

ARDUINO TARAQQIYOTI

Ma'ruza #10

ARDUINODA SPI KOMMUNIKATSIYA

Reja:

1. SPI kommunikatsiyasi to'g'risida dastlabki tushunchalar
2. SPI apparat va aloqa dizayni
3. Uskuna konfiguratsiyasi
4. Nom berish konvensiyalari
5. Aloqa sxemasi
6. SPI ni I2C bilan solishtirish
7. SPI raqamli potentsiometri bilan muloqot qilish
8. Ma'lumotlar varag'I (Datasheet)dan ma'lumot to'plash
9. Uskunani sozlash
10. Dasturiy ta'minotni yozish

Xulosa

Foydalanilgan adabiyotlar

SPI kommunikatsiyasi to'g'risida dastlabki tushunchalar

Dastlab Motorola tomonidan yaratilgan SPI shinasini to'liq dupleks seriyali aloqa standarti bo'lib, asosiy qurilma va bir yoki bir nechta yordamchi qurilmalar o'rtasida bir vaqtning o'zida ikki tomonlama aloqani ta'minlaydi. SPI protokoli rasmiy standartga rioya qilmaganligi sababli, bir oz boshqacha ishlaydigan SPI qurilmalarini topish odatiy holdir (uzatiladigan bitlar soni farq qilishi mumkin yoki boshqa narsalar qatorida slave tanlash liniyasi o'tkazib yuborilishi mumkin). Ushbu dars eng ko'p qabul qilingan SPI buyruqlarini (bular Arduino IDE tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan) amalga oshirishga qaratilgan.

OGOHLANTIRISH! Shuni yodda tutingki, SPI ilovalari farq qilishi mumkin, shuning uchun ma'lumotlar jadvalini o'qish juda muhimdir.

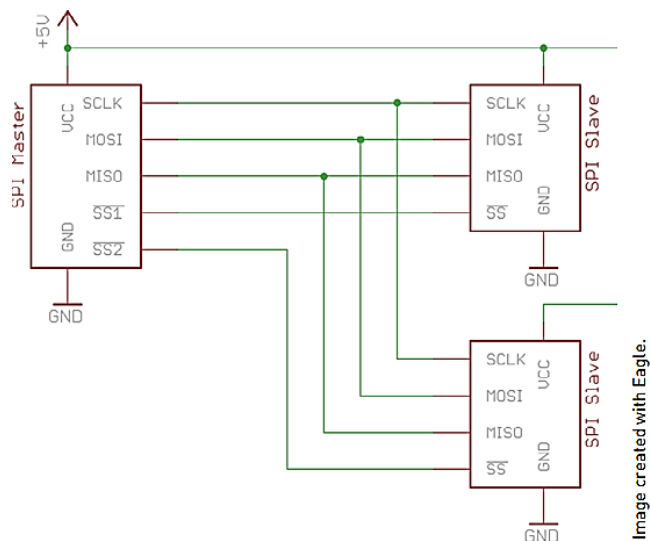
SPI to'rtta asosiy usulda harakat qilishi mumkin, bu sizning qurilmangiz talablariga bog'liq. SPI qurilmalari odatda *slave qurilmalar* deb ataladi. SPI qurilmalari sinxronidir, ya'ni ma'lumotlar umumiy soat signali (SCLK) bilan sinxronlashtiriladi. Ma'lumot to'g'ridan-to'g'ri qurilmaga soat signalining ko'tarilgan yoki pasaygan chetida (*soat fazasi* deb ataladi) o'tkazilishi mumkin va SCLK standart holatini yuqori yoki past (*soat qutbliligi* deb ataladi) ga o'rnatish mumkin. Har biri uchun ikkita variant mavjud bo'lganligi sababli, SPI busini jami to'rtta usulda sozlashingiz mumkin.

SPI apparat va aloqa dizayni

SPI tizimini sozlash nisbatan sodda. Master va barcha slave qurilmalar o'rtasida aloqa o'rnatish uchun uchta pin ishlatiladi:

- ■ Umumiy/seriyali soat (SCLK)
- ■ Master Out Slave In (MOSI)
- ■ Master In Slave Out (MISO)

Har bir slave qurilma qo'shimcha slave tanlashni ham talab qiladi. (SS) pin. Demak, asosiy qurilmada talab qilinadigan kiritish-chiqarish pinlarining umumiy soni har doim $3 + n$ bo'ladi, bu yerda n - slave qurilmalar soni. 1-rasmda ikkita slave qurilmaga ega SPI tizimining namunasi ko'rsatilgan.



1-rasm.

Uskuna konfiguratsiyasi

Har qanday SPI tizimida kamida to'rtta ma'lumot liniyasi mavjud. Tarmoqqa ulangan har bir slave qurilma uchun qo'shimcha SS liniyalari qo'shiladi. SPI qurilmasiga va undan qanday qilib ma'lumotlarni jo'natish va qabul qilishni o'rganishdan oldin, ushbu kiritish-chiqarish liniyalari nima qilishini va ularni qanday ulash kerakligini tushunishingiz kerak. Quyidagi jadvalda bu chiziqlar tasvirlangan.

SPI ALOQA LINE	TAVSIF
<i>MOSI</i>	Master qurilmadan slave qurilmaga ketma-ket ma'lumotlarni yuborish uchun ishlatiladi
<i>MISO</i>	Slave qurilmadan Master qurilmaga ketma-ket ma'lumotlarni yuborish uchun ishlatiladi
<i>SCLK</i>	Ketma-ket ma'lumotlar qabul qiluvchi qurilma bilan sinxronlashtiriladigan soat (CLOCK) signal, shuning uchun u kirishni qachon o'qishni biladi
<i>SS</i>	Master qurilma tanlovini ko'rsatadi

I2C busidan farqli o'laroq, pull-up rezistorlari talab qilinmaydi va aloqa to'liq ikki tomonlama. SPI qurilmasini Arduinoga ulash uchun MOSI, MISO, SCLK va SS pinlarini ulashingiz kifoya va siz SPI aloqa kutubxonasidan foydalanishga tayyor bo'lasiz.

Nom berish konvensiyalari

SPI universal standart emasligi sababli, ba'zi qurilmalar va ishlab chiqaruvchilar SPI aloqa liniyalari uchun turli nomlardan foydalanishlari mumkin. To'g'ri tanlash ba'zan chipni tanlash (CS), ketma-ket soat ba'zan shunchaki soat (CLK) deb ataladi, slave qurilmalardagi MOSI va MISO pinlari ba'zan ketma-ket ma'lumotlar (SDI) va ketma-ket ma'lumotlar chiqishi (SDO) deb qisqartiriladi.

Aloqa sxemasi

SPI aloqa sxemasi soat signali bilan sinxronlashtiriladi va SS liniyasining holatiga bog'liq. Busdagi barcha qurilmalar MOSI, MISO va SCLK qatorlarini baham ko'rganligi sababli, masterdan yuborilgan barcha buyruqlar har bir slavega keladi. SS pin slavega ushbu ma'lumotlarni e'tiborsiz qoldirishi yoki unga javob berishi kerakligini aytadi. Muhimi, bu siz yozayotgan har qanday dasturda bir vaqtning o'zida faqat bitta SS pinining past (faol rejim) o'rnatilganligiga ishonch hosil qilishingiz kerakligini anglatadi.

SPI qurilmasi bilan aloqa qilishning asosiy jarayoni quyidagicha:

1. Aloqa qilmoqchi bo'lgan qurilma uchun SS pinini past qilib qo'ying.
2. To'g'ri qurilma tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan uzatish tezligidan kamroq yoki unga teng tezlikda soat chizig'ini yuqoriga va pastga almashtiring.
3. Har bir soat sikli uchun MOSI liniyasida 1 bitni yuboring va MISO liniyasida 1 bitni qabul qiling.
4. O'tkazish yoki qabul qilish tugaguncha davom eting va soat chizig'ini almashtirishni to'xtating.
5. SS pinini yuqori holatga qaytaring.

E'tibor bering, har bir soat siklida bit yuborilishi va qabul qilinishi kerak, ammo bu bit hech narsani anglatmasligi kerak. Misol uchun, ushbu darsning keyingi qismida siz Arduino ma'lumot yuboradigan, lekin slavedan hech narsa qaytarib olishi shart bo'lmagan stsenariyda raqamli potentsiometrdan foydalanasiz. Shunday qilib, u MOSI pinidagi ma'lumotlarni soatlab chiqaradi va MISO pinida qaytib keladigan barcha narsalarni e'tiborsiz qoldiradi.

SPI ni I2C bilan solishtirish

Ko'p turdagi qurilmalar, jumladan akselerometrlar, raqamli potansiyometrlar va displeylar SPI va I2C versiyalarida mavjud. Xo'sh, qanday qaror qabul qilasiz? Quyidagi jadvalda I2C va SPI o'rtasidagi o'zaro kelishuvlarning bir qismi keltirilgan. Oxir oqibat, qaysi birini ishlatishni tanlaganingiz, amalga oshirish osonroq va sizning vaziyatingizga eng mos keladigan narsaga bog'liq bo'ladi. Aksariyat yangi boshlanuvchilar SPI ni I2C ga qaraganda osonroq ishlashini bilishadi.

SPI AFZALLIKLARI Yuqori tezlikda ishlay oladi. Umuman olganda, ishlatish oson pull-up rezistorlari kerak emas. O'rnatilgan Arduino apparatini qo'llab-quvvatlaydi.	I2C AFZALLIKLARI Faqat ikkita aloqa liniyasini talab qiladi O'rnatilgan Arduino apparat ta'minoti
---	--

SPI raqamli potentsiometri bilan muloqot qilish

Endi siz barcha asoslarni tushunib olganingizdan so'ng, o'rganganlaringizni amalda amalga oshirish vaqti keldi. Siz raqamli potansiyometr (qisqacha DigiPot) yordamida LED yorqinligini nazorat qilishdan boshlaysiz. Xususan, siz Microchip MCP4231 103E raqamli potentsiometr IC dan foydalanasiz. (Ushbu chipning bir nechta versiyalari mavjud bo'lib, ularning har biri turli xil potansiyometr qarshilik qiymatlariga ega). chip. Oddiy potansiyometr singari, DigiPot o'chirgich terminali va oxirgi terminallardan biri o'rtasidagi qarshilikni aniqlaydigan sozlanishi tozalagichga ega. MCP4231 bitta chipda ikkita potansiyometrغا ega. Har bir potentsiometr 7 bit ruxsatga ega, buning natijasida 129 o'chirish o'rni paydo bo'ladi (qo'shimcha pozitsiya chipning quvvatga yoki erga to'g'ridan-to'g'ri tegishi natijasida yuzaga keladi), bu qarshilik 0 va 10 k Ω orasida o'zgaradi. Birinchidan, siz LED yorqinligini sozlash uchun DigiPot-dan foydalanasiz. Uni LEDlar bilan ishlaganingizdan so'ng, siz undan dinamik ovozini boshqarish uchun foydalanashingiz mumkin. Tugatganingizdan so'ng, siz yanada murakkab audio/vizual loyihalarni ishlab chiqish uchun foydalanishingiz mumkin bo'lgan platformaga ega bo'lasiz.

Ma'lumotlar varag'i (Datasheet)dan ma'lumot to'plash

Avvalo, siz doimo ma'lumotlar varag'iga murojaat qilishingiz kerak. "MCP4231" uchun tezkor Google qidiruvi ma'lumotlar jadvalini ochadi.

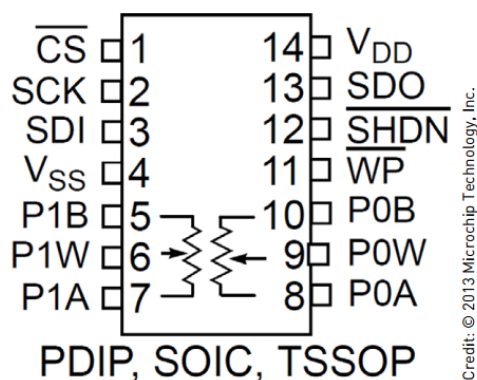
Ma'lumotlar varaqasi quyidagi savollarga javob beradi:

■ IC ning pin-chiqishi nima va qaysi pinlar boshqaruv pinlari hisoblanadi?

■ Mening chipimdagi potansiyometrning qarshiligi qanday?

■ ICni boshqarish uchun qaysi SPI buyruqlari yuborilishi kerak?

Ushbu ma'lumotga murojaat qilishingizga yordam berish uchun quyidagi berilgan rasmlarda ushbu ma'lumotlar varaqining ba'zi asosiy qismlari ko'rsatilgan. Birinchidan, ma'lumotlar varag'ining birinchi sahifasida ko'rsatilgan pin-outni ko'rib chiqing.



2-rasm.

PIN-out odatda yangi qurilma bilan ishlashga tayyorlanishda birinchi qadam bo'lishi kerak. Quyida barcha pinlar va ularning funksiyalarining taqsimoti keltirilgan:

■ **P0A, P0W va P0B pinlari:** Bular birinchi raqamli boshqariladigan potansiyometr uchun pinlardir.

■ **P1A, P1W va P1B pinlari:** Bular ikkinchi raqamli boshqariladigan potansiyometr uchun pinlar.

■ **VDD:** 5V quvvat manbaiga ulanadi.

■ **VSS:** Yerga ulanadi.

■ **CS:** CS SPI interfeysi uchun SS pinidir va uning ustidagi satr uning faol past ekanligini ko'rsatadi. (0V chip tanlanganligini, 5V esa tanlanmaganligini bildiradi.)

■ **SDI va SDO:** Bu pinlar mos ravishda kirish va chiqish seriyali ma'lumotlarga mos keladi (MOSI va MISO).

■ **SCK:** Bu darsda avvalroq tushuntirilgan SPI soat chizig'i.

■ ■ **SHDN va WP:** Bular mos ravishda o'chirish va yozishni himoya qilishni anglatadi. Ushbu chip uchun, keyinchalik ma'lumotlar varag'ida WP pinining aslida NC (ulanmagan) ekanligi ma'lum bo'ladi. Ushbu pinni e'tiborsiz qoldirishingiz mumkin. SHDN pin CS pin kabi faol past. Past ushlab turilganda, apparat o'chirgichni ichki qarshilik tarmog'idan "ajratadi". Siz har doim potentsiometringiz faol bo'lishini xohlasangiz, SHDN pin to'g'ridan-to'g'ri 5V ga ulangan bo'lishi kerak.

Ko'rib chiqishga arziydigan navbatdagi narsa potansiyometr va siljigichning qarshiligi. Oddiy potansiyometr kabi, har bir raqamli potansiyometrning A va B terminallari o'rtasida qat'iy qarshilik mavjud. Siljigichning o'zi ham e'tiborga olish kerak bo'lgan qarshilikka ega. Ma'lumotlar jadvalining beshinchi sahifasidagi ma'lumotlarni ko'rib chiqing (3-rasmga qarang).

AC/DC CHARACTERISTICS (CONTINUED)

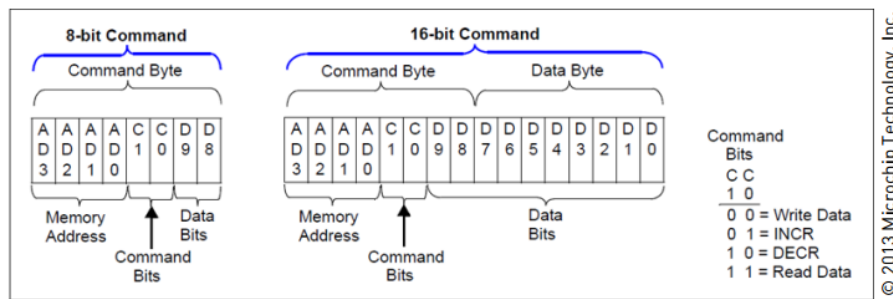
DC Characteristics		Standard Operating Conditions (unless otherwise specified) Operating Temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (extended) All parameters apply across the specified operating ranges unless noted. $V_{DD} = +2.7\text{V}$ to 5.5V , $5\text{ k}\Omega$, $10\text{ k}\Omega$, $50\text{ k}\Omega$, $100\text{ k}\Omega$ devices. Typical specifications represent values for $V_{DD} = 5.5\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$.				
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Resistance ($\pm 20\%$)	R_{AB}	4.0	5	6.0	$\text{k}\Omega$	-502 devices (Note 1)
		8.0	10	12.0	$\text{k}\Omega$	-103 devices (Note 1)
		40.0	50	60.0	$\text{k}\Omega$	-503 devices (Note 1)
		80.0	100	120.0	$\text{k}\Omega$	-104 devices (Note 1)
Resolution	N	257			Taps	8-bit No Missing Codes
		129			Taps	7-bit No Missing Codes
Step Resistance	R_S	—	$R_{AB} / (256)$	—	Ω	8-bit Note 6
		—	$R_{AB} / (128)$	—	Ω	7-bit Note 6
Nominal Resistance Match	$ R_{AB0} - R_{AB1} / R_{AB}$	—	0.2	1.25	%	MCP42X1 devices only
	$ R_{BW0} - R_{BW1} / R_{BW}$	—	0.25	1.5	%	MCP42X2 devices only, Code = Full-Scale
Wiper Resistance (Note 3, Note 4)	R_W	—	75	160	Ω	$V_{DD} = 5.5\text{V}$, $I_W = 2.0\text{mA}$, code = 00h
		—	75	300	Ω	$V_{DD} = 2.7\text{V}$, $I_W = 2.0\text{mA}$, code = 00h

Credit: © 2013 Microchip Technology, Inc.

3-rasm.

Birinchidan, R_{AB} bilan belgilangan potansiyometrning qarshiligiga e'tibor bering. Ushbu chipning to'rtta mavjud varianti mavjud bo'lib, ularning har biri $5\text{ k}\Omega$ dan $100\text{ k}\Omega$ gacha bo'lgan turli qarshilik qiymatiga ega. Qurilmalarning o'zlari ularning o'zgarishi bilan belgilanadi. Ushbu sinfda siz taxminan $10\text{ k}\Omega$ qarshilikka ega 103 variantidan foydalanasiz. Muhimi, DigiPots odatda juda aniq qurilmalar emas. Ma'lumotlar varag'idan qurilmangiz uchun haqiqiy qarshilik $\pm 20\%$ gacha o'zgarishi mumkinligini ko'rishingiz mumkin! Bundan tashqari, o'chirish moslamasining qarshiligini ham ta'kidlash kerak. Haqiqiy o'chirish pimi 75 dan $160\ \Omega$ gacha bo'lgan qarshilikka ega. Bu, ayniqsa, karnay yoki LEDni boshqarishda muhim bo'lishi mumkin.

Bundan tashqari, uni boshqarish uchun qurilmaga berishingiz kerak bo'lgan SPI buyruqlarini tushunishingiz kerak. MCP4231 holatida siz qurilmaga ikkita buyruq berasiz: birinchisi nazorat qilinadigan registrni belgilaydi (har bir DigiPot uchun bitta registr mavjud), ikkinchisi esa potansiyometrni o'rnatish qiymatini belgilaydi. 4-rasmdagi ma'lumotlar varag'idan olingan SPI aloqa spetsifikatsiyasini ko'rib chiqing.



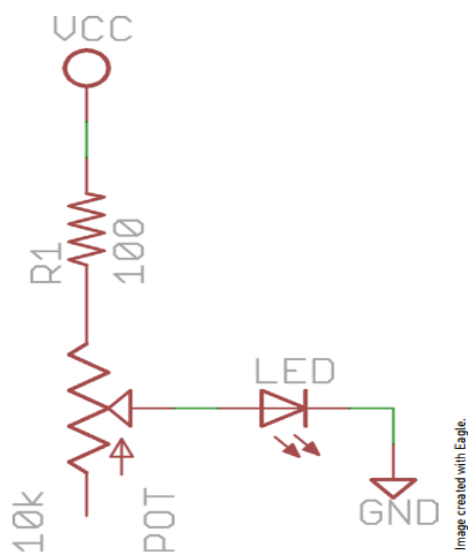
4-rasm

Diagrammada ikkita buyruq turi mavjudligini ko'rishingiz mumkin: 8 bitli buyruq va 16 bitli buyruq. 8-bitli buyruq sizga potensiyometrni bir bayt aloqa bilan oshirishga imkon beradi, 16-bitli buyruq esa potansiyometrning holatini xohlaganicha o'rnatishga imkon beradi. Ishlarni soddalashtirish uchun 16-bitli buyruqdan foydalanishga e'tibor qarating, chunki u ko'proq moslashuvchanlikni taklif qiladi. SPI shinasini orqali siz xotira manzilini, buyruqni (o'qish, yozish, oshirish yoki kamaytirish) va ma'lumotlar qiymatini (0–128) uzatasiz.

Ma'lumotlar varag'i har bir potansiyometr bilan bog'liq xotira manzillarini ham ko'rsatadi. Potensiyometr 0 ning qiymati 0 xotira manzilida, 1 potensiyometr esa 1 xotira manzilida joylashgan. Ushbu ma'lumotlardan foydalanib, har bir potensiyometrغا yozish uchun kerakli buyruq baytlarini qurishingiz mumkin. 0 potensiyometrغا yozish uchun siz 00000000 raqamini ikkilik tizimda, keyin 0 dan 128 gacha bo'lgan qiymatni uzatasiz. 1 potensiyometrغا yozish uchun siz 00010000 raqamini ikkilik tizimda va 0 dan 128 gacha qiymatni yuborasiz. 9-4-rasmga havola, birinchi to'rtta. raqamlar xotira manzili, keyingi ikkitasi buyruq (00 yozishni anglatadi) va keyingi 2 bit birinchi 2 ma'lumot biti bo'lib, ular har doim 0 bo'lishi kerak, chunki potensiyometr faqat 128 ga teng bo'lishi mumkin. Bularning barchasi DigiPot-ni to'g'ri ulash va unga Arduino-dan SPI buyruqlarini yuborish uchun kerak bo'lgan ma'lumotlar. Endi siz ba'zi LEDlarning yorqinligini boshqarish uchun uni simga ulaysiz.

Uskunani sozlash

SPI aloqasi haqidagi bilimlaringizni to'liq oshirish uchun siz ikkita MCP44231 DigiPot IC-dan, jami to'rtta boshqariladigan potansiyometr kanalidan foydalanasiz. Ularning har biri ikkita LEDning yorqinligini LED bilan ketma-ket qarshilikni o'zgartirish orqali boshqarish uchun ishlatiladi. Ushbu usulda foydalanilganda, har bir potansiyometrning faqat ikkita terminalidan foydalanish kerak. Har bir potentsiometrning bir uchi 5V relsga (rezistor orqali) ulanadi va o'chirish pini LEDning anodiga ulanadi. Ushbu ulanish sxemasini ko'rsatadigan sxematik 5-rasmni ko'rib chiqing.



5-rasm.

LEDning katodi yerga ulangan. Potansiyometr uchun o'chirgich raqamli ravishda maksimal qiymatga aylantirilganda, oqim 5V relsdan, 100Ω rezistor orqali, o'chirish moslamasi ($\sim 75\Omega$ qarshilikka ega), so'ngra LED orqali oqadi. Shu bilan bir qatorda, o'chirish moslamasi butunlay pastga aylantirilganda, oqim 100Ω rezistor orqali, potansiyometrning butun qarshiligi ($10\text{ kilo}\Omega$), siljigich orqali va keyin LED orqali o'tadi. Potansiyometr butunlay aylantirilganda ham, LED bilan ketma-ket minimal qarshilik $175\ \Omega$ bo'ladi (uni xavfsiz oqim bilan cheklash uchun yetarli). DigiPots sozlanganda, qarshilik kuchayadi va kamayadi, LED orqali oqimni va shuning uchun uning yorqinligini o'zgartiradi. Yorqinlikni boshqarishning ushbu usuli, agar siz puls kengligi modulyatsiyasini (PWM) qo'llab-quvvatlaydigan barcha pinlarni tugatgan bo'lsangiz, juda foydali bo'lishi mumkin.

Endi oldingi sxemada ko'rsatilganidek, ikkita raqamli potansiyometrni SPI busiga va LED-larga ulang, pin-out haqidagi ma'lumotlar varaqidagi ma'lumotlardan foydalaning. Arduino Uno-da 13-pin SCK, 12-pin MISO va 11-pin MOSI hisoblanadi. Pin 10 odatda SS uchun ishlatiladi, shuning uchun uni chiplardan biri uchun foydalaning. Ikkinchisi uchun 9-

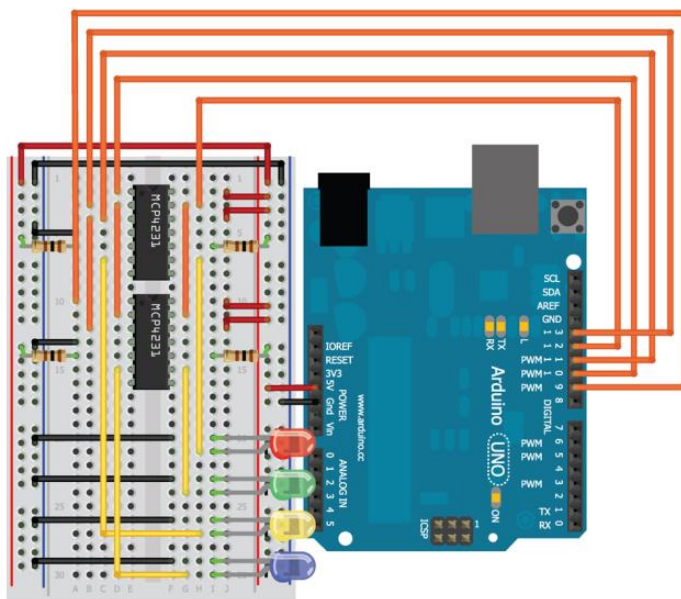
pindan foydalaning. Hamma narsani ulab bo'lgach, u 6-rasmga o'xshash bo'lishi kerak. SCK, MISO va MOSI liniyalari ikkala qurilma o'rtasida taqsimlanganligini unutmang.

Elektr simingiz ulanish sxemasiga mos kelishini ikki marta tekshiring va keyin keyingi qismga o'ting, u yerda siz LED yorqinligini boshqaradigan dasturiy ta'minotni yozasiz.

Dasturiy ta'minotni yozish

Sizing simingiz ishlayotganini va SPI kutubxonasidan muvaffaqiyatli foydalanishingiz mumkinligini tasdiqlash uchun ikkita ICdagi to'rtta potansiyometr yordamida bir vaqtning o'zida barcha to'rtta LEDning yorqinligini sozlash uchun oddiy dastur yozasiz. I2C-da bo'lgani kabi, Arduino IDE-da SPI aloqasini juda osonlashtiradigan qulay kutubxona o'rnatilgan. Sizga kerak bo'lgan yagona narsa kutubxonani import qilish va o'rnatilgan buyruqlar yordamida SPI busiga ma'lumotlarni "yozish". Albatta, siz boshqarayotgan har qanday qurilma uchun SS pinlarini almashtirishingiz kerak. Shunday qilib, ushbu darsning oldingi barcha bilimlarini jamlagan holda, SPI raqamli potansiyometrlaridan birida LED yorug'ligini o'zgartirish buyrug'ini yuborish uchun quyidagi bosqichlarni bajarishingiz kerak:

1. Chip uchun SS pinini past (LOW)ga tushiring.
2. Qaysi potensiyometrqa yozishni tanlash uchun tegishli registr/buyruq baytini yuboring.
3. **0** dan **128** gacha bo'lgan qiymatni yuboring .
4. Ushbu chip uchun SS pinini baland (HIGH)ga ko'taring.



6-rasm.

Quyidagi kod ushbu bosqichlarning barchasini bajaradi va SPI orqali ma'lum chipga SS pinini, registr baytini va buyruqni o'tkazish funksiyasini o'z ichiga oladi. SPI.begin() buyrug'i Arduino apparatining SPI pinlarida SPI interfeysini ishga tushirish imkonini beradi va siz SPI shinasini orqali ma'lumotlarni yuborish uchun SPI.transfer() dan foydalanishingiz mumkin.

```
//LED yorqinligini kirish kuchlanishi yordamida o'zgartirish
```

```
#include <SPI.h>
```

```
//When using the SPI library, you only have to worry
```

```
//about picking your slave selects
```

```
//By default, 11 = MOSI, 12 = MISO, 13 = CLK
```

```
const int SS1=10; //Slave Select Chip 1
```

```
const int SS2=9; //Slave Select Chip 2
```

```
const byte REG0=B00000000; //Register 0 Write command
```

```
const byte REG1=B00010000; //Register 1 Write command
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
//Set pin directions for SS
```

```
pinMode(SS1, OUTPUT);
```

```
pinMode(SS2, OUTPUT);
```

```
//Initialize SPI
```

```
SPI.begin();
```

```
}
```

```
//This will set 1 LED to the specified level
```

```
//Chip 1 (SS 10) Register 0 is Red
```

```
//Chip 1 (SS 10) Register 1 is Yellow
```

```
//Chip 2 (SS 9) Register 0 is Green
```

```
//Chip 2 (SS 9) Register 1 is Blue
```

```
void setLed(int SS, int reg, int level)
```

```
{
```

```
digitalWrite(SS, LOW); //Set the given SS pin low
```

```
SPI.transfer(reg); //Choose the register to write to
```

```
SPI.transfer(level); //Set the LED level (0-128)
```

```
digitalWrite(SS, HIGH); //Set the given SS pin high again
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
for (int i=0; i<=128; i++)
```

```

{
setLed(SS1, REG0, i);
setLed(SS1, REG1, i);
setLed(SS2, REG0, i);
setLed(SS2, REG1, i);
delay(10);
}
delay(300);
for (int i=128; i>=0; i--)
{
setLed(SS1, REG0, i);
setLed(SS1, REG1, i);
setLed(SS2, REG0, i);
setLed(SS2, REG1, i);
delay(10);
}
delay(300);
}

```

Ushbu dasturda 1-chip uchun SS 10-pinga, 2-chip uchun SS esa 9-pinga ulangan. Buni oldingi bo'limda tizimni o'tkazayotganda amalga oshirgan apparat ulanishlari bilan kesib o'tishingiz mumkin. Faylning yuqori qismidagi bayt registrlari qiymatlari ushbu bobda avvalroq ma'lumotlar jadvalidan aniqlagan bir xil ikkilik ketma-ketliklardir.

Bayt o'zgaruvchisini yaratishda 0 va 1 qatoridan oldin B ni qo'yganingizda , siz Arduino kompilyatoriga dasturingizning boshqa joylarida ishlatadigan standart o'nlik format emas, balki ikkilik formatda ekanligini aytasiz. setLed() funksiyasi SS pin raqami, registr bayti va potansiyometr darajasi qiymatini qabul qiladi.

Ushbu funktsiya ma'lumotlarni tegishli chipga uzatish uchun ma'lumotdan foydalanadi. Loop() da barcha LEDlar yuqoriga ko'tariladi, keyin esa qisqa kechikishlar bilan yana pastga tushadi, shunda o'tish juda tez sodir bo'lmaydi va siz uni ko'ra olmaysiz. Buni Arduino-ga yuklaganingizda, barcha to'rta yorug'likning intensivligini o'zgartirishni kuzatishingiz kerak, chunki potansiyometrlarning barchasi sozlangan.

Xulosa

Ushbu bobda siz quyidagilar haqida bilib oldingiz:

- ■ SPI shinasini ikkita ma'lumot liniyasi, soat chizig'i va slave tanlash chizig'idan

foydalanadi. Har bir slave qurilma uchun qo'shimcha slave tanlash liniyasi qo'shiladi, ammo qolgan uchta chiziq busda taqsimlanadi.

■ ■ Arduino SPI kutubxonasidan Arduino va slave qurilmalari o'rtasida oson aloqa o'rnatish uchun foydalanish mumkin.

■ ■ Bir nechta SS pinlaridan foydalanib, bir xil bus liniyalari orqali bir nechta SPI qurilmalari bilan gaplashishingiz mumkin.

■ ■ Arduino kutubxonasi yordamida SPI potensiomترلarini boshqarishingiz mumkin.

■ ■ Siz ma'lumotlar jadvallarini tushunish va ular bilan ishlashga chuqurroq kirib borishni o'rgandingiz.

Foydalanilgan adabiyotlar

- Jeremy Blum, “Exploring arduino: Tools and techniques for engineering wizardry”, 2013
- Electronics: A Systems Approach (6th edition), Neil Storey, Pearson Education UK, 2017
- Arduino.cc veb sayti ma'lumotlari