|  |  |
| --- | --- |
| Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach  Prírodovedecká fakultaNázov fakultyNázov vysokej školy | |
| Komponentové a udalosťami riadené programovanie zariadení na platforme Arduino | |
|  | |
|  | |
| 2018 | Bc. Patrik Pekarčík |

|  |  |
| --- | --- |
| Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach  Prírodovedecká fakultaPrírodovedecká fakulta | |
| Komponentové a udalosťami riadené programovanie zariadení na platforme ArduinoKomponentové a udalosťami riadené programovanie zariadení na platforme Arduino | |
| **Diplomová práca**Diplomová práca | |
| Študijný program: | InformatikaInformatika |
| Pracovisko (katedra/ústav): | Ústav InformatikyÚstav Informatiky |
| Vedúci diplomovej práce: | RNDr. František Galčík, PhD.RNDr. František Galčík, PhD. |
| Konzultant diplomovej práce: (nepovinný) | Titul Meno Priezvisko, HodnosťTitul Meno Priezvisko, Hodnosť |
|  |  |
| KošiceKošice 20182018 | Bc.Bc. PatrikPatrik PekarčíkPekarčík |

**Zadanie záverečnej práce**

Zadanie záverečnej práce (ďalej len „zadanie“) je dokument, ktorým vysoká škola stanoví študentovi študijné povinnosti v súvislosti s vypracovaním záverečnej práce. Zadanie spravidla obsahuje: typ záverečnej práce, názov záverečnej práce, meno, priezvisko a tituly študenta, meno, priezvisko a tituly školiteľa, v prípade externého školiteľa meno, priezvisko a tituly konzultanta, školiace pracovisko, meno, priezvisko a tituly vedúceho pracoviska, anotáciu záverečnej práce, jazyk, v ktorom sa práca vypracuje, dátum schválenia zadania.

**Poďakovanie (nepovinné)**

Na tomto mieste môže byť vyjadrenie poďakovania napr. vedúcemu práce resp. konzultantom za pripomienky a odbornú pomoc pri vypracovaní práce. Nie je zvykom ďakovať za rutinnú kontrolu, menšiu spoluprácu alebo všeobecné rady. Vyjadrenie poďakovania v prípade využitia inej práce sa uskutočňuje formou citácie na konci hlavného textu práce a odkazy na citáciu sa musia uviesť aj na zodpovedajúcich miestach v texte.

|  |
| --- |
| Abstrakt v štátnom jazyku |
| Abstrakt obsahuje informáciu o cieľoch práce, jej stručnom obsahu a v závere abstraktu sa charakterizuje splnenie cieľa, výsledky a význam celej práce. Súčasťou abstraktu je  3 - 5 kľúčových slov. Abstrakt sa píše súvisle ako jeden odsek a jeho rozsah je spravidla 100 až 500 slov. |

|  |
| --- |
| Abstrakt v cudzom jazyku |
| Text abstraktu v svetovom jazyku je potrebný pre integráciu do medzinárodných informačných systémov (napr. The Network Digital Library of Theses and Dissertations). Ak nie je možné jazykovú verziu umiestniť na jednej strane so slovenským abstraktom, je potrebné umiestniť ju na samostatnú stranu (cudzojazyčný abstrakt nemožno deliť a uvádzať na dvoch stranách). |

Obsah

[Obsah 5](#_Toc508108721)

[Zoznam ilustrácií 7](#_Toc508108722)

[Zoznam tabuliek 8](#_Toc508108723)

[Zoznam skratiek, značiek a termínov 9](#_Toc508108724)

[Úvod 10](#_Toc508108725)

[1 Internet vecí 11](#_Toc508108726)

[1.1 Hardvér 12](#_Toc508108727)

[1.2 Softvér 12](#_Toc508108728)

[1.3 Mikrokontrolér v porovnaní so single-board počítačom 13](#_Toc508108729)

[2 Platforma Arduino 14](#_Toc508108730)

[2.1 Parametre mikrokontroléra 15](#_Toc508108731)

[2.2 Programovanie pre mikrokontrolér 16](#_Toc508108732)

[2.3 Existujúce riešenia pre platformu Arduino 17](#_Toc508108733)

[2.3.1 Arduino EventManager 17](#_Toc508108734)

[2.3.2 Quantum Leaps Modeling Tool 18](#_Toc508108735)

[2.3.3 ARTe (Arduino Real-Time extension) 18](#_Toc508108736)

[2.3.4 Cayenne 18](#_Toc508108737)

[3 Komponentové a udalosťami orientované programovanie 19](#_Toc508108738)

[3.1 Spracovanie udalosti 20](#_Toc508108739)

[4 Integrované vývojové prostredie 21](#_Toc508108740)

[4.1 Rapid application development 21](#_Toc508108741)

[5 Architektúra komponentového a udalosťami orientovaného riešenia ACProg 22](#_Toc508108742)

[5.1 XML Konfiguračný súbor 23](#_Toc508108743)

[5.2 Generátor knižnice pre Arduino 24](#_Toc508108744)

[5.3 Typy komponentov (moduly) 24](#_Toc508108745)

[6 IDE pre projekt ACProg 25](#_Toc508108746)

[6.1 Používateľské požiadavky 25](#_Toc508108747)

[6.1.1 Grafický návrh IDE 25](#_Toc508108748)

[6.2 Technologický návrh 25](#_Toc508108749)

[6.2.1 Framework Java Swing 25](#_Toc508108750)

[6.2.2 Docking framework 25](#_Toc508108751)

[6.3 Architektúra IDE 25](#_Toc508108752)

[6.4 Implementácia IDE 25](#_Toc508108753)

[6.4.1 Use case: Manažment komponentov 25](#_Toc508108754)

[6.4.2 Use case: Ponuka dostupných komponentov 26](#_Toc508108755)

[6.4.3 Use case: Kompilácia a spustenie projektu 26](#_Toc508108756)

[6.4.4 Use case: Syntaktická analýza kódu 26](#_Toc508108757)

[6.4.5 Use case: Volitelny UX pre programatora 26](#_Toc508108758)

[7 Vzorové komponenty pre ACProg 27](#_Toc508108759)

[7.1 Časovač 27](#_Toc508108760)

[7.2 Digitálny výstup 27](#_Toc508108761)

[7.3 Digitálny vstup 27](#_Toc508108762)

[7.4 Analógový vstup s threshold alert 27](#_Toc508108763)

[7.5 Komunikácia pomocou MQTT 27](#_Toc508108764)

[7.6 Rádiová komunikácia pomocou 433MHz 27](#_Toc508108765)

[Záver 28](#_Toc508108766)

[Zoznam použitej literatúry 29](#_Toc508108767)

[Prílohy 30](#_Toc508108768)

Zoznam ilustrácií

Obr. 1 Schéma reprezentujúca IoT 12

Obr. 2 Doska Arduino (vľavo) a rozširujúca doska shield (vpravo) 15

Obr. 3 Arduino IDE, v červenom kruhu je vyznačené tlačilo spustenia na doske. 16

Obr. 4 Rozdelenie zdrojového kódu Arduino príkladového programu. 18

Obr. 5 Znázornenie inštancie komponentu typu tlačidlo, s automatom pre prechody medzi jednotlivými stavmi. 20

Obr. 6 Práca plánovača úloh s registráciou a vyvolaním udalosti. 21

Obr. 7 Priebeh spracovania projektu, riešením ACProg. 23

Obr. 8 Priebeh spracovania projektu, riešením ACProg. 25

Zoznam tabuliek

Tab. 1 Porovnanie parametrov pre rôzne modely dosiek Arduino. 16

Zoznam skratiek, značiek a termínov

IDE **I**ntegrated **D**evelopment **E**nvironment – Integrované vývojové prostredie

XML E**x**tended **M**arkup **L**anguage

IoT **I**nternet **o**f **T**hings

Cloud Výkonné počítačové prostriedky umiestnené v sieti internet

CPU **C**entral **P**rocessing **U**nit – Centrálna výpočtová jednotka

ROM **R**ead **O**nly **M**emory

RAM **R**andom **A**ccess **M**emory

EEPROM **E**lectrically **E**rasable **P**rogrammable **R**ead-**O**nly **M**emory

Hz **H**ertz, jednotka frekvencie používaná na meranie rýchlosti CPU

I2C **I**nter-**I**ntegrated **C**ircuit - zbernica používaná pre nízkoúrovňové zariadenia

USB **U**niversal **S**erial **B**us

SD **S**ecure **D**igital card

RAD **R**apid **A**pplication **D**evelopment

ACProg **A**rduino **C**omponent **Prog**ramming

.ino Prípona zdrojových súborov programovacieho jazyka pre Arduino

UX **U**ser e**x**perience

Úvod

Hlavnú textovú časť záverečnej práce tvorí: úvod, jadro, záver, resumé (povinné iba v prípade, ak je práca vypracovaná v inom ako štátnom jazyku), zoznam použitej literatúry.

V úvode autor stručne a výstižne charakterizuje stav poznania alebo praxe v oblasti, ktorá je predmetom záverečnej práce a oboznamuje čitateľa s významom, cieľmi a zámermi práce. Autor v úvode zdôrazňuje, prečo je práca dôležitá a prečo sa rozhodol spracovať danú tému.

# Internet vecí

Pojem internetu vecí (IoT) pokrýva viac ako len koncept alebo technológiu. Je to nový prístup, ktorý ovplyvňuje vývoj aktuálnych technológií, aplikácií a vízií. Kvôli rozsiahlosti ešte nemáme presnú definíciu pre IoT ako také. Viaceré vedecké články sa zhodujú v tom, že kľúčovým prvkom IoT je prepojenie fyzického a digitálneho sveta pomocou senzorov a aktuátorov. Okrem toho je pre IoT zariadenia dôležité vedieť komunikovať s inými zariadeniami, počítačmi či ľuďmi pomocou počítačovej siete [1] pre následné vykonávanie akcií. Nasledujúca schéma reprezentuje IoT v komunikačnej postupnosti.



Obr.  Schéma reprezentujúca IoT [2]

Popis schémy začneme senzormi a budeme pokračovať v smere toku dát. Senzory sú hardvérové zariadenia, ktoré zbierajú informácie z fyzického sveta a menia ich na digitálny signál. Signál smeruje do mikrokontroléra, ktorý vykonáva lokálne spracovanie. Lokálne spracovanie spočíva v prevode signálu na digitálne dáta. Okrem tohto prevodu môže vykonávať akcie a ihneď ovplyvňovať fyzický svet. Po lokálnom spracovaní sa dáta uložia na lokálne úložisko pre ich budúce analýzy. Keďže hovoríme o internete vecí, tak je na mieste uvažovať o online zdieľaní dát s ostatnými zariadeniami pomocou počítačovej siete. IoT server je zariadenie na sieti, ktoré prijíma dáta zo všetkých senzorov a vykonáva cloud spracovanie. Pozícia cloud spracovania je veľmi podobná lokálnemu spracovaniu. Hlavným rozdielom je množstvo spracovávaných dát. Kým pre lokálne spracovanie máme nízke výkonnostné prostriedky, pri cloud spracovaní sú k dispozícii gigabajty pamäte s výkonnými procesormi. Tie nám umožňujú vykonávať náročné spracovania prijatých dát. Všetky spracované dáta sa následne ukladajú na cloud úložisku. Táto schéma predstavuje potenciál, ktorý IoT poskytuje. V mnohých IoT projektoch sa však stáva, že lokálne spracovanie je úplne vynechávané a všetky nazbierané dáta zo senzorov sa priamo odosielajú na cloud spracovanie.

## Hardvér

Základným stavebným prvkom lokálneho spracovania v IoT je mikrokontrolér, ktorý riadi prácu zariadenia. Na mikrokontrolér sú pripojené senzory, aktuátory a obvody podporujúce komunikáciu s ďalšími zariadeniami. Mikrokontrolér je elektronický čip obsahujúci obvody pre zavedenie a beh softvéru. Menovite to sú RAM, ROM, CPU. Avšak parametre týchto obvodov sú relatívne nízke oproti bežne dostupným počítačom. Napríklad mikrokontrolér ATMEGA328, ktorý používajú aj dosky Arduino, disponuje 32 kB ROM a 2 kB RAM so 16-bitovým 20 MHz CPU v cene približne dvoch dolárov.

**Senzory** sú elektronické súčiastky, pomocou ktorých mikrokontrolér získava informácie o fyzickom svete v digitálnej informácii, napr. odmeraním elektrického odporu. Komunikácia senzora s mikrokontrolérom spočíva v čítaní elektrického napätia, ktoré mikrokontrolér spracuje do digitálnej podoby a prevedie do meraných jednotiek. Napríklad pri meraní elektrického odporu by sme prijaté elektrické napätie prepočítali na digitálnu verziu v ohmoch.

**Aktuátory** sú elektronické súčiastky ovplyvňujúce fyzický svet. Zaraďujeme tu motory, svetlá, reproduktory a pod. Tieto súčiastky sú riadené informáciami prijatými od mikrokontrolérov.

## Softvér

Na riadenie mikrokontroléra je potrebný obslužný softvér napálený v jeho pamäti ROM. Tento softvér je zavedený pri privedení elektrického prúdu do mikrokontroléra. Pomocou neho mikrokontrolér číta hodnoty vstupných pinov (zo senzorov) a riadi výstupné piny (k aktutátorom). Najčastejším programovacím jazykom pre mikrokontroléry je upravená verzia jazyka C. Netreba zabúdať, že mikrokontroléry poskytujú len rádovo 2kB operačnej pamäte pre beh vytvorených programov.

Okrem samotných programov pre mikrokontrolér je dôležitý aj podporný softvér. Podporný softvér slúži programátorom na uľahčenie vývoja. Základom je kompilátor, pomocou, ktorého vieme previesť program. Integrované vývojové prostredia tiež radíme medzi podporný softvér. Jeho hlavnou úlohou je odbremeniť programátorov od opakovaných, krokov a poskytnúť jednoduchú konfiguráciu bez väčšej potreby znalosti celého systému. Integrované vývojové prostredia taktiež veľmi prispievajú k rýchlejšiemu prototypovaniu nových nápadov.

## Mikrokontrolér v porovnaní so single-board počítačom

Hlavnou návrhovou črtou mikrokontroléra je komunikácia so senzormi, aktuátormi a pod. Pre takú komunikáciu je dôležité presné časovanie prenosu signálov a tú nám mikrokontroléry priamo poskytujú. Pri single-board počítačoch je hlavnou črtou vyšší výpočtový výkon za nízku cenu. Výkon na týchto počítačoch sa pohybuje okolo 1GB RAM s ARM 1,2Ghz procesorom. Tieto parametre nám už dovoľujú spustiť na procesore odľahčený operačný systém. Avšak nevýhodou operačných systémov je, že prenechávame časovanie a plánovanie na nich. Preto je priama stabilná komunikácia so senzormi a aktuátormi takmer nemožná. Single-board počítače často poskytujú rôzne mikrokontroléry implementujúce komunikačné protokoly používané v elektronike (napr. I2C). Pomocou nich vieme pomocou single-board počítačov komunikovať so senzormi. Avšak počet takých senzorov na trhu je veľmi nízky.

# Platforma Arduino

Projekt Arduino sa začal v roku 2003 ako program pre študentov v Interaction Design Institute Ivrea v talianskom Ivreu. Vznikol s cieľom poskytnúť lacný a jednoduchý spôsob vytvárania zariadení, ktoré interagujú s prostredím pomocou senzorov a aktuátorov. Bežné príklady takýchto zariadení, určených pre začiatočníkov, zahŕňajú jednoduché roboty, termostaty a detektory pohybu.

Arduino je hardvér a softvér s otvoreným zdrojovým kódom, chránený licenciami GNPL Lesser General Public License (LGPL) a GNU General Public License (GPL). Licencie umožňujú výrobu dosiek Arduino a distribúciu softvéru pre každého. Dosky Arduino sú špecifické vyvedenými pinmi na ich okraji. Toto vyvedenie je kľúčové pre jednoduché prototypovanie embedovaných zariadení. Vďaka štandardizovanému tvaru a vyvedeniu pinov dosky Arduino je možné vytvárať rozširujúce dosky, tzv. Arduino shield. Arduino shield poskytuje rovnaký tvar, rozloženie pinov ako má Arduino doska. Navyše dodáva rôzne funkcionality, či už sú to senzory, aktuátory, alebo kompletné riešenie pre embedovaný systém. Dosky Arduino majú vstavané sériové komunikačné rozhrania, vrátane univerzálnej sériovej zbernice (USB).



Obr.  Doska Arduino (vľavo) [3] a rozširujúca doska shield (vpravo) [4]

Softvérová časť projektu Arduino spočíva v integrovanom vývojovom prostredí (IDE) a programovacom jazyku postavenom na C++. Integrované vývojové prostredie bolo postavené na projekte Language Processing. Keďže väčšina dosiek Arduino má vstavané rozhranie USB, kompilácia s napálením projektu z IDE do zariadenia je záležitosťou jedného kliknutia.



Obr.  Arduino IDE, s vyznačením kompilácie a spustenie.

## Parametre mikrokontroléra

Základným prvkom dosky Arduino je mikrokontrolér. Pri originálnych doskách Arduino sa používajú mikrokontroléry Atmel ATmega. Na čipe mikrokontroléra sa nachádzajú obvody procesora (CPU), operačnej pamäte (RAM), programovej pamäte (ROM) a trvalej pamäte (EEPROM). Pre komunikáciu s ostatnými zariadeniami sú z mikrokontroléra vyvedené vstupno-výstupné piny. Výkonnostné hodnoty týchto parametrov sú pomerne nízke, a preto je potrebné na ne brať ohľad pri návrhu softvéru. Tabuľka č. 1 zobrazuje konkrétne parametre niekoľkých modelov dosiek Arduino pre predstavu nízkych parametrov. Na ilustráciu výkonnostného rozdielu medzi mikrokontrolérom a single-board počítačom sme v poslednom riadku tabuľky vypísali parametre single-board počítača Raspberry PI. Pri single-board počítači si môžeme všimnúť absenciu analógových vstupno-výstupných pinov.

Tab.  Porovnanie parametrov pre rôzne modely dosiek Arduino

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Model Arduino** | **CPU Model** | **ROM (kB)** | **RAM (kB)** | **EEPROM (kB)** | **CPU frekvencia (MHz)** | **Analógové / digitálne piny** |
| UNO | ATmega323P | 32 | 2 | 1 | 16 | 6/14 |
| Mega 2560 | ATmega2560 | 256 | 8 | 4 | 16 | 16/54 |
| Nano | ATmega168 | 16 | 1 | 0,512 | 16 | 8/14 |
| 101 | Intel Curie | 196 | 24 | - | 32 | 6/14 |
| Gemma | ATtiny85 | 8 | 0,5 | 0,5 | 8 | 1/3 |
| Raspberry PI (singe-board) | ARMv8 64bit quad-core | SD slot | 512 MB | SD slot | 1200 | 0/40 |

## Programovanie pre mikrokontroléry

Programovacím jazykom pre mikrokontroléry je najčastejšie istá obdoba vyššieho programovacieho jazyka C++. Tvorcovia mikrokontrolérov vydávajú špecifikácie spolu s kompilátorom tohto programovacieho jazyka. Kompilátory prevádzajú tento jazyk na assembler pracujúci s konkrétnymi registrami a inštrukciami, ktoré sú hardvérovo implementované na použitom mikrokontroléri. Nasledujúci obrázok ukazuje syntax a usporiadanie zdrojového kódu na jednoduchom programe.



Obr.  Rozdelenie zdrojového kódu Arduino príkladového programu

V úvodnej sekcii je vypísaný zoznam knižníc a rozširujúcich súborov, ktoré program bude používať. V ďalšej sekcii sú definované premenné a konštanty ovplyvňujúce beh programu. Taktiež v tejto sekcii môžeme vytvoriť pomocné metódy pre prehľadnejší zdrojový kód. Nasleduje sekcia zavedenia, v ktorej nastavujeme zariadenie na mód, v akom bude pracovať. Piny na mikrokontroléry sú vstupno-výstupné, avšak pre konkrétny program ich spravidla využívame na jeden mód (buď ako vstupné piny, alebo výstupné piny). Pri zavedení môžeme nastaviť aj časovače zariadenia. Arduino UNO disponuje tromi časovačmi. Časovače v nastavenom intervale spustia zadanú sadu inštrukcií. Poslednou sekciou je sekcia behu programu (ďalej loop sekcia). Loop sekcia je cyklicky spúšťaná a predstavuje správanie mikrokontroléra. V tejto sekcii vykonáva mikrokontrolér všetky čítania senzorov a základné lokálne spracovanie zozbieraných dát.

## Existujúce riešenia pre platformu Arduino

Zariadeniam Arduino sa venuje čoraz väčšia komunita. S tým je spojený aj vývoj rôznych frameworkov pre túto platformu, ktorých cieľom je zjednodušiť vývoj pre programátorov. Riešenia, aké sme našli vyhľadávaním na fórach Arduino komunity, sme rozdelili do dvoch kategórií: online a offline riešenia.

**Online** sú riešenia, ktoré do zariadenia nainštalujú zavádzač. Úlohou zavádzača je preposielať všetky údaje zo senzorov na sieť, kde bude vykonané cloud spracovanie. Vo všetkých analyzovaných online riešeniach bola úplne vynechaná časť lokálneho spracovania a uloženie dát. **Offline** sú riešenia bežiace priamo na Arduino zariadení. Tieto riešenia využívajú najmä lokálne spracovanie s lokálnym uložením.

V nasledujúcich sekciách priblížime vybrané existujúce riešenia, ktoré sa svojou povahou najviac približujú nami navrhnutému riešeniu pre programovanie Arduino zariadení.

### Arduino EventManager

Knižnica Arduino EventManager[12] patrí do skupiny offline riešení. Pri využití tejto knižnice sa nevytvára periodicky vykonávaná funkcia loop(). Namiesto nej v inicializačnej funkcii setup() zaregistrujeme obslužné funkcie (callback) a programujeme spracovanie udalostí. Pri registrovaní funkcie určíme konkrétny pin, na ktorého zmenu má byť udalosť vyvolaná.

### Quantum Leaps Modeling Tool

Modelovací nástroj Quantum Leaps Modeling Tool zaradzujeme do skupiny offline riešení. Aplikácie v tomto nástroji modelujeme pomocou stavového automatu. Konečnostavový automat je matematický model výpočtu. Je to abstraktný stroj, ktorý môže byť v danom čase presne v jednom stave z konečného počtu stavov. Konečnostavový automat sa môže zmeniť z jedného stavu na druhý v reakcii na niektoré externé vstupy.

### ARTe (Arduino Real-Time extension)

Rozšírenie Arduino kompilátora ARTe zaradzujeme do skupiny offline riešení. Toto rozšírenie umožňuje vytvorenie viacerých loop sekcií, ktoré sa budú opakovať pseudoparalelne. Vývojári ARTe dosiahli tento pseudoparalelizmus prepísaním implementácie čakacích − delay[[1]](#footnote-1) − metód z aktívneho čakania na pasívne. Program si zapamätá, kde bol delay vyvolaný a spustí ďalšiu časť programu. Ďalšou časťou programu rozumieme ďalšiu loop sekciu od začiatku, respektíve od posledného volania delay funkcie, ak presiahol požadovaný čas čakania.

### Cayenne

Aplikáciu Cayenne[14] zaradzujeme do kategórie online riešení. Na dosku Arduino je nahraná špeciálna aplikácia. Táto aplikácia automatizovane odosiela na servery Cayenne svoj aktuálny stav vstupných pinov. Doska taktiež čaká na inštrukcie zo serverov Cayenne pre nastavenie výstupných pinov. Vo webovom nástroji Cayenne vidíme reálny stav vstupných pinov a dokážeme nastavovať rôzne akcie pre zapnutie výstupných pinov. Príkladom akcie môže byť nasledovný prípad. Ak stúpne teplota (teplotný senzor je na pine 5) nad 30 °C, tak zapni klimatizáciu (zapni 5V na pine 4).

# Komponentové a udalosťami orientované programovanie

S komponentovým a udalosťami orientovaným programovaním sa stretávame najmä pri používateľských aplikáciách na počítačoch, prípadne mobilných zariadeniach. Komponenty v týchto aplikáciách predstavujú jednotlivé grafické prvky zobrazené na obrazovke.

V objektovo orientovanom programovaní je **komponent** považovaný ako znovu použiteľný blok programu, ktorý môže byť kombinovaný s inými komponentami za účelom vytvorenia aplikácie. Príkladmi komponentov sú tlačidlo, posuvník, ale aj tabuľka v grafických používateľských prostrediach. Zdrojový kód komponentu inak nazývaný ako model komponetnu, obvykle poskytuje tieto hlavné typy služieb:

* Vlastnosti komponentu. Vďaka vlastnostiam komponentov je inštancia komponentu rozlíšiteľná v aplikácii od ostatných komponentov rovnakého typu.
* Spracovanie udalostí. Inštancia komponentu má definované vlastné spracovanie udalostí. Napríklad tlačidlo A po udalosti stlačenia uloží obsah pamäte na disk. A iné tlačidlo B po rovnakej udalosti stlačenia nastane zvonenie na komponente reproduktora.

Význam slova v  jazyku je „Výskyt niečoho v určitom čase.“ To isté platí aj pre udalosti v udalosťami orientovanom programovaní [3]. V programovaní sú s udalosťami spojené 3 typy objektov:

* **Zdroj udalosti** je komponent, ktorého zmena vlastností vyvolá udalosť.
* **Udalosť**. Pomenovanie konkrétnej zmeny vlastnosti komponentu.
* **Spracovanie udalosti** je obslužný kód ktorý sa vykoná po vytvorení udalosti.

Spravidla typy komponentov majú definované mená udalostí, ktoré môžu nastať. Pre vyvolanie udalosti komponent sleduje zmeny svojich vlastností. Nasledujúci obrázok znázorňuje prechody medzi jednotlivými stavmi formou automatu. Na šípkach je pomenovanie udalosti, ktorá nastáva pri prechode medzi vyznačenými stavmi. Hrubým kruhom je vyznačený aktuálny stav tlačidla.

obrazok

Obr.  Znázornenie inštancie komponentu typu tlačidlo s automatom pre prechody medzi jednotlivými stavmi.

## Spracovanie udalosti

Aby program mohol spracovávať udalosti, potrebuje na to niekoľko samostatných modulov [2]. Prvým je samotný komponent, ktorý udalosť vyvolá pri zmene jeho stavu. Druhým je metóda alebo objekt, ktorý čaká na vznik udalosti, a následne ju spracuje. Posledným a zároveň najdôležitejším modulom, ktorý prepája prvé dva moduly, je plánovač udalostí. Plánovač udalostí je program, ktorý riadi beh programu prijímaním a  sekvenčným vykonávaním prijatých udalostí. V nasledujúcom obrázku je nákres práce plánovača úloh v čase.

obrazok

Obr.  Práca plánovača úloh s registráciou a vyvolaním udalosti

Na začiatku objekt SpracujUdalost vykoná registráciu na udalosť s názvom stlacenieTlacidla (komponentu Tlacidlo). Registráciu vykoná na plánovači úloh. Ten si do svojej internej pamäte zapíše túto registráciu. Následne, keď používateľ stlačí komponent Tlacidlo, tak komponent zistí zmenu stavu a vytvorí udalosť. Tá je odoslaná na plánovač úloh, ktorý ju zaradí do radu spracovávania úloh. Keď príde na rad, tak plánovač úloh skontroluje zoznam registrácií na udalosti a vyvolá príslušnú udalosť. V ukázanom prípade sa spustí spracovanie udalosti z objektu SpracujUdalost.

# Integrované vývojové prostredie

Integrované vývojové prostredia (IDE) vznikli, aby zjednodušili programovanie aplikácií a informačných systémov. IDE sú navrhnuté tak, aby zahŕňali všetky úlohy spojené s vývojom softvéru v jednej aplikácii. Medzi ne patrí hlavne:

1. editor zdrojového kódu,
2. kompilátor,
3. nástroje automatizácie.

Editor zdrojového kódu je grafický komponent, navrhnutý tak, aby zjednodušil písanie programov. Jeho hlavnou črtou je grafické vyznačovanie kľúčových slov v zdrojovom kóde. V lepších IDE je editor doplnený aj o automatické dokončovanie. Automatické dokončovanie podľa znalosti programovacieho jazyka, ale aj už vytvoreného zdrojového kódu, programátorovi ponúka existujúce metódy či premenné. Úloha integrovaného kompilátora je kľúčová pre IDE, pretože testovanie/spúšťanie programu je vďaka tomu na jedno kliknutie. Medzi nástroje automatizácie radíme rôzne ďalšie rozšírenia, ktoré sú spúšťané napríklad pred kompiláciou programu. Medzi tieto nástroje môžeme zaradiť aj generátor zdrojového kódu, ktorý prevedie podporné súbory IDE do jazyka, v ktorom bude kompilovaný.

## Rapid Application Development

Metodológia stojaca bok po boku integrovaných vývojových prostredí je Rapid application development (RAD). RAD bol navrhnutý ako prístup adaptívneho softvérového vývoja. Odporúča, aby sme kládli menší dôraz na plánovanie a väčší na adaptívne zmeny v softvéri. Taktiež sa odporúča zvýšené používanie prototypov, pretože tie skôr poskytnú spätnú väzbu o výslednom softvéri.

# Architektúra komponentového a udalosťami orientovaného riešenia ACProg

Navrhnuté komponentovo a udalosťami orientované riešenie pre Arduino zariadenia nazývame ACProg. Toto riešenie, podľa kapitoly 2.3, zaradzujeme do kategórie offline riešení. Od bežného programovania Arduino zariadení sa líši hlavne tým, že programátor nepotrebuje programátorsky inicializovať zariadenie. Túto inicializáciu za neho vykoná ACProg generátor pomocou priloženého konfiguračného XML súboru. Konfiguračný XML súbor obsahuje nastavenia modelu Arduina, definovanie projektu ACProg a zoznam komponentov s ich inicializačnými nastaveniami. Na nasledujúcom obrázku ilustrujeme schému použitia ACProg z pohľadu programátora.



Obr.  Priebeh spracovania projektu, riešením ACProg

Súborová štruktúra, v bode 1, zobrazuje dva hlavné projektové súbory. Projekt.xml je konfiguračný súbor projektu, ktorému sa budeme detailnejšie venovať v ďalšej podkapitole. Projekt.ino je zdrojový kód projektu. XML súbor je vstupom do generátora zdrojového kódu. Generátor (bod 2) pomocou konfiguračného súboru vytvorí zdrojový kód komponentov a implementuje základné metódy Arduino programovania setup() a loop(). Vygenerovaný kód je dostupný ako Arduino knižnica (bod 3), ktorá musí byť načítaná v zdrojovom kóde Projekt.ino. Prvý riadok zdrojového kódu bude #include “Project.h“. Vygenerovaná knižnica a súbor zdrojového kódu Projekt.ino je následne vstupom pre Arduino kompilátor (bod 4). Kompilátor vytvorí súbor inštrukcií pre mikrokontrolér na zvolenom modeli Arduino dosky. Tieto inštrukcie môžeme nahrať na mikrokontrolér a vytvorený program spustiť.

## XML konfiguračný súbor

V tejto podkapitole vysvetlíme, ako správne vytvoriť konfiguračný súbor pre generátor projektu ACProg. Na začiatok ukážeme vo vnorenom zozname všetky elementy, s vysvetlením v nasledujúcich odstavcoch. V poslednej sekcii tejto podkapitoly je nami vytvorená ukážková XML konfigurácia pre lepšiu vizuálnu predstavu.

1. Project
   * Program
     + Events – pole elementov
       - Event
   * Components – pole elementov
     + Component
       - Name
       - Type
       - Properties – pole elementov
         * Property
       - Events – pole elementov
         * Event

Hlavným koreňovým elementom XML konfiguračného súboru je project. Povinným atribútom je platform, ktorým určíme model Arduino dosky, pre ktorú budeme vytvárať projekt. Tento atribút slúži pre kontroly použitých harvérových prvkov v nasledujúcich prvkoch konfigurácie a tiež pre nastavenie kompilátora pri kompilácii.

Nasleduúci element program obsahuje číselný atribút watchdog-level, na základe ktorého generátor nastaví hardvérový modul watchdogu na mikrokontroléri. Watchdog je modul, kontrolujúci, či sa program nezasekol v mŕtvej slučke. Ak by detekoval podobnú udalosť, zariadenie samostatne reštartuje. Element program obsahuje pole elementov events, uchovávajúce registrácie na udalosti. Programátor sa tak môže pripojiť na metódy setup() a loop() z bežného programovania Arduino zariadení.

Nasledujúcim elementom konfiguračného súboru je pole inicializácií komponentov components. Pole obsahuje elementy component, tie obsahujú 2 povinné elementy name a type. Element type určuje typ komponentu, aký budeme inicializovať. Element name určuje názov inštancie komponentu, pod ktorým k nemu budeme pristupovať v zdrojovom kóde. Element komponentu ďalej obsahuje pole vlastností properties, pomocou ktorých sa nastavujú počiatočné vlastnosti podľa zvoleného typu komponentu. Posledným elementom komponentu je pole udalostí events, v ktorom registrujeme udalosti, aké komponent dokáže vytvoriť na naše obslužné funkcie.

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>

<**project** platform="ArduinoUno">

<**program** watchdog-level="5">

<**events**>

<**event** name="OnLoop">onLoop</event>

<**event** name="OnStart">onStart</event>

</events>

</program>

<**components**>

<**component**>

<**name**>blinkTimer</name>

<**type**>acp.common.timer</type>

<**properties**>

<property name="Enabled">true</property>

<property name="Interval">1000</property>

</properties>

<**events**>

<**event** name="OnTick">mojeTajneKliknutie</event>

</events>

</component>

</components>

</project>

Obr.  Priebeh spracovania projektu, riešením ACProg

## Generátor knižnice pre Arduino

Pri snahe zachovať syntax a princípy programovania Arduino zariadení sme sa rozhodli nevytvoriť úplne nový programovací jazyk. Vybrali sme sa smerom vytvorenia Arduino knižnice podľa popisu komponentov. Toto vytvorenie sa nazýva generovanie zdrojového kódu. Generátor dostáva na vstupe zoznam komponentov, kde komponenty majú určený typ (modul). Generátor pridá do výslednej knižnice zdrojové kódy komponentu, ak tam ešte nie sú, a pri zavedení vytvorí kód vytvorenia inštancie. Inštancie komponentov sú globálne a používateľ v nich bude môcť priebežne programátorsky meniť konfigurácie. Okrem komponentov generátor vytvorí aj jadro nášho riešenia. Jadro spočíva v inicializácii komponentov a následnom plánovaní vykonávania jednotlivých udalostí. Jadro poskytuje programátorovi aj aplikačné rozhranie na komunikáciu so stálou pamäťou EEPROM.

## Typy komponentov (moduly)

Predpisy typov komponentov sú uložené v repozitári generátora. Repozitár je priečinok uložený na disku. Názov typu komponentu využíva generátor na nájdenie definičného súboru komponentu v súborovej štruktúre repozitára. Názov je delený bodkami, čo pre repozitár znamená delenie po priečinkoch.

Každý typ komponentu potrebuje definičný XML súbor pre generátor. Definičný súbor okrem rozšírenej poznámky o komponente obsahuje aj informácie o súboroch s triedou komponentu a so zoznamom parametrov konštruktora. Ďalej sú v tomto súbore definované názvy všetkých vlastností komponentov a udalostí, ktoré definovaný komponent dokáže vyvolať.

# IDE pre projekt ACProg

Po vzore úspechu projektu Arduino je dôležité vytvoriť k novému riešeniu aj používateľsky prívetivé prostredie. Prostredie, v ktorom programátor nie je nútený poznať celé pozadie projektu ACProg a bude mu stačiť krátky koncepčný popis tohto riešenia. V nasledujúcich podkapitolách priblížime používateľské podmienky na nové integrované vývojové prostredie, predstavíme technológie navrhované pre vytvorenie prostredia a architektúru výsledného projektu. V ďalšej podkapitole sa budeme venovať implementačným krokom, ktoré viedli k naplneniu používateľských požiadaviek.

## Používateľské požiadavky

Pred začatím prác na akomkoľvek informačnom systéme (alebo softvéri) je dobré definovať, čo od neho budeme ako používatelia očakávať. Používateľské požiadavky sme tvorili so znalosťou dnes dostupných integrovaných vývojových prostredí, ako sú Eclipse, NetBeans, ale aj samotné Arduino IDE. Naše používateľské požiadavky na systém sme spísali do nasledujúceho use-case zoznamu:

1. Kompilácia a sputenie projektu
2. Manažment komponentov
3. Ponuka dostupných komponentov
4. Voliteľný UX pre programátora
5. Syntaktická analýza zdrojového kódu

Kľúčovou úlohou týchto softvérov bolo zjednodušiť programátorom spracovanie ich napísaného zdrojového kódu po jeho spustenie. Preto jednou z používateľských požiadaviek je automatizovaná kompilácia a spustenie projektu na doske Arduino (1. use case). Konkrétne splnenie tejto požiadavky stojí za pomerne veľkým úspechom Arduino dosiek vo svete.

Všetky ďalšie požiadavky sú priamo spojené s riešením ACProg uvedeným v 5. kapitole. Z XML konfiguračného súboru už poznáme štruktúru komponentov, a preto ako ďalšiu požiadavku uvádzame používateľsky prívetivý editor pre túto štruktúru (2. use case). Editor, v ktorom po výbere komponentu nám budú ponúknuté len tie vlastnosti a udalosti, aké môže nadobúdať komponent podľa definičného súboru jeho typu. Keď hovoríme o typoch komponentov, tak potrebujeme používateľovi ukázať aj ponuku všetkých dostupných komponentov z ACProg repozitára (3. use case).

Neodmysliteľnou súčasťou IDE je editor zdrojového kódu projektu a možnosť usporiadania prostredia podľa vlastných predstáv (4. use case). Dôležitou požiadavkou na editor je jeho nápomocnosť programátorovi. Tým sa myslí, že by mal dokázať analyzovať vytvorenú konfiguráciu komponentov so zdrojovým kódom a interaktívne napomáhať programátorovi (5. use case). Na začiatok pomoc predstavuje automatizované vytvorenie obslužných funkcií k udalostiam na správnom mieste v zdrojovom kóde alebo ponuka existujúcich funkcií v zdrojovom kóde. Okrem toho sa od editora očakáva aj to, že bude vykonávať aj rozsiahlejšiu analýzu projektu, počnúc kontrolou použitých prostriedkov zvolenej dosky Arduino cez kontrolu potenciálne duplicitného využívania vstupno-výstupných pinov až po kontrolu chýbajúcich povinných konfigurácií projektu. Všetky tieto požiadavky by mali programátorovi pomôcť k rýchlejšiemu prototypovaniu nových zariadení, ale aj k vytvoreniu produkčných zariadení.

### Grafický návrh IDE

Po spísaní používateľských požiadaviek sme navrhli prototyp grafického rozhrania. Prototyp bol určený na otestovanie rozloženia obrazovky tak, aby bolo k dispozícii všetko potrebné práve tam, kde by to programátor hľadal. Inšpiráciu sme čerpali z existujúcich používateľských rozhraní pre tvorbu počítačových Windows Forms aplikácií, konkrétne z programov Microsoft Visual Studio a NetBeans.



Obr. 9 Prototyp integrovaného vývojového prostredia pre ACProg

Na tvorbu prototypu sme vyskúšali rôzne online nástroje (mock-up generátory), avšak ako najlepší nástroj na vytvorenie verného vzhľadu počítačovej formulárovej aplikácie sa osvedčilo Microsoft Visual Studio. Na predchádzajúcom obrázku je nami vytvorený prototyp integrovaného vývojového prostredia.

Základným prvkom prostredia sú karty, pomocou ktorých naplníme používateľskú požiadavku voliteľného UX. Každá karta obsahuje grafický používateľský komponent. Komponenty v grafickom prostredí sú:

* **Component toolbox** – komponent s ponukou dostupných ACProg komponentov, ktorý naplní 3. use case.
* **Designer** – komponent s prehľadom inštancií ACProg komponentov použitých v projekte, ktorý čiastočne naplní 2. use case.
* **Code editor** – komponent určený pre editovanie zdrojového kódu. Tento komponent bude vyvolávať syntaktickú analýzu a prípadné chyby v zdrojovom kóde vyznačí na príslušných riadoch. Komponent naplní 5. use case.
* **Properties** – komponent pre nastavovanie inštančných vlastností ACProg komponentu, zvoleného v grafickom komponente Designer. Grafický komponent Properties v spolupráci s komponentom Designer naplní 2. use case.
* **Horná lišta programu** – komponent s akým sa stretávame v každej apliácii bude okrem bežných položiek, ako sú Pomoc, Súbor, Nastavenia, obsahovať správu projektu (uloženie, vytvorenie), ale aj spustenie generovania kódu s kompiláciou, až po nahratie na dosku Arduino.

## Technologický návrh

Vzhľad a funkčnosť integrovaného vývojového prostredia boli predstavené v predchádzajúcej podkapitole. V tejto podkapitole budeme analyzovať technologické požiadavky prototypu a vyberieme technológie potrebné na implementáciu komponentov z prototypu. Prvou technológiou na zváženie je programovací jazyk. Keďže chceme aby výsledné prostredie bolo multiplatformové tak dobrým riešením je výber jazyka Java. Ďalším argumentom k vybranému jazyku je aj kompatibilita s existujúcim Arduino IDE. S výberom programovacieho jazyka sme potrebovali aj balíčkovací systém pre automatizované sťahovanie rôznych knižníc a zostavenie projektu. Použijeme balíčkovací nástroj Maven.

### Grafický framework Java Swing

Java ponúka dva grafické formulárové frameworky, JavaFX a Swing. JavaFX je pomerne mladý framework oproti Swing-u a v budúcnosti by ho mal nahradiť [7]. Avšak v súčasnosti je mladý vek pre framework JavaFX skôr nevýhodou. Dôvodom je zatiaľ nevybudovaná rozsiahlejšia komunita programátorov. S tým je spojená aj slabšia podpora rôznych štandardných formulárových komponentov. Z toho dôvodu sme sa rozhodli prikloniť sa k frameworku Swing, ktorý má za sebou od roku 1997 veľkú komunitu a rozsiahlu ponuku rozširujúcich modulov. V nasledujúcich sekciách sa pozrieme na ponuku modulov s cieľom výberu vhodných modulov pre rozloženie aplikácie a grafické komponenty z prototypu:

* Code editor
* Properties
* Component toolbox a Designer

### Rozloženie aplikácie - Docking framework

V prototype aplikácie sme navrhli aby sa jednotlivé záložky mohli striedať medzi sebou, meniť svoje rozmery, dokonca aj skryť ak ich práve programátor nepotrebuje. Toto správanie však Java Swing medzi vlastnou ponukou nemá. Preto sme sa pokúsili implementovať rozloženie pomocou bežne dostupných panelov zo Swingu. Hlavným problémom, ktorý nás obmedzoval bolo rozloženie na 4 stĺpce s možnosťou zmeny šírky jednotlivých záložiek. Hlavným dôvodom bola fixná implementácia layoutov vo swingu na 3 panely (BorderLayout). Pri iných layoutoch vo swingu boli problémy s chýbajúcou responzívnosťou na základe veľkosti okna spustenej aplikácie. Preto sme túto implementáciu pod čistým swingom zavrhli a pozreli sa na ponuku dostupných modulov.

Medzi nájdené moduly pre rozloženie aplikácie patria Eclipse Rich Client Platform (RCP), JIDE Docking Framework a DockingFrames. Eclipse RCP je grafická nadstavba na, ktorej je postavené prostredie Eclipse, pri širšej analýze tohto modulu sme zistili, že použitie tohto modulu by pridalo aplikácií zbytočné preťaženie nepotrebnou funkcionalitou. Modul JIDE už bol lepšie navrhnutý a pasoval naším podmienkam viac, keďže naším cieľom je integrované vývojové prostredie poskytovať ako open source systém, tak tento platený modul by sme nemohli použiť. Posledným nájdeným riešením bol DockingFrames. Podobne ako JIDE aj DockingFrames vyhovoval stanoveným grafickým požiadavkám voliteľného UX. DockingFrames je tiež open source projektom, čiže ho môžeme využiť v našom integrovanom vývojovom prostredí.



Obr. 10 DockingFrames ilustrácia ukladania záložiek v okne

### Code editor

### Properties

### Component toolbox a Designer

## Architektúra IDE

Rozdelenie namespacov. Nacrt hlavnych okien a prechody medzi nimi. Popis vlastnosti a spojenia Generatora s IDE.

## Implementácia IDE

### Use case: Manažment komponentov

Spomenut skupinovy zoznam komponentov s presuvanim medzi skupinami. Spomenut aj property editor

### Use case: Ponuka dostupných komponentov

Popis nacitania vsetkych dostupnych komponentov a implementacia vizualnej stranky.

### Use case: Kompilácia a spustenie projektu

Popis prepojenia na generátor, nasledne spustenie kompilacie cez arduino. Pre vystup spomenut konzolu v gui.

### Use case: Syntaktická analýza kódu

Popis vsetkeho co bude hotove

### Use case: Volitelny UX pre programatora

# Vzorové komponenty pre ACProg

## Časovač

## Digitálny výstup

## Digitálny vstup

## Analógový vstup s threshold alert

## Komunikácia pomocou MQTT

## Rádiová komunikácia pomocou 433MHz

Záver

V závere je potrebné v stručnosti zhrnúť dosiahnuté výsledky vo vzťahu k stanoveným cieľom.

Zoznam použitej literatúry

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Giusto, D.; Iera, A.; Morabito, G.; Atzori, L.;, The Internet of Things, 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications, Springer, New York, NY, 2010. |
| [2] | Radovici, A.; Culic, I.; Vaduva, A., „Lecture 1: Introduction to IoT,“ [Online]. Available: https://ocw.cs.pub.ro/courses/iot/courses/01. |
| [3] | Adafruit, „Arduino Uno R3 (Atmega328 - assembled),“ [Online]. Available: https://www.adafruit.com/product/50. |
| [4] | Adafruit, „Ethernet Shield for Arduino - W5500 Chipset,“ [Online]. Available: https://www.adafruit.com/product/2971. |
| [5] | Sharan, K., Beginning Java 8 APIs, Extensions and Libraries, Berkeley, CA: Apress, 2014. |
| [6] | Tilmanis, P.; White, G., Further Programming in Java, Chapter 7: Event-Driven Programming, Melbourne: RMIT University, 2006. |
| [7] | Oracle, „JavaFX Frequently Asked Questions,“ [Online]. Available: http://www.oracle.com/technetwork/java/javafx/overview/faq-1446554.html#6. |

Prílohy

1. CD médium – diplomová práca v elektronickej podobe, prílohy v elektronickej podobe.
2. Používateľská príručka
3. Systémová príručka

Táto časť diplomovej práce je povinná a obsahuje zoznam všetkých príloh vrátané elektronických nosičov. Názvy príloh v zozname musia byt’ zhodné s názvami uvedenými na príslušných prílohách. Tlačené prílohy majú na prvej strane identifikačné údaje – informácie zhodné s titulnou stranou diplomovej práce doplnené o názov príslušnej prílohy (Systémová príručka, Používateľská príručka). Identifikačné údaje sú aj na priložených diskoch alebo disketách. Ak je médií viac, sú označené aj číselne v tvare I/N, kde I je poradové číslo a N je celkový počet daných médií.

Každá príloha začína na novej strane a je označená samostatným písmenom alebo číslom (Príloha A, Príloha B, ... alebo Príloha 1, Príloha 2, ...). Číslovanie strán príloh nadväzuje na číslovanie strán v hlavnom texte.

1. delay(int microseconds) funkcia implementuje čakanie procesora zadaný počet mikrosekúnd. Tradičný kompilátor Arduino implementuje aktívne čakanie. [↑](#footnote-ref-1)