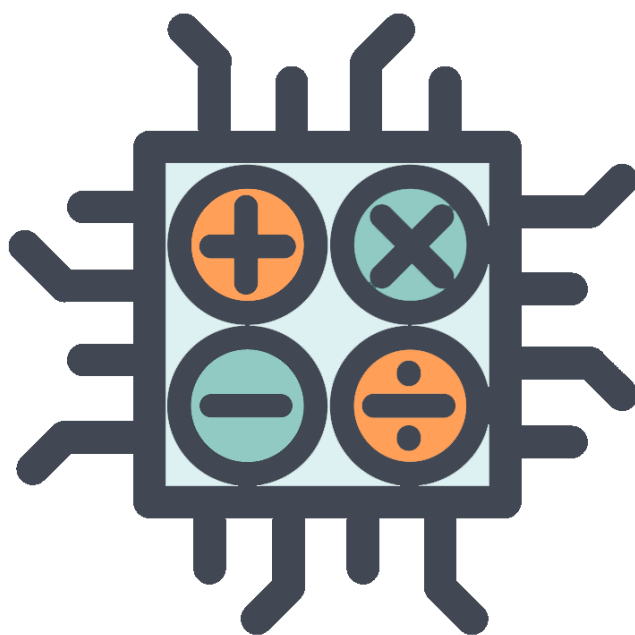




GEBRABIT

شرکت صنایع الکترونیک خوارزمی

واحد فنی مهندسی

بخش تحقیق و توسعه

عنوان :

FLC100 Pro Driver System

نگارش :

مهرداد زینالی

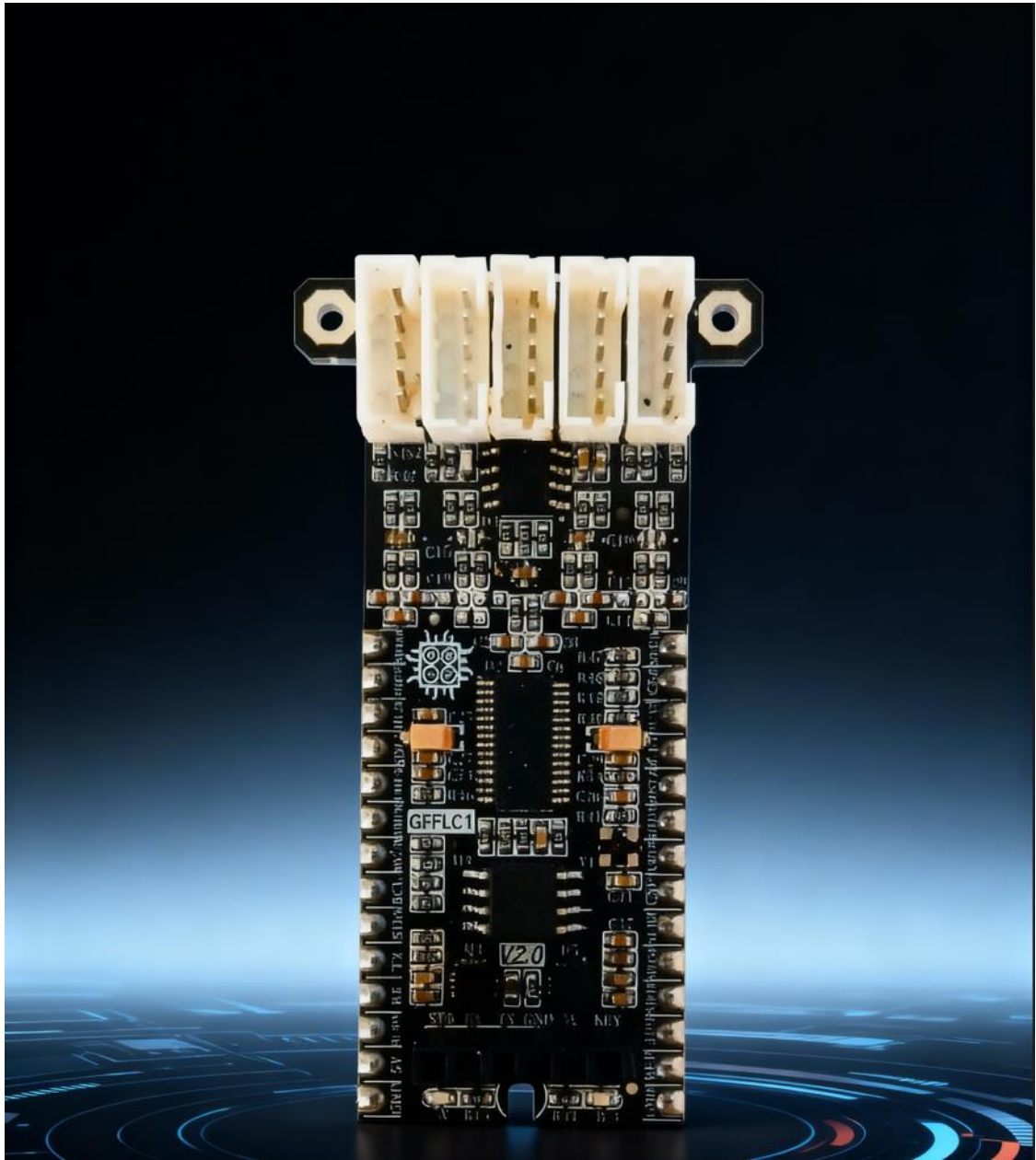
آبان ماه 1404

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
3	بررسی اجمالی
5	1-1. مازول درایور FLC100 جبرائیت.....
8	1-2. مبدل آنالوگ به دیجیتال ADS1263.....
10	1-3. ای سی ولتاژ مرجع MAX6194ESA.....
11	1-4. ای سی حافظه W25Q80DVSSIG.....
14	1-5. سنسور MMC5883MA.....
15	1-6. سنسور IAM-20680HP.....
17	1-7. مازول بلوتوث HC-05.....
18	1-8. کانکتور های ورودی FLC100.....
20	1-9. پین های خروجی مازول درایور FLC100.....
21	1-10. جدول مزیت ها و ویژگی های مازول درایور FLC100.....
22	1-11. چرا مازول درایور FLC100 ؟.....
22	1-12. کاربردهای مازول درایور FLC100.....
23	1-13. مزایای مازول درایور FLC100.....
24	1-14. طراحی گرادایومتر مغناطیسی.....
26	1-15. مشخصات فنی مازول درایور GebraBit FLC100 Pro.....
26	1-15-1. بخش سنسور FLC100.....
27	1-15-2. مبدل آنالوگ به دیجیتال ADS1263.....
28	1-15-3. مرجع ولتاژ دقیق MAX6194ESA.....
29	1-15-4. حافظه فلش سریال W25Q80DVSSIG.....
30	1-15-5. مغناطیس سنج سه محوره MMC5883MA.....
31	1-15-6. سنسور IMU سه محوره IAM-20680HP.....

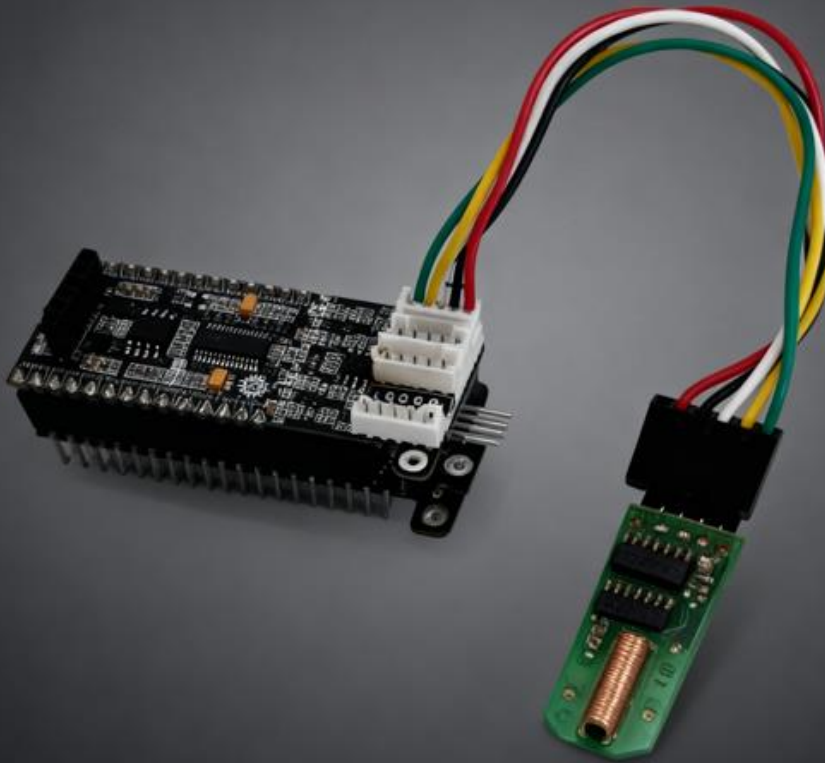
31.....	1-15-7. مازول بلوتوث HC-05
32.....	1-15-8. کانکتورهای ورودی FLC100
32.....	1-15-9. پین‌های خروجی و هدرهای مازول
33.....	1-15-10. ساختار کلی و مزیت‌های طراحی
34.....	1-15-11. جدول مشخصات فنی (Technical Specifications)
36.....	1-16. راه‌اندازی و نصب
36.....	1-16-1. قطعات مورد نیاز
37.....	1-16-2. اتصال و محل قرار گیری GebraBit FLC100 Pro
37.....	1-16-3. اتصال سنسور FLC100 به مازول درایور
38.....	1-16-4. روشن کردن سیستم
38.....	1-16-5. گام‌های نرم‌افزاری در STM32CubeMX
46.....	1-17. بررسی فایل "ADS1263.h"
58.....	1-18. بررسی فایل "main.h"

بررسی اجمالی



1-1. ماژول درایور FLC100 جبرائیت

Magnetic Field Measurement Setup

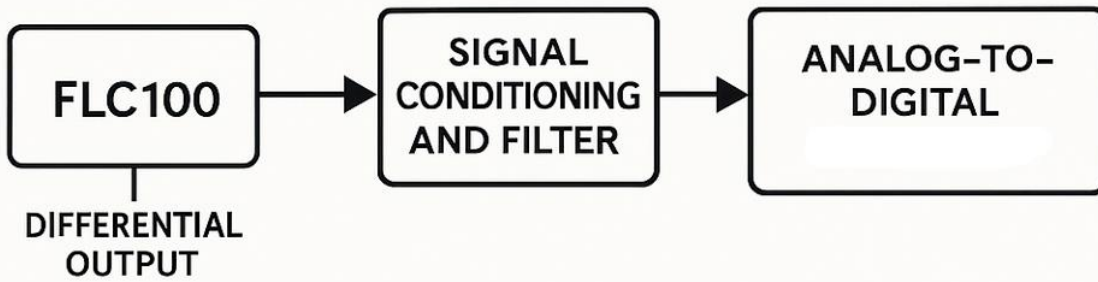


ماژول طراحی شده برای سنسورهای FLC100 یک بستر کامل، پایدار و منطبق با اصول حرفه‌ای سخت‌افزار است. در این ماژول تمامی نکات طراحی PCB شامل ملاحظات EMI و EMC رعایت شده و امکان اتصال هم‌زمان پنج ورودی مستقل برای سنسورهای FLC100 فراهم شده است. کانکتورهای ورودی به صورت پین‌توپین مطابق کانکتور اصلی FLC100 طراحی شده‌اند و چهار کانال از این ورودی‌ها به صورت مستقیم قابلیت اتصال به سنسور را دارند. در صورتی که از مرجع ولتاژ خارجی استفاده نشود، هر پنج کانال به طور کامل قابل بهره‌برداری‌اند. ماژول دارای یک مرجع ولتاژ دقیق 4.5 ولتی است که پایداری اندازه‌گیری را به شکل محسوسی افزایش می‌دهد.

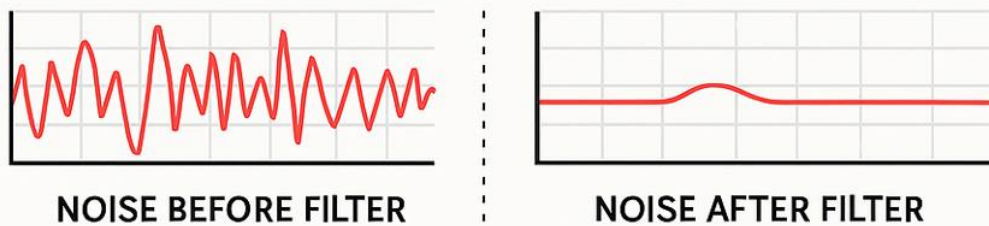
در مسیر خروجی سنسورهای FLC100 تا ورودی مبدل آنالوگ به دیجیتال، مدارهای کامل سیگنال‌کندیشنینگ و فیلترگذاری در نظر گرفته شده تا داده‌ها پیش از نمونه‌برداری، کیفیت و یکپارچگی لازم را داشته باشند. قلب پردازش آنالوگ این ماژول، مبدل قدرتمند ADS1263 است که به دلیل دقت و سرعت بالا، امکان خواندن داده‌های حساس FLC100 را بدون افت کیفیت فراهم می‌کند. در کنار این ساختار، مجموعه‌ای از سنسورهای مکمل شامل ژيروسکوپ، شتاب‌سنج و مگنتومتر نیز روی ماژول قرار گرفته که هر یک از طریق پین‌های خروجی اختصاصی قابل دسترس هستند. حافظه فلش نیز برای ذخیره‌سازی داده‌ها یا پارامترها در طراحی گنجانده شده است.

در بخش ارتباطات، یک کانکتور در پایین ماژول تعبیه شده که امکان نصب مستقیم ماژول بلوتوث HC-05 را فراهم می‌کند و از این طریق داده‌ها می‌توانند بی‌سیم به رایانه یا تلفن همراه ارسال شوند. تمامی پین‌های لازم برای راه‌اندازی ADC و همچنین پین‌های سنسورهای نصب‌شده روی برد، به صورت استاندارد و منطبق با قالب GEbaraBus از برد خارج شده‌اند تا ماژول بتواند بدون هیچ تغییر اضافه، روی ماژول میکروکنترلر STM32 جبرابیت نصب شود. با این ترکیب، کاربر قادر است تمام سنسورها و ADC را به شکل کامل راه‌اندازی کند و مقادیر هر کانال FLC100 را به صورت مستقیم بخواند. علاوه بر این، کدهای نمونه برای راه‌اندازی و خواندن داده‌ها از تک‌تک کانال‌ها نیز آماده شده تا فرآیند توسعه نرم‌افزار سریع و بدون ابهام انجام شود.

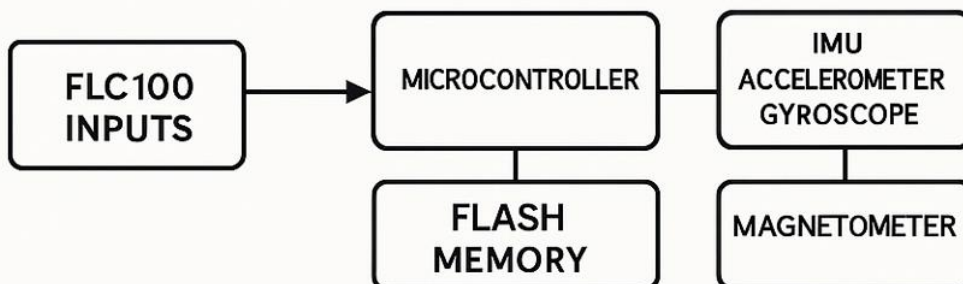
SIGNAL PATH FROM FLC100 TO ADC



NOISE BEFORE AND AFTER FILTER



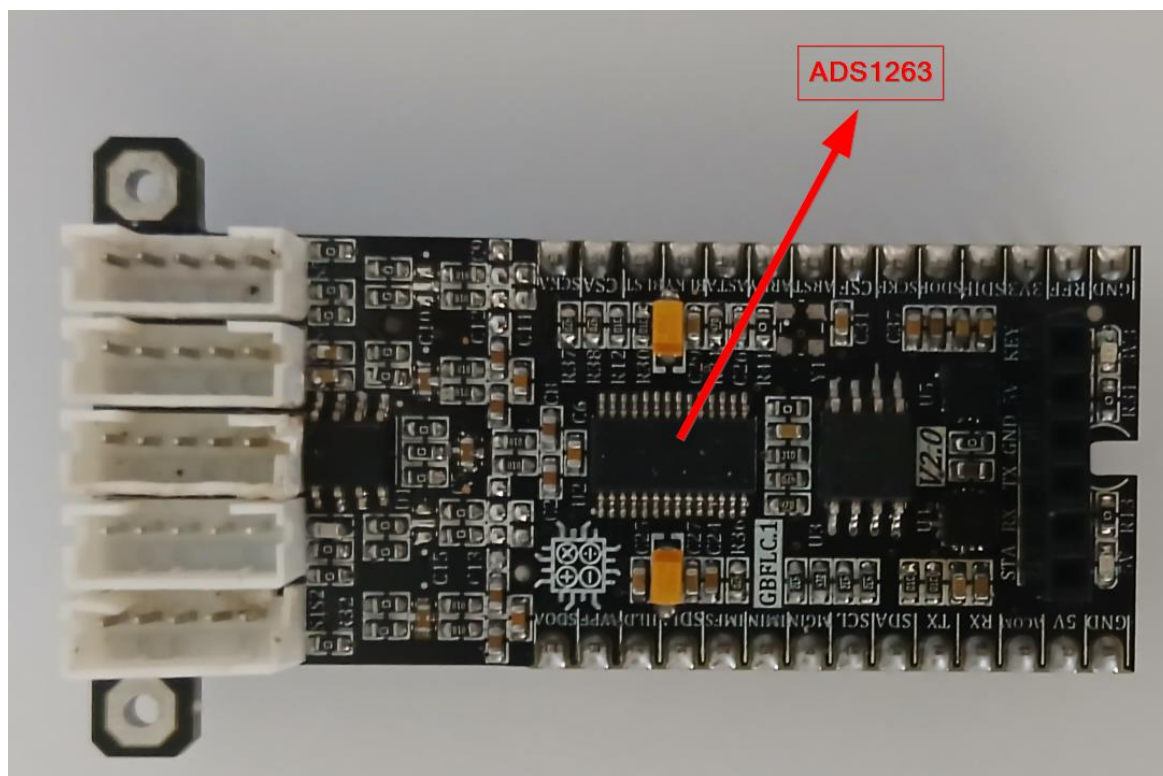
ARCHITECTURE OF THE MODULE



1-2. مبدل آنالوگ به دیجیتال ADS1263

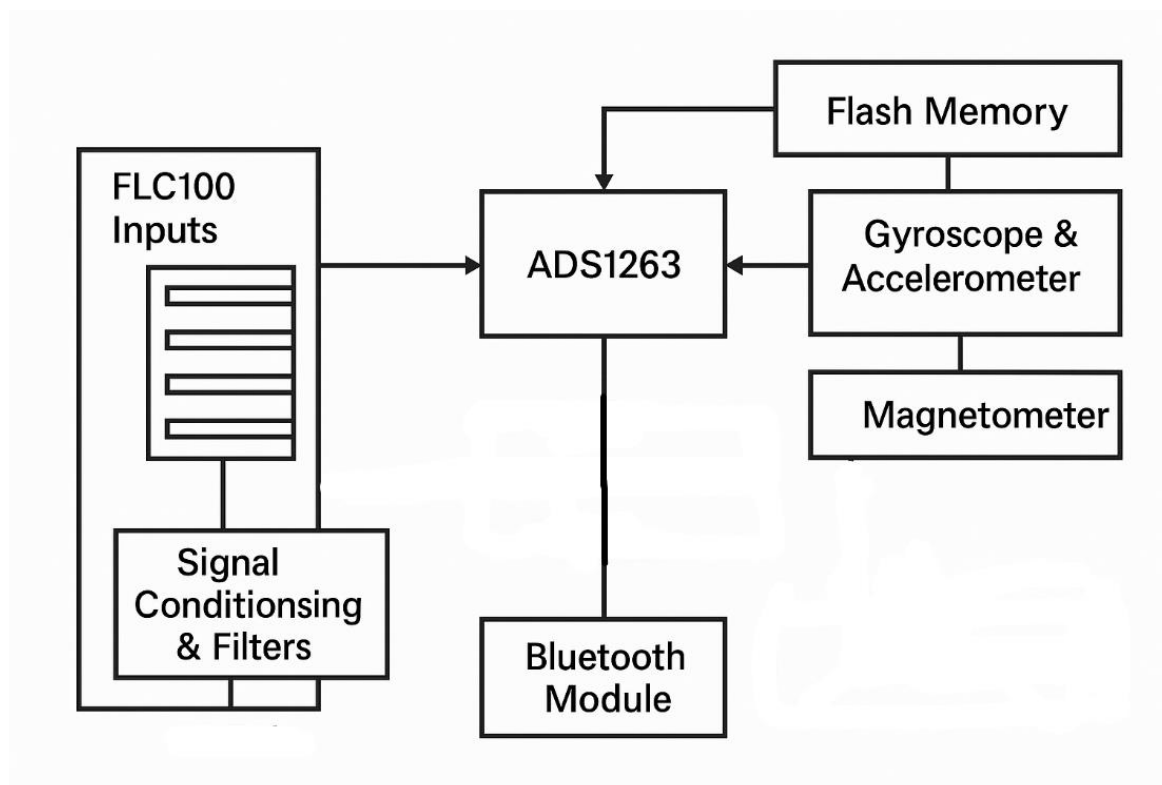
ADS1263 یک مبدل آنالوگ به دیجیتال ۳۲ بیتی دلتا-سیگما با معماری نویز بسیار پایین و دریافت کم است که برای اندازه‌گیری‌های فوق حساس طراحی شده. هسته اصلی آن ADC1 است که نرخ نمونه‌برداری گسترده‌ای از 2.5 SPS تا 38400 SPS ارائه می‌دهد و امکان انتخاب بین رزولوشن بسیار بالا یا سرعت بیشتر را فراهم می‌کند. این تراشه برای سنسورهای مثل لودسل، پل‌های مقاومتی و سنسورهای دمایی کم‌سطح طراحی شده و به دلیل نویز کم و پایداری بالا، در پروژه‌های اندازه‌گیری دقیق عملکرد ممتاز نشان می‌دهد.

مزیت مهم دیگر ADS1263 وجود ADC2 است؛ یک مبدل ۲۴ بیتی کمکی که امکان پردازش هم‌زمان دو مسیر اندازه‌گیری یا ثبت داده‌های ثانویه را فراهم می‌کند. تعداد ۱۱ ورودی آنالوگ قابل پیکربندی این تراشه اجازه می‌دهد سیستم به صورت تک‌پایانه، دیفرانسیلی یا ترکیبی بسته به نیاز طراحی شود. وجود امکانات یکپارچه مثل مرجع ولتاژ با دریافت کم، جریان‌های تحریک IDAC، PGA کم‌نویز تا ضریب تقویت 32، حسگر دما، مولد سیگنال تست داخلی TDAC، و هشت GPIO بخش بزرگی از مدارات جانبی را حذف کرده و طراحی را ساده‌تر می‌کند. در کنار این ویژگی‌ها، ADS1263 در حوزه نویز نیز عملکرد ممتاز دارد. نویز بسیار پایین ADC1 و امکان دستیابی به تعداد بیت مؤثر (ENOB) بالا، آن را برای اندازه‌گیری‌های سطح نانولت مناسب کرده است. PGA با نویز پایین و قابلیت تشخیص خطای سیگنال، امکان اتصال مستقیم بسیاری از حسگرهای کم‌سطح را فراهم می‌کند بدون اینکه نیاز به تقویت‌کننده خارجی باشد. همچنین سه ورودی مرجع مستقل با مانیتور افت ولتاژ، سیستم را در برابر خطاهای مرجع ایمن‌تر می‌کند و پایداری اندازه‌گیری را افزایش می‌دهد.



در یک برد درایور یا پروژه مبتنی بر **FLC100**، مبدل **ADS1263** عملاً قلب اندازه‌گیری دقیق است؛ چون خروجی دیفرانسیلی و کم‌سطح **FLC100** را با **رزولوشن 32 بیتی** و نویز فوق‌العاده پایین به داده دیجیتال قابل‌اعتماد تبدیل می‌کند. وجود **PGA کم‌نویز** باعث می‌شود بتوان ولتاژهای بسیار کوچک سنسور را بدون نیاز به تقویت‌کننده خارجی دریافت کرد و سهولت طراحی بالاتر برود.

این **ADC** با نرخ نمونه‌برداری قابل تنظیم و فیلترهای داخلی‌اش کمک می‌کند پروژه‌هایی مثل **اسکن میدان مغناطیسی**، **دیتالاگرهای دقیق** یا **سیستم‌های آزمایشگاهی** خروجی بسیار تمیز و پایدار داشته باشند. ارتباط **SPI** هم اجازه می‌دهد میکروکنترلر داده‌ها را سریع و بدون تاخیر از **ADC** دریافت کند و همراه داده‌های دیگر سنسورها تحلیل کند



3-1. ای سی ولتاژ مرجع MAX6194ESA

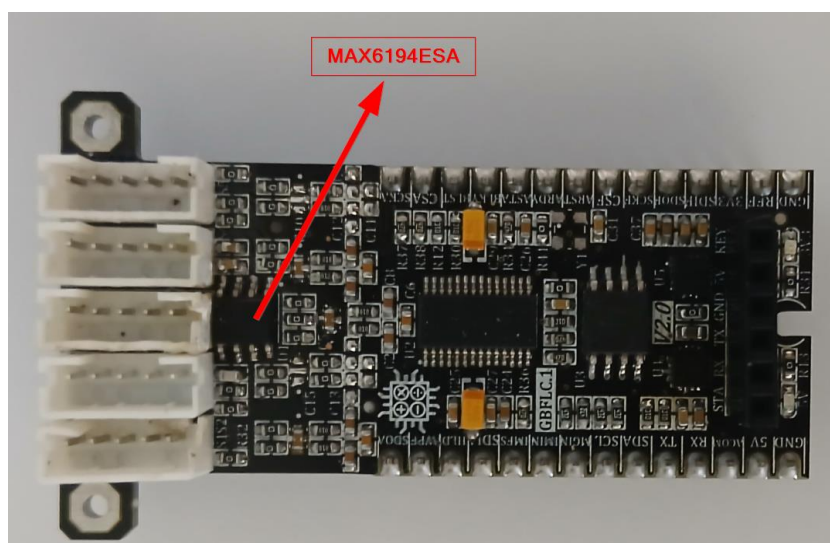
MAX6194ESA یک رفرنس ولتاژ بسیار دقیق و کم مصرف است که خروجی ۴.۵۰۰ ولت را با دقت اولیه تا 2 mV $\pm$ ضریب دمایی حداکثر $5 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ فراهم می کند. این سطح از پایداری به لطف مدار اصلاح انحنا و مقاومت های نازک لیزری تریم شده به دست آمده و باعث می شود ولتاژ مرجع حتی با تغییر دما یا گذشت زمان، کمترین تغییر را تجربه کند. مصرف ۳۵ میکروآمپر نیز این رفرنس را برای ابزارهای پرتابل و باتری محور ایده آل می کند.

یکی از نقاط قوت MAX6194ESA عملکرد خوب آن در شرایط بار و تغذیه است. این رفرنس می تواند تا ۵۰۰ میکروآمپر جریان را سورش یا سینک کند، در حالی که افت ولتاژ آن تنها ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی ولت باقی می ماند. تنظیم پذیری خط ۲۵ تا ۱۶۰ میکروولت بر ولت و تنظیم بار ۰.۱۶ تا ۰.۸۰ میکروولت بر میکروآمپر نشان می دهد که خروجی در برابر تغییرات ورودی یا بار بسیار مقاوم است. همچنین پایداری در

بررسی اجمالی

برابر نویز، با مقدار $8 \mu V \text{ RMS}$ یا $110 \mu V_{pp}$ در بازه 0.1 تا 10 Hz، باعث می‌شود این قطعه برای سیستم‌های اندازه‌گیری دقیق کاملاً مناسب باشد.

در کنار این موارد، MAX6194ESA به صورت داخلی جبران‌سازی شده و بدون نیاز به خازن خروجی هم پایدار است، هرچند تا ۲.۲ نانوفاراد خازن خروجی را نیز بدون ناپایداری پشتیبانی می‌کند. زمان پاسخ‌دهی ۱۶۰ تا ۱۸۰ میکروثانیه و ریزل ریجکشن ۷۶ dB این تراشه را برای کاربردهایی مثل ADC های دقت بالا، کنترل صنعتی و سیستم‌های مرجع پایدار بسیار مناسب می‌کند.



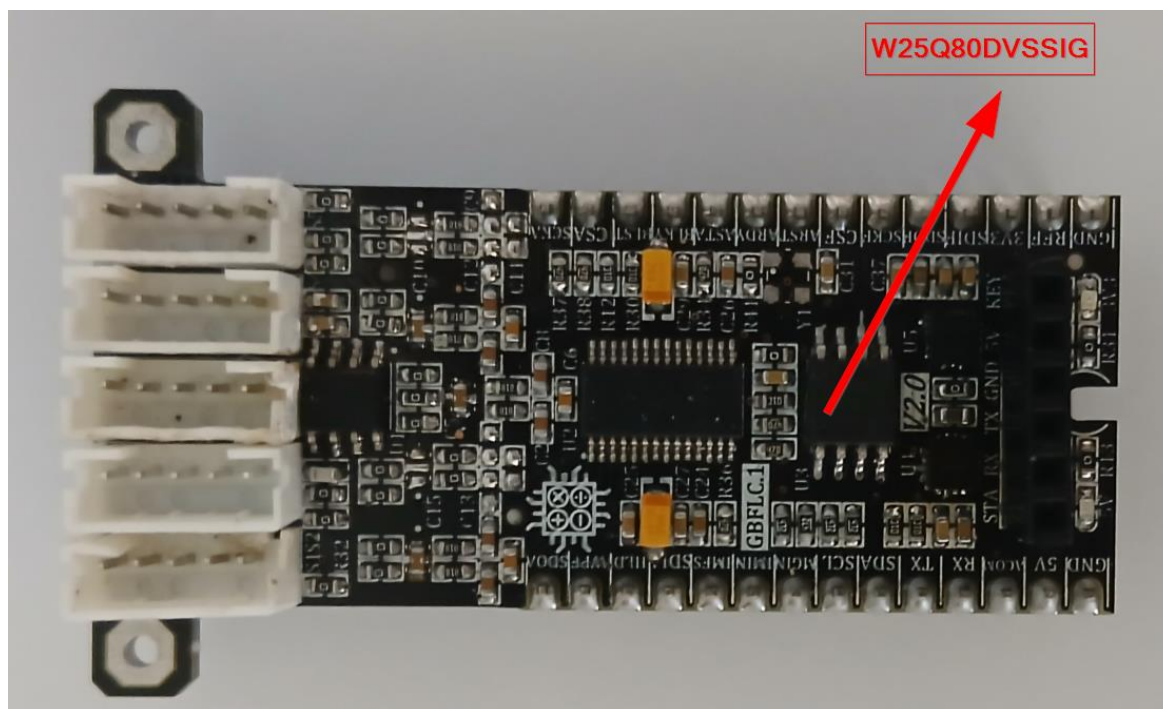
4-1. ای سی حافظه W25Q80DVSSIG

W25Q80DVSSIG یک حافظه Flash سریال 8 مگابیتی از خانواده Winbond است که بر پایه معماری SPI با سرعت بالا طراحی شده. این تراشه فرکانس کلاک را تا 104 MHz پشتیبانی می‌کند و در حالت خواندن سریع، امکان دستیابی به سرعت انتقال بالا را بدون پیچیدگی اضافی فراهم می‌سازد. طراحی آن مبتنی بر صفحات 256 بایتی، سکتورهای 4 کیلوبایتی و بلوک‌های 32 و 64 کیلوبایتی است که هم انعطاف‌پذیری در

پاک‌سازی و هم سرعت بالا در عملیات نوشتن را به همراه دارد.

یکی از نقاط قوت چشم‌گیر این حافظه، **قابلیت‌های امنیتی و حفاظتی** است. پشتیبانی از قابلیت **Block Protect** و یک رجیستر وضعیت دوم (Status Register-2) اجازه می‌دهد بخش‌هایی از حافظه در برابر نوشتن یا پاک شدن ناخواسته محافظت شوند. وجود دو پین **WP** و **HOLD** نیز کنترل دقیق‌تر روی عملیات و جلوگیری از وقفه‌های ناخواسته در تبادل داده را ممکن می‌کند. این تراشه از **منبع تغذیه 2.7 تا 3.6 ولت** کار می‌کند و با جریان‌های بسیار کم در حالت خواندن و حالت **Deep-Power-Down**، به‌ویژه برای سیستم‌های کم‌مصرف مناسب است.

در کنار این مشخصات، **W25Q80DVSSIG** چرخه‌های نوشتن و پاک‌سازی با دوام **۱۰۰۰۰۰۰ چرخه** را تضمین می‌کند و با **۱۰ سال نگهداری داده** در دمای اتاق، برای کاربردهای صنعتی، صوتی، داده‌نگارها، سیستم‌های قابل حمل و انواع پروژه‌های مبتنی بر میکروکنترلر کاملاً قابل اعتماد است. ترکیب سرعت بالا، دوام مناسب، گزینه‌های امنیتی و مصرف توان پایین، این حافظه را به انتخابی متعادل و قدرتمند برای طراحی‌های مدرن تبدیل می‌کند.



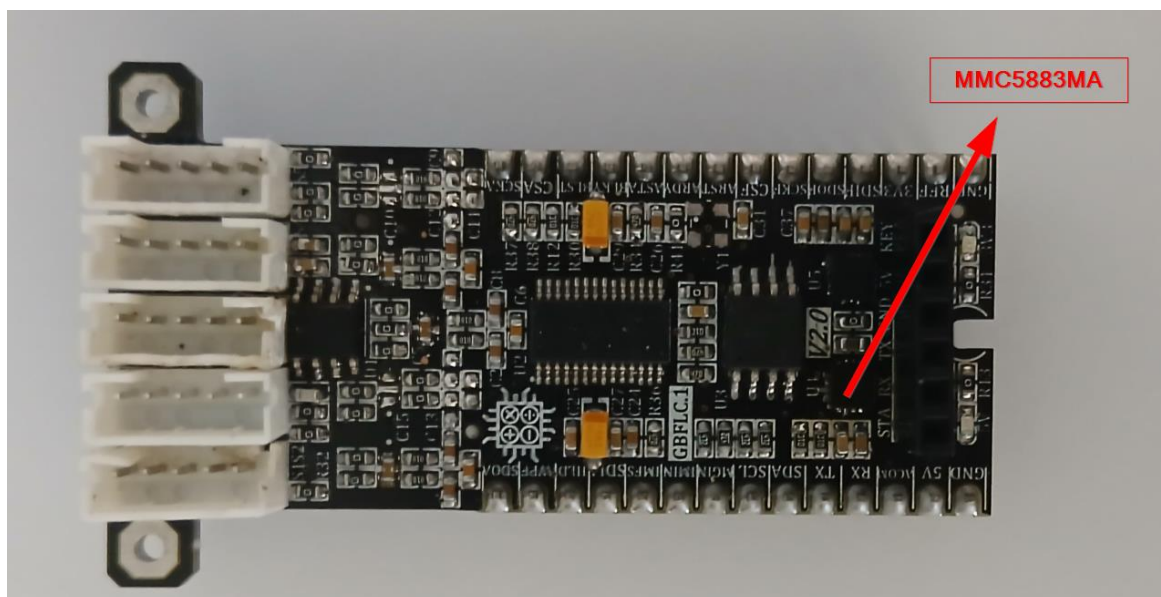
در یک برد درایور یا پروژه‌ای که با **FLC100** کار می‌کند، حافظه **W25Q80DVSSIG** می‌تواند نقش «دفتر ثبت دائم» را بازی کند؛ جایی که داده‌های خام میدان مغناطیسی، ضرایب کالیبراسیون، پروفایل‌های اندازه‌گیری یا حتی تنظیمات کاربری ذخیره می‌شوند. سرعت بالای رابط **SPI** به ما اجازه می‌دهد حجم زیادی از نمونه‌های سنسور را بدون ایجاد گلوگاه ذخیره کنیم و بعداً برای تحلیل، فیلترگذاری یا ارسال به رایانه بازیابی‌شان کنیم.

در پروژه‌های دقیق مثل ثبت بلندمدت تغییرات میدان مغناطیسی یا ساخت دیتالاگر، این حافظه به خاطر **۱۰ سال پایداری داده و ۱۰۰ هزار چرخه نوشتن** یک گزینه مطمئن است و امکان ذخیره‌سازی دوره‌ای داده‌ها بدون نگرانی از خراب‌شدن سلول‌ها را فراهم می‌کند. همچنین می‌توان از آن برای نگه‌داری **فریم‌ور کمکی، lookup table‌های پردازشی یا پارامترهای فیلتر ADC** استفاده کرد تا مازول **FLC100** پس از هر بار ریست، سریع و دقیق آماده کار شود.

5-1. سنسور MMC5883MA

سنسور MMC5883MA یک مغناطیس سنج سه محوره دقیق است که در دل خودش هم سنسور AMR دارد، هم مدار پردازش سیگنال و هم رابط I2C. میدان مغناطیسی را تا ± 8 گوس می سنجد و با تفکیک 0.25 میلی گوس و نویز 0.4 میلی گوس RMS به دقتی می رسد که برای قطب نماها می تواند خطای نزدیک ± 1 درجه بدهد. این ترکیب شبیه این است که یک قطب نما کوچک اما خیلی دقیق را در ابعاد $3 \times 3 \times 1$ میلی متر در مدار بگذاری.

یک ویژگی چشم گیرش وجود SET/RESET داخلی است که با یک پالس قوی، سنسور را از اثر دما و باقی مانده مغناطیسی پاک سازی می کند. همین باعث می شود در محیط های سخت، خروجی اش کمتر خراب شود. خروجی دیجیتال 16 بیتی، نرخ نمونه برداری تا 600 هرتز، توان مصرفی بسیار پایین و قابلیت تشخیص حرکت هم در جیبش دارد. همه این ها، MMC5883MA را تبدیل به یک حسگر کوچک ولی پرتوان می کند که دوست دارد مثل یک رادار آرام، ضربان میدان مغناطیسی دنیا را ضبط کند.



در یک برد درایور یا پروژه‌ای که با **FLC100** کار می‌کند، سنسور **MMC5883MA** می‌تواند نقش «چشم کمکی سه‌بعدی» را داشته باشد؛ یعنی اطلاعاتی را ثبت کند که **FLC100** به دلیل تک‌محوره بودن نمی‌بیند. این حسگر سه‌محوره می‌تواند برای **کالیبراسیون جهت‌گیری سنسورهای FLC100**، پایش تغییرات پس‌زمینه میدان، یا تشخیص نویزهای محیطی که روی اندازه‌گیری دقیق اثر می‌گذارند به کار رود. در پروژه‌هایی مثل نقشه‌برداری مغناطیسی، ثبت ژئومغناطیس یا سیستم‌های تشخیص جریان، **MMC5883MA** کمک می‌کند داده‌های **FLC100** معنا و جهت‌گیری دقیق‌تری پیدا کنند. خروجی دیجیتال **I2C** و نویز پائینش باعث می‌شود بدون نیاز به مدار آنالوگ اضافه، بتوان آن را کنار **FLC100** روی یک برد نصب کرد و ترکیب داده‌های دو سنسور را برای تحلیل عمیق‌تر میدان استفاده کرد.

1-6. سنسور IAM-20680HP

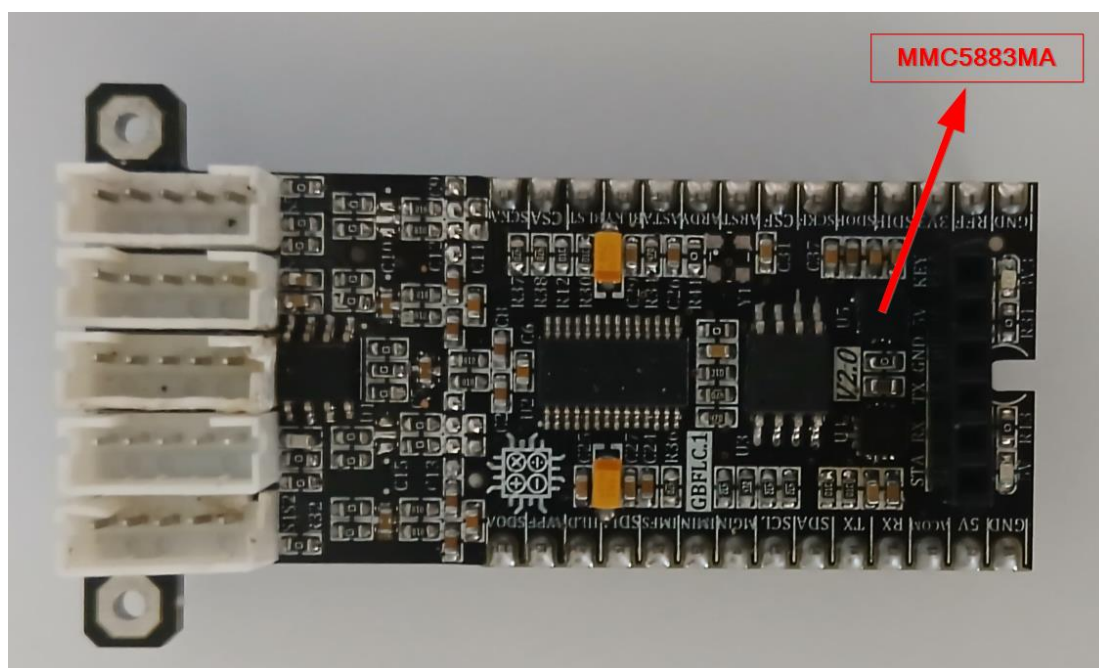
IAM-20680HP یک سنسور **IMU** پیشرفته است که ژيروسکوپ و شتاب‌سنج سه‌محوره را در یک بسته

بررسی اجمالی

کوچک و کم‌مصرف ترکیب می‌کند. این سنسور با تکیه بر فناوری‌های MEMS دقیق، پایداری دمایی بالا، خطای بایاس کم و عملکرد قابل اعتماد در شرایط محیطی سخت را فراهم می‌سازد. ژيروسکوپ و شتاب‌سنج داخلی آن با نویز پایین و دقت اندازه‌گیری قابل توجه، برای کاربردهایی مانند روباتیک، پهپاد، پایش حرکت و سیستم‌های ناوبری ایده‌آل هستند.

یکی از برتری‌های مهم این سنسور، مصرف توان بسیار پایین در کنار پایداری حرارتی مناسب است-IAM-20680HP با پشتیبانی از رابط I²C و SPI به راحتی در بیشتر پلتفرم‌های میکروکنترلر ادغام می‌شود و حالت‌های کاری کم‌مصرفش اجازه می‌دهد در دستگاه‌های باتری‌محور نیز بدون نگرانی استفاده شود. وجود فیلتر دیجیتال، معماری ضد نویز و واحد پردازشی داخلی باعث می‌شود داده‌های خروجی کیفیت بالاتری داشته باشند و نیاز به پردازش اضافی در سطح سیستم کاهش یابد.

در کنار این موارد، دوام مکانیکی بالا، پایداری عملکرد در برابر شوک و لرزش، و عملکرد ثابت در بازه وسیع دمایی، IAM-20680HP را به یک IMU توانمند برای پروژه‌هایی تبدیل می‌کند که نیازمند دقت، اطمینان و مدیریت توان مناسب هستند.



در یک برد درایور یا پروژه مبتنی بر FLC100، سنسور IAM-20680HP می‌تواند نقش «حسگر حرکتی و وضعیت» را بازی کند؛ یعنی چیزی که خود FLC100 نمی‌سنجد اما برای تفسیر دقیق میدان مغناطیسی لازم

است. این IMU سه محوره می تواند جهت گیری، لرزش، تکان های ریز و تغییر زاویه را ثبت کند و اجازه بدهد داده های FLC100 از اثر حرکت یا ارتعاش جدا شوند.

در کاربردهایی مثل اندازه گیری میدان در حال حرکت، اسکن مغناطیسی، نقشه برداری یا ثبت تغییرات بسیار کوچک، وجود ژيروسکوپ و شتاب سنج کمک می کند خطاهای ناشی از tilting یا drift مکانیکی اصلاح شوند. داده های پایدار IAM-20680HP از طریق SPI یا I2C وارد میکروکنترلر می شوند و کنار خروجی FLC100 ترکیب می شوند تا سیستم بتواند تصویری دقیق تر، منظم تر و بدون نویز حرکتی از میدان بسازد.

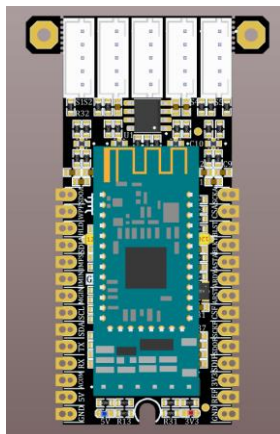
7-1. ماژول بلوتوث HC-05

ماژول HC-05 یک ماژول بلوتوث کلاسیک با قابلیت Master/Slave است که برای ارتباط بی سیم ساده و پایدار میان میکروکنترلر و دستگاه هایی مثل گوشی و لپ تاپ استفاده می شود. این ماژول از رابط UART برای ارسال و دریافت داده بهره می برد و همین سادگی باعث شده در پروژه های آموزشی، صنعتی سبک و دستگاه های قابل حمل بسیار محبوب باشد. سرعت ارتباط آن تا ۸۰ kbps می رسد و با فرمان های AT می توان پارامترهایی مثل baud rate، نام دستگاه و نقش ارتباطی را پیکربندی کرد.

برتری چشم گیر HC-05 این است که بدون نیاز به پروتکل های پیچیده، می تواند در فاصله ای حدود ۱۰ متر یک کانال ارتباطی پایدار ایجاد کند و حتی در حالت Master خودش دستگاه های بلوتوث را پیدا و به آنها متصل شود. مصرف توان پایین، برد مناسب، پایداری ارتباط و سازگاری با اکثر میکروکنترلرها (از آردوینو تا STM32) باعث شده که این ماژول تبدیل به یک «پل بی سیم همه فن حریف» شود. داده ها به صورت مستقیم از پورت سریال وارد ماژول می شوند و آن طرف خط، روی گوشی یا کامپیوتر به شکل داده دریافت شده بلوتوثی ظاهر می شوند.

با HC-05 می توان کارهای زیادی انجام داد: ساخت دیتالاگر بی سیم، کنترل ربات از طریق گوشی، تبادل داده سنسورها، ارسال پیام های سریال از یک برد به کامپیوتر بدون کابل، یا حتی ایجاد یک شبکه کوچک برای

چند ماژول. سادگی استفاده، ارزان بودن و انعطاف بالا باعث می شود HC-05 مثل یک «تونل نامرئی» بین سیستم شما و دنیای بیرون عمل کند.



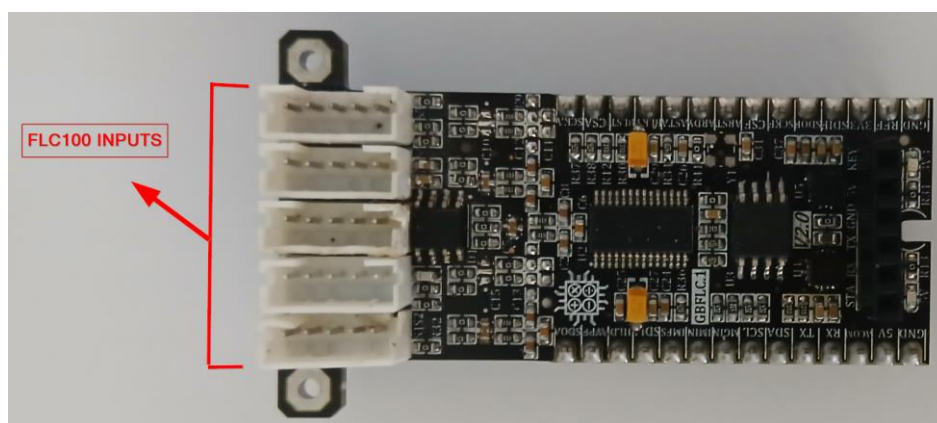
در یک برد درایور یا پروژه FLC100، ماژول HC-05 می تواند نقش «پل بی سیم» را بازی کند و داده های دقیق میدان مغناطیسی را بدون نیاز به کابل، به گوشی یا لپ تاپ بفرستد. کافی است میکروکنترلر خروجی ADC یا سنسور را از طریق UART به HC-05 بدهد تا ماژول آن را به صورت بلوتوثی ارسال کند. این کار امکان ساخت دیتالاگر قابل حمل، مانیتورینگ زنده و کالیبراسیون بی سیم سیستم FLC100 را تنها با یک اتصال ساده فراهم می کند.

8-1. کانکتورهای ورودی FLC100

این بخش از ماژول که در تصویر دیده می شود، محل ورودی های سنسورهای FLC100 است؛ کانکتورهایی که دقیقاً هم پین و هم استاندارد با خود سنسور طراحی شده اند تا کاربر بدون هیچ سیم کشی اضافی بتواند سنسور را به صورت مستقیم وصل کند. کافی است کابل فکتوری یا کابل استاندارد سنسور را در این کانکتورها قرار دهید تا تغذیه، سیگنال خروجی دیفرانسیل و خط SYNC همگی به شکل صحیح و خودکار متصل شوند.

بررسی اجمالی

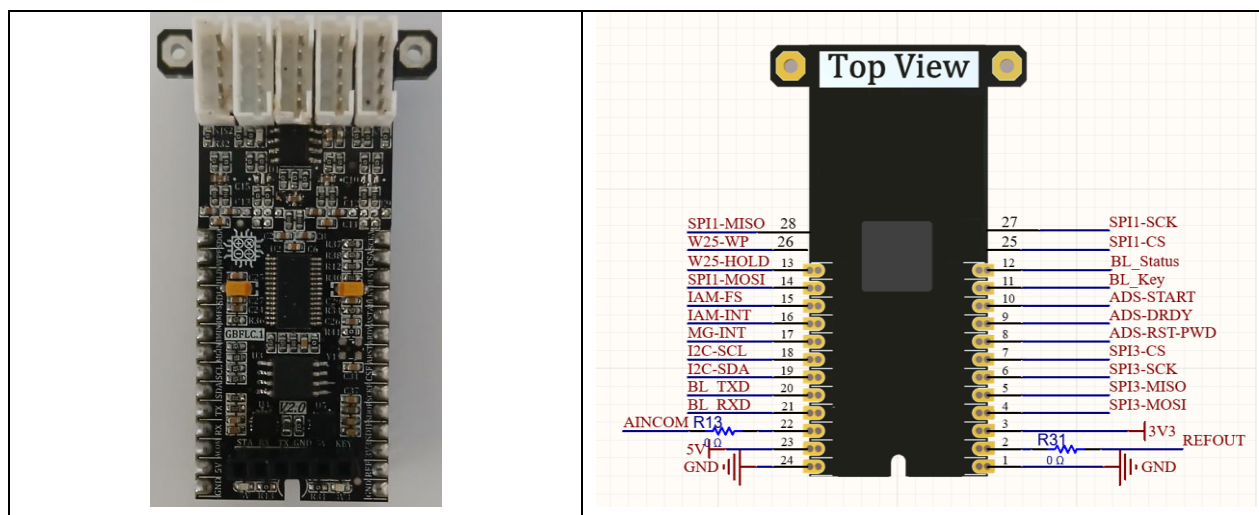
طراحی مکانیکی این بخش طوری انجام شده که اتصال سنسور کاملاً پایدار باشد؛ یعنی حتی در پروژه‌هایی که لرزش یا حرکت دارند، کانکتور قفل می‌شود و احتمال قطع شدن اتصال بسیار کم است. فاصله‌گذاری و ترتیب پین‌ها نیز مطابق دیتاشیت FLC100 رعایت شده تا هیچ خطایی در اتصال رخ ندهد و کاربر بتواند چند سنسور را هم‌زمان و بدون احتیاج به لحیم‌کاری یا تبدیل اضافی روی مازول نصب کند. به‌طور خلاصه، این ورودی‌ها رابطی ساده، سریع و بی‌دردسر برای راه‌اندازی FLC100 هستند؛ فقط سنسور را وارد کنید و مازول بقیه مسیر را مدیریت می‌کند.



توجه برای اتصال سنسور FLC100 با کابل نزدیک به 1 متر یا بیشتر حتماً باید از زوج سیم به هم تابیده استفاده کرد.

9-1. پین های خروجی ماژول درایور FLC100

همانطور که در ادامه می بینید تمامی پین های مورد نیاز و قابل استفاده و کاربردی از هر یک از سنسورها و آی سی های روی برد به صورت شکل های زیر از ماژول بیرون کشیده شده است:



شما می توانید با مراجعه به فایل های شماتیک پیوست و بررسی دیتاشیت هر یک از سنسورها و آی سی ها عملکرد هر یک از پین های مربوطه را پیدا و بررسی کرده و در پروژه خود مورد استفاده قرار دهید. همانطور که قبلاً ذکر شد تمامی پین های این ماژول مطابق با پین های ماژول میکروکنترلر جبرائیت بوده و تمام پین های مورد استفاده در پروتکل های ارتباطی اس پی آی و آی دو سی منطبق با ماژول میکروکنترلر می باشد و کاربر بدون هیچ دردسری می تواند با اتصال این ماژول بر روی ماژول میکروکنترلر شروع به توسعه و برنامه نویسی و دریافت دیتا کند.

10-1. جدول مزیت‌ها و ویژگی‌های ماژول درایور FLC100

توضیح خلاصه	مزیت / ویژگی	دسته‌بندی
اتصال مستقیم و بدون سیم‌کشی اضافی برای تا 5 FLC100 عدد	کانکتورهای بین‌توپین استاندارد	FLC100 ورودی سنسور
انعطاف کامل در استفاده همزمان چند سنسور	پشتیبانی از اتصال مستقیم 4 کانال و 5 کانال با مرجع داخلی	
کاهش نویز و پایدار ماندن سیگنال‌های سنسور	EMI/EMC رعایت کامل	
ADC افزایش کیفیت سیگنال قبل از ورود به	وجود سیگنال‌کاندیشنینگ و فیلتر آنالوگ	پردازش سیگنال
در FLC100 هماهنگ‌سازی چند سنسور اندازه‌گیری دقیق	برای همزمان‌سازی SYNC خط	
بهترین کیفیت ممکن برای اندازه‌گیری خروجی FLC100	رزولوشن 32 بیت و نویز بسیار پایین	مبدل آنالوگ به دیجیتال ADS1263
حذف نیاز به تقویت‌کننده خارجی	داخلی کم‌نویز PGA	
دریافت سریع داده‌های تبدیل‌شده	پرسرعت SPI	
مناسب برای دیتالاگر و ثبت بلندمدت	ذخیره‌سازی داده‌های سنسور و کالیبراسیون	W25Q80DV حافظه
مناسب پروژه‌های صنعتی و تحقیقاتی	نگهداری 10 ساله دیتا	
ذخیره‌سازی سریع بدون ایجاد گلوگاه	SPI سرعت بالای	
FLC100 مکمل تک‌محوری بودن	افزودن داده میدان 3 محوره	سنسور سه‌محوره MMC5883MA
بهبود تحلیل میدان مغناطیسی	کمک به کالیبراسیون و حذف نویز محیطی	
FLC100 اصلاح خطاهای حرکتی روی داده	ثابت لرزش، حرکت و زاویه	IMU IAM-20680HP
بهبود دقت در محیط‌های لرزشی	پایداری دمایی بالا و نویز کم	
مانیتورینگ زنده بدون کابل	ارسال بلوتوثی داده‌های سنسور	HC-05 ارتباط بی‌سیم
تنظیم آسان سرعت، نام و نقش ارتباطی	AT Command پشتیبانی از	
ADC و FLC100 تضمین دقت در خروجی	مرجع 4.5 ولت فوق‌پایدار	مرجع ولتاژ دقیق
پایدار ماندن ولتاژ در بلندمدت	دریافت حرارتی بسیار پایین	
پایداری عالی سیگنال‌ها	EMI/EMC برد با رعایت	ساختار کلی ماژول
نصب ساده روی بردهای مادر استاندارد	STM32 و GebaraBus سازگار با	
تبدیل برد به یک سیستم اندازه‌گیری کامل	و مغناطیس‌سنج IMU وجود حافظه فلش،	
دسترسی کامل توسعه‌دهنده به همه امکانات	بیرون‌کشی تمام پین‌های مهم	
قابل اتصال به ماژول‌های دیگر بدون تغییر سخت‌افزار	امکان گسترش و افزودن ماژول‌ها	
ثبت لحظه‌به‌لحظه میدان مغناطیسی	دیتالاگر دقیق میدان	کاربردهای سیستم
مناسب آزمایشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی	سیستم‌های اسکن میدان	
مناسب توسعه ابزار صنعتی	اندازه‌گیری جریان، فاز، تغییرات محیطی	

توضیح خلاصه	مزیت / ویژگی	دسته‌بندی
مناسب تنظیمات میدانی و پرتابل	کالیبراسیون و مانیتورینگ زنده	

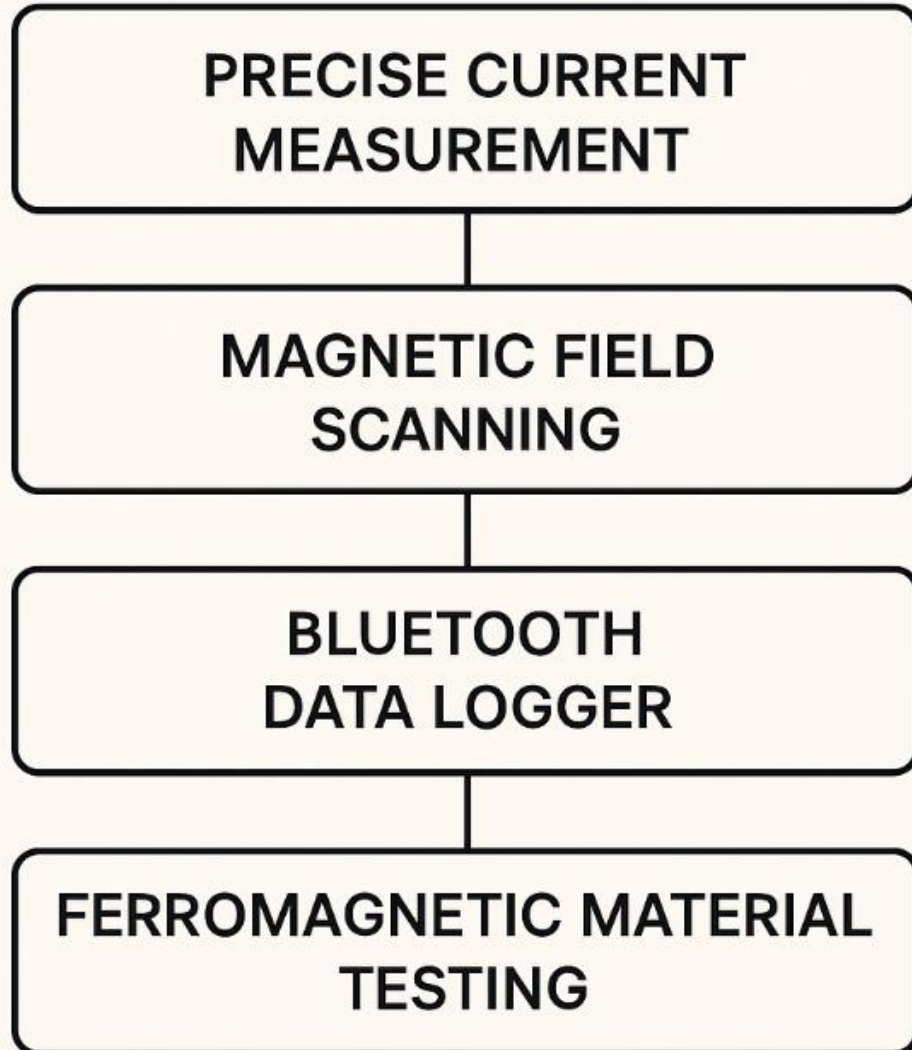
1-11. چرا ماژول درایور FLC100 ؟

- دقت میدان در حد آزمایشگاهی
- نصب سنسور بدون سیم‌کشی
- تبدیل خروجی FLC100 به دیتا با رزولوشن 32 بیت
- ماژول آماده برای دیتالاگر، اسکنر میدان و ابزار تحقیقاتی

1-12. کاربردهای ماژول درایور FLC100

- سیستم اندازه‌گیری دقیق
- اسکنر میدان مغناطیسی
- دیتالاگر میدان با ارتباط بلوتوث
- تستر مواد فرومغناطیس
- اندازه‌گیری تداخل میدان در خطوط قدرت

Applications



1-13. مزایای ماژول درایور FLC100

- ورودی پین توپین FLC100
- مرجع 4.5 ولت دقیق

- ADC 32 بیتی واقعی
- IMU + مغناطیس سنج سه محوره
- حافظه فلش داخلی
- قابلیت اتصال HC-05
- سازگاری با GebaraBus

14-1. طراحی گرادئومتر مغناطیسی

با همین طراحی می‌توانید از «ماژول درایور FLC100 یک گرادئومتر مغناطیسی بسازید. ایده‌اش این است که حداقل دو سنسور FLC100 را با فاصله‌ی مکانیکی معلوم (baseline) روی یک سازه سفت نصب کنید، سیگنال هر دو را هم‌زمان بگیرید، و اختلافشان را بر baseline تقسیم کنید تا گرادیان میدان (nT/m) یا $\mu\text{T/m}$ به دست بیاید.

طرح کلی و اتصال‌ها:

دو FLC100 را به دو ورودی مجزا وصل کنید و آن‌ها را به صورت دیفرانسیل به ADS1263 بدهید تا نویز مشترک و ریپل مرجع بهتر حذف شود. برای نمونه $\text{CH1} = \text{سنسور ۱}$ و $\text{CH2} = \text{سنسور ۲}$.

مرجع ولتاژ: از مرجع دقیق 4.5V روی برد به عنوان V_{ref} خارجی ADC استفاده کنید (یا از مرجع داخلی/گزینش‌پذیر ADC مطابق پیکربندی (REFMUX)، تا تبدیل پایدار باشد).

هم‌زمان‌سازی نمونه‌برداری: تبدیل‌های دو کانال را در یک نرخ و فاز شروع کنید (START/STOP) یا فرمان‌های (START1/STOP1) تا هم‌زمانی واقعی داشته باشید و تفریق معنی‌دار شود.

خودآزمایی/کالیبراسیون: از TDAC داخلی ADS1263 به عنوان تحریک تست کوچک استفاده کنید تا

مسیر سیگنال هر کانال را صحت‌سنجی و بهره offset/را تخمین بزنید .

IMU (IAM-20680HP) را برای ثبت جهتیابی/شتاب و حذف اثرات حرکتی (tilt/rotation) و برچسب‌گذاری وضعیت استفاده کنید؛ این IMU سه‌محور ژيرو+شتاب‌سنج، فیلتر دیجیتال و FIFO دارد که برای همگام‌سازی داده‌ها مفید است.

پردازش و محاسبات:

فیلتر پایین‌گذر آنالوگ/دیجیتال را طوری تنظیم کنید که پهنای‌بند هدف گرادایومتر) مثلاً چند Hz تا ده‌ها Hz) را پوشش دهد و نویز بالا را حذف کند.

گرادیان را این‌گونه بسازید:

$$G = \frac{B_1 - B_2}{L}$$

که B_1, B_2 خروجی دو سنسور و L فاصله‌ی دقیق بین دو سنسور است.
(3)رزولوشن گرادیان عمدتاً از نویز حسگرها می‌آید:

$$S_G \approx \frac{\sqrt{S_{B1}^2 + S_{B2}^2}}{L}$$

هرچه baseline بزرگ‌تر و نویز هر سنسور و ADC کمتر، رزولوشن گرادیان بهتر.

با داده‌های IMU می‌توانید حرکات/کج‌شدن سازه را مدلسازی و اثرشان را کم کنید؛ همچنین MMC5883MA (اگر نصب است) برای اعلام جهت (heading) و تفکیک تغییرات ناشی از چرخش کمک می‌کند.

گام‌های عملی پیشنهادی:

مکانیک: دو FLC100 را روی ریل سخت، با فاصله‌ی دقیق) مثلاً 0.5–1 m برای حساسیت بهتر (و هم‌ترازی دقیق محور اندازه‌گیری نصب کنید. فاصله را با کولیس/لیزر مستند کنید.

کالیبراسیون ساکن: در محیط نسبتاً آرام مغناطیسی، offset هر کانال را اندازه بگیرید و صفر کنید؛ سپس با TDAC یا جابه‌جایی کنترل‌شده، بهره‌ی مسیرها را یکسان‌سازی کنید.

پیکربندی: ADC نرخ نمونه‌برداری یکنواخت، مود پیوسته، ورودی‌های دیفرانسیل، مرجع پایدار؛ هم‌زمانی با

START/STOP برای کانال‌ها.

مرجع/زمین پاک: سیم‌کشی دیفرانسیل کوتاه، زمین ستاره‌ای، دوری از لوپ‌های بزرگ و جداسازی تغذیه‌ی مرجع از بارهای دیجیتالی؛ در صورت نیاز محافظ (shield) برای کابل‌های سنسور.

ارسال/لاگ داده: با HC-05 داده‌های B1، B2، IMU و G را استریم کنید؛ نمونه‌ها را time-stamp کنید تا بعداً بتوانید فیلتر/میانگین‌گیری و آنالیز طیفی انجام دهید.

انتظار عملکرد:

در حالت ایده‌آل، میدان‌های مشترک (مثلاً میدان زمین یا تداخل دوردست) بین دو سنسور تقریباً حذف می‌شود و تغییرات محلی/نزدیک برجسته می‌گردد؛ این همان ذات گرادیمتر است.

رزولوشن نهایی به سه عامل بستگی دارد: **نویز FLC100**، **نویز/دقت ADS1263** و **baseline**. با فیلتر مناسب و baseline کافی، می‌توانید تغییرات بسیار ریز گرادیان را آشکار کنید (مقیاس nT/m).

استفاده از IMU باعث پایداری اندازه‌گیری در حرکت می‌شود (compensation tilt/rotation)، و حافظه‌ی فلش/بلوتوث امکان دیتالاگر بی‌سیم و تحلیل آفلاین را می‌دهد.

15-1. مشخصات فنی مازول درایور GebraBit FLC100 Pro

15-1-1. بخش سنسور FLC100

تعداد کانال‌ها:

- تا ۵ ورودی استاندارد برای FLC100
- حداقل ۴ کانال مستقیم برای اتصال سنسور بدون محدودیت

نوع اتصال:

- کانکتورهای ورودی پین توپین مطابق با کانکتور اصلی FLC100

بررسی اجمالی

- پشتیبانی از تغذیه سنسور، خروجی دیفرانسیل، و خط SYNC بر روی همان کانکتور
- شرایط سیگنال:
- مسیر کامل سیگنال کاندیشنینگ و فیلتر آنالوگ بین خروجی FLC100 و ورودی ADC
- در نظر گرفتن اصول مسیر دیفرانسیل، زمین گذاری مناسب، و فیلتر پایین گذر برای بهبود SNR

2-15-1. مبدل آنالوگ به دیجیتال ADS1263

- نوع مبدل Delta-Sigma: بسیار دقیق
- رزولوشن:
- ADC1: رزولوشن 32 بیت (هسته اصلی اندازه گیری دقیق)
- ADC2: رزولوشن 24 بیت کمکی
- نرخ نمونه برداری: (ADC1)
- قابل تنظیم از حدود 2.5 SPS تا 38400 SPS امکان انتخاب بین دقت بسیار بالا یا سرعت بیشتر)
- ورودی های آنالوگ:
- ۱۱ ورودی آنالوگ قابل پیکربندی (تک پایانه، دیفرانسیل یا ترکیبی)
- امکانات مجتمع:
- PGA کم نویز داخلی با ضریب تقویت تا $\rightarrow 32 \times$ حذف نیاز به تقویت کننده خارجی برای سیگنال های کم سطح FLC100
- مرجع داخلی با دریافت کم
- جریان های تحریک IDAC برای سنسورهای مقاومتی/پل ها
- TDAC و مولد سیگنال تست داخلی برای خودآزمایی و کالیبراسیون مسیر سیگنال
- حسگر دمای داخلی
- ۸ عدد GPIO قابل استفاده در طراحی
- تا ۳ ورودی مرجع مستقل با مانیتور اف و ولتاژ برای افزایش پایداری مرجع
- ویژگی نویز و دقت:
- نویز بسیار پایین در ADC1

بررسی اجمالی

- امکان دستیابی به **ENOB** بالا در سطح نانولت (با فیلتر و نرخ مناسب) رابطه ارتباطی:
- **SPI** پرسرعت برای تبادل داده با میکروکنترلر (مثلاً ماژول STM32 جبرابیت) کارکرد در این ماژول:
- قلب اندازه‌گیری FLC100 با دقت آزمایشگاهی
- تبدیل ولتاژ دیفرانسیل بسیار کوچک FLC100 به داده دیجیتال 32 بیتی پایدار

3-15-1. مرجع ولتاژ دقیق MAX6194ESA

- نوع: رفرنس ولتاژ دقیق و کم‌مصرف
- ولتاژ خروجی:
- 4.500 V (فیکس)
- دقت اولیه:
- تقریباً تا حدود $\pm 2\text{ mV}$
- ضریب دمایی: (Tempco)
- حداکثر در حدود $5\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$
- مصرف جریان:
- حدود $35\text{ }\mu\text{A}$ مناسب سیستم‌های پرتابل و باتری‌محور)
- توانایی باردهی:
- سورس/سینک تا $500\text{ }\mu\text{A}$ با افت ولتاژ $100\text{--}200\text{ mV}$
- تنظیم خط و بار:
- Line Regulation: در حد ده‌ها تا صدها $\mu\text{V}/\text{V}$
- Load Regulation: در حد زیر $1\text{ }\mu\text{V}/\mu\text{A}$
- نویز:
- در حدود $8\text{ }\mu\text{V RMS}$ یا $110\text{ }\mu\text{Vpp}$ در باند $0.1\text{--}10\text{ Hz}$
- پایداری:
- جبران‌سازی داخلی، بدون نیاز به خازن خروجی برای پایداری

بررسی اجمالی

- پشتیبانی از خازن خروجی تا حدود 2.2 nF
- کارکرد در ماژول:
- تأمین مرجع بسیار پایدار برای ADS1263 و در نهایت برای تبدیل دقیق خروجی FLC100
- کاهش درفت بلندمدت و دمایی در اندازه‌گیری میدان مغناطیسی دقیق

4-15-1. حافظه فلش سریال W25Q80DVSSIG

- نوع حافظه:
- Serial Flash با رابط SPI
- ظرفیت:
- (۱۸ Mbit مگابایت)
- ساختار حافظه:
- صفحه 256 (Page): بایت
- سکتور 4 KB :
- بلوک 32 KB و 64 KB
- رابط و سرعت:
- تغذیه 2.7 تا 3.6 ولت
- فرکانس کلاک SPI تا 104 MHz
- حالت Fast Read برای سرعت خواندن بالا
- ویژگی‌های امنیتی:
- Block Protect برای محافظت از بخش‌هایی از حافظه در برابر نوشتن/پاک کردن
- دو رجیستر وضعیت (Status Register-1/2) برای تنظیمات حفاظتی
- پین‌های WP و HOLD برای کنترل بیشتر عملیات
- پایداری و عمر:
- ۱۰۰,۰۰۰ چرخه نوشتن/پاک‌سازی
- ۱۰ سال نگهداری داده در دمای اتاق
- کارکرد در ماژول:
- ذخیره‌سازی داده‌های خام FLC100 ، ضرایب کالیبراسیون، پروفایل‌های اندازه‌گیری، تنظیمات کاربری و ...
- امکان ساخت دیتالاگر میدان مغناطیسی با ثبت طولانی مدت

- نگهداری جداول (Lookup Table) و پارامترهای فیلتر برای ADC

5-15-1. مغناطیس سنج سه محوره MMC5883MA

نوع سنسور: مغناطیس سنج سه محوره (3-Axis AMR) با پردازش سیگنال مجتمع

رنج اندازه گیری میدان:

- تا حدود $\pm 8 \text{ Gauss}$

تفکیک پذیری:

- حدود 0.25 mGauss

نویز:

- در حدود 0.4 mGauss RMS

خروجی:

- خروجی دیجیتال 16 بیتی از طریق I²C

نرخ نمونه برداری:

- تا حدود 600 Hz

امکانات داخلی:

- مدار SET/RESET داخلی برای حذف اثر پسماند مغناطیسی و دما

- توان مصرفی پایین و حالت های کم مصرف

- قابلیت تشخیص حرکت (Motion Detection)

کارکرد در ماژول: FLC100 Driver

- تأمین داده میدان سه محوره به عنوان مکمل FLC100 تک محوره

- کمک به کالیبراسیون جهت گیری، پایش میدان پس زمینه، و تشخیص نویز محیطی

- استفاده در پروژه های نقشه برداری مغناطیسی و ژئومغناطیس به همراه FLC100

6-15-1. سنسور IMU سه محوره IAM-20680HP

ساختار:

- ژيروسکوپ سه محوره + شتاب سنج سه محوره در یک بسته

ویژگی ها:

- نویز پایین در ژيروسکوپ و شتاب سنج
- پایداری دمایی بالا و خطای بایاس کم
- مقاومت مکانیکی در برابر شوک و لرزش
- عملکرد پایدار در بازه دمایی وسیع

رابط ها:

- پشتیبانی از I²C و SPI

پردازش داخلی:

- فیلتر دیجیتال داخلی
- معماری ضد نویز و واحد پردازش برای خروجی تمیزتر
- حالت های کاری کم مصرف برای سیستم های باتری محور

کارکرد در ماژول:

- ثبت حرکت، لرزش و زاویه سازه ای که سنسورهای FLC100 روی آن نصب شده اند
- امکان جدا کردن اثر حرکت و tilt از داده های میدان مغناطیسی
- کاربرد حیاتی در اسکن مغناطیسی در حال حرکت، نقشه برداری و گرادیمترهای پرتابل

7-15-1. ماژول بلوتوث HC-05

- نوع: ماژول بلوتوث کلاسیک، قابل تنظیم در نقش Master / Slave

- رابط با میکروکنترلر:

○ UART (سریال)

- سرعت لینک:

○ تا حدود 80 kbps

- فاصله کاری معمول:

○ حدود 10 متر (Line-of-Sight)

- پیکربندی:
 - از طریق فرمان‌های AT نام، baud rate، نقش، PIN و...
- کارکرد در ماژول FLC100 Driver:
 - ایجاد پل بی‌سیم بین ماژول و گوشی/لپ‌تاپ
 - مناسب برای ساخت دیتالاگر بی‌سیم، مانیتورینگ زنده، کالیبراسیون و تنظیمات میدانی بدون کابل

8-15-1. کانکتورهای ورودی FLC100

کانکتورهای ورودی دقیقاً مطابق دیتاشیت FLC100 از نظر ترتیب پین و استاندارد سیگنال طراحی شده‌اند. اتصال مستقیم سنسور FLC100 با کابل فکتوری یا کابل استاندارد، بدون نیاز به سیم‌کشی دستی یا مبدل اضافی. اتصال خودکار:

- تغذیه سنسور
- خطوط دیفرانسیل خروجی سنسور
- خط SYNC برای هم‌زمان‌سازی

ن کته مکانیکی: طراحی مکانیک کانکتورها به گونه‌ای است که اتصال پایدار و قفل‌شونده باشد تا در محیط‌های لرزشی، قطع و وصل ناخواسته رخ ندهد.

9-15-1. پین‌های خروجی و هدرهای ماژول

- تمامی پین‌های کاربردی
- پین‌های ADC (ADS1263)
 - پین‌های سنسورها (MMC5883MA) ، (IAM-20680HP)
 - پین‌های حافظه فلش (W25Q80DV)
 - خطوط لازم برای راه‌اندازی بلوتوث HC-05
- به صورت هدر از برد بیرون کشیده شده‌اند.

سازگاری با: STM32 / GebaraBus

- پین آوت ماژول کاملاً مطابق با ماژول میکروکنترلر STM32 جبرائیت است.
- پروتکل‌های SPI و I²C با همین چینش پین‌ها قابل استفاده‌اند.

مزیت:

- ماژول بدون هیچ تغییر سخت‌افزاری روی برد میکروکنترلر GebraBit نصب می‌شود و کاربر بلافاصله می‌تواند توسعه نرم‌افزار را آغاز کند.

10-15-1. ساختار کلی و مزیت‌های طراحی

رعایت اصول EMI/EMC در طراحی: PCB

- مسیرهای دیفرانسیل کوتاه و منظم
- طرح زمین مناسب
- فیلترگذاری آنالوگ

→ نتیجه: پایداری عالی سیگنال‌ها و کاهش حساسیت به نویز محیطی.

وجود فیلترهای سیگنال‌کاندیشنینگ در مسیر هر کانال FLC100 تا ورودی ADC برای:

- حذف نویز فرکانس بالا
- تعیین پهنای باند عملیاتی مناسب برای کاربرد میدان مغناطیسی

11-15-1. جدول مشخصات فنی (Technical Specifications)

مقدار / توضیح	مشخصه فنی	دسته
5 ورودی استاندارد بین توپین FLC100	تعداد ورودی‌ها	ورودی سنسور FLC100
مستقیم + 5 کانال در صورت استفاده از مرجع داخلی	ورودی قابل استفاده هم‌زمان	
کانکتور اصلی استاندارد سنسور FLC100	نوع اتصال	
نیازمند زوج سیم تابیده برای کابل‌های 1 > متر	طول کابل استاندارد	
کامل، مناسب اندازه‌گیری‌های حساس	رعایت EMI/EMC	ساختار الکتریکی و طراحی
دیفرانسیلی	نوع سیگنال خروجی سنسور	
پشتیبانی‌شده جهت هم‌زمان‌سازی سنسورها	خط SYNC	
دارد) مسیری کامل قبل از(ADC	فیلتر آنالوگ / سیگنال‌کاندیشنینگ	
کامل با STM32 و GebaraBus	سازگاری با برد مادر	
4.500 ولت دقیق	مقدار ولتاژ مرجع	مرجع ولتاژ (MAX6194ESA)
$\pm 2 \text{ mV}$	دقت اولیه	
$5 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ حداکثر	ضریب دما	
حدود $8 \text{ } \mu\text{V RMS}$	نویز $0.1\text{--}10 \text{ Hz}$	
تا $500 \text{ } \mu\text{A}$ (Source/Sink)	جریان خروجی	
$\sim 35 \text{ } \mu\text{A}$	مصرف	
$\Delta\text{-Sigma}$	نوع ADC	مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADS1263)
32 بیت (ADC1)	رزولوشن	
از 2.5 SPS تا 38400 SPS	نرخ نمونه‌برداری	
11 ورودی آنالوگ قابل پیکربندی	کانال‌ها	
24 بیت (ADC2)	ADC دوم	
تا $32\times$ ، کم‌نویز	PGA داخلی	
$\times V_{\text{ref}3}$, Temp Sensor, IDAC, TDAC	امکانات داخلی	
SPI پرسرعت	رابط	
8 مگابیت	ظرفیت حافظه	حافظه Flash (W25Q80DV)
SPI تا 104 MHz	رابط	

بررسی اجمالی

مقدار / توضیح	مشخصه فنی	دسته
Page: 256B – Sector: 4KB – Block: 32/6	ساختار حافظه	
Block Protect + Status Register-2	امنیت	
2.7V – 3.6V	ولتاژ کاری	
10 سال	ماندگاری دیتا	
100,000 چرخه	چرخه نوشتن	
مغناطیس سنج سه محوره	نوع سنسور	سنسور مغناطیسی MMC5883MA
8±گوس	محدوده اندازه گیری	
0.25 میلی گوس	رزولوشن	
0.4 میلی گوس RMS	نویز	
تا 600 Hz	نرخ نمونه برداری	
دارد	SET/RESET داخلی	
ژیروسکوپ + شتاب سنج سه محوره	سنسورها	IMU (IAM-20680HP)
یز پایین، پایداری حرارتی، مناسب محیط لرزشی	مزایا	
I2C / SPI	رابط	
Bluetooth Classic	نوع ارتباط	ماژول بلوتوث HC-05
Master / Slave	حالت کاری	
UART	رابط	
~80 kbps	سرعت دیتا	
10~متر	برد ارتباطی	
پشتیبانی کامل	AT Command	
IMU ، ADC ، مگنتومتر، فلش و رابط ها بیرون کشیده شده	دسترسی پین ها	پین ها و دسترسی توسعه دهنده
کاملاً سازگار با GebaraBus	جهت اتصال	
پشتیبانی شده	دیتالاگر میدان	کاربردها
بله	اسکنر میدان	
پشتیبانی شده	اندازه گیری جریان /فلز	
از طریق HC-05	ارتباط بی سیم	
دارد	مرجع ولتاژ دقیق 4.5V	ویژگی های مهم ماژول
دارد	ADC 32 بیت	

بررسی اجمالی

مقدار / توضیح	مشخصه فنی	دسته
دارد	ورودی پین توپین FLC100	
دارد	پیری کامل (+ Magnetometer + Flash)	
بدون نیاز به تغییر سخت افزار	قابلیت نصب روی برد مادر	
حداقل 2 سنسور FLC100	تعداد سنسور لازم	قابلیت گرادیمتر مغناطیسی
از طریق SYNC و تنظیم ADC	قابلیت همزمانی	
پشتیبانی شده (nT/m) یا (μT/m)	اندازه گیری گرادیان	

1-16. راه اندازی و نصب

1-16-1. قطعات مورد نیاز

1. برد **GebraBit STM32F303**
2. ماژول درایور **GebraBit FLC100 Pro**
3. سنسور + **FLC100** کابلش
4. کابل (**USB** برای اتصال STM32 به لپ تاپ) (ST-LINK /

2-16-1. اتصال و محل قرار گیری GebraBit FLC100 Pro

برد FLC100 Pro را روی برد میکروکنترلر STM32 (بسته به نوع هدرها) قرار می‌دهیم، طوری که سوراخ‌های پیچ و پایه‌ها روی هم قرار گیرند خیلی آرام فشار داده تا تمام پین‌ها کامل داخل سوکت روند (احتیاط شود تا پین خم نشود). در نتیجه عملاً دو برد تبدیل به یک «ماژول دو طبقه» شده‌اند. تغذیه 3.3V و 5V از ماژول STM32F303 به FLC100 Pro می‌رسد. همچنین خطوط SPI، I2C، UART از قبل روی PCB به هم وصل شده‌اند و نیازی به سیم‌کشی اضافه نیست.

3-16-1. اتصال سنسور FLC100 به ماژول درایور

روی برد FLC100 Pro سوکت (یا ترمینال) مخصوص سنسور FLC100 وجود دارد. مطابق دیتاشیت FLC100 و برچسب‌های روی برد، کابل سنسور را وصل می‌کنیم:

- 5+ سنسور → 5+ روی کانکتور
- GND سنسور → GND
- خروجی دیفرانسیل سنسور → ورودی‌های + و -
- پین SYNC نیز در خود ماژول روت شده است).

اگر طول کابل زیاد است (۱ متر یا بیشتر)، حتماً از سیم‌های زوج تابیده (Twisted Pair) برای خطوط سیگنال استفاده کنید تا نویز کم شود.

توجه: حتماً باید تغذیه 5 ولت به برد میکروکنترلر STM32 اعمال شود. بهترین ولتاژ 5V هم تغذیه از باتری می‌باشد. ولتاژ 3V3 نیز توسط رگولاتور روی برد میکروکنترلر STM32 ساخته می‌شود.

4-16-1. روشن کردن سیستم

جامپر BOOT SEL روی STM32F303 را روی حالت Boot from Flash بگذارید (همان حالت پیش فرض). کابل ST-LINK USB را به هدر SWD برد STM32F303 وصل می کنیم . با وصل شدن تغذیه 5v باتری: LED پاور روی برد روشن می شود. روی FLC100 Pro هم LED وضعیت روشن می شود.

5-16-1. گام های نرم افزاری در STM32CubeMX

ساخت پروژه جدید

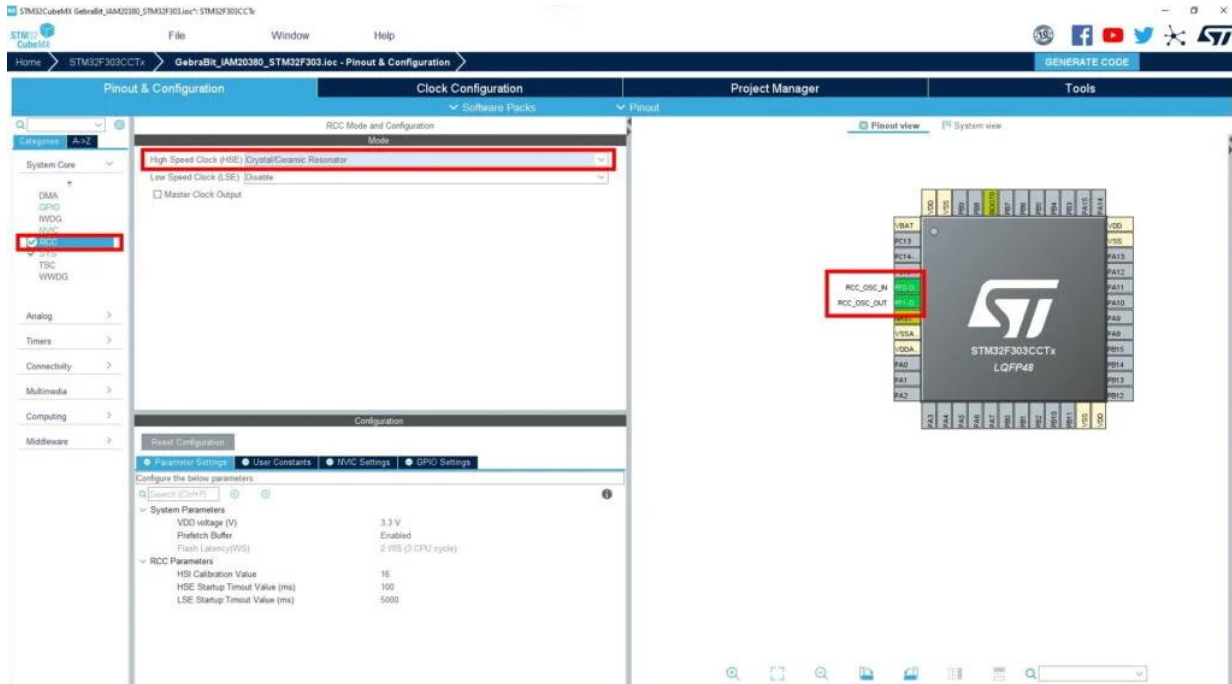
1. STM32CubeMX را باز کنید.

2. → New Project میکروکنترلر روی برد (STM32F303CCT6) را انتخاب کنید.

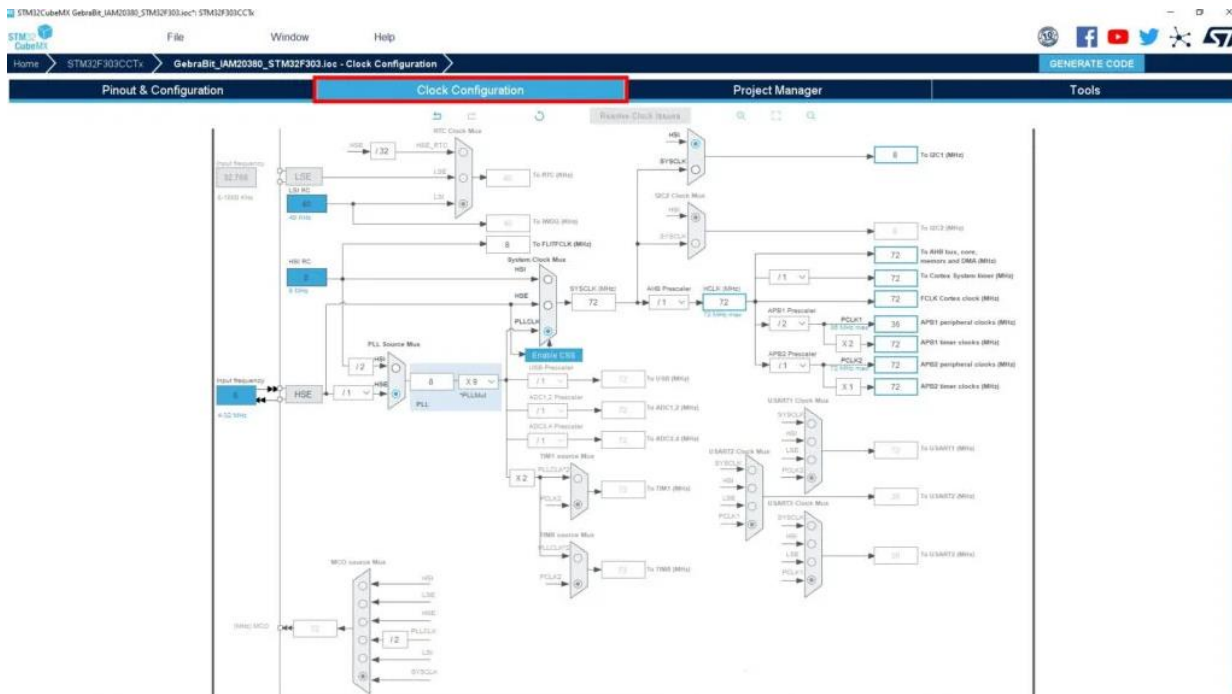
۵.۲. تنظیم کلاک

با توجه به وجود کریستال 8Mhz در ماژول STM32F303 GebraBit ، کلاک خارجی را در بخش RCC انتخاب می کنیم:

بررسی اجمالی

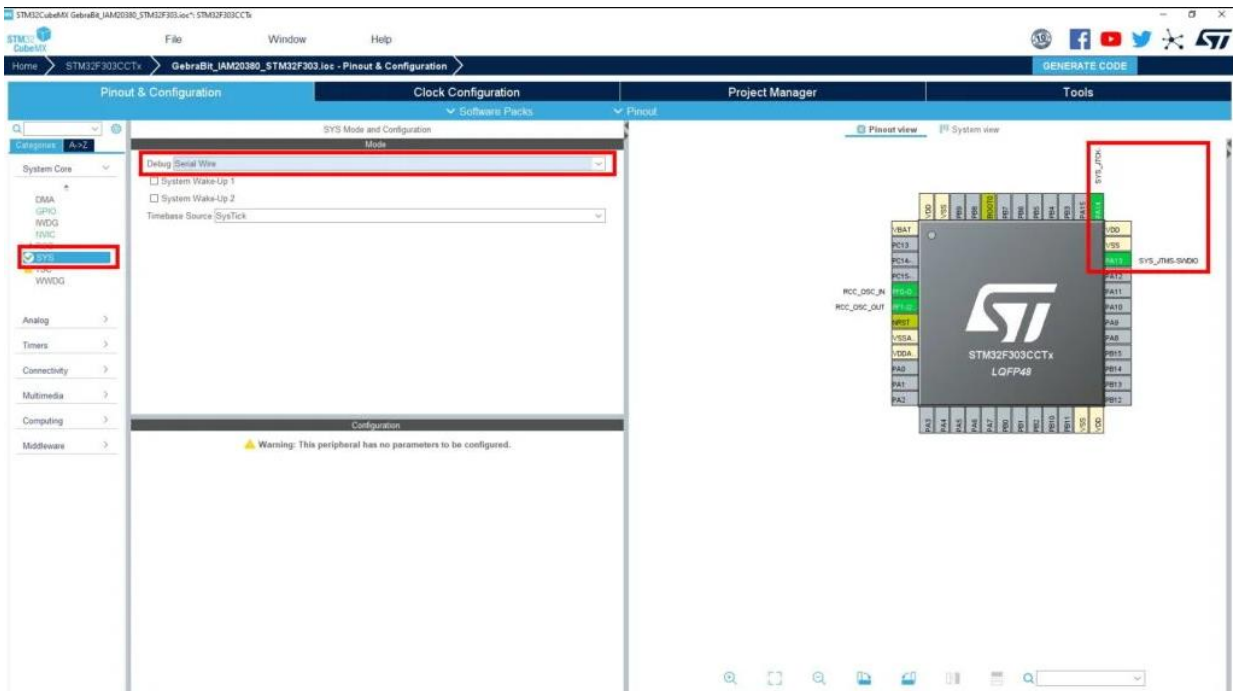


تنظیمات کلاک مربوط به هریک از بخش های میکروکنترلر STM32F303 در این کد به شرح ذیل می باشد:



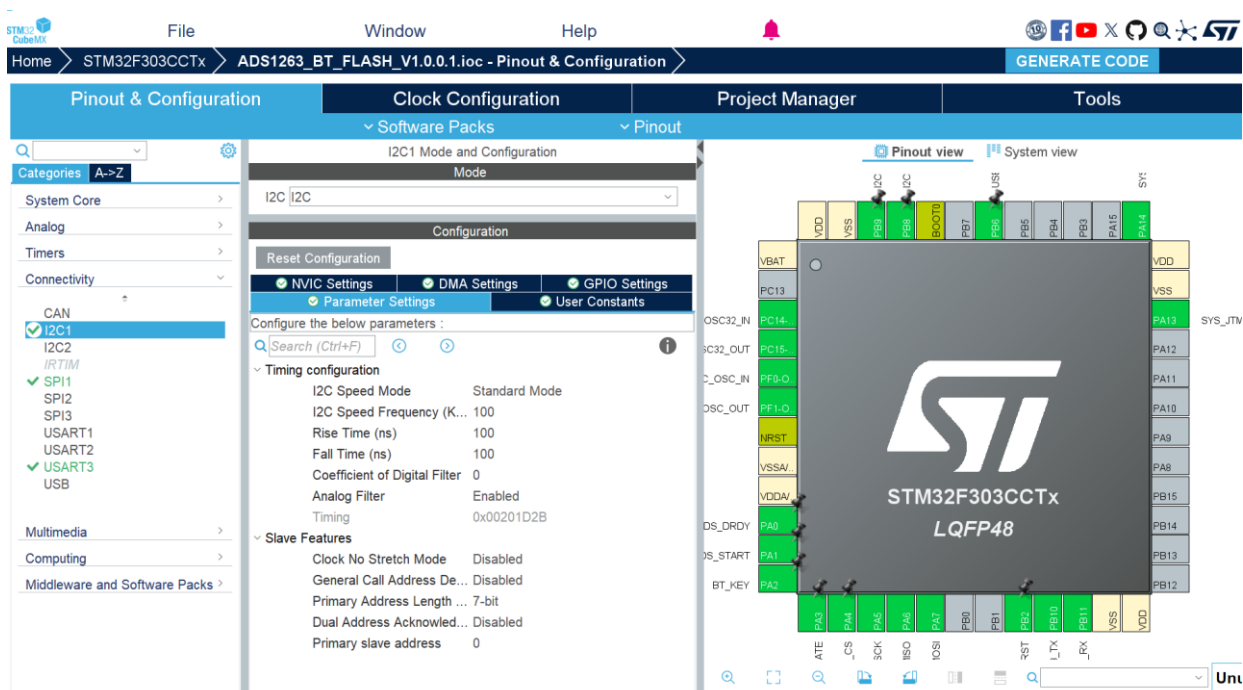
تنظیمات Debug & Programming

با توجه به دسترسی به پین های SWCLK و SWDIO در ماژول GebraBit STM32F303 ، برای کاهش تعداد پین هنگام Debug & Programming در بلوک SYS گزینه Serial Wire را در بخش Debug انتخاب می کنیم:



تنظیمات I2C

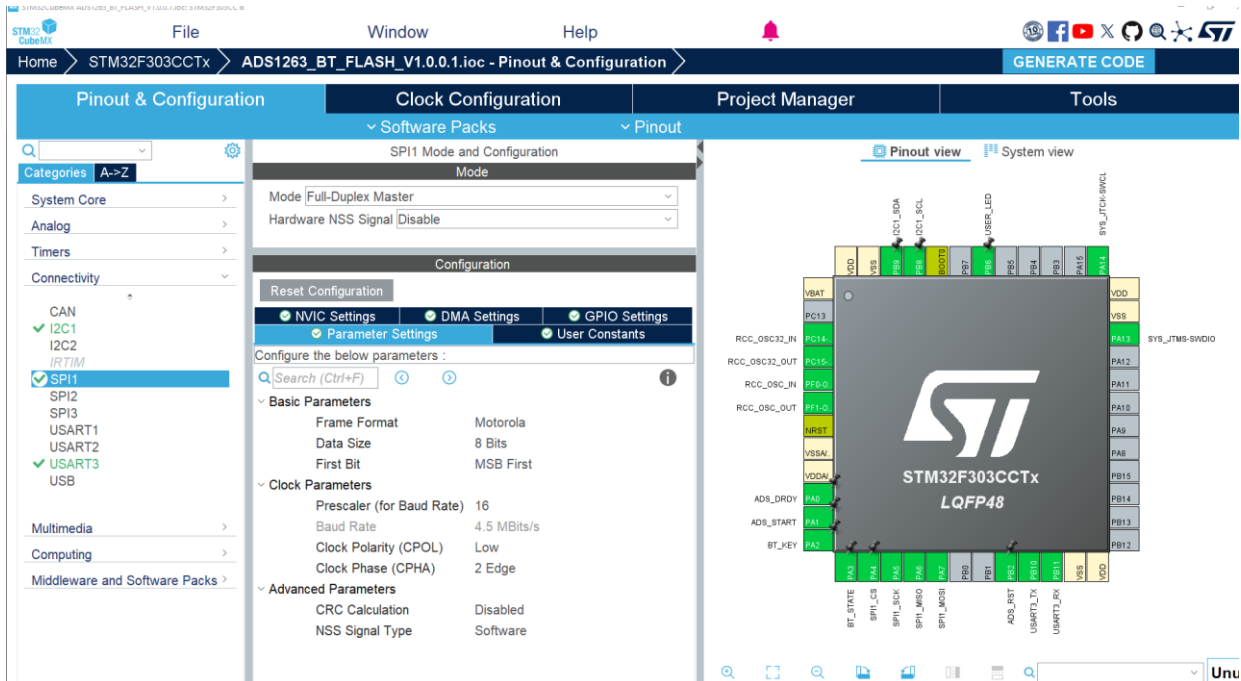
برای ارتباط از طریق I2C با ماژول Gebrabit STM32F303 پین های PB8 و PB9 را برای عدم تداخل با حالت Serial Wire هنگام Debug&Programming، به عنوان SCL و SDA انتخاب می کنیم. سنسور های MMC5883MA و IAM20680HP از این پین ها جهت ارتباط I2C استفاده می کنند.



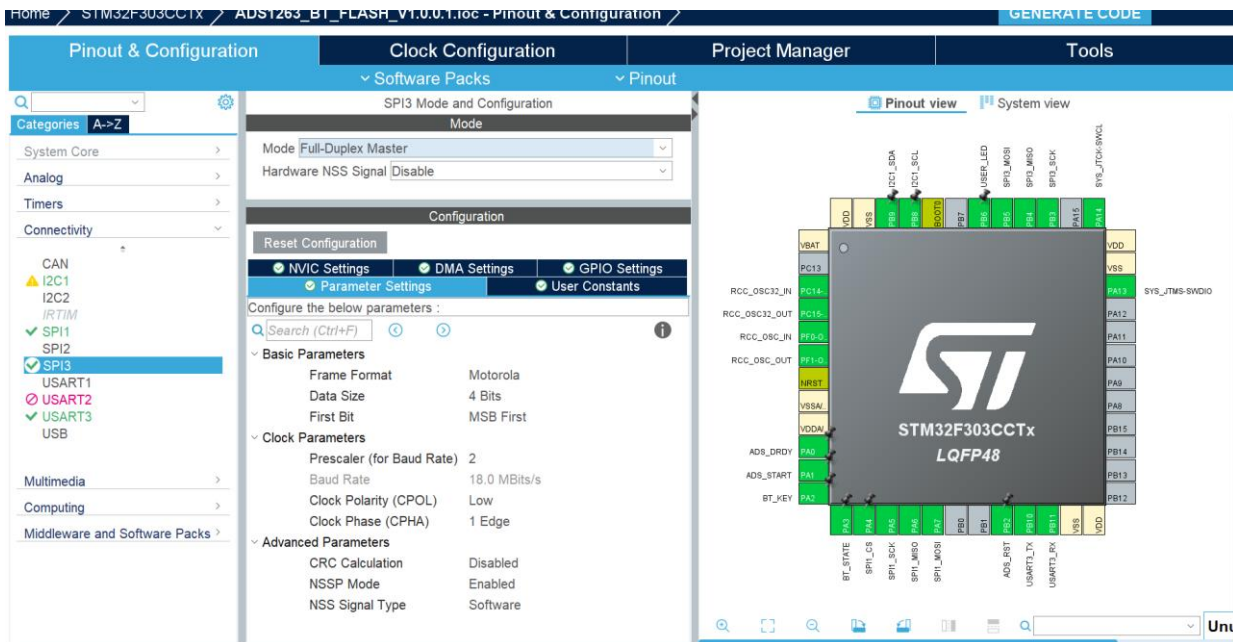
تنظیمات SPI

بررسی اجمالی

برای ارتباط از طریق SPI با ماژول Gebrabit STM32F303 حالت Full Duplex Master را انتخاب کرده و پین های PA7 و PA6 و PA5 و PA4 را به عنوان MOSI و MISO و SCK و CS انتخاب می کنیم. از این پین ها برای ارتباط با ADS1263 با رابط SPI استفاده می کنیم.

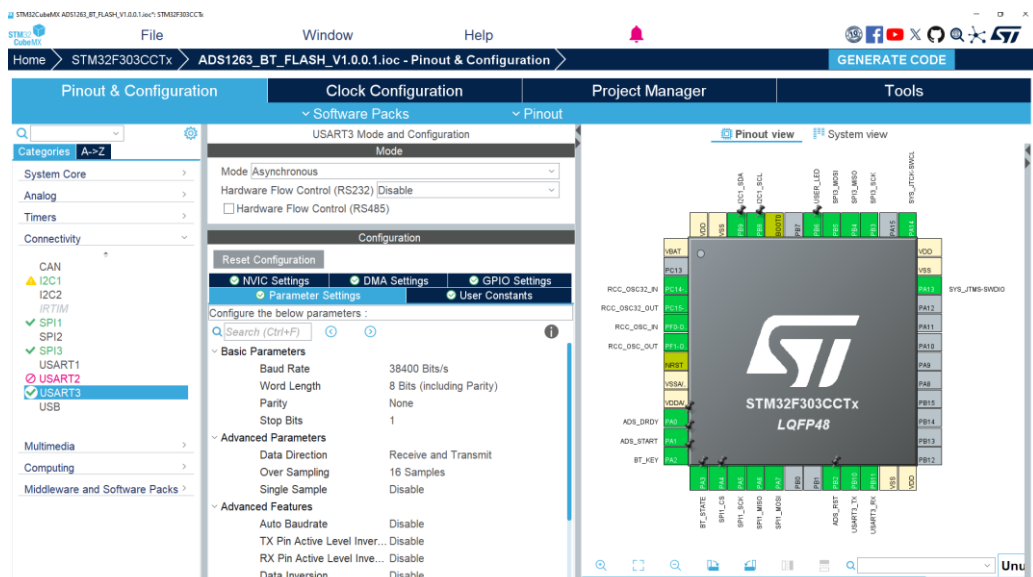


و برای ارتباط با حافظه فلش W25Q80DVSSIG از SPI3 و پین های PB5 و PB4 و PB3 و SCK و MISO و MOSI انتخاب می کنیم.



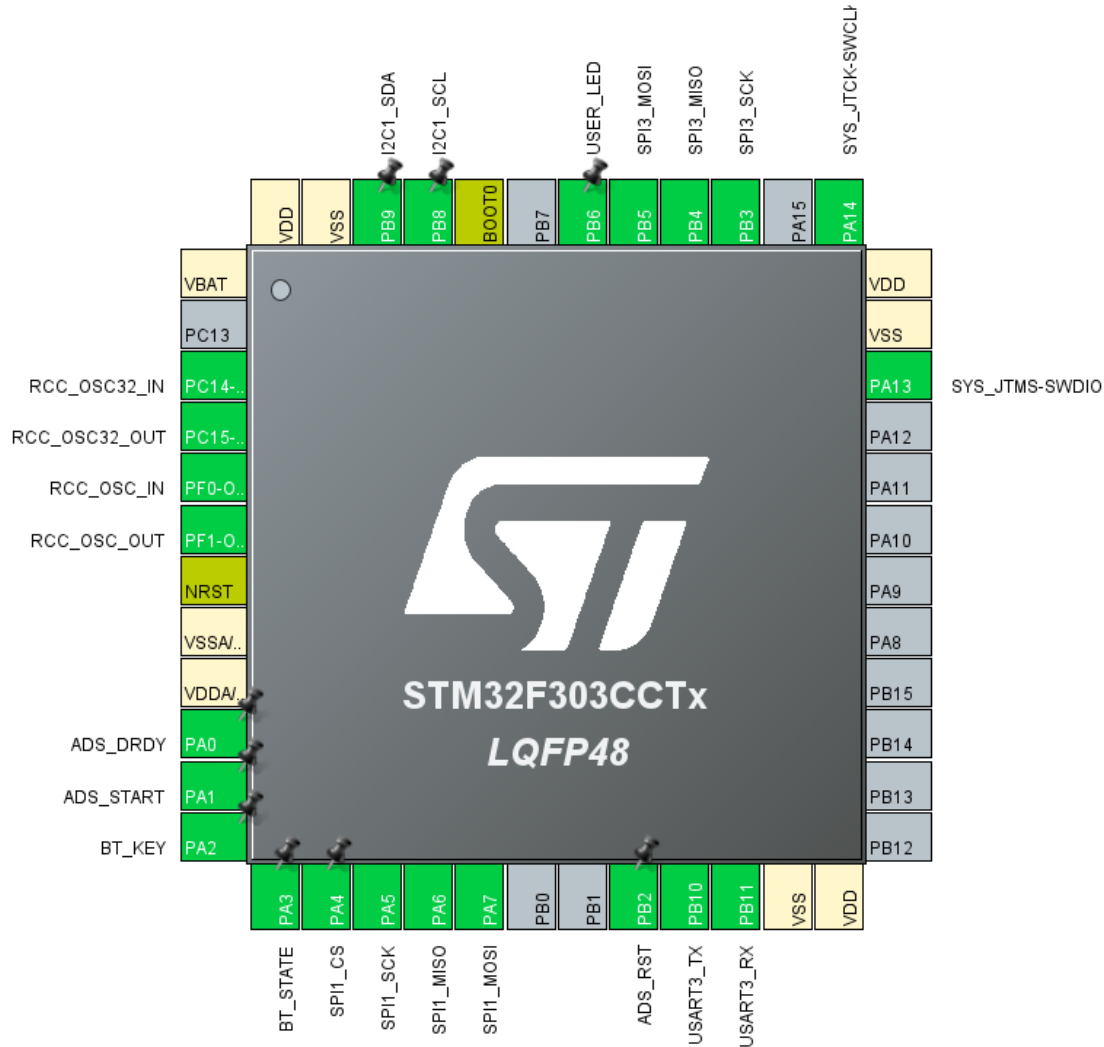
تنظیمات USART

برای ارتباط با ماژول بلوتوث HC05 پین های USART3 را یعنی PB10 و PB11 به عنوان TX و RX انتخاب و نرخ ارسال رو 38400 تنظیم میکنیم:



سایر پین ها

دیگر پین های کاربردی بخش های مختلف را نیز مانند تصویر زیر می توان کانفیگ کرد:



Project Manager تنظیمات

تنظیمات “Project Manager” به صورت زیر است؛ در اینجا از نسخه “5.32” محیط توسعه “MDK-ARM” استفاده کرده‌ایم. اگر شما برای برنامه‌نویسی از محیط توسعه دیگری استفاده می‌کنید، باید از قسمت Toolchain گزینه مربوط به IDE مورد استفاده خود را انتخاب کنید.

The screenshot shows the STM32CubeIDE Project Manager window. The top menu bar includes File, Window, and Help. The breadcrumb navigation shows: Home > STM32F303CCTx > ADS1263_BT_FLASH_V1.0.0.1.ioc - Project Manager. A 'GENERATE CODE' button is visible in the top right. The main area is divided into four tabs: Pinout & Configuration, Clock Configuration, Project Manager (active), and Tools. The Project Manager tab is further divided into sections: Project, Code Generator, and Advanced Settings. The Project section includes fields for Project Name (ADS1263_BT_FLASH_V1.0.0.1), Project Location (a file path), Application Structure (Advanced), and checkboxes for 'Do not generate the main()' and 'Generate Under Root'. The Code Generator section includes Toolchain Folder Location and Toolchain / IDE (MDK-ARM). The Advanced Settings section includes Linker Settings (Minimum Heap Size: 0x200, Minimum Stack Size: 0x400), Thread-safe Settings (Cortex-M4NS, Enable multi-threaded support, Thread-safe Locking Strategy), and Mcu and Firmware Package (Mcu Reference: STM32F303CCTx, Firmware Package Name and Version: STM32Cube FW_F3 V1.11.5, Use latest available version checked, Use Default Firmware Location unchecked, Firmware Relative Path: C:\Users\Microsoft\STM32Cube\Repository\STM32Cube_FW_F3_V1.11.0). A 'Browse' button is next to the Firmware Relative Path field.

بعد از تنظیمات بالا، روی **GENERATE CODE** کلیک کنید.

حالا با استفاده از محیط ایجاد شده می‌توانید کد خود را توسعه دهید و شروع به برنامه نویسی و راه‌اندازی هر یک از بخش‌های ماژول کنید.

در ادامه می‌توانید از کد نمونه تهیه شده توسط تیم پشتیبانی برای دریافت دیتا و راه‌اندازی سنسورهای خود استفاده کنید در این کد داده‌ها از مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۲۶۳ads خوانده شده و با استفاده از بلوتوث بر روی کامپیوتر قابل مشاهده است.

17-1. بررسی فایل "ADS1263.h"

هدرها و ثابت‌های اول فایل

```
#include "main.h"
#include "stdint.h"
...
#define VREF 4.57f
```

این بخش هدرهای استاندارد C و هدرهای پروژه (مثل main.h و spi.h) را وارد می‌کند. VREF ولتاژ مرجع خارجی است (مثلاً خروجی MAX6194 روی برد FLC100 Pro). بعداً برای تبدیل عدد خام ADC به «ولت» از همین مقدار استفاده می‌شود.

آدرس رجیسترهای ADS1263.

```
#define ADS1263_REG_ID 0x00
#define ADS1263_REG_POWER 0x01
#define ADS1263_REG_INTERFACE 0x02
...
#define ADS1263_REG_ADC2FSC1 0x1A
```

- این قسمت، آدرس رجیسترهای داخلی ADC را تعریف می‌کند تا به جای استفاده از عدد «خام» (مثلاً 0x05)، از اسم خوانا (ADS1263_REG_MODE2) استفاده کنی.

- هر کدام کنار خودشان توضیح دارند که آن رجیستر برای چه کاری است (مثلاً POWER، INTERFACE، MODE0/1/2، انتخاب ورودی، کالیبراسیون آفست و فول اسکیل، تنظیمات ADC2 و...). ...

دستورات (Command Opcodes)

```
#define ADS1263_CMD_RESET      0x06
#define ADS1263_CMD_START1    0x08
...
#define ADS1263_CMD_WREG(addr) (0x40 | ((addr) & 0x1F))
```

- این بخش کد دستورات یک‌بایتی را تعریف می‌کند؛ چیزهایی که مستقیم روی SPI می‌فرستی تا ADC کاری انجام دهد:
 - RESET → ریست کردن تراشه
 - START1/STOP1 → شروع/توقف تبدیل‌های ADC1
 - RDATA1/RDATA2 → خواندن داده‌ی آماده
 - SFOCAL/SYOCAL/SYGCAL → کالیبره کردن آفست و گین
- ماکروهای RREG و WREG هم برای ساختن دستور خواندن/نوشتن رجیستر با آدرس دلخواه هستند.

enumهای کنترلی برای پایه‌های سخت‌افزاری

```
typedef enum { ADS1263_RESET_PULSE, ... } ADS1263_ResetMode;
```

```
typedef enum { ADS1263_START_LOW, ... } ADS1263_StartPinMode;
typedef enum { ADS1263_CS_LOW, ... } ADS1263_ChipSelectState;
```

این‌ها فقط نام‌گذاری خوانا برای حالات پایه‌های سخت‌افزاری ADC است:

- RESET → پالس/پایین نگه‌داشتن/رها کردن
- START → شروع/توقف/پالس کوتاه
- CS → LOW (یا HIGH شروع و پایان فریم SPI)

استفاده از این enum ها باعث می‌شود تابع‌ها مثل ADS1263_SetResetPin() و ADS1263_SetChipSelect() خیلی خواناتر شوند.

شناسه‌ی دستگاه و بیت‌های POWER/INTERFACE

```
typedef enum { ADS_DEVICE_ADS1262, ADS_DEVICE_ADS1263, ... }
ADS126x_DeviceID_t;
typedef enum { ADS_RESET_NO_EVENT, ADS_RESET_OCCURRED } ADS126x_ResetFlag_t;
...
typedef enum { ADS_TIMEOUT_DISABLED, ADS_TIMEOUT_ENABLED }
ADS126x_TimeoutMode_t;
```

ADS126x_DeviceID_t : بر اساس رجیستر ID تشخیص می‌دهد چیپ ADS1262 است یا ADS1263.
ResetFlag, Vbias, IntRef برای رجیستر POWER هستند و وضعیت ریست، بایاس و رفرنس داخلی را در سطح منطقی (۱/۰) توصیف می‌کنند.

Timeout, StatusByte, CRCMode برای رجیستر INTERFACE هستند و این را کنترل می‌کنند که:

- آیا تایم‌اوت DRDY فعال باشد یا نه
- آیا در خروجی ADC، یک بایت وضعیت اضافه شود یا نه
- آیا چک‌سام CRC/در انتهای داده ارسال شود یا نه.

تنظیمات MODE0 / MODE1 / MODE2

MODE0

```
typedef enum { ADS_REFREV_NORMAL_MPX, ADS_REFREV_REVERSE_MPX } ADS126x_RefRev_t;  
typedef enum { ADS_RUNMODE_CONTINUOUS, ADS_RUNMODE_PULSE } ADS126x_RunMode_t;  
typedef enum { ADS_INPUT_CHOP_IDAC_ROTATION_DIS, ... } ADS126x_ChopMode_t;  
typedef enum { ADS_DELAY_0US, ADS_DELAY_8_7US, ... } ADS126x_ConvDelay_t;
```

انتخاب می‌کند:

- جهت مرجع (REFREV)
- حالت کار: پیوسته یا تک‌شات
- حالت چابینگ و چرخش IDAC برای کم کردن درفت و نویز
- تأخیر قبل از تبدیل (برای فیلتر کردن بهتر/پایداری بیشتر)

MODE1

```
typedef enum { ADS_FILTER_SINC1, ..., ADS_FILTER_FIR } ADS126x_FilterType_t;  
typedef enum { ADS_BIASTO_ADC1, ADS_BIASTO_ADC2 } ADS126x_SBADC_t;  
...
```

انتخاب نوع فیلتر دیجیتال (SINC1/2/3/4) یا FIR

تنظیم سنسور بایاس به کدام ADC وصل باشد، پل آپ/پل داون باشد، با چه شدتی)

MODE2

```
typedef enum { ADS_PGA_ENABLED, ADS_PGA_BYPASSED } ADS126x_PGABypass_t;
typedef enum { ADS_PGA_GAIN_1, ..., ADS_PGA_GAIN_32 } ADS126x_PGAGain_t;
typedef enum { ADS_DATA_RATE_2_5SPS, ..., ADS_DATA_RATE_38400SPS }
ADS126x_DataRate_t;
```

- فعال/غیرفعال کردن PGA داخلی
 - انتخاب ضریب گین (۱ تا ۳۲)
 - انتخاب نرخ نمونه‌برداری (ADC1 از ۲٫۵ نمونه‌برداری تا ۳۸٫۴ kSPS)
- این enum ها باعث می‌شوند تابع‌هایی مثل ADS126x_WriteMode2Config() را با اسم‌های معنادار صدا بزنیم.

ورودی‌ها، رفرنس، IDAC و TDAC

INPMUX

```
;typedef enum { ADS_MUX_AIN0, ..., ADS_MUX_FLOAT } ADS126x_InputMux_t
```

- کانال‌هایی که می‌توانی به عنوان ورودی مثبت/منفی به ADC1 بدهی:
- AINCOM, AIN0..AIN9, دماسنج داخلی، مانیتور AVDD/DVDD ، تست ... DAC

IDACMAG و IDACMUX

```
typedef enum { ADS1263_IDAC_AIN0, ..., ADS1263_IDAC_NO_CONN }  
ADS1263_IdacPin;  
typedef enum { IDAC_MAG_OFF, IDAC_MAG_50uA, ..., IDAC_MAG_3mA }  
ADS126x_IDAC_Magnitude;
```

مشخص می‌کند جریان‌های IDAC1 و IDAC2 روی کدام پین‌ها خروجی شوند و شدت هر کدام چند میکروآمپر/ میلی‌آمپر باشد.

این برای تحریک سنسورهای مقاومتی یا پل‌ها استفاده می‌شود.

REFMUX (مرجع مثبت / منفی)

```
typedef enum { REF_MUX_INT_2V5, ..., REF_MUX_AVDD } ADS126x_RefPosInput;  
typedef enum { REF_NEG_INT_2V5_N, ..., REF_NEG_AVSS } ADS126x_RefNegInput;
```

انتخاب می‌کند که مرجع مثبت و منفی ADC1 از کجا بیایند:

- رفرنس داخلی ۲٫۵V
- ترکیب پایه‌های AIN0/AIN1 و ...
- یا AVDD/AVSS.

TDAC

```
typedef enum { TDAC_DISCONNECTED, TDAC_CONNECTED } ADS126x_TDAC_Connect;  
typedef enum { TDAC_MAG_4_5V, ..., TDAC_MAG_0_5V } ADS126x_TDAC_MAG;
```

TDAC یک DAC داخلی برای تست/تحریک است. این enum ها تعیین می کنند خروجی TDAC به پین وصل است یا نه و چه ولتاژی (تقریباً پله ای) تولید کند.

تنظیمات ADC2

```
typedef enum { ADC2_DR_10_SPS, ..., ADC2_DR_800_SPS } ADC2_DataRate_t;  
typedef enum { ADC2_REF_INT_2V5, ..., ADC2_REF_AVDD_AVSS }  
ADC2_ReferenceInput_t;  
typedef enum { ADC2_GAIN_1_VV, ..., ADC2_GAIN_128_VV } ADC2_Gain_t;
```

ADC2 یک ADC جداگانه ساده تر است.

این بخش دقیقاً مشابه ADC1، ولی برای رجیسترهای ADC2CFG و ADC2MUX و کالیبراسیون ADC2 است:

- نرخ نمونه برداری
- مرجع
- گین
- آفست و فول اسکیل ۱۶ بیتی.

ساختار وضعیت (STATUS Byte)

```
typedef struct
{
    uint8_t RESET      :1;
    uint8_t PGAD_ALM   :1;
    ...
    uint8_t ADC_1       :1;
    uint8_t ADC_2       :1;
} ADS126x_Status_t;
```

وقتی در رجیستر INTERFACE انتخاب کنی که «Status Byte» همراه دیتا ارسال شود، اولین بایتی که از ADC می‌گیری این فیلدها را دارد.

این struct با بیت‌فیلد تعریف شده تا راحت کنی:

- آیا اخیراً ریست شده؟
- آیا PGA به اشباع رفته؟
- آیا مرجع افت کرده؟
- آیا داده‌ی جدیدی برای ADC1/ADC2 موجود است یا نه.

پروتوتایپ توابع SPI و کمکی رجیستر

```
HAL_StatusTypeDef ReadRegister(...);
void ADS1263_ReadRegister(...);
void ADS1263_WriteRegister(...);
...
void ADS1263_ReadBytes(...);
void ADS1263_SendCommand(uint8_t command);
```

این‌ها فقط اعلان تابع‌ها هستند (بدنه‌شان جای دیگری نوشته می‌شود):

- ReadRegister / ADS1263_ReadRegister / WriteRegister
→ خواندن/نوشتن رجیسترها از طریق SPI.
- ReadRegisterBits / WriteRegisterBits / ReadRegister1Bit / WriteRegister1Bit
→ خواندن/نوشتن چند بیت خاص از یک رجیستر، بدون خراب کردن بقیه بیت‌ها (با ماسک کردن).
- ADS1263_ReadBytes
→ خواندن چند بایت پشت سر هم (مثلاً دیتا + status + checksum).
- ADS1263_SendCommand
→ ارسال یک دستور تک‌بایتی (مثل RESET یا START1).

کنترل پایه‌های فیزیکی

```
void ADS1263_SetResetPin(ADS1263_ResetMode mode);
void ADS1263_SetStartPin(ADS1263_StartPinMode mode);
void ADS1263_SetChipSelect(ADS1263_ChipSelectState state);
```

این توابع در نهایت روی **GPIOهای STM32** کار می‌کنند و طبق enum هایی که بالا تعریف کردی، پایه‌ها را ۱/۰

می‌کنند.

مثلاً در راه‌اندازی اولیه، `ADS1263_SetResetPin(ADS1263_RESET_PULSE);` را صدا می‌زنی تا چیپ ریست

شود.

توابع سطح بالای تنظیم رجیسترها

```
void ADS126x_ReadPowerStatus(...);
void ADS126x_WritePowerConfig(...);
void ADS126x_ReadInterfaceConfig(...);
void ADS126x_WriteInterfaceConfig(...);

void ADS126x_ReadMode0Config(...);
void ADS126x_WriteMode0Config(...);

void ADS126x_ReadMode1Config(...);
void ADS126x_WriteMode1Config(...);

void ADS126x_ReadMode2Config(...);
void ADS126x_WriteMode2Config(...);
```

- این‌ها رَپَرهای خوانا روی توابع رجیستر خام هستند.
- به‌جای اینکه خودت بیت‌به‌بیت رجیسترها را بسازی، این‌ها را صدا می‌زنی، با enum ها مقدار می‌دهی، تابع خودش:
 1. رجیستر فعلی را می‌خواند؛
 2. فقط بیت‌های مربوطه را تغییر می‌دهد؛
 3. مقدار جدید را می‌نویسد.

دقیقاً همین الگو برای:

- INPMUX (انتخاب کانال مثبت/منفی)
- OFCAL/FSCAL (آفست و فول‌اسکیل ۲۴‌بیتی)
- IDACMUX/IDACMAG (خروجی و شدت IDAC ها)
- REFMUX (مرجع مثبت/منفی)
- TDACP/TDACN
- GPIOCON / GPIODIR / GPIODAT
- ADC2CFG / ADC2MUX / ADC2OFC / ADC2FSC

هم تکرار شده است.

تابع‌های وضعیت، چک‌سام، و DRDY

```
ADS126x_Status_t ADS126x_ReadStatusByte(uint8_t *stat);  
uint8_t ADS126x_CalculateChecksum(const uint8_t *data, uint8_t length);  
uint8_t ADS126x_CalculateCRC(const uint8_t *data, uint8_t length);  
uint8_t ADS126x_DRDY_Pulsing(void);  
void ADS126x_WaitForDRDY(void);  
bool ADS1263_IsDataReady(void);  
HAL_StatusTypeDef ADS1263_WaitForDataReady(uint32_t timeout_ms);
```

- ReadStatusByte: بایت وضعیت دریافتی از ADC را به struct قابل فهم تبدیل می‌کند.
- CalculateChecksum / CalculateCRC: برای حالت‌هایی است که در INTERFACE، CRC یا checksum را فعال کرده‌ای؛ این تابع‌ها کمک می‌کنند صحت داده را چک کنی.
- *DRDY: ها برای مدیریت پایه DRDY هستند:
- آیا دیتا آماده شده؟
 - صبر تا LOW شدن DRDY با تایم‌اوت
 - تشخیص اینکه DRDY در حال پالس دادن هست یا نه.

خواندن دیتا از ADC1 / ADC2


```
uint8_t ADS126x_ReadADC1Data_Direct(...);
int32_t ADS126x_ReadADC1Data_Command(uint8_t* statusByte, uint8_t* crcByte);
int32_t ADS126x_ReadADC2Data_Command(uint8_t* statusByte, uint8_t* crcByte);
```

- دو روش برای ADC1:
 1. **Direct mode:** وقتی ADC خودش به صورت پیوسته دیتا می فرستد و تو فقط منتظر DRDY می مانی و داده را می خوانی.
 2. **Command mode (RDATA1):** هر وقت خواستی، با دستور RDATA1 دیتای آخر را می گیری.
 - برای ADC2 هم مشابه، با RDATA2.
 - این توابع همزمان می توانند:
 - مقدار خام ۲۴ یا ۳۲ بیتی
 - بایت وضعیت
 - بایت CRC/Checksum
- را برایت برگردانند.

تبدیل عدد ADC به ولتاژ و میدان مغناطیسی

```
float ADS1263_ConvertToVoltage(int32_t adc_raw, float vref, ADS126x_PGAGain_t gain);
float FLC100_ConvertVoltageToMicroTesla(float voltage);
```

- `ADS1263_ConvertToVoltage`: مقدار خام ADC (signed 32-bit) را با توجه به V_{REF} و PGA به ولت تبدیل می‌کند.
 - فرمول معمول:
$$V_{in} = \frac{adc_raw}{2^{31} - 1} \times \frac{V_{ref}}{Gain}$$
- `FLC100_ConvertVoltageToMicroTesla`: ولتاژ خروجی FLC100 را براساس حساسیت سنسور به میدان مغناطیسی (μT) تبدیل می‌کند.
 - مثلاً اگر حساسیت سنسور $X \text{ mV}/\mu T$ باشد، این تابع دقیقاً همان رابطه را پیاده می‌کند.

جمع‌بندی

این فایل در واقع:

- یک درایور سطح پایین تا نیمه سطح بالا برای تراشه ADS1263 است،
- که همه‌ی جزئیات رجیسترها، بیت‌ها، و دستورات SPI را به شکل قابل فهم و قابل استفاده درآورده شده،
- و در انتها تبدیل داده‌ی خام به ولتاژ و سپس به میدان مغناطیسی FLC100 را هم آماده کرده است.

1-18. بررسی فایل "main.h"

این برنامه پس از مقداردهی اولیه پردازنده و فعال‌سازی تمامی واسطه‌های ارتباطی، مازول بلوتوث را بررسی کرده و پیام آغازین را ارسال می‌کند. سپس فیلترهای پردازش سیگنال و مبدل دقیق ADS1263 را با ریزت سخت‌افزاری راه‌اندازی کرده و مجموعه‌ای از رجیسترهای اصلی آن از جمله تنظیمات توان، رابط ارتباطی، فیلتر دیجیتال، تقویت کننده داخلی، نرخ نمونه‌برداری، ورودی‌های آنالوگ و مرجع خارجی را پیکربندی می‌کند. در ادامه، شناسنامه تراشه خوانده شده و وضعیت پیکربندی از طریق بلوتوث گزارش می‌شود. پس از فعال‌سازی خط `START`، پردازنده در حالت آماده‌باش قرار می‌گیرد تا با هر بار فعال شدن وقفه `DRDY`، داده جدید از ADC استخراج شود. با دریافت سیگنال آماده‌بودن داده، مقدار خام ADC به ولتاژ تبدیل شده و سپس بر مبنای ویژگی‌های سنسور FLC100 به میدان مغناطیسی برحسب میکروتسلا تبدیل می‌گردد. داده‌های خام و فیلتر شده توسط فیلترهای `Butterworth` و میانگین متحرک پردازش شده و در نهایت نتیجه برای پایش یا ثبت از طریق بلوتوث ارسال می‌شود. این فایل صرفاً یک نمونه (مثال) برای راه‌اندازی سیستم بوده و در مجموع وظیفه مدیریت چرخه

بررسی اجمالی

کامل نمونه‌برداری، پردازش و گزارش‌دهی میدان مغناطیسی را برعهده دارد. خیلی از خطوط صرفاً برای تست مقدار دهی شده اند و کاربر میتواند بر حسب نیاز آنها را حذف یا اضافه کند.

بخشی از کد فایل main.c

```
/* Infinite loop */
/* USER CODE BEGIN WHILE */
    ADS1263_SetStartPin(ADS1263_START_HIGH);
    Bluetooth_Send("ADS1263_START_HIGH\r\n");
    HAL_Delay(500);
    while (1)
    {
        if(data_ready == 1 )
        {
            data_ready = 0;

            ADS126x_ReadADC1Data_Direct(crc_mod,status_byt,&result,&statusByt,&crcByt);
            voltage = ADS1263_ConvertToVoltage(result, VREF, gai);
            magnetic_field_uT = FLC100_ConvertVoltageToMicroTesla( voltage);
            //Filter_Kalman(magnetic_field_uT, &uT_Kalman);
            //Filter_AdaptiveKalman(magnetic_field_uT, &uT_Adaptive);
            Filter_Butterworth(magnetic_field_uT, &uT_Butter);
            Filter_MovingAverage(magnetic_field_uT, &out_MAV);
            //filtered_field = Apply_Filter(magnetic_field_uT);
            // Bluetooth_Send("ADS1263\r\n");
            Bluetooth_Send("uT:%.4f,BuT:%.4f,MAuT:%.4f\r\n",
            magnetic_field_uT,uT_Butter,out_MAV);
        }
    }
```

