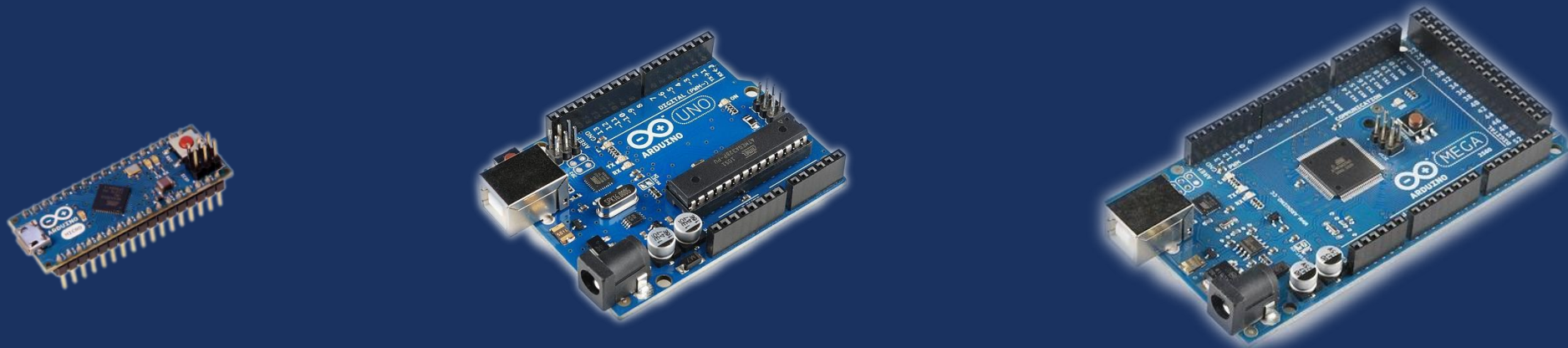


راه اندازی LCD کاراکتری و کنترل بازوی رباتیک با آردوینو

احمد رضا حیدری، دانشگاه کاشان - بهار ۱۴۰۴



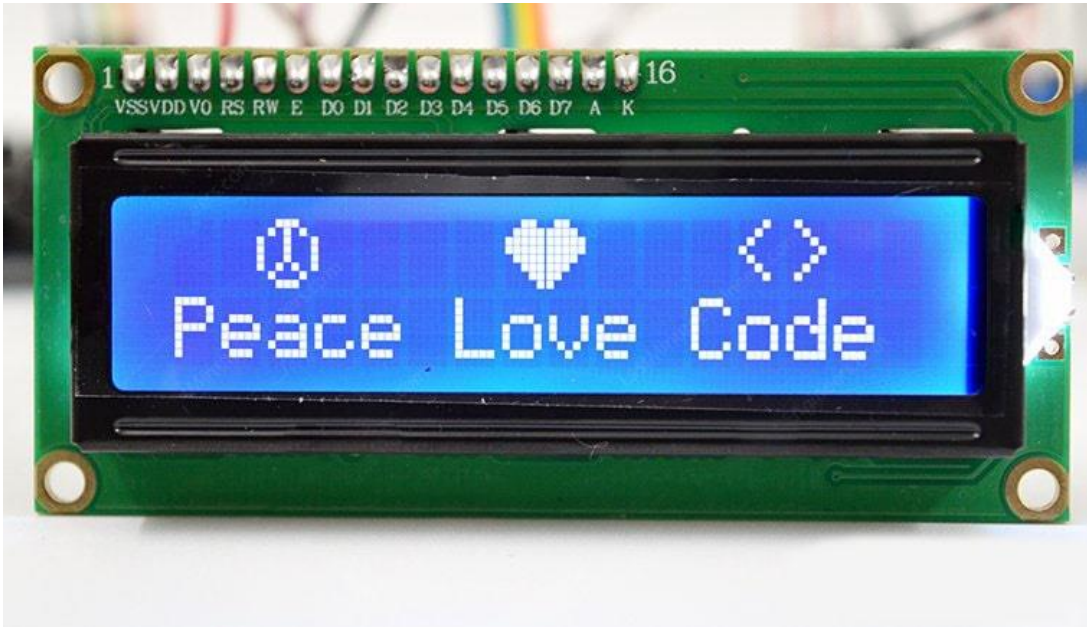
سر فصل های دوره و زمان بندی جلسات

- آشنایی مقدماتی با میکروکنترلرها و برد آردینو (جلسه ۱ پنج شنبه ۱۴۰۴/۲/۱۸ ساعت ۱۵ به صورت مجازی)
- کد نویسی آردینو با زبان C++ (جلسه ۲ جمعه ۱۴۰۴/۲/۱۹ ساعت ۱۵ به صورت مجازی)
- مبانی کار با سخت افزار آردوینو (جلسه ۳ یکشنبه ۱۴۰۴/۲/۲۱ ساعت ۲۰ به صورت حضوری)
- راه اندازی سنسورها و ماژولها (جلسه ۴ دوشنبه ۱۴۰۴/۲/۲۲ ساعت ۲۰ به صورت حضوری)
- راه اندازی و کنترل سرعت موتور DC (جلسه ۵ یکشنبه ۱۴۰۴/۲/۲۸ ساعت ۲۰ به صورت حضوری)
- راه اندازی سروو موتور و کنترل زاویه ای (جلسه ۵ یکشنبه ۱۴۰۴/۲/۲۸ ساعت ۲۰ به صورت حضوری)
- راه اندازی LCD کاراکتری برای نمایش اطلاعات (جلسه ۶ دوشنبه ۱۴۰۴/۲/۲۹ ساعت ۲۰ به صورت حضوری)
- راه اندازی و کنترل بازوی رباتیک با آردوینو (جلسه ۶ دوشنبه ۱۴۰۴/۲/۲۹ ساعت ۲۰ به صورت حضوری)

راه اندازی LCD کاراکتری ۱۶×۲ (معرفی LCD)

LCD مخفف عبارت Liquid Crystal Display و به معنای "صفحه نمایش کریستال مایع" است. در حقیقت ال سی دی، نمایشگری است که از کریستال مایع برای تولید تصویر استفاده می‌کند. کریستال مایع، نوعی ماده هست که هم ویژگی‌های جامدات و هم مایعات را دارد و این باعث شده است که در چنین تکنولوژی مورد استفاده قرار بگیرد.

در ال سی دی‌ها، کریستال‌های مایع میان دو شیشه پلاریزه قرار دارند. این دو شیشه در واقع فیلتر هستند و تنها زمانی اجازه عبور نور را می‌دهند که الگوی خاصی داشته باشد. اگر نوری که وارد این دو فیلتر می‌شود، الگو مورد نظر آن‌ها را نداشته باشد، اجازه عبور نخواهد داشت.



مرور سخت افزار LCD کاراکتری ۱۶×۲

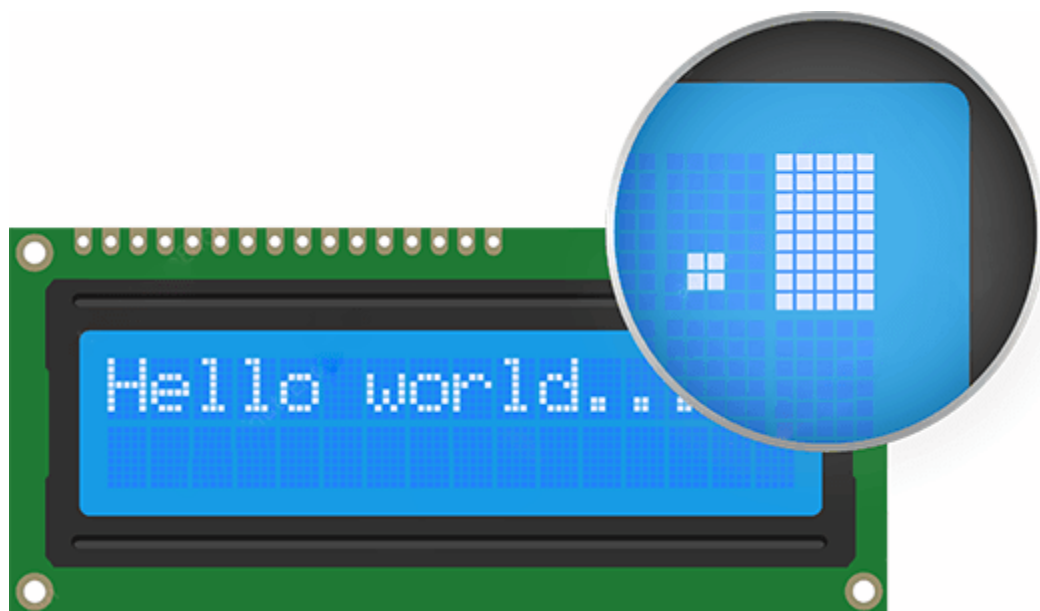
LCD های کاراکتری همان طور که از نام آن پیدا است، تنها برای نمایش پیام متنی و یا کاراکتر طراحی شده اند. این LCD دارای یک LED برای نور پس زمینه است که می تواند ۳۲ کاراکتر اسکی را در دو ردیف ۱۶ تایی نمایش دهد.

بلوک های مستطیلی شکل LCD کاراکتری ۱۶×۲ که به صورت شبکه ای از ۸×۵ پیکسل هستند.

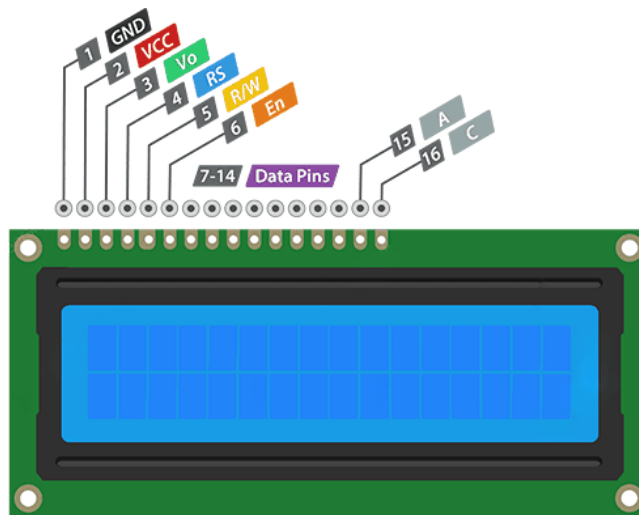
اگر با دقت به تصویر رو به رو نگاه کنید، می توانید بلوک های مستطیلی شکل مربوط به هر کاراکتر و پیکسل های آن را مشاهده کنید. هر یک از این مستطیل ها به صورت شبکه ای از ۸×۵ پیکسل است.

با وجود اینکه این صفحات نمایش تنها می توانند متن را نشان دهند، اما در ابعاد و رنگ های مختلفی وجود دارند، مانند صفحات نمایش ۱۶×۱، ۱۶×۴ و ۲۰×۴ با متن سفید در زمینه آبی یا متن سیاه در زمینه سبز.

اما شاید نکته مثبت و البته جالب برای شما، امکان جابه جایی این LCD ها با یکدیگر باشد. یعنی اگر شما از یک LCD با ابعاد خاصی در پروژه آردوینو خود استفاده کردید، به سادگی می توانید سوکت آن را دریاورید و سوکت LCD جدید خود را در هر رنگ و اندازه ای که می خواهید، جایگزین LCD قبلی کنید. تنها ممکن است لازم باشد، کد آردوینو را کمی اصلاح کنید. اما حداقل دیگر نیازی به تغییر سیم کشی LCD جدید نیست!



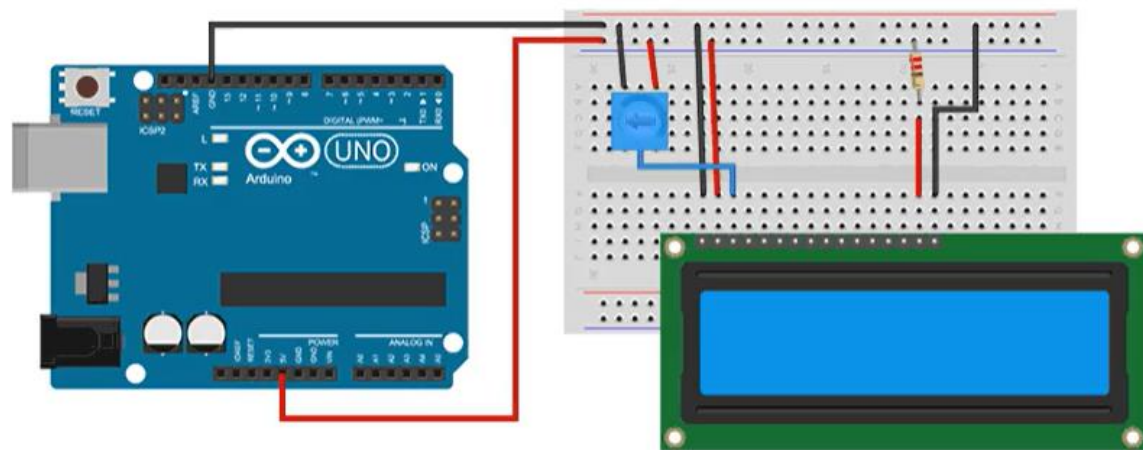
پین‌های ماژول LCD کاراکتری ۱۶×۲



16x2 LCD Pinout

- پین GND : به زمین آردوینو متصل می‌شود.
- پین VCC : تغذیه الکتریکی LCD است و به پین ۵ ولت آردوینو متصل می‌شود.
- پین Vo : جهت کنترل کنتراست (Contrast) و نور LCD مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از یک تقسیم کننده ولتاژ و یک پتانسیومتر می‌توانید کنتراست را به‌سادگی تنظیم کنید.
- پین RS : به آردوینو اجازه می‌دهد که به LCD اطلاع دهد که آیا در حال ارسال دیتا یا ارسال فرمان است. این پین اصولاً برای ایجاد تمایز بین فرمان و دیتا مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال هنگامی که مقدار پین RS به صورت LOW باشد، در واقع شما در حال ارسال فرمانی از آردوینو به LCD هستید (فرمان‌هایی مانند دستور تنظیم مکان نما در یک مکان خاص، دستور پاک کردن صفحه نمایش، دستور رفتن به سمت راست صفحه نمایش و یا). اما زمانی که پین RS به صورت High باشد، شما در حال ارسال دیتا یا کاراکتر از آردوینو بر روی LCD هستید.
- پین R/W : بر روی LCD به شما نشان می‌دهد که آیا در حال نوشتن دیتا بر روی LCD هستید یا در حال خواندن دیتا از آن هستید. با توجه به اینکه در این پروژه از این LCD تنها به عنوان خروجی استفاده می‌کنیم، باید مقدار این پین را LOW تنظیم کنید. زمانی که این پین LOW باشد، LCD در مد نوشتن قرار می‌گیرد و شما می‌توانید به LCD، دیتا ارسال کنید.
- پین E : جهت فعال‌سازی LCD استفاده می‌شود. یعنی زمانی که این پین LOW باشد، در حقیقت LCD اهمیتی به مقادیر پین‌های RS, R/W و خطوط باس دیتا نمی‌دهد. اما با High شدن این پین، LCD اطلاعات دریافتی را پردازش خواهد کرد.
- پین‌های (D0-D7 باس دیتا) : برای انتقال دیتای ۸ بیتی مورد استفاده قرار می‌گیرند که شما برای LCD ارسال می‌کنید. به عنوان مثال اگر بخواهید کاراکتر A را بر روی LCD مشاهده کنید، باید این هشت پین را با کد ۰۰۰۱۰۱۰۰ (براساس جدول اسک‌ی) تنظیم کنید. به این شکل LCD کاراکتر A را نمایش خواهد داد.
- پین‌های (A-K آند و کاتد) : برای کنترل نور پس زمینه LCD مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تست LCD



اکثر ال سی دی ها در مسیر تغذیه نور پس زمینه دارای مقاومت های داخلی هستند. چنانچه LCD ای که شما در اختیار دارید، فاقد این مقاومت الکتریکی باشد، لازم است یک مقاومت را در مسیر اتصال پین ۵ ولت به پایه ۱۵ در نظر بگیرید. برای محاسبه مقدار این مقاومت الکتریکی باید به حداکثر جریان نور پس زمینه و افت ولتاژ معمول آن که در دیتاشیت LCD مشخص شده است، دقت کنید. پس از آن به سادگی می توانید با استفاده از قانون اهم مقدار مقاومت را محاسبه کنید. اگر به دیتاشیت دسترسی ندارید، به جهت رعایت اصول ایمنی از یک مقاومت ۲۲۰ اهمی استفاده کنید. با این حال اگر برای LCD خاص شما این مقدار مقاومت زیاد باشد، ممکن است تاحدودی باعث ضعیف شدن نور پس زمینه شود.

ابتدا پین GND و ۵ ولت آردوینو را به ریل های برد و سوکت LCD را نیز به برد و سوکت متصل کنید.

سپس، تغذیه الکتریکی را به LCD اعمال کنید. LCD دارای دو کانکشن برای اتصال تغذیه الکتریکی است. یکی از این کانکشن ها، پین ۱ و ۲ است که برای تغذیه الکتریکی LCD به کار می رود و دیگری، پین ۱۵ و ۱۶ که برای نور پس زمینه است. پین ۱ و ۱۶ LCD را به GND و پین ۲ و ۱۵ را به ۵ ولت وصل کنید.

در مرحله آخر، نوبت اتصالات پین شماره ۳ ماژول LCD می رسد که برای کنترل کنتراست و روشنایی صفحه نمایش مورد استفاده قرار می گیرد. برای تنظیم کنتراست، یک پتانسیومتر ۱۰ کیلو اهمی را بین زمین و ۵ ولت وصل کنید و پین وسط پتانسیومتر را به پین شماره ۳ LCD متصل نمایید.

همان طور که تصویر رو به رو مشاهده می کنید، با چرخاندن پتانسیومتر، می توانید کنتراست LCD را تنظیم کنید.

این تمام چیزی بود که برای تست کردن LCD باید انجام می دادید!

اکنون آردوینو را روشن کنید. با روشن کردن آردوینو، باید بتوانید نور پس زمینه LCD و با چرخاندن پتانسیومتر، باید بتوانید خط اول بلوک های مستطیلی را که بر روی صفحه نمایش ظاهر می شوند، مشاهده کنید. اگر چنین چیزی را مشاهده کردید، به شما تبریک می گوئیم! LCD شما به خوبی در حال کار کردن است.

سیم کشی - راه اندازی LCD کاراکتری ۱۶×۲ با آردوینو

پس از تست ال سی دی، زمان راه اندازی LCD کاراکتری ۱۶×۲ با آردوینو است.

LCD دارای پین‌های زیادی است (مجموعاً ۱۶ پین) که در ادامه نحوه اتصال هر کدام از آنها را برای شما توضیح می‌دهیم. البته برای راه اندازی و استفاده از LCD با آردوینو نیازی به اتصال همه این پین‌ها نیست.

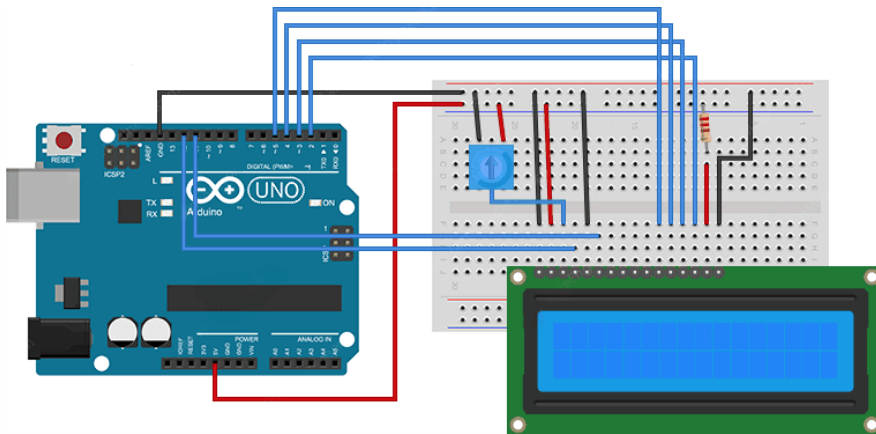
همان طور که می‌دانید ۸ خط دیتا برای انتقال دیتای خام به صفحه نمایش وجود دارد. اما LCD های HD44780 به گونه‌ای طراحی شده‌اند که به جای ۸ پین، تنها با استفاده از ۴ پین می‌توان انتقال دیتا را انجام داد (مد ۴ بیتی). به این شکل، ۴ پین دیگر برای شما باقی می‌ماند!

تفاوت بین مد ۴ بیتی با مد ۸ بیتی

انتقال دیتا در مد ۸ بیتی سریعتر از مد ۴ بیتی است. چرا که در مد ۸ بیتی کل دیتا را یکباره برای LCD می‌توان ارسال کرد. در حالی که در مد ۴ بیتی، یک بایت دیتا به دو بخش تقسیم بندی می‌شود. یک بخش به راست شیفت داده می‌شود و عمل نوشتن دیتا بر روی LCD دوبار انجام خواهد شد.

از مد ۴ بیتی در مواقعی که نیاز به صرفه‌جویی در استفاده از تعداد پین‌های ورودی/خروجی داشته باشیم، می‌توان استفاده کرد. در کاربردهایی که سرعت نوشتن دیتا بر روی LCD اهمیت دارد و حداقل ۱۰ عدد پین ورودی/خروجی در دسترس است، استفاده از مد ۸ بیتی بهتر است. در ادامه، از مد ۴ بیتی استفاده می‌کنیم.

بنابراین، برای نوشتن پیام بر روی LCD فقط به ۶ پین نیاز خواهید داشت: پین RS، EN، D4، D5، D6 و D7. اکنون زمان اتصال LCD به آردوینو است. چهار پین دیتای LCD یعنی پین‌های D4 تا D7 را به پین‌های دیجیتال شماره ۴ تا ۷ آردوینو متصل کنید. سپس، پین فعال‌سازی LCD را به پین شماره ۲ آردوینو و پین RS را به پین شماره ۱ آردوینو وصل کنید. در تصویر زیر می‌توانید نحوه سیم کشی را مشاهده کنید:



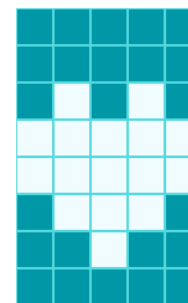
تولید کاراکتر دلخواه برای نمایش در LCD کاراکتری ۱۶×۲

اگر کاراکترهایی که بر روی LCD نمایش داده می‌شوند، برای شما جذابیت ندارد، می‌توانید کاراکتر دلخواه خود را ایجاد کنید. این قابلیت زمانی که کاراکتر مورد نظر شما در جدول استاندارد کاراکترهای اسکی وجود ندارد، بسیار مفید است.

با مراجعه به لینک زیر می‌توانید کاراکترهای دلخواه خود را با اپلیکیشن (Custom character generator for character LCD) بسازید.



پیکسل را انتخاب کنید



همه را خاموش کن

کد را کپی کنید

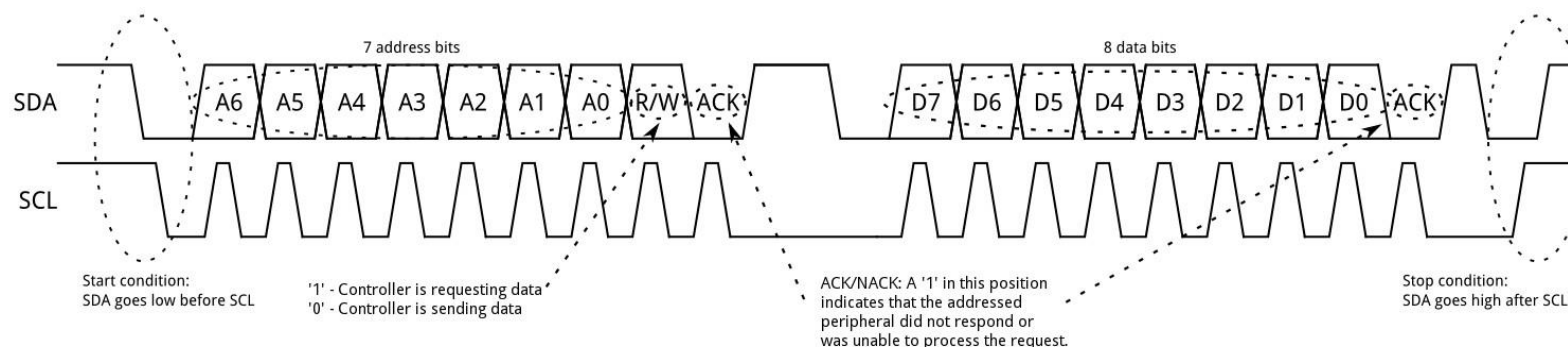
```
byte Character[8]
=
{
0b00000,
0b00000,
0b01010,
0b11111,
0b11111,
0b01110,
0b00100,
0b00000
};
```

سازنده اپلیکیشن: lastminuteengineers

<https://roboeq.ir/blog/آرduino-با-16x2-کاراکتری-lcd-اندازی-راه/>

I2C

- پروتکل I²C چیست؟
- پروتکل I²C یا پروتکل درون مدار مجتمع (به انگلیسی: inter ic protocol) یک روش ارتباطی سریال و دوسویه است که برای اتصال چند دستگاه با استفاده از تنها دو سیم طراحی شده است:
- SDA خط انتقال داده / SCL خط زمان بندی یا کلاک
- ویژگی ها:
- ارتباط به صورت Master-Slave یعنی یک کنترل کننده اصلی و چند دستگاه جانبی
- هر دستگاه دارای آدرس اختصاصی است و امکان اتصال چندین سنسور و میکروکنترلر به یک گذرگاه مشترک
- سرعت انتقال داده معمولاً ۱۰۰ هزار یا ۴۰۰ هزار بیت بر ثانیه است و در برخی نسخه ها به چند مگاهرتز می رسد
- سادگی در سیم کشی و کاهش تعداد پین های مورد نیاز برای ارتباط با چندین ماژول



ال سی دی کاراکتری ۱۶×۲ LCD با رابط I2C

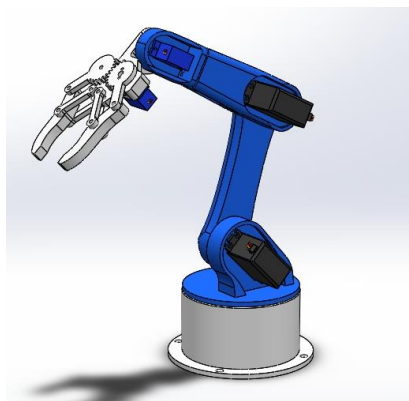
نمایشگر کاراکتری ۱۶×۲ دارای دو ردیف ۱۶ تایی جهت نمایش اطلاعات می باشد. نمایشگرهای معمولی ۱۶×۲، هفت پین دیجیتال را اشغال می کنند در صورتی که این ماژول با رابط I2C این تعداد را به ۲ پین کاهش داده است. یک پتانسیومتر نیز جهت تنظیم کنتراست نمایشگر قرار داده شده است. این نمایشگرها کاربردهای فراوانی دارند و در مواردی مانند: دستگاه های کپی و فکس، پرینترهای لیزری، ابزارآلات تست صنعتی و ... استفاده می شوند.



<https://thecaferobot.com/learn/interfacing-i2c-16x2-character-lcd-1602-display-module-with-arduino/>

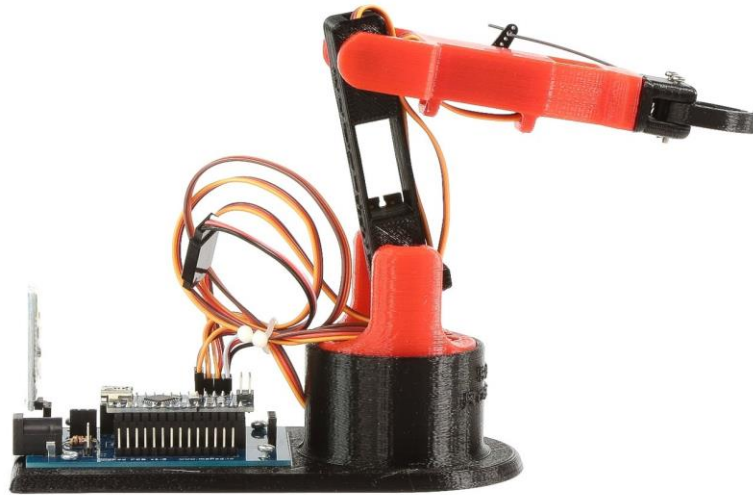
بازوی رباتیک

بازوی رباتیک یک نوع سیستم مکانیکی است که معمولاً از چندین مفصل (Degrees of Freedom – DOF) تشکیل شده و قابلیت انجام حرکات دقیق را دارد. این بازوها می‌توانند کارهایی مانند برداشتن و قرار دادن اشیاء، لحیم‌کاری، چاپ سه‌بعدی یا هر عمل مکانیکی دیگری را انجام دهند. استفاده از بازوی رباتیک در صنایع مختلف، از جمله خودروسازی، پزشکی، و ربات‌های خدماتی بسیار رایج شده است. کنترل دقیق و انعطاف‌پذیری بالا باعث شده تا این ربات‌ها در آموزش و پژوهش نیز کاربرد گسترده‌ای داشته باشند.



آشنایی با آردوینو برای کنترل بازو

آردوینو یکی از محبوب‌ترین بردهای میکروکنترلر است که در پروژه‌های DIY و آموزشی کاربرد فراوان دارد. یکی از مزایای مهم آردوینو، سادگی برنامه‌نویسی و تنوع ماژول‌ها و کتابخانه‌های آن است. در پروژه بازوی رباتیک، آردوینو معمولاً وظیفه کنترل سروو موتورهایی را بر عهده دارد که هر مفصل بازو را حرکت می‌دهند. با استفاده از کدنویسی در **Arduino IDE**، می‌توان بازو را مطابق با ورودی‌های خاص یا دستورات از پیش تعیین‌شده حرکت داد.

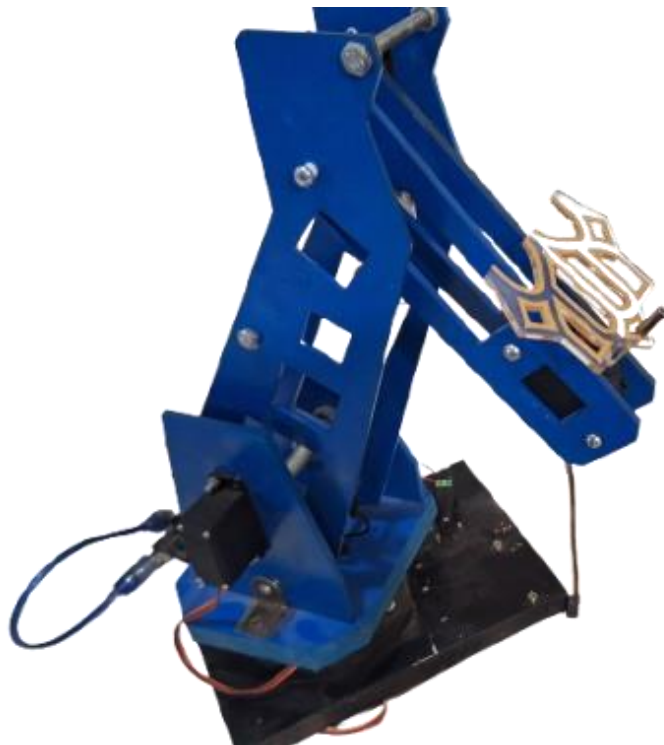


تست اولیه و کار راه اندازی بازی رباتیک

در مرحله اول راه اندازی بازوی رباتیک، مهم ترین اقدام، اتصال صحیح سروو موتورها به برد آردوینو است. هر مفصل از بازو توسط یک سروو موتور کنترل می شود و باید به یکی از پایه های آردوینو متصل گردد. علاوه بر تغذیه مناسب برای سرووها (ترجیحاً جدا از تغذیه آردوینو)، پایه سیگنال سرووها باید در کد آردوینو مقداردهی اولیه شوند تا کنترل دقیق روی زاویه ها امکان پذیر باشد.

پس از اتصال سخت افزاری، با استفاده از پورت سریال آردوینو (Serial Monitor)، می توان مقادیر زاویه ای دلخواه را به سرووها ارسال کرد و عملکرد آنها را بررسی نمود. در این مرحله، با تغییر دستی زاویه ها، محدوده های حرکتی هر مفصل مشخص می شود که برای جلوگیری از آسیب به قطعات مکانیکی بسیار مهم است. همچنین می توان زاویه های مرجع (Home Position) را نیز برای هر مفصل تعریف کرد که نقطه شروع حرکات بازو محسوب می شود.

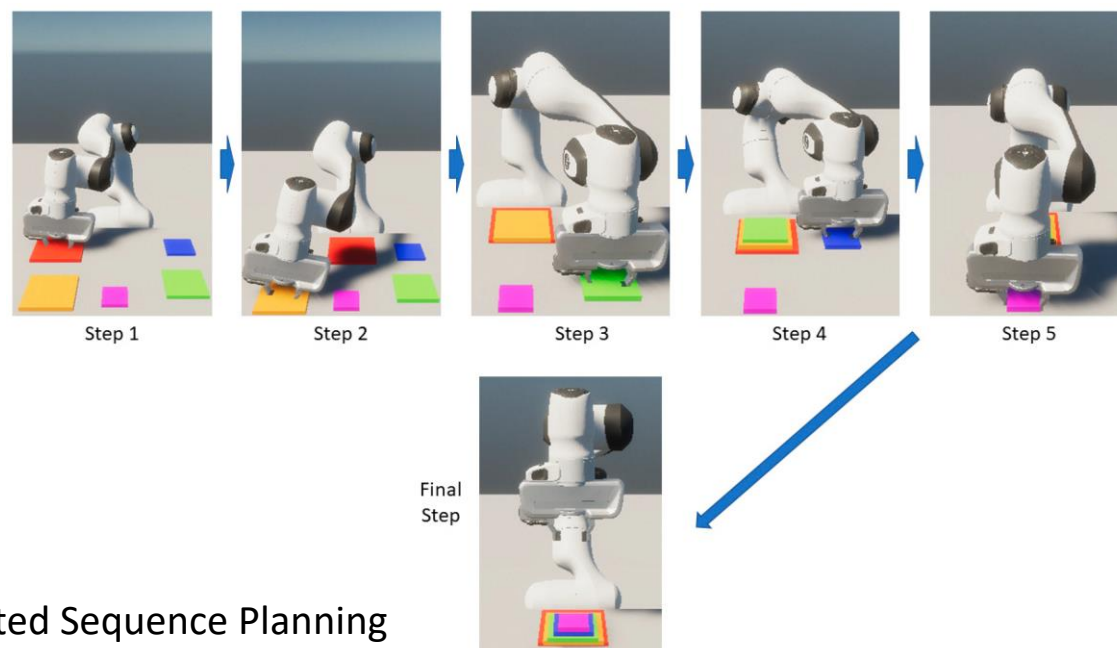
در سطحی پیشرفته تر، می توان از نرم افزار پایتون برای ارسال داده ها به آردوینو از طریق پورت سریال استفاده کرد. این امکان، راه را برای ورود به مباحثی مانند پردازش تصویر (مانند تشخیص اشیاء یا دنبال کردن مسیر با OpenCV و همچنین کنترل هوشمند در حلقه HIL یا Hardware In the Loop هموار می سازد. در این حالت، اطلاعاتی مانند موقعیت اشیاء از طریق دوربین دریافت و پردازش می شود، سپس تصمیم گیری برای حرکت بازو با الگوریتم های هوش مصنوعی انجام شده و در نهایت دستورات به آردوینو ارسال می گردد.



تعریف حرکات پیش فرض (PRESET MOVEMENTS)



برای ساده‌سازی کنترل بازو، می‌توان مجموعه‌ای از حرکات از پیش تعریف‌شده یا (preset movements) را در کد آردوینو تعریف کرد. این حرکات می‌توانند شامل باز و بسته شدن گیره، حرکت به سمت چپ یا راست، یا اجرای یک روتین خاص باشند. این روش برای آزمایش سیستم و آموزش بسیار مفید است. هر حرکت پیش‌فرض معمولاً شامل مجموعه‌ای از دستورات برای تنظیم زاویه سروو موتورها با تاخیرهای زمانی است تا یک حرکت پیوسته شبیه‌سازی شود.



Automated Sequence Planning

کنترل بازوی رباتیک با آردوینو (آشنایی با نحوه ارتباط WIRELESS با آردوینو)

این ربات متشکل از یک ساختار مکانیکی و سه سرو موتور فلزی است که باعث میشود رباط شامل سه درجه آزادی باشد و بخش کنترلر این ربات از یک آردوینو و دوماژول بلوتوث و وای فای تشکیل شده است.

این ربات از پنج روش زیر میتواند کنترل شود:

- کنترل با بلوتوث و برنامه اندروید
- کنترل با بلوتوث و برنامه متلب
- کنترل از طریق بستر rs485 و برنامه ی متلب
- کنترل با پتانسیومتر
- کنترل با ریموت RF ۸ کانال



ارتباط بی سیم با ماژول بلوتوث



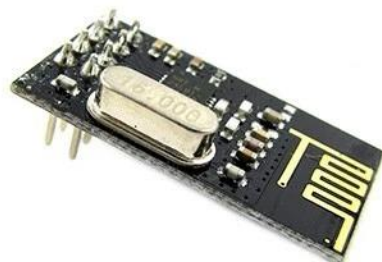
با افزودن ماژول بلوتوث مانند HC-05 یا HC-06 به پروژه، می توان بازوی رباتیک را از طریق تلفن همراه یا کامپیوتر کنترل کرد. ماژول بلوتوث از طریق UART به آردوینو متصل شده و داده های دریافتی را به کد آردوینو منتقل می کند. با استفاده از اپلیکیشن های ساده ای که برای بلوتوث طراحی شده اند (مانند **Arduino Bluetooth Controller** یا **Blynk**)، می توان دستورات حرکتی را به آردوینو ارسال کرد و کنترل بازو را به صورت بی سیم و لحظه ای انجام داد.



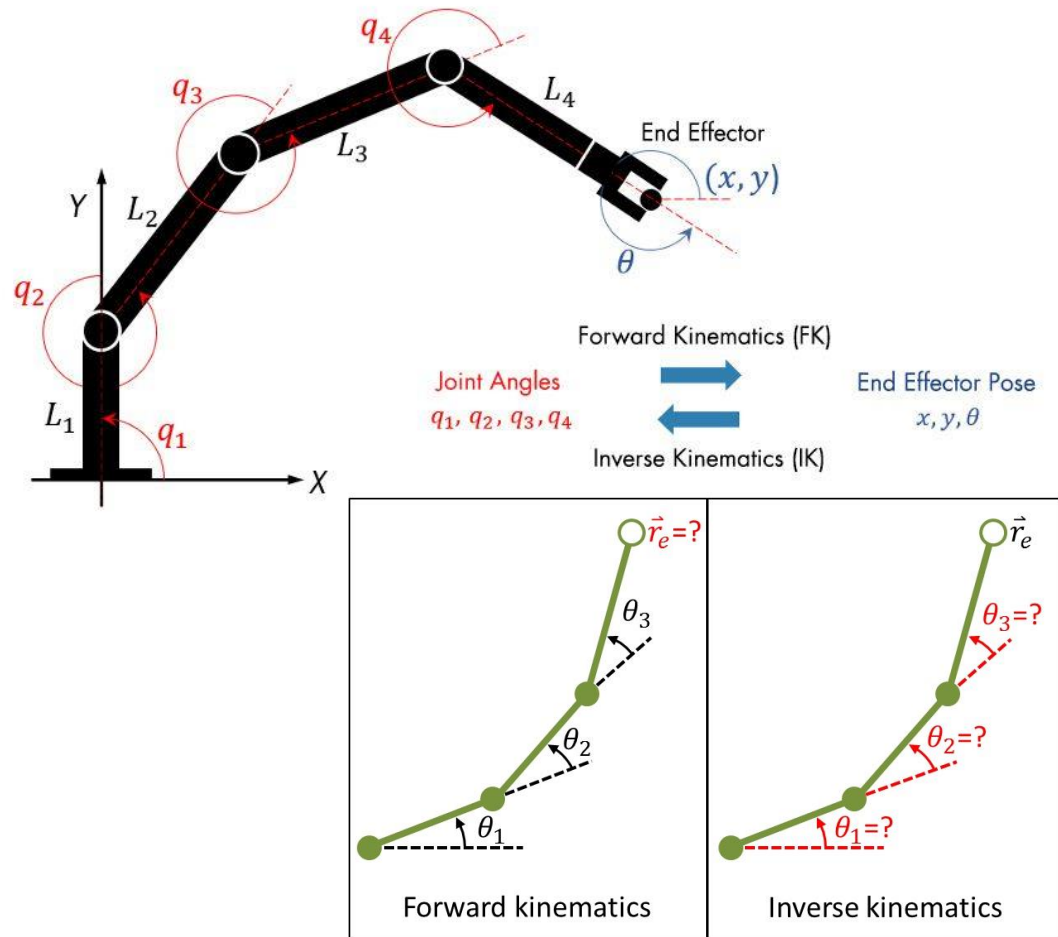
IOT

ارتباط از راه دور با ماژول RF

در صورتی که نیاز به کنترل از فاصله بیشتر و بدون وابستگی به بلوتوث دارید، استفاده از ماژول‌های RF مانند nRF24L01 یا ماژول‌های 443MHz می‌تواند گزینه مناسبی باشد. این ماژول‌ها بر پایه ارسال و دریافت اطلاعات با امواج رادیویی عمل می‌کنند. برای راه‌اندازی، معمولاً یک برد آردوینو به عنوان فرستنده و دیگری به عنوان گیرنده عمل می‌کند. با استفاده از کتابخانه‌هایی مانند RadioHead یا RF24، می‌توان داده‌های حرکتی را رمزگذاری و ارسال کرد تا بازو از راه دور از طریق ریموت قابل کنترل باشد.



INVERSE KINEMATICS



یکی از مباحث پیشرفته در کنترل بازوی رباتیک، مسئله Inverse Kinematics (سینماتیک معکوس) است. در این روش، به جای مشخص کردن زاویه موتورها، مختصات نقطه‌ای که بازو باید به آن برسد داده می‌شود و سیستم به صورت ریاضی، زاویه‌های لازم را محاسبه می‌کند. برای مثال، اگر بخواهید سر بازو به نقطه‌ای با مختصات (X, Y, Z) برسد، باید با استفاده از روابط سینماتیکی، زاویه‌های مفاصل مختلف را محاسبه کنید. این محاسبات معمولاً با استفاده از توابع مثلثاتی و جبر خطی انجام می‌شود و پیاده‌سازی آن در آردوینو چالش برانگیز ولی بسیار ارزشمند است.

رای پیاده‌سازی Inverse Kinematics، ابتدا باید مدل هندسی بازوی رباتیک خود را به صورت دقیق بشناسید (طول لینک‌ها، زاویه‌های مجاز، محدودیت‌های فیزیکی و غیره). سپس با نوشتن الگوریتمی برای تبدیل مختصات به زاویه‌ها، می‌توان این الگوریتم را در آردوینو پیاده کرد. برخی از کاربران از کتابخانه‌های خاص برای ساده‌سازی این روند استفاده می‌کنند، اما در بسیاری از پروژه‌های دانشجویی، انجام محاسبات دستی و سپس پیاده‌سازی آن در قالب توابع، تجربه آموزشی بسیار مفیدی خواهد بود.

<https://www.youtube.com/watch?v=Q-UeYEpwXXU>

راه های ارتباطی و لینک های مربوط به دوره

در صورت وجود هرگونه ابهام و مشکل در حین دوره میتوانید از راه های زیر با بنده در ارتباط باشید:

theheidari@gmail.com

در تلگرام و ایتا [@xheidari](https://t.me/xheidari)

<https://www.linkedin.com/in/xheidari/>

در ضمن تمامی محتوای ارائه شده دوره به تدریج در گروه تلگرامی و لینک گیت هاب دوره آپلود میشود:

<https://github.com/xheidari/ArduinoCourse>

شبیه سازی ها در سایت Tinkercad انجام خواهد شد و در لینک زیر شبیه سازی های انجام شده در کلاس قرار میگیرد:

<https://www.tinkercad.com/joinclass/KD54P7ADW>

با تشکر از توجه شما!