



**Politechnika  
Śląska**

## **PROJEKT INŻYNIERSKI**

Język programowania dla mikrokontrolerów AVR

**Maciej WALERYN**

Nr albumu: 296441

**Kierunek:** Informatyka

**Specjalność:** Grafika komputerowa

**PROWADZĄCY PRACĘ**

**dr hab. inż. Krzysztof Simiński**

**KATEDRA Algorytmiki i Oprogramowania**

**Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki**

**OPIEKUN, PROMOTOR POMOCNICZY**

**⟨stopień naukowy imię i nazwisko⟩**

**Gliwice 2023**



## **Tytuł pracy**

Język programowania dla mikrokontrolerów AVR

## **Streszczenie**

Celem dyplomu jest zaprojektowanie języka programowania oraz napisanie kompilatora dla mikrokontrolera w architekturze AVR. Język ten ma spełniać cechę kompletności Turinga, posiadać znane dla współczesnych języków programowania funkcjonalności, systemy zapobiegające powstawaniu błędów w programie (np. *garbage collector*) i podstawowe algorytmy optymalizacji zmniejszające kod wynikowy oraz czas wykonania programów.

## **Słowa kluczowe**

język programowania, kompilator, mikrokontrolery AVR

## **Thesis title**

Programming language for AVR microcontrollers

## **Abstract**

(Thesis abstract – to be copied into an appropriate field during an electronic submission – in English.)

## **Key words**

programming language, compiler, AVR microcontrollers



# Spis treści

1	Wstęp	1
2	[Analiza tematu]	3
3	Wymagania i narzędzia	5
4	[Właściwy dla kierunku – np. Specyfikacja zewnętrzna]	7
5	[Właściwy dla kierunku – np. Specyfikacja wewnętrzna]	9
6	Weryfikacja i walidacja	11
7	Podsumowanie i wnioski	13
	Bibliografia	15
	Spis skrótów i symboli	19
	Źródła	21
	Lista dodatkowych plików, uzupełniających tekst pracy	23
	Spis rysunków	25
	Spis tabel	27



# Rozdział 1

## Wstęp

Wytwarzanie oprogramowania dla systemów wbudowanych wymaga wiedzy specjalistycznej na wysokim poziomie. W przypadku tworzenia projektów amatorskich, przodującymi technologiami są płytki rozwojowe oparte o mikrokontrolery AVR serii ATMega. Ograniczenia tej architektury, tj. mała ilość pamięci operacyjnej i programowej, skłaniają programistów do korzystania z niskopoziomowych języków oraz bibliotek. Te czynniki są dużym utrudnieniem dla nowicjuszy, co w dużej mierze prowadzi do zniechęcenia do rozwoju w kierunku systemów wbudowanych, wydłuża czas realizacji projektów i zwiększa liczbę powstających błędów w wytwarzanym oprogramowaniu.

Celem tej pracy jest opracowanie języka programowania, posiadającego zalety języków wysokopoziomowych, ułatwiającego pracę z mikrokontrolerami AVR. Docelowym układem, dla którego generowany oraz testowany będzie kod wynikowy, jest mikrokontroler ATMega328, znany szeroko z występowania w płytkach rozwojowych Arduino Uno. Ze względu na rozmiar rodziny mikrokontrolerów AVR, kompilator będzie umożliwiał wprowadzenie parametrów konfiguracyjnych, pozwalając tym samym na wsparcie dla większości członków tej rodziny mikrokontrolerów.

Opis rozdziałów będzie gotowy po bliższym przygotowaniu listy rozdziałów :)

- wprowadzenie w problem/zagadnienie
- osadzenie problemu w dziedzinie
- cel pracy
- zakres pracy
- zwięzła charakterystyka rozdziałów
- jednoznaczne określenie wkładu autora, w przypadku prac wieloosobowych – tabela z autorstwem poszczególnych elementów pracy





# Rozdział 2

## [Analiza tematu]

- sformułowanie problemu
- osadzenie tematu w kontekście aktualnego stanu wiedzy (*state of the art*) o poruszonym problemie
- studia literaturowe [3, 4, 2, 1] - opis znanych rozwiązań (także opisanych naukowo, jeżeli problem jest poruszany w publikacjach naukowych), algorytmów,

Wzory

$$y = \frac{\partial x}{\partial t} \tag{2.1}$$

jak i pojedyncze symbole  $x$  i  $y$  składa się w trybie matematycznym.



# Rozdział 3

## Wymagania i narzędzia

- wymagania funkcjonalne i нефункционалне
- przypadki użycia (diagramy UML) – dla prac, w których mają zastosowanie
- opis narzędzi, metod eksperymentalnych, metod modelowania itp.
- metodyka pracy nad projektowaniem i implementacją – dla prac, w których ma to zastosowanie

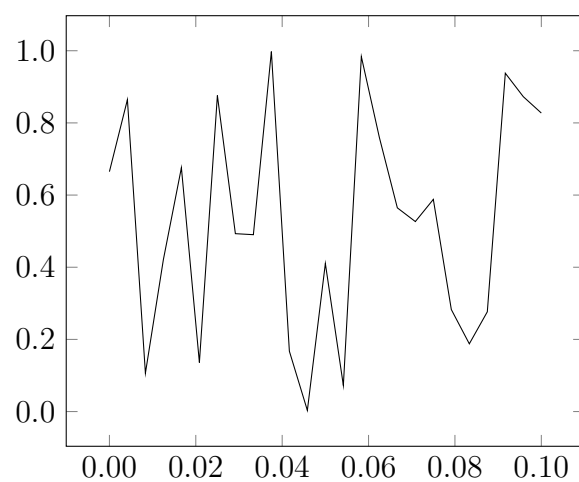


# Rozdział 4

## [Właściwy dla kierunku – np. Specyfikacja zewnętrzna]

Jeśli „Specyfikacja zewnętrzna”:

- wymagania sprzętowe i programowe
- sposób instalacji
- sposób aktywacji
- kategorie użytkowników
- sposób obsługi
- administracja systemem
- kwestie bezpieczeństwa
- przykład działania
- scenariusze korzystania z systemu (ilustrowane zrzutami z ekranu lub generowanymi dokumentami)



Rysunek 4.1: Podpis rysunku po rysunkiem.

## Rozdział 5

# [Właściwy dla kierunku – np. Specyfikacja wewnętrzna]

Jeśli „Specyfikacja wewnętrzna”:

- przedstawienie idei
- architektura systemu
- opis struktur danych (i organizacji baz danych)
- komponenty, moduły, biblioteki, przegląd ważniejszych klas (jeśli występują)
- przegląd ważniejszych algorytmów (jeśli występują)
- szczegóły implementacji wybranych fragmentów, zastosowane wzorce projektowe
- diagramy UML

Krótką wstawka kodu w linii tekstu jest możliwa, np. **int a;** (biblioteka `listings`). Dłuższe fragmenty lepiej jest umieszczać jako rysunek, np. kod na rys 5.1, a naprawdę długie fragmenty – w załączniku.

---

```
1 class test : public basic
2 {
3     public:
4         test (int a);
5         friend std::ostream operator<<(std::ostream & s,
6                                         const test & t);
7     protected:
8         int _a;
9
10 };
```

---

Rysunek 5.1: Pseudokod w `listings`.



# Rozdział 6

## Weryfikacja i walidacja

- sposób testowania w ramach pracy (np. odniesienie do modelu V)
- organizacja eksperymentów
- przypadki testowe zakres testowania (pełny/niepełny)
- wykryte i usunięte błędy
- opcjonalnie wyniki badań eksperymentalnych

Tabela 6.1: Nagłówek tabeli jest nad tabelą.

$\zeta$	metoda						
	alg. 1	alg. 2	alg. 3			alg. 4, $\gamma = 2$	
			$\alpha = 1.5$	$\alpha = 2$	$\alpha = 3$	$\beta = 0.1$	$\beta = -0.1$
0	8.3250	1.45305	7.5791	14.8517	20.0028	1.16396	1.1365
5	0.6111	2.27126	6.9952	13.8560	18.6064	1.18659	1.1630
10	11.6126	2.69218	6.2520	12.5202	16.8278	1.23180	1.2045
15	0.5665	2.95046	5.7753	11.4588	15.4837	1.25131	1.2614
20	15.8728	3.07225	5.3071	10.3935	13.8738	1.25307	1.2217
25	0.9791	3.19034	5.4575	9.9533	13.0721	1.27104	1.2640
30	2.0228	3.27474	5.7461	9.7164	12.2637	1.33404	1.3209
35	13.4210	3.36086	6.6735	10.0442	12.0270	1.35385	1.3059
40	13.2226	3.36420	7.7248	10.4495	12.0379	1.34919	1.2768
45	12.8445	3.47436	8.5539	10.8552	12.2773	1.42303	1.4362
50	12.9245	3.58228	9.2702	11.2183	12.3990	1.40922	1.3724

# Rozdział 7

## Podsumowanie i wnioski

- uzyskane wyniki w świetle postawionych celów i zdefiniowanych wyżej wymagań
- kierunki ewentualnych danych prac (rozbudowa funkcjonalna ...)
- problemy napotkane w trakcie pracy



# Bibliografia

- [1] Imię Nazwisko i Imię Nazwisko. *Tytuł strony internetowej*. 2021. URL: <http://gdzies/w/internecie/internet.html> (term. wiz. 30.09.2021).
- [2] Imię Nazwisko, Imię Nazwisko i Imię Nazwisko. „Tytuł artykułu konferencyjnego”. W: *Nazwa konferencji*. 2006, s. 5346–5349.
- [3] Imię Nazwisko, Imię Nazwisko i Imię Nazwisko. „Tytuł artykułu w czasopiśmie”. W: *Tytuł czasopisma* 157.8 (2016), s. 1092–1113.
- [4] Imię Nazwisko, Imię Nazwisko i Imię Nazwisko. *Tytuł książki*. Warszawa: Wydawnictwo, 2017. ISBN: 83-204-3229-9-434.



# Dodatki





# Spis skrótów i symboli

DNA kwas deoksyrybonukleinowy (ang. *deoxyribonucleic acid*)

MVC model – widok – kontroler (ang. *model-view-controller*)

$N$  liczebność zbioru danych

$\mu$  stopnień przyleżności do zbioru

$\mathbb{E}$  zbiór krawędzi grafu

$\mathcal{L}$  transformata Laplace’a



# Źródła

Jeżeli w pracy konieczne jest umieszczenie długich fragmentów kodu źródłowego, należy je przenieść w to miejsce.

---

```
1 if (_nClusters < 1)
2     throw std::string ("unknown_number_of_clusters");
3 if (_nIterations < 1 and _epsilon < 0)
4     throw std::string ("You should set a maximal number of
        iteration or minimal difference — epsilon.");
5 if (_nIterations > 0 and _epsilon > 0)
6     throw std::string ("Both number of iterations and minimal
        epsilon set — you should set either number of iterations
        or minimal epsilon.");
```

---



# Lista dodatkowych plików, uzupełniających tekst pracy

W systemie do pracy dołączono dodatkowe pliki zawierające:

- źródła programu,
- dane testowe,
- film pokazujący działanie opracowanego oprogramowania lub zaprojektowanego i wykonanego urządzenia,
- itp.



# Spis rysunków

4.1	Podpis rysunku po rysunkiem. . . . .	8
5.1	Pseudokod w <code>listings</code> . . . . .	10





# Spis tabel

6.1	Nagłówek tabeli jest nad tabelą. . . . .	12
-----	--	----