

Programowanie mikrokontrolerów

Wstęp

Marcin Engel Marcin Peczarski

Instytut Informatyki Uniwersytetu Warszawskiego

1 października 2012

Co to jest mikrokontroler?

Układ integrujący w sobie następujące elementy (w zależności od modelu):

- ▶ jednostkę obliczeniową (8-, 16- lub nawet 32-bitową),
- ▶ pamięć danych (SRAM, EEPROM, FRAM),
- ▶ pamięć programu (FLASH, ROM, EEPROM),
- ▶ układy taktujące (generator kwarcowy, generator RC, pętla fazowa – PLL),
- ▶ kontroler przerwań,
- ▶ kontroler DMA,
- ▶ liczniki,
- ▶ przetworniki analogowo-cyfrowe,
- ▶ przetworniki cyfrowo-analogowe,
- ▶ interfejsy szeregowo (UART, USART, SPI, I²C, I²S, 1-Wire, USB),
- ▶ układ nadzorujący, strażnik (watchdog),
- ▶ zegar czasu rzeczywistego (RTC).

mikrokontroler = komputer w jednym układzie

Popularne mikrokontrolery

- ▶ 8051 firmy Intel i jego liczne klony
- ▶ PIC firmy Microchip Technology
- ▶ 68HC firmy Motorola (obecnie Freescale Semiconductor)
- ▶ Z8 firmy Zilog
- ▶ AVR firmy Atmel
- ▶ MSP430 firmy Texas Instruments
- ▶ ARM produkowane przez wiele firm, np.:
 - ▶ Atmel
 - ▶ NXP Semiconductors (dawniej Philips)
 - ▶ Samsung
 - ▶ STMicroelectronics (dawniej SGS Thomson)
- ▶ ...

Mikrokontrolery firmy Atmel

- ▶ 8-bitowa architektura 8051
 - ▶ AT80...
 - ▶ AT83...
 - ▶ AT87...
 - ▶ AT89...
- ▶ 8-bitowa architektura AVR
 - ▶ AT90...
 - ▶ ATtiny...
 - ▶ ATmega...
 - ▶ ATxmega...
- ▶ 32-bitowa architektura AVR
 - ▶ AT32...
- ▶ 32-bitowa architektura ARM
 - ▶ AT91...



Jak zacząć zabawę?

Trzeba zakupić:

- ▶ mikrokontroler (ATmega16 kosztuje ok. 15 PLN),
- ▶ troszkę innych elementów elektronicznych (diody LED, mikroswitche, rezystory, kondensatory, złącza, ...).

Ponadto należy przygotować:

- ▶ najprostszy programator dołączany do złącza LPT (cena ok. 25 PLN za gotowy, poniżej 10 PLN przy samodzielnym montażu) lub
- ▶ programator dołączany do USB (ceny od ok. 70 PLN),
- ▶ komputer z oprogramowaniem (darmowe programy AVR Studio, VMLAB, PonyProg, avr-gcc, AVRDUDE, ...).

A także:

- ▶ laminat, wytrawiacz, lutownicę i inne narzędzia lub
- ▶ płytkę uniwersalną, lutownicę lub
- ▶ płytkę stykową lub ...

Zestaw uruchomieniowy



- ▶ Umożliwia szybkie tworzenie układów testowych.
- ▶ Zawiera na pokładzie wszystkie niezbędne podzespoły, które łączy się za pomocą przewodów.

Zestaw uruchomieniowy – typowe wyposażenie



- ▶ wyświetlacz LCD i/lub segmentowy LED
- ▶ zestaw przycisków lub klawiatura matrycowa
- ▶ układ zasilający, kwarc, złącze programatora

Zestaw uruchomieniowy – dodatkowe wyposażenie



- ▶ wyprowadzenia interfejsów szeregowych (z ew. konwersją napięć)
- ▶ ciekawe peryferia (termometr, odbiornik i nadajnik IR, akumulator, pamięć Flash, zegar RTC, ...)

Zestaw uruchomieniowy – własne wyposażenie



- ▶ pole lutownicze do wlutowania własnych układów

Programatory

Programator:

- ▶ składa się z dwóch części: sprzęt (interfejs PC–mikrokontroler) i oprogramowanie,
- ▶ dwa tryby programowania: równoległy i szeregowy,
- ▶ wśród nich też istnieje wiele różnych rozwiązań.

Programator równoległy (ang. *parallel programming*):

- ▶ jest szybki,
- ▶ zawsze jest aktywny,
- ▶ daje (prawie) pełny dostęp do mikrokontrolera,
- ▶ programowany mikrokontroler trzeba wyjąć z układu,
- ▶ jest niezależny od układu, w którym zastosowano mikrokontroler,
- ▶ jest skomplikowany i drogi.

Programatory, cd.

Programator szeregowy (ang. *in system programming*):

- ▶ umożliwia programowanie bez wyjmowania mikrokontrolera z układu (projektując układ, trzeba przewidzieć taką możliwość, dodając co najmniej dodatkowe rezystory),
- ▶ może zostać zablokowany programowo,
- ▶ programowany mikrokontroler musi być prawidłowo taktowany,
- ▶ jest tani i prosty w budowie.

Programator wysokonapięciowy szeregowy (ang. *high voltage serial programming*):

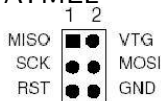
- ▶ ma te same własności co programator równoległy,
- ▶ jest stosowany w mikrokontrolerach o małej liczbie wyprowadzeń, np. 8.

Programator szeregowy

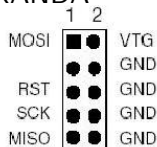
- ▶ Jest przyłączany do wyprowadzeń MOSI, MISO, SCK, $\overline{\text{RESET}}$ mikrokontrolera.
- ▶ Pobiera zasilanie z programowanego układu.
- ▶ Współpracuje z darmowym oprogramowaniem np. PonyProg.

Standardy złącza programatora ISP:

▶ ATMEL



▶ KANDA



Interfejsy do programowania i debugowania w układzie

JTAG:

- ▶ Jest przyłączany do wyprowadzeń TDI, TDO, TMS, TCK, $\overline{\text{RESET}}$ mikrokontrolera.
- ▶ Firmowy interfejs jest drogi.
- ▶ Można go wykonać samodzielnie na podstawie opisów z Internetu.
- ▶ Blokuje port mikrokontrolera.

dW (debugWIRE):

- ▶ Jest przyłączany do wyprowadzenia $\overline{\text{RESET}}$ mikrokontrolera.
- ▶ Jak na razie interfejs trzeba zakupić od firmy Atmel, np. AVR Dragon.
- ▶ Nie blokuje portów mikrokontrolera.
- ▶ Jest obecny tylko w najnowszych mikrokontrolerach.

Symulator VMLAB

- ▶ Jest to darmowe środowisko do programowania i wykonywania symulacji.
- ▶ Używa zewnętrznego asemblera (domyślnie firmowego) lub kompilatora C.
- ▶ Posiada bardzo dobrą wizualizację stanu mikrokontrolera.
- ▶ Ostrzega o wielu potencjalnych błędach, np. czytanie niezainicjowanych danych.
- ▶ Niestety zawiera drobne błędy i przestał być rozwijany.
- ▶ Można doprogramować w C++ symulację własnych komponentów.
- ▶ Obsługuje tylko niektóre mikrokontrolery, ale w tym ATmega16.
- ▶ Jest to bardzo wygodne środowisko dla początkujących.

Środowisko AVR Studio

- ▶ Jest to darmowe zintegrowane środowisko programistyczne udostępniane przez firmę Atmel.
- ▶ Regularnie publikowane są uaktualnienia.
- ▶ Obsługuje wszystkie aktualnie dostępne mikrokontrolery.
- ▶ Obsługuje JTAG i dW.
- ▶ Posiada nienajlepszą wizualizację.
- ▶ Zawiera symulator, ale jest on (chyba intencjonalnie) niedopracowany.

Co możemy podłączyć do mikrokontrolera?

Jako wyjście:

- ▶ diody świecące – LED (ang. *Light Emitting Diode*),
- ▶ wyświetlacz segmentowy LED,
- ▶ wyświetlacz ciekłokrystaliczny – LCD (ang. *Liquid Crystal Display*),
- ▶ komputer, inny mikrokontroler (np. łączem szeregowym),
- ▶ inny układ (np. łączem I²C),
- ▶ nadajnik podczerwieni – IR (ang. *Infra Red*),
- ▶ nadajnik radiowy,
- ▶ ...

Co możemy podłączyć do mikrokontrolera?

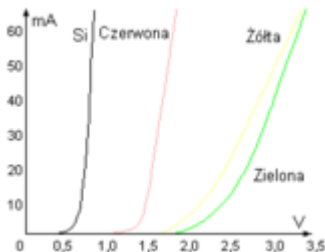
Jako wejście:

- ▶ przycisk,
- ▶ klawiaturę matrycową,
- ▶ klawiaturę PC lub myszkę,
- ▶ komputer, inny mikrokontroler,
- ▶ odbiornik IR lub radiowy,
- ▶ termometr analogowy,
- ▶ ...

Diody świecące, LED



Charakterystyka diody



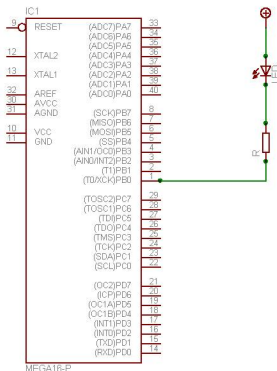
- ▶ Typowe parametry pracy
 - ▶ prąd od kilku do kilkudziesięciu mA,
 - ▶ spadek napięcia od 0,2 V do 3,5 V.
- ▶ Jasność diody świecącej zależy od prądu przez nią płynącego.
- ▶ Żywotność też!
- ▶ Nadmierny prąd może uszkodzić diodę.
- ▶ Dioda przewodzi prąd w jednym kierunku (kierunek przewodzenia).
- ▶ Zbyt duże napięcie przyłożone w kierunku zaporowym może uszkodzić diodę.

Jak przyłączyć diodę do mikrokontrolera?

- ▶ Prawo Ohma: $U = RI$.
- ▶ Dla założonego prądu płynącego przez diodę:
 - ▶ sprawdzamy, jaki będzie spadek napięcia na niej,
 - ▶ włączamy w obwód rezystor dobrany tak, aby spadki napięcia na nim i na diodzie sumowały się do napięcia zasilania.
- ▶ Przykład:
 - ▶ prąd diody 5 mA,
 - ▶ spadek napięcia na diodzie 1,7 V,
 - ▶ napięcie zasilania 5 V,
 - ▶ wartość rezystora:

$$\frac{5 \text{ V} - 1,7 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = \frac{3,3 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = 660 \Omega.$$

- ▶ Wybieramy rezystor 680 Ω .



LED – podsumowanie

Dioda świecąca:

- ▶ przewodzi prąd w jednym kierunku (i wtedy świeci),
- ▶ wymaga ograniczenia prądu za pomocą rezystora.

W zestawie uruchomieniowym:

- ▶ odpowiednie rezystory są wlutowane.
- ▶ po połączeniu diody z portem procesora dioda będzie świecić po podaniu stanu 0 na odpowiednią nóżkę.

W symulatorze VMLAB:

- ▶ nie trzeba używać rezystorów (ale będą problemy z oglądaniem przebiegów),
- ▶ dioda będzie świecić po podaniu stanu 0 na odpowiednią nóżkę.

Jak podłączyć inne układy?

- ▶ Będziemy to poznawać sukcesywnie na kolejnych zajęciach.