

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2022**

**Josef Jurica**

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**RFID EVIDENČNÍ A MĚŘICÍ SYSTÉM SPORTOVNÍCH  
ZÁVODŮ**

Josef Jurica

Bakalářská práce

2022

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Josef Jurica**  
Osobní číslo: **I18078**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Řízení procesů**  
Téma práce: **RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů**  
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

### Zásady pro vypracování

Cílem práce je návrh a realizace elektronického evidenčního a měřicího systému s využitím RFID technologie. Systém bude sloužit k evidenci účastníků sportovních závodů, monitorování a kontrole jejich pohybu sportovištěm a příslušným vyhodnocováním jejich sportovních výkonů. Zpracované a naměřené informace z elektronické jednotky budou k dispozici například ve formě textového souboru uloženého na vestavěnou paměťovou SD kartu. Činnost jednotky bude řízena vybraným typem jednočipového mikropočítače. Komunikace mezi RFID jednotkou a nadřazeným systémem, osobním počítačem, bude realizována ve formě obslužného programu. Obslužný program osobního počítače bude realizován ve zvoleném programovacím jazyce (např. C#). K realizaci hardware RFID jednotky lze použít standardní vývojové moduly s mikropočítačem (např. modul Arduino, vývojový kit EVB 5.1 atp.). Součástí práce bude řešerše na zadané téma, podrobná výrobní dokumentace, uživatelský manuál realizované konstrukce a zdrojové kódy firmware mikropočítače a řídicího software osobního počítače.

Rozsah pracovní zprávy: **50**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

MATOUŠEK, D., Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR-3.díl, edice uP a praxe, 2. vydání, BEN – technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4  
ZÁHLAVA, V., Návrh a konstrukce DPS, BEN-technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-266-4  
MAIXNER, L. a kol., Mechatronika, Brno, Computer Press, 2006, ISBN 80-251-1299-3

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**  
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **27. listopadu 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2021**

L.S.

---

**Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Daniel Honc, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. ledna 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnici Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 1. 2. 2022

Josef Jurica

## **Poděkování**

Děkuji panu Ing. Liboru Havlíčkovi, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za odborné vedení a cenné připomínky při zpracování bakalářské práce.

Současně děkuji mému bratroví, Bc. Janu Juricovi, za pomoc při řešení technických problémů a své matce za podporu.

V Pardubicích dne 1. 2. 2022

Josef Jurica

## **ANOTACE**

*Zařízení sestavené a naprogramované pro účely bakalářské práce je RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů. Jinými slovy se jedná o automatickou časomíru, která ukládá výsledky do textových dokumentů. Zařízení rozpoznává závodníky pomocí RFID čtečky, jelikož každý závodník má své RFID čipové hodinky připevněné na ruce. Řešení v této bakalářské práci je levnou alternativou k již existujícím dražším měřicím zařízením.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*měření závodů, automatická časomíra, RFID čipové hodinky, Arduino Mega 2560*

## **TITLE**

***RFID REGISTRATION AND MEASURING SYSTEM FOR SPORTS COMPETITIONS***

## **ANNOTATION**

*The device assembled and programmed for a bachelor's thesis is an RFID registration and measuring system for sports competitions. In other words, it is an automatic timer which saves the results to text documents. The device recognizes competitors using RFID readers, because each competitor has his RFID chip watch attached to his hand. The solution in this bachelor's thesis is a cheap alternative to the already more expensive measuring equipment.*

## **KEYWORDS**

*measuring races, automatic timer, RFID chip watch, Arduino Mega 2560*

## OBSAH

Seznam zkratk a značek .....	9
Seznam ilustrací .....	10
Seznam tabulek .....	11
Úvod .....	12
1 Způsoby měření závodů .....	13
1.1 Ruční měření závodů .....	13
1.2 Poloautomatické měření závodů .....	13
1.3 Automatické měření závodů .....	14
1.4 RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů popsaný v této práci .....	15
2 RFID čip .....	16
2.1 Konstrukce RFID čipu .....	16
2.2 Paměť RFID čipu .....	16
2.3 Komunikace RFID čipu .....	16
2.3.1 Induktivní spojení .....	16
2.3.2 Princip „EM backscatteru“ .....	17
2.4 Aktivní a pasivní RFID čip .....	17
2.5 Frekvenční oblasti RFID čipů .....	17
2.5.1 Nízká frekvence .....	17
2.5.2 Vysoká frekvence .....	18
2.5.3 Ultra krátké vln .....	18
2.6 Použitá RFID čtečka a čipy v bakalářské práci .....	18
2.7 RFID čtečka – UART rozhraní .....	19
3 Arduino modul pro microSD kartu .....	21
3.1 Arduino modul pro microSD kartu - Sériová komunikace SPI .....	22
3.1.1 Tři linky společné pro všechna zařízení .....	22
3.1.2 Jedna linka specifická pro každé zařízení .....	22



3.2	Zapojení na Arduino Mega 2560 .....	22
3.3	Použití SD karty jako záloha výsledků .....	23
4	RTC – modul reálného času DS3231 pro Arduino .....	24
4.1	Rozhraní IIC a modul reálného času DS3231 pro Arduino .....	24
4.2	Akustický bzučák .....	26
5	RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů .....	27
5.1	Návod k použití RFID evidenčního a měřicího systému sportovních závodů .....	27
5.2	Vývojový diagram RFID evidenčního a měřicího systému sportovních závodů pro Arduino .....	30
5.3	Schéma zapojení RFID evidenčního a měřicího systému sportovních závodů .....	41
5.4	Obrázek RFID evidenčního a měřicího systému sportovních závodů .....	44
6	Závěr .....	45

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

HF	high frequency, vysoká frekvence
Hz	hertz, základní jednotka frekvence
LF	low frequency, nízká frekvence
ms	milisekunda, tisícina sekundy
RFID	Radio Frequency Identification neboli rádio frekvenční identifikace
SPI	Serial Peripheral Interface, typ komunikačního rozhraní
UHF	ultra high frequency, ultra krátké vlny
UID	unique ID, unikátní ID, unikátní identifikační číslo

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 2.1 - RFID čtečka .....	19
Obrázek 2.2 - RFID čipové hodinky .....	19
Obrázek 3.1 - Čtečka SD karet s vloženou microSD kartou .....	21
Obrázek 4.2 - Modul reálného času DS3231 s baterií LIR2032 .....	25
Obrázek 4.1 - Modul reálného času DS3231 .....	25
Obrázek 4.3 - Modul akustického bzučáku .....	26
Obrázek 5.1 - Počítačové rozhraní .....	29
Obrázek 5.2 - Počítačové rozhraní – údaje z databáze .....	29
Obrázek 5.3 - Počítačové rozhraní – úprava výsledků .....	29
Obrázek 5.4 - Vývojový diagram – hlavní programová větev .....	30
Obrázek 5.5 - Vývojový diagram – setup .....	32
Obrázek 5.6 - Vývojový diagram – loop .....	33
Obrázek 5.7 - Vývojový diagram – restartCtecka .....	34
Obrázek 5.8 - Vývojový diagram – záznam .....	35
Obrázek 5.9 - Vývojový diagram – závodníci .....	36
Obrázek 5.10 - Vývojový diagram – setDS3231time .....	37
Obrázek 5.11 - Vývojový diagram – readDS3231time .....	38
Obrázek 5.12 - Vývojový diagram – displayTime .....	39
Obrázek 5.13 - Vývojový diagram – saveTime .....	40
Obrázek 5.14 - Vývojový diagram – bzučák .....	41
Obrázek 5.15 - Schéma zapojení zařízení .....	42
Obrázek 5.17 - RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů 2 .....	44
Obrázek 5.16 - RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů 1 .....	44

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 3.1 - Piny pro SPI na různých typech jednočipových počítačů .....	23
---	----

## ÚVOD

V dnešní době se organizuje více a více běžeckých, překážkových, triatlonových a dalších podobných závodů. Organizátoři těchto závodů se snaží snížit finanční náklady na závody, ale zároveň zamezit co nejvíce chybám ve výsledcích, proto je řešení automatické časomíry v dnešní době určitý standard pro měření časů a zpracování výsledků závodu. Pokud se ale jedná o malé závody, tak se organizátor snaží držet cenu startovního co nejnižší. Zaplacení externí firmy na malých závodech tedy nepřichází v úvahu. U externí firmy je výhoda, že si doveze své vybavení, to znamená cílové brány, koberec s anténou, čipy a tak podobně. Organizátor si může samozřejmě vybavení na automatickou časomíru koupit, naučit se s ním pracovat a díky tomu ušetřit peníze za personál externí firmy. Nákup značkové automatické časomíry se pohybuje v řádu stovek tisíc korun. Dokonce i nákup méně známých značek, například z Číny, se pohybuje v řádu desítek tisíc korun. Jestliže organizátor pořádá málo závodů do roka, nebo jsou závody malé vzhledem k počtu účastníků na závodech, koupě tradiční automatické časomíry se mu nevyplatí. Proto byla vytvořena tato bakalářská práce, která nabízí řešení v řádu tří až čtyř tisíc korun se značkovým mikropočítačem Arduino Mega 2560 a značkovými komponenty k Arduino. Kdyby se jednalo o součástky z Číny, cena by byla o dost menší.

# 1 ZPŮSOBY MĚŘENÍ ZÁVODŮ

V dnešní době existuje několik různých řešení pro měření času závodů, od ručního měření a zapisování na papír, přes poloautomatické měření, kdy časoměřič má například aplikaci v tabletu, kde musí mačkat stop tlačítko a zapsat číslo závodníka. Nejnovější a nejpohodlnější měření z pohledu lidské práce, je automatická časomíra. Při automatické časomíře má závodník RFID čip na noze, ruce nebo závodním čísle, který se při proběhnutí cílem sejme pomocí antény nebo koberce.

Při měření závodů je dobré mít pojistku, kdyby náhodou měření selhalo. Například v podobě kamery, která bude natáčet cíl po celou dobu závodu, nebo aspoň po celou dobu, kdy závodníci vbíhají do cíle.

## 1.1 RUČNÍ MĚŘENÍ ZÁVODŮ

Ruční měření je nejstarší měření závodů. Měření se provádí pomocí stopek, a když závodník proběhne cílem, tak časoměřič stiskne stopky, zapíše čas a jméno nebo číslo závodníka. Před vynalezením stopek se měřil čas pomocí přesýpacích hodin. Od té doby se mnohé událo. První stopky byli ručičkové, které mají nevýhodu pomalejšího odečítání hodnoty z ciferníku a větší pravděpodobnost chyby při čtení hodnoty. V dnešní době je mnoho lidí zvyklých na digitální stopky a hodiny, takže někteří lidé by měli problém odečíst hodnotu. Digitální stopky mají výhodu v jednodušším odečítání času. Chyba u měření závodů pomocí ručního měření (stopek) může nastat při stopnutí času ve špatnou chvíli časoměřičem nebo špatné zapsání času na papír. Nevýhodou při měření závodů tímto způsobem jsou větší náklady, z důvodu placení časoměřičů a zapisovačů časů. Další nevýhodou ručního měření je vyhodnocování výsledků dle kategorií, protože je potřeba porovnávat výsledky ručně, což trvá déle, než kdyby to dělal počítač.

## 1.2 POLOAUTOMATICKÉ MĚŘENÍ ZÁVODŮ

Při poloautomatickém měření musíme většinou zapisovat číslo závodníka, ale zapsání času a vyhodnocení výsledků za nás dělá program.

V praxi to probíhá tak, že máme aplikaci v mobilu, tabletu nebo na počítači. Při proběhnutí závodníka cílovou čárou stiskneme tlačítko pro zapsání času, objeví se textové pole pro zapsání čísla závodníka, které má závodník připnuté pomocí připínacích špendlíků na oblečení, nebo je číslo přichycené na gumě, kterou má závodník kolem pasu.

Toto řešení je v dnešní době hodně užíváno na menších závodech nebo na závodech, které nejsou tak prestižní, protože je to velmi levné řešení měření závodů. Jednoduché aplikace se dají sehnat i zadarmo, ale nejsou programované přímo na daný typ závodu. Díky tomu, že jsou výsledky ukládány rovnou v elektronické podobě, můžeme je i pomocí programu vyhodnotit. Většinou aplikace umožňuje vyhodnocovat podle kategorií, pohlaví, atd. Výhodou oproti ručnímu měření je, že se nemusí zapisovat čas a vyhodnocení výsledků za nás dělá program, což nám ušetří spoustu času. Další výhodou je při hledání výsledků závodníka, stačí v aplikaci zadat jeho jméno, závodník se vyhledá v databázi a vypíše se nám jeho čas, kategorie, číslo, atd., nemusíme závodníka tedy hledat v papírech, to bychom museli dělat při ručním měření.

### **1.3 AUTOMATICKÉ MĚŘENÍ ZÁVODŮ**

Tento způsob měření závodů by měl být nejpřesnější, pokud technika neselže. Je totiž odstraněná chyba lidského faktoru, nemusíme tedy zapisovat ani cílový čas ani číslo závodníka. Tyto údaje za nás zapíše program. Závodníkovi je přidělený RFID čip a každý RFID čip má své UID, tzn. Unique ID, neboli číslo, které je jedinečné pro každý RFID čip. Cíl je tvořen úzkým kobercem, který má silný přijímač. Závodník si připevní čip na kotník, aby když proběhne cílovou čarou, tak aby byl co nejbližší přijímači. Další způsob je cílová brána s přijímací anténou, tím pádem je jedno, jestli máme RFID čip na noze nebo ruce.

Na všech prestižnějších závodech se měří automatickým měřením z důvodu přesnosti. Zároveň když běží velký počet závodníků do cíle, tak by se to ručním ani poloautomatickým měřením nedalo změřit. Nevýhodou automatického měření závodů je cena. Většinou organizátor tento typ měřicí techniky, myšleno RFID čipy a přijímací koberec nebo brána, nevlastní.

Je to z důvodu ceny, která se pohybuje v řádu až sto tisíc korun a z Číny je možné sehnat zařízení na automatické měření přibližně od 30 tisíc korun. Cena se bude lišit podle toho, zda budeme kupovat koberec nebo bránu, která je dražší. Dále se cena bude odvíjet od množství pořízených RFID čipů. Z důvodu vysoké ceny se vyplatí organizátorům koupit vlastní čipovou časomíru, jen pokud organizují sérii prestižních závodů. Ale zároveň se musejí s čipovou časomírou naučit pracovat, protože se jedná o poměrně složité zařízení, proto existuje na českém trhu spousta firem, které vlastní čipové časomíry, a zároveň poskytují pořadatelům servis v podobě měření závodu a zpracování výsledků. Ceny se liší podle počtu startujících závodníků a časové délky závodu.

## 1.4 RFID EVIDENČNÍ A MĚŘICÍ SYSTÉM SPORTOVNÍCH ZÁVODŮ POPSANÝ V TÉTO PRÁCI

RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů, popsaný v této práci, je automatické měřicí a evidenční zařízení, tedy nikdo nemusí u zařízení být a zapisovat čísla závodníků nebo čas. Samozřejmě z důvodu kontroly sedí pověřená osoba za počítačem a kontroluje přes počítačové rozhraní doběhnuté závodníky a v případě potřeby upravuje výsledky, restartuje čtečku RFID nebo restartuje celé zařízení. Každý závodník má pasivní RFID čipové hodinky pracující na frekvenci 13,56 MHz. Závod se odstartuje a na zařízení spustíme mód pro zapnutí času a ukládání výsledků do textového souboru na microSD kartě, která nám slouží pro zálohu dat. Hlavní výsledky se zasílají do počítačového rozhraní, kde je můžeme následně uložit do textového souboru v počítači. Zařízení je umístěné v cíli závodu. Každému závodníkovi se po přiložení čipu k čtečce RFID pro frekvenci 13,56 MHz stopne čas a запиše výsledek do souboru "celkove.txt" na microSD kartě. Na microSD kartě jsou výsledky uloženy ve formátu tag RFID čipových hodinek v šestnáctkové číselné soustavě a čas, například 12E567DB, 1:00:21. Při přiložení čipu se odešle čas závodníka a tag RFID čipových hodinek do počítače, ve kterém máme uloženou databázi závodníků. Díky databázi závodníků přiřadí počítačové rozhraní k tagu RFID čipových hodinek vlastnosti závodníka, který je má na ruce. Vlastnostmi je myšleno jméno a kategorie.

Pokud nedojde k technické závadě na zařízení, tak pořadatelé mají změřeni a vyhodnocení výsledků hotové a nemusí tomu věnovat žádný čas. Na konci závodu nesmíme zapomenout uložit výsledky do textového souboru. Z důvodu možné technické závady, ke které může dojít u jakéhokoliv zařízení, protože žádné zařízení nefunguje na sto procent, doporučuji umístit do místa cíle kameru, která bude dělat záznam dobíhajících závodníků.



## 2 RFID ČIP

Zkratka RFID je z anglického originálu Radio Frequency Identification a znamená to v překladu rádio-frekvenční identifikace. Tato technologie dělá bezkontaktní výměnu dat mezi transpondérem RFID a RFID zapisovačkou/ čtečkou. Transpondér je vysílač RFID signálu, to jsou například čipové hodinky, karty, přívěšky, atd. RFID zapisovačka/čtečka vytváří elektromagnetické pole. Když se v tomto poli nachází RFID transpondér, tak může probíhat výměna dat, tzn. načíst informace z RFID čipu nebo uložit nové údaje na RFID čip.

### 2.1 KONSTRUKCE RFID ČIPU

RFID čipy jsou na trhu téměř ve všech tvarech, materiálech, velikostech a barvách. Jeho specifikace záleží na místě a způsobu využití RFID čipu. Společným prvkem všech RFID čipů je vnitřek. Vnitřek se skládá ze dvou částí, minimálně jeden mikročip a jedna tištěná, složená nebo leptaná anténa. **Vnitřku RFID čipu, mikročipu a anténě, se říká Inlay.** Inlay je velmi citlivý, a tudíž ho moc nejde zatěžovat mechanickými, teplotními či chemickými vlivy. Je tedy zapotřebí, aby byl obal těchto elektronických součástí uzpůsoben příslušnému použití.

### 2.2 PAMĚŤ RFID ČIPU

Velikost paměti RFID čipu závisí na použití. Běžně dostupné velikosti paměti jsou mezi 4 B až 8 kB. V nejjednodušším případě, což se většinou týká elektronického zajištění položek, můžeme využít dokonce paměti o velikosti 1 bit. Například pomocí 4 bytové paměti lze uložit pouze jedno jednoznačné číslo, Unique ID, zkráceně UID, a pomocí 8 kB je možné uložit 4 stránky strojopisu, složené z 30 řádků po 60 znacích, to znamená 4 normostrany. RFID čip má i jiné funkce, než jen ukládat data. Například ochrana proti přepsání, oprávnění zabezpečená PIN kódem, zakódování obsahu dat, atd.

### 2.3 KOMUNIKACE RFID ČIPU

#### 2.3.1 Induktivní spojení

Komunikace pro nízkofrekvenční a vysokofrekvenční RFID čipy spočívá v principu induktivního spojení. Vysílačka emituje prostřednictvím anténové cívky elektromagnetické pole, které je zachyceno RFID čipem. Pomocí elektromagnetického pole je do RFID čipové antény indukován proud, který dodává energii, pomocí níž je RFID čip poháněn. Díky cílenému

a načasovanému tlumení proudu prostřednictvím spínacích okruhů v čipu lze vyslat vlastní signál. Tato změna pole je zachycena vysílačkou a slouží k digitální komunikaci.

### **2.3.2 Princip „EM backscatteru“**

Princip „EM backscatteru“ je pro RFID čip frekvence UHF, Ultra krátké vlny. Vysílačka emituje prostřednictvím elektromagnetické cívky pole, které je zachyceno RFID čipem. Elektromagnetické pole indukuje v anténě čipu napětí. Toto napětí dodává energii, pomocí níž je čip poháněn. RFID čip provádí modulace nosného signálu, které jsou pro účely komunikace zachyceny vysílačkou.

## **2.4 AKTIVNÍ A PASIVNÍ RFID ČIP**

**Aktivní RFID čipy** disponují vlastním systémem pro zásobování energie, mají např. integrovanou baterii. Mohou přenášet data na větší vzdálenost (až 100 m).

**Pasivní RFID čipy** získávají energii na přenos dat pouze z elektromagnetického pole RFID zapisovačky/čtečky.

Jako mezistupeň jsou polo-aktivní neboli polo-pasivní čipy, které sice mají vlastní zdroj energie, ale nefungují jako vysílačka. RFID čip je zásobován elektřinou z baterie, proto není zapotřebí ubírat výkonu elektromagnetického pole. Odpověď je podávána formou modulace pole, které tak není opakovaně zesíleno.

## **2.5 FREKVENČNÍ OBLASTI RFID ČIPŮ**

### **2.5.1 Nízká frekvence**

Pro pásma nízké frekvence je anglická zkratka LF, neboli Low Frequency. Běžná frekvence je 125 kHz. Je to volně přístupné frekvenční pásmo vyznačující se nízkými rychlostmi přenosu dat a odstupy. Konstrukce těchto systémů je většinou cenově výhodná a jednoduchá na obsluhu. Není zapotřebí přihláška ani poplatky. RFID čip využívá blízké pole elektromagnetických vln a je pasivně zásobovaný energií z induktivního spojení. Výhoda je, že RFID čip v tomto frekvenčním pásmu je relativně odolný a vliv kovů či kapalin není velký. Z tohoto důvodu se nízkofrekvenční RFID čipy používají například k identifikaci zvířat.

## 2.5.2 Vysoká frekvence

Pro pásma vysoké frekvence je anglická zkratka HF, neboli High Frequency. Běžná frekvence je 13,56 MHz. Vysoká frekvence se používá univerzálně. Vyznačuje se vysokými rychlostmi přenosu dat a vysokou frekvencí taktu. Má krátkou délku vlny, pro jejíž účely postačí pouze několik málo ovinů antény. RFID čipové antény mohou být tedy menší a jednodušší.

Je možné použít leptané nebo tištěné antény. To znamená, že Inlay, mikročip a anténa, je možno dodávat v podobě velmi dlouhých fólií. To nám výrazně usnadňuje zpracování, pokud jde o velké počty kusů.

## 2.5.3 Ultra krátké vln

Pro pásmo je anglická zkratka UHF, neboli Ultra High Frequency. Běžná frekvence je 860 až 950 MHz. Tyto systémy mají velmi vysokou rychlost přenosu dat a velmi vysoký dosah. Díky kratší délce vln postačí jako anténa dipól namísto cívky. Také RFID čipy UHF se primárně vyrábí za využití fólií, což usnadňuje další zpracování, pokud jde o velké počty kusů. Některá frekvenční pásma ve spektru mikrovlň ještě nejsou cenově výhodně zpřístupněna, však mohou také podléhat lokálním omezením přístupu. Například frekvenční pásmo FCC UHF okolo 915 MHz v Evropě dosud není povoleno, ale v současné době probíhají diskuze o zpřístupnění části tohoto frekvenčního pásma pro účely RFID.

## 2.6 POUŽITÁ RFID ČTEČKA A ČIPY V BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

RFID čipy použité v bakalářské práci jsou zakoupeny z internetového obchodu (*Identifikační náramky*, 2022). Čipy pracují na frekvenci 13,56 MHz, jsou vysokofrekvenční. Použitá RFID čtečka byla zakoupena na internetovém obchodu (*RFID IC čtečka karet 13.56MHz*, 2022). Jedná se o RFID čtečku 13,56MHz – modul pro Arduino PN532 NFC. Efektivní komunikační vzdálenost má až 3 cm. Podporuje přenos dat pomocí SPI, IIC a UART. Lze ji použít i pro bezkontaktní komunikaci na krátkou vzdálenost. V této práci je použité rozhraní UART, viz Obrázek 5.15.

## 2.7 RFID ČTEČKA – UART ROZHRANÍ



Obrázek 2.1 - RFID čtečka



Obrázek 2.2 - RFID čipové hodinky

UART je zkratka z anglického jazyka Universal Asynchronous Receiver and Transmitter. Jedná se o asynchronní sériové rozhraní pro komunikaci v obou směrech, tomu se říká odborně plný duplex. K přenosu dat používá rámce o velikosti 5 až 9 bitů. Jednotlivé rámce jsou od sebe odděleny jedním start bitem a jedním nebo dvěma stop bity. Někdy bývá součástí rámce paritní bit pro kontrolu rámce. Rychlost přenosu dat je od 1200 b/s až 250 kb/s.

Anglická slova z názvu Receiver and Transmitter znamenají přijímač a vysílač. Tento název nám napovídá, kolik přenosových linek pro komunikaci potřebujeme. Potřebujeme tedy 2 linky pro komunikaci, jednu pro RX a druhou pro TX. Pin RX z RFID čtečky zapojíme do pinu TX1 na Arduino Mega 2560, to je pin 18. A pin TX z RFID čtečky zapojíme do pinu RX1 na Arduino Mega 2560, to je pin 19. Zjednodušeně piny RX a TX z RFID čtečky zapojíme křížem k pinům na Arduino Mega 2560. Pro lepší vysvětlení se podívejte na Obrázek 5.15.

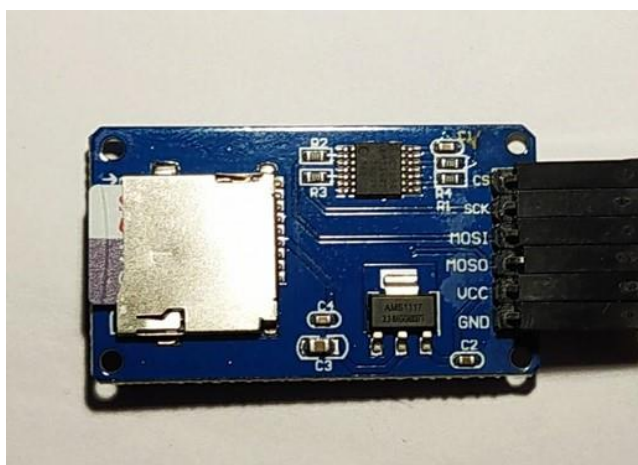
Na některých modulech Arduina jsou piny dRX a dTX. Malé **d** znamená direction, to znamená anglicky směr. V tomto případě nespojujeme linky křížem, ale pin dRX na modulu spojujeme s pinem RX na Arduinu a pin dTX na modulu spojujeme s pinem TX na Arduinu.

### 3 ARDUINO MODUL PRO MICROSD KARTU

Ukládání dat na microSD kartu se provádí pomocí modulu Arduino čtečky pro microSD karty, která pro komunikaci s Arduinem používá sériové rozhraní SPI, Serial Peripheral Interface. Rozhraní pro komunikaci má celkem 4 piny **MISO, MOSI, SCK, CS**.

Dříve než můžeme použít microSD kartu, je potřeba si ji připravit, to znamená v počítači kartu formátovat. Formátování se dělá vložením microSD karty do počítače, kliknutím pravým tlačítkem na kartu a dát formátovat. Hlavní je nastavit kolonku "Systém souborů", kde **musí být nastaveno FAT nebo FAT32**. Díky tomuto nastavení je možné použít **knihovny z Arduina IDE**, které jsou ve výchozím nastavení vývojového prostředí Arduino. V textovém poli jmenovka svazku lze nastavit název microSD karty a nakonec zaškrtnout položku rychlé formátování.

Pro práci s microSD kartou jsou potřeba 2 knihovny, které jsou defaultně v Arduino IDE, takže je není potřeba hledat a stahovat z internetu. Linka SS, Slave Select, se při SPI komunikaci normálně používá, ale při Arduino modulu pro microSD karty ji nepotřebujeme, ale pin SS na Arduinu musí být **nastavený jako OUTPUT**, i když se nepoužívá. **Arduino IDE knihovna používá 8.3 formát**. To znamená, že **název souboru může mít maximálně 8 znaků a přípona souboru maximálně 3 znaky**, například 12345678.TXT nebo CELKOVE.TXT. Název a příponu zde uvádím velkými písmeny, protože se na microSD kartu soubor ukládá pod názvem s velkými písmeny, i když je v kódu název s malými písmeny. Dále je potřeba dodržet název bez háčeků a čárek, soubor se totiž jinak nevytvoří.



Obrázek 3.1 - Čtečka SD karet s vloženou microSD kartou

Na plošném spoji modulu pro čtení microSD karet, použitého v této bakalářské práci, je chyba v popisu datových linek. Místo MISO je na plošném spoji napsáno MOSO.

## **3.1 ARDUINO MODUL PRO MICROSD KARTU - SÉRIOVÁ KOMUNIKACE SPI**

### **3.1.1 Tři linky společné pro všechna zařízení**

První linka je MISO, to je anglická zkratka Master In Slave Out. Znamená to, že zařízení slave, modul pro čtení microSD karet, odesílá data do zařízení masteru, Arduino Mega 2560.

Druhá linka je MOSI, to je anglická zkratka Master Out Slave In. Znamená to, že zařízení master, Arduino Mega 2560, odesílá data do zařízení slave, modul pro čtení microSD karet.

Třetí linka je SCK, to je anglická zkratka Serial Clock. Tato linka vysílá hodinové pulsy, které synchronizují přenos dat.

### **3.1.2 Jedna linka specifická pro každé zařízení**

Specifická linka se jmenuje SS, je to anglická zkratka Slave Select. Tuto linku má každé zařízení, díky ní může zařízení master, Arduino Mega 2560, rozhodovat, se kterým zařízením chce komunikovat.

Když je pin SS zařízení 0, probíhá komunikace se zařízením master Arduino Mega 2560. Když je pin SS zařízení 1, nekomunikuje se zařízením master, Arduino Mega 2560. To nám umožňuje mít více zařízení SPI, sdílejících stejné datové linky MISO, MOSI a CLK.

## **3.2 ZAPOJENÍ NA ARDUINO MEGA 2560**

V této bakalářské práci je použit jednočipový mikropočítač Arduino Mega 2560 z důvodu velkého množství vstupů a výstupů. Každý mikropočítač má své specifické piny pro MISO, MOSI, SCK a CS. Tyto vstupy lze najít v datasheetu nebo na internetu.

Tabulka 3.1 - Piny pro SPI na různých typech jednočipových počítačů  
(Arduino - SPI . Arduino - Home, 2019)

Arduino nebo Genuino deska	MOSI	MISO	SCK	SS (slave)	SS (master)	Level
Uno nebo Duemilanove	11 nebo ICSP-4	12 nebo ICSP-1	13 nebo ICSP-3	10	-	5 V
<b>Mega1280 nebo Mega2560</b>	<b>51 nebo ICSP-4</b>	<b>50 nebo ICSP-1</b>	<b>52 nebo ICSP- 3</b>	<b>53</b>	-	<b>5 V</b>
Leonardo	ICSP-4	ICSP-1	ICSP-3	-	-	5 V
Due	SPI-4	SPI-1	SPI-3	-	4, 10, 52	3,3 V
Zero	ICSP-4	ICSP-1	ICSP-3	-	-	3,3 V
101	11 nebo ICSP-4	12 nebo ICSP-1	13 nebo ICSP-3	10	10	3,3 V
MKR1000	8	10	9	-	-	3,3 V

Z tabulky lze vyčíst, že pro jednočipový mikropočítač Arduino Mega 2560, je potřeba připojit výstup MOSI z čtečky microSD karet na vstupní pin 51 Arduina Mega 2560, výstup MISO z čtečky microSD karet na vstupní pin 50 Arduina Mega 2560, výstup SCK z čtečky microSD karet na vstupní pin 52 Arduina Mega 2560 a výstup SS z čtečky microSD karet na vstupní pin 53 Arduina Mega 2560. Schéma zapojení čtečky microSD je na Obrázek 5.15.

### 3.3 POUŽITÍ SD KARTY JAKO ZÁLOHA VÝSLEDKŮ

V módu záznamu se používá microSD karta jako úložiště výsledků. Když doběhne závodník do cíle a přiloží svoje RFID čipové hodinky k RFID čtečce, čtečka sejme a uloží do proměnné tag RFID čipových hodinek. Ve stejnou chvíli, kdy čtečka registruje čip, vyšle Arduino Mega 2560 žádost na modul RTC, tzn. Real Time Clock, aby získal čas závodníka. Když víme tag RFID čipových hodinek závodníka a čas závodníka, tak už máme všechny potřebné údaje. Celkové výsledky jsou ukládány do textového dokumentu CELKOVE.TXT. Každý nový záznam je uložen na konec textového dokumentu na nový řádek. Pokaždé, když se spustí nový závod, tak se soubor na začátku vymaže, aby se nám nesmíchaly výsledky z předchozího závodu.



## 4 RTC – MODUL REÁLNÉHO ČASU DS3231 PRO ARDUINO

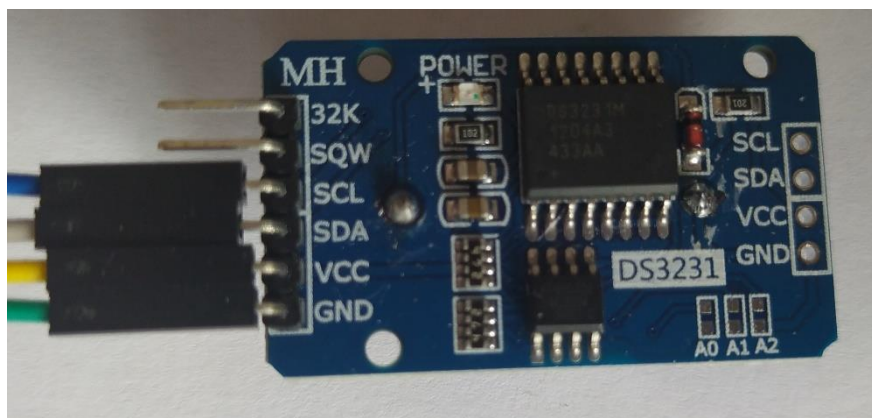
Reálný čas je zkráceně RTC, to je zkratka z anglického Real Time Clock. Tento modul je extrémně přesný oproti modulu DS1307. Přesnost je dosažena díky integrovanému teplotně kompenzovanému krystalovému oscilátoru a krystalu. Komunikace mezi Arduinem Mega 2560 a modulem reálného času DS3231 je pomocí sběrnice IIC. Tento modul je jednou z nejdůležitějších součástí pro měřicí zařízení, protože přesný čas je pro závod hlavní. Jestliže by někdo volil součástky z Číny, doporučoval bych tuto součástku koupit v Česku, kvůli větší jistotě přesnosti. K modulu je potřeba si koupit baterii LIR2032, to je lithiová dobíjecí baterie, která není součástí balení. Díky této baterii čas v zařízení běží, i když modul reálného času DS3231 by byl odpojen od zdroje z Arduina Mega 2560. Pro tyto případy máme přepínač, když svítí jeho červená LED dioda, tak se spustí zařízení bez restartování hodin a bez smazání zálohy výsledků na microSD kartě.

### 4.1 ROZHRANÍ IIC A MODUL REÁLNÉHO ČASU DS3231 PRO ARDUINO

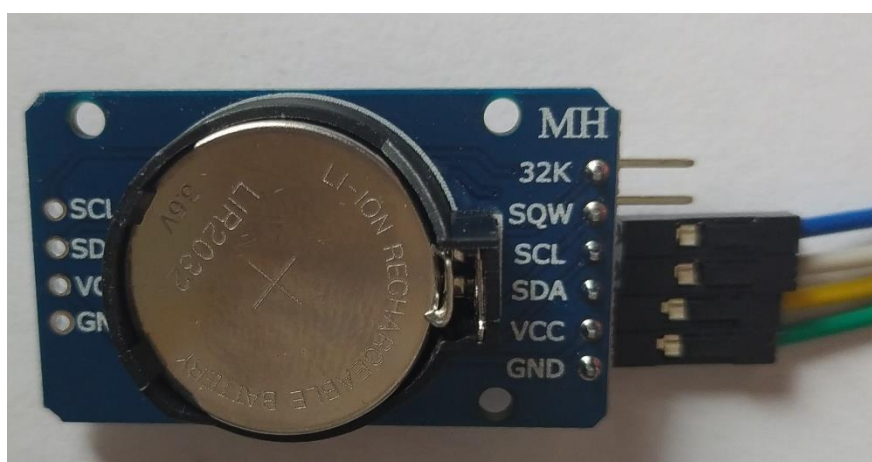
Sběrnice IIC je někdy označována jako I2C. Je to zkratka anglických slov Inter-Integrated Circuit . Na desce modulu máme připravené 2 piny pro napájení VCC a GND a 2 piny pro komunikaci SDA pro data a SCL pro hodiny. Zkratka SDA je z anglických slov Serial Data Line a zkratka SCL je z anglických slov Serial Clock Line. Komunikace samozřejmě probíhá mezi Arduinem Mega 2560 a modulem reálného času DS3231.

Zapojení je pin SDA modulu reálného času DS3231 do SDA Arduina Mega 2560, pin 20. A pin SCL modulu reálného času DS3231 do SCL Arduino Mega 2560, pin 21, viz Obrázek 5.15. Doporučuje se použít co nejkratší kabely SDA a SCL.

Program použitý v měřicím zařízení je inspirovaný z internetové stránky (Tutoriál – užívání hodin reálného času DS1307 a DS3231 s Arduinem, 2015). Sběrnice IIC používá knihovnu Wire.h. A modul reálného času DS3231 nám poskytuje data o velikosti 8 bitů, neboli 1 bajt.



Obrázek 4.2 - Modul reálného času DS3231

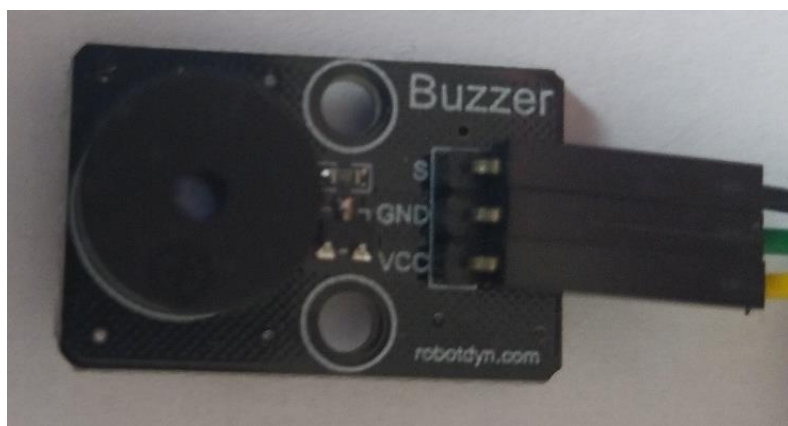


Obrázek 4.1 - Modul reálného času DS3231 s baterií LIR2032

## 4.2 AKUSTICKÝ BZUČÁK

Akustický bzučák je v zařízení použit jako upozornění, že byl načten čip, uložen nový závodník, nebo že došlo k chybě v komunikaci s microSD kartou. Při chybě v komunikaci s microSD kartou bzučák dvakrát bzučí a restartuje komunikaci s microSD kartou.

Arduino modul akustický bzučák má 3 vývody. Jsou to vývody 5V a GND pro napájení akustického bzučáku a vývod S, který je signální vývod. Nejtěžší bylo nalézt frekvenci bzukotu, který se pustí v krátkém čase, tak bude slyšet, a zároveň nebude uším nepříjemný. Frekvence bzukotu akustického bzučáku je nastavena v programu na 800Hz a doba bzukotu 50ms. Pro práci s akustickým bzučákem není potřeba pracovat s žádnou knihovnou. Stačí nám znát příkaz „*tone (pin bzučáku, frekvence, doba);*“. V případě měřicího zařízení je pin bzučáku číslo 9, frekvence 800 Hz a doba 50 ms. Příkaz uvede pin 9 ze stavu HIGH do stavu LOW, protože bzučák bzučí ve stavu LOW a bzučí o frekvenci 800 Hz po dobu 50ms. Po tomto příkazu je potřeba uvést pin 9 do stavu HIGH příkazem „*digitalWrite(pin bzucak, HIGH);*“. Mezi tyto příkazy je umístěn v kódu krátký delay, kdy program krátce stojí, protože kdyby tam nebyl, tak by zařízení nestihlo zaregistrovat změnu z LOW na HIGH a bzučák by potichu bzučel. Zapojení akustického bzučáku Obrázek 5.15 - Schéma zapojení zařízení je na Obrázek 5.15.



Obrázek 4.3 - Modul akustického bzučáku

## 5 RFID EVIDENČNÍ A MĚŘICÍ SYSTÉM SPORTOVNÍCH ZÁVODŮ

RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů, který byl sestaven a naprogramován pro účely bakalářské práce, je v krátkosti automatická časomíra pro závody. Může se jednat o závody běžecké, triatlonové, překážkové a další. Každý závodník má na ruce RFID čip v podobě hodinek, viz Obrázek 2.2.

Jakmile se odstartuje závod, spustí se hodiny v zařízení a závodníkovi se zapíše a uloží čas, jakmile doběhne a přiloží RFID čipové hodinky k měřicímu zařízení, respektive k čtečce RFID čipů na měřicím zařízení. Při přiložení RFID čipových hodinek k RFID čtečce zařízení uloží tag a čas závodníka do textového souboru CELKOVE.TXT na microSD kartě. Dále zařízení pošle číslo tagu přes USB do počítače.

### 5.1 NÁVOD K POUŽITÍ RFID EVIDENČNÍHO A MĚŘICÍHO SYSTÉMU SPORTOVNÍCH ZÁVODŮ

RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů je zařízení, které má 3 přepínače. Přepínače jsou zleva **NOUZOVÉ ZAPNUTÍ**, **RESET ČTEČKA** a **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ / START**.

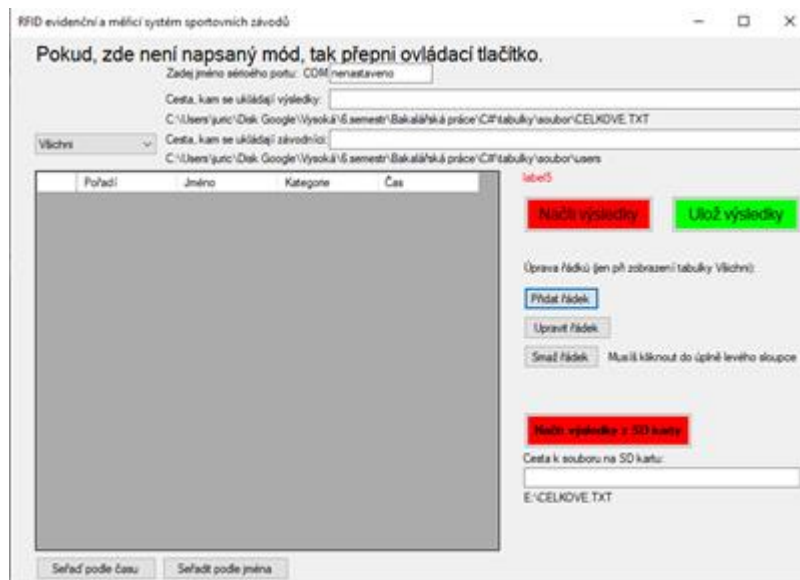
Prostřední přepínač **RESET ČTEČKA** slouží pro znovu zapnutí RFID čtečky zařízení. Je to pro případ, kdyby RFID čtečka nereagovala. Tento přepínač se tedy používá jen v případě, že zařízení po přiložení RFID čipových hodinek nezabzučí, to znamená, že zařízení nereaguje na RFID čipové hodinky. Pokud čtečka funguje normálně, při přiložení RFID čipových hodinek zařízení krátce bzučí, tak přepínač necháme v levé pozici, červená LED dioda nesvítí.

**Pro měření závodu pomocí RFID evidenčního a měřicího systému se musí nejprve nahrát data závodníků do zařízení.** To se dělá pomocí pravého přepínače **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START**, který musí být na pozici vlevo, zelená LED dioda nesvítí. Jakmile člověk přiloží RFID čipové hodinky k RFID čtečce měřicího zařízení, tak se na rozhraní pro počítač objeví okénko pro napsání jména a vybrání kategorie. Jestliže jsou přiloženy RFID čipové hodinky a nechceme jejich údaje uložené v databázi přepsat na jiného závodníka, tak jen stiskneme tlačítko OK a necháme zadané jméno a kategorii, tak jak se v okénku objevili. Při přiložení RFID čipových hodinek akustický bzučák krátce bzučí a po stisku tlačítka OK taky. **Jméno může obsahovat háčky a čárky.** Databáze závodníků je uložena v počítači a je nutné zadat cestu složky s uloženými závodníky do textového pole

v počítačovém rozhraní. Díky tlačítku **NOUZOVÉ ZAPNUTÍ** je možné uložit nebo přepsat závodníka v databázi i během závodu. Protože při tomto zapnutí se neresetuje čas na modulu reálného času. Dále můžeme využít mód tlačítka **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START** přepínač vlevo, zelená LED dioda nesvítí, tak tento mód se může použít pro zjištění, komu RFID čipové hodinky patří. To se může hodit, když nějaký sportovní tým přebírá RFID čipové hodinky za více závodníků a prohodili by si je.

Nyní je zařízení připraveno na odstartování závodů, každý má na ruce svoje RFID čipové hodinky a závodníci jsou na startu. Přepne se přepínač **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START**, to je pravý přepínač, do pozice vpravo, zelená LED dioda svítí. V tu chvíli se začne nahoře v počítačovém rozhraní vypisovat po sekundě 3, 2, 1, START. Začne běžet čas, a když závodník doběhne do cíle, přiloží svoje RFID čipové hodinky, které má na ruce, k RFID čtečce zařízení. Tím se závodníkovi stopne čas a uloží se jeho tag číslo RFID hodinek a čas do textového dokumentu na microSD kartě CELKOVE.TXT, ve formátu tag RFID čipových hodinek v šestnáctkové číselné soustavě, znak čárky a čas, například 12345a78, 0:21:21. Každý další závodník se ukládá do stejného souboru na nový řádek, zároveň se další závodník vypíše do tabulky v počítačovém rozhraní, do tabulky všichni a do tabulky dle jeho kategorie, muž nebo žena. Textový dokument CELKOVE.TXT na microSD slouží jen jako záloha, kdyby se něco pokazilo v počítači.

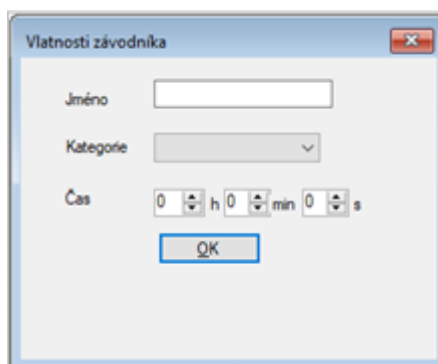
Počítačové prostředí je intuitivní a přehledné, proto není důvod podrobněji popisovat. Nahoře v hlavním okně počítačového prostředí se nachází upozornění a v módu závodu je zde ukazatel času závodu. Pod textovými poli se nachází ukázky cest k souborům a složce, zároveň, když se na text klikne, tak se objeví se v textovém poli. Pro načtení a uložení výsledků v počítači slouží stejné textové pole.



Obrázek 5.2 - Počítačové rozhraní

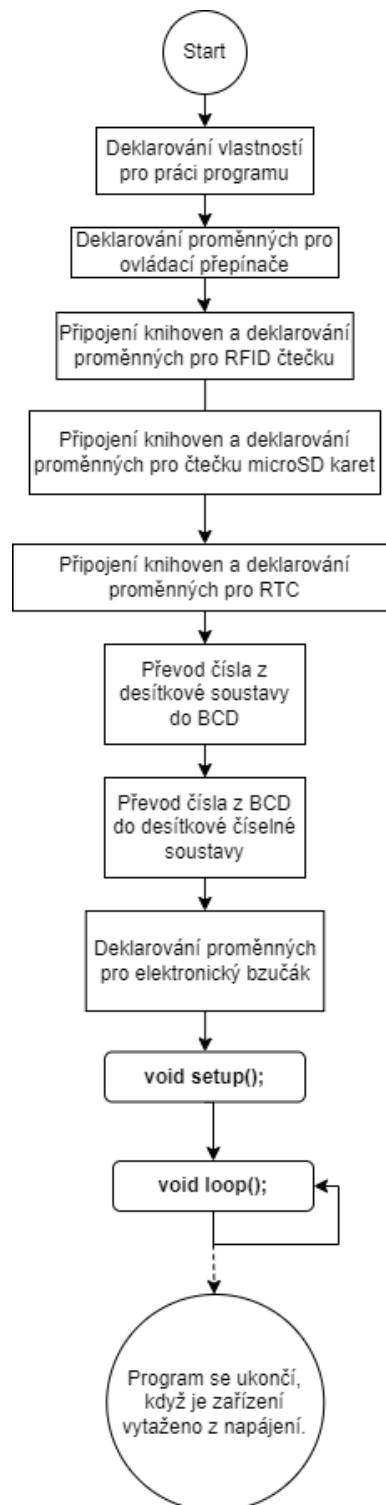


Obrázek 5.1 - Počítačové rozhraní – údaje z databáze



Obrázek 5.3 - Počítačové rozhraní – úprava výsledků

## 5.2 VÝVOJOVÝ DIAGRAM RFID EVIDENČNÍHO A MĚŘICÍHO SYSTÉMU SPORTOVNÍCH ZÁVODŮ PRO ARDUINO



Obrázek 5.4 - Vývojový diagram – hlavní programová větev

Jakmile je připojeno zařízení k napájení nebo se resetuje, spustí se program RFID evidenčního a měřicího systému sportovních závodů. V programu se jako první musí deklarovat vlastnosti, respektive atributy, které potřebuje program pro svou práci.

Dále se deklaruje proměnná pro informační vstupy z ovládacích přepínačů zařízení, aby se v kódu nemusela vypisovat čísla pinů ovládacích přepínačů, když je v programu zadáváme, zároveň to dělá kód přehlednější.

Následuje připojování knihoven a deklarování proměnných pro modul RFID čtečky, modul čtečky microSD karet a modul reálného času DS3231. Knihovny se dají stáhnout zdarma z internetu, většina internetových obchodů prodávající Arduino a součástky na něj, mají součástí své internetové stránky i návody, jak pracovat se zakoupenými součástkami. V těchto návodech jsou odkazy na potřebné knihovny.

Pro práci s modulem reálného času DS3231 je potřeba mít vytvořené funkce, které převedou čísla z desítkové soustavy na BCD kód a čísla z BCD kódu na desítkovou soustavu.

Tyto 2 funkce jsou důležité, protože modul reálného času DS3231 posílá data o velikosti 1 bytu. Ještě než bude popsána funkce **setup**, deklaruje se proměnná pro akustický bzučák. Nyní jsou připojené všechny knihovny a deklarované proměnné, které jsou potřeba pro běh zařízení, a zároveň zpřehledňují kód.





Obrázek 5.5 - Vývojový diagram – setup

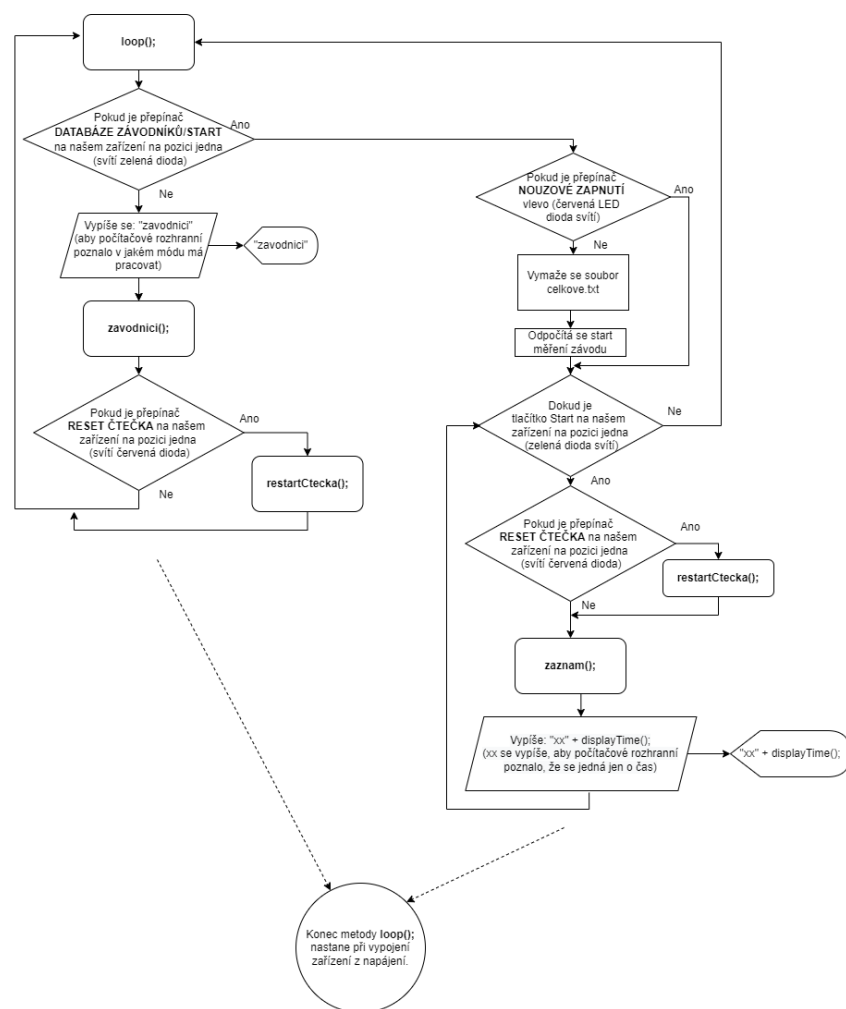
Funkce **setup** je pro spuštění komunikace a nastavení vstupů a výstupů Arduina Mega 2560. Funkce **loop** se neustále opakuje, dokud se RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů neodpojí od napájení nebo restartuje.

Jako první věc při spuštění funkce **setup**, se nastaví piny Arduina Mega 2560 určené pro přepínače na vstupní piny. Díky vstupním datům z přepínačů se ovládá chování zařízení, neboli přepíná se mezi módy pro nahrání nového závodníka a vyhledáváním, komu čip patří nebo záznam závodu s uložením výsledků do textových dokumentů.

Pro získání informací ze zařízení a zapisování jména pro nové závodníky, které se uloží do databáze na počítači, musí se spustit sériový monitor. Po sériové lince přes USB zařízení informuje například o aktuálním módu zařízení nebo aktuálním čase závodu.

Dále funkce **setup** spustí RFID čtečku a čtečku microSD karet, pokud je microSD karta vložena do modulu.

Jako poslední funkce **setup** nastaví hodnotu pinu na Arduina Mega 2560 na výstupní pro akustický bzučák, respektive pro jeho ovládací kabel S. Vstupní hodnotu do bzučáku nastavíme na HIGH, jedničku, v tuto dobu akustický bzučák krátce bzučí.



Obrázek 5.6 - Vývojový diagram – loop

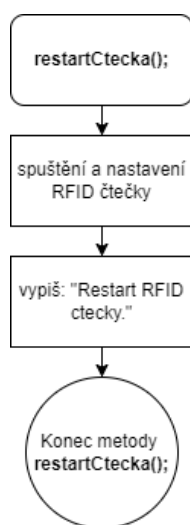
Jak si je možné vidět na **Obrázek 5.4**, funkce **loop** se opakuje až do vypnutí RFID evidenčního a měřicího systému sportovních závodů. V této funkci je hlavní nastavit, co zařízení dělá podle poloh ovládacích přepínačů.

Je-li přepínač **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START** vpravo, zelená LED dioda svítí. Jestliže je tedy přepínač **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START** v této pozici, a zároveň není spuštěný přepínač **NOUZOVÉ ZAPNUTÍ**, vymaže se soubor „celkove.txt“, na microSD kartě nazvaný „CELKOVE.TXT“, a začíná start závodu, takže se po sériové lince USB postupně posílá po jedné sekundě text 3, 2, 1, START. Jakmile se vypíše: „START“ spustí se opakovací smyčka, dokud je přepínač **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START** vpravo, zelená LED dioda svítí. V této smyčce je možnost použít přepínač **RESET RFID**, který když je v poloze vpravo, červená LED dioda svítí, tak spustí funkce **restartCtecka**. Dále se spustí funkce **zaznam**, která je popsána níže pod **Obrázek 5.8**. Vždy ob jeden cyklus se po sériové lince USB pošle text *xx* a aktuální čas z modulu reálného času. Je to proto, aby mohlo být v počítačovém rozhraní ukázáno, jak dlouho trvá závod.

Je-li přepínač **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START** vpravo, zelená LED dioda svítí, a zároveň je spuštěný přepínač **NOUZOVÉ ZAPNUTÍ**, tak zařízení při zapnutí měření závodu, neresetuje čas.

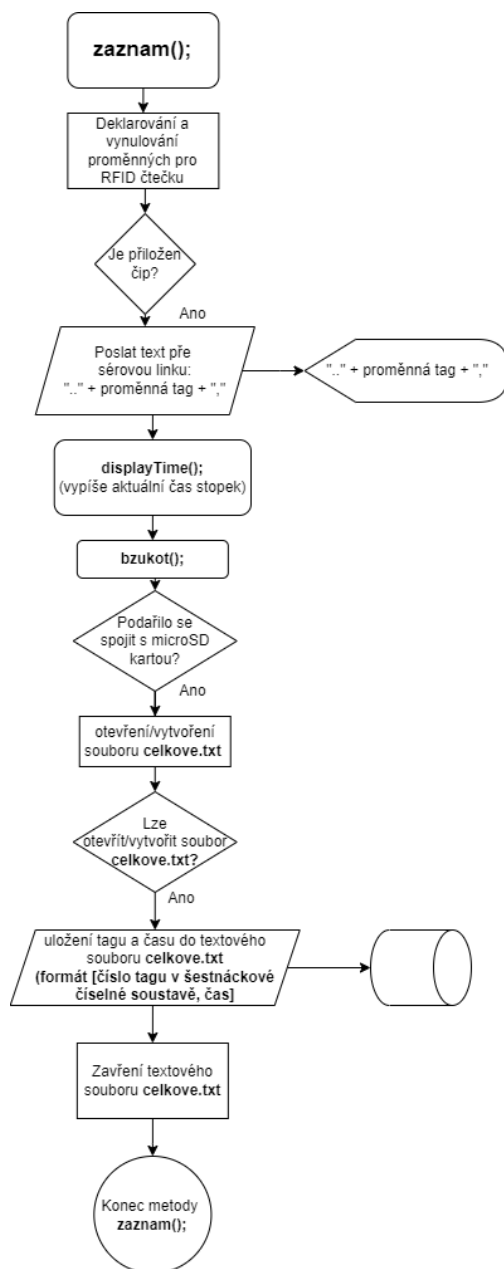
Je-li přepínač **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START** vlevo, zelená LED dioda nesvítí, pošle se po sériové lince USB text *zavodnici* a spustí se funkce **zavodnici**, která je popsána pod **Obrázek 5.9**.

Poslední podmínka nám definuje funkci přepínače **RESET ČTEČKA**, který když je v poloze vpravo, červená LED dioda svítí, tak spustí funkci **resetCtecka**.



Obrázek 5.7 - Vývojový diagram – restartCtecka

Funkce `restartCtecka` se používá pro znovu zapnutí modulu RFID čtečky. Funkce tedy nejprve spustí komunikaci s RFID čtečkou a zároveň jí nastaví. Jakmile se vše nastaví, spustí a zavolá funkci `bzuket`, popsanou na a pod **Obrázek 5.14**.



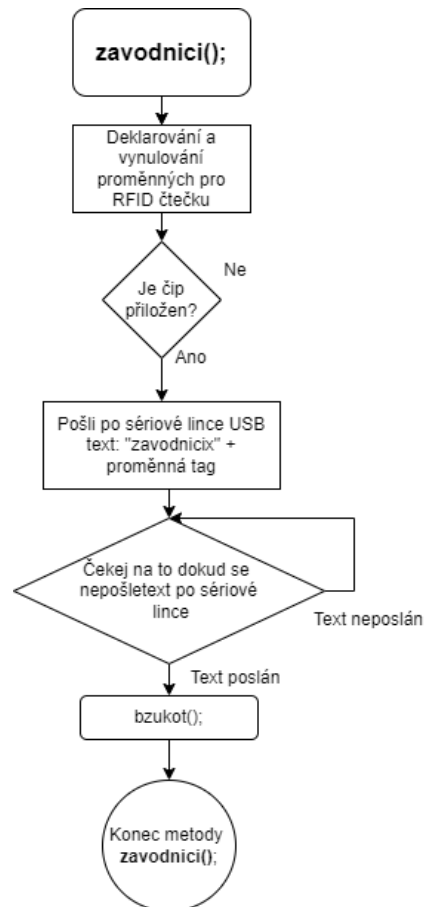
Obrázek 5.8 - Vývojový diagram – zaznam

Při zavolání funkce `zaznam` se jako první deklarují a vynulují proměnné pro RFID čtečku.

První podmínka je, jestli jsou přiloženy RFID čipové hodinky. Pokud nejsou, přeskočí se celý zbytek funkce, a protože se funkce `zaznam` nachází v opakujícím se cyklu, viz Obrázek 5.4, tak se čeká na RFID čipové hodinky v pravidelném opakujícím se intervalu.

Dále se uloží tag RFID čipových hodinek do proměnné *tag*, tag je unikátní číslo RFID čipů. Jakmile máme v proměnné *tag* unikátní číslo RFID čipových hodinek, tak přes sériovou linku USB pošleme text začínající dvěma tečkami, aby počítačové rozhraní poznalo, že doběhl závodník, dále se pošle proměnná *tag* a čas stopek, kdy závodník doběhl. Dále zavoláme funkci *bzuket*, díky které nám krátce bzučí akustický bzučák. Bzučák krátce bzučí proto, abychom věděli, že vše správně proběhlo.

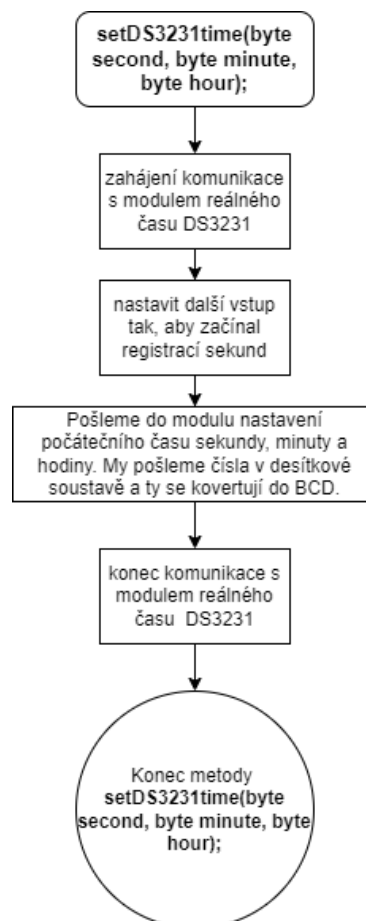
MicroSD karta se používá jako záloha celkových výsledků závodu. Kdyby microSD karta nebyla v modulu, nic se neděje, jen doběhlý závodník v tom okamžiku nebude uložený v záloze, ale bude v tabulce počítačového rozhraní. Pokud není microSD karta vložena, tak je velká prodleva mezi přiložením RFID čipových hodinek a bzukotem. Pokud je vše s modulem microSD karty v pořádku, tak se vytvoří textový soubor CELKOVE.TXT. V kódu je název malými písmeny, ale na microSD kartě je velkými. Je tedy vytvořený textový soubor a do něj se uloží tag RFID čipových hodinek doběhlého závodníka a jeho čas doběhnutí ve formátu číslo tagu v šestnáctkové číselné soustavě, čas, například 124c5789,1:21:21. Nakonec se textový soubor zavře, a díky tomu uloží.



Obrázek 5.9 - Vývojový diagram  
– závodníci

Funkce **zavodnici** je pro uložení nových závodníků do databáze, která je ve složce na počítači. A funguje ze začátku, velmi podobně jako funkce **zaznam**. Při zavolání funkce **zavodnici** se jako první deklarují a vynulují proměnné pro RFID čtečku.

První podmínka je, jestli jsou přiloženy RFID čipové hodinky, jestliže nejsou, přeskočí se celý zbytek funkce **zavodnici**, a protože se funkce **zavodnici** nachází v opakujícím se cyklu funkce **loop**, viz Obrázek 5.4, tak se čeká na RFID čipové hodinky v pravidelném opakujícím se intervalu. Jestliže RFID čipové hodinky jsou přiloženy, tak se do proměnné *tag* uloží tag přiložených RFID čipových hodinek a pošle se po sériové lince USB zavodnicix, aby počítačové rozhraní poznalo, že se jedná o čip, který je potřeba uložit do databáze závodníků, tzn. přiřadit mu v databázi jméno a kategorii. Dále se po sériové lince pošle text proměnné *tag*, ve které je uloženo unikátní číslo v šestnáctkové soustavě přiložených RFID čipových hodinek. Dále zařízení čeká, než se v počítačovém rozhraní zadají údaje o závodníkovi, jméno a kategorie. Jakmile jsou údaje zadány a poslány stisknutím tlačítka OK v okně, tak se zavolá funkce *bzuket*, která krátce bzučí akustickým bzučákem.

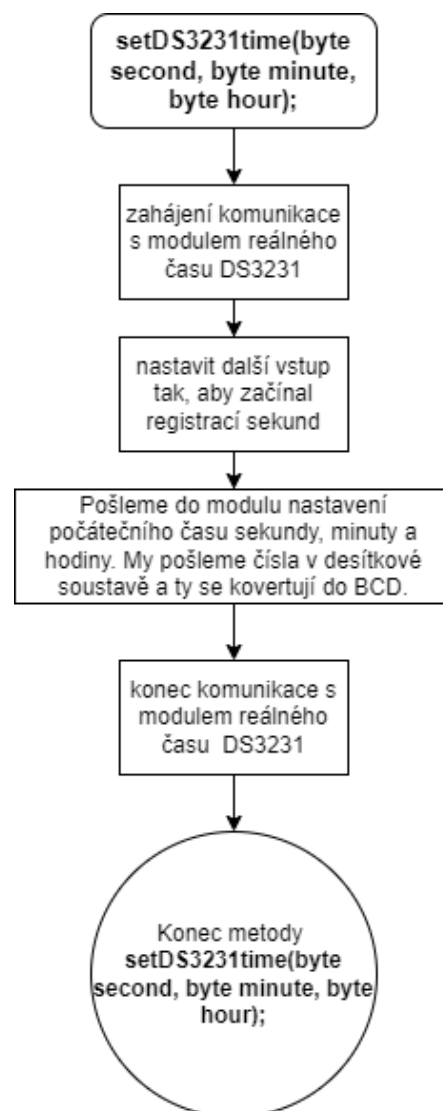


Obrázek 5.10 - Vývojový diagram – setDS3231time

Funkce **setDS3231time** slouží k nastavení počátečních hodnot modulu reálného času DS3231. Funkce je inspirovaná ukázkovým kódem z internetové stránky (Tutoriál – užívání hodin reálného času DS1307 a DS3231 s Arduinem, 2015).

Nejprve se zahájí komunikace s modulem reálného času DS3231. Dále se nastaví, kam se má zadaná informace nahrát, v tomto případě je to informace, že se má nahrát zadaná informace o sekundách do registru pro sekundy, další zadaná informace o minutách se má uložit do registru pro minuty a poslední informace zadaná o hodinách do registru pro hodiny. Arduino Mega 2560 tedy předtím než pošle tyto zadané informace v desítkové soustavě, tak zadané údaje konvertuje na BCD kód, protože modul reálného času DS3231 pracuje s informacemi v BCD kódu. Nakonec skončíme komunikaci s modulem reálného času DS3231.

Funkce pro převod z BCD kódu do desítkové soustavy je na **Obrázek 5.4** a popsána pod ním.

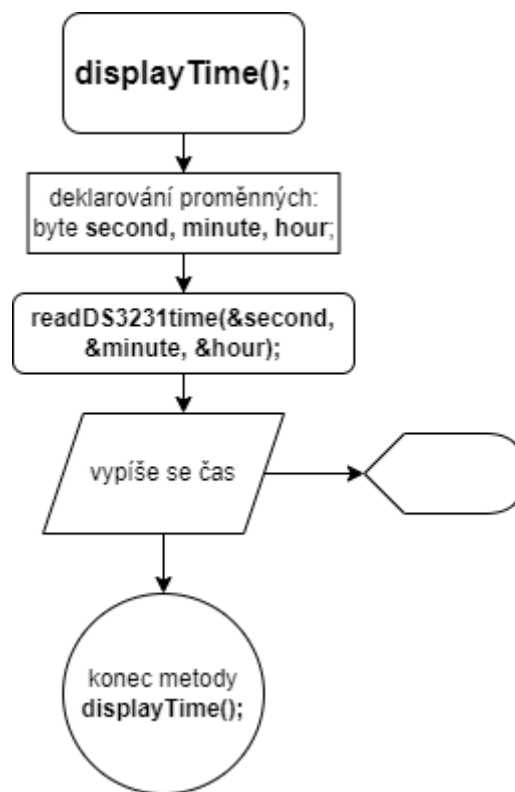


Obrázek 5.11 - Vývojový diagram – readDS3231time

Funkce **readDS3231time** slouží k přečtení času z modulu reálného času DS3231. Kód je inspirován ukázkovým kódem z internetové stránky (Tutoriál – užívání hodin reálného času DS1307 a DS3231 s Arduinem, 2015).

Nejprve se zahájí komunikace s modulem reálného času DS3231. Dále se nastaví, odkud se mají informace nahrát, v tomto případě je to informace, že se má uložit informace o sekundách z registru pro sekundy, dále uložit informace o minutách z registru pro minuty a uložit informace o hodinách z registru pro hodiny. Arduino Mega 2560 přijme informaci, kolik je sekund, minut a hodin, ale v BCD kódu, proto když s těmito hodnotami pracujeme, převádíme je z BCD kódu do desítkové soustavy.

Funkce pro převod z BCD kódu do desítkové soustavy je na **Obrázek 5.4** a popsána pod ním.



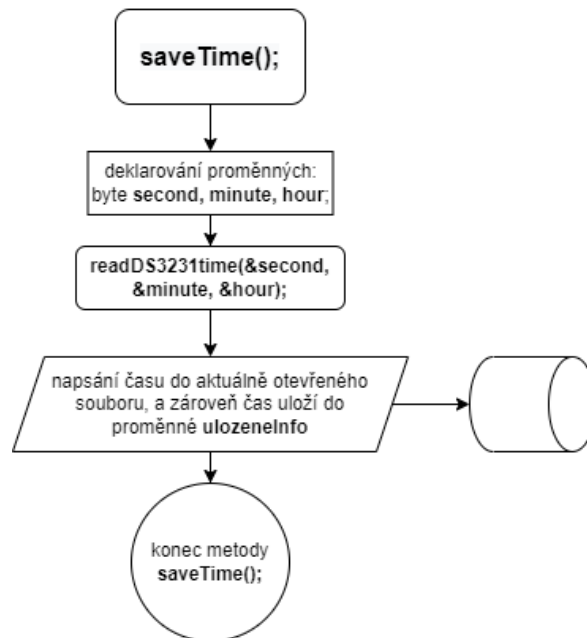
Obrázek 5.12 - Vývojový diagram – displayTime

Funkce **displayTime** slouží k vypsání aktuálního času z modulu reálného času DS3231 do sériového monitoru. Kód je inspirován ukázkovým kódem z internetové stránky (Tutoriál – užívání hodin reálného času DS1307 a DS3231 s Arduinem, 2015).



Na začátku funkce deklaruje proměnné `second` pro sekundy, `minute` pro minuty a `hour` pro hodiny. Zavolá se funkce `readDS3231time`, která uloží do proměnných aktuální sekundy, minuty a hodiny. A nakonec funkce `displayTime` vypíše čas modulu reálného času DS3231 do sériového monitoru, příklad výpisu je 1:02:04, hodiny:minuty:sekundy.

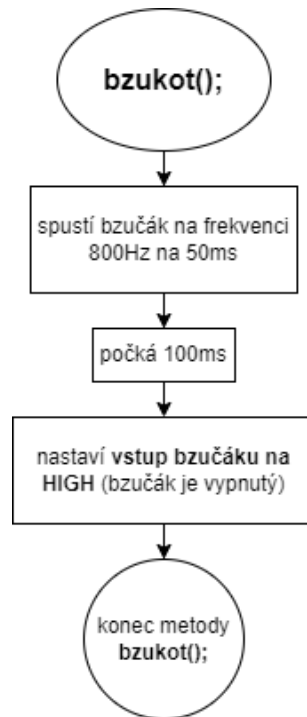
Funkce `saveTime` slouží k uložení aktuálního času z modulu reálného času DS3231



Obrázek 5.13 - Vývojový diagram – `saveTime`

do aktuálně otevřeného textového dokumentu a do proměnné `ulozeneInfo`.

Na začátku funkce deklaruje proměnné `second` pro sekundy, `minute` pro minuty a `hour` pro hodiny. Zavolá se funkce `readDS3231time`, která uloží do proměnných aktuální sekundy, minuty a hodiny. A nakonec funkce `saveTime` uloží aktuální čas modulu reálného času DS3231 do aktuálně otevřeného textového dokumentu a do proměnné `ulozeneInfo`, příklad zápisu je 1:02:04, hodiny:minuty:sekundy.

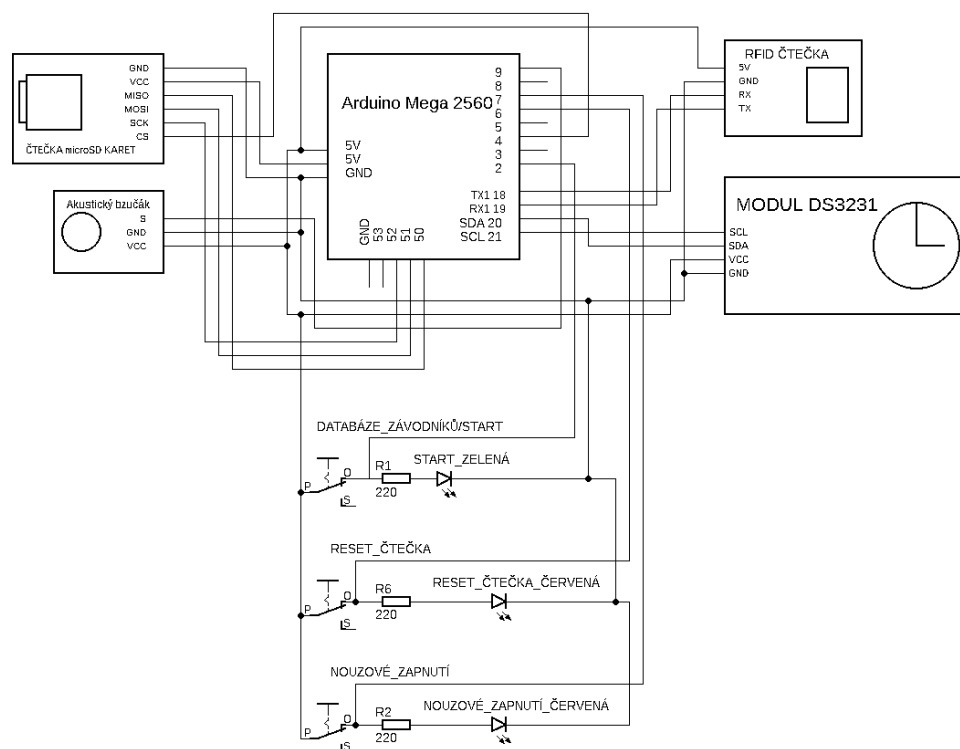


Obrázek 5.14 - Vývojový diagram – bzukot

Na funkci **bzukot** se v této podkapitole hodně odkazuje. Zajišťuje spuštění akustického bzučáku na krátké bzučení se zvukem o frekvenci 800 Hz na dobu 50ms. Tyto hodnoty byly stanoveny metodou pokus omyl. Důležitá kritéria byla hlasitost, aby zvuk nebyl nepříjemný a aby doba netrvala příliš dlouho. Dále program čeká 100ms a nastaví signálový vstup akustického bzučáku, pin S, na HIGH, logickou jedničku. Jestliže je vstup akustického bzučáku v logické jedničce, tak je bzučák vypnutý. Program musíme pozastavit na 100ms, aby se stihl nastavit bzučák na logickou jedničku, když se akustický bzučák nestihne nastavit z důvodu malého času pozastavení programu, tak akustický bzučák potichu bzučí dál.

### 5.3 SCHÉMA ZAPOJENÍ RFID EVIDENČNÍHO A MĚŘICÍHO SYSTÉMU SPORTOVNÍCH ZÁVODŮ

Na Obrázek 5.15 je schéma se zapojením RFID evidenčního a měřicího systému sportovních závodů je hlavní mozek celého zařízení Arduino Mega 2560, zde je uložen kód a zpracovává jeho instrukce.



Obrázek 5.15 - Schéma zapojení  
zařízení

Vlevo se nachází modul čtečky microSD karet, která komunikuje s Arduinem Mega 2560 přes rozhraní SPI. Modul čtečky microSD karet má své vlastní napájení, aby se předešlo případnému nedostatku napětí. Jestliže se pracuje s jiným typem mikropočítače Arduino, je důležité vědět, kde se nachází piny MISO, MOSI a SCK na námi používané desce, viz **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Vlevo pod modulem čtečky microSD karet je modul akustický bzučák. Akustický bzučák je napojený na napájení, zem a výstup S akustického bzučáku je napojený na pin číslo 9 na Arduinu Mega 2560.

Vpravo nahoře se na **Obrázek 5.15** nachází RFID čtečka. RFID čtečka je připojena na napájení, zem a ke své komunikaci s Arduinem Mega 2560 používá rozhraní UART, které využívá datové kabely RX a TX.

Vpravo pod modulem RFID čtečky se nachází modul reálného času DS3231, který byl vybrán na základě jeho vysoké přesnosti. Je připojený na zdroj a zem. Ke své komunikaci používá rozhraní IIC, která má dva datové kabely SDA a SCL.

Pod Arduinem Mega 2560 máme zapojení 3 přepínačů, 3 rezistorů o velikosti 220 ohmů, 2 červených LED diod a 1 zelené LED diody. Přepínač **DATABÁZE ZÁVODNÍKŮ/START**

informuje Arduino Mega 2560 na pinu číslo 3. Přepínač **RESET ČTEČKA** informuje Arduino Mega 2560 na pinu číslo 6. A poslední přepínač **NOUZOVÉ ZAPNUTÍ** informuje Arduino Mega 2560 na pinu číslo 7.

## 5.4 OBRÁZEK RFID EVIDENČNÍHO A MĚŘICÍHO SYSTÉMU SPORTOVNÍCH ZÁVODŮ



Obrázek 5.17 - RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů 1



Obrázek 5.16 - RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů 2

## 6 ZÁVĚR

Řešení bakalářské práce bylo plné nových zkušeností. Nejprve bylo potřeba se naučit pracovat s modulem RFID čtečky, která se nastavila na přenosové rozhraní UART, protože přenos SPI je pro čtečku microSD karet a IIC rozhraní je pro Arduino modul reálného času DS3231. První překážka nastala při čtení RFID čipových hodinek, protože vypadával modul RFID čtečky, bylo to z důvodu připojení na napájecí pin 3,3V. Na tomto napětí by měl modul RFID čtečky fungovat, ale naše použité Arduino Mega 2560 je z Číny, a tím pádem má na výstupu 3,3V menší napětí. Připojil jsem tedy RFID čtečku na napájecí pin 5V a bylo vše v pořádku.

Čas na modulu reálného času DS3231 běží i po odpojení napájení, díky nabíjecí lithiové baterii LIR2032. Díky tomu je možnost spustit mód pro měření závodu i bez resetu času. Další možné vylepšení je přidat další kategorie, například: dorostenky, dorostenci, žáci, žačky, atd. Další vylepšení RFID evidenční a měřicí systém sportovních závodů je sestavení v plastové krabičce na míru vymodelované v 3D tiskárně místo v plastové krabičce sériově vyráběné, ale zároveň se zvýší cena zařízení. Další možné zlepšení je přidat záložní baterie, kdyby vypadl kabel z počítače.

Ve výsledku se všechny stanovené cíle bakalářské práce podařilo zrealizovat.

## POUŽITÁ LITERATURA

*Akustický bzučák | Návod Drátek. Webový magazín o ARDUINU | Návod Drátek* [online].

[cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://navody.drateg.cz/navody-k-produktum/arduino-akusticky-bzucak.html>

*Arduino čtečka microSD karet | drateg.cz. drateg.cz: VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://drateg.cz/arduino/993-ctecka-microsd-karet.html>

*Arduino - SPI . Arduino - Home* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z:

<https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>

*Identifikační náramky | GetID.cz* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z:

[https://www.getid.cz/cipove-hodinky-s-nylonovym-paskem-skladove?gclid=CjwKCAjwiOv7BRBREiwAXHbv3E-](https://www.getid.cz/cipove-hodinky-s-nylonovym-paskem-skladove?gclid=CjwKCAjwiOv7BRBREiwAXHbv3E-TWVUQBvV3DF_ry6sYNYAhglAr45wXkNngp8xLac_bW-X5nk9orRoC6IcQAvD_BwE)

[TWVUQBvV3DF\\_ry6sYNYAhglAr45wXkNngp8xLac\\_bW-X5nk9orRoC6IcQAvD\\_BwE](https://www.getid.cz/cipove-hodinky-s-nylonovym-paskem-skladove?gclid=CjwKCAjwiOv7BRBREiwAXHbv3E-TWVUQBvV3DF_ry6sYNYAhglAr45wXkNngp8xLac_bW-X5nk9orRoC6IcQAvD_BwE)

*Návod na použití modulu SD karty | Arduino návody HWKitchen.cz. Ochutnejte s námi*

*bastlení! | HWKitchen.cz* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z:

<https://www.hwkitchen.cz/navody-hwkitchen/navod-na-pouziti-modulu-sd-karty-arduino-navody/>

*NFC čtečka tagů PN532* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/nfc-ctecka-tagu-pn532.html>

<https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/nfc-ctecka-tagu-pn532.html>

*RFID IC čtečka karet 13.56MHz - modul pro Arduino PN532 NFC | drateg.cz. drateg.cz:*

*VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné

z: <https://drateg.cz/arduino/2005-rfid-ic-ctecka-karet-13.56mhz-modul-pro-arduino-pn532-nfc.html>

*RTC Hodiny reálného času DS3231 + AT24C32 paměťový modul | Návod Drátek. Webový magazín o ARDUINU | Návod Drátek* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z:

<https://navody.drateg.cz/navody-k-produktum/rtc-hodiny-realneho-casu-ds3231-at24c32-pametovy-modul.html>

*RTC Hodiny reálného času DS3231 AT24C32 IIC paměťový modul pro Arduino | drateg.cz.*

*drateg.cz: VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM* [online]. [cit. 2022-01-08].

Dostupné z: <https://drateg.cz/arduino/1261-rtc-hodiny-realneho-casu-ds3231-at24c32-iic-pametovy-modul-pro-arduino.html>

*Technologie RFID a její výhody | smart-TEC* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z:

<https://www.smart-tec.com/cs/auto-id-svet/technologie-rfid>

*Tutorial: Arduino and the I2C bus – Part One | tronixstuff.com. tronixstuff.com | fun and learning with electronics since 2010* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z:

<https://tronixstuff.com/2010/10/20/tutorial-arduino-and-the-i2c-bus/>

*Tutoriál – užívání hodin reálného času DS1307 a DS3231 s Arduinem* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://bastlima.hwkitchen.cz/tutorial-uzivani-hodin-realneho-casu-ds1307-a-ds3231-s-arduinem/>

*UART (USART) – komunikujte sériově po dvou vodičích – ZAVAVOV. ZAVAVOV – Svět plný modelové železnice, elektrotechniky, bastlení, programování a zábavy* [online]. [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <http://www.zavavov.cz/cz/elektrotechnika/komunikacni-sbernice/67-uart-usart-komunikujte-seriove-po-dvou-vodicich/>



**Příloha k bakalářské práci**

**RFID EVIDENČNÍ A MĚŘICÍ SYSTÉM SPORTOVNÍCH ZÁVODŮ**

Josef Jurica

**CD**

## **Obsah**

- 1 Text bakalářské práce ve formátu docx a pdf.
- 2 Úplný zdrojový kód aplikace.
- 3 Technická dokumentace zkonstruovaného zařízení.
- 4 Vývojové diagramy.