



## طراحی و ساخت دستگاه Syringe Pump

فرانک بابایی

معصومه علیزاده

موسی درکاله خواجه

Email :Syringe\_pump\_2@yahoo.com

Email :Syringe\_pump\_1@yahoo.com

Email :musa\_dr\_kh@hotmail.com

باشگاه پژوهشگران جوان شعبه دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

چکیده : در بخش مراقبت های ویژه و نیز بعد از عملهای جراحی موارد متعددی پیش می آید که یک ماده موثر به صورت پیوسته و برای مدت زمانی خاص وارد خون بیمار گردد در چنین مواردی دقت در نرخ تزریق و منظم بودن آن حائز اهمیت بسیاری است . برای چنین منظورهائی از دستگاه های که به نام پمپ تزریق سرنگ ( Syringe Pump ) است استفاده می گردد و تقریباً در تمام بخش های مراقبت های ویژه بخصوص در بخش های مراقبت از بیماران قلبی از این دستگاه ها استفاده می شود .

کلمات کلیدی : Syringe Pump , stepper motor , refresh , alarm

### ۱- مقدمه

سی سی که بیشترین کاربرد را دارند در نظر گرفته شده است که با تغییراتی در نرم افزار به راحتی قابل تعمیم به انواع سرنگها می باشد .

(۲) داشتن محدوده استاندارد نرخ تزریق بر حسب واحد استاندارد میلی لیتر بر ساعت برای انواع سرنگهای یاد شده .

(۳) قطع خودکار چرخش موتور بعد از پایان عمل تزریق و اطلاع به کاربر .

(۴) داشتن فیدبک آشکار ساز خطا برای اطمینان از عمل تزریق و عدم گیر کردن سرنگ

(۵) داشتن دقت کافی تا 0.1 ml/hour

(۶) داشتن صفحه نمایش سه رقمی برای نمایش نرخ تزریق

(۷) بلوک یا دیاگرام کلی سیستم در شکل (۱) ارائه شده است که در ادامه به توضیح هر یک از بلوکهای آن می پردازیم .

این دستگاه ها قابلیت تنظیم برای محدوده وسیعی از نرخهای تزریق را برای انواع سرنگها دارند و قابلیت تنظیم بستگی به نوع و مدل دستگاه دارد. در حالت کلی محدودیتهای دستگاه های پزشکی ، در انواع مختلف پمپ های تزریق نیز رعایت می شود . که این دستگاه ها با رعایت محدودیتهای داشتن ضریب اطمینان بالا و آلام های مختلف مانع از بروز اتفاقات ناگوار بروی مریض می شود و برای ساخت پمپ تزریق با امکانات و ویژگی های مطلوب از پمپ های تزریق ، نظیر AS50 و JMS و KDS100 که در اکثر بیمارستان های کشور از آنها استفاده می شود الهام گرفته شده است .

دستگاه پمپ تزریق ساخته شده دارای ویژگیهای نرم افزاری خوب و دقت کافی بوده و بیشتر امکانات دستگاههای مشابه خارجی را دارا می باشد که می توان به موارد زیر اشاره کرد

(۱) قابلیت استفاده از چند نوع سرنگ متفاوت :

در این طرح سرنگ های ۱۰ سی سی ، ۲۰ سی سی ، ۵۰

## 2- معرفی قسمت‌های مختلف دستگاه:

### ۱- ۲- صفحه کلید :

در این دستگاه با استفاده از هشت کلید می توان دستورات مورد نظر خود را به سیستم اعمال کند. در این سیستم از پورت IC 8255 به عنوان پورت کیبورد استفاده شده است که نیل پردازش آن خروجی ونبیل کم ارزش آن ورودی تقریب شده است.

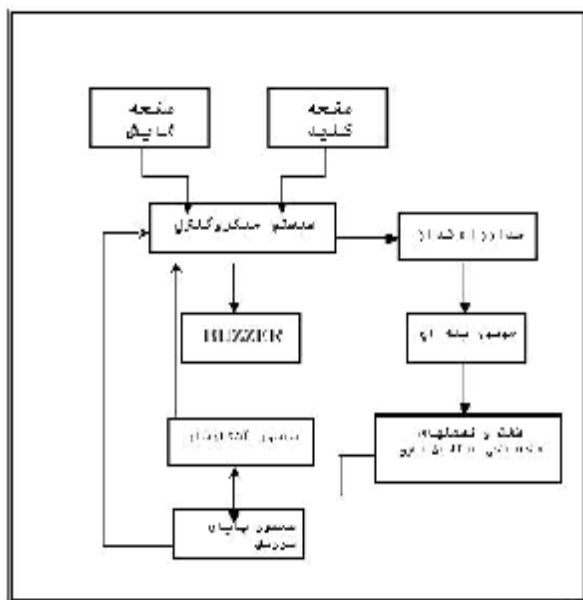
8 کلید اصلی استفاده شده عبارتند از :

**الف ) کلید انتخاب :** برای انتخاب این کلید یکی از سه رقم صفحه نمایش به منظور تغییر آن ، به کار می رود :

ب ) کلید +/ - ج ) کلید -/ +

د ) FORWARD ر ) BACKWARD-START

ط ) STOP ز ) ALARM



شکل (1) بلوک دیاگرام کلی سیستم Syringe pump

### ۳- ۲- مدار راه انداز DRIVER :

برای تولید رشته پالس های با توالی مناسب جهت اعمال به سیم پیچ های موتور، جریان لازم پالسهای تولید شده توسط میکرو کنترلر ابتدا باید به یک مدار راه انداز اعمال شود تا این مدار از روی فرکانس این رشته پالس ، چهار رشته پالس با توالی خاص ، را برای چهار سیم پیچ موتور پله ای ایجاد کند. علاوه بر این مدار وظیفه تامین جریان موتور را هم بر عهده دارد. برای راه اندازی این موتورهای پله ای مدارات متنوعی وجود دارد. در این دستگاه یک مدار ساده و بسیار موثر که به راحتی توسط میکرو کنترلر کنترل می شود انتخاب شده است در این مدار از دو آی سی L297 و L298 استفاده شده است که آی سی L297 پالسهایی با توالی مورد نیاز را می سازد و آی سی L298 وظیفه تامین جریان از طریق چهار تقویت کننده زوج تفاضلی که در آن به کار گرفته شده است برعهده دارد. شکل این مدارات ارائه شده است که به ترتیب شکل های (۲ و ۳ و ۴) می باشد.

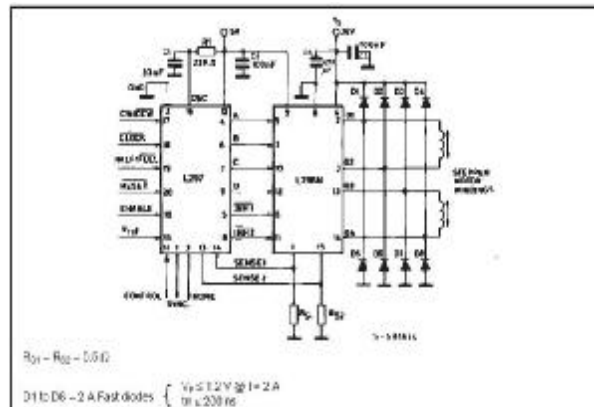
از آنجا که کیبورد به صورت وقفه ای کار می کند یعنی نرم افزار دستگاه طوری برنامه نویسی شده است که با دریافت یک انترایت خارجی به روتین مربوط به تشخیص کلید فشرده شده ، و به سطر مربوط یک گیت میکرو کنترلر (EXO) وصل می شود. البته تاخیر این گیت ها می تواند در کار سیستم اشکالاتی ایجاد کند که برای حل این مشکل از صفحه کلیدهای با پین انترایت استفاده می شود که تاخیر مذکور را ندارند ..

### 2 - 2 صفحه نمایش :

به منظور نمایش نرخ تزریق داده شده توسط کاربر از طریق صفحه کلید ، از سه نمایشگر دیجیتالی استفاده شده است و برای این که صفحه نمایش جریان کشی کمتری داشته باشد و تامین جریان و انتخاب نمایشگر دیجیتالی باید به روش REFRESH انجام شود برای این روش در این سیستم از سه عدد ترانزیستور PNP استفاده می شود

#### 4-2 شفت وقسمتهای مکانیکی انتقال نیرو :

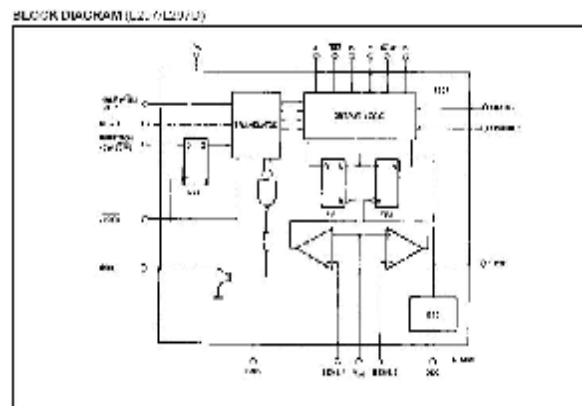
این قسمت وظیفه دارد تا حرکت چرخشی موتورها را به حرکت خطی جهت فشار دادن سرنگ به سمت جلو تبدیل کند. برای این منظور یک شفت به قطر یک سانتیمتر و طول گام یک میلیمتر به محور موتور کوپل شده است و بدین ترتیب با هر دور گردش موتور، شفت چرخ دنده و مهره ای که به دور خود دارد یک دور به اندازه طول گام خود یعنی یک میلیمتر به جلو یا عقب حرکت می کند. لازم به توضیح است که جهت چرخش شفت به جهت حرکت بستگی موتور دارد به این مهره نیز بازویی متصل است که در نهایت منجر به حرکت خطی انتهای سرنگ می شود.



شکل (۲): مدار درایور جریان موتور پله ای

#### 5-2 سنسور پایان تزریق :

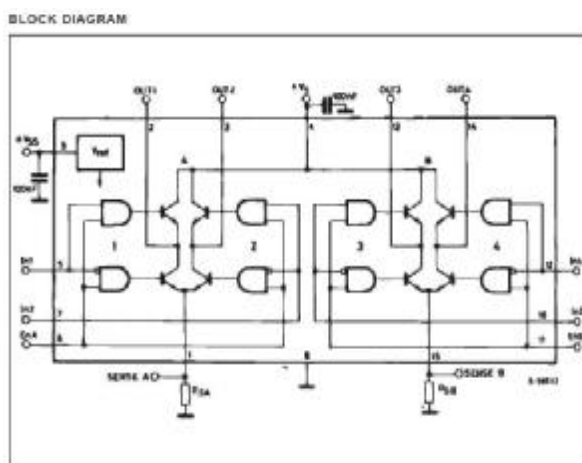
برای متوقف کردن موتور و جهت اطلاع کاربر از اتمام تزریق ، به قسمت زیرین مهره ، تیغه ای متصل شده است که با چرخش شفت تیغه نیز به همراه مهره به جلو و عقب می رود همچنین یک عدد اپتوکانتار (SHARP-1A52HR) در انتهای مسیر تزریق سنسور طوری نصب شده است که هم زمان با رسیدن پیستون سرنگ به انتهای تیغه متصل به قسمت زیرین مهره به میان اپتوکانتار رسیده و ارتباط نوری بین فتو دیود و فتو ترانزیستور این اپتوکانتار از سطح یک منطقی به سطح صفر منطقی می رسد و همین پالس به صورت یک اینترپیت (وقفه) به میکروکنترلر رجاء داده می شود. میکروکنترلر با دریافت این اینترپیت به روتین مربوطه در نرم افزار رفته و بعد از متوقف کردن رشته پالسهای اعمالی به موتور هشدار صوتی مربوط به پایان تزریق را فعال می کند.



شکل (۳): بلوک داگرام داخلی IC L297

#### 6-2 سنسور آشکارساز خطا :

برای اطمینان از چرخش موتور و عدم گیر کردن ، دو تیغه در امتداد هم به محور موتور وصل شده است به طوریکه با چرخش موتور در هر نیم دور یکی از آنها از میان تیغه اپتوکانتار عبور می کند. رشته پالسهای خروجی این



شکل (۴): بلوک دیاگرام داخلی IC L298

به صفحه اعمال می شود با اعمال این اینترپت میکروکنترلر پی می برد که باید در آن شماره سطر و ستون کلید زده شده را به صورت یک کد استخراج کند و فلاگ مربوط به آن کلید را تست نماید بدین ترتیب میکرو از روی این فلاگ می تواند فشرده شدن کلید خاص را در هر جای برنامه تست کند.

ب: نمایش ارقام بر روی صفحه نمایش به وسیله Refresh کردن:

این روتین وظیفه دارد نمایشگرهای دیجیتالی صفحه نمایش را جاروب کرده و آنها را به ترتیب روشن و خاموش کند به نحوی که اولاً تمامی آنها بطور پیوسته روشن بنظر برسند ثانیاً میزان نور آنها نیز کافی باشد.

ج: محاسبه نرخ تزریق از روی عدد وارد شده توسط کاربر و فعال کردن تایمرهای داخلی:

با توجه به گام شفت و قطر سرنگ می توان پالس منظم و مناسب اعمال شده به مدار راه انداز موتور و همچنین مقدار حجم سرنگ تزریق شده در هر step را با توجه به نوع سرنگ بدست آورد. برای این سیستم سه مقدار ثابت برای نوع سرنگ محاسبه شده و به عنوان مقادیر ثابت، VOL1، VOL2، VOL3 تعریف شده است بدین ترتیب میکرو می تواند میزان تاخیر زمانی لازم بین اعمال پله های موتور را از روی نرم تزریق داده شده طبق رابطه (1) محاسبه نماید.

$$t = [rate / (vol * 36000000)] \quad (1)$$

از این رابطه مقدار t که بر حسب میکروثانیه در هر step است در خانه ای از حافظه ذخیره شده و از روی آن با توجه به فرکانس کار میکرو، عددی که بر ایجاد تاخیرهای لازم باید در تایمر مربوط load شود، محاسبه می گردد.

د: قطع کار موتور و فعال کردن باز (Buzzer) در صورت دریافت اینترپت از سنسور پایان تزریق.

اپتوکانتز به میکروکنترلر ارسال می شود و از آنجا که موتور دستگاه با STEP ۰۰۹ درجه کار می کند، برای یک دور گردش محور آن باید ۴۰۰ پالس به آن اعمال شود بنابراین بعد از هر ۲۰۰ پله که به موتور اعمال می شود باید خروجی اپتوکانتز یکبار یک شود و بعد از عبور تیغه از میان آن دوباره صفر شود. این رشته پالس به میکروکنترلر فرستاده می شود و دو حلقه فیدبک بدین صورت بسته می شود که میکرو بعد از اعمال ۲۰۰ پله به موتور پالس رسیده و از طریق آن سنسور اشکار ساز خطا را تست می کند، در صورت وجود اختلاف میکروکنترلر اعمال پالسها را به موتور متوقف کرده و هشدار صوتی مربوط به گیر کردن سرنگ را به صدا درمی آورد.

از آنجا که گام شفت یک میلیمتر بوده و یک میلیمتر از طول سرنگ ۵ سی سی متناظر با ۰/۱۲ میلی لیتر از حجم آن می باشد بنابراین حجمی از مایع که در نیم دور چرخش موتور تزریق می شود برابر است با:

$$0/12 = 0/06 * 0/5$$

یعنی حداکثر خطای این روش برای سرنگ 5 سی سی ۰،۰۶ میلی لیتر می باشد. که دقت این روش با توجه به سادگی و مقرون به صرفه بودن بسیار خوب و قابل قبولی است.

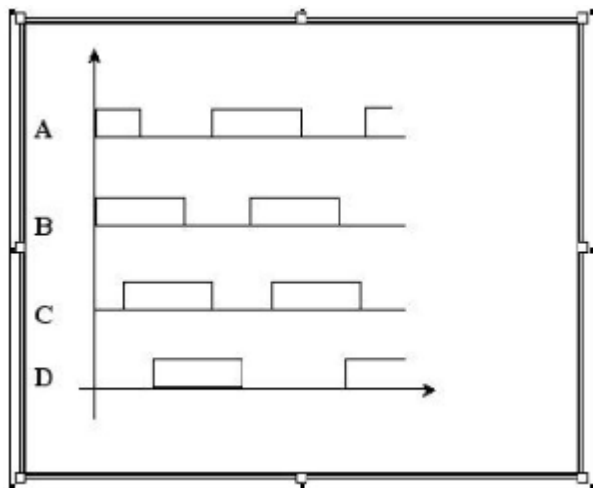
## 7-2 - سیستم میکروکنترلی:

در سیستم کنترلی این دستگاه که در واقع ارتباط دهنده و کنترل کننده همه قسمت های دستگاه می باشد از یک میکرو کنترلر 89C52 استفاده شده است که به طور کلی اعمال زیر را انجام می دهد:

الف: روتین تشخیص فشرده شدن کلید از صفحه کلید:

تشخیص کلید فشرده شده در این سیستم به صورت وقفه ای می باشد بدین ترتیب که با فشرده شدن هریک از کلیدهای هشتگانه، پالس به صورت اینترپت وقفه خارجی

در سطح منطقی صفر و دوسر از آنها در سطح منطقی یک ثابت بماند محور موتور با گشتاور ایستایی زیادی متوقف می شود و به اندازه ی تغییر مکان زاویه ای از خود مقاومت نشان می دهد



شکل (۶): رشته پالسهای اعمالی به موتور پله ای چهار فازه

با توجه به آنچه در مورد موتور پله ای گفته شد مزیت استفاده از این نوع موتور در سیستمهای دیجیتالی نسبت به سایر انواع موتورها در این است که برای کنترل سرعت موتورها از حلقه بسته استفاده می شود حال آنکه در موتورهای پله ای تنها باید رشته پالس هایی با تغییرات فرکانسی مشخص و از قبل تعیین شده باید اعمال کنیم یعنی کنترل سرعت موتور پله ای حلقه باز است و با تغییر فرکانس ولتاژ اعمالی به سیم پیچ ها سرعت قابل کنترل خواهد بود . در دستگاه ساخته شده ، استفاده از موتور پله ای بدلیل امتیازات یاد شده ترجیح داده شده است و در انتخاب نوع موتور پله ای نیز مواردی مد نظر بوده است که عبارت اند از:

### ۳ - گشتاور گردشی :

از آنجائی که در این طرح از چرخ دنده استفاده نشده است بنابر این موتور انتخاب شده باید برای به حرکت درآوردن سرنگ و غلبه بر فشار وریدی قدرت لازم را دارا باشند لذا

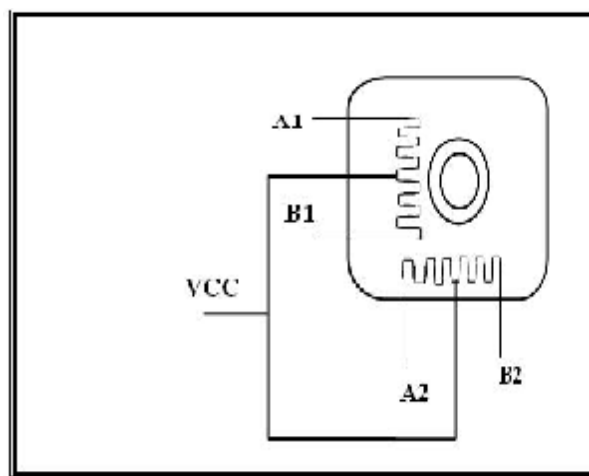
هـ : فعال کردن و یا غیر فعال کردن آلارم با دستور کاربر .

و : پردازش پالسهای رسیده از سنسور آشکار ساز خطا برای اطمینان از چرخیدن موتور و گیر نکردن آن

### 8 - 2 موتور پله ای ( STEPPER MOTOR ) :

به منظور تولید نیروی لازم ، برای اعمال به سرنگ از یک موتور پله ای استفاده شده است . موتور پله ای نوعی از موتورهای DC می باشد که به جای یک سیم پیچ آرمیچر دارای چند سیم پیچ آرمیچر می باشد .

مزیت این نوع موتورها نسبت به سایر موتورها این است که برای چرخش آنها به جای اعمال یک ولتاژ مستقیم باید به سیم پیچ های آن رشته ای از پالس با فرکانس مشخص را اعمال کنیم که در شکلهای (۵ و ۶) به ترتیب نحوه سیم بندی و رشته پالس های مناسب که باید به هر سیم پیچ اعمال شود نشان داده شده است .



شکل (۵): بلوک دیاگرام کلی موتور پله ای چهار فازه

با دقت در رشته پالسهای شکل (۵) ملاحظه می شود که در هر لحظه دو تا از سیم پیچ ها در سطح منطقی صفر و دوتای دیگر در سطح منطقی یک قرار دارند و با هر بار تغییر این حالت بین سیم پیچ های چهارگانه ، یک پرش زاویه ای اتفاق می افتد . حال چنانچه دوسر از سیم پیچ ها

ایستایی باشد خوشبختانه این فشار وریدی نیروی پس زننده کمی تولید می کند و در نتیجه موتور استفاده شده گشتاور ایستایی چندان فاصله نباشد .

#### ۶ - نتیجه گیری :

در پایان بهتر است به این نکته اشاره کرد که ساخت این دستگاه در داخل کشور ۱۰۰٪ امکان پذیر بوده و نسبت به نمونه های خارجی آن دارای دقت بسیار ، قابل قبول و خوبی می باشد . البته کمی با کار کارشناسی بیشتر می توان کیفیت و توانایی های دستگاه معرفی شده را با نمونه های خارجی در معرض رقابت قرار دارد .

منابع :

1) Microcontroller 8051 .

Title of the Book . I . Scott , Makenzi .

2) Microcontroller 8051 .

Title of the Book . Mazidi & Jonice Gillispie .

3) Stipping Motors .

Title of the Book . Takashi . kengo & Akira – Sugawara .

(۴) پایان نامه کارشناسی مهدی ثمین

(۵) ماشینهای الکتریکی ، تالیف : استفن جی چاپمن

(۶) سایت های اینترنت

برای محاسبه تقریبی گشتاور ، حداکثر نیرو را در بدترین شرایط (100 نیوتن یا 10kf) برای تزریق سرنگ در نظر می گیریم از آنجا که طول گام شفت یک میلی لیتر می باشد یعنی یک دور چرخش شفت معادل یک کیلی لیتر حرکت پیستون سرنگ است نیروی مماسی لازم برای چرخش شفت را از رابطه (2) بدست می آید که در آن F نیروی مماسی لازم برای چرخش شفت ، f حداکثر نیروی لازم برای تزریق سرنگ و g و r به ترتیب گام و شعاع شفت مورد استفاده در دستگاهها می باشند .

$$F = (f * g) / (2 * \pi * r) \quad (۲)$$

$$F = (20N * 1mm) / (2 * 3/14 * 5mm) = 3/2 N$$

با محاسبه نیروی مماسی می توان گشتاور چرخشی لازم را از رابطه (3) محاسبه کرد .

$$T = F * R \quad (۳)$$

که در آن T گشتاور لازم برای به چرخش درآوردن شفت دستگاه بر حسب N.cm می باشد . که از رابطه فوق محاسبه می شود .

$$T = 3/2 * 0/5 = 1/6 N.cm$$

البته مقدار محاسبه شده بدون در نظر گرفتن وزن شفت و تلفات مکانیکی است که برای ساختن نمونه آزمایشی از یک موتور پله ای با گشتاور بالاتر استفاده شده است .

#### 4 - پرش زاویه ای :

برای داشتن نرخ تزریق یکنواخت بهتر است موتور انتخاب شده دارای پرش زاویه ای کم باشد موتور انتخاب شده در این طرح با پرش زاویه ای 0,9 درجه در هر step کار می کند .

#### ۵ - گشتاور ایستایی :

بدلیل وجود فشار وریدی که به عنوان یک نیروی پس زننده سرنگ عمل می کند ، موتور انتخاب شده باید دارای گشتاور