

به نام خدا

Digital Wheel Meter

چرخ متر دیجیتال

نویسنده

مجید نصراله زاده

کارشناس مکانیک (طراحی جامدات)

چکیده

این دستگاه یک متر دیجیتال با صفحه نمایشگر 7segment می باشد. در قسمت سنسور اندازه گیر مسافت ، از شافت اینکودر (Shaft Encoder) استفاده گردیده است . از آنجایی که برای مسافت های نسبتا طولانی طراحی شده است ، دقت آن 10 Cm است و در هر 100 متر خطای آن نزدیک به صفر (به علت کالیبراسیون آن در 100 متر) می باشد. در قسمت کنترلر از میکرو کنترلر AVR استفاده گردیده است .



۱. مشخصات

- ۱- کالیبره اتوماتیک بدون وابستگی به قطر چرخ و نوع شافت اینکودر و تعداد پالسهای شافت اینکودر در هر دور
 - ۲- قابلیت متر کردن در 100 مرحله و در هر مرحله حداکثر تا 9.9999 کیلومتر
 - ۳- قابلیت جمع زدن کل مترآژ حداکثر تا 99.999 کیلومتر
 - ۴- قابلیت چک کردن و نمایش هر یک از مترآژ
 - ۵- مترآژ افزایشی و کاهشی بسته به جهت حرکت
 - ۶- قابلیت نمایش ولتاژ باطری و Low Battery
 - ۷- دقت عمل بسیار بالا در مترآژ طولانی و نمایش حداقل 0.1 متر
 - ۸- استفاده از روش Multiplex جهت کاهش توان مصرفی 7segment ها
 - ۱۰- استفاده از باطری ۱۲ ولت و رگولاتور (افزایش عمر باطری)
 - ۱۱- قابلیت نگهداری هر مترآژ در E2prom داخلی و نگهداری آن در زمان خاموش بودن یا قطع باطری (100 حافظه داخلی)
 - ۱۲- استفاده از حداقل قطعات
- مدتها بود در فکر ساخت وسیله ای بودم که متر کردن را دقیق انجام دهد و به نفر دوم احتیاجی نداشته باشد. چرخ متر های موجود در بازار که کنتور مکانیکی دارند اغلب دقیق نیستند و نوع دقیق آنها هم گرانقیمت هستند. لذا تصمیم گرفتم مدل دیجیتالی چرخ متر را بسازم. چرخ متریا wheel meter وسیله ای است که دوستان در بخش عمران حتما با آن آشنا هستند.



بالاخره شروع کردم . ابتدا باید میکروکنترلر آنرا با توجه به سواد خودم مشخص میکردم !. من دو انتخاب داشتم 8051 و AVR . خوب چی بهتر از AVR ؟ نظر شما چیه ؟؟ ☺ . خلاصه اینکه AVR برنده شد. در واقع از ATMega 16 استفاده کردم . شما می توانید به راحتی از دیگر میکروها (راحت ترین جایگزین به علت همسان بودن پایه ها ATMega 32 می باشد) استفاده بفرمائید. البته باید حجم E2PROM داخلی آنرا در نظر بگیرید. با توجه به نوع متغیر که Long انتخاب گردیده است ، هر چهار بایت را برای یک حافظه داخلی در نظر بگیرید.

و اما انتخاب نمایشگر . از آنجایی که هنگام استفاده از این متر الکترونیکی فاصله چشم تا نمایشگر تقریباً زیاد است (حدود یک متر) از 7segment استفاده کردم . LCD هم انتخاب خوبی بود . ولی با توجه درشت تر بودن اعداد در 7Segment در نهایت 7segment را انتخاب کردم . (با اینکه اگر از LCD استفاده میکردم کار خیلی راحت تر میشد)

قسمت آخر تصمیم گیری در مورد سنسور اندازه گیر بود . در ابتدا تصمیم گرفتم از سنسورهای اثر هال استفاده کنم . ولی چه تعداد آهنربا در یک چرخ کوچک بگذارم ؟ اگر تعداد را کم کنم در واقع دقت را کم کردم . بعد به فکر سنسور اپتیکال افتادم . ولی آن هم مشکلات خودش را داشت . بالاخره تصمیم گرفتم که از شافت اینکودر استفاده کردم . البته قیمت تمام شده دستگاه کمی گران شد.

۲. شافت اینکودر

شافت اینکودر وسیله ای است که حرکت دورانی را به پالسهای الکتریکی تبدیل میکند و کاربرد های آن در صنعت به شرح زیر میباشد :

۱- متر کردن

۲- اندازه گیری سرعت دورانی

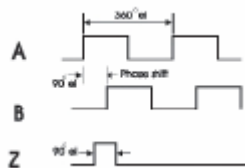
۳- تعیین جهت چرخش

۴- تعیین موقعیت شافت از نظر زاویه دوران

۵-.....

شافت اینکودر ها معمولاً سه خروجی دارند A و B و Z . خروجی A در هر دور n پالس (بسته به مدل) میدهد . خروجی B در هر دور n پالس (بسته به مدل) میدهد . ولی نسبت به خروجی A ، 90 درجه اختلاف فاز دارد.

خروجی Z که در هر دور فقط یک پالس میدهد. (که به پالس مرجع هم معروف است)



شکل ظاهری آن شبیه به یک موتور الکتریکی کوچک است با وزن تقریبی 1 کیلوگرم و معمولاً در دو نوع 5 ولت و (10 تا 30) ولت در صنعت موجود است. در این مدار از نوع 5 ولت و 200 پالس در هر دور استفاده شده است. یعنی در هر دور چرخش 200 پالس در خروجی ظاهر میشود. با توجه به اینکه این شافت اینکودر 200 pulse/rev میدهد و حداکثر سرعت دورانی مجاز آن 6000 RPM می باشد میتوان دقت بالایی را از دستگاه انتظار داشت. شما می توانید از هر مدل شافت اینکودر با هر تعداد پالس خروجی در هر دور استفاده بکنید. در ضمن در این مدار فقط از خروجی های A و B استفاده شده است.

۳. کالیبراسیون

برای اینکه دقت اندازه گیری بالا برود کالیبراسیون بر مبنای 100 متر انجام میگردد. فرض کنیم قطر چرخ ما 20 cm است پس محیط حدوداً برابر است با: $0.2 \times 3.14 = 0.63 \text{ m}$ چون هر دور چرخ ما (یعنی هر 0.63m) 200 پالس میدهد داریم: $0.1 \text{ m} \times 200 / 0.63 = 31.746$ در عمل کافایت که چرخ متر را به اندازه 100 متر راه ببریم و مجموع پالس های بدست آمده را بر 1000 تقسیم کنیم تا عددی بعنوان مبنای هر 10 cm بدست آید. این عدد را جایی ذخیره می کنیم. حال دستگاه را راه میبریم و کافایت تعداد پالس های ورودی را بر عدد ذخیره شده تقسیم کنیم و آنرا روند کنیم تا متر از بدست آید. می بینید که این روش هیچ وابستگی به قطر چرخ و تعداد پالس های شافت اینکودر در هر دور ندارد.

۴. اطلاعات کلی دستگاه

دستگاه 5 عدد 7segment مولتی پلکس دارد که هر کدام از آنها به ترتیب هر یک میلی ثانیه Refresh میشوند. چون از روش مولتی پلکس استفاده شده است جریان کل 7segment ها به اندازه

یک 7segment می باشد. جریان مصرفی کل دستگاه در حالت روشن بودن همه segment ها حدود 93 mA با احتساب شافت اینکودر می باشد.

93 میلی آمپر برای باتری سایز A (قلمی) مصرف کمی نیست . بنا بر این اگر میخواستیم از باتری با ولتاژ حدود 5 ولت (مثلا 6 ولت + دو عدد دیود سیلیکون) استفاده کنم به محض اندکی افت ولتاژ دستگاه از کار می افتاد . بنا بر این از باتری 12 ولت + رگولاتور 78M05 استفاده کردم . برای اینکه ولتاژ خروجی 78M05 در 5 ولت و 100 mA ثابت بماند ولتاژ ورودی باید حداقل 6.50 ولت باشد.

درحالتی که ولتاژ ورودی 12 ولت و جریان 100mA باشد حدود 10 تا 15 میلی آمپر در 78M05 تلف میشود.

در ابتدا شروع کردم به شمردن یکی از خروجی ها (خروجی A) ولی در سرعت های خیلی پایین مشکل پیش آمد . (فکر می کنید مشکل چی بود ؟؟؟) با اینکه INT0 به لبه بالا رونده حساس بود ولی در لحظه ای که پالس میخواهد از صفر به یک برسد اگر سرعت دوران به صفر نزدیک شود بجای یک پالس چندین پالس داریم (به علت خطای ساختاری opto counter های موجود در ساختار شافت اینکودر) که خطا ایجاد میکند .

دومین مشکل این بود که با یک خروجی نمی توان جهت دوران را تشخیص داد. برای رفع خطای اول خروجی A را به INT0 و خروجی B را به INT1 وصل میکنیم و به این ترتیب آنها را میخوانیم:

Main:

ENABLE INT0

INT0 ROUTINE:

DISABLE INT0

ENABLE INT1

RETURN

INT1 ROUTINE:

DISABLE INT1

COUNT=COUNT + 1 (OR COUNT = COUNT – 1 DEPEND ON DIRECTION)

ENABLE INT0

RETURN

و با این الگوریتم مشکل کاملا حل شد !!

خطای دوم هم با استفاده از یک فلیپ فلاپ (CD4013) حل شد . خروجی Q فلیپ فلاپ که مستقیما به میکرو وصل است جهت چرخش را مشخص میکند.

شاید فکر کنید که حد اکثر سرعت مجاز این متر دیجیتالی چقدر است ؟

سؤال خوبییه ... ببینیم چقدر است ؟

میدانیم که حداکثر RPM مجاز شافت اینکودر 6000 دور بر دقیقه می باشد. و محیط چرخ ما حدود 0.6 m است. پس داریم :

$$1\text{RPM}=0.60 \text{ m/min} \times 60/1000 = 0.036 \text{ Km/h}$$

پس اگر بخواهیم با حد اکثر سرعت مجاز شافت اینکودر حرکت کنیم سرعت خطی چرخ میشود:

$$6000 \text{ RPM در } 6000 \times (0.036 \text{ Km/h}) / 1 = 216 \text{ Km/h}$$

سرعت خوبییه نه ؟؟؟؟

سوال دیگه میتونه این باشه که (نکنه میکروی ما از پالس های شافت اینکودر عقب بمونه ؟؟)

خوب ... میتونیم بررسی کنیم:

ببینیم در 6000 RPM چند پالس در ثانیه تولید میشود؟

$$6000 \times (200 \text{ pulse}) / 60 = 20000 \text{ pulse / sec}$$

$$1/20000 = 50 \text{ uS}$$

یعنی در دور 6000 RPM (216 Km/h) هر 50 میکروثانیه یک پالس تولید میشود .

از طرفی کل عملیات شمارش پالس ما که در روتین ایتتراپت قرار دارد با اسیلاتور 8 MHz در بدترین حالت کمتر از 50 میکرو ثانیه طول می کشد . پس مشکلی نداریم .

البته شما می توانید برای احتیاط با سرعت کمتر (مثلا 200 Km/h) حرکت کنید !!!! ☺

داشت یادم می رفت !! یادتون باشه 3 عدد فیوز بیت مشخص شده را فعال کنید . این فیوز بین ها در BASCOM به شرح زیر نام گرفته است :

- 1 - Brown-out Detector (BOD)
- 2- BOD level = 4 Volt Fuse bit A987
- 3- internal osc = 8mhz

- Fuse bit B 0:BODEN enabled
Fuse bit C 0:BODLEVEL 4.0V
F0100 :Internal RC oscillator 8 MHz

دو فیوز بیت شماره یک و دو برای محافظت بیشتر از E2PROM داخلی هنگام قطع و وصل منبع تغذیه است. فیوز بیت سوم هم اسیلاتور داخلی را در فرکانس 8 مگاهرتز فعال و ما را از کریستال خارجی بی نیاز می کند.

۵. طرز کار دستگاه

دستگاه متر دیجیتالی سه کلید دارد . CLR و ADD و CHECK. وقتی برای اولین بار دستگاه را روشن میکنیم باید دستگاه را به مود کالیبراسیون ببریم. برای این کار قبل از روشن شدن سه کلید CLR و ADD و CHECK را فشرده و نگهداشته و بعد دستگاه را روشن میکنیم . روی نمایشگر به ترتیب کلمات CALIB و 100M و GO... را می بینیم بعد عدد صفر را می بینیم . در این هنگام دستگاه را به اندازه 100 متر راه می بریم . می بینیم که دستگاه تعداد پالس های ورودی را می شمرد و نمایش می دهد و در پایان 100 متر دکمه CHECK را می زنیم . در این هنگام دستگاه CALIB و RATED را نشان داده و عدد 00000 دو بار چشمک میزند که نشانه پایان کالیبراسیون است و عدد کالیبراسیون را در E2PROM ذخیره میکند.

۶. عملکرد کلید ها

۶-۱. کلید ADD

هر زمان که این کلید فشرده شود (غیر از زمانی که نمایشگر صفر است) محتوای نمایشگر (که بر حسب متر می باشد) در حافظه E2PROM ذخیره می شود. محدودیت حافظه های داخلی 100 عدد در نظر گرفته شده و چنانچه بیش از 100 بار فشرده شود کلمه OVER در صفحه نمایش دیده میشود.

۶-۲. کلید CHECK

این کلید وظیفه نمایش تک تک هر کدام از حافظه های داخلی را بر عهده دارد و آنها را به ترتیب نشان می دهد و در آخر نیز عبارت SUM= در نمایشگر ظاهر شده و بعد حاصل جمع نمایش داده می شود. حداکثر حاصل جمع می تواند 99.999 Km باشد و چنانچه حاصل جمع بیش از 99.999 Km باشد عبارت OVER نشان داده می شود.

۶-۳. کلید CLR

وظیفه اصلی این کلید صفر کردن صفحه نمایش است. در واقع هر زمان که آنرا فشار دهید محتوای نمایشگر را صفر می کند. کار دیگر این کلید پاک کردن کل حافظه داخلی است. با فشردن نگهداشتن این کلید به مدت 5 ثانیه کل حافظه داخلی E2PROM پاک می شود. وظیفه آخر این کلید در مود CHECK است. هنگامی که مشغول چک کردن مترآژ با کلید CHECK هستید میتوانید با کلید CLR از مود CHECK خارج شده و آخرین مقدار نمایشگر قبل از ورود به مود CHECK را ببینید. طبیعی است که با فشردن مجدد کلید CLR می توانید صفحه نمایش را صفر کنید.

۶-۴. عملکرد کلی دستگاه

وقتی که دستگاه روشن می شود ولتاژ باطری روی نمایشگر نشان داده می شود. چنانچه ولتاژ بیش از 7.2 ولت باشد دستگاه بدون هیچ گونه آلارمی با نمایشگر صفر شروع به کار می کند و با حرکت دادن دستگاه مترآژ برحسب متر با یک رقم اعشار نشان داده می شود (0.0000).

اگر ولتاژ بین 6.7 تا 7.2 ولت باشد دستگاه بعد از نمایش ولتاژ در روی نمایشگر پیغام LOW و بعد BATT رانشان می دهد. در این حالت ولتاژ مناسب است ولی در عین حال باطری شما کم دارد تمام می شود.

چنانچه ولتاژ زیر 6.7 ولت باشد دستگاه بعد از نمایش ولتاژ در روی نمایشگر پیغام LOW و بعد BATT و سپس TURN و بعد OFF نشان داده می شود و دستگاه برای اطمینان از عدم اندازه گیری غلط روی عبارت OFF قفل می شود. در این حالت دستگاه کار نمی کند و باید باطری آن تعویض گردد.

فرض کنیم ولتاژ مناسب بود. در مرحله بعد چنانچه حافظه قبلی وجود داشته باشد عبارت $n=X$ (که X عددی بین 1 تا 100 می باشد و نمایانگر تعداد حافظه اشغال شده است) نمایش داده می شود و چنانچه حافظه قبلی قبلا پاک شده باشد عبارت CLEAR نمایان می گردد.

بعد از این مرحله عدد صفر نشانگر آمادگی دستگاه برای متر کردن می باشد و می توانیم دستگاه را راه ببریم.

۷. قطعات

$R1...R5 = 1K$

$R6...R13 = 390$

$R7 = 3.3K$

$R8 = 4.7K$

$R9 = 1.5K$

$L1 = 10uH$

$C1 = 100nF$

$C2 = 100uF, 10V$

$TR1...TR5 = BC327$

$Q1 = ATmega16$

$Q2 = CD4013$

$Q3 = 78M05 \text{ or } 7805 \text{ (Don't use } 78L05 \text{)}$

7Segment مولتی پلکس چهار عددی آند مشترک

7Segment یک عددی آند مشترک

پیزو اسپلاتور دار (DC)

کلید فشاری 3 عدد

کلید فشاری یک عدد جهت RESET (در صورت تمایل)

کلید ON/OFF

سوکت آی سی 40 و 14 پایه

امید وارم که این مقاله توانسته باشد برای دوستان عزیزم خصوصا همه دوستانم در www.eca.ir مفید باشد. بسیار خوشحال می شوم نظرات و پیشنهادات شما را از طریق سایت www.eca.ir دریافت کنم.

مجید نصراله زاده

majid_teh2005@yahoo.com

