دهنده مواد غذایی و بذر، تشخیص سرطان‌های مختلف، باتری‌های فسیلی و لیتیوم-هوا، حسگرهای الکترونیکی، پوشک و فیلتراسیون هستند. مقدار دقیق محلول از پمپ سرنگ الکترونیکی بستگی به زمینه‌های تحقیقاتی، تعیین می‌شود. پارامترهای مختلف مانند وزن مولکولی، ویسکوزیته، رسانایی و کشش سطحی و غیره، پتانسیل الکتریکی سوزن، سرعت تزریق ماده و غلظت در نوک سوزن، فاصله بین سوزن و کلکتور، پارامترهای محیطی (دما، رطوبت و سرعت هوا در محفظه) [5].

این تحقیق طراحی و بررسی ساخت پمپ سرنگ الکترونیکی با استفاده از میکروکنترلر AVR می‌پردازد. کنترل پمپ سرنگ با قابلیت تزریق و جمع شدن در حالی که سطح کافی از تفکیک پذیری و تکرارپذیری را حفظ می‌کند یکی از وظایف چالش برانگیز است.

## 2. طراحی

این سیستم شامل میکروکنترلر AVR، مدار درایور استپر موتور، صفحه کلید، صفحه نمایش LCD و منبع تغذیه با نصب پمپ سرنگ می‌باشد که شماتیک عملکردی دستگاه در شکل 1 نشان داده شده است. بخش تایмер داخلی / شمارنده میکروکنترلر نقش مهمی در تولید سیگنال پله‌ای برای استپر موتور دارد. برای به دست آوردن نرخ تزریق میکرو mL/hr در پمپ سرنگ، انواع مختلف توالی پله بررسی شده است. توالی نیمه پله در مقایسه با سایر پله‌های استپر موتور بهتر است. هنگامی که حجم مایع و زمان تزریق برای خروج را بدانیم، سرعت جریان در ساعت قطعی خواهد بود. صفحه کلید برای تغییر حرکت پله‌ای ارائه شده است که بر این اساس میزان تزریق و جمع شدن ممکن است تغییر کند. [6-7].

در این تحقیق یک سیستم کنترلی پمپ سرنگی برای کنترل سرعت فلوئی مایع یا محلول ساخته شده است. پمپ سرنگ با فشار دادن پمپ تزریق کار می‌کند که سرعت آن توسط سرعت فلوئی محلول تنظیم می‌شود.

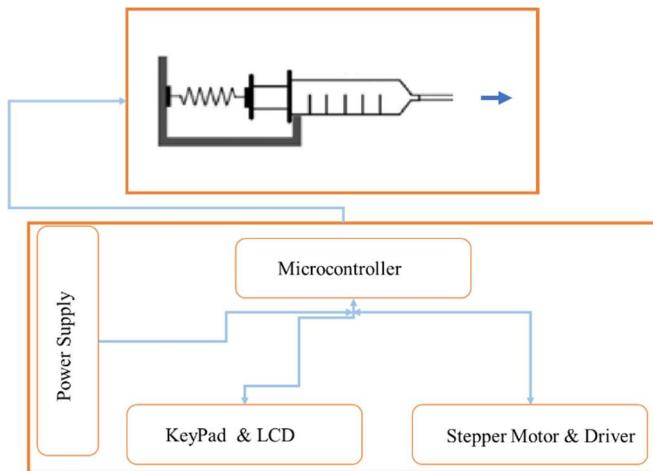


دومین کنفرانس بین المللی  
پنجمین کنفرانس ملی  
تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

# دومن کنفرانس بین المللی

## پنجمین کنفرانس ملی

### تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی



شکل 1: شماتیک یک پمپ سوزنی الکترونیکی قابل کنترل با میکروکنترلر

#### محاسبه تاخیر تزریق و جمع شدن سرنگ

ایجاد برنامه تاخیر تزریق و جمع شدن سرنگ در میکروکنترلر مستلزم تعیین مقادیر اولیه رجیسترها می باشد. با توجه به فرکانس 8 مگاهرتزی کریستال، فرکانس ورودی تایمر 1 مگاهرتز (با پیش تقسیم 8) خواهد بود. هر واحد افزایش در تایмер معادل 1 میکروثانیه (1μs) است. اگر تاخیر 1000 میکروثانیه (1 میلی ثانیه) مورد نیاز باشد، باید مقدار اولیه تایmer را محاسبه کنیم.

$$F_{\text{ATMEL}} = 8 \text{ MHz}$$

$$\text{Prescaler} = 8 \Rightarrow F_{\text{timer0}} = 8/8 = 1 \text{ MHz}$$

$$T_{\text{timer 0}} = 1/1\text{M} = 1\text{us}$$

این مقدار به صورت هگزادسیمال معادل FC18 است.

$$255 - 1 = 254 \Rightarrow \text{Start : } TCNT0 = 0xFE;$$

بنابراین در برنامه C، تنظیمات تایمر و استفاده از آن به صورت زیر خواهد بود:

```
void delay_us(unsigned int us) {
    unsigned int i;
    for (i = 0; i < us; i++) {
        TCNT0 = 0xFC; // در تایمر 0 بارگذاری مقدار FC
        TCCR0 = 0x01; // تنظیم تایمر 0 به صورت نرمال و شروع آن
        while ((TIFR & (1<<TOV0)) == 0); // انتظار تا پرچم سرریز تایمر تنظیم شود
        TCCR0 = 0x00; // توقف تایمر 0
        TIFR |= (1<<TOV0); // پاک کردن پرچم تایمر
    }
}
```

# دومین کنفرانس بین المللی ۹ پنجمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی



بیانیه های علمی بران (نمایه)

هر میلی لیتر 2000 گام برای تزریق لازم دارد یعنی اگر هر پالس موتور را 3 میلی ثانیه فرض کنیم، برای بدست آوردن مدت زمان 1 میلی لیتر، باید محاسبات مربوطه را انجام داد. برای پیدا کردن معادله، مهم است که زمان لازم برای حرکت موتور به میزان 2000 پالس را محاسبه کرد. از روی شکل موج اسیلوسکوپ هر پالس موتور 3 میلی ثانیه محاسبه می شود.

اگر  $T_f$  را زمان نهایی مورد نیاز برای 2000 پالس موتور در نظر بگیریم،  $T_f$  برابر خواهد بود با:

$$T_f = T_i * 2000 = 3ms * 2000 = 6000ms = 6s$$

البته برای نتیجه بهتر این مقدار را 1 ثانیه بیشتر در نظر می گیریم.

برای کالیبره کردن پمپ سرنگ با حجم های مختلف سرنگ باید میزان جریان پمپ سرنگ را با توجه به زمان مشخص کرد. حجم مورد نظر سرعت جریان محلول از طریق نوک سوزن سرنگ بین 0.5 میلی لیتر تا 8 میلی لیتر در نظر گرفته می شود.

شبیه سازی و بررسی ساخت

در این تحقیق همان طور که توضیح داده شد از میکروکنترلر AVR برای دریافت و ارسال داده استفاده می شود و با استفاده از توضیحات بخش برنامه نویسی و پیشنهادات برای ساخت به بررسی این دستگاه پرداخته ایم:

درایور استپر موتور L298

L298 یک درایور استپر اختصاصی است که در قلب ماژول L298 تراشه بزرگ و مشکی L298N همراه با هیت سینک قرار دارد. ماژول L298 و به طور دقیق تر، ماژول L298N یک درایور موتور پل اج دو کاناله است که می تواند یک جفت موتور DC را کنترل کند.

صفحه کلید

صفحه کلید  $4 \times 4$  یک دستگاه ورودی کوچک و مقرون به صرفه است که عموماً در انواع پروژه های الکترونیکی استفاده می شود. این صفحه کلید شامل 16 دکمه است که در یک شبکه  $4 \times 4$  مرتب شده اند. پیکربندی پین ممکن است بسته به مدل صفحه کلید متفاوت باشد، اما ایده کلی این است که ستون ها به پایه های ورودی میکروکنترلر وصل می شوند و ردیفها به پایه های خروجی میکروکنترلر متصل می شوند. پین های کیبورد غشایی  $4 \times 4$  از 8 پایه، 4 پایه برای ستون ها و 4 پین برای ردیفها تشکیل شده است. پیکربندی پین ممکن است بسته به مدل صفحه کلید متفاوت باشد، اما ایده کلی این است که ستون ها به پایه های ورودی میکروکنترلر وصل می شوند و ردیفها به پایه های خروجی میکروکنترلر متصل می شوند. شماتیک قسمت الکتریکی پمپ سرنگ طراحی شده در شکل 4 ارائه شده است.

استپر موتور

برای چرخش از استپر موتور استفاده می شود. به طور کلی، موتورهای پل توسط سیم پیچ های فعال کننده متوالی واقع در استاتور کار می کنند. روتور حاوی یک هسته آهنی دندانه دار یا آهنربا های دائمی و یا هر دو مورد است. استپری که استفاده می کنیم از یک آهنربای دائمی دندانه دار تشکیل شده است. مهم ترین نکته ایجاد نمودار انتقال حالت برای سیم پیچ ها بر اساس عملکرد بهینه مدار کنترل است. هنگامی که کنترلر فعال نیست، حالات تغییر نمی کنند و در نتیجه موتور متوقف می شود. با این حال، هنگامی که

# دومن کنفرانس بین المللی

## ۹ پنجمین کنفرانس ملی

### تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی



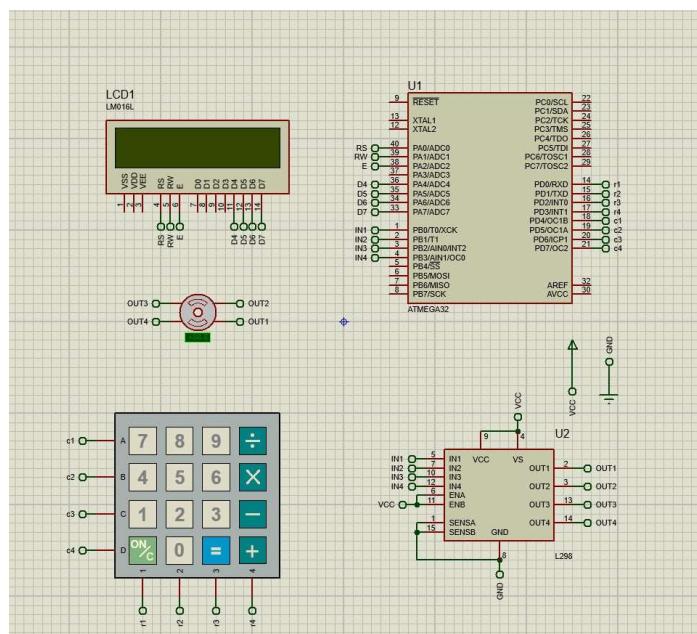
میرآبادیکه‌های ملی ایران (نمای)

کنترلر فعال شود در 2 حالت حرکت بالا و پایین را خواهیم داشت یعنی در یک صورت موتور به سمت جلو و در حالت دیگر موتور به سمت عقب حرکت خواهد کرد.

یک سرنگ پلاستیکی حاوی مایع در قسمت نگهدارنده قرار می‌گیرد. هنگامی که نرخ جریان مایع تعیین می‌شود، موتور پلهای کوپلینگ را فشار می‌دهد تا مایع جریان یابد. سرعت تزریق (حرکت کوپلینگ) به قطر سرنگ و دبی تنظیم شده برای پمپ بستگی دارد.

### 3. نتایج و بحث

برنامه، کنترل یک استپر موتور را از طریق کیپد عددی واقع در شکل 2 انجام می‌دهد. کاربر ابتدا مقدار حجم مورد نظر (به میلی لیتر) را از طریق کیپد وارد می‌کند. عددهای وارد شده مستقیم به عنوان مقدار حجم در نظر گرفته می‌شوند و با زدن کلید # می‌توان حالت اعشار را فعال کرد. برای مثال اگر کاربر 5 و سپس # و سپس 3 را وارد کند، مقدار 5.3 میلی لیتر وارد می‌شود. با زدن کلید A، استپر موتور به سمت راست و با زدن کلید B به سمت چپ شروع به چرخش می‌کند. برنامه با استفاده از روابط توضیح داده شده در بخش میکروکنترلر، تعداد استپرهای لازم برای چرخش موتور متناسب با حجم وارد شده را محاسبه می‌کند (هر میلی لیتر برابر با 2000 استپ در نظر گرفته شده است). با فشردن کلید C، استپر موتور متوقف می‌شود و با فشردن \*، حجم وارد شده ریست می‌شود و کاربر می‌تواند مقدار جدیدی وارد کند. این روال به کاربر امکان کنترل دقیق موتور را بر اساس حجم وارد شده از طریق کیپد می‌دهد.



شکل 2: شماتیک دستگاه پیشنهادی و شبیه‌سازی آن در نرم افزار پروتئوس



# دومین کنفرانس بین المللی و پنجمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی

## 4. نتیجه‌گیری

در این مقاله طراحی مکانیزم کنترل میزان تزریق و سرعت جمع شدن انجام گرفت. الگوریتم میکروکنترلر کمک می‌کند تا سرعت گام برداشتن موتور و مکانیسمی که سرنگ را نگه می‌دارد تا حد زیادی قابل کنترل کند. همچنین برای ساخت اولیه آن تجهیزات موردنیاز بررسی شد. با استفاده از صفحه کلید می‌توان میزان تزریق یا توقف را کنترل کرد همچنین در LCD مقدار تزریق را بصورت دقیق مشاهده کرد.

برای بحث در مورد عملکرد راهاندازی کامل، نیاز به اندازه‌گیری دقیق پارامترهای ضروری تنظیم تزریق، مانند انطباق مکانیکی سرنگ‌ها وجود دارد.

## سپاسگزاری

نویسنده‌گان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خویش را از اعضای آزمایشگاه تحقیقاتی الکترونیک دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی سهند به دلیل مشارکت مؤثر ایشان در مباحث علمی مرتبط با موضوع مطرح شده در این مقاله اعلام مینمایند.

## منابع

- [1]Islam, M.R., Rusho, R.Z. and Islam, S.M.R., 2019, January. Design and implementation of low cost smart syringe pump for telemedicine and healthcare. In *2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)* (pp. 440-444). IEEE.
- [2] Shirzadfar, H. and Gordoghi, N., 2019. Design and Evaluation of an Intelligent Monitoring and Alarm System Based on a Noninvasive Fluid Level Sensor for Patients with Fibromyalgia. *International Journal of Electrical and Electronic Science*, 6(2), pp.8-16.
- [3]Supriyanto, A., Anggriani, R., Suciyati, S.W., Junaidi, J. and Hadi, S., 2021. A control system on the syringe pump based on Arduino for electrospinning application. *Journal of Physical Science*, 32(1), pp.1-12.
- [4]Angammana, C.J. and Jayaram, S.H., 2016. Fundamentals of electrospinning and processing technologies. *Particulate Science and Technology*, 34(1), pp.72-82.
- [5]Ibrahim, H.M. and Klingner, A., 2020. A review on electrospun polymeric nanofibers: Production parameters and potential applications. *Polymer Testing*, 90, p.106647.
- [6]Timmerman, A.M., Snijder, R.A., Lucas, P., Lagerweij, M.C., Radermacher, J.H. and Konings, M.K., 2015. How physical infusion system parameters cause clinically relevant dose deviations after setpoint changes. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, 60(4), pp.365-376.
- [7]Chinnappan, B.A., Krishnaswamy, M., Xu, H. and Hoque, M.E., 2022. Electrospinning of biomedical nanofibers/nanomembranes: effects of process parameters. *Polymers*, 14(18), p.3719.



میراث آنلاین اسلامی ایران (ملی)

# دومین کنفرانس بین المللی و پنجمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی



## Designing and checking the construction of an electronic syringe pump and its precise control using an AVR microcontroller

Ataollah Panahgholi<sup>1</sup>, Hasan Faraji baghtash<sup>2\*</sup>, Alireza Eteghad<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Sahand University of Technology, Tabriz, Iran

\* [hfaraji@sut.ac.ir](mailto:hfaraji@sut.ac.ir)

Presenter's E-mail: [a\\_panahgholi@sut.ac.ir](mailto:a_panahgholi@sut.ac.ir)

[a\\_eteghad402@sut.ac.ir](mailto:a_eteghad402@sut.ac.ir)

### Abstract

The electronic syringe pump is a device that controls the volume and flow of milliliters to microliters for a certain period of time with very high accuracy, which gradually pushes the injection piston. Controlling the amount of injection and contraction of the electronic syringe pump is an important part in the design and operation of electrospinning systems. Discharge of small droplets with a controlled structure and pattern through the needle of the syringe pump is very important. This study focuses on the design and control of an electronic syringe pump and its fabrication investigation. The advancement of technology has made it possible to use the motor as the driving force of the syringe filled with liquid that is released through the needle. The design is chosen using an AVR-based stepper motor to regulate the flow rate. This research includes two parts of designing and checking the construction of this device. The hardware is with the parts needed to make a syringe pump with AVR as the processing core of the system and stepper motor as the piston pusher. The syringe pump can be set by the keyboard and shown on the screen. The system will be able to manage small quantities and provide the possibility of setting small delivery rates.

**Keywords:** Pump, syringe, control, microcontroller, needle.