



ربات آموزشی برای درس و آزمایشگاه اصول مهندسی برق

Educational Robot for Course and Laboratory of Principles of Electrical Engineering

محمد حسین علوی

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف

محسن رهنورد

شرکت شیوا فن آوران صنعت

mohsenrahnavard@yahoo.com

مهدی وکیلیان

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف

سینا خراسانی

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف

مهدی فرد منش

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

در این مقاله رباتی برای استفاده در آزمایشگاه درس اصول مهندسی برق معرفی می‌شود. درس اصول مهندسی برق به معرفی مفاهیم پایه و بنیادی مهندسی برق به زبانی ساده ولی قابل فهم برای دانشجویان ترم اول مهندسی برق می‌پردازد، و در راستای بازنگری جامع مهندسی برق در دانشگاه صنعتی شریف، و به موازات تحول برنامه درسی دانشگاه‌های پیشرفته جهان، طراحی و تدوین شده است. دانشجویان بطور هماهنگ و همزمان مفاهیم آموخته شده را در آزمایشگاه درس می‌آزمایند. هر آزمایش به طور مستقل به یک مجموعه از مفاهیم مرتبط و نزدیک به هم می‌پردازد و دانشجو با کنار هم قرار دادن اجزا و مدول‌های مورد نیاز و اندازه‌گیری کمیت‌های خواسته شده بطور عملی با آن مفاهیم آشنا می‌شود. در جلسات پایانی آزمایشگاه دانشجویان می‌بینند که چگونه با کنار هم قرار گرفتن اجزا و مدول‌های معرفی شده می‌توان یک سیستم پیچیده را پیاده‌سازی نموده و یک کار واقعی را انجام داد. این سیستم که یک ربات آموزشی است دانشجو را با طراحی سیستم‌های بزرگ آشنا نموده، و حد و مرز و نیز تعاملات بین گرایش‌های مختلف مهندسی برق را نیز به وی نشان می‌دهد. این ربات به گونه‌ای طراحی و ساخته شده است که دانشجوی خلاق می‌تواند بخشی از آن را که متناسب با وظیفه‌ای خاص در یکی از گرایش‌های مهندسی برق است را انتخاب و با مداری که خود طراحی و ساخته است جایگزین نماید. در این ربات مدارات به گونه‌ای انتخاب و پیاده‌سازی شده‌اند که دانشجو با یک نگاه می‌تواند هم نمودار ساختمانی و عملکردی مدار و هم المان‌هایی که برای انجام هر زیر وظیفه مستقل استفاده شده است را مشاهده نماید. ورودی و خروجی مدار و سیگنال‌های مهم آن نیز قابل مشاهده و اندازه‌گیری می‌باشد. در بسیاری از کارهای مشابه از مدارهای سطح بالا و برنامه نویسی میکروکنترلر برای انجام وظایف مورد نظر استفاده شده اما در این سیستم از مدارات الکترونیکی پایه با ساده‌ترین شکل و انجام اتصالات با سیم‌کشی استفاده شده است تا دانشجوی ترم اول در عین سادگی عمیق‌ترین و دقیق‌ترین تصویر ذهنی را از موضوع پیدا نماید. تجربه ارائه این ربات به دانشجویان درس اصول مهندسی برق نشان

داد که کار با این سیستم برای دانشجویان انگیزه‌ای قوی در یادگیری ایجاد نموده، و بسیاری از استادان و دانشجویان از طرح و اجرای این آزمایش اظهار رضایت نمودند.

واژه های کلیدی: ربات آموزشی، آموزش مهندسی برق، مفاهیم مهندسی برق، درس و آزمایشگاه اصول مهندسی برق

1- مقدمه

از میان علوم نوین، مهندسی برق ریشه‌های عمیقی در علوم پایه، بالاخص ریاضی و فیزیک دارد. در سال 1882 اولین درس مهندسی برق در دانشکده فیزیک موسسه فن‌آوری ماساچوست MIT بصورت درس اختیاری ایجاد شد. در سالهای 1903 تا 1940 آموزش مهندسی برق تحت تاثیر صنعت بیشتر بصورت آموزش مهارت‌های مهندسی، واقعیت‌ها و روش‌های مورد نیاز صنعت بود اما پیشرفت‌های اساسی مانند رادیو و رادار بوسیله کسانی که در همین سالها آموزش دیده بودند انجام شد. برنامه آموزشی که بر پرورش مهارت‌های ذهنی بجای آموزش صرفاً واقعیت‌ها و روشها تاکید داشته باشد پس از این سالها تدوین و اجرا شد.

در سال 1978 انجمن مهندسين برق و الکترونیک (IEEE) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) کمیته‌ای باحضور نمایندگان صنعت تشکیل داد و این کمیته برنامه‌ای مدون برای آموزش مهندسی برق را پیشنهاد داد که در آن روی رشد توانایی‌های مهندسی بجای روش‌های مورد نیاز صنعت بازم تاکید شده بود. از سال 1994 بنیاد ملی علوم امریکا National Science Foundation (NSF) کمیته‌هایی را برای بازنگری در برنامه آموزشی تشکیل داد. هدف از تشکیل این کمیته‌ها ایجاد بهبود اساسی در برنامه آموزشی و تدوین نظام آموزشی خلاق برای آموزش مهندسی عنوان شده است [9-1].

یکی از راهکارهایی که برای رسیدن به اهداف برنامه در نظام‌های آموزشی جدید در نظر گرفته شده است، ارائه مفاهیم مهندسی به دانشجویان در بدو ورود به دوره است. در این نظام آموزشی به دانشجو این امکان داده می‌شود تا همراه با فراگیری عمیق پایه‌های مهندسی یک دید کلی نسبت به تمام جوانب مهندسی برق پیدا نماید و خودش بصورت متقابل در بدست آوردن دانش و مهارت مهندسی مشارکت نماید [10-14].

در ایران، دانشجویان رشته مهندسی برق در سال اول تحصیل در مقطع مهندسی صرفاً به تکمیل دانش خود در زمینه ریاضیات و فیزیک می‌پردازند و تا پایان سال اول از کل چهار سال که بخش قابل توجهی از دوره کارشناسی است، با دروس مهندسی برق آشنا نمی‌شوند. با توجه به نقش زمان در نهادینه شدن دانش و مهارت‌های مهندسی به نظر می‌رسد که شروع دروس مهندسی برق و آشنایی با مفاهیم مهندسی برق در سال اول تحصیل در افزایش یادگیری دانش‌جویان این رشته نقش به‌سزایی داشته باشد. از این رو در دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف ضمن بازنگری کلی تمام دروس و سرفصل‌ها، درس جدید و آزمایشگاه اصول مهندسی برق طراحی و اجرا گردید. در این درس دانشجویان ترم اول بطور علمی با مفاهیم کلیه گرایش‌های مهندسی برق آشنا شده و در آزمایشگاه وابسته به آن بطور همزمان با المان‌های پایه روبرو شده و به انجام آزمایش با آنها می‌پردازند.

به عنوان جمع‌بندی مطالب ارائه شده در این درس و نمایش قدرت مهندسی برق در انجام مسایل جهان واقعی و آشنایی با نحوه طراحی یک سیستم چند تخصصی در این رشته رباتی طراحی و ساخته شده است که از خصوصیات جالب و جدیدی برخوردار است. در این ربات دانشجویان بطور عملی مشاهده می‌کنند که چگونه با کنار هم قرار دادن المان‌های مختلف برقی و الکترونیکی معرفی شده در این درس، مانند قطعات یک پازل یک سیستم پیچیده ساخته می‌شود. نکته مهم در طراحی این ربات توجه به آموزش مفاهیم است لذا در این ربات از المان‌های سطح بالا و پیچیده الکترونیک و پردازنده‌ها استفاده نشده است. برای انجام هر وظیفه ساده‌ترین روش عملی انتخاب شده و در پیاده‌سازی مدار آن نیز از ساده‌ترین المان‌ها استفاده شده است. دسترسی دانشجویان به سیگنال‌های مهم و امکان مشاهده آن سیگنال‌ها با دستگاه‌های آزمایشگاه الکترونیک نیز بطور جدی در طراحی این ربات مد نظر بوده است.

شایان ذکر است که تنها یک سال جلوتر از دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه دوک Duke University در ایالات متحده نیز در اقدام مشابهی برنامه درسی مهندسی برق را بازنگری کرده و درسی تحت عنوان مبانی مهندسی برق Fundamentals of ECE را برای ترم اول دانشجویان تدوین نموده است [21]. در این درس نیز مجموع هشت آزمایش به همراه درس در نظر گرفته شده که در آزمایش آخر یک ربات نورپاب Light-tracking Robot را دانشجویان در آزمایشگاه می‌آزمایند. ربات ارائه شده در این مقاله دارای برتری‌هایی نسبت به ربات مذکور و دیگر رباتهای آموزشی مشابه می‌باشد که در بخش 3-1 ذکر می‌شود. [14-20]

2- ساختار درس اصول مهندسی برق

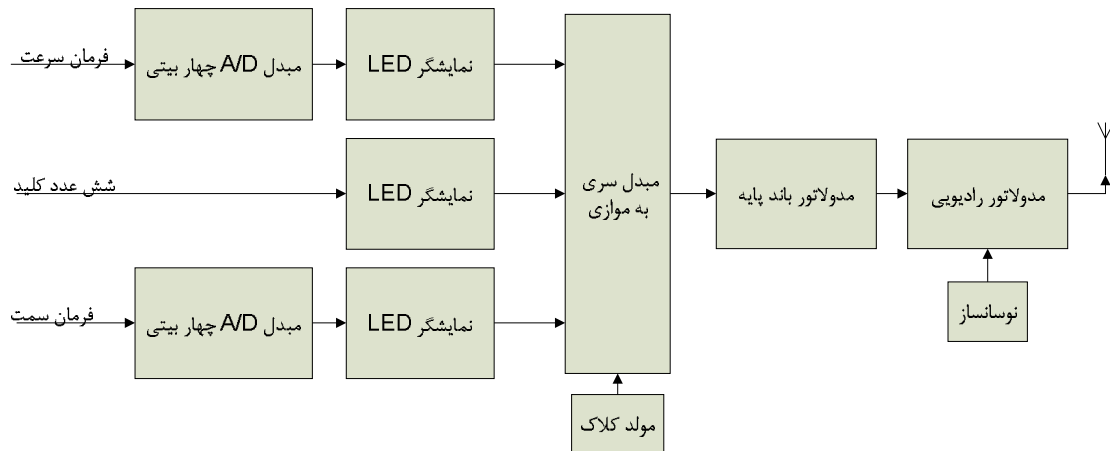
درس اصول مهندسی برق درسی 4 واحدی مشتمل بر معادل 3 واحد کلاس نظری و 1 واحد آزمایشگاه است که برای دانشجویان ترم اول مهندسی برق در نظر گرفته شده است. هدف اصلی از طراحی این درس معرفی و آشناسازی دانشجویان با مفاهیم پایه و بنیادین برق از دیدگاه کاربردی و مهندسی است، به گونه‌ای که دانشجویان بطور مستقیم قادر به درک حسی و تحلیل ریاضی مدارهای ساده الکتریکی و الکترونیکی باشند. مطالب درس در مورد تمام گرایشهای مهندسی برق است و برای هر مبحث آزمایش مناسبی در نظر گرفته شده است. در کلیه آزمایش‌ها مدارهای بکار رفته بصورت مدولار هستند و بسته‌بندی شفاف برای رویت المان‌های واقعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. قابل ذکر است که تمامی محتوای درس اصول مهندسی برق در سایر دروس ترم‌های بعدی به کار برده می‌شود و دانشجو به گونه‌ای مطالب را می‌آموزد که از تکرار مطالب تدریس شده در خلال دروس بعدی اجتناب می‌گردد. نکته دیگر آشنایی دانشجویان با نرم‌افزار SPICE در شبیه‌سازی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی است و دانشجو نتایج آزمایش عملی و نتایج حاصل از شبیه‌سازی را باهم مشاهده می‌نماید.

دانشجو با گرایش‌های گوناگون مهندسی برق از طریق رایبه مفاهیم و کاربردهای جذاب در مخابرات، قدرت، میکروالکترونیک، مهندسی پزشکی، و کنترل، در سطحی که قابل درک و فهم دانشجوی ترم اول باشد آشنا خواهد گردید. نیز ضمن دعوت از استادان منتخب گرایش‌های مختلف برای رایبه سخنرانی و تشویق دانشجویان برای شرکت در سخنرانی‌ها، زمینه برای حداکثر بهره‌برداری از فضای ایجاد شده در همان ترم نخست ایجاد می‌گردد تا فارغ‌التحصیلان آینده مهندسی برق دید بسیار عمیق‌تر و گسترده‌تری نسبت به کاربردها و ارتباط تنگاتنگ تئوری و عمل باشند.

در این راستا، آخرین آزمایشی که دانشجو در آزمایشگاه بدان می‌پردازد، بر اساس یک سیستم ربات قابل کنترل از راه دور و در عین حال کاملاً مدولار طرح و تدوین شده است که در دنباله این مقاله به تشریح اجزاء و عملکرد آن، دلایل طراحی چنین رباتی و آزمایشهایی که به وسیله آن قابل انجام است، خواهیم پرداخت.

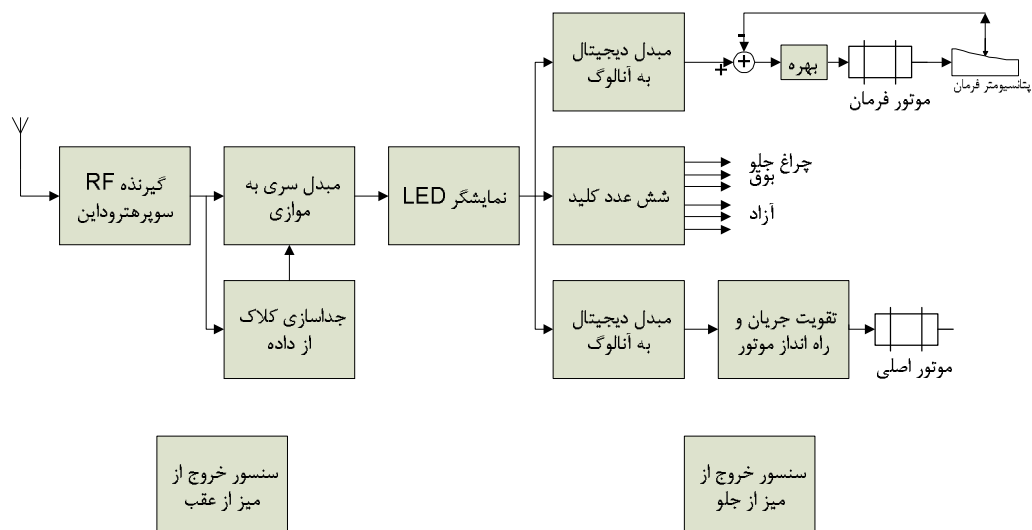
3- معرفی ربات آموزشی

این ربات آموزشی از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول واحد کنترل است که به عنوان کاربر با استفاده از آن بخش خودرو را می‌توان کنترل کرد. بخش دوم ربات است که مانند یک ماشین چهار چرخ فرمان‌های شما را دریافت و انجام می‌دهد. در شکل 1 نمودار ساختمانی واحد کنترل و در شکل 2 نمودار ساختمانی ربات دیده می‌شود:



شکل 1 نمودار ساختمانی واحد کنترل

همانطور که در شکل 1 دیده می‌شود واحد کنترل چند فرمان را برای ربات ارسال می‌نماید. این فرمان‌ها سرعت، سمت و 6 فرمان دیگر بصورت 6 کلید هستند که در سمت چپ شکل نمایش داده شده است. فرمان‌های سرعت و سمت با استفاده از دو مبدل قیاسی به رقمی (A/D) با دقت 4 بیت به رقمی تبدیل می‌شوند. داده‌های رقمی بدست آمده روی نمایشگر دیود نورانی نمایش داده می‌شوند. حال داده‌های رقمی از حالت موازی به متوالی تبدیل شده و پس از آماده سازی برای ارسال در مدولاتور باند پایه مدوله دامنه شده و برای ربات ارسال می‌شوند.

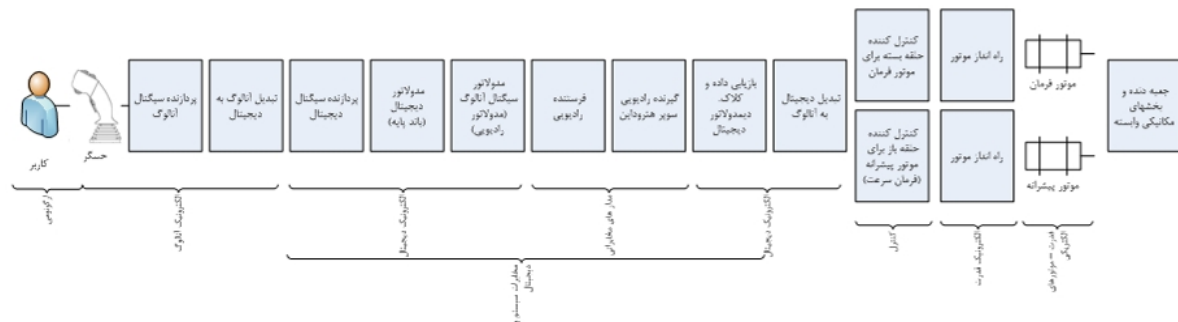


شکل 2 نمودار ساختمانی ربات

شکل 2 نمودار ساختمانی ربات را نشان می‌دهد. در ربات داده‌های ارسال شده از هوا دریافت شده و مجدداً به داده‌های رقمی بصورت متوالی تبدیل می‌شوند. از داده‌های متوالی کلاک و داده استخراج شده و داده‌ها بصورت موازی در آمده و روی نمایشگر دیود نورانی به شکلی شبیه به واحد کنترل به نمایش در می‌آیند. فرمان‌های رقمی متناظر با سمت و سرعت به دو مبدل رقمی به قیاسی (D/A) داده می‌شود تا ولتاژ قیاسی متناسب با فرمان اعمال شده حاصل شود.

دو ولتاژ متناظر با سرعت و سمت به دو سیستم کنترل موتور اعمال می‌شود تا موتور محرک اصلی یا پیشرانه و موتور فرمان در سمت را کنترل نمایند. سرعت ربات بصورت حلقه باز و زاویه فرمان بصورت حلقه بسته کنترل می‌شود.

در شکل 3 نمودار ساختمانی کل سیستم با تکیه بر ارتباط آن اجزا با گرایش‌های مختلف مهندسی برق دیده می‌شود.



شکل 3: در طراحی ربات سعی شده است از گرایشهای مختلف مثالهایی وجود داشته باشد. شکل فوق ارتباط اجزای ربات را با گرایشهای مختلف مهندسی برق نشان می دهد.

همانطور که در شکل 3 دیده می شود در این سیستم از بخش قابل توجهی از مهندسی برق مثالهایی وجود دارد. البته این به معنای پوشش دادن کل مفاهیم این گرایشها نیست بلکه صرفاً یک مثال ساده از هر کدام برای آشنا شدن دانشجو با آن زمینه است. در مراحل بعدی با اضافه کردن ارتباط بیوالکتریکی با کاربر برای هدایت ربات مثالی از مهندسی پزشکی و افزودن باتری خورشیدی و سوختی به عنوان منبع انرژی مثالی از کاربرد انرژیهای نو به سیستم اضافه نمود، اما همچنان بخشهای گوناگونی از مهندسی برق در این سیستم جایی ندارد که از آن زمینه می توان به مهندسی قدرت بخش تولید، انتقال و توزیع، ابرسانی، پردازندههای رقمی برنامه پذیر و ... اشاره نمود.

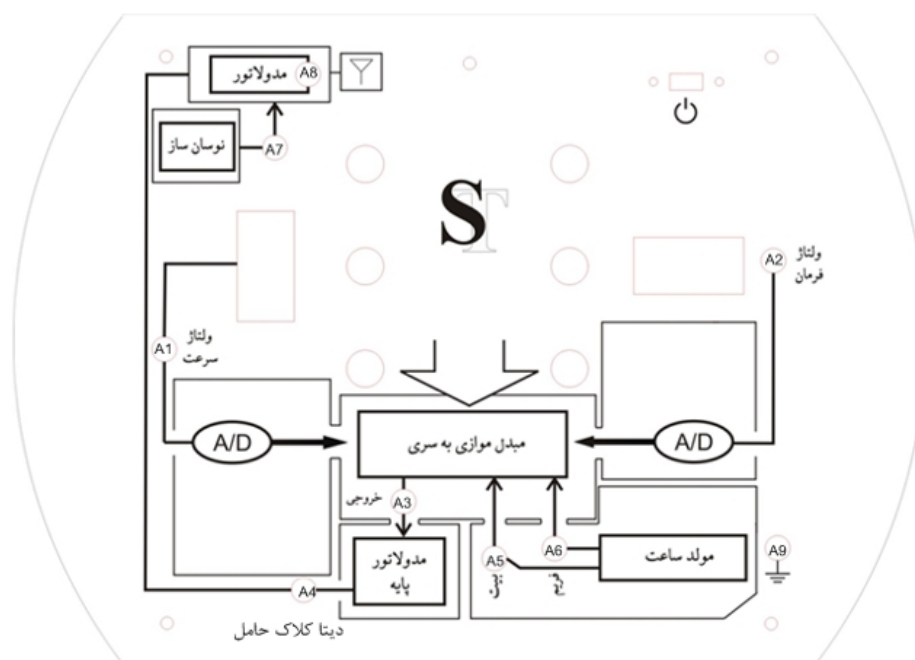
3-1- اصول طراحی این ربات آموزشی

استفاده از ربات برای آموزش در بسیاری از زمینهها و رشتههای مهندسی مرسوم است و دانشگاههای زیادی نیز از این ابزار برای کمک به یادگیری دانشجویان و افزایش عمق دانش ایشان نسبت به موضوعات مطرح شده استفاده می کنند. تقریباً تمامی رباتهایی که برای این منظور در دانشگاهها و شرکتهای ساخته شده اند از الکترونیک سطح بالا و پیچیده برای انجام زیروظیفه های مورد نیاز استفاده کرده اند. در این رباتها پردازشها به وسیله یک میکرو کنترلر انجام می گیرد که برنامه ای از پیش تعریف شده را اجرا می کند و در عین حال قابل تغییر و بازسازی به وسیله دانشجو نیز است. در اینگونه رباتها آموزش و مجال برای ظهور خلاقیت دانشجویان صرفاً در نرم افزار سیستم و به صورت برنامه نویسی خلاصه می شود. ارتباط رادیویی نیز به وسیله مدولهای پیشرفته و نسبتاً پیچیده ای انجام می گیرد که مدولاسیونهای متعدد و امکانات مخابراتی قابل ملاحظه ای برای افزایش کیفیت را در خود جای داده اند. استفاده از فرکانسهای بالا (معمولاً در یکی از باندهای ISM) مشاهده مستقیم سیگنالها را به وسیله اسیلوسکوپهای موجود در آزمایشگاههای عمومی دانشگاه را غیر ممکن می سازد، هر چند که در صورت تامین اسیلوسکوپ مناسب نیز فهم شکل موجها به دلیل پیچیدگیهایی که گفته شد برای دانشجوی تازه وارد امکان پذیر نیست. ما براین باوریم که در صورتی که دانشجو بطور صحیح با مفاهیم اساسی آشنا نگردد در سالهای بعد و حتی در طول دوره کاری به عنوان یک مهندس برق، به دانش عمیق و قابل گسترشی از مهندسی برق دست پیدا نخواهد کرد. بنابراین از باند فرکانسی 27 مگاهرتز و مدولاسیون دامنه استفاده شده است. ربات آموزشی مورد بحث باید دارای ساختار الکترونیکی باشد که دانشجوی تازه وارد بتواند بین الکترونیک بکار رفته، سیگنالهای قابل مشاهده و مفاهیم معرفی شده ارتباط منطقی پیدا نماید و در عین حال یک وظیفه کامل در دنیای واقعی را انجام دهد. برای این منظور ربات آموزشی برای مفاهیم مهندسی برق، طراحی و ساخته شد که دارای توانایی های کاملی شامل: امکان حرکت به جلو و عقب و چرخش به چپ و راست با سرعت و زاویه قابل تنظیم به وسیله کاربر با سطحی از هوشمندی که خروج از میز کار از جلو عقب را تشخیص داده و از این اتفاق جلوگیری می نماید، مانند یک سیستم واقعی، می باشد. ربات مورد بحث در عین حال صرفاً الکترونیکی بوده و از مدارهای ساده الکترونیکی با استفاده از المانهای گسسته یا با تعداد ترانزیستورهای کم (SSI) استفاده می کند. نمودار ساختمانی و مفهومی هر بخش روی صفحه شفاف بالای مدارهای الکترونیکی رسم شده است و دانشجو با یک نگاه می

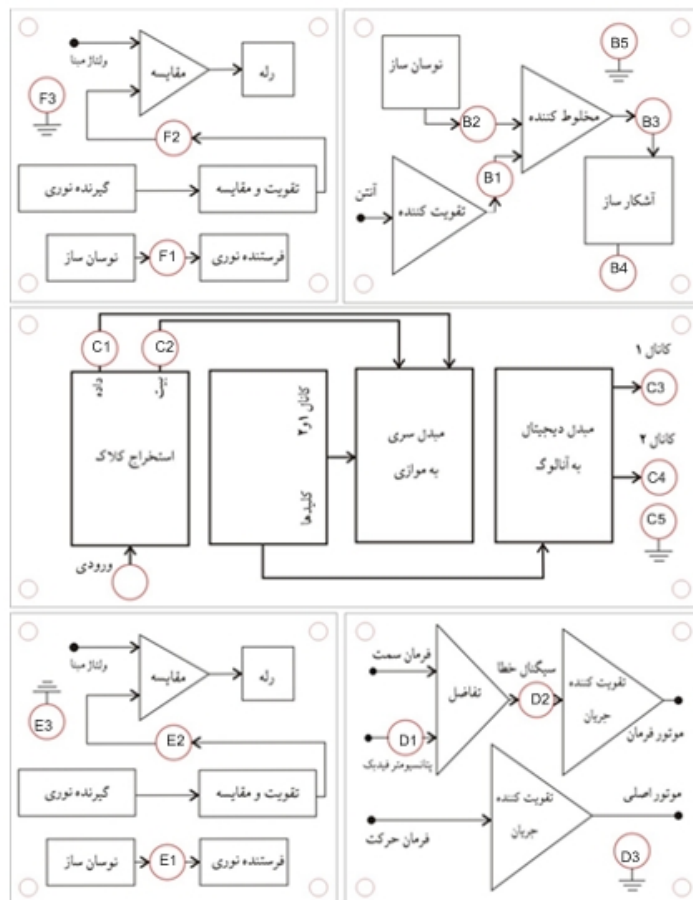
تواند مابانی عملکرد و مدار الکترونیکی متناظر را با هم تطبیق دهد و شکل موج سیگنالهای مهم را بوسیله چراغهای دیود نورانی یا اسیلوسکوپ مشاهده نماید. شکل 3 گستره کاربرد این ربات را نشان می دهد. این ربات آموزشی علاوه بر کمک به آموزش مفاهیم پایه مهندسی برق مفاهیمی مانند ارتباط انسان با ماشین، ارگونومی، طراحی سیستمی و مدولار، طراحی با قابلیت گسترش (Scalability) و نیز ارتباط سیستم الکترونیکی و الکترونیکی با دنیای خارج و تعامل با رشته‌های دیگر مهندسی مانند مهندسی مکانیک را نیز به دانشجو نشان می‌دهد. به این صورت دانشجو تحریک می‌شود تا بجای تفکر تک رشته‌ای (disciplinary) رویکرد سیستمی و چند رشته‌ای (multidisciplinary) در حل مسائل پیش روی خود داشته باشد.

3-2- روش کار با دستگاه ربات آموزشی

مسئول آزمایشگاه ربات را برای دانشجو آماده کار نموده و پس از روشن شدن دستگاه از شکل‌های زیر برای یافتن نقاط خروجی یا آزمون (Test point) استفاده می‌توان کرد:



شکل 4 نمای روی واحد کنترل. محل‌هایی که با A1 تا A9 مشخص شده نقاط خروجی هستند. نقطه خروجی A9 که مشکی رنگ است برای اتصال زمین قرار داده شده است. در قسمت پایین، چپ شکل عبارت "دیتا کلاک حامل" روی یک کلید سه حالت قرار دارد که امکان انتخاب بین دیتا و کلاک برای ارسال رادیویی و نیز ارسال فقط سینوسی حامل روی آنتن را به کاربر می‌دهد. این خصوصیت باعث می‌شود تا هنگام مشاهده سیگنال مدوله شده به وسیله دستگاه طیف‌نما Spectrum analyzer سیگنال و حامل بطور تفکیک شده مشاهده گردد. این کلید در شکل 9 قابل مشاهده است.



شکل 5: نمای روی الکترونیک ربات. مانند واحد کنترل نقاط مشخص شده با حرف و عدد نقاط خروجی مدارات هستند.

3-3- آزمایش‌های قابل انجام به وسیله این ربات

در این بخش تعدادی از آزمایش‌هایی که به وسیله این ربات قابل انجام هستند ذکر شده است. بدیهی است که تمام آزمایش‌های قابل انجام محدود به موارد زیر نمی‌باشد. علاوه بر این ربات به گونه‌ای طراحی شده است که مدول‌های آن قابل جایگزینی هستند و دانشجوی علاقمند می‌تواند بر اساس توانایی و خلاقیت خود روش انجام و پیاده‌سازی هر بخش را تغییر داده و اثر این تغییر را بررسی نماید. **آزمایش 1 آشنایی با حسگر** - برای اخذ فرمان سرعت و جهت از کاربر و ارسال آن به ربات از دو حسگر استفاده شده است. این حسگرها زاویه محور را به ولتاژ الکتریکی تبدیل می‌کند.

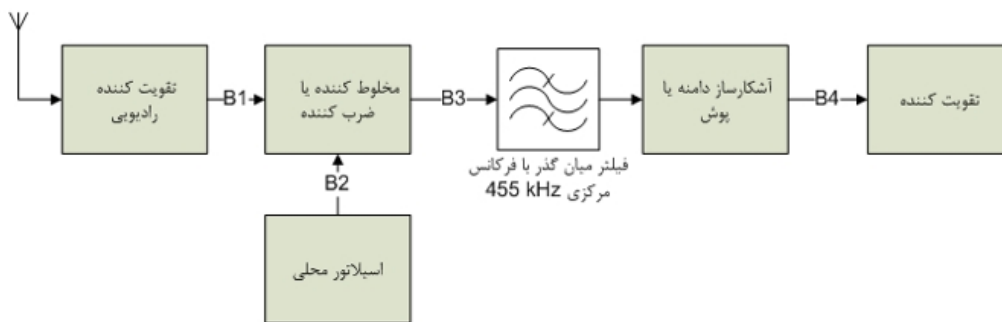
آزمایش 2 آشنایی با مبدل قیاسی به رقمی - ولتاژ خروجی حسگرها با استفاده از مبدل قیاسی به رقمی یا (A/D) با 4 بیت به رقمی تبدیل شده و عدد رقمی حاصل روی چهار عدد دیود نورانی نشان داده می‌شود.

آزمایش 3 تبدیل موازی به متوالی - تا کنون دو کانال فرمان (سرعت و سمت) را با قدرت تفکیک 4 بیت به رقمی تبدیل کرده‌ایم. 6 کلید رقمی نیز روی واحد کنترل تعبیه شده که دوتای آنها برای بوق و چراغ ربات استفاده شده و چهارتای دیگر برای نمایش خلاقیت‌های دانشجویان آزاد گذاشته شده است. بنابراین ما 14 بیت اطلاعات داریم که بصورت موازی هستند. برای انتقال داده‌های مورد نیاز از طریق یک کانال مخابراتی باید این بیت‌های داده به متوالی تبدیل شود. نقطه خروجی A^2 داده‌های فوق را بصورت متوالی نشان می‌دهد.

آزمایش 4 آشنایی با مدولاسیون باند پایه - در حالتی که داده‌های رقمی به صورت متوالی پشت سرهم قرار گرفته‌اند تشخیص بیت‌های مشابه و پشت سر هم مشکل است. مشکل بودن به این معنا نیز هست که هنگام جداسازی آنها مدار الکترونیکی جداکننده به خطا افتاده و کار سیستم مختل می‌شود. به این منظور نمایش دیگری برای بیت‌ها اتخاذ می‌کنیم. هر بیت در این روش با یک پالس نشان داده می‌شود. بیت صفر با عرض کم (زمان کم) و بیت یک با عرض زیاد نشان داده می‌شود (PWM).

آزمایش 5 آشنایی با مخابرات رادیویی - حال اطلاعات برای ارسال برای ربات حاضر است اما این اطلاعات با شکل فعلی قابلیت انتشار ندارد یا بسیار ضعیف است. برای منتشر شدن در هوا باید از یک موج حامل رادیویی با بسامد مشخص استفاده کنیم. برای این منظور سیگنال قبل را $(x(t))$ در یک موج حامل $(\sin \omega t)$ ضرب می‌کنیم. موج مدوله شده $(x(t) \sin \omega t)$ با مدولاسیون دامنه که ساده ترین شکل مدولاسیون و قابل مشاهده به وسیله اسپلوسکوپ است ارسال می‌شود.

آزمایش 6 آشنایی با گیرنده سوپرهتروداین - در این ربات آموزشی برای گرفتن سیگنال ارسالی از واحد کنترل از گیرنده سوپرهتروداین استفاده می‌شود.



شکل 6: نمودار ساختمانی رادیوی سوپرهتروداین نقاط خروجی با B¹ تا B⁴ نشان داده شده است.

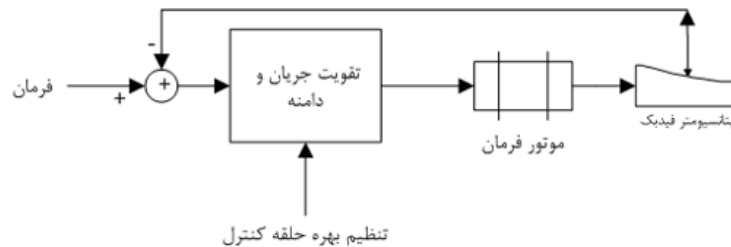
در این روش سیگنال رادیویی پس از تقویت در یک موج سینوسی که به وسیله اسپلاتور محلی تولید می‌گردد ضرب می‌شود. به این صورت دو سینوسی با بسامد مجموع و تفاضل ایجاد می‌شود. این سیگنال پس از عبور از فیلتر میان‌گذر با بسامد مرکزی برابر با بسامد تفاضل اسپلاتور محلی و موج حامل رادیویی که در اینجا 455 کیلوهرتز انتخاب شده است، مولفه مجموع خود را از دست داده و سیگنالی مشابه با سیگنال اولیه بصورت $(x(t) \sin \omega t)$ بدست می‌آید اما بسامد موج حامل آن 455 کیلوهرتز است. این سیگنال پس از عبور از آشکارساز به سیگنال باند پایه تبدیل می‌شود.

آزمایش 7 استخراج داده ها در گیرنده - بخش C در قسمت میانی ربات وظیفه بازیابی داده‌ها از داده‌های متوالی اخذ شده از گیرنده رادیویی را به عهده دارد. این اطلاعات پس از بازیابی روی 14 عدد دیود نوری نمایش داده می‌شود. این دیود نوریها متناظر با دیود نوریهای واحد کنترل هستند. دیود نوریهای متناظر با کانال‌های سرعت و جهت به دو مبدل رقمی به قیاسی اعمال شده و به ولتاژ قیاسی تبدیل می‌شوند.

آزمایش 8 بخش قدرت و راه اندازی موتور حرکتی - معمولاً مدارهای الکترونیکی که سیگنال‌ها را پردازش می‌کنند توان جریان‌دهی کافی برای راه‌اندازی المان‌های قدرت مانند موتورها را دارا نیستند. بنابراین همیشه بخشی به نام راه‌انداز موتور وجود دارد که سیگنال هدایت را به سیگنالی مشابه با توان ارائه جریان بالا تبدیل می‌کند.

آزمایش 9 کنترل زاویه چرخ‌های جلو برای اعمال صحیح فرمان سمت - در این آزمایش دانشجو با مثالی از استفاده از یک سیستم حلقه بسته برای ثابت نگاه داشتن کمیت مورد نظر آشنا می‌شود. در آزمایش قبل اگر زاویه دسته فرمان را روی مقدار مشخصی مثلاً در انتهای یک سمت ثابت نگاه داشته شود، سرعت ربات در شرایط مختلف ثابت نخواهد بود. یعنی اگر سطحی که ربات روی آن حرکت می‌

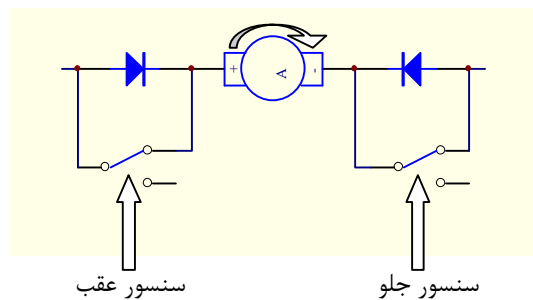
کند شیب مثبت یا منفی داشته باشد سرعت ربات کم یا زیاد خواهد شد، در حالی که فرمان در هر دو حالت یکسان است. در این آزمایش از یک سیستم حلقه بسته برای کنترل زاویه چرخ‌های جلو بر اساس فرمان اعمال شده استفاده می‌شود. روش کار در شکل زیر دیده می‌شود.



شکل 7: سیستم کنترل حلقه بسته برای کنترل زاویه چرخ‌های جلو

در این سیستم یک پتانسیومتر به محور مشترک چرخ‌های جلو متصل شده است، در خروجی پتانسیومتر ولتاژی متناسب با زاویه چرخ ایجاد می‌شود. این ولتاژ از ولتاژ فرمان کم می‌شود. حاصل این عمل سیگنال خطا نامیده می‌شود. ولتاژ خطا پس از تقویت جریان به موتور اعمال می‌شود. در این حالت موتور همیشه به گونه‌ای حرکت می‌کند که ولتاژ خطا صفر شود و در این حالت موتور بی حرکت است. **آزمایش 10 هوشمند سازی ربات -** این ربات مجهز به حسگرهایی برای تشخیص لبه میز و ممانعت از خروج ربات از محدوده میز کار می‌باشد. برای این منظور حسگرهایی در جلو و عقب ربات نصب شده که به دو مدار مشابه در جلو و عقب ربات متصل هستند. این مدار هنگام خروج ربات از لبه میز باعث تحریک یک رله و باز شدن کلید آن می‌شود.

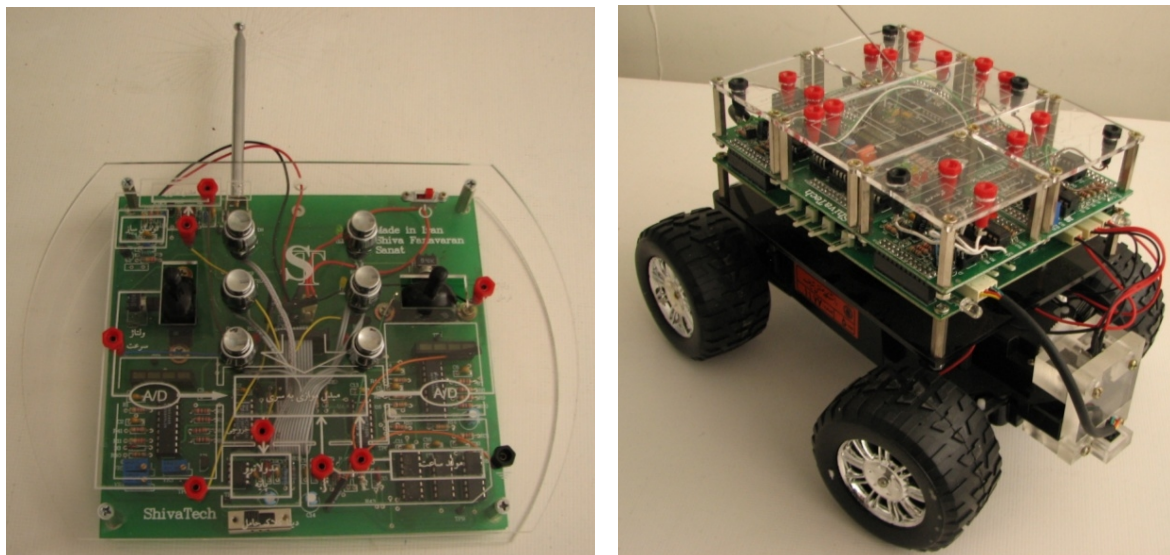
جهت حرکت به جلو



شکل 8: مدار فرمان عدم خروج از میز کار

مطابق دیاگرام شکل 8 در حالتی که ربات از یک سمت از میز خارج شود کلید مربوط باز شده و دیود معکوس باعث حرکت نکردن موتور در آن جهت می‌شود بدون اینکه روی حرکت آن در جهت دیگر اثری داشته باشد. هنگامیکه سنسور جلو یا عقب خروج از میز را تشخیص دهد، رله آن سمت تغییر وضعیت داده و دیود معکوس باعث توقف حرکت در آن سمت می‌گردد.

در شکل 9 تصویری از ربات ساخته شده به همراه واحد فرمان از راه دور دیده می‌شود. نقاط آزمون Test Points در هر دو سیستم به همراه بلوک دیاگرام مدارها دیده می‌شوند.



شکل 9: تصویری از ربات آموزشی به همراه سیستم کنترل

4- اجرای آزمایش و بررسی نتایج

این سیستم در اختیار حدود دویست نفر از دانشجویان پذیرفته شده در رشته مهندسی برق در ترم اول قرار گرفت. دانشجویان در طول ترم با مفاهیم آشنا شده و برخی از المانها و مدارات ساده الکترونیکی قیاسی و رقمی را در آزمایش‌های پیشین آزموده بودند. تجربه کار با این سیستم برای دانشجویان انگیزه‌ای قوی در یادگیری ایجاد نمود و بسیاری از استادان و دانشجویان از طرح و اجرای این آزمایش اظهار رضایت نمودند. ملاحظه شد که انجام آزمایش با ربات علاوه بر ایجاد ارتباط و به هم پیوستگی بین اجزای دانشی که در طول ترم آموخته بودند و کمک به ماندگاری هر چه بیشتر این دانش در ذهن آنها، به شکوفایی خلاقیت فنی آنان کمک شایانی نموده است. پرسش‌های متعدد دانشجویان نشان می‌داد که این سیستم می‌تواند کنجکاوای دانش‌جویان را تحریک کرده و آنان را وادار نماید تا در طول دوره تحصیل به دنبال پاسخ برای پرسش‌هایشان باشند و نیز مهندسی را بطور ملموس و عمیق‌تری در بدو ورود لمس نمایند. این روش می‌تواند شروع‌کننده آموزش پژوهش‌محور و خلاقیت‌پرور به جای روش سنتی برنامه‌محور باشد که در آن دانشجو به ظرفی برای نگه‌داری از مجموعه آموزه‌هایی بدل می‌شود که خود ایده‌ای برای استفاده از آنها ندارد. دانشجویان حتی به موضوعاتی فراتر از مهندسی برق مانند اصول طراحی سیستمی، ارتباط ماشین با کاربر و ارگونومی، و جنبه‌های اقتصادی کاربرد چنین سیستمی نیز توجه داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که آموزش نسل آینده نیاز جدی به روشهای نوین آموزشی دارد و تنها در این صورت است که فارغ‌التحصیلان ما می‌توانند از عهده حل مسایل پیچیده‌تر دنیای فردا برآیند. [22]

5- نتیجه‌گیری

در راستای بازنگری جامع و ارتقای سطح کیفی دروس مهندسی برق در دانشگاه صنعتی شریف، درس و آزمایشگاه اصول مهندسی برق برای معرفی مفاهیم مهندسی برق به دانشجویان ترم اول ارائه گردید. در برنامه درسی جدید، دانشجویان از همان ترم نخست با تئوری و سیستم‌های مهندسی برق و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی آشنا می‌شوند. اهتمام طراحان بر آن بوده است که مهندسين تربیت شده توسط این برنامه قادر به استفاده کامل از معلومات تئوری در عمل بوده و رویکردی خلاق به حل مسئله داشته باشند.



بدین منظور رباتی برای استفاده در آزمایشگاه درس اصول مهندسی برق طراحی و ساخته شده است، که دانشجو را با طراحی سیستم‌های بزرگ آشنا نموده، و حد و مرز و نیز تعاملات بین گرایش‌های مختلف مهندسی برق را نیز به وی نشان می‌دهد. این ربات به گونه‌ای طراحی و ساخته شده است که دانشجوی خلاق می‌تواند بخشی از آن را که متناسب با وظیفه‌ای خاص در یکی از گرایش‌های مهندسی برق است را انتخاب و با مداری که خود طراحی و ساخته است جایگزین نماید. ورودی و خروجی مدار و سیگنال‌های مهم آن نیز قابل مشاهده بوده، و از مدارات الکترونیکی پایه با ساده‌ترین شکل و انجام اتصالات با سیم‌کشی استفاده شده است تا دانشجوی ترم اول در عین سادگی عمیق‌ترین و دقیق‌ترین تصویر ذهنی را از موضوع پیدا نماید. تجربه ارائه این ربات در درس و آزمایشگاه اصول مهندسی برق ثابت نمود که انگیزه و میزان استنباط و خلاقیت در دانشجویان به میزان قابل توجهی افزایش یافته است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله مولفین مراتب سپاس‌گزاری خود را نسبت به اعضای کمیته برنامه‌ریزی مهندسی برق در دانشگاه صنعتی شریف که با تشکیل جلسات متعدد در طول دو سال متوالی و اخذ مشاوره از بسیاری استادان مدعو در داخل و خارج از کشور، راه را برای تربیت موثر مهندسیین برق کارآمد و مجرب باز نموده‌اند اعلام می‌دارد. همچنین از زحمات آقایان مهندس رضا رهنورد و داود صدوقی که تلاش زیادی را برای ساخت و تولید رباتها انجام دادند و نیز خانم مهندس خالقیان که در اجرای آزمایش‌ها همکاری نمودند کمال سپاس‌گزاری و امتنان را داریم.

مراجع

- [۱] J. D. Ryder and D. G. Fink, *Engineering and Electronics*. New York:IEEE, ۱۹۸۴.
- [۲] L. E. Grinter, "Report on evaluation of engineering education (۱۹۵۲-۱۹۵۵)," *J. Eng. Educ.*, vol. ۴, no. ۱, pp. ۲۵-۶۳, ۱۹۵۵.
- [۳] F. C. Berry, P. S. DiPiazza, and S. L. Sauer, "The future of electrical and computer engineering education," *IEEE Trans. on Edu.* Vol. ۴۶, No. ۴, pp. ۴۶۷-۴۷۶, Nov. ۲۰۰۳.
- [۴] R. K. Cavin, III, W. H. Joyner, Jr., and V. C. Wiggins, "A semiconductor industry perspective on future directions in ECE education," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۴۶, No. ۴, pp. ۴۶۳-۴۶۶, Nov. ۲۰۰۳.
- [۵] S. C. Hu, "A wholesome ECE education," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۴۶, No. ۴, pp. ۴۴۴-۴۵۱, Nov. ۲۰۰۳.
- [۶] D. L. Evans, S. M. Goodnick, and R. J. Roedel, "ECE curriculum in ۲۰۱۳ and beyond: vision for a metropolitan public research university," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۴۶, No. ۴, pp. ۴۲۰-۴۲۸, Nov. ۲۰۰۳.
- [۷] S. M. Goodnick, "Guest editorial: A vision for ECE education in ۲۰۱۳ and beyond," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۴۶, No. ۴, p. ۴۰۵, Nov. ۲۰۰۳.
- [۸] M. Somerville, D. Anderson, H. Berbeco, J. R. Bourne, J. Crisman, D. Dabby, H. Donis-Keller, S. S. Holt, S. Kerns, D. V. Kerns, Jr., R. Martello, R. K. Miller, M. Moody, G. Pratt, J. C. Pratt, C. Shea, S. Schiffman, S. Spence, L. A. Stein, J. D. Stolk, B. D. Storey, B. Tilley, B. Vandiver, and Y. Zastavker, "The Olin Curriculum: Thinking toward the future," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۴۸, No. ۱, pp. ۱۹۸-۲۰۵, Feb. ۲۰۰۵.
- [۹] (۱۹۹۴) The Engineering Deans Council and Corporate Roundtable of the American Society for Engineering Education. Engineering Education for a Changing World. [Online]. Available: http://www.asee.org/publications/reports/green_cfm
- [۱۰] J. Frolik, and M. Fortney, "A low-cost wireless platform for first-year interdisciplinary projects," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۴۹, No. ۱, pp. ۱۰۵-۱۱۲, Feb. ۲۰۰۶.
- [۱۱] O. Hazzan, A. Tal, and I. Keidar, "Can a one-day conference change female high school students' perception of electrical engineering?," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۴۹, No. ۳, pp. ۴۱۵-۴۱۶, Aug. ۲۰۰۶
- [۱۲] S. Hussmann, and D. Jensen, "Crazy Car Race Contest: Multicourse Design Curricula in Embedded System Design," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۵۰, No. ۱, pp. ۶۱-۶۷, Feb. ۲۰۰۷.
- [۱۳] I. Plaza and C. T. Medrano, "Continuous Improvement in Electronic Engineering Education," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۵۰, No. ۳, pp. ۲۵۹-۲۶۵, Aug. ۲۰۰۷.
- [۱۴] S.-H. Kim, C.-W. Roh, S.-C. Kang, and M.-Y. Park, "A Hybrid Autonomous/Teleoperated Strategy for Reliable Mobile Robot Outdoor Navigation," *Proc. SICE-ICASE International Joint Conference*, pp. ۳۱۲۰-۳۱۲۵, October ۱۸-۲۱, Busan (۲۰۰۶).
- [۱۵] P. Blaer and P. K. Allen, "TopBot: Automated Network Topology Detection With a Mobile Robot," *Proc. ۲۰۰۳ IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation*, pp. ۱۵۸۲-۱۵۸۷, September ۱۴-۱۹, Taipei (۲۰۰۳).
- [۱۶] A. Shvartsman, M. Tedder, and C.-J. Chung, "A Modular Mobile Robotic Platform As An Educational Tool In Computer Science And Engineering," *Proc. Int. Conf. on Computer, Commun. and Control Technol. (CCCT)*, Volume ۵, pp. ۳۱۴-۳۱۷, July ۳۱-Aug ۲, Orlando, ۲۰۰۳.
- [۱۷] A. Golovinsky, M. Yim, Y. Zhang, C. Eldershaw, and D. Duff, "PolyBot and PolyKinetic™ system : A modular robotic platform for education," *Proc. ۲۰۰۴ IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation*, pp. ۱۳۸۱-۱۳۸۶, April ۲۶-May ۱, New Orleans, ۲۰۰۴.
- [۱۸] B. A. Maxwell and L. A. Meeden, "Integrating Robotics Research with Undergraduate Education," *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, Vol. ۱۵, No. ۶, pp. ۲۲-۲۷, Nov/Dec ۲۰۰۰.
- [۱۹] V. Papadimitriou, and E. Papadopoulos, "Putting low-cost commercial robotics components to the test- Development of an educational mechatronics/robotics platform using LEGO® components," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, Vol. ۱۴, No. ۳, pp. ۹۹-۱۱۰, Sept. ۲۰۰۷.



- [۲۰] J. Malec, "Some Thoughts on Robotics for Education," ۲۰۰۱ *AAAI Spring Symp. on Robotics and Edu.*, Stanford University, March ۲۰۰۱.
- [۲۱] L. G. Huettel, A. S. Brown, K. D. Coonley, M. R. Gustafson, J. Kim, G. A. Ybarra, and L. M. Collins, "Fundamentals of ECE: A Rigorous, Integrated Introduction to Electrical and Computer Engineering," *IEEE Trans. on Edu.*, Vol. ۵۰, No. ۳, pp. ۱۷۴-۱۸۱, Aug. ۲۰۰۷.
- [۲۲] کمیته برنامه ریزی آموزشی دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف. "بازنگری برنامه آموزش مهندسی برق در کشور"، فصلنامه آموزش مهندسی، شماره ۳۸، ص. ۱-۲۸، ۱۳۸۷.