

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola, Písek, Karla Čapka 402, Písek

18-20-M/01 Informační technologie

Maturitní práce

**Elektromechanická hra ->**

**samořídící šachovnice**

Téma číslo 4.

autor:

**Václav Zíka, B4.I**

vedoucí maturitní práce:

**Mgr. Milan Janoušek**

Písek 2024/2025

## Anotace

Maturitní práce se zabývala tvorbou samořídící šachovnice, jejíž cílem bylo kompletně simulovat protihráče. Ať už se jedná o vymyšlení protitahu či o samotný manuální posun figurky. Šachovnice je ovládána mikrokontrolérem Arduino UNO. Pomocí magnetických spínačů umístěných na PCB desce detekujeme pozici figurek na hracím poli. Tyto informace následně zpracováváme Arduinem a skrze dva krokové motory a elektromagnet realizujeme tahy figurek. Pro zjištění ideálního příštího tahu využíváme Minimax algoritmus, jenž je schopný zevaluovat danou situaci a skrze programovou logiku udat příkazy pro pohyb figurek. Celá samořídící šachovnice je vyrobena z dřevěné konstrukce, do které je umístěna deska plošného spoje s elektronikou. V rámci projektu jsem si pomocí 3D tisku zhotovil magnetické šachové figurky. Šachovnice také umožňuje zvolení si obtížnosti a volbu hry buď za černé či bílé.

**Klíčová slova:** ....

## Annotation

Aj...

**Key words:** ...

Poděkování

....

# Licenční smlouva o podmínkách užití školního díla

ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění (dále jen „AZ“), uzavřená mezi smluvními stranami:

## 1. Autor práce: Václav Zíka

bytem Na Spravedlnosti 974/36, Písek 39701, Česká republika

datum narození: 29. 12. 2005

(dále jen „autor“)

a

## 2. Nabyvatel: Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola, Písek, Karla Čapka 402, Písek

397 11 Písek, Karla Čapka 402

zastoupená ředitelem školy: Ing. Jiří Uhlík

(dále jen SPŠ a VOŠ Písek)

## Článek 1

### Vymezení pojmů

- 1.1 Školním dílem dle §60 AZ se pro účely této smlouvy rozumí dílo vytvořené žákem/studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního postavení ke škole.
- 1.2 Licencí se pro účely této smlouvy rozumí oprávnění k výkonu práva školní dílo užít v rozsahu a za podmínek dále stanovených.

## Článek 2

### Dílo

- 2.1 Předmětem této smlouvy je poskytnutí licence k užití školního díla – maturitní práce.

Název práce (dále jen „dílo“): Elektromechanická hra -> samořídící šachovnice  
vedoucí práce: Mgr. Milan Janoušek  
odevzdané nabyvateli v tištěné a elektronické formě dne 11. 3. 2025.

## 2.2 Autor prohlašuje, že:

- vytvořil dílo, specifikované touto smlouvou, samostatnou vlastní tvůrčí činností;
- při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími;
- dílo je dílem původním;
- neposkytl třetí osobě výhradní oprávnění k užití díla v rozsahu licence poskytnuté nabyvateli dle této smlouvy před podpisem této smlouvy;
- je si vědom, že před zamýšleným poskytnutím výhradního oprávnění k užití díla v rozsahu licence poskytnuté nabyvateli dle této smlouvy třetí osobě, je povinen informovat tuto třetí osobu o skutečnosti, že již poskytl nevýhradní licenci k užití díla nabyvateli.

## 2.3 Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

# Článek 3

## Poskytnutí licence

- 3.1 Licenční smlouvou autor poskytuje nabyvateli oprávnění k výkonu práva dílo užít pro účely výuky na SPŠ a VOŠ, Písek a pro vnitřní potřebu školy, ze které neplyne škole hospodářský výsledek.
- 3.2 Licence je poskytována pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
- 3.3 Autor poskytuje nabyvateli oprávnění užít dílo způsoby podle 3.1 neomezeně.
- 3.4 Autor poskytuje nabyvateli oprávnění užít dílo bezúplatně za splnění podmínky, že nabyvatel nebude užívat dílo za účelem dosažení zisku a nebude-li v budoucnu dohodnuto písemně jinak.

## **Článek 4**

### **Údaje o autorství**

4.1 Nabyvatel se zavazuje, že uvede údaje o autorství autora dle Autorského zákona.

## **Článek 5**

### **Poskytnutí licence**

5.1 Pokud to není v rozporu s oprávněnými zájmy nabyvatele, licence je poskytována jako nevýhradní. Nabyvatel je oprávněn postoupit tuto licenci třetí osobě a udělovat podlicence za splnění podmínek uvedených v § 48 zákona.

5.2 Autor může své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy nabyvatele, za podmínky, že nabyvatel (dle této licenční smlouvy) je oprávněn po autoru školního díla požadovat, aby přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, tak, jak je stanoveno v § 60 odst. 3 zákona.

5.3 Nabyvatel není povinen dílo užít.

5.4 Nabyvatel je oprávněn dílo spojovat s jinými díly i zařadit dílo do díla souborného. Autor dává svolení k tomu, aby nabyvatel pořídil pro účely užití uvedené v této smlouvě překlad díla.

5.5 V případě, že z díla plyne hospodářský výsledek autorovi nebo nabyvateli, rozdělení zisku bude řešeno dodatkem k této smlouvě.

## **Článek 6**

### **Výpověď smlouvy**

6.1 Každá smluvní strana může smlouvu kdykoliv písemně vypovědět bez udání úvodu.

6.2 Výpověď musí být učiněna doporučeným dopisem doručeným druhé smluvní straně. Výpovědní lhůta je stanovena na dva měsíce a začíná běžet prvním dnem kalendářního měsíce následujícího po měsíci, v němž byla výpověď doručena druhé smluvní straně.

## **Článek 7**

### **Závěrečná ustanovení**

- 7.1 Smlouva je sepsána ve dvou vyhotoveních s platností originálu, která budou vložena do dvou výtisků díla (práce), z toho nabyvatel i autor obdrží po jednom vyhotovení.
- 7.2 Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem a občanským zákoníkem v platném znění, popř. dalšími právními předpisy.
- 7.3 Smlouva byla uzavřena podle svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoli v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
- 7.4 Smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Písku dne 11. 3. 2025

Autor: \_\_\_\_\_

Nabyvatel: \_\_\_\_\_

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Využité technologie</b>	<b>10</b>
2.1	Arduino . . . . .	10
2.2	Deska plošného spoje . . . . .	10
2.3	Elektronické součástky . . . . .	11
2.3.1	Magnetický spínač . . . . .	11
2.3.2	Multiplexor . . . . .	11
2.3.3	Stabilizátor . . . . .	11
2.3.4	Elektromagnet . . . . .	12
2.3.5	Krokový motor . . . . .	12
2.4	Mini-Max algoritmus . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Elektrické zapojení</b>	<b>14</b>
3.1	PCB deska . . . . .	14
<b>4</b>	<b>Řídící jednotka</b>	<b>17</b>
4.1	Řídící jednotka . . . . .	17
<b>5</b>	<b>Detekce pozice figurek</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Pohyb figurek</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>20</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>22</b>
<b>A</b>	<b>schema_sachovnice.pdf</b>	<b>23</b>



# Kapitola 1

## Úvod

Nápad pro automatickou šachovnici jsem dostal při hledání nového projektu, který bych si doma zvládl sestrojít. Chtěl jsem, aby projekt obsahoval, jak část softwarovou, kterou jsem se do té doby primárně zabýval, ale také část mechanickou, kterou by bylo nutné vyrobit.

Napadlo mě vytvořit nějakou deskovou hru pro více hráčů. V té době jsem měl ve velké oblibě šach a tím vznikla idea automatická šachovnice. Začal jsem nákresem na papír a tím jsem získal základní představu o projektu. Šachovnice se skládá ze tří hlavní částí:

**Konstrukční část** Tou jest samotná dřevěná konstrukce šachovnice, do které bude nutné umístit mechanismus pro pohybování s figurky. V rámci toho také její opracování a nadesignování projektu. Tvorba šachových políček a rozhraní pro jednoduché ovládání.

**Elektrotechnická část** Ta obsahuje systém pro detekci figurek na šachovnici. Ten by se dal vytvořit pomocí mnoha způsobů, ale v práci budu popisovat řešení pomocí desky plošného spoje. Dále vytvoření pohybové soustavy pomocí krokových motorů a umístění elektromagnetu, který bude s figurky pohybovat. Posledním krokem je sestrojení systému, jenž umožní uživateli variabilovat hru pomocí volby barvy a obtížnosti.

**Softwarová část** Z hlediska softwaru je nutné vytvořit kód, který spojí všechny části dohromady. Je nutné transformovat signály, tak aby s nimi bylo možné pracovat. Z hlediska kódu je nutné vytvořit rozhraní pro komunikaci mezi mikrokontrolérem a součástky. Je zapotřebí umožnit evaluaci dat o pozicích figurek a předat je algoritmu, který nám bude schopen vymyslet další tah. Údaje o dalším tahu ovšem musíme opět transformovat, tak aby z něj byli čitelné pokyny pro krokové motory. Nesmíme

opomenou ani řídicí signály a minimalizovat zpoždění a zatížení na hardware.

Poté, co jsem si udělal průzkum o projektu automatické šachovnice zjistil jsem několik věcí. Překvapilo mě očividné. Automatickou šachovnici bylo v dnešní době možné zakoupit na internetu. Ovšem cena této šachovnice se pohybovala od necelé desítky tisíc až po stovky tisíců. Tyto ohromné částky jsem se rozhodl zminimalizovat a svůj projekt vytvořit cenově dostupný ačkoli zachovám kvalitu šachovnice a nevyměním dřevo za plasty a jiné méně vhodné materiály pro klasickou šachovnici.

# Kapitola 2

## Využití technologie

V této kapitole si popíšeme technologie, které byli zapotřebí při tvorbě projektu. Získáme k nim teoretický základ nutný k porozumění šachovnice.

### 2.1 Arduino

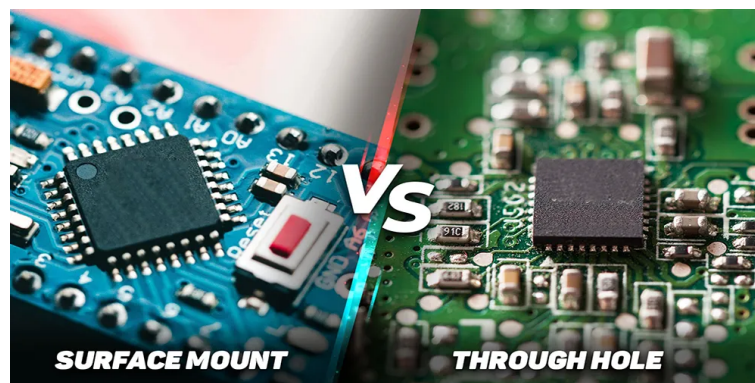
Arduino je platforma pro tvorbu různých elektronických projektů. Zabývá se hardwarem a softwarem a obě tyto části vytváří jako open-source. To je jeden z důvodů velkého rozšíření mikrokontrolerů Arduino.

Mikrokontrolér Arduino je malý počítač založen na jednom čipu. Arduino vyrábí mnoho různých řad jejich projektů, ale mezi nejznámější se řadí Arduino UNO či Mega. Arduino desky na sobě mají široké spektrum možných vstupů, výstupů a senzorů viz. obr. ???. Velkou výhodou těchto desek je cena. Ta se pohybuje v řádech stovek korun.

Arduino desky se primárně programují pomocí platformy Arduino IDE. To je další open-source program, který má na základě popularity mezi lidmi i velkou podporu knihoven s různými zaměřenými.

### 2.2 Deska plošného spoje

PCB deska, jak je zkratkou nazývána, nebo také DPS je velmi rozšířená elektronická součástka. Desky jsou vyrobené z izolačních materiálů s pájecími poli, kterým se říká podložky a elektrickými spoji nazývanými stopy. Na PCB desky se připájí potřebné součástky. Tyto součástky jsou spolu pak propojeny na základě schématu pro tvorbu PCB. Jsou dvě primární technologie montáže součástek na desku. Je tady technologie průchozích otvorů (THT, Through-Hole Technology), nebo povrchové montáže (SMD, Surface-Mounted Devices) viz. obr. 2.1. Při povrchové montáži se napájí součástky přímo na desku s tím, že



Obrázek 2.1: Rozlišení SMT a THT na PCB desce

jsou na ní připravené jednotlivé stopy. U THT jsou v desce připravené dírky, do kterých součástky umísťujeme.

## 2.3 Elektronické součástky

### 2.3.1 Magnetický spínač

Tento typ spínače je elektronický obvod aktivován pomocí magnetického pole. Nejběžnější je konstrukce pomocí dvou feromagnetických kovů umístěných kousek od sebe ve skleněné kapsli. V momentě, kdy je ke spínači přiložen magnet se kovy spojí a začnou vodit. Magnetické spínače jsou například využívány pro detekci uzavření dveří.

### 2.3.2 Multiplexor

Tato elektronická součástka slouží k přepínání vstupů na jeden výstup na základě řídicích signálů. Multiplexor je realizován integrovanými obvody. Pomocí této součástky jsme například schopni zvětšit počet vstupů na určitém zařízení o počet vstupů na multiplexoru, s tím že do zařízení zapojíme pouze multiplexor. Tento postup je ideální v momentě, kdy máme zařízení s nedostatkem vstupů pro dané využití.

### 2.3.3 Stabilizátor

Stabilizátor nám zajišťuje výstupní napětí bez ohledu na změny výstupního proudu či vstupního napětí. Stabilizátory se dělí na lineární parametrický, lineární zpětnovazební

a spínací zpětnovazební. Stabilizátory fungují na principu regulace odporu pomocí tranzistoru na základě referenčního napětí a napětí žádaného. Ke stabilizátoru se přidávají kondenzátory, který eliminuje šum a stabilizují výstup. Lineární stabilizátory regulují napětí, tím že fungují jako proměnný odpor mezi vstupem a výstupem.

### **2.3.4 Elektromagnet**

Elektromagnetem se rozumí cívka pomocí, které jsme schopni vytvořit dočasné magnetické pole. Jádrem této cívky je z magneticky měkké oceli. V momentě, kdy začneme cívku provádět proud, začne se okolo ní vytvářet magnetické pole. Velikost a polaritu tohoto pole jsme schopni ovládat.

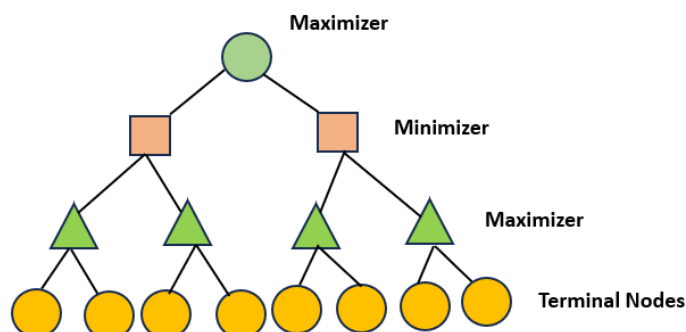
### **2.3.5 Krokový motor**

Krokový motor je zařízení, který nám dovolí na základě elektromagnetických pulsů přesně rotovat. V motoru je ozubené kolo, které můžeme otočit na základě polových dvojic. Pomocí pulsování jednotlivá pole přitáhnout ozubené kolo a na základě tohoto jevu, můžeme motor otočit o přesný počet kroků. Rychlost rotování jsme schopni korigovat na základě změn frekvence aktivace polí. To realizujeme skrze ovladače krokových motorů.

## **2.4 Mini-Max algoritmus**

Tento typ algoritmu je fundamentálním konceptem umělé inteligence a teorie her. Mini-Max má za cíl zminimalizovat možnou ztrátu na základě analýzy nejhorších možných scénářů, neboli min, a těch nejlepších, max. V hře pro dva hráče si algoritmus vytvoří dvě interní entity. Ta první se jmenuje Maximizer a cílí získat nejvyšší možné skóre. Oproti ní druhá, Minimizer, má za cíl, co nejvíce skóre Maximizer snížit. Toho docílí způsobem, že evaluuje všechny možné tahy obou hráčů zároveň.

## Minimax Algorithm



Obrázek 2.2: Minimax algorithmus

Z počátku si Mini-Max vytvoří tzv. herní strom. Účelem tohoto stromu je reprezentovat všechny možné tahy, které mohou v daný moment ve hře nastat. Dalším krokem je, že u tzv. závěrečných stavů (terminal nodes) určí skóre. Skóre se určuje na základě kritérií daných v kódu a postupně ve stromu postupuje výše a určuje skóre dál. Poté, co Mini-Max určí skóre pro všechny možné stavy, projde jednotlivé scénáře. V kole Maximizera volí variantu s nejvyšším možným skóre. Naopak v kole minimizera tu s nejnižším. Podle nejvyššího možného celkového skóre algoritmus určí příští zvolený blok.

# Kapitola 3

## Elektrické zapojení

Pro projekt bylo zapotřebí vymyslet efektivní a spolehlivý způsob propojení. Zároveň však způsob nesměl bránit detekci figurek pomocí spínačů. Nabízela se spousta možností, ale z důvodů velkého množství součástek jsem se rozhodl pro dle mě nejčistší řešení a to desku plošného spoje.

### 3.1 PCB deska

PCB deska bylo řešení, které se nabízelo kvůli spolehlivosti a zároveň, tím že deska je velmi tenké a její materiál nijak nebrání průchodu magnetického pole. Na základě mého schématu v programu Easy ADA jsem si desku nechal sestrojit. Schéma šachovnice najdete v přílohách pod názvem `schema_sachovnice.pdf`. Z důvodu výrobních možností a rozměrů desky byla deska sestrojena na dvě poloviny. Tyto poloviny jsem spájel dohromady. Desku byla vyrobena technologií SMT, takže jsem na ní povrchově připájel piny pro všechny potřebné součástky. A to

- 69 jazýčkový magnetických kontaktů
- 5 analogových multiplexorů
- Mikrokontroler Arduino UNO
- Dva ovladače pro krokové motorů A4988
- Stabilizátor a piny pro vstupní napětí
- Napájení pro motory a elektromagnety
- Transistor a různé drobné zařízení



Obrázek 3.1: porovnání PCB desky z výroby a hotové

Desku jsem si následně nechal pocínovat za účelem lepší vodivosti. Dvě části jsem pomocí propojek spojil dohromady. Během práce jsem posléze při detekci figurek musel řešit velký problém a to se spolehlivostí desky. Magnetické spínače nefungovali spolehlivě. Důvodem byli narušené cesty a také křehkost spínačů. Ty během pájení velmi snadno praskli.

Tyto problémy jsem řešil za pomoci multimetru a posléze detekcí pomocí počítače. Na desce jsem postupně zkontroloval všechny cesty a v momentě, kdy špatně vodili jsem na ně napájel vrstvu cínu. Pokud problém spočíval v propojení dvou vedlejších cest, vzal jsem nůž a cín manuálně odstranil. Největším úskalím bylo manuální propojení dvou desek dohromady. Tato část desky vyžadovalo časově velmi úpornou manuální péči.

Desky se mi po opravách podařilo dostat do spolehlivého stavu. Jednou věcí, která



mi však projekt stěžila bylo, že nespolehlivost dráh a spínačů jsem objevil až v momentě, kdy jsem programoval detekci figurek. V tuto chvíli jsem však již, alespoň mohl využít napojení na multiplexery a pomocí kódu je kontrolovat skrze konzoly na počítači. To usnadilo proces oprav.

# Kapitola 4

## Řídící jednotka

### 4.1 Řídící jednotka

# Kapitola 5

## Detekce pozice figurek

# Kapitola 6

## Pohyb figurek

# Kapitola 7

## Závěr

# Seznam tabulek

# Seznam obrázků

2.1	Rozlišení SMT a THT na PCB desce . . . . .	11
2.2	Minimax algorithmus . . . . .	13
3.1	porovnání PCB desky z výroby a hotové . . . . .	15

# Příloha A

schema\_sachovnice.pdf



# Literatura

- [1] CONRAD.CZ. Arduino® » Praktický mikrokontrolér pro individuální spínací a řídicí úlohy. <https://www.conrad.cz> [online]. ©2024 [cit.29. 2. 2024]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/clanky/elektromechanika/arduino.html?srsId=AfmBOoq-DVdYd1lkV0hVguOg5cvqM7O721czoRtYbZBji4hT3SLgxRoY>
- [2] BOTLAND.CZ. Deska PCB – co to je?. <https://botland.cz/> [online]. ©2023 [cit.13. 3. 2023]. Dostupné z: <https://botland.cz/blog/deska-pcb-co-to-je/>
- [3] UK.RS-ONLINE.COM. reed-switches-guide. <https://uk.rs-online.com> [online]. ©2023 [cit.1. 2. 2023]. Dostupné z: <https://uk.rs-online.com/web/content/discovery/ideas-and-advice/reed-switches-guide>
- [4] DUBNO.CZ. VY\_32\_INOVACE\_CTE\_2.MA\_13\_Multiplexory. <https://dubno.cz/> [online]. ©2012 [cit.1.8.2012]. Dostupné z: [https://dubno.cz/images/stories/dum/8.sablona/24/pdf/VY\\_32,\\_INOVACE\\_CTE\\_2.MA\\_13](https://dubno.cz/images/stories/dum/8.sablona/24/pdf/VY_32,_INOVACE_CTE_2.MA_13)
- [5] WIKIPEDIA.CZ. Stabilizátory napětí. <https://www.wikipedia.cz> [online]. ©2024 [cit.22.2.2024]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Stabiliz%C3%A1tor\\_nap%C4%9Bt%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Stabiliz%C3%A1tor_nap%C4%9Bt%C3%AD)
- [6] LASTMINUTEENGINEERS.COM. 28byj48-stepper-motor-arduino-tutorial/. <https://lastminuteengineers.com> [online]. ©2025 [cit.23. 3. 2025]. Dostupné z: <https://lastminuteengineers.com/28byj48-stepper-motor-arduino-tutorial/>
- [7] CS.WIKIPEDIA.ORG. Elektromagnet. <https://cs.wikipedia.org/> [online]. ©2025 [cit.25. 1. 2025]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnet>
- [8] PCBA-MANUFACTURERS.COM. SMT vs THT. 2023 [online]. ©23. 3. 2023 [cit.https://www.pcba-manufacturers.com/smt-vs-tht/]. Dostupné z:

- [9] STORE.ARDUINO.CC. Arduino UNO pinout. 2025 [online]. ©19. 3. 2025  
[cit.<https://store.arduino.cc/en-cz/products/arduino-uno-rev3>]. Dostupné z: