Wbudy do budy

Dawid Gradowski (puckmoment na dc)

Luty 2025

Spis treści

1 Prolog

Notatki robione w oparciu o projekt, który robiłem sam na zajęciach (Licznik jak coś).

Komponenciki		
Płytka	LPC1768/9	Schemat
Ekran OLED	Rodzaj	Intrukcja
Termometr	LM75	Instrukcja

Tabela 1: Używane urządzenia z przydatnymi dokumentami

2 GPIO

2.1 Informacje ogólne

GPIO (General Purpose Input/Output) jest interfejsem, który możemy wykorzystać zarówno jako wejście jak i wyjście. To jak zachowuje się ten interfejs zależne jest od stanu Enable Line. Jeśli stan Enable Line jest 1 to interfejs robi za wejście, a jeśli 0 to robi za wyjście.

Płytka LPC1768 ma 5 portów (oznaczone od 0 do 4) i każdemu z nich odpowiadają 4 rejestry 32 bitowe. Rejestry te w pliku oraz w programie możemy odnaleźć pod nazwami:

- **FIOPIN** - odczytywanie wartości na pinach
- **FIOSET** - ustawianie wartości 1 na pinach (ustawionych na output)
- **FIOCLR** - zerowanie wartości na pinach (ustawionych na output)
- **FIODIR** - ustalanie kierunku pinu (0: wejście| 1: wyjście)

Oznaczenie FIO oznacza Fast Input/Output, czyli IO (Input/Output) tylko szybsze (tak przeczytałem na forum to nie żart). Teraz trochę jak korzystać z tych rejestrów w praktyce. Mimo, że rejestry są 32 bitowe w przykładzie

będę operował na pierwszych 4 bitach bo nie chce mi się tyle pisać. Na początku uznajmy, że wszystkie bity w rejestrach są ustawione na LOW (czyli 0).

Rejestr	3	2	1	0
FIOPIN	0	0	0	0
FIOSET	0	0	0	0
FIOCLR	0	0	0	0
FIODIR	0	0	0	0

Interfejs taki ma 32 piny i w tym momencie są ustawione na wejście. Urządzenie więc nie może tym interfejsem wysyłać sygnału. Załóżmy, że jakieś urządzenie jest podłączone do pinu oznaczonego numerem 3 i nadaje sygnał wysoki (1). Wtedy nasza tabelka będzie wyglądała tak:

Rejestr	3	2	1	0
FIOPIN	1	0	0	0
FIOSET	0	0	0	0
FIOCLR	0	0	0	0
FIODIR	0	0	0	0

Jako iż wszystkie bity w FIODIR są ustawione na 0, to żaden z naszych pinów nie jest wyjściem więc nie możemy zmieniać wartości na pinach. Aby zmienić wartość na konkretnym bicie możemu użyć następującej funkcji:

```
1  void GPIO_SetDir(uint8_t port, uint32_t bitValue, uint8_t dir↩
       )
2  {
3    LPC_GPIO_TypeDef *pGPIO = GPIO_GetPointer(port);
4
5    if (pGPIO != NULL) {
6      // Enable Output
7      if (dir) {
8        pGPIO->FIODIR |= bitValue;
9      }
10     // Enable Input
11     else {
12       pGPIO->FIODIR &= ~bitValue;
13     }
14   }
15 }
```

Jeśli chcielibyśmy na przykład używać pinu 2 jako wyjścia to wartość binarna w rejestrze FIODIR musi wyglądać następująco 0100 co jest równe 4 w dziesiętnym. Z tą wiedzą wiemy, że bit ten możemy zmienić wywołując funkcję na jeden z poniższych sposobów:

```
1 GPIO_SetDir(0, (1 << 2), 1); // preferowany
2 GPIO_SetDir(0, 0x4, 1);
3 GPIO_SetDir(0, 4, 1);
```

Po wywołaniu funkcji nasze rejestry będą wyglądały następująco:

Rejestr	3	2	1	0
FIOPIN	1	0	0	0
FIOSET	0	0	0	0
FIOCLR	0	0	0	0
FIODIR	0	1	0	0

Teraz możemy zmienić wartość bitu 2 w rejestrze FIOPIN, nie możemy tego jednak zrobić bezpośrednio. Aby zmienić wartość na pinie oznaczonym numerem 2 naszego interfejsu musimy wykorzystać rejestry **FIOSET** i **FIOCLR**. Aby zmienić wartość w tych 2 rejestrach możemy wykorzystać poniższe 2 funkcje:

```
1  void GPIO_SetValue(uint8_t portNum, uint32_t bitValue)
2  {
3      LPC_GPIO_TypeDef *pGPIO = GPIO_GetPointer(portNum);
4
5      if (pGPIO != NULL) {
6          pGPIO->FIOSET = bitValue;
7      }
8  }
9
10 void GPIO_ClearValue(uint8_t portNum, uint32_t bitValue)
11 {
12   LPC_GPIO_TypeDef *pGPIO = GPIO_GetPointer(portNum);
13
14   if (pGPIO != NULL) {
15     pGPIO->FIOCLR = bitValue;
16   }
17 }
```

Te 2 rejestry i funkcje działają w sposób bardzo podobny. Obydwa odpowiadają za zmiane wartości w rejestrze FIOPIN. FIOSET ustawia wartość na 1, FIOCLR ustawia wartość na 0. Obydwa rejestry po zmianie bitu w rejestrze FIOPIN od razu są zerowane. A więc by zmieniać wartość pinu 2, trzeba wywołać metodę w taki sposób:

```
1 GPIO_SetValue(0, (1 << 2)); // preferowany
2 GPIO_SetValue(0, 0x4);
3 GPIO_SetValue(0, 4);
```

Po wykonaniu tej funkcji wartości w rejestrach będą wyglądały następująco:

Rejestr	3	2	1	0
FIOPIN	1	0	0	0
FIOSET	0	1	0	0
FIOCLR	0	0	0	0
FIODIR	0	1	0	0

I od razu zostanie zmienione na

Rejestr	3	2	1	0
FIOPIN	1	1	0	0
FIOSET	0	0	0	0
FIOCLR	0	0	0	0
FIODIR	0	1	0	0

Wartość pinu zostanie zmieniona praktycznie natychmiast, według czatu GPT zazwyczaj w 1 lub 2 cyklach CPU, dlatego od razu po zmianie można odczytywać wartość w rejestrze FIOPIN oraz nie ma sensu odczytywać wartości z rejestrów FIOSET i FIOCLR bo w większości przypadków będą one równe 0. Metoda FIOCLR działa w ten sam sposób więc nie będę jej tłumaczył. Zarówno FIOSET jak i FIOCLR nie zadziałają na piny, dla których odpowiadające im wartości w rejestrze FIODIR są równe 0.

Aby odczytać wartości z rejestru FIOPIN należy użyć następującej funkcji:

```
uint32_t GPIO_ReadValue(uint8_t portNum)
{
  LPC_GPIO_TypeDef *pGPIO = GPIO_GetPointer(portNum);

  if (pGPIO != NULL) {
    return pGPIO->FIOPIN;
  }

  return (0);
}
```

Dana funkcja odczytuje jednak całą wartość rejestru a nie pojedynczego bitu. Jeśli chcemy napisać warunek zależny od tego czy mamy na bicie 3 wartość niską bądź wysoką, to możemy to napisać na parę sposobów:

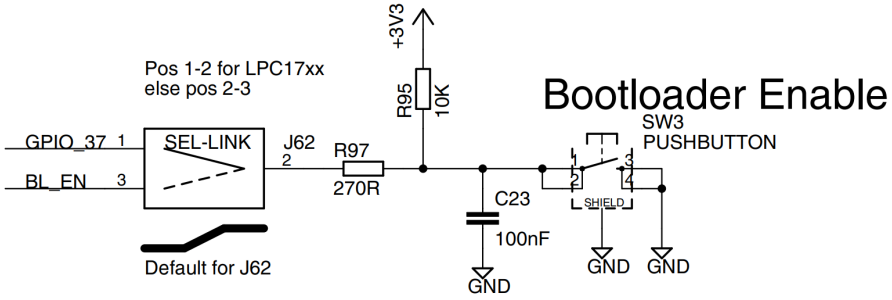
```
// preferowane
if if ((GPIO_ReadValue(0) & (1 << 3)) == 0) {
    // niski sygnal
} else {
    // wysoki sygnal
}

if (((GPIO_ReadValue(0) >> 3) & 0x01) == 0) {
    // niski sygnal
} else {
    // wysoki sygnal
}

if if ((GPIO_ReadValue(0) & 8) == 0) {
    // niski sygnal
} else {
    // wysoki sygnal
}
```

2.2 Guziczki

W poprzedniej sekcji wytłumaczyłem jak operować na rejestrach. Teraz czas na użycie tej wiedzy w praktyce. W przypadku płytki LPC1768 mamy 3 zwykłe przyciski (2 z nich mają swoje przeznaczenie w samym działaniu płytki i nie powinniśmy zmieniać ich zastosowania (Wakeup i Reset)) i joystick, który wysyła sygnał na 5 różnych pinów (4 strony + wciśnięcie). W schemacie płytki zamieszczonym w tabeli 1 na stronie 6 podpisanej jako Direct Digital IO peripherals. Nasz przycisk, który możemy wykorzystać wygląda w schemacie następująco:



Rysunek 1: Schemat przycisku SW3/Bootloader Enable

Wiemy, który przycisk chcemy wykorzystać patrząc na schemat. Jak teraz znaleźć go na samej płytce? Wszystkie przyciski są bezpośrednio podpisane na płytce, więc musimy znaleźć słowo klucz obok przycisku. Te słowa to SW3, GPIO_37 lub BL_EN.

Jeśli widzimy przycisk na płytce i jesteśmy w gotowości by go przycisnąć to pozostało nam tylko zaprogramować funkcjonalności, ale by to zrobić potrzebny jest nam adres rejestru na który wpływa ten przycisk. Aby to odkryć znów będzie potrzebny schemat płytki z tabeli 1 tylko tym razem strona 2. Na stronie drugiej odszukujemy **BL_EN** albo **GPIO_37**. Akurat obydwa te oznaczenia są po lewej stronie więc na tej samej wysokości szukamy komórki tabeli w kolumnie opisanej nazwą naszej płytki. Na tej samej

wysokości co oznaczenie BL_EN jest komórka w której mamy napisane **P0.4**. Rozbijmy sobie to oznaczenie:

- **P0** - port 0 (numerowany od 0)
- **4** - pin 4 (numerowany od 0)

GPIO_37 wskazuje też inny adres ale szczerze to nie sprawdzałem czy przycisk też zmienia pin na tym adresie, a jeśli nie to dlaczego ale chuj w to.

Mamy już w zasięgu palca nasz przycisk gotowy do wciśnięcia, znamy już adres na który dany przycisk wpływa, pozostało tylko zaprogramować jakąś funkcjonalność. Przyciski jeśli chodzi o nadawany sygnał są bardzo nieintuicyjne, ponieważ niewciśnięty przycisk daje na wyjściu 1, a wciśnięty daje 0.

W instrukcji warunkowej możemy przycisków użyć w następujący sposób.

```
1  if ((GPIO_ReadValue(0) & (1 << 4)) == 0) {
2      // przycisk wcisniety
3  } else {
4      // przycisk nie wcisniety
5  }
6
7  if ((GPIO_ReadValue(0) & (1 << 4)) > 0) {
8      // przycisk nie wcisniety
9  } else {
10     // przycisk wcisniety
11 }
```

UWAGA. Trzeba pamiętać, że wartość FIODIR odpowiadający pinowi na który przycisk nadaje musi być ustawiona na 0. W innym wypadku pin nie będzie odbierał sygnału z przycisku.

3 SPI

3.1 Informacje ogólne

To o czym będę mówił jest dość spoko wytłumaczone w tym filmiku: LINK.

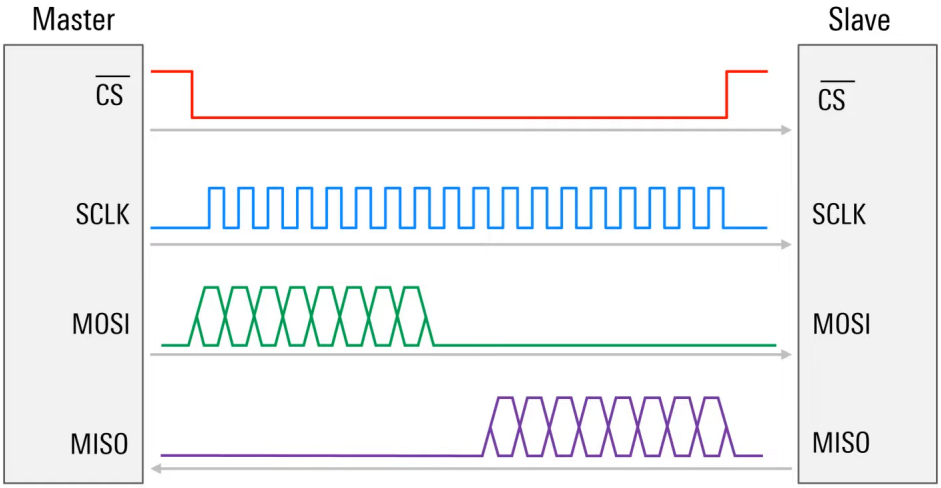
SPI jest szeregowym interfejsem urządzeń peryferyjnych. Jest nazywany protokołem master-slave. Za mastera uznaje się kontroler i jest on zawsze jeden a funkcję slave pełni urządzenie peryfejryne, które musi być jedno bądź więcej.

3.1.1 Połączenia

Każde połączenie między masterem a slavem ma do 4 kabli, które są odpowiedzialne za 4 różne sygnały logiczne (logic signals). Te sygnały to:

- **CS / SS** (Chip Select lub Slave Select) - odpowiada za wybór urządzenia do komunikacji
- **SCLK** (Synchronous Clock) - odpowiada za synchronizacje i timing(?)
- **MOSI** (Master Out Slave In) - dane przesyłane przez mastera
- **MISO** (Master In Slave Out) - dane odbierane przez mastera (opcjonalne)

Z tego filmiku też kradne obrazki więc no. A więc wszystkie te sygnały są używane do komuniakcji.



Rysunek 2: Schemat komunikacji Master-Slave w interfejsie SPI

3.1.2 SPI Modes

SPI może pracować w 4 różnych trybach, zależnych od CPOL (clock polarity) i CPHA (clock phase).

CPOL (clock polarity) oznacza czy na linii SCLK jest domyślnie stan niski czy wysoki jak nie są wysyłane pakiety. Gdy CPOL jest równy 0 domyślną wartością jest wartość 0 (LOW), a gdy CPOL jest równy 1 to domyślną wartością jest wartość 1.

CPHA (clock phase) oznacza czy dane są próbkowane gdy stan przechodzi z domyślnego na odwrotny (leading / first phase) lub z odwrotnego na domyślny (trailing / second phase). Jeśli CPHA jest ustawione na 0 to dane są próbkowane w fazie pierwszej, a jeśli 1 to w fazie drugiej.

Wszystkie te własności mogą być opisane jako SPI mode według wzoru poniższej tabelki:

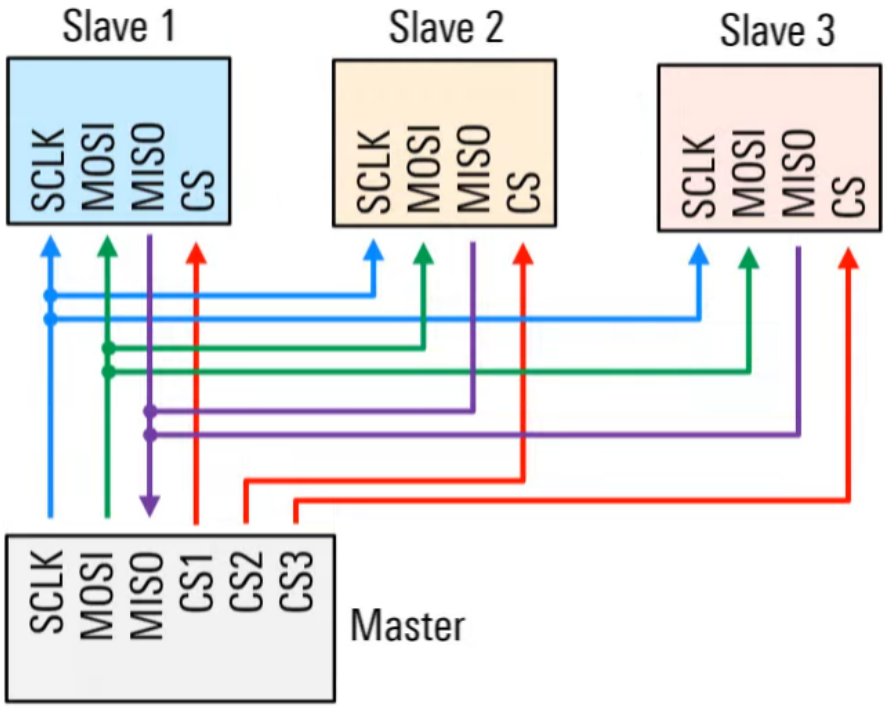
SPI Mode	CPOL	CPHA
0	0	0
1	0	1
2	1	0
0	1	1

Najczęściej stosowanym trybem jest tryb 0.

3.1.3 Łączenie wielu slave'ów

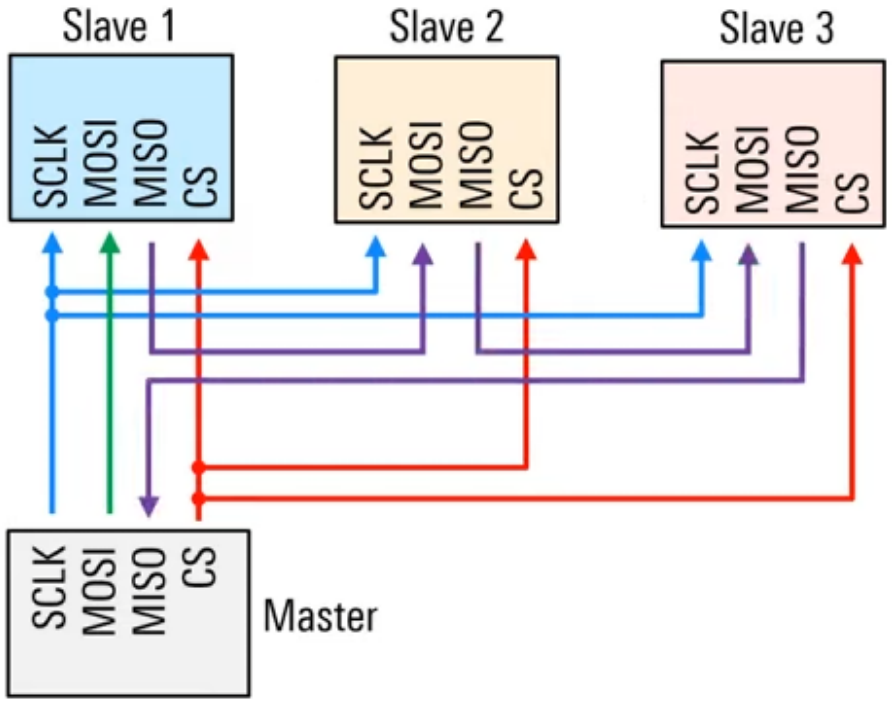
Wiele slave'ów może być podłączonych do jednego mastera na 2 różne sposoby.

1. **Independend Slaves** - komunikacja z każdym urządzeniem podrzędnym może przebiegać niezależnie od innych urządzeń. Plus jest taki, że jest dość prosta w założeniu i na pewno taki sposób jest wspierany przez urządzenia podrzędne. Minus jest taki, że nie jest to dobrze skalowalne się rozwiązanie bo każde dodatkowe urządzenie potrzebuje dodatkowego połączenia CS.



Rysunek 3: Schemat komunikacji Independend Slaves

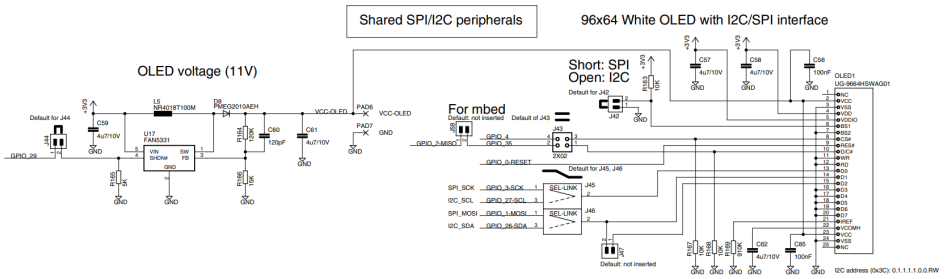
2. **Cooperative Slaves / Daisy Chain** - komunikacja z wszystkimi urządzeniami jest zależna od pozostałych urządzeń. Jeden sygnał CS mastera jest nadawany na wszystkie slave'y. Sygnał MISO wychodzący z urządzeń podrzędnych jest przekazywany do ścieżki MOSI kolejnego urządzenia podrzędnego, dopiero sygnał z ostatniego urządzenia podrzędnego trafia to MISO mastera. Plusem jest to, że skalowalność tego rozwiązania jest bardzo dobra (jedna ścieżka CS niezależnie od ilości urządzeń podrzędnych). Minus jest taki, że tego typu komunikacja jest bardzo skomplikowana i nie wszystkie urządzenia są z tym kompatybilne.



Rysunek 4: Schemat komunikacji Cooperative Slaves

3.2 Wyświetlacz

Jeśli wierzyć skryptowi to wymiary ekranu na płytce LPC1768 to **96x64 pikseli**, ale sam kotroler może obsłużyć rozdzielczość do 132x64. Z tego co mówi chatGPT większość wyświetlaczy może wykorzystywać zarówno I^2C jak i SPI. Nasza płytka również może obsłużyć wyświetlacz za pomocą SPI oraz I^2C i widać to na schemacie znajdującym się w tabeli 1.



Rysunek 5: Schemat OLED

Teksty na rysunku są dość małe, ale to co najważniejsze wytłumaczę. Patrząc na ten schemat oraz na samą płytkę możemy wywnioskować z jakiego interfejsu korzysta nasza płytka do komunikacji z wyświetlaczem. Jeden z większych tekstów na rysunku mówi:

Short: SPI

Open: I2C

Co oznacza mniej więcej tyle, że jak zwarte (short) to używamy SPI, a jak jest otwarte to I^2C. Informacja ta odnosi się do punktu nazywanego jumper, który akurat w naszym przypadku jest oznaczony jako J42. Najprawdopodobniej są to jakieś 2 wystające piny, które można połączyć zworką. Biblioteka, która była w przykładowych projektach i odpowiada za komunikacje z wyświetlaczem oled nazywa się oled.c. Jak ktoś chce dogłębnie poznać możliwości biblioteki to niech sobie tam zajrzy, ja opiszę tylko to z czego korzystam sam. Biblioteka ta może obsłużyć zarówno komunikacje przez SPI jak i I^2C.

Poniższa linijka sugeruje, że używanym połączeniem jest SPI.

```
1 //#define OLED_USE_I2C
```

Jeśli bardzo chcesz użyć interfejsu I^2C musisz odkomentować tą linijkę.

3.3 Zapis na kartę pamięci

4 I^2C

4.1 Czujnik natężenia światła

4.2 Termometr

W przypadku termomemetru LM75 adres jest ustalany następująco:

				A_2	A_1	A_0
1	0	0	1	X	X	X

Pierwsze 4 bity są odczytane z instrukcji. Bity oznaczone A_x są ustalane zależnie od termometra na podstawie lutowania. Jeśli A_x jest przylutowany do gruntu (ground) to w adresie mamy 0, a jeśli do $+V_S$ to 1.

5 RTC