Systemy Wbudowane

Arduino – dołączanie urządzeń

Wersja 2026

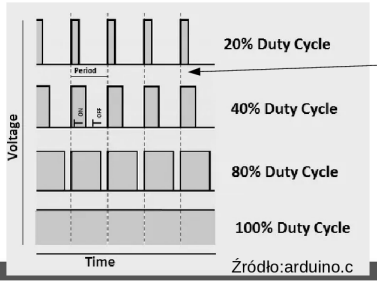
dr inż. Marek Wilkus
Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej
AGH Kraków
http://home.agh.edu.pl/~mwilkus

PWM - przypomnienie

- Wyjścia cyfrowe pozwalają nam na włączanie i wyłączanie urządzeń. Jak jednak sterować płynnie?
  - Kolorami LEDa?
  - Szybkością silnika?
  - Jasnością wyświetlacza?
- Nie możemy zmieniać poziomu stanów HIGH i LOW, którymi włączamy urządzenie.
- A jeżeli będziemy włączali urządzenie na krótszy lub dłuższy czas i robili to dostatecznie szybko, by bezwładność spowodowała, że sprawia to wrażenie pracy ciągłej?

PWM

- PWM – Pulse width modulation – modulacja szerokością impulsu – to właśnie takie sterowanie.
- Możemy regulować **współczynnik wypełnienia** czyli to, czy w danym okresie impulsy będą "chudsze" czy "grubsze".



Okres pozostaje taki sam!

Źródło:arduino.c

PWM

- Piny, które sprzętowo realizują PWM oznaczane są na płytce znaczkiem tyldy: ~
- W programie pin ustawiamy jako **OUTPUT**.
- Następnie wykorzystujemy funkcję:

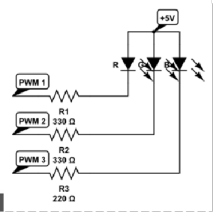
```
analogWrite( PIN, współczynnik );
```

Numer lub definicja pinu Umożliwiającego PWM (na płytce oznaczony znakiem ~)

To jest **byte:**
0 – 0% wypełnienia
127 – 50% wypełnienia
255 – 100% wypełnienia

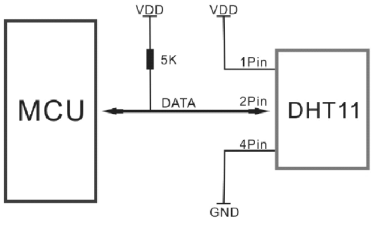
I tak...

- Jednym pinem PWM i odpowiednim sterownikiem możemy kontrolować szybkość obrotów silnika DC.
- Trzema pinami PWM możemy kontrolować LED RGB – bowiem LED RGB to trzy diody świecące: czerwona, zielona i niebieska.
  - Uwaga: Diody RGB mają często wspólną **anodę**. Oznacza to, że sterujemy katodami (masą). Wówczas im mniejszy współczynnik wypełnienia, tym więcej stanu niskiego i tym jaśniej świeci LED podłączony za wspólną anodę do +5V.
  - Wówczas musimy stosować 3 rezystory – dla każdego koloru.
  - Jeżeli kolory świecą nierównomiernie, możemy zastosować różne wartości rezystorów ---->



DHT11 jeszcze raz...

- Sensor temperatury i wilgotności działający na jednoprzewodowej magistrali.
- Zasilanie: 5V
- Podłączenie: --->
- Komunikacja dwustronna
- 0..50 *C, max 80RH
- Uwaga na pin 3/4!



DHT-11 - protokół

- Zapytanie z MCU: Linia komunikacyjna w stan niski na 18ms.
- Później z powrotem w stan wysoki.
- DHT11 wysyła stan niski (80µs)->wysoki(80µs)
- DHT11 wysyła dane (po ok. 40µs):
  - 1: 8 bit: Wilgotność
  - 2: 8 bit: Wilgotność, część dziesiętna
  - 3: 8 bit: Temperatura
  - 4: 8 bit: Temperatura, część dziesiętna
  - 5: 8 bit: Suma kontrolna:
    - Ostatnie 8 bit z 1+2+3+4

DHT-11: Transmisja

- Każdy bit zaczyna się 50µs stanem niskim, czas późniejszego stanu wysokiego identyfikuje czy przesyłane jest 0 czy 1:
  - 26-28µs – 0
  - 70µs – 1
- Następnie w ten sam sposób przesyłany jest kolejny bit.

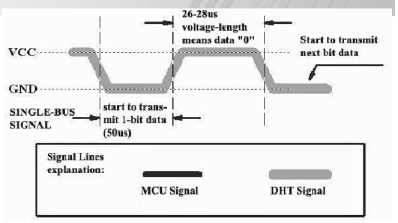


Figure 4 Data "0" Indication

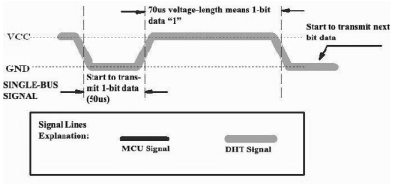
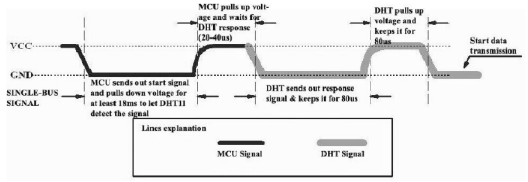


Figure 5 Data "1" Indication

DHT-11: Implementacja

```
//Zapytanie:
pinMode(pin, OUTPUT);
digitalWrite(pin, LOW);
delay(18);
digitalWrite(pin, HIGH);
delayMicroseconds(40);
pinMode(pin, INPUT);

//Czekamy na dane
while(digitalRead(pin) == LOW)
    {...} //Obsługa time-out'u

while(digitalRead(pin) == HIGH)
    {...} //Obsługa time-out'u
```



DHT-11: Odbiór danych

```
byte data[5];       //dla przejrzystości pominięto zerowanie tablicy
byte currentByte=0;
byte currentBit=7;
for (int i=0; i<40; i++)
{
    while(digitalRead(pin) == LOW)
        {. . .} //Obsługa time-out'u

    unsigned long t = micros(); //pomiar czasu - start

    while(digitalRead(pin) == HIGH)
        {. . .} //Obsługa time-out'u

    if ((micros() - t) > 30) data[currentByte] |= (1 << currentBit);

    if (currentBit == 0) // następny bajt
    {
        currentBit = 7;
        currentByte++;
    }
    else
        currentBit--;
}
```

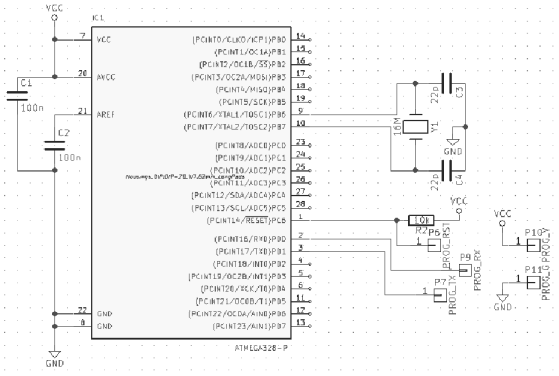

Arduino bez płytki Arduino

- Kompletne Arduino Uno jest 3-4x droższe od samego mikrokontrolera,
- Do danego układu niekoniecznie potrzebne są wszystkie oferowane przez moduł Arduino Uno urządzenia, np.
  - Port szeregowy przez USB
  - Słabe stabilizatory zasilania
  - Słaby stabilizator 3.3V
- Rozwiązanie: Użycie samego chipu ATMega328 (lub ATMega8 – 8kB na program, chip jeszcze tańszy) we własnym układzie.
- Tego nie można zrobić gdy w Arduino jest wlutowany mikrokontroler.

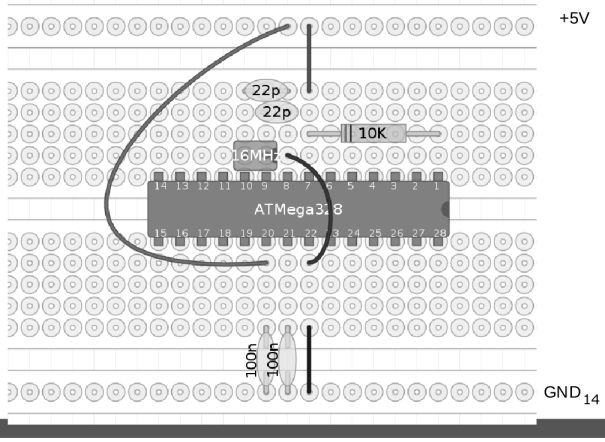
Co musimy mieć, aby uruchomić uC?

- Mikrokontroler
- Zasilanie +5V,
- Źródło częstotliwości taktowania (16MHz, względnie 8MHz),
- Podciągnięcie pinu RESET do stanu wysokiego,
- Kondensator odprzęgający.

Czyli...



Na płytce...

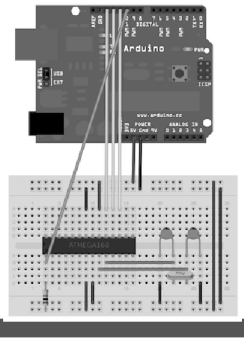


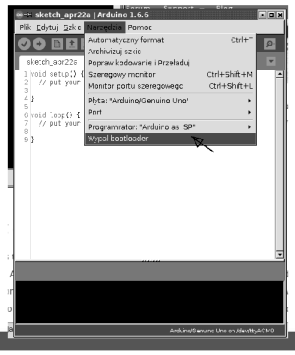
Eliminowanie modułu z projektu

- Zapisujemy do Arduino końcową wersję programu,
- Po skończonym testowaniu z modułem wykonujemy i testujemy podstawowy układ bez modułu:
  - Podstawa: Zapewnienie zasilania, taktowania , rezystora i kondensatorów,
  - Tłumaczenie pinów Arduino na piny ATMega, odpowiednie podłączenia,
  - Próba na płytce stykowej z układem usuniętym z Arduino,
- Wykonanie końcowej wersji układu.

A co z Arduino?

- Programowanie nowego, czystego układu AVR jako Arduino przy użyciu istniejącego modułu Arduino ze szkicem ArduinoISP:

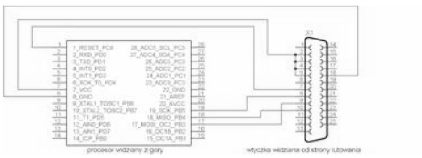




Najprostszy programator: „bsd”

- Działa przy użyciu portu równoległego,
- Bardzo prosta budowa,
- Działa niezależnie od Arduino – przyjmuje pliki HEX bootloadera oraz fuse bity,
- Program avrdude działa dla każdej platformy (w Linuksie niezbędne uprawnienia administratora).

ATMega	LPT
Vcc	2+3+4+5
/RESET	7
SCK	8
MOSI	9
MISO	10
GND	18



Programator „bsd”

- Użytkowanie przy pomocy programu avrdude:
- Czyścimy układ:
  - `avrdude -p m328p -c bsd -e`
- Wgrywamy plik HEX:
  - `avrdude -p m328p -c bsd -U flash:w:cpu.hex`
- Ustawiamy fuse bity (uwaga na kolejność!):
  - `avrdude -p m328p -c bsd -u -U hfuse:w:0xC9:m -U lfuse:w:0xFF:m`

Od tej pory układ nie będzie widoczny dla programatora dopóki nie dostarczymy źródła częstotliwości!

Plik .hex? Fusebity?

- Plik „hardware/arduino/avr/boards.txt” w instalacji Arduino:

```
uno.name=Arduino/Genuino Uno

uno.vid.0=0x2341
uno.pid.0=0x0043
uno.vid.1=0x2341
uno.pid.1=0x0001
uno.vid.2=0x2A03
uno.pid.2=0x0043
uno.vid.3=0x2341
uno.pid.3=0x0243

uno.upload.tool=avrdude
uno.upload.protocol=arduino
uno.upload.maximum_size=32256
uno.upload.maximum_data_size=2048
uno.upload.speed=115200
```

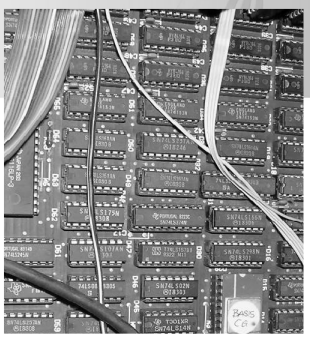
```
uno.bootloader.tool=avrdude
uno.bootloader.low_fuses=0xFF
uno.bootloader.high_fuses=0xDE
uno.bootloader.extended_fuses=0x05
uno.bootloader.unlock_bits=0x3F
uno.bootloader.lock_bits=0x0F
uno.bootloader.file=optiboot/
optiboot_atmega328.hex

uno.build.mcu=atmega328p
uno.build.f_cpu=16000000L
uno.build.board=AVR_UNO
uno.build.core=arduino
uno.build.variant=standard
```

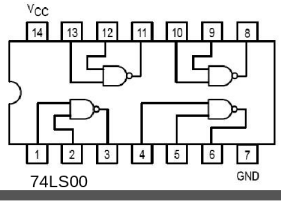

Arduino – więcej portów I/O

- Użycie pinów analogowych
- Liczniki
- Multipleksery
- Rejestr przesuwny
- Zatrzaski
- Drugi uC
- 8255
- Komercyjne ekspandery

Układy serii 74

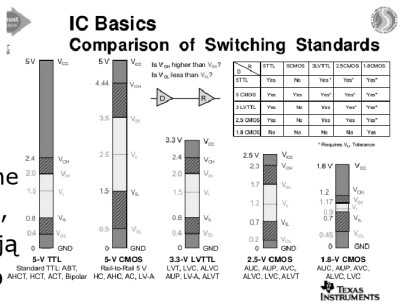
- Realizują proste funkcje logiczne: bramki, liczniki, rejestry.
- Poziomy TTL
- Są „cegiełkami” do budowy bardziej złożonych układów
- Bezpośrednio podłączane
- Podciągnięte wejścia
- Wyjścia normalne i z otwartym kolektorem
- Szeroko dostępne w różnych wykonaniach



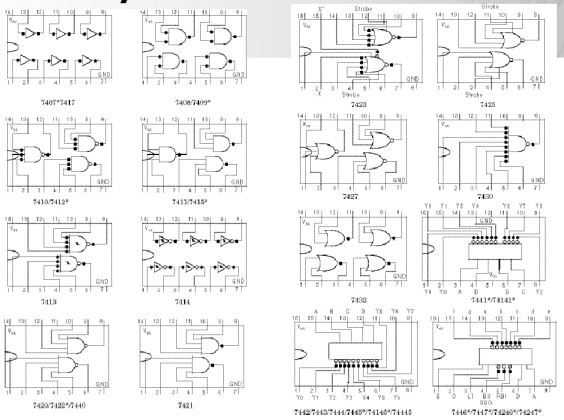


Układy serii 74xx a seria 40xx

- Poziomy CMOS,
- Podobne funkcje, inne wyprowadzenia,
- Zasilanie do 15V,
- Mogą je uszkodzić wyładowania elektrostatyczne (szczególnie starsze układy),
- Do połączenia z 74 wymagają rezystora podciągającego do poziomu wysokiego **CMOS**.
- Kompatybilne z TTL i CMOS: 74H**CT**...



Układy serii 74

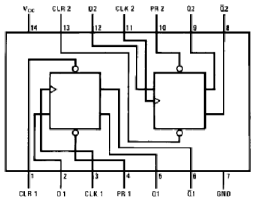


http://www.globalspec.com/reference/4290/348308/appendix-3-pin-configuration-of-74-series-integrated-circuits

Seria 74 – do czego służy układ?

- **Nota katalogowa**
  - Tablica prawdy
  - Schemat logiczny
- Zastosowania
- Eksperymenty

Connection Diagram



Function Table

Inputs				Outputs	
PR	CLR	CLK	D	Q	$\overline{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H (Note 1)	H (Note 1)
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q_0	$\overline{Q}_0$

H = HIGH Logic Level
X = Either LOW or HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level
↑ = Positive-going Transition
Q_0 = The output logic level of Q before the indicated input conditions were established.
Note 1: This configuration is nonstable; that is, it will not persist when either the preset and/or clear inputs return to their inactive (HIGH) level.

74LS74

Użycie wyprowadzeń analogowych

+ Nie są potrzebne dodatkowe biblioteki,
+ Nie jest potrzebny dodatkowy sprzęt,
+ Samo programowanie,

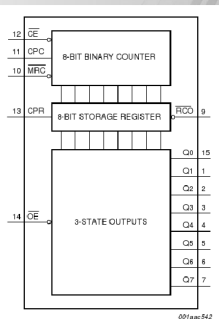
Pin 14 - 19

- Brak PWM,
- Kosztem ADC,
- Tylko 6 pinów

Licznik

+ Rozszerzanie wyjść,
+ Tanie i dostępne układy
+ Dużo wyjść (np. 74HC590 – 8szt)
+ Linia OE.

- Tylko wyjścia,
- Potrzebny czas na „wyklikanie” stanu,
- Dodatkowy układ.

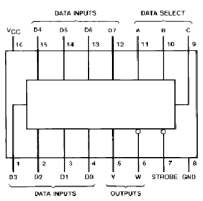


Inputs					Description
$\overline{OE}$	CPR	$\overline{MRC}$	$\overline{CE}$	CPC	
H	X	X	X	X	Q outputs disable
L	X	X	X	X	Q outputs enable
X	↑	X	X	X	counter data stored into register
X	↓	X	X	X	register stage is not changed
X	X	L	X	X	counter clear
X	X	H	L	↑	advance one count
X	X	H	L	↓	no count
X	X	H	H	X	no count

Multiplekser

+ Zarówno wejścia jak i wyjścia
+ Możliwy przesył szeregowy danych z kilku pinów.
+ Możliwe przełączanie przełączanych sygnałów – łączenie kaskadowe.

- Szybkość działania,
- Wysoka cena układów o dużej szybkości.



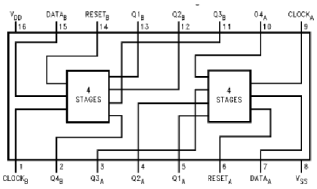
Inputs				Outputs	
Select			Strobe		
C	B	A	S	Y	W
X	X	X	H	L	H
L	L	L	L	D0	$\overline{D0}$
L	L	H	L	D1	$\overline{D1}$
L	H	L	L	D2	$\overline{D2}$
L	H	H	L	D3	$\overline{D3}$
H	L	L	L	D4	$\overline{D4}$
H	L	H	L	D5	$\overline{D5}$
H	H	L	L	D6	$\overline{D6}$
H	H	H	L	D7	$\overline{D7}$

H = HIGH Level
L = LOW Level
X = Don't Care
D0...D7 = the level of the respective D input

Rejestr przesuwny

+ Możliwość znacznego rozszerzania wyjść,
+ „Serial input - parallel output”,
+ Niska cena.

- Tylko wyjścia
- Konieczność załadowania stanu.
- Dodatkowy układ (można je łączyć w kaskadę).



CL▲	D	R	Q_1	Q_n	
⌐⌐	0	0	0	Q_{n-1}	
⌐⌐	1	0	1	Q_{n-1}	
⌐_	X	0	Q_1	Q_n	(No change)
X	X	1	0	0	

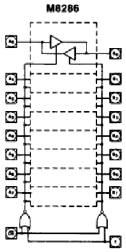
▲ Level change
X = Don't care case

Order Number CD4015B

Przełączniki

+ Proste przełączanie dużej ilości wyprowadzeń,
+ Możliwy wybór kierunku,

- Wyższa cena układów,
- Mniejsza popularność,
- Konsekwencje w przypadku uszkodzenia

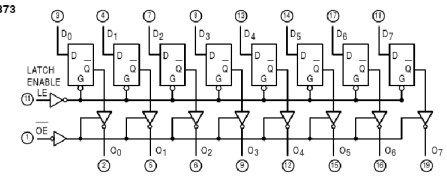


Zatrzaski

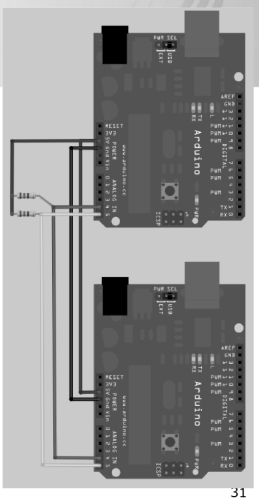
+ Szybkie przełączanie wyprowadzeń
+ Multipleksowanie

- Skomplikowane sterowanie
- Możliwość uszkodzenia
- Tylko jeden kierunek

SN54LS/74LS373



Drugi uC



+ Łatwość użycia
+ Biblioteki
+ Wejście/wyjście, ADC, PWM.

- Wymaga oprogramowania
- Cena
- Niższa szybkość.

8255 i podobne

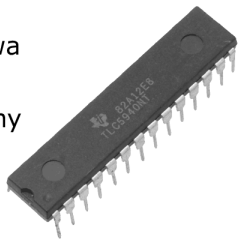
+ Wejście i wyjście,
+ Programowanie przez zapis wartości
+ 24 piny I/O

- Wymagania mikroprocesorowe, nie dla mikrokontrolera (konieczność emulacji sygnałów),
- Niska prędkość,
- Wyższa cena układów

Programowalny sterownik

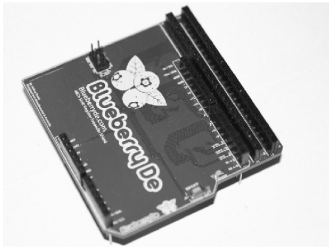
+ Dodatkowe funkcje (np. PWM),
+ Łatwiejsze programowanie,
+ Najczęściej tylko jeden układ.

- Często niska wydajność prądowa
- Wysoka cena
- Specjalizowany układ - Problemy z przyszłą dostępnością.



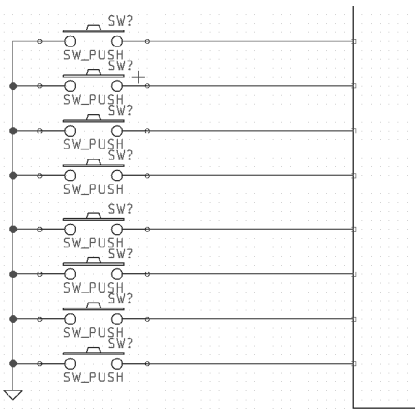
Komercyjne ekspandery

+ Łatwość programowania
+ Gotowe biblioteki
+ Łatwe podłączenie
+ Dodatkowe interfejsy

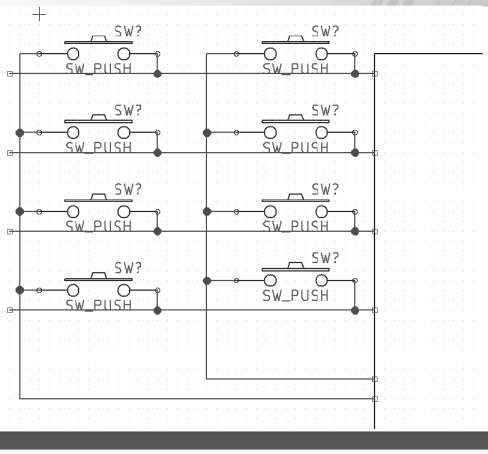


- Bardzo wysokie ceny
- Wewnątrz jest któreś z omawianych rozwiązań.

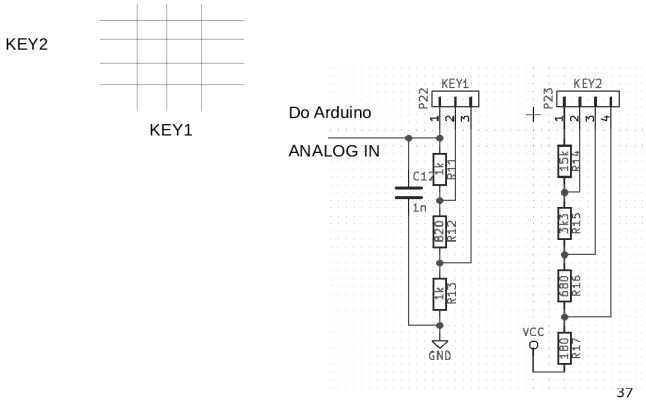
Jak użyć mniej pinów? - Klawiatura



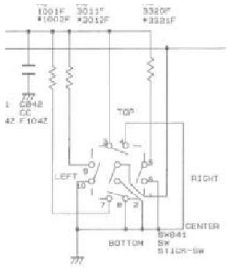
Klawiatura: Lepsze rozwiązanie



Klawiatura: Pin analogowy



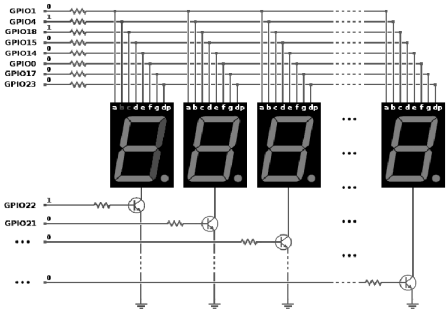
Klawiatura: Ekstremalne rozwiązanie (RC)



(Eizo F980 schematic)

Wyjścia: Multipleksowanie wyjść

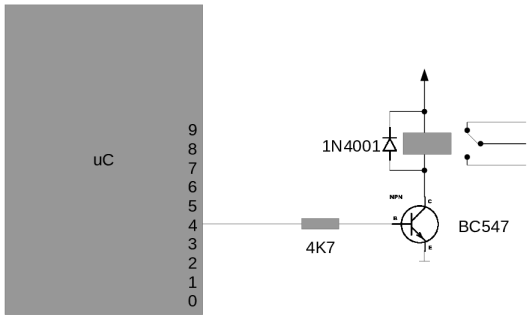
- Zamiast 4x8=32 wyjść użyte 8+4=12.
- Możliwość dalszego zmniejszania wyjść:
  - np. wejścia wyświetlaczy (4) – zapis na 2 bitach, użycie dekodera.



http://hackyourmind.org

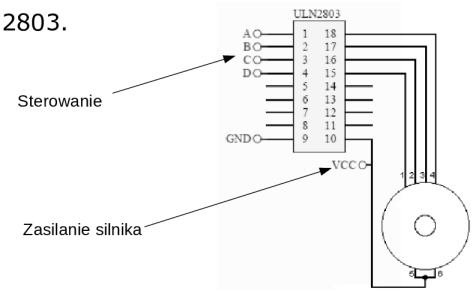
Urządzenia wyjścia

- Przekaźnik, odbiorniki do ok. mocy tranzystora:



Urządzenia wyjścia

- Układy Darlingtona: Sterowanie silnikiem krokowym:
  - np. ULN2803.



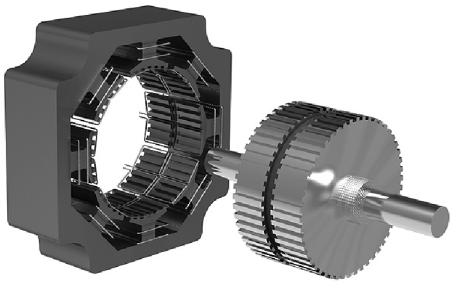
Silniki krokowe

- W przeciwieństwie do liniowych, możliwe jest przestawienie o ustalony kąt,
- Moment jest (w przedziale roboczym) odwrotnie proporcjonalny do prędkości,
- Wymagają znacznych prądów (więc i sterowników),
- Łatwa dostępność z odzysku – drukarki, napędy CD/FDD, skanery,
- Biblioteki do ich obsługi są w Arduino, a sterowniki są proste w budowie.
- Poruszane są przez doprowadzenie prądu do odpowiednich uzwojeń w prawidłowej kolejności, silniki takie mają 2..6 uzwojeń.

Jak to działa?

- Wał jest namagnesowany w odpowiedni sposób,
- Uaktywniane są kolejne elektromagnesy,
  Magnes na wale jest przyciągany przez jeden elektromagnes, a odpychany przez inny co powoduje obrót o jeden krok.

- Możliwa praca wyłącznie „na przyciąganie" - mniejszy moment, łatwiejsze sterowanie.



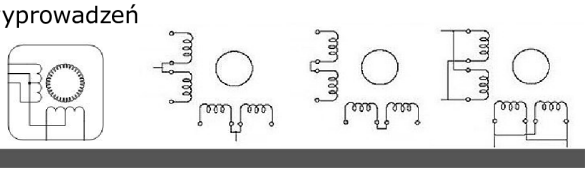
Źródło: Wikimedia comons

Rodzaje silników krokowych

- Bipolarne
  - 4 wyprowadzenia

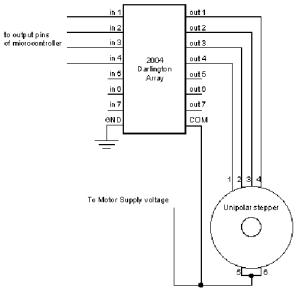
  - 6 wyprowadzeń

- Unipolarne
  - 4, 8, 5 wyprowadzeń



Sterownik silnika

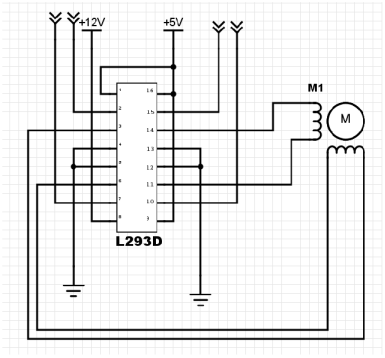
- Silniki unipolarne:



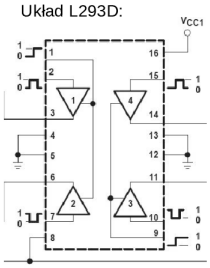
Źródło: Dokumentacja Arduino https://www.arduino.cc/en/Reference/Stepper

Sterownik silnika

- Silniki bipolarne:



Układ L293D:

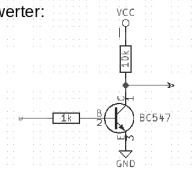


Sekwencja sterowania

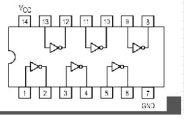
Dla 4 pinów:

*	Step	C0	C1	C2	C3
*	1	1	0	1	0
*	2	0	1	1	0
*	3	0	1	0	1
*	4	1	0	0	1

Inwerter:

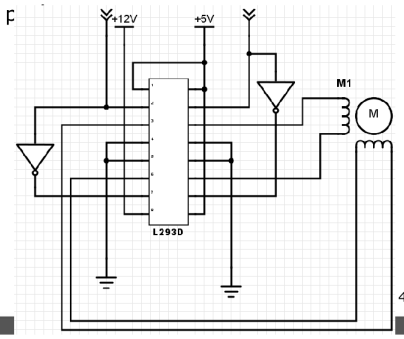


...lub układ 74LS04 (6x inwerter)



Zauważmy, że zawsze:
- C_0 != C_1
- C_2 != C_3

→ Możemy więc użyć tylko 2



Biblioteka stepper

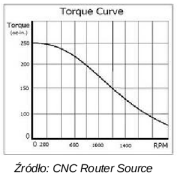
```
#include <Stepper.h>

Stepper myStepper(200, 8, 9, 10, 11);

void setup() {
   myStepper.setSpeed(60);
}

void loop() {
  myStepper.step(1);
  delay(20);
}
```

Ilość kroków/obrót

Piny, do których podłączono sterownik (2, 4 lub 5 pinów)

Prędkość (~obr/min)

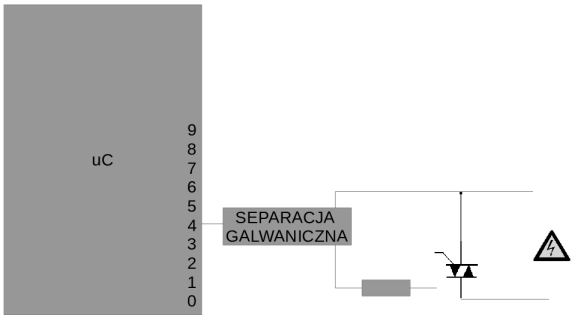
Ilość kroków (może być ujemna)



Źródło: CNC Router Source

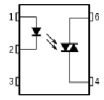
Urządzenia wyjścia

- Tyrystor/triak – sterowanie prądem zmiennym:

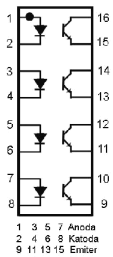


Separacja galwaniczna:

- Transoptor (DC), Optotriak (AC)
- Podłączenie:
  - Jak LED (separacja wyjścia)
  - Jak łącznik (separacja wejścia)



- Używane do zabezpieczenia przed:
  - Wysokim napięciem
  - Uszkodzeniem portu
  - Pętlą masy



- Pamiętamy o ograniczeniu prądu!

Zasilanie układów

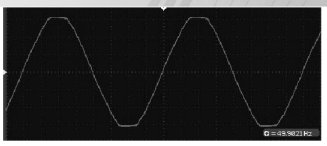
Zasilacz

...to urządzenie przekształcające prąd o jednych parametrach na prąd o parametrach jakich potrzebuje nasze urządzenie.

- Układ zasilacza może czerpać energię z np:
  - Instalacji elektrycznej
  - Baterii ogniw lub akumulatorów
  - Innego zasilacza – np.. urządzenia na USB
  - Generatorów, ogniw, innych źródeł

Zasilacze sieciowe

- Napięcie sieci: **230V/50Hz**
  - "Sinusoidalne"



- W zasilaczu sieciowym występują **niebezpieczne napięcia**!
  - Nie należy modyfikować konstrukcji zasilacza sieciowego bez wiedzy jak on działa
  - Przed jakimkolwiek serwisowaniem zasilacza sieciowego:
    - Odłączyć fizycznie zasilanie,
    - Zabezpieczyć przed przypadkowym włączeniem zasilania,
    - Rozładować kondensatory! - **niebezpieczeństwo porażenia przy odłączonym zasilaczu**!

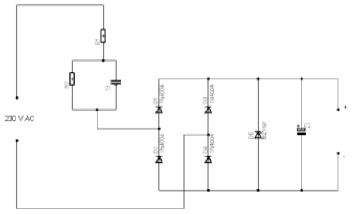
Zasilacze

- Do projektowanego urządzenia musimy dostarczyć prąd:
  - O odpowiednich **napięciach**
    - np. 5V dla AVR, 12V dla LED mocy
  - Odpowiednim maksymalnym **natężeniu**
    - np. 200mA dla AVR, 1A dla LED mocy
  - Przy czym przynajmniej dla układów cyfrowych muszą być to napięcia **stabilizowane**.

Zasilacz beztransformatorowy

- Historycznie pierwszy, prosty zasilacz do zasilania z sieci energetycznej
- **Potencjał „fazy" (>230V!) na jednym wyjściu!**
- Mała masa, niskie bezpieczeństwo

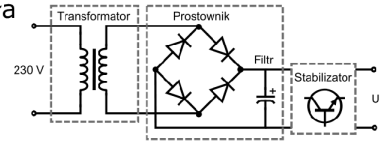
- Praktycznie brak stabilizacji
- Nieodporny na zakłócenia
- **NIEBEZPIECZNY.**



Zasilacz liniowy

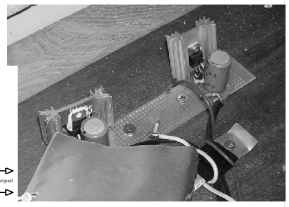
- Bezpieczniejszy – separacja galwaniczna przez transformator.
- Transformator zamienia 230V na np. 6V AC
- Prostownik+filtr – 6V*1.41=8,46V
- Stabilizator – 8.46V (zmienne w zależności od obciążenia) → 5V DC.

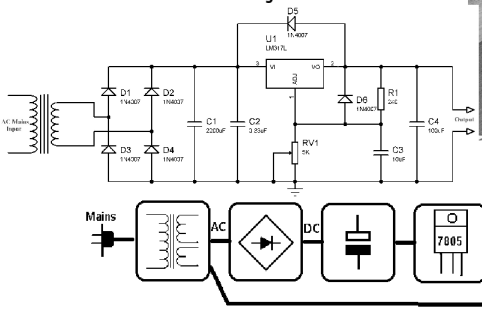
- Wydziela się dużo ciepła
  niech I=2A:
  8,46V-5V=3.46V
  3.46V*2A=6.92W w ciepło!



Konstrukcje zasilaczy liniowych

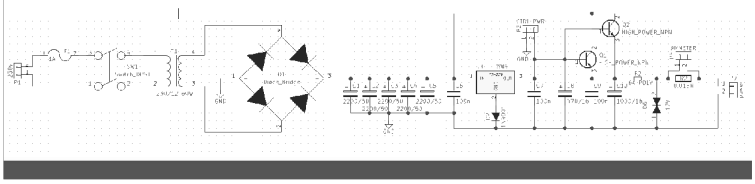
- Przy użyciu gotowego układu serii 78xx
  - (max 1A)
  - Łatwa konstrukcja





Konstrukcje zasilaczy liniowych

- Wersja z tranzystorem
  - Źródło napięcia odniesienia – tu układ 7809, może by„ stosowana np. dioda Zenera
  - Niespecjalna stabilizacja (spadek napięcia na złączach tranzystorów występuje i tak).
  - Tranzystory powinny mieć (;-)) rezystory emiterowe.

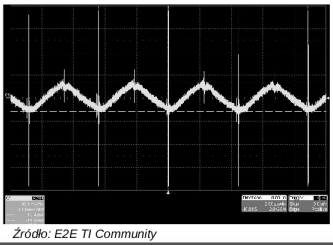


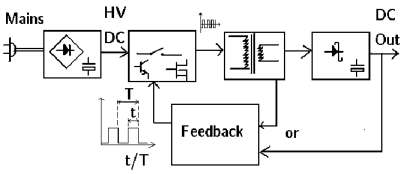
Zasilacze liniowe vs impulsowe

- Zasilacze liniowe są proste w konstrukcji i bezpieczne tak jak bezpieczny jest transformator. Jednak ze względu na lepszą sprawność i mniejsze wymiary coraz popularniejsze stają się przetwornice impulsowe.

Zasilacze impulsowe

- Mniejsze wymiary, większa sprawność
- ...ale bardziej skomplikowana budowa
- Niektóre nie zastartują bez obciążenia
- Tańsze zasilacze wprowadzają zakłócenia,
- Możliwe konstrukcje DC-DC

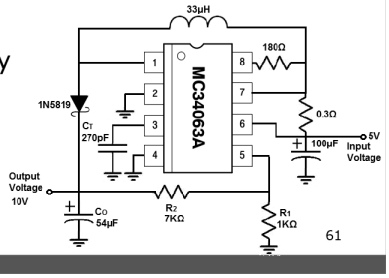




Źródło: E2E TI Community

Na przykład MC34063

- Układy ciągle produkowane, choć nie najnowsza technologia
- Przetwornica 5V → 10V
- Możliwe zastosowanie tranzystora dla zwiększenia mocy
- Istotny dobór cewki!
- Gorsza dioda – gwałtowny spadek sprawności.



Komunikacja i protokoły

Komunikacja

- ...z innymi urządzeniami – by umożliwić wymianę informacji.
- ...z istniejącym systemem sieciowym – by usprawnić przetwarzanie danych
- ...z komputerem – by używać urządzenia.

- Musimy opracować:
  - Interfejs
  - Protokół komunikacyjny

Protokoły komunikacyjne

- Niezbędne jest użycie istniejącego lub utworzenie nowego języka komunikacji urządzeń – protokołu
- Jeżeli urządzenie ma udawać inne, np.. klawiatura – dobrze udokumentowane protokoły już istnieją
- ...ale jeżeli tworzymy całkowicie nowe urządzenie, istniejące standardy, choć mocno naginane, mogą okazać się niewystarczające.

Interfejs komunikacyjny

np.

- Port szeregowy oferowany przez Arduino
- USB i emulacja USB przez AVR
- Sieć – przy użyciu układu NIC
- Wi-fi (np.. układ ESP8266)
- Magistrale szeregowe oferowane przez AVR
- Własne interfejsy szeregowe i równoległe

Opracowywanie protokołu

- Ściśle zależne od tego, jaką funkcję ma wykonywać urządzenie. Inny protokół będzie opracowany dla kontrolerów sterowanych przez komputer, a inny dla sterowników IoT.
- O ile to możliwe należy użyć istniejących interfejsów (np.. USB, Bluetooth, RS232), a protokoły powinny być udokumentowane!

RS232 – ASCII czy binarny?

- ASCII – łatwy w debugowaniu, możliwe ręczne testy, ale małe możliwości transmisji.
- Binarny – możliwość przesłania dużej ilości danych, większa szybkość (brak złożonego dekodowania), ale trudniejszy w weryfikacji i przeprowadzaniu testów.

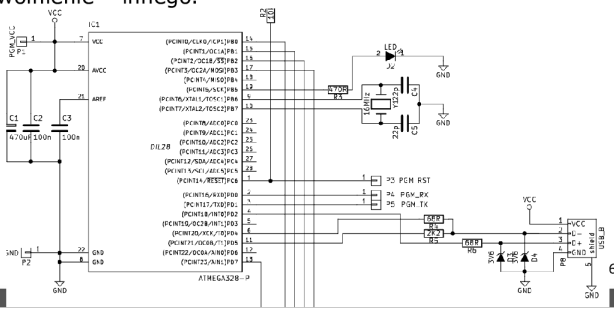
- Jeżeli wykonujemy proste zadania stosunkowo rzadko (np. sterowanie przekaźnikami, sprawdzanie czujnika) możemy użyć protokołu w ASCII.

Co powinno być w protokole? Minimum

- „Identyfikacja” - komunikat, który powoduje odesłanie przez urządzenia informacji o sobie. Umożliwia wybranie urządzenia i uzyskanie informacji o jego wersji, możliwościach, funkcji.
- „Reset” - komunikat, który powoduje natychmiastowe przywrócenie wejść/wyjść do stanu pierwotnego, wywołującego najmniej możliwych negatywnych konsekwencji. Wykonywane na starcie urządzenia oraz w przypadku problemów z programem klienckim.

Przykład

- Sterownik klawiatury akordowej:
  - Interfejs: USB, emulacja klawiatury USB,
  - Protokół – klawiatury USB,
  - Użycie protokołu: Niestandardowe – naciśnięcie przycisku wywołuje emulację wciśnięcia jednej kombinacji klawiszy, zwolnienie – innego.



Przykład – c.d.

- Użycie istniejącego protokołu całkowicie „załatwia” nam kwestię identyfikacji (urządzenie zgłosi się jako klawiatura USB) i resetu.
- Istnieje gotowa biblioteka do low-speed USB: V-USB.
- Wystarczy oprogramować naciskanie i zwalnianie klawiszy w kodzie dla AVR.

```
#include "UsbKeyboard.h"

void setup() {
  TIMSK0 &= !(1<TOIE0); //atmega328
  cli(); // Clear interrupts

  UsbDeviceDisconnect(); //make pc re-discover
  delayMs(250);
  usbDeviceConnect();

  sei(); // Set interrupts again
  pinMode(KEY_1, INPUT_PULLUP);
}

void loop() {
  UsbKeyboard.update();

(. . .)

if (digitalRead(KEY_1) == LOW)  {
 UsbKeyboard.sendKeyStroke(CODE1_DOWN, MODIFIER);
 delay(100);
}

(. . .)
```


Komunikacja z własną aplikacją

- Przykład 2: Sterowanie płytką przekaźników przez komputer.
- Arduino będzie spełniać role interfejsu.

- Więc:
  - Interfejs: RS232 (via USB).
  - Protokół: ASCII.

- Polecenia:
  - Identyfikacja
  - Reset
  - Ustaw
  - Odczytaj stan

Przykład 2: c.d.

- Np. tak:

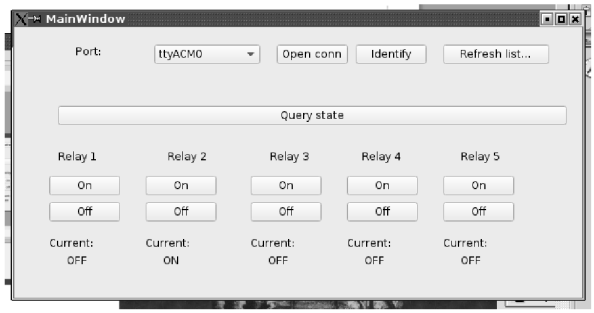
PC->AVR	Funkcja	Użycie / Odpowiedź
I	IDENTIFY	Łańcuch tekstu zawierający „INTERFACE”
R	RESET	Wszystkie przekaźniki wyłączone. AVR odpowiada „O” jak „OK”.
Sxx.0, Sxx.1	SET	Ustawia przekaźnik xx w stan 0 lub 1. AVR odpowiada „O” jak „OK”.
Gxx	GET	Pobiera informację o stanie przekaźnika. AVR odpowiada „0” lub „1”.

Kod Arduino

```
#define ...

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(RELAY1,OUTPUT);
. . .
  pinMode(RELAY5,OUTPUT);
  reset();
}

void reset() {
 digitalWrite(RELAY1,LOW);
. . .
 digitalWrite(RELAY5,LOW);
}

byte getState(byte relay)
{
  if (relay==1)
    return digitalRead(RELAY1);
 . . .
  if (relay==5)
    return digitalRead(RELAY5);
return 255; //error condition
}

void setState(byte relay, byte state) {
    if (relay==1)
    digitalWrite(RELAY1,state);
 . . .
  if (relay==5)
    digitalWrite(RELAY5,state);
}
```

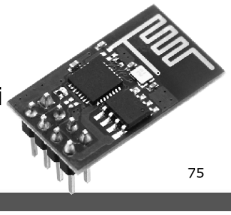
```
void loop() {
  if (Serial.available()) {
    char k=Serial.read();
    delay(10);
    switch (k) {
      case 'I': {
        Serial.print("RELAY INTERFACE v. 1.0");
        break;
      }
      case 'R': {
        reset();
        Serial.print("O");
        break;
      }
      case 'G': {
        byte which=Serial.read()-'0';
        Serial.print(getState(which));
        break;
       }
      case 'S': {
        byte which=Serial.read()-'0';
        byte what=Serial.read(); //dot
        what=Serial.read()-'0';
        setState(which,what);
        Serial.print("O");
        break;
      }
    }
  }
}
```


Aplikacja



Łączność – modemy szeregowe

- Dla Arduino istnieje wiele urządzeń dołączanych do portu szeregowego. Urządzenia te zachowują się jak modemy.
- Obsługa np.
  - Bluetooth
  - Wi-fi (ESP8266)
  - GSM (SIM800)
  - GPS (SIM900 i późne SIM800)
  - I wiele innych
- Sterowanie odbywa się poleceniami modemowymi (Hayesa) i ich rozszerzeniami.



Dziękuję za uwagę