مقدمه

امروزه دنیای اطراف ما پر است از ماشین هایی که در خشکی، دریا و یا هوا حرکت میکنند. از هواپیما و زیر دریایی و کشتی ها گرفته تا خودروهای سواری و ربات های استفاده شده در کارخانه ها و... که بعضی از آنها به صورت اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک کنترل میشوند. این ماشین ها برای کنترل و حرکت صحیح، باید موقعیت فعلی خود را بدانند و با موقعیت مطلوب مقایسه کنند و در جهت صحیح به حرکت خود ادامه دهند. پیدا کردن موقعیت ماشین که شامل پارامتر هایی از جمله مکان آن در محیط مورد استفاده و همچنین زوایای چرخشی آن است، ناوبری(Navigation) نام دارد. ماژول موجود با استفاده از خاصیت مغناطیسی کره زمین، قادر است زاویه خود را نسبت به قطب شمال محاسبه کند. از این ماژول میتوان در روبات های هوشمند و دیگر وسایلی که نیاز به ناوبری دارند به عنوان زاویه سنج استفاده کرد. اگر این ماژول را در سطح کاملا افقی نسبت به زمین قرار دهید و آن را بچرخانید، زاویه چرخش را با حساسیت ۰,۱ درجه می تواند محاسبه کند و مقدار آن را به شما تحویل دهد.

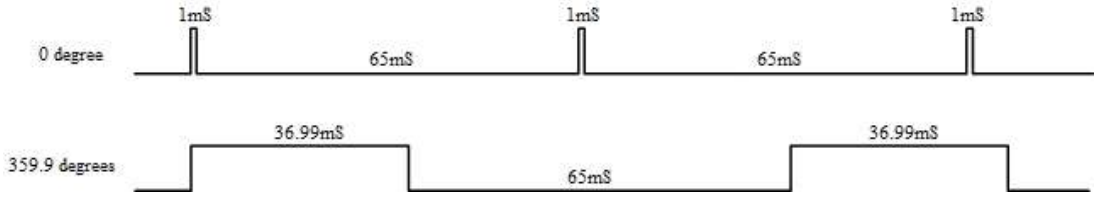
توضیح پایه ها

پین ۱(VCC): ماژول قطب نما نیاز به ولتاژ ۵ ولت با جریان نامی حدود ۲۰ میلی آمپر برای تغذیه و راه اندازی دارد.

دو راه برای گرفتن خروجی زاویه قطب نما وجود دارد. راه اول سیگنال PWM موجود در پین ۴ و راه دیگر استفاده از پروتکل دوسیمه I2C به وسیله پین های ۲ و۳:

پین ۲و۳(SDA,SCL): این دو پایه برای برقراری ارتباط I2C با ماژول استفاده می شوند. در صورتی که این دو پایه استفاده نمی شوند، باید به وسیله ی دو عدد مقاومت، به ۵ ولت پول آپ شوند. مقاومت حدود ۴۷کیلو اهمی مناسب است.

پین ۴(PWM): این پایه از مدولاسیون پهنای پالس(Pulse Width Modulation) استفاده کرده است و عدد زاویه را به صورت پالسی که پهنای آن با تغییرات زاویه تغییر میکند، خروجی می دهد. در این مدولاسیون، پهنای مثبت پالس نشان دهنده ی زاویه است. پهنای پالس از 1mS (۰درجه) تا 36.99mS (۳۵۹,۹ درجه) تغییر میکند. در واقع میتوان این طور گفت که به ازای هر یک درجه، 100uS پهنای پالس داریم، البته باید دقت کنید که پهنای پالس برای زاویه ی صفر، از 1mS شروع میشود. بین هر دوپالس پیاپی، سیگنال به مدت ۶۵ میلی ثانیه قطع میشود(۰ولت). بنابر این دوره زمانی پالس برابر است با 65mS + پهنای پالس که بین 66mS تا 101.99mS تغییر میکند. این پالس با دقت 1uS تولید می شود اما به دلیل عدم حساسیت قطب نما به زوایای کمتر از ۰,۱ درجه، خواندن این پالس با دقت بیشتر از 10uS کاربردی ندارد. اگر از سیگنال PWM به عنوان خروجی ماژول استفاده میکنید، حتما باید پین ۲ و۳ (SDA, SCL) را به ۵ ولت پول آپ کنید. رها گذاشتن این دو پین، باعث کار نکردن ماژول میشود.



پین ۵(Calibrating): زمانی که قطب نما در حال کالیبره شدن است، ماژول به وسیله خروجی پین ۵ این امر را به شما گزارش میدهد. به این طریق که این پین در حالت عادی ولتاژ ۵ ولت را خروجی داده و زمانی که عمل کالیبره در حال اجراست، خروجی ۰ ولت شده و با به پایان رسیدن کالیبره دوباره خروجی ۵ ولت می شود. شما میتوانید به وسیله ی یک LED سری شده با مقاومت ۳۹۰ اهمی، از اجرای عمل کالیبره مطمئن شوید.

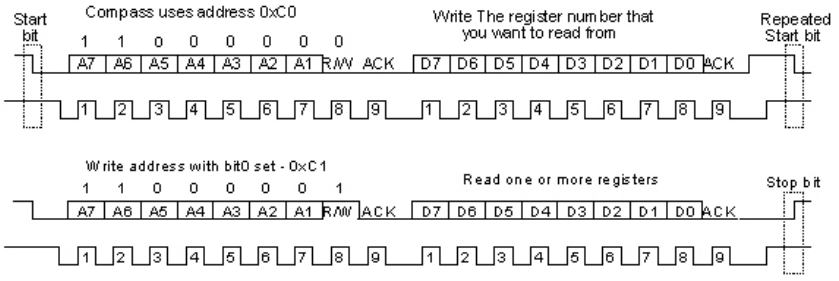
پین ۶(Calibrate): برای کالیبره کردن قطب نما، چهار راه وجود دارد که یکی از آنها استفاده از پین ۶ و اعمال ولتاژ ۰ به آن است. این پین به صورت داخلی توسط مقاومت با ولتاژ ۵ ولت پول آپ شده است. روش های مختلف کالیبره کردن قطب نما در ادامه ی متن آمده است.

پین ۷ و ۸ (NC): این دو پایه استفاده نمی شوند و باید آن ها را رها کنید.

پین ۹ (GND): پایه منفی تغذیه ۵ ولت است که باید به ولتاژ صفر مدار (زمین مدار) متصل شود.

کار با پروتکل I2C:

به وسیله ی ارتباط سریال I2C شما می توانید چندین وسیله ی الکترونیکی را تنها با استفاده از ۲ سیم (SDA,SCL) با هم مرتبط کنید. این پروتکل نوعی ارتباط دو طرفه را بین یک وسیله به عنوان (Master) و تعدادی وسیله ی دیگر به عنوان (Slave) برقرار می کند که دارای سرعت نسبتا بالایی است. برای آشنایی بیشتر میتوانید به دیتاشیت میکروکنترولر مورد استفاده خود مراجعه کنید. در ماژول قطب نما شما می توانید کارهایی نظیر کالیبراسیون، اندازه گیری زاویه با حساسیت ۰,۱ درجه از ۰ تا ۳۵۹۹ یا با دقت ۸ بیت از ۰ تا ۲۵۵(بیتی برای کاربرد های کم دقت) را به وسیله ی این نوع ارتباط به راحتی انجام دهید. نوع ارتباط و ترتیب ارسال داده ها مانند اغلب حافظه های eeprom است.



همان گونه که در تصویر بالا مشخص است، اولین گام پس از فرستادن بیت شروع، برای ارتباط با قطب نما، فراخوانی آدرس آن است. آدرس ماژول موجود، 0x60 است که با توجه به نوع ارتباط (فرستنده یا گیرنده) یک بیت R/W به آن اضافه شده و نهایتا تبدیل به 0xC0 در حالت گیرنده و 0xC1 در حالت فرستنده می شود. آدرس ماژول البته قابل تغییر است که در ادامه متن به آن اشاره شده است.

پس از فراخوانی آدرس ماژول، نوبت به انتخاب شماره حافظه ای میرسد که قصد دارید مقدار آن را بخوانید یا مقداری در آن ذخیره کنید. در جدول زیر، حافظه ها و کاربرد هر کدام را مشاهده می کنید.

گام بعدی برای حافظه هایی که می خواهید روی آن ها بنویسید، نوشتن مقدار مطلوب روی آنهاست. اما برای حافظه هایی که قصد خواندن از روی آن ها را دارید، باید مانند شکل بالا بیت شروع مجددی ارسال کنید و این بار آدرس را با بیت R/W = ۱ فراخوانی کنید. سپس یک بایت داده قابل خواندن از روی خط I2C می باشد.

شماره حافظه	کاربرد
۰	شماره نسخه نرم افزار محصول (فقط برای خواندن)
۱	وضعیت زاویه قطب نما در قالب یک بایت — ۰ تا ۲۵۵ برای یک چرخش کامل (فقط برای خواندن)
۲و۳	زاویه قطب نما در قالب دو بایت — ۰ تا ۳۵۹۹ برای یک چرخش کامل (فقط برای خواندن)
۱۲	کد رمزگشایی ۱ برای تغییر آدرس قطب نما و همچنین دستیابی به کالیبراسیون پیش فرض(برای نوشتن)
۱۳	کد رمزگشایی۲(برای نوشتن)
۱۴	کد رمزگشایی ۳(برای نوشتن)
۱۵	حافظه دستور(برای نوشتن)
۱۶	کالیبره اتوماتیک (برای نوشتن)

حافظه ۰ مربوط به شماره نسخه نرم افزار محصول است. حافظه ۱ زاویه قطب نما را از ۰ تا ۲۵۵ برای یک چرخش کامل میدهد. از این حافظه در کاربردهایی که دقت بالایی نیاز ندارند استفاده می شود چون خواندن یک بایت نسبت به خواندن دو بایت برای ۰ تا ۳۶۰ درجه کار ساده تری است. حافظه ۲ و ۳ زاویه قطب نما را در دوبایت(ابتدا بایت بالایی) و از ۰ تا ۳۵۹۹ به عنوان ۰ تا ۳۵۹,۹ درجه میدهند. حافظه ی ۱۵ برای تغییر آدرس قطب نما از 0xC0 به 0xC2، 0xC4، ...، 0xCE و یا برای دستیابی به کالیبراسیون پیش فرض ماژول استفاده میشود. برای این منظور ابتدا باید کدهای رمزگشایی را به روی حافظه های ۱۲، ۱۳ و ۱۴ پردازنده ماژول بنویسیم. همچنین دستور ۲۵۵ (0xFF) برای کالیبره کردن دستی قطب نما استفاده می شود. برای کالیبراسیون دستی نیاز به کد رمزگشایی نیست. قابلیت ویژه ی این قطب نما این است که می تواند به صورت اتوماتیک در هر مکانی، بهترین کالیبره را انجام دهد. کالیبراسیون اتوماتیک که در ادامه توضیح داده شده، توسط نوشتن عدد ۲۵۵ (0xFF) بر حافظه ۱۶ انجام می پذیرد.

از لحاظ سخت افزاری، این ماژول تا فرکانس 400KHz به روی خط I2C قابل استفاده است. از طرفی پین های SDA و SCL دارای پول آپ داخلی نمی باشند. البته در همه ی ارتباط های دوسیمه I2C فراهم کردن مقاومت های پول آپ به دلیل وجود تعداد زیادی Slave، به عهده ی دستگاه Master است مقدار این مقاومت ها بسته فرکانس ساعت SCL و طول مسیر داده و تعداد وسیله های مرتبط با هم از طریق خط I2C متفاوت است اما مقدار 4.7K روی دو خط SDA و SCL برای کار با قطب نما مناسب است. این ماژول در ارتباط I2C همواره نقش Slave را دارد و هرگز Master نمی شود.

خواندن زاویه از روی حافظه ۲ و ۳:

برای این کار در نرم افزار خود باید مراحل زیر را طی کنید: (کدها برای نرم افزار کدویژن نوشته شده اند و از کتابخانه i2c.h استفاده شده است)

۱- یک بیت شروع ارسال کنید: i2c_start()

۲- آدرس قطب نما را با بیت R/W صفر فراخوانی کنید: i2c_write(0xC0)

۳- حافظه مورد نظر را انتخاب کنید: i2c_write(2)

۴- بیت شروع مجدد را ارسال کنید: i2c_start()

۵- آدرس قطب نما را با بیت R/W یک فراخوانی کنید: i2c_write(0xC1)

۶- بایت بالایی زاویه قطب نما را از حافظه انتخاب شده(حافظه ۲) بخوانید و ack را برگردانید(برگرداندن ack خود به خود حافظه ماژول را یک عدد حلو می برد) :a=i2c_read(1)

۷- بایت پایینی زاویه قطب نما را از حافظه ۳ بخوانید (این حافظه خودبه خود انتخاب شده) و ack را برنگردانید: b=i2c_read(0)

۸- یک بیت پایان ارسال کنید: i2c_stop()

۹- عدد مربوط به زاویه قطب نمای شما از رابطه ی روبرو به دست می آید: Out=(a*256+b)/10

خواندن زاویه از روی حافظه ۱:

برای این کار در نرم افزار خود باید مراحل زیر را طی کنید: (کدها برای نرم افزار کدویژن نوشته شده اند و از کتابخانه i2c.h استفاده شده است)

۱- یک بیت شروع ارسال کنید: i2c_start()

۲- آدرس قطب نما را با بیت R/W صفر فراخوانی کنید: i2c_write(0xC0)

۳- حافظه مورد نظر را انتخاب کنید: i2c_write(1)

۴- بیت شروع مجدد را ارسال کنید: i2c_start()

۵- آدرس قطب نما را با بیت R/W یک فراخوانی کنید: i2c_write(0xC1)

۶- زاویه قطب نما را از حافظه انتخاب شده(حافظه ۱) بخوانید و ack را برنگردانید :a=i2c_read(0)

۷- یک بیت پایان ارسال کنید: i2c_stop()

۸- عدد مربوط به زاویه قطب نمای شما از رابطه ی روبرو به دست می آید: Out=(a/255)*359.9

تغییر آدرس ماژول:

در این ماژول این امکان وجود دارد که آدرس را از مقدار پیش فرض 0xC0 به همه ی ۸ مقدار 0xC0 تا 0xCE تغییر دهیم. برای این منظور باید حافظه های ۱۲ تا ۱۴ را با مقادیر کد رمزگشایی مخصوص (توجه کنید که این مقادیر با مقادیر دستیابی به کالیبره پیش فرض متفاوت است) و حافظه ی ۱۵ را با عدد آدرس دلخواه بارگذاری کنیم:

حافظه ۱۵	حافظه ۱۴	حافظه ۱۳	حافظه ۱۲
0xC2	0xA5	0xAA	0xA0

در مثال بالا، آدرس قطب نما از مقدار قبلی به مقدار 0xC2 تغییر می کند. پس از اجرای دستورالعمل بالا، آدرس ماژول بلافاصله تغییر میکند و دیگر با آدرس قبلی قابل دسترسی نیست. اگر برق ماژول را قطع و دوباره وصل کنید، در صورتی که روی خط I2C آن را فراخوانی نکرده باشید به وسیله LED موجود بر آن، آدرس خود را اعلام میکند. نحوه گزارش وضعیت ماژول به وسیله ی LED را در ادامه متن می خوانید.

برای این تغییر آدرس باید در نرم افزار خود مراحل زیر را طی کنید: (کدها برای نرم افزار کدویژن نوشته شده اند و از کتابخانه i2c.h استفاده شده است)

۱- یک بیت شروع ارسال کنید: i2c_start()

۲- آدرس قطب نما را با بیت R/W صفر فراخوانی کنید: i2c_write(0xC0)

۳- حافظه مورد نظر را انتخاب کنید: i2c_write(12)

۴- مقدار کد رمزگشایی را بارگزاری کنید (بعد از آن قطب نما به صورت خودکار به حافظه ۱۳ می رود): i2c_write(0xA0)

۵- مقدار کد رمزگشایی را بارگزاری کنید (بعد از آن قطب نما به صورت خودکار به حافظه ۱۴ می رود): i2c_write(0xAA)

۶- مقدار کد رمزگشایی را بارگزاری کنید (بعد از آن قطب نما به صورت خودکار به حافظه ۱۵ می رود): i2c_write(0xA5)

۷- عدد آدرس مورد نظر را روی حافظه ۱۵(که از قبل به صورت خودکار انتخاب شده) بارگذاری کنید): i2c_write(0xC2)

۸- یک بیت پایان ارسال کنید: i2c_stop()

دستیابی به کالیبره پیش فرض:

برای دستیابی به مقادیر پیش فرض کالیبره تولید کننده ماژول شما باید کدهای رمز گشایی مخصوص را در حافظه های ۱۲ و۱۳و ۱۴ بارگذاری کنید و سپس در حافظه ۱۵ مقدار 0xF2 را بنویسید. این کار مشابه قسمت قبل انجام می پذیرد:

حافظه ۱۵	حافظه ۱۴	حافظه ۱۳	حافظه ۱۲
0xF2	0xA5	0x5A	0x55

کالیبره کردن:

به دلیل این که میدان های مغناطیسی تولید شونده توسط کره زمین در مناطق مختلف جغرافیایی دارای شدت متفاوتی هستند، شما ممکن است نیاز داشته باشید قطب نمای خود را در محل مورد استفاده از نو کالیبره کنید. این عمل قبلا در کارگاه تولیدی اتفاق افتاده است و مقادیر کالیبره در حافظه ی قطب نما ذخیره شده پس قبل از کالیبره مجدد قطب نما، عملکرد آن را مشاهده کنید. اگر عملکرد صحیحی داشت، نیازی به کالیبره مجدد نیست.

برای کالیبره کردن قطب نما، باید جهت شمال، جنوب، شرق و غرب را درست به ماژول معرفی کنید. دقت کنید که این جهت ها، جهت های مغناطیسی هستند و ممکن است با جهت های جغرافیایی متفاوت باشند. بنابراین هنگام کالیبره کردن ماژول از قطب نمای عقربه ای برای مشخص کردن جهت های مغناطیسی استفاده کنید و هرگز از روی حدس عمل نکنید. در تمام مراحل کالیبره کردن، مطمئن شوید که ماژول به صورت کاملا افقی قرار دارد.

N

معرفی کردن چهار جهت اصلی به ماژول قطب نما، از ۴ طریق ممکن است:

استفاده از پین ٦ (Calibrate):

این پین در حالت عادی به صورت داخلی پول آپ شده است. هنگامی که ماژول را به یکی از چهار جهت قرار داده اید، با صفر کردن این پین به مدت ۱۰ میلی ثانیه و دوباره یک شدن آن، یک جهت به ماژول معرفی می شود. با معرفی اولین جهت به ماژول، عمل کالبراسیون شروع شده و پین ۵ صفر می شود. این کار را برای سه جهت دیگر هم انجام دهید. با معرفی چهارمین جهت به قطب نما، پین ۵ یک شده و پایان عملیات کالیبراسیون را اعلام می کند.

استفاده از دکمه کوچک موجود در ماژول:

در واقع این دکمه نقش تولید کننده ی پالس پایین رونده را روی پین ۶ ایفا می کند. در دستورالعمل بالا می توانید به جای صفر کردن پین ۶، با فشردن دکمه کوچک، قطب نما را کالیبره کنید.

استفاده از پروتکل I2C برای کالیبره قطب نما:

برای این منظور تنها کافی است ماژول را کاملا افقی و به ترتیب به سمت چهار جهت اصلی قرار دهید و هر بار مقدار ۲۵۵ را در حافظه ۱۵ ماژول بنویسید. عدد ۲۵۵ به صورت خودکار پس از هر بار نوشتن پاک می شود. ترتیب کالیبره کردن جهت ها تفاوتی نمی کند ولی حتما باید هر چهار جهت، کالیبره شوند. میتوانید مانند مثال زیر عمل کنید.

- درحالتی که قطب نما را در جهت شمال قرار داده اید:

۱- یک بیت شروع ارسال کنید: i2c_start()

۲- آدرس قطب نما را با بیت R/W صفر فراخوانی کنید: i2c_write(0xC0)

۳- حافظه مورد نظر را انتخاب کنید: i2c_write(15)

۴- مقدار ۲۵۵ را روی آن بنویسید: i2c_write(255)

۵- یک بیت پایان ارسال کنید: i2c_stop()

- پین ۵ مقدار صفر را به خود می گیرد.
- در حالی که قطب نما را در جهت شرق قرار داده اید، مراحل ۱ تا ۵ را تکرار کنید.
- در حالی که قطب نما را در جهت جنوب قرار داده اید، مراحل ۱ تا ۵ را تکرار کنید.
- در حالی که قطب نما را در جهت غرب قرار داده اید، مراحل ۱ تا ۵ را تکرار کنید.
- پین ۵ مقدار یک را به خود می گیرد.

در این حالت کالیبراسیون به پایان رسیده است.

کالیبراسیون اتوماتیک:

این ماژول به صورت خودکار قادر است چهار جهت اصلی را تشخیص دهد و بهترین کالیبره را انجام دهد. برای این کار، کافیست در حالتی که ماژول را به وضعیت کالیبره اتوماتیک برده اید، قطب نما را حد اقل یک دور کامل در حالت افقی بچرخانید. قطب نما با نمونه برداری شرایط مغناطیسی همه ی زوایا، به صورت خودکار کالیبره را انجام می دهد. برای شروع این کار، کافیست حافظه ۱۶ را با مقدار ۲۵۵ بارگذاری کنید. LED موجود در ماژول، روشن شده و مدت ۱۰ ثانیه به شما فرصت چرخاندن یک حد اقل یک دور قطب نما به دور خودش را می دهد. پس از ۱۰ ثانیه، LED خاموش شده و عمل کالیبراسیون به پایان رسیده است.

برای این کار در نرم افزار خود باید مراحل زیر را طی کنید: (کدها برای نرم افزار کدویژن نوشته شده اند و از کتابخانه i2c.h استفاده شده است)

۱- یک بیت شروع ارسال کنید: i2c_start()

۲- آدرس قطب نما را با بیت R/W صفر فراخوانی کنید: i2c_write(0xC0)

۳- حافظه مورد نظر را انتخاب کنید: i2c_write(16)

۴- مقدار ۲۵۵ را روی حافظه ۱۶ بارگذاری کنید: i2c_write(255)

۵- یک بیت پایان ارسال کنید: i2c_stop()

۶- به مدت ۱۰ ثانیه، ماژول را در حالت افقی حداقل یک بار به دور خودش بچرخانید. با خاموش شدن LED، مدت ۱۰ ثانیه ای به پایان رسیده است.

نمایشگر LED:

بر روی این ماژول یک عدد چراغ LED قرار داده شده است که میتواند در تشخیص وضعیت ماژول به شما کمک کند. در صورتی که در حال تبادل اطلاعات به وسیله ی خط I2C با ماژول باشید، این چراغ به صورت چشمک زن خواهد بود و همواره با فواصل کم خاموش و روشن می شود. اگر برق ماژول را تازه روشن کرده اید و ارتباط I2C با آن برقرار نکرده اید، چراغ LED نمایش دهنده ی آدرس فعلی قطب نمای شماست. به این صورت که اگر آدرس آن، مقدار پیش فرض 0xC0 باشد، یک فلش نسبتا بلند می زند. و اگر هر مقدار دیگری باشد، پس از یک فلش بلند مدت، به تعداد مشخصی فلش کوتاه مدت نیز می زند. برای فهم دقیق تر می توانید به جدول زیر مراجعه کنید.

زمانی که از کالیبراسیون اتوماتیک استفاده می کنید، این LED به مدت ۱۰ ثانیه به صورت ممتد روشن شده و به شما فرصت چرخاندن ماژول به دور خودش را میدهد.

در صورتی که چراغ LED روشن است و در حالت کالیبراسیون اتوماتیک نیستید، قطب نما از کار افتاده و احتمالا مقاومت های پول آپ دو خط SDA و SCL فراموش شده اند.

آدرس ماژول	تعداد فلش بلند	تعداد فلش کوتاه
0xC0(192)	۱	۰
0xC2(194)	۱	۱
0xC4(196)	۱	۲
0xC6(198)	۱	۳
0xC8(200)	۱	۴
0xCA(202)	۱	۵
0xCC(204)	۱	۶
0xCE(206)	۱	۷

مشخصات و نقشه مکانیکی:

نقشه سوراخ کاری و ابعاد ماژول را در شکل زیر مشاهده میکنید: