

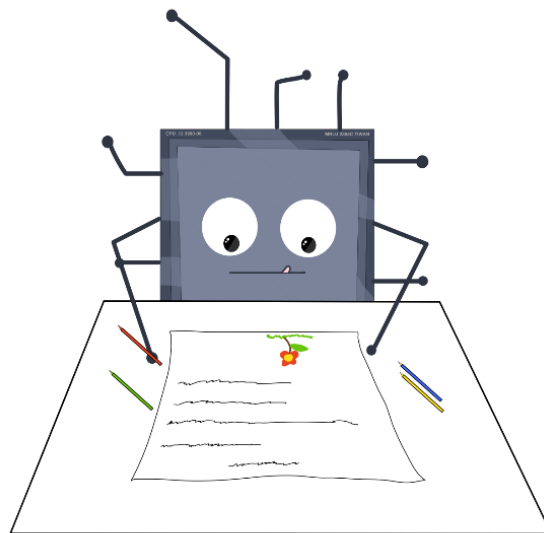


Department of Computer Engineering

Microprocessors and Assembly Language, Spring 2023, Dr. Farbeh

Homework 2 – Solutions

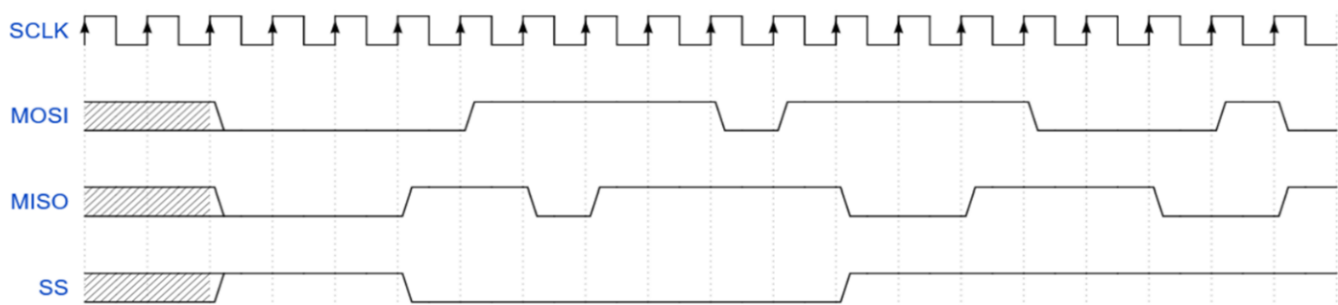
Lec 7-12





سوال ۱:

در شکل موج زیر که توسط یک رابط SPI روی باس قرار می‌گیرد، زمان شروع و پایان ارسال داده، محتوا داده ارسالی و دریافتی و نوع هر عملیات (نوشتن روی Slave یا Master) را مشخص کنید.
(توجه شود که SS به صورت active low می‌باشد و فرض کنید که ترتیب ارسال داده‌ها از بیت MSB به بیت LSB می‌باشد).



پاسخ:

شروع ارتباط زمانی رخ می‌دهد که master بیت Slave Select یا همان SS_BAR را فعال کند و با توجه به active low بودن آن، زمانی ارتباط برقرار خواهد بود که مقدار ۰ روی SS_BAR قرار گیرد. با این کار هم master و هم slave آماده برقراری ارتباط با یکدیگر می‌شوند. این ارتباط تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که master بیت SS_BAR را به حالت غیر فعال یا همان ۱ بازگرداند. بنابراین ارتباط بین این دو از شروع کلاک ۶ آغاز شده و تا اندکی پس از اتمام کلاک ۱۲ ادامه پیدا می‌کند.

در این مدت، با توجه به full-duplex بودن رابط SPI، ارتباط هم سمت master به slave و هم برعکس به‌طور هم‌زمان صورت می‌گیرد. (از بیت‌های پرارزش به سمت بیت‌های کم‌ارزش)

master داده ۰۱۱۱۱۰۱ را روی slave می‌نویسد.

slave داده ۱۱۰۱۱۱۱ را روی master می‌نویسد.



سوال ۲:

در صورتی که بخواهیم ۱۰۰ بایت داده را از طریق دو رابط SPI و I2C ارسال کنیم، بازدهی (نسبت تعداد بیت داده به کل بیت‌ها) را در هر دو رابط محاسبه کنید. بازدهی کدام رابط بیشتر است؟ (فرض کنید در رابط SPI در هر frame حداکثر ۱۶ بیت داده می‌توان ارسال کرد).

پاسخ:

SPI : در هر frame تمام ۱۶ بیت داده هستند؛ بنابراین به ازای هر تعداد بیت بازدهی برابر $16/16=1$ است.

I2C : برای ارسال داده سه مرحله وجود دارد:

مرحله اول (اتصال): نیاز به ۱ بیت شروع + ۷ بیت آدرس + ۱ بیت R/W + ۱ بیت Ack

مرحله دوم (ارسال هر بایت داده): ۸ بیت داده + ۱ بیت ACK

مرحله سوم (پایان اتصال): ۱ بیت پایان

بنابراین برای ارسال ۱۰۰ بایت داده، $11 + 100 + 8 * 100 = 911$ بیت باید مبادله شود؛ بنابراین بازدهی برابر $100/911$ می‌شود.
 $100/911 > 1$ ؛ در نتیجه بازدهی SPI بیشتر است.



سوال ۳:

می‌خواهیم از طریق ارتباط UART یک میکروکنترلر را به دستگاهی وصل کنیم و با نرخ ۱۰ kilobytes/sec (به صورت تقریبی) داده ارسال کنیم. اگر یک بیت پایانی در نظر بگیریم و از parity هم بخواهیم استفاده کنیم، مناسب‌ترین مقدار برای clock divisor چقدر است؟ (فرکانس ساعت اصلی میکروکنترلر ۴.۴ MHz است).

پاسخ:

هر یک بایت، یک بیت شروع، یک بیت پایان و یک بیت parity دارد؛ بنابراین برای هر ۸ بیت، ۱۱ بیت خواهیم داشت. نرخ ارسال داده هم برابر با $10\text{K Bps} = 80\text{ Kbps}$ است؛ بنابراین با توجه به ۸ بیت که تبدیل به ۱۱ بیت می‌شود داریم:

$$BW = 8/11 * \text{Baud Rate} \geq 80\text{ Kbps}$$

$$\text{Baud Rate} = \text{MCK} / 16 * \text{CD}$$

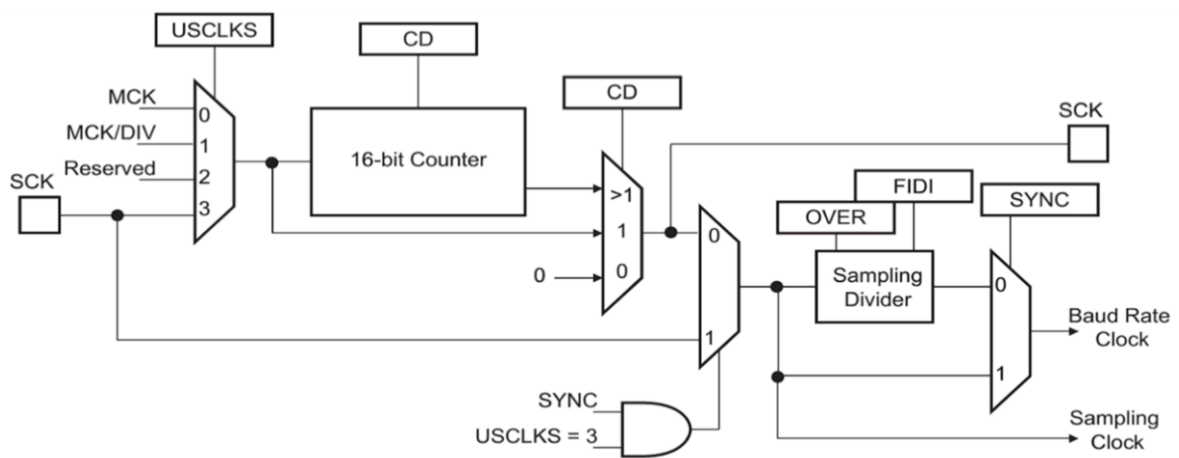
$$\Rightarrow 8/11 * 4.4\text{Mbps} / 16 * \text{CD} \geq 80\text{Kbps} , \text{CD} \leq 2.5 \Rightarrow \text{Max}(\text{CD}) = 2$$

بنابراین بهترین مقدار برای CD به عنوان یک عدد صحیح برابر ۲ است.



سوال ۴:

در مدار شکل زیر اگر در حالت آسنکرون باشیم و مقدار $MCK = 4GHz$ و $MCK/DIV = 512MHz$ باشد، برای رسیدن به $Baud\ Rate = 4Kbps$ ، سه رجیستر $USCLKS$, CD , $OVER$ به ترتیب از چپ به راست چه مقادیری باید داشته باشند؟ (۱k را برابر ۱۰۲۴ در نظر بگیرید و در صورت وجود چند حالت ممکن، تمامی حالات را بنویسید).



پاسخ:

می‌دانیم که در حالت آسنکرون، فرمول Baud Rate به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Baudrate = \frac{SelectedClock}{(8(2 - Over)CD)}$$

و همچنین می‌دانیم که CD یک عدد ۱۶ بیتی است و نهایت مقدار آن، ۶۵۵۳۵ می‌تواند باشد و مقدار $Over$ برابر ۰ یا ۱ می‌تواند باشد. پس حالتی که این شروط را نقض نکند برابر است با:

$$(۱) \quad USCLKS = 1 \text{ و } over = 0 \text{ و } CD = 2^{13}$$

$$(۲) \quad USCLKS = 1 \text{ و } over = 1 \text{ و } CD = 2^{14}$$



سوال ۵:

ورودی یک مبدل آنالوگ به دیجیتال، ولتاژی در بازه $[0V, 5V]$ را به اعداد ۱۰ بیتی تبدیل می‌کند. اگر ورودی این مبدل از یک حسگر دما که بازه‌ی $[-20^{\circ}C, 80^{\circ}C]$ را می‌تواند تشخیص دهد آمده باشد و دمای محیط $30^{\circ}C$ باشد:

الف) چه عددی به عنوان خروجی مبدل $[D9-D0]$ نشان داده خواهد شد؟

ب) عدد نشان داده شده در خروجی مبدل دقیقاً برابر چه دمایی است؟

ج) علت تفاوت دمای خروجی مبدل با دمای اتاق چیست؟

پاسخ:

الف)

$$\frac{30^{\circ} - (-20^{\circ})}{80^{\circ} - (-20^{\circ})} = \frac{V_{in} - 0}{5 - 0} \rightarrow V_{in} = 2.5V$$

$$N_{ADC} = 1023 \times \frac{V_{in} - 0}{5 - 0} = \frac{1023}{2} = 511.5 \xrightarrow{\text{Quantization Error}} N_{ADC} = 512$$

$$[D9 - D0] = 1000000000$$

ب)

$$V_{in} = 512 \times \frac{5 - 0}{1023} = 2.5024$$

$$\frac{T - (-20^{\circ})}{80^{\circ} - (-20^{\circ})} = \frac{V_{in} - 0}{5 - 0} \rightarrow T + 20^{\circ} = 50.048 \rightarrow T = 30.048^{\circ}$$

ج)

به دلیل Quantization Error این اتفاق رخ می‌دهد.



سوال ۶:

فرض کنید دو موتور مشابه DC با نام‌های A و B داشته باشیم و آن‌ها را با استفاده از مژول PWM کنترل کنیم. با اعمال فرکانس ۵۰ KHz و Duty Cycle برابر ۳۰٪ به موتور A به سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه می‌رسیم. با اعمال چه فرکانسی با Duty Cycle برابر ۴۰٪ به موتور B، به سرعتی معادل موتور A می‌رسیم؟

پاسخ:

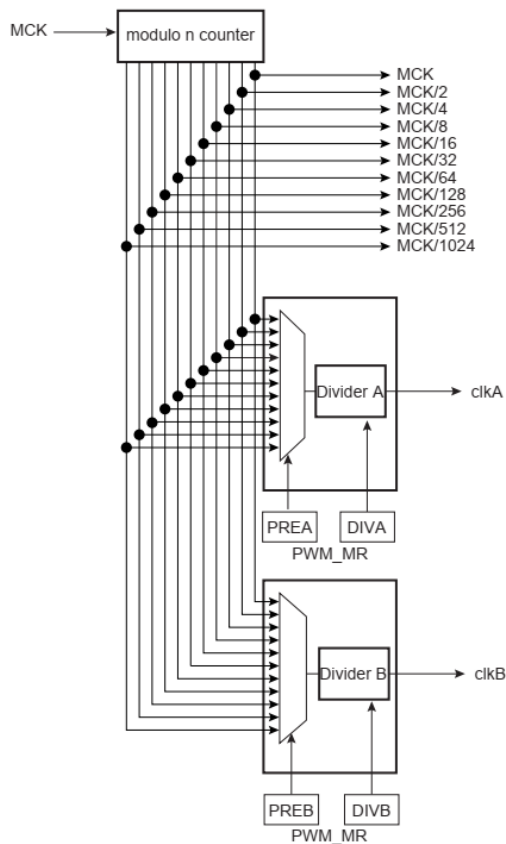
$$v_A = v_B \rightarrow t_{on_A} = t_{on_B} \rightarrow Duty\ Cycle_A \times T_A = Duty\ Cycle_B \times T_B \rightarrow$$

$$\frac{Duty\ Cycle_A}{f_A} = \frac{Duty\ Cycle_B}{f_B} \rightarrow \frac{30\%}{50KHz} = \frac{40\%}{f_B} \rightarrow f_B = \frac{50K \times 40}{30} = 66.66KHz$$



سوال ۷:

میکروکنترلری با $MCK = 500MHz$ در اختیار داریم. با فرض این که $PREA$ و $DIVA$ ثبات‌های ۱۶ بیتی باشند، مقدار آن‌ها را طوری تنظیم کنید تا با اعمال حداقل فرکانس، $clkA = 1KHz$ شود.





پاسخ:

$$MCK = 500MHz \rightarrow clk = 1KHz$$

$$clk = \frac{MCK}{DIVA \times 2^{PREA}} = \frac{500 \times 10^6}{DIVA \times 2^{PREA}} = 10^3 \rightarrow$$

$$DIVA \times 2^{PREA} = 5 \times 10^5$$

برای اعمال حداقل فرکانس باید ماکسیمم مقدار PREA را انتخاب کنیم.

در اینجا ماکسیمم مقدار $PREA = 5$ است؛ چرا که بیشتر از این مقدار دیگر DIVA یک عدد صحیح نخواهد بود.

$$PREA = 5$$

$$\rightarrow DIVA = \frac{5 * 10^5}{32} \rightarrow DIVA = 15625$$