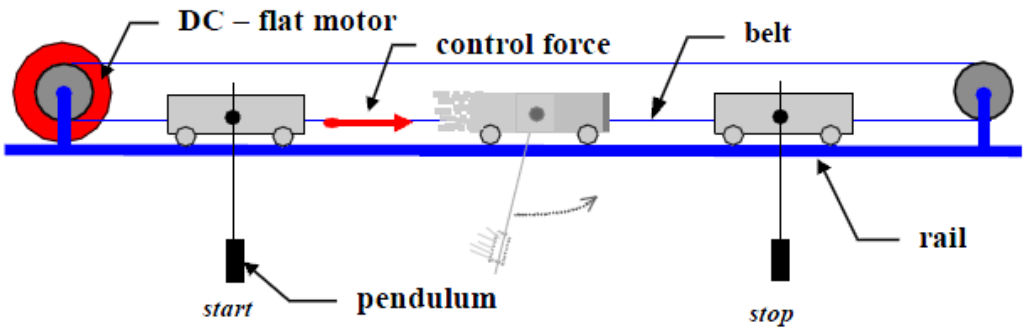
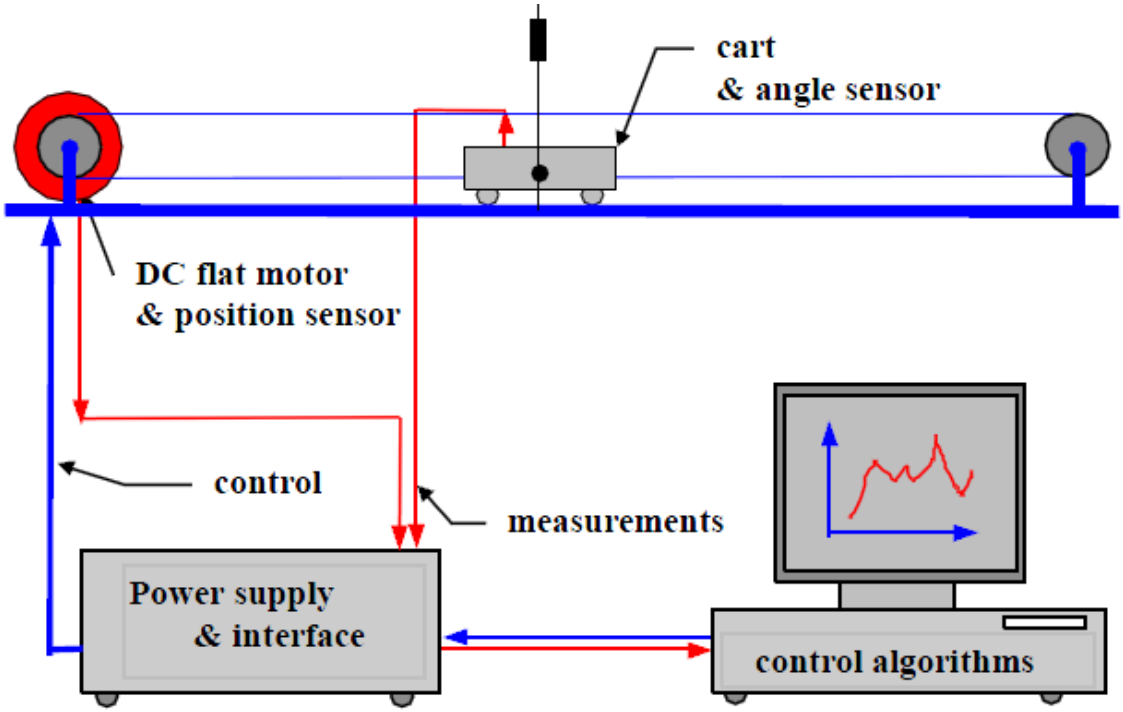
یکی از مشکلات ساده در رباتیک، کنترل موقعیت یک میله با استفاده از نیروی فرمان اعمال شده بر انتها است. سیستم‌های قطب–متعادل مدل نمایشی موثری از مشکل پایداری گلوله هستند.
سیستم پاندول معکوس شامل یک میله است که بر روی یک چرخ نصب شده است به صورتی که تنها در جهت عمودی می تواند آزادانه نوسان کند.چرخ توسط موتور AC ۳ فاز می چرخد. برای نوسان کردن و پایدار شدن میله، چرخ در جهت جلو و عقب بر روی ریل در طول محدود حرکت می کند.

a)



تهران، اقدسیه، بزرگراه ارتش، نرسیده به مینی سیتی، ساختمان میلاد، بلوک ۳، واحد ۱۲
تلفکس: ۲۲۴۸۰۵۱۱ و ۲۲۴۶۴۲۵۰



موقعیت عمودی پاندول (بالا و پایین)، موقعیتهایی برابر محسوب می شوند زمانی که هیچ نیرویی بر آنها وارد نمی شود. در موقعیت راست بالا یک تغییر کوچک در حالت آن منجر به حرکات ناپایدار می شود. به طور کلی مسئله کنترل پاندول آوردن میله در یکی از این دو موقعیت برابر است. ترجیحا این کار هر چه سریعتر انجام شود و با تعداد کمی نوسان و بدون اینکه زاویه و سرعت خیلی بالا برود.

بعد از رسیدن به موقعیت مورد نظر، ما مدنظر داریم تا سیستم را، علی‌رغم مزاحمت های تصادفی، در همین حالت نگه داریم. کنترل دستی سیستم چرخ و پاندول تنها برای کارهای ساده امکان‌پذیر است. برای مثال برای حرکت دادن چرخ از یک نقطه‌ی ریل به نقطه‌ای دیگر. برای کارهای پیچیده‌تر، مانند پایدارسازی پاندول در یک موقعیت بالاتر، بازخورد سیستم کنترل بایستی اعمال گردد.

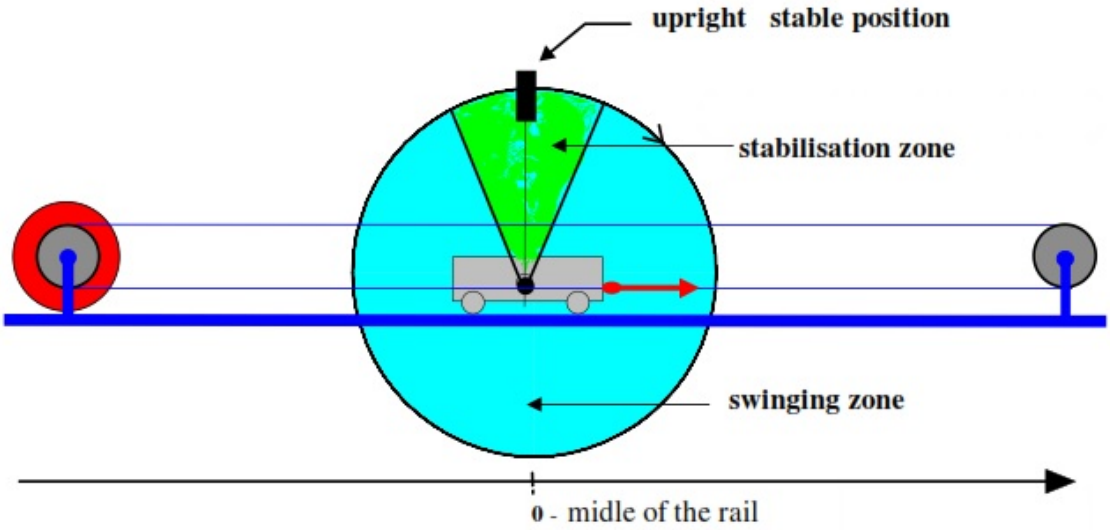
هدف الگوریتم کنترل پاندول معکوس عبارت است از اعمال یک سری از نیروهای با دامنه محدود به چرخ، به‌گونه که چرخ از پایان ریل نیفتد. پاندول به بالا تاب داده می‌شود تا به همسایگی موقعیت بالاترش دست یابد. به مجرد وقوع این اتفاق،

تهران، اقدسیه، بزرگراه ارتش، نرسیده به مینی سیتی، ساختمان میلاد، بلوک ۳، واحد ۱۲
تلفکس: ۲۲۴۸۰۵۱۱ و ۲۲۴۶۴۲۵۰

کنترل‌گر،پاندول را بصورت عمودی نگه می‌دارد و چرخ را به وسط ریل برمی‌گرداند. بنابراین دو الگوریتم کنترل مستقل برای این منظور اعمال شده است:

الگوریتم SWINGING و الگوریتم پایدارسازی

در منطقه‌کنترلی، تنها یکی از دو الگوریتم کنترلی فعال هستند. این مناطق مطابق در شکل زیر نشان داده شده است:



الگوریتم کنترل swinging، الگوریتم نوآورانه، بر پایه‌ی قواعد انرژی است. این الگوریتم، افزایش مجموع انرژی پاندول را هدایت می‌کند. تعادلی بین دو عمل وجود دارد: تاب دادن پاندول به موقعیت صحیح و میان‌نشانی چرخ رو ریل. با توجه به حضور پارامترهای مزاحم و نامعلوم، رفتار قدرتمند و قابل اعتماد سیستم مهم‌تر از رفتار بهینه‌ی کنترلی می‌باشد. لحظات جابجایی مطابق یک قاعده‌ی ساده محاسبه می‌شوند. یکی از ویژگی‌های مشخصه‌ای کنترل، مشخصه "bang-bang" آن است. تاب دادن پاندول ممکن است منجر به رسیدن به نقطه‌ای نامتعادل شود. برای رسیدن به مجاورت نقطه‌ی مورد نظر به‌صورت ملایم (منطقه‌ی پایدارسازی در شکل ۲,۲)، رویه‌ای موسوم به "حکمیت رسیدن ملایم"، وارسی می‌کند که آیا انرژی حرکتیپاندول، منهای اتلاف انرژی ناشی از اصطکاک، برای رساندن مرکزثقلپاندول به موقعیت صحیح کفایت می‌کند یا خیر. در صورت احراز شرط، کنترل رو صفر تنظیم می‌شود. در این‌صورت، مشخصه "bang-bang" کنترل پایان یافته

تهران، اقدسیه، بزرگراه ارتش، نرسیده به مینی سیتی، ساختمان میلاد، بلوک ۳، واحد ۱۲
تلفکس: ۲۲۴۸۰۵۱۱ و ۲۲۴۶۴۲۵۰

است. بعد از آن‌که پاندول وارد ناحیه پایدارسازی شد، می‌توان با سیستم به مثابه‌ی یک سیستم خطی رفتار کرد. رفتار کنترلی به الگوریتم پایدارسازی تغییر می‌یابد. با توجه به طول محدود ریل، رویه‌ای موسوم به "کنترل طول" معرفی می‌شود تا جایابی چرخ را تقویت کند و از خروج چرخ از لبه‌های ریل جلوگیری کند. قاعده‌ی این رویه بسیار ساده است. وقتی‌که سیستم به موقعیتی موسوم به پارامتر "طول" می‌رسد، حداکثر نیرو به چرخ اعمال می‌شود تا آن‌را از این موقعیت به عقب هدایت کند.

وسایل جانبی که همراه این دستگاه استفاده شده است عبارتند از:

- درایو موتور
- کارت انتقال داده

در این دستگاه برای حرکت دادن پاندول یک موتور AC سه فاز به کار برده شده است و برای خواندن اطلاعات وضعیت پاندول یک انکودر استفاده شده است.
موتور AC و انکودر به درایو متصل هستند و درایو نیز به کارت انتقال داده متصل است. کارت انتقال داده توسط پورت USB به کامپیوتر متصل است.
اطلاعات خوانده شده توسط انکودر از طریق درایو و سپس کارت انتقال داده به کامپیوتر منتقل می شود و کنترلر با استفاده از این اطلاعات فرمان مناسب را تولید می کند. بر روی کامپیوتر مدل سیمولینک مربوط به کنترلر این دستگاه اجرا می شود. که این مدل با استفاده از اطلاعات بدست آمده از انکودر فرمان مناسب را به پورت آنالوگ کارت انتقال داده می فرستد و سپس از طریق درایو به موتور اعمال می شود تا حرکت لازم را اعمال کند.

کنترل این مجموعه به کمک کامپیوتر (نرم‌افزار LabVIEW) و سرو درایوهای Yaskawa Σ-V انجام می‌شود؛ به این صورت که درایو کار کنترل سرعت موتور را بر اساس ولتاژ مرجع ورودی انجام می دهد. برای برقراری ارتباط میان کامپیوتر و درایو، از کارت انتقال داده RTP-4USBDAQ استفاده شده است. این کارت از طریق USB به کامپیوتر وصل می شود و قابلیت دریافت فرمان از محیط LabVIEW و تولید ولتاژ متناظر را دارا می‌باشد. محدوده‌ی ولتاژ خروجی این کارت ۱۰- تا ۱۰ ولت با تفکیک‌پذیری ۱۲ بیتی است. حلقه کنترل موقعیت در برنامه کامپیوتری با فرکانس پیش‌فرض ۲۰۰ هرتز اجرا می‌شود و الگوریتم کنترلی آن بصورت یکی از روش‌های P، PI یا PID قابل پیاده سازی است. فیدبک موقعیت محورها از طریق کانال انکودر کارت RTP-4USBDAQ در محیط نرم افزاری خوانده می شود.

تهران، اقدسیه، بزرگراه ارتش، نرسیده به مینی سیتی، ساختمان میلاد، بلوک ۳، واحد ۱۲
تلفکس: ۲۲۴۸۰۵۱۱ و ۲۲۴۶۴۲۵۰