



بررسی ارتباط حافظه فلش NOR و NAND از طریق پروتکل SPI و I2C



تاریخ انتشار ۲۳ شهریور، ۱۴۰۲ توسط سید حسین سلطانی

سلام خدمت همه شما مایکروالکامی ها. در مطلب قبلی از نکات **طراحی PCB** به **انتخاب سلف برای مبدل باک و نکات مهم آن** پرداخته شد. در این مطلب به بررسی پروتکل های سریال SPI و I2C جهت ارتباط با حافظه های Flash نوع NOR و NAND پرداخته خواهد شد. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتونید سایر مطالب من رو از **این لینک** مطالعه و بررسی کنید.



مقدمه

پروتکل های SPI و I2C از رایج ترین بستر های ارتباطی دیجیتال هستند که جهت اتصال مدار های دیجیتالی به IC ها در کاربرد های متنوعی به کار می روند. SPI و I2C هر دو از جمله پروتکل های دیجیتال هستند که استفاده از آنها ساده می باشد. در عین حال یکپارچگی سیگنال نیز در آنها برقرار است. برخلاف پروتکل های سریال دیفرانسیلی با سرعت بالا که کنترل امپدانس بسیار مهم است، این دو پروتکل اینطور نبوده و کار را آسان تر نموده است. به تعبیر دیگر، در طراحی مدار چاپی یا PCB، وابستگی های طراحی کمتر و ساده تر شده و آزادی عمل بیشتری در سایر مسائل مانند روتینگ و امثال آن وجود دارد.

کاربرد SPI و I2C

یکی از رایج ترین کاربرد های SPI و I2C استفاده از آنها جهت ارتباط با آیسی های حافظه خارجی جهت تبادل دیتا است. حافظه های Flash از جمله رایج ترین و پر کاربرد ترین قطعات در سیستم های نهفته (Embedded System) ها می باشند. مزیت استفاده از این حافظه ها داشتن ظرفیت های قابل قبول بصورت غیر قابل فرار (non-volatile) است. هنگام انتخاب یک IC حافظه، باید مطابق با نیاز و پروژه خود آن را انتخاب نمود. علاوه بر این باید به درگاه ارتباطی و سرعت عملکرد آن نیز دقت نمود. همچنین نوع حافظه (NOR یا NAND بودن) نیز فاکتور مهمی در انتخاب آن خواهد بود.

مزایای SPI

مزیت های این پروتکل باعث شده که از آن بیشتر در کار هایی که نیاز به خواندن و نوشتن دیتا بر روی کارت های SD است نیز استفاده شود. یا سایر کاربرد هایی که سرعت تبادل دیتا مهم باشد. در مقابل I2C برای سیگنال های کنترلی ساده جهت ارسال به چند دستگاه می تواند مفید واقع گردد.

- **ارتباط:** خط دیتای جداگانه MOSI/MISO بیانگر ارتباط دو طرفه در این پروتکل است.
- **سرعت:** نرخ تبادل دیتا در SPI به مراتب بیشتر است.



مزایای I2C

- **سهولت در استفاده:** مشهود ترین تفاوتی که بین I2C و SPI وجود دارد، نوع 2 سیمه بودن ارتباط در I2C می باشد. اما در SPI نیاز به 4 سیم جهت برقراری ارتباط است که خود به نوعی باعث اشغال بیشتر پایه های GPIO خواهد شد.
- **افزایش آسان:** هنگامی که کاربر نیاز به چندین Slave داشته باشد، در SPI نیاز به یک پایه به نام SS برای هر یک از آن ها خواهیم داشت. در حالی که در I2C با استفاده از یک کد آدرس 7 بیتی به راحتی می توانیم به هر کدام دسترسی داشته باشیم. البته این کار مستلزم پیکربندی آدرس های هر ماژول است اما در عوض دیگر نیاز به سیم کشی بیشتر یا اشغال پایه های اضافه نخواهد داشت.

مقایسه پروتکل سریال SPI و I2C

SPI مخفف Serial Peripheral Interface به معنی رابط جانبی سریال است. I2C نیز مخفف عبارت Inter-Integrated Circuit می باشد. هر دو این پروتکل ها از پروتکل های دیجیتال و سریال بوده که دارای سرعت عملکرد کم و متوسط می باشند. ویژگی های مشترک این دو پروتکل را می توان موارد زیر دانست.

- بیشتر از یک سیم برای ارسال و دریافت دیتا استفاده می شود.
- دارای clock مشخص یا همگام که بر روی یک سیم دیگر قرار می گیرد.
- گیرنده ها یا دستگاه و قطعات موجود در این بستر ها دارای آدرس خود می باشند.
- اکثر میکروکنترلر ها دارای یک یا هر دو این پروتکل ها هستند.
- سطح ولتاژ سیگنال را می توان با ولتاژ تراشه تنظیم نمود.
- هیچکدام از این دو پروتکل نیاز به کنترل و مسائل تطبیق امپدانس ندارند.

مقایسه

همانطور که مشخص است، این پروتکل ها بسیار مشابه هستند. اما در عین حال دارای تفاوت هایی نیز هستند که وجه تمایز آنها نسبت به یکدیگر می باشد. در جدول زیر به این موارد مختصراً اشاره شده است.

نوع پارامتر مورد بررسی	پروتکل I2C	پروتکل SPI



MISO: Master input, Slave output MOSI: Master output, Slave Input SCK or SCLK: Serial Clock CS: Chip Select	SDA: Serial Data SCL or SCK: Serial Clock	مشخصات دیتا
MISO/MOSI/SCK مشترک پایه های CS بصورت ستاره	بصورت درگاه پخش یا Broadcast	توپولوژی
ثابت با زمان clock، تا 60Mbps	حالت استاندارد: تا 100kbps حالت Fast: تا 400kbps حالت Fast mode plus: تا 1Mbps حالت High Speed: تا 3.4Mbps	نرخ تبادل دیتا
متناسب با امپدانس بار	متناسب با ظرفیت درگاه و مقاومت pull-up (استفاده از ثابت زمانی RC)	زمان Rise/Fall
پایه های CS در برد اصلی (Main) برای تغییر چیپ (قابل تغییر با پایه های GPIO یا پایه های CS مشخص)	آدرس در هر قطعه یا دستگاه ثابت است.	آدرس
تمام دو طرفه (Full-duplex)	نیمه دو طرفه (Half-duplex)	نوع ارتباط
Push-pull (با بافر CMOS)	Open-drain	راه انداز سیگنال

SPI دارای نرخ تبادل دیتای بیشتری بوده و می تواند لبه های سریع تری در مقایسه با I2C داشته باشد. در I2C، بدلیل استفاده از مقاومت pull-up، معمولاً ظرفیت درگاه بالا بوده و در حقیقت نوع درایو آن بصورت open-drain می باشد. در I2C می توان زمان صعود یا rise time تا صد ها نانو ثانیه داشت. در SPI برای اجزای پیشرفته که دارای بار های کوچکی اند، زمان صعود می تواند تا 1ns باشد. به دلیل سرعت سوئیچینگ خیلی سریع در SPI، خطوط ارتباطی بسیار شبیه ایجاد crosstalk می باشد.

حافظه های فلش نوع NOR و NAND

در بحث مقایسه این دو مدل حافظه جای صحبت بسیار است. اما بطور کلی دوام و کارایی حافظه NOR به دلیل

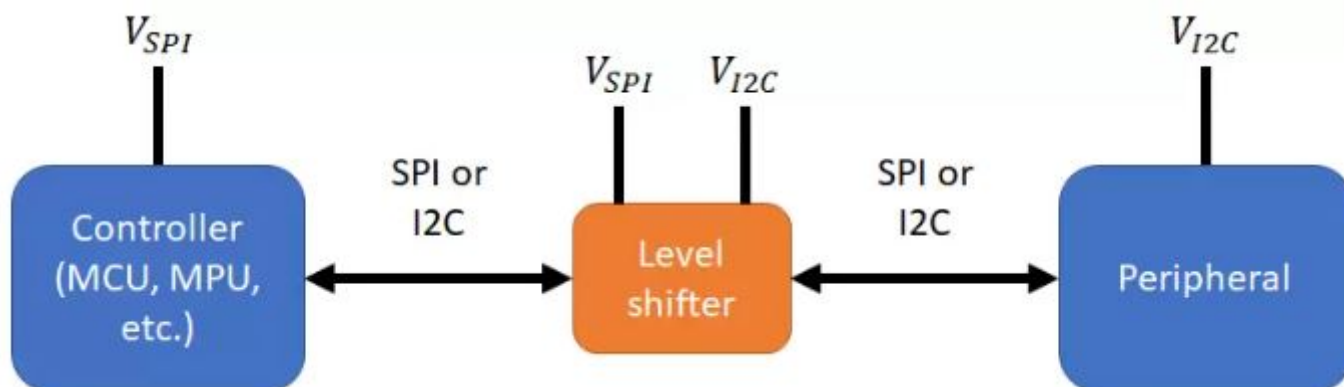


استفاده از سلول های حافظه جداگانه جهت ذخیره دیتا، معمولاً بیشتر از حافظه نوع NAND است. در حافظه NAND سلول های حافظه بین چندین صفحه به اشتراک گذاشته می شوند.

رابط/مبدل I2C به SPI برای دسترسی حافظه

در صورت نیاز برای تبدیل ارتباط I2C و SPI، می توان از واسط هایی به این منظور استفاده کرد. این مبدل ها، فرمت دیتا را بین این دو پروتکل تبدیل می کنند. لذا می توان مثلاً برای ارتباط یک مدار یا قطعه ای که از I2C پشتیبانی می کند، به IC یا مداری که فقط SPI دارد از آنها استفاده نمود.

شایان ذکر است اگر کنترل کننده فقط از I2C و تراشه حافظه از SPI پشتیبانی کند، ممکن است در سرعت تبادل دچار محدودیت شویم. جهت فائق آمدن به این محدودیت I2C، بهتر است که از یک کنترل کننده با قابلیت SPI استفاده شده و سپس از مبدل برای ارتباط با قطعه دارای I2C استفاده کرد. باید توجه داشت که قسمت SPI باید کلاک کمتری داشته باشد تا از انجام عملیات در I2C اطمینان حاصل نماید.



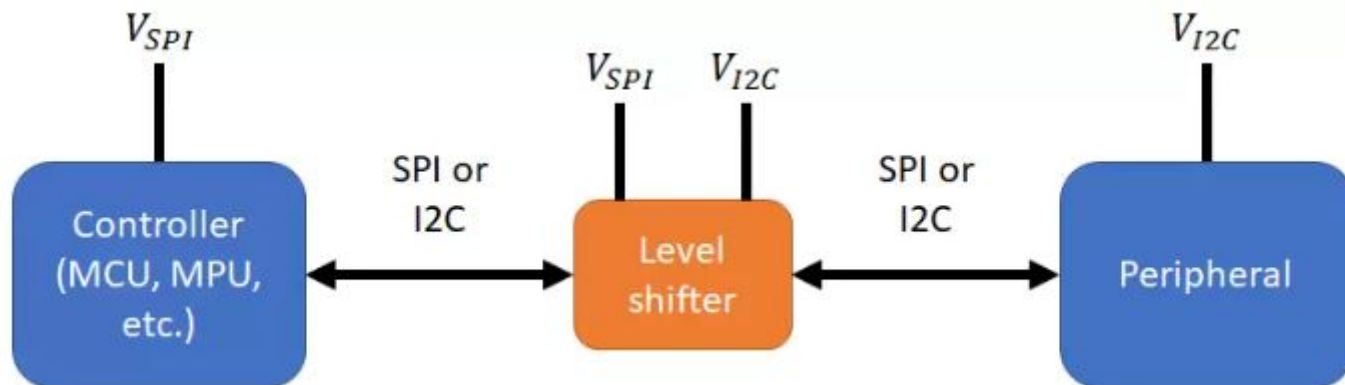
ارتباط Level Shifter برای پروتکل SPI یا I2C

تغییر سطح یا Level Shifting در SPI و I2C

یکی دیگر از نیاز های رایج در پروتکل سریال که از نوع open-drain و push-pull (سطح سیگنال با ولتاژ مرکزی تنظیم شده باشد) تغییر سطح ولتاژ می باشد. در نمونه های عملی ممکن است میکروکنترلر مثلاً با ولتاژ 3.3v ولی تراشه



حافظه با ولتاژی کمتر مثلا 1.8v کار کند. در این حالت باید سیگنال SPI یا I2C از مدار Level Shifter عبور نماید. برخی از مبدل های یاد شده دارای level shifter بوده به rail تغذیه متصل می شوند.



ارتباط Level Shifter برای پروتکل SPI یا I2C

مواردی که در انتخاب این دو پروتکل نقش دارند می تواند مواردی مانند سرعت تبادل دیتا، ولتاژ مصرفی و کنترلر آن باشد. در ادامه این موارد بررسی شده است.

- **سرعت:** هنگام انتقال حجم انبوه ای از دیتا و محدود بودن فضا و عملکرد حافظه در کار های حساس و سریع، هر میکرو ثانیه نیز به چشم خواهد آمد و حیاتی می باشد. در صورت نیاز به انجام مکرر فرآیند خواندن و نوشتن بصورت آنی و در لحظه، از SPI می توان استفاده کرد. اما چنانچه اینگونه نبوده و تعداد خواندن و نوشتن ها خیلی کم و گاهی انجام شود، I2C پیشنهاد می شود.
- **ولتاژ یا توان مصرفی:** در صورتی که مدار تحت عنوان low power طراحی شود و با باتری تغذیه شود، همچنین نیاز به دسترسی به دیتا بصورت مکرر داشته باشد ممکن است نیاز به استفاده از SPI بدلیل مصرف کمتر توان در مقابل I2C باشد.
- **کنترلر:** در صورت استفاده از میکروکنترلر های کوچک با تعداد GPIO های کم، بهتر است از I2C استفاده شود. در واقع شاید انتخاب دیگری نداشته باشیم. مثلا ATtiny دارای I2C است اما اگر بخواهیم با حافظه ارتباط برقرار کنیم باید تراشه حافظه ای را استفاده کنیم که I2C پشتیبانی کند.

نتیجه گیری

در این مطلب به بیان نکات مهم در انتخاب نوع ارتباط با حافظه های فلش نوع NOR و NAND اشاره شد. آنچه که



واضح است این می‌باشد که اگر نیاز به سرعت عملکرد بالا داشته باشیم SPI انتخاب مناسبی خواهد بود. همچنین حافظه های نوع NOR دوام و ماندگاری بیشتری دارد.

امیدوارم از این مطلب کمال بهره را برده باشید. در صورت داشتن هرگونه نظر یا سوال درباره این مطلب یا تجربه مشابه اون رو در انتهای همین صفحه در قسمت دیدگاه ها قرار بدید. در کوتاه ترین زمان ممکن به اون ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون مفید بود، اون رو به اشتراک بگذارید تا سایر دوستان هم بتوانند استفاده کنند. همینطور میتونید این مطلب را توی اینستاگرام با هشتگ #microelecom به اشتراک بگذارید و **پیج مایکروالکام** (@microelecom) رو هم منشن کنید.