طراحی ، شبیه‌سازی و برنامه نویسی مدارات الکترونیکی سامانه شبیه‌ساز بلدوزر کوماتسو

محسن نوروزی ، دانشجوی دکتری هوش مصنوعی ، دانشگاه صنعتی شاهرود

کاظم محمدی ، کارشناس ارشد مهندسی مکاترونیک

هومن بدیعی مقدم ، دانشجوی کارشناسی ارشد سیستمهای الکترونیک دیجیتال ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

Archive of SID

چکیده

با توجه به رشد سریع دانش و فناوری در تمام زمینه‌های کاربردی از جمله صنایع دفاعی و امنیتی ، فراهم نمودن ساز و کارهای تحقیقات از جمله مواردی است که نیاز آن روز به روز بیشتر احساس می‌شود . ازآنجا که تحقیقات در حوزه فناوریهای نو همواره نیازمند هزینه‌های فراوانی است لذا کمبود روش‌هایی که در عین مؤثر بودن و داشتن کارایی بالا هزینه‌های کمتری را نیز تحمیل نماید ، حس می‌شود . امروزه با رشد روز افزون فناوری اطلاعات و گسترش توانایی سیستم‌های کامپیوتری ، استفاده از روش‌های شبیه‌سازی بسیار پرکاربرد و مرسوم گردیده است.

هدف از این پژوهش طراحی و شبیه سازی واحد های الکترونیکی شبیه ساز بلدوزر کوماتسو می باشد. این پروژه تحت عنوان پروژه کسری خدمت توسط سپاه پاسداران انقلاب اسلامی طرح شده است و شامل قسمت های نرم افزاری ، مکانیکی و الکترونیکی می باشد.

این مقاله در برگیرنده بخش مدارات میکروکنترلری و الکترونیکی این شبیه ساز می باشد.

قسمت الکترونیکی این شبیه ساز شامل مدارات میکروکنترلری به عنوان پردازشگر اصلی ، مدارات کنترلی مربوط به جک ها ، مدار واسط برای ارتباط با رایانه و مدارات تغذیه ولتاژ پایین می باشد .

در ابتدا با طرح مقدمه ای درباره شبیه ساز ها و مزیت های استفاده از آن قصد داریم خواننده را با مقوله شبیه سازی بیشر درگیر کنیم . در ادامه در بخش مرورکارهای پیشین به بررسی شبیه سازهای طراحی شده در این حوزه در سطح دنیا می پردازیم . در ادامه مقاله نیز روند اجرای طراحی مدارات دیجیتال و میکروکنترلری شبیه ساز می پردازیم و با بررسی نتایج شبیه سازی به نتیجه گیری کلی درباره این پروژه می پردازیم .

کلیدواژه‌ها : میکروکنترلر ، مدار واسط ، کنترلر ، ارتباط سریال ، مدار تغذیه

www.SID.ir

۱- مقدمه

شبیه‌سازی به مجموعه گسترده‌ای از روش‌ها و برنامه‌ها اطلاق می‌گردد که از رفتار سیستم‌های واقعی تقلید می‌کند ، شبیه‌سازهای آموزشی نقش اساسی در ارتقاء سطح آموزش ایفاء کرده و در بسیاری موارد همانند آموزش خلبانی بالگردها و بال ثابت‌ها ، هدایت انواع شناورهای سطحی و زیرسطحی ، رانندگی خودروهای زرهی و ترابری و غیره ، نقشی موثر در کاهش هزینه ها و بالا بردن سطح آموزش نیروی کار دارند. ساعت آموزش در شبیه‌ساز همانند ساعت تمرین با دستگاه واقعی منظور می‌گردد . به‌طورکلی هدف از ساخت شبیه‌ساز آموزشی ، ایجاد محیط آموزشی نزدیک به شرایط واقعی است به صورتی که انسان احساس می‌کند در شرایط واقعی قرارگرفته است که یکی از پارامترهای این امر ، القاء حس واقعیت محیط و شبیه‌سازی حرکات در شرایط واقعی می‌باشد و به عنوان بخشی از آموزش‌های تخصصی مورداستفاده قرار می‌گیرند.

مزایای استفاده از شبیه‌سازهای آموزشی:

- ✓ عمق‌بخشی و اثربخشی آموزش
- ✓ کاهش خطرات آموزش
- ✓ کاهش استهلاک وسیله واقعی ، هزینه‌ها و زمان آموزش
- ✓ امکان آموزش در شرایط اضطراری و شرایط مختلف جوی
- ✓ عدم محدودیت زمانی برای آموزش
- ✓ تکرارپذیری و امکان مرور مجدد
- ✓ امکان تست و ارزیابی آموزش
- ✓ تنوع آموزش‌های موردنیاز و تنوع سطوح آموزش
- ✓ جایگزین نمودن آموزش‌های مدرن به‌جای آموزش‌های سنتی
- ✓ افزایش بهره‌وری و کیفیت آموزش با ریسک پایین

با توجه به قیمت بالای ماشین‌آلات مهندسی و خطای فراگیر ممکن است موجب خسارت جانی یا مالی سنگین گردد ، بنابراین استفاده از شبیه‌ساز در فرایند آموزش نیروی کار می تواند تاثیر بسزایی در کیفیت یادگیری داشته باشد .

مزایای استفاده از شبیه‌ساز بولدوزر کوماتسو :

- ✓ صرفه‌جویی در هزینه‌ها
- ✓ جلوگیری از وارد آمدن خسارت به دستگاه ، توسط فراگیران مبتدی حین آموزش
- ✓ صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌های آموزش
- ✓ ایمنی فراگیر حین آموزش
- ✓ ایجاد موقعیت برای تمرین در شرایط مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

۲- مرور کارهای پیشین

برای این شبیه‌ساز نمونه داخلی وجود ندارد و نمونه‌های خارجی به دلیل تکنولوژی و هزینه بالا در دسترس نیست . لذا با توجه به موارد یادشده چند نمونه از شبیه‌سازهای موجود خارجی را معرفی می‌نماییم.
ازجمله شرکت‌های تولیدکننده شبیه‌سازهای کاوشگر که شامل تمام ماشین‌آلات سنگین راه‌سازی می‌شود میتوان به شرکت های Valmet ، Simlog ، Tenstar اشاره کرد [۱] که سابقه طولانی در طراحی شبیه ساز های ماشین آلات سنگین دارند . چند شرکت دیگر اقدام به ساخت شبیه‌سازهای آموزشی برای دستگاه‌هایی مانند جرثقیل ، لودر ، بیل مکانیکی و سایر ماشین‌آلات نموده‌اند که هرکدام ویژگی‌های ساخت ، نرم افزاری و همچنین رابط کاربری متفاوتی دارند .
ازجمله ویژگی‌های اصلی این شبیه‌سازها می‌توان به موتور اختصاصی سه‌بعدی ، انعطاف‌پذیری ، محیط آموزشی تحت شبکه، سازگاری ویژگی ها با نیاز مشتری ، پشتیبانی مناسب ، چندکاربره بودن و انجام تمرینات در مقیاس وسیع اشاره نمود [۲] .
این نمونه از شبیه ساز برای اولین بار در ایران تحت عنوان پروژه کسری خدمت توسط سازمان جهاد خودکفایی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی مطرح شده است و شامل بخش های مختلفی از قبیل نرم افزار ، مکانیک ، الکترونیک می باشد . در این مقاله تنها بخش الکترونیک شبیه ساز که شامل طراحی مدارات تغذیه ، مدارات میکروکنترلری ، مدارات واسط و مدار کنترل کننده جک ها می باشد به صورت خلاصه مورد بررسی قرار می گیرد .
امید است با انتقال این دانش فنی این پروژه گامی برای توسعه این صنعت نوظهور در ایران برداشته شود .

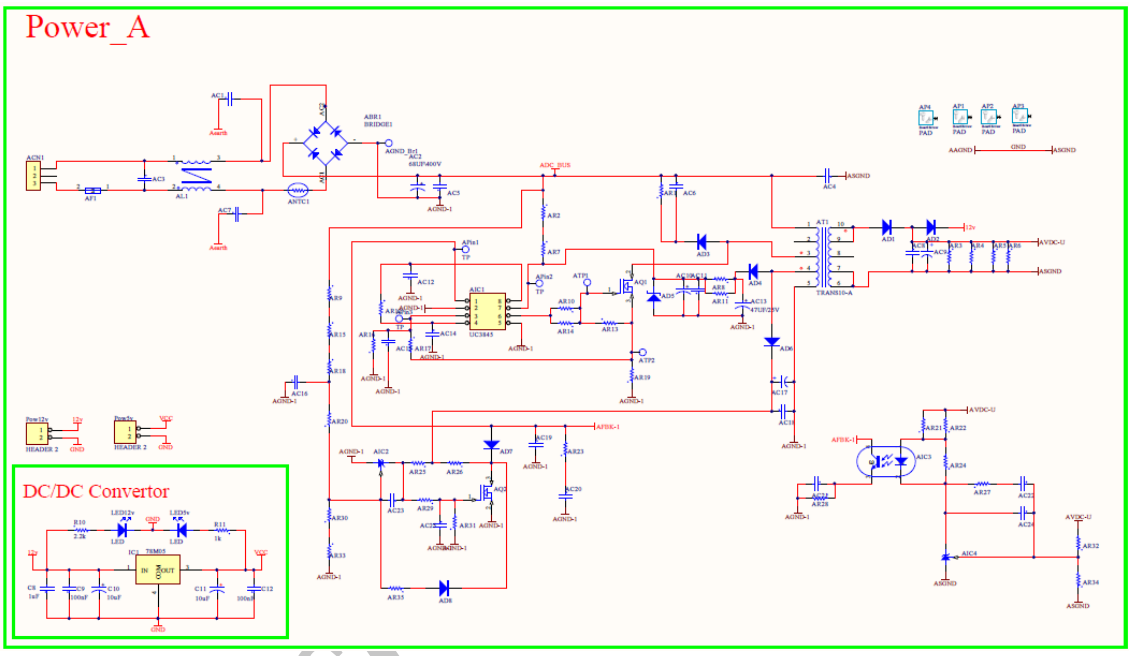
۳- طراحی شماتیک منبع تغذیه

اولین بخش طراحی مدارات دیجیتال ، مربوط به طراحی یک منبع DC با ولتاژ ۵ ولت برای تغذیه مدارات میکروکنترلری و همچنین اعمال ولتاژ ۱۲ ولت برای قطع و وصل رله های مربوط به مدار فرمان جک های هیدرولیکی می باشد .
همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود ، این منبع تغذیه از نوع سویچینگ بوده که با کلید زنی یک ماسفت نوع N و اعمال این ولتاژ به یک ترانس ، ولتاژ ۱۲ ولت مورد نیاز تولید خواهد شد .
مدارات تغذیه سویچینگ برخلاف منابع تغذیه خطی، نقش کلیدی را به عهده دارد که با فرکانسی حدود ۵۰ کیلو هرتز یا بیشتر بین وضعیت قطع و اشباع در نوسان است که این خود سبب کاهش تلفات ترانزیستور می گردد .نسبت ولتاژ خروجی به ورودی را می توان با تغییر نسبت زمان روشن بودن به زمان خاموش بودن ترانزیستور تعیین کرد . در نقطه مقابل، در یک منبع تغذیه خطی برای دستیابی به ولتاژ دلخواه باید قسمتی از ولتاژ ورودی روی ترانزیستور افت کرده و تلف شود .بازده بالا مزیت اصلی یک منبع تغذیه سوئیچینگ است. هنگامی که بازده بالاتر، ابعاد کوچک تر و وزن کم تر مد نظر باشد منابع تغذیه سوئیچینگ جایگزین منابع

www.SID.ir
Archive of SID

تغذیه خطی می شوند . منابع تغذیه سوئیچینگ پیچیده تر هستند و اگر جریان ورودی به آنها به خوبی فیلتر نشود می تواند نویز ایجاد کند.

این منبع که ولتاژ و جریان مورد نیاز برای قطع و وصل بوبین رله های مدار فرمان را تولید می کند به صورت غیر مستقیم برای تولید ولتاژ مدار میکروکنترلری ، مدار واسط و پنل مورد استفاده قرار می گیرد . این مدار علاوه بر تولید ولتاژ ۱۲ ولت وظیفه تولید ولتاژ ۵ ولت به وسیله یک رگولاتور خطی را نیز برعهده دارد.



شکل ۱ : شماتیک منبع تغذیه سویچینگ

۴- طراحی شماتیک مدارات میکروکنترلری

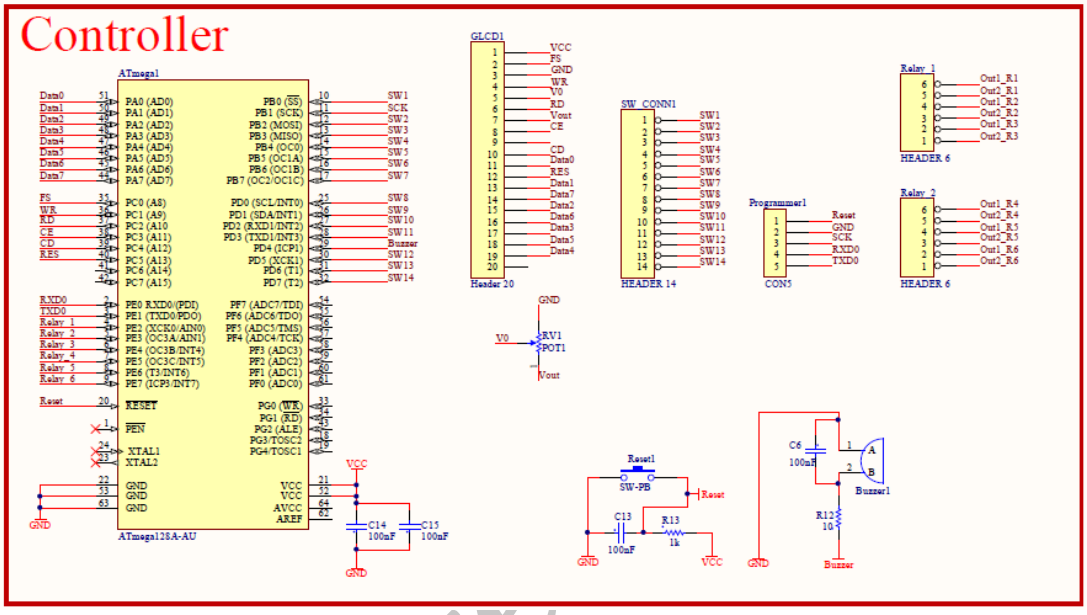
در این طراحی برای کنترل فرایند دستگاه از یک میکروکنترلر AVR سری ATmega128A استفاده شده است. میکروکنترلر با دو پین RXD و TXD به واحد مدار واسط متصل شده است که وظیفه دریافت و ارسال داده از طریق مدار واسط با رایانه را بر عهده دارد .

در بخش نرم افزار این پروژه از یک پورت سریال رایانه به عنوان درگاه ارتباطی برای تبادل داده بین میکروکنترلر و رایانه استفاده شده است . میکروکنترلر با ارسال داده از طریق پورت سریال کلید هایی که توسط کاربر بر روی پنل شبیه ساز فشار داده می شود به رایانه منتقل می کند تا شرایط شبیه ساز مطابق با خواسته کاربر از طریق نرم افزار تغییر کند.

ازطرف دیگر نرم افزار با ارسال اطلاعات مربوط به سرعت و دنده به میکروکنترلر این امکان را می دهد تا اطلاعات بر روی یک نمایشگر گرافیکی ۷ اینچی متصل به میکروکنترلر برای کاربر نمایش داده شود .

www.SID.ir

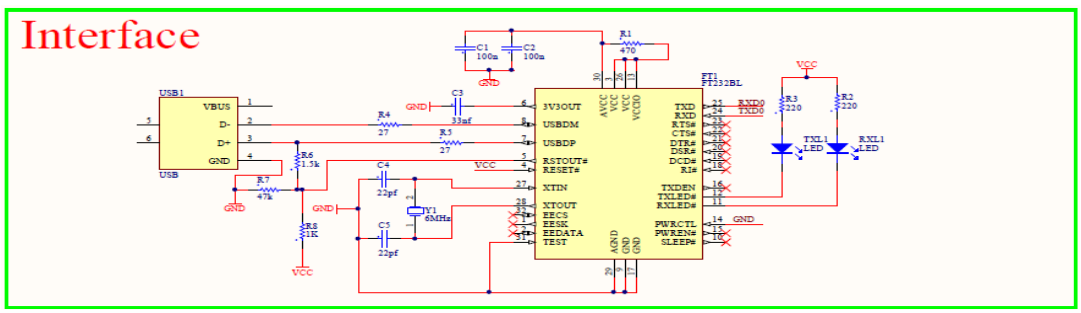
همانطور که در شکل ۲ نمایش داده شده پنج عدد سوکت پل ارتباطی میکروکنترلر با دیگر بخش هـای مـدار می باشد.



شکل ۲ : شماتیک مدارات میکروکنترلری

۵- طراحی شماتیک مدار واسط

مدار واسط طراحی شده در این پروژه ، از طریق ایجاد یک پورت کام مجـازی در رایانـه و اتصـال از طریـق درگاه USB ، امکان ارتباط سریال بین میکروکنترلر و رایانه را فراهم خواهد کـرد . همـانطور کـه در شـکل ۳ نمایش داده شده است ، این مـدار شـامل یـک ای سـی FT232 مـی باشـد کـه بـا دو پـین RXD و TXD بـه میکروکنترلر متصل شده است . جزییات مربوط به نحوه تنظیم سـرعت ارتبـاط و پروتکـل ارتبـاطی در بخـش برنامه نویسی میکروکنترلر ، توضیح داده خواهد شد.



شکل ۳ : شماتیک مدار واسط

Archive
www.SID.ir

۶- برنامه نویسی میکروکنترلر

روال کلی برنامه به این شکل می باشد که با روشن شدن کنترلر و نمایش پیام خوشآمد گویی ، میکروکنترلر شروع به ارسال کاراکتر @ میکند و منتظر می ماند تا رایانه پس از دریافت این کاراکتر ، در پاسخ کاراکتر @ را برای میکرو ارسال کند . در این صورت میکروکنترلر متوجه خواهد شد که ارتباطش با رایانه برقرار است و یک پیغام مبنی بر متصل شدن USB به مدت سه ثانیه بر روی نمایشگر نشان داده خواهد شد.

پس از طی این مرحله ، میکرو وارد کد های اصلی می شد . در بخش کد های اصلی برنامه به صورت مداوم وضعیت کلید های فشار داده شده و داده دریافت شده از طریق پورت سریال چک می شود.

در صورت فشار دادن هر یک از کلید ها و رها کردن آن ، میکروکنترلر با دریافت سیگنال از کلید ها ،دایره مربوط به کلید را بر روی صفحه نمایش توپر خواهد کرد و یک دستور پیش فرض از طریق پورت سریال برای نرم افزار ارسال میکند تا نرم افزار از فشار داده شدن این کلید آگاه شود .

دستور ارسالی برای هر کلید شامل اسم کلید و وضعیت آن است ، برای مثال در صورتی که نرم افزار دستور @SW_10=1 را از میکروکنترلر دریافت کند ، به معنای آن است که کلید ۱۰ فشار داده شده است و وضعیت کنونی آن فعال میباشد .

در صورتی که بار دیگر این کلید فشار داده شود ، دایره مربوط به کلید متناظر بر روی نمایشگر به صورت خالی در خواهد آمد و کد دستوری @SW_10=0 برای رایانه ارسال خواهد شد . این بدین معنا است که کلید شماره ۱۰ فشار داده شده است و وضعیت کنونی آن غیر فعال می باشد.

در بخش دیگر برنامه میکروکنترلر ، تمام داده های دریافت شده از طریق پورت سریال چک خواهند شد . در صورتی که کاراکتر S دریافت شود ، میکرو دو عدد دیگر به عنوان سرعت بولدوزر از رایانه دریافت میکند و روی صفحه نمایش نشان میدهد .

در صورتی که کاراکتر G دریافت شود میکرو بلافاصله دو کاراکتر دیگر دریافت می کند ، کاراکتر اول نشان دهنده نوع دنده (جلو یا عقب) و کاراکتر دوم عدد دنده می باشد . میکرو با دریافت این داده ها ، وضعیت دنده را بر روی صفحه نمایش نمایش خواهد داد .

در صورتی که کاراکتر R دریافت شود ، میکروکنترلر دو کاراکتر دیگر بلافاصله پس از کاراکتر R از رایانه دریافت خواهد کرد. این دو کاراکتر شامل دو عدد خواهد بود ، عدد اول نشان دهنده شماره رله مدار فرمان هیدرولیکی و عدد دوم نشان دهنده وضعیت رله خواهد بود . در صورتی که عدد دوم صفر باشد به معنای قطع رله و عدد یک به معنای وصل کردن رله خواهد بود . برای مثال درصورتی که دستور R51 از رایانه دریافت شود به معنای این است که رله پنجم باید وصل شود و درصورت دریافت عدد R50 رله پنجم قطع خواهد شد

این سبک پروتکل ارتباطی در بستر ارتباط سریال به عنوان پایه اولیه برنامه نویسی شبیه ساز ، برای ارتباط پنل کابین شبیه ساز با نرم افزار در نظر گرفته شده است و در ورژن های بعدی شبیه ساز توسعه پیدا خواهد کرد . در ادامه مقاله به بررسی شبیه سازی نتایج برنامه نویسی در نرم افزار پروتوس می پردازیم .

Archive of SID
www.SID.ir

۷- شبیه سازی

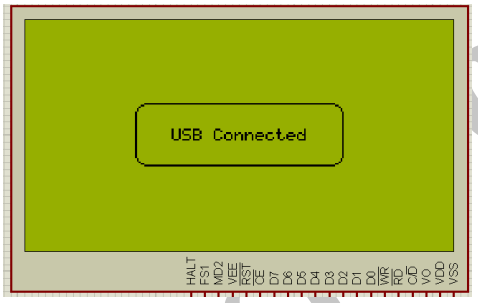
شبیه سازی برنامه نویسی و عملکرد کلی سخت افزار در محیط نرم افزاری پروتوس انجام شده است. برنامه نویسی میکروکنترلر در محیط نرم افزاری CodeVisonAVR انجام شده است . اجزای این شبیه سازی شامل میکروکنترلر ، Virtual serial Port، کلید ها ، نمایشگر دستگاه و ال ای دی به جای رله های فرمان مدار هیدرولیک است. این نرم افزار قابلیت بررسی برنامه و اطمینان حاصل کردن از درستی برنامه میکروکنترلر را به کاربر می دهد. در ابتدا اجرای شبیه سازی برنامه وارد خطوط مربوط به تشخیص درستی ارتباط با رایانه خواهد شد . در این حالت در پنجره ارتباط سریال مجازی کاراکتر @ مشاهده خواهد شد که نشان از این دارد که میکرو در حال ارسال کاراکتر @ برای رایانه است و منتظر می ماند تا پاسخ خود را دریافت کند.

در این حالت پیام " No USB Connection " بر روی صفحه نمایش نشان داده خواهد شد .

با ارسال کاراکتر @ ازطریق پنجره پورت سریال مجازی میکروکنترلر پیام مبنی بر درستی ارتباط با رایانه را دریافت خواهد کرد و پیام " USB Connected " را بر روی نمایشگر نمایش خواهد داد .

شکل های ۴ و ۵ نشان دهنده نتایج این بخش از شبیه سازی هستند .

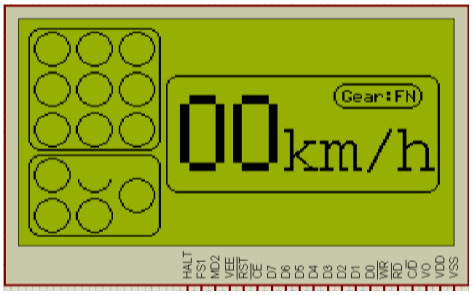
شکل۴ : عدم برقراری ارتباط بین رایانه و میکرو



شکل ۵ : برقراری ارتباط بین رایانه و میکرو

پس از سه ثانیه سیستم وارد اجرای خطوط اصلی برنامه خواهد شد . با ورود به این قسمت از برنامه دایره های متناظر با هر کدام از کلید ها و میزان سرعت و دنده بلدوزر بر روی صفحه نمایش نشان داده خواهد شد .

شکل ۶ نشان دهنده حالت نمایشگر در اجرای این بخش از کد های برنامه نویسی شده می باشد .

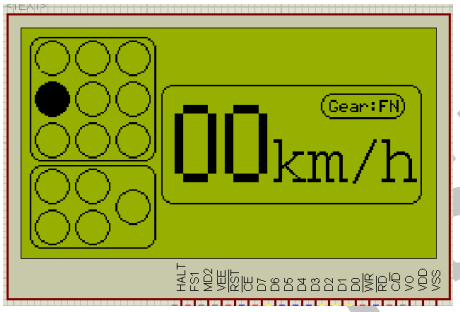


شکل ۶ : منوی اصلی دستگاه

Archive of SID
www.SID.ir

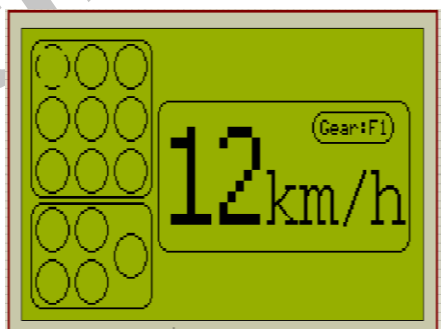
در این حالت با فشار دادن هر یک از کلید ها دایره متناظر با آن کلید توپر خواهد شد و همزمان دستور sw_2=1 برای رایانه ارسال خواهد شد. با فشار دادن مجدد همان کلید دایره مربوط به آن به صورت توخالی در خواهد آمد و همزمان دستور sw_2=0 برای رایانه ارسال خواهد شد. برای تمام ۱۴ کلید طراحی شده در پنل همین فرآیند تکرار خواهد شد .

شکل ۷ نشان دهنده حالتیست که کاربر یک کلید را فشار داده و فعال کرده است .



شکل ۷ : نمایش کلید فشار داده شده توسط کاربر

در حالی که سیستم به صورت دائم وضعیت کلید ها را چک میکند ، همزمان اطلاعات دریافتی از پورت سریال را هم پردازش می کند . این اطلاعات می تواند شامل سرعت و دنده بولدوزر باشد که توسط نرم افزار تشخیص داده شده و به میکرو ارسال می شود . شکل ۸ نشان دهنده حالتیست که سرعت ۱۲ کیلومتر بر ساعت و دنده F1 از طریق رایانه برای میکرو ارسال شده است .



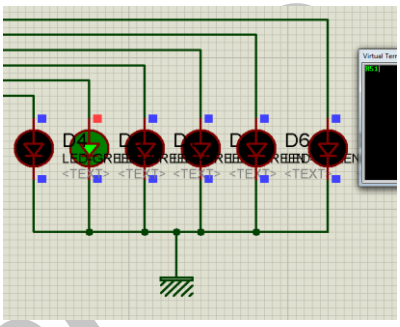
شکل ۸ : نمایش سرعت و دنده

برای کنترل رله های مربوط به روشن و خاموش کردن جک های هیدرولیکی همان طور که در بخش برنامه نویسی میکروکنترلر بیان شد ، با ارسال شماره رله و حالت رله (خاموش یا روشن) پین مربوط به فرمان به رله مورد نظر یک یا صفرخواهد شد.

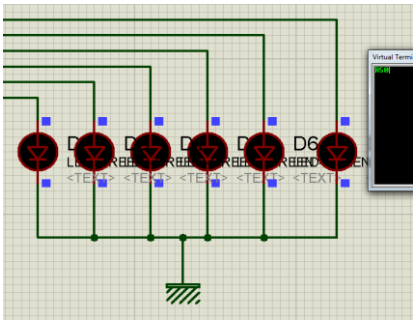
Archive of SID
www.SID.ir

در شکل ۹ با استفاده از دستور R51 که از طریق رایانه برای میکروکنترلر ارسال شده است رله پنجم در حالت روشن قرار خواهد گرفت . در شبیه ساز به جای استفاده از رله کنتاکتوری از ال ای دی برای نمایش واضح تر استفاده شده است.

در شکل ۱۰ نیز دستور R50 ارسال شده است و نتیجه طبق دستور خاموش شدن رله شماره ۵ خواهد بود که در شکل نمایش داده شده است.



شکل ۹ : غیر فعال شدن رله جک



شکل ۱۰ : فعال شدن رله جک

۸- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل شده از شبیه سازی ها این نمونه از شبیه ساز به عنوان شبیه ساز شرایط داخل کابین می تواند نمونه اولیه مناسبی برای طرح ریزی نمونه های کامل تر باشد.

از جمله امکاناتی که در این شبیه ساز رعایت شده است میتوان به فراهم آوردن کلیه امکانات داخل کابین برای کاربر به صورت دیجیتالی اشاره کرد. این امکانات شامل چهارده عدد کلید برای فعال سازی آیتم های متفاوت و قرار دادن یک نمایشگر ۷ اینچی برای نمایش سرعت و دنده به کاربر می باشد .

نرم افزار شبیه ساز توسط گروهی دیگر از محققین تحت عنوان پروژه کسری خدمت توسط سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ارائه شده است . این مقاله شامل قسمت های الکترونیکی و میکروکنترلری کابین شبیه ساز می باش. امید است این تحقیق شروعی برای گسترش فعالیت ها در حوزه طراحی شبیه ساز ها باشد .

Archive of SID

www.SID.ir

مراجع

[1] Haller, M., Billinghurst, M., and Thomas, B., *Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design*, Idea Group Publishing, Hershey, Pennsylvannia, USA, 2007.

[2] Wakefield, R.R., O'Brien, J.B., and Perng, J., Development and application of real-time 3D simulators in construction training, *Proceedings of the International Conference on Construction Training*, December 16-19, Hong Kong, pp. 298-305, 1996.

Archive of SID

www.SID.ir