

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta elektrotechnická
Katedra radioelektroniky

Arduino - piškvorky

Arduino - tic-tac-toe

Projekt bakalářský

Studijní obor: **Elektronika a komunikace**

Vedoucí práce: **Ing. Stanislav Vítek, Ph.D.**

Jan Závorka
Praha, 6. února 2019

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 6. února 2019

.....

Podpis

Obsah

1	Úvod	3
2	Hardware	3
2.1	Client	4
2.2	Server	5
2.3	Napájení	5
2.4	Router a nastavení sítě	6
3	Software	7
3.1	Knihovny	7
3.2	Komunikace	7
3.2.1	Komunikace Server -> Client	7
3.2.2	Komunikace Client -> Server	7
3.3	Změny a nastavení	9
3.3.1	Server	9
3.3.2	Client	9
4	Uvedení do provozu a postup hry	10
4.1	Server	10
4.2	Client	10
5	Závěr	14
Seznam použité literatury a zdrojů informací		15
Seznam použitého softwaru		16
Seznam příloh		16

Seznam tabulek

1	Rozložení herního pole <i>board</i> pro přenos dat a řízení hry mezi serverem a clientem	8
2	Rozložení packetu pro komunikaci client->server	8
3	Příkazy dostupné pro server	10

Seznam obrázků

1	Schéma zapojení celé sestavy, zdroj [1], [2]	4
2	Fotografie funkční verze klienta	4
3	Schéma zapojení tlačítek pro ovládání serveru	5
4	Fotografie funkční verze serveru	6
5	Obrazovka klienta po úspěšném připojení do sítě	10
6	Obrazovka klienta při připojování k serveru	11
7	Obrazovky dvou různých klientů po úspěšném připojení k piškvorkovému serveru	11
8	Obrazovka klienta po započaté hře	12
9	Rozehraná hra tří hráčů, obrazovka jednoho z klientů	12
10	Zobrazená hláška na displeji výherce (vlevo) a ostatních hráčů (vpravo), barva textu se shoduje s barvou hráče	13

1 Úvod

Cílem bylo vytvořit jednoduchý projekt, který by demonstroval možnosti komunikace Arduin po lokální síti. Po několika experimentech se jako zajímavá varianta jevila jednoduchá hra pro více hráčů. Vzhledem k použitému hardwaru se jako nejlepší možnost ukázala hra Piškvorky (v této verzi pro 2 - 5 hráčů).

2 Hardware

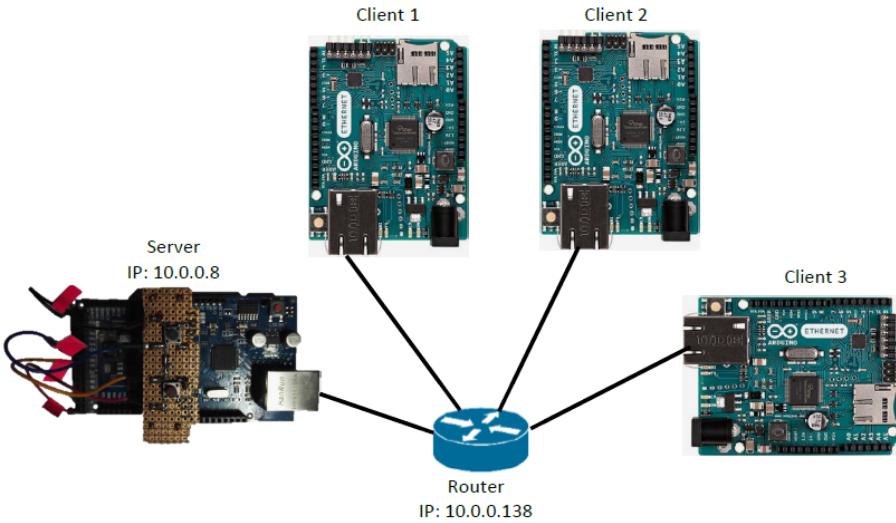
Z počátku bylo vše postaveno na deskách Arduino Ethernet. Pro možnost hry více než dvou hráčů bylo jedno Arduino použito jako server (bez displeje), které mělo za úkol řídit celou hru a Arduina s displejem (jako clienti) sloužili pouze jako zobrazovací zařízení a ke komunikaci s uživatelem (prostřednictvím dotykového displeje). Tato volba s sebou přinesla několik problémů.

Prvním problémem je malá paměť Arduina Ethernet (dle [2] je pro program k dispozici 32 kB paměti). Po přidání všech knihoven (konkrétně popsáno v kapitole 3.1) zůstane pro samotný program k dispozici 30 % programové paměti, což je dost limitující ve spojení s použitím barevného dotykového displeje.

Dalším problém s omezenými prostředky Arduina Ethernet nastal při vývoji serveru. Díky absenci dotykového displeje bylo pro samotný kód k dispozici dostatek místa, ale problémy nastaly při komunikaci, kdy během odesílání dat (přenáší se pole o velikosti 140 bajtů pro každého klienta zvlášť, detailněji v kapitole 3.2.1) docházelo k náhodným pádům a restartům Arduina. Tento problém byl vyřešen použitím desky Arduino Due.

Celková finální sestava pro tento projekt se sestávala z následujícího hardwaru:

- 1x router Huawei EchoLife HG520i, viz. kapitola 2.4.
- 3x client s Arduino Ethernet (celková sestava klienta popsána v kapitole 2.1).
- 1x server s Arduino Due (celková sestava serveru popsána v kapitole 2.2).
- příslušné napájecí adaptéry pro router (součástí balení) a pro Arduina (5 V, 2000 mA).



Obrázek 1: Schéma zapojení celé sestavy, zdroj [1], [2]

2.1 Client

Základem je, jak už bylo zmíněno výše, Arduino Ethernet s mikrokontrolérem ATmega328P. Jako zobrazovací a ovládací prvek byl zvolen 2.4"barevný TFT LCD displej s rozlišením 320x240 pixelů s rezistivní dotykovou plochou ve formě shieldu. Vzhledem k rozměrům (výšce) RJ-45 konektoru, který je umístěný na desce s Arduinem, je nutné pro správné připojení displeje použít lištu s oboustrannými kolíky o délce minimálně 15 mm. Protože u displejů použitých v této práci byly kolíky připájené už od výrobce, byla dodatečně vyrobená patice z dutinkové lišty a lišty s oboustrannými kolíky.



Obrázek 2: Fotografie funkční verze klienta

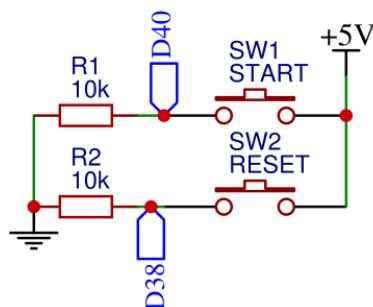
2.2 Server

Základem serveru je Arduino Due (bližší specifikace v [4]). Pro připojení do sítě byl zvolen Ethernetový shield s čipem Wiznet W5100.

Pro pohodlné ovládání hry jsou k serveru připojena dvě tlačítka, tlačítko s červeným kroužkem slouží pro zastavení a restart hry, tlačítko se zeleným kroužkem slouží pro start hry. Schéma zapojení je vidět na obrázku 3. Zapojení bylo pro testovací účely zhotovenno na univerzální desce plošných spojů. Připojení je realizováno pomocí vodičů, kolíky umístěné v desce slouží pouze k připevnění k Arduinu nebo shieldu. Vodiče s připojí podle barvy následovně:

1. Černý - GND
2. Modrý - D40
3. Oranžový - D38
4. Červený - 5 V

Místo pinů D40 a D38 lze použít libovolné jiné, ale tato změna musí být upravena v kódu pro server (viz. kapitola 3.3.1).

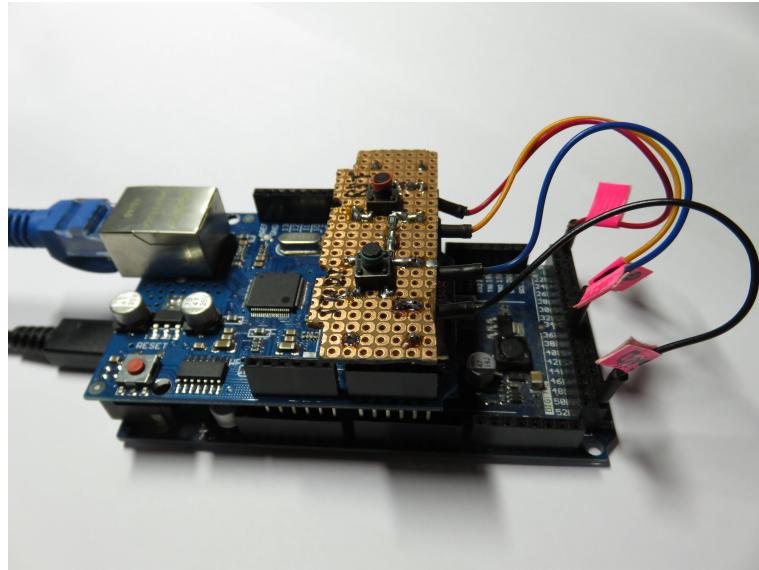


Obrázek 3: Schéma zapojení tlačítek pro ovládání serveru

2.3 Napájení

Napájení je řešeno externím zdrojem 5 V DC. Client se k napájení připojuje na programovací vstup (místo převodníku USB/UART), na piny: 1 = GND a 3 = 5V (zprava). Připojení externího zdroje pomocí souosého konektoru a využití integrovaného stabilizátoru není možné, protože client s displejem odebírá za provozu kolem 300 mA.

Je třeba také dbát na správné dimenzování napájecího zdroje, aby nedocházelo k poklesu napájecího napětí, protože tím by došlo k výkyvu reference pro dotykovou plochu a dotyky by nemusely být správně vyhodnoceny.



Obrázek 4: Fotografie funkční verze serveru

2.4 Router a nastavení sítě

Pro testování byl použit Huawei EchoLife HG520i. V nastavení byly vypnuty všechny funkce (WiFi apod.) a byl nakonfigurován DHCP server. Konfigurační soubor dostupný v příloze 1.

Aby se Arduina mohla spojit, je nutná aby měl server statickou IP adresu. Tento router neumožňuje přiřazení IP adresy k dané MAC, proto má server pevně přiřazenou IP (její změna popsána v kapitole 3.3.1). Tato adresa musí být ze stejné sítě jako je router ale mimo rozsah DHCP serveru.

Clientům je IP adresa přiřazována automaticky pomocí DHCP.

3 Software

3.1 Knihovny

Seznam použitých knihoven pro klienta:

- *Ethernet library*: komunikace po LAN (se serverem), zdroj [3].
- *UTFGLUE*: ovládání displeje, zdroj [5].
- *TouchScreen*: práce s dotykovou plochou, zdroj [6].

Seznam použitých knihoven pro server:

- *Ethernet library*: komunikace po LAN (s jednotlivými klienty), zdroj [3].

3.2 Komunikace

3.2.1 Komunikace Server -> Client

Během komunikace tímto směrem vždy server odešle celou herní desku (pole typu *byte board*), celkem tedy 136 bajtů. Pokud client toto pole v pořádku přijme, dojde k jeho vyhodnocení a vykonání potřebných funkcí (překreslení displeje, vyžádání akce od uživatele, zobrazení hlášky). Hodnoty pole mění pouze server. Popis pole a co které hodnoty představují je vidět v tabulce 1.

Při odesílání je pole rozděleno do packetů. Každý packet obsahuje 8 bajtů pole *board*, pořadové číslo packetu (aby client mohl pole zpětně sestavit) a dva bajty kontrolního součtu.

Client průběžně přijímá jednotlivé části, pokud dorazí nějaká část chybná (nesedí kontrolní součet), client si může vyžádat od serveru znovuodeslání (realizace popsána v kapitole 3.2.2). Pokud client přijme všechny části, pole *board* vyhodnotí.

3.2.2 Komunikace Client -> Server

Při této komunikaci se přenáší vždy dva bajty, přičemž celá zpráva je odeslána dvakrát po sobě. Server po přijetí obou zpráv zprávy porovná a pokud se neliší provede dané instrukce (význam v tabulce 2). V případě neshody je zpráva zahozena.

Tabulka 1: Rozložení herního pole *board* pro přenos dat a řízení hry mezi serverem a clientem

Index	Hodnoty	Popis
0-89		Každý index odpovídá jednomu čtverečku na herní desce piškvorek
	0	Pole je prázdné (neobsazené)
	1-5	Obsazeno některým hráčem/clientem
90		Přenos řídicí informace pomocí kódu
	0	Vše je OK, překreslit obrazovku
	3	Příprava nové hry, zobrazit úvodní obrazovku
	9	Informace pro hráč odpojen, že bude odpojen
	10	Hraje nějaký hráče (číslo daného hráče v poli 91)
	100	Hra skončila remízou
	10x	Hodnota podle hráče, který vyhrál: 101-105 ('x' je číslo hráče)
	20x	Problémy s daným hráčem: 201-205 ('x' je číslo hráče)
91	1-5	Číslo hráče, který je na tahu
93	0-89	Počet odehraných kol (vyplňuje server)
95-96	Kód barvy	Barva hráče 1
97-98		Barva hráče 2
99-100		Barva hráče 3
101-102		Barva hráče 4
103-104		Barva hráče 5
105-108	IPv4 adresa	IP adresa hráče 1
109-112		IP adresa hráče 2
113-116		IP adresa hráče 3
117-120		IP adresa hráče 4
121-124		IP adresa hráče 5

Tabulka 2: Rozložení packetu pro komunikaci client->server

Index	Hodnoty	Popis
0	1x	Jedná se o informaci, že další přenesený bajt bude číslo vyplněného pole (čtverečku) herní desky (board), za 'x' (na místě jednotek) je vyplněno číslo hráče
	2x	Žádost klienta o poslání dané části herního pole (board), v další bajtu je číslo dané části (packetu), za 'x' (na místě jednotek) je vyplněno číslo hráče
1	0-89, 0-16	Podle hodnoty předchozího bajtu: index vyplněného pole nebo pořadí packetu, který má být poslán znovu

3.3 Změny a nastavení

Všechny hodnoty, které je možno podle potřeby konfigurovat a nedojde tím k nesprávnému fungování zařízení jsou vždy označeny komentářem v kódu:

```
/* ----- KONFIGURACE ----- */
```

Konkrétní konfigurovatelné hodnoty jsou popsány v podkapitolách, detailly pak přímo ve zdrojovém kódu (příloha 2) pomocí komentářů.

3.3.1 Server

- *Adresa MAC* ... vzhledem k tomu, že zařízení je provozováno na samostatné síti, adresy byly voleny náhodně a nemůže dojít ke kolizi MAC adres. V případě, že zařízení bude provozováno v síti s cizími zařízeními, může být nutné MAC adresu změnit. K odstranění nebo snížení pravděpodobnosti kolize lze použít například postup popsaný v [7]. Zjistí se MAC existujícího cizího zařízení (byla mu přidělena výrobcem), zvětší se poslední bajt o jedna a takto vzniklá MAC adresa se přidělí našemu zařízení.
- *Připojení tlačítka* ... nastavují se čísla pinů, ke kterým jsou připojena ovládací tlačítka, nastavení pouze změnou kódu.
- *IP adresa* ... požadavky v kapitole 2.4, nastavení změnou v kódu.
- *počet polí k výhře* ... nastavení počtu polí, které je nutné obsadit aby došlo k výhře. Obsazené pole musí být v souvislé řadě svisle, vodorovně nebo diagonálně.

3.3.2 Client

- *Adresa MAC* ... platí to stejně jako pro server, popsáno v kapitole 3.3.1.
- *IP adresa serveru* ... nastavuje se IPv4 adresa, která byla přiřazena serveru.
- *Kalibrace dotykové plochy* ... nastavují se čtyři hodnoty, minimum a maximum pro osu x a pro osu y. Hodnoty lze zjistit například použitím příkladového programu obsažené v knihovně UTGGLUE. Lze ho nalézt v příklady -> MCUFRIEND_kbV -> TouchScreen_calibr_kbV.

4 Uvedení do provozu a postup hry

4.1 Server

1. Server se připojí pomocí sítového kabelu k routeru a připojí se i napájení. Server lze připojit microUSB kabelem k počítači a sledovat informace a stav hry na sériové lince.
2. Po připojení alespoň dvou clientů lze spustit hru zeleným tlačítkem. Hru lze kdykoliv přerušit červeným tlačítkem. Ovládání hry je možné kromě tlačítka také příkazy přes sériovou linku (v Arduino IDE: Nástroje->Sériový monitor nebo například pomocí Putty), jejich seznam je v tabulce 3.

Tabulka 3: Příkazy dostupné pro server

Příkaz	Význam
help	Vypíše nápovědu (dostupné příkazy)
clients	Zobrazí čísla a IP adresy připojených clientů
start	Spustí hru (ekvivalent zeleného tlačítka)
reset	Přeruší a resetuje hru (ekvivalent červeného tlačítka)

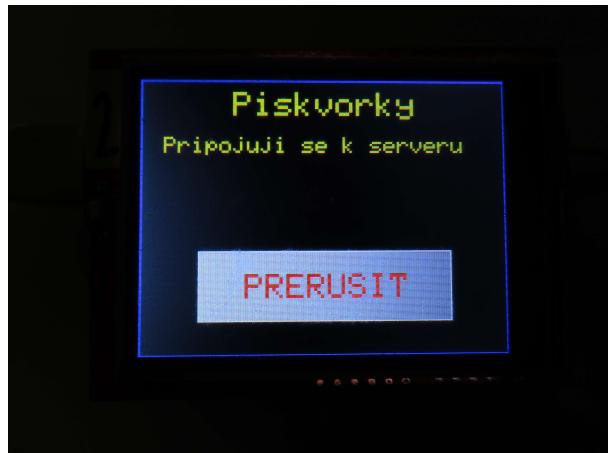
4.2 Client

1. Client se připojí pomocí sítového kabelu k routeru a připojí se k napájení. Pokud nebyl kabel správně připojen nebo client neobdržel IP adresu od DHCP serveru, zobrazí se na displeji žlutá hláška „Zkontrolujte pripojeni kabelu“.
2. Pokud připojení do sítě proběhlo v pořádku, zobrazí se úvodní obrazovka (obrázek: 5). Zobrazeny jsou informace o nastavené IP adrese serveru a o IP adrese, která byla clientovi přiřazena DHCP serverem.



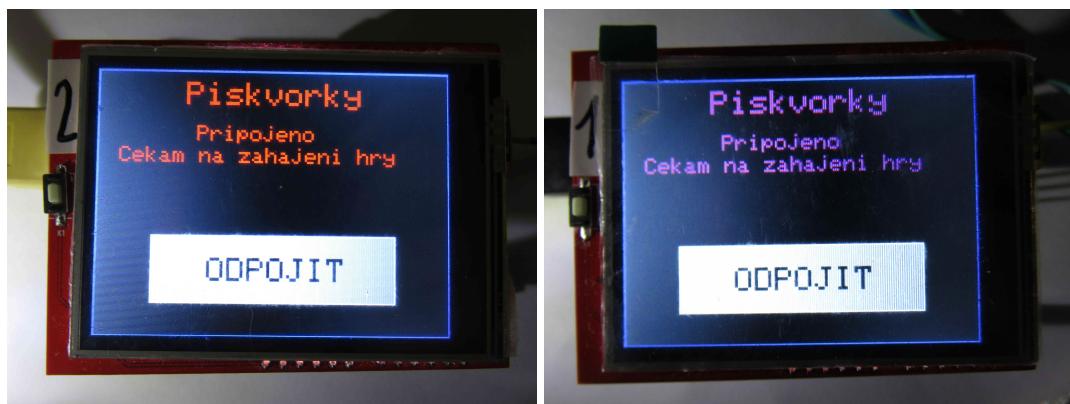
Obrázek 5: Obrazovka klienta po úspěšném připojení do sítě

3. Připojení k piškvorkovému serveru lze spustit stisknutím tlačítka „*PRIPOJIT*“. Připojování je indikováno pomocí displeje (obrázek 6). Připojování může být kdykoliv přerušena stiskem tlačítka „*PRERUSIT*“. Připojování bude dokončeno pokud na serveru není rozehraná hra.



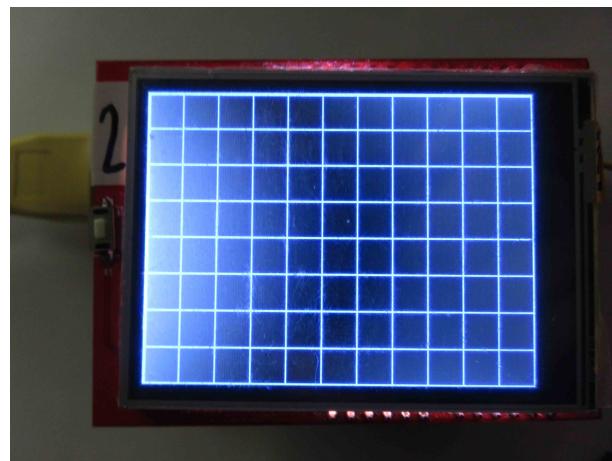
Obrázek 6: Obrazovka klienta při připojování k serveru

4. Pokud připojení proběhlo úspěšně, client má od serveru přiřazené číslo a barvu. To je indikováno pomocí displeje (obrázek 7), kde barva textu odpovídá barvě hráče. Než započne hra je možné se ze serveru odpojit stiskem tlačítka „*ODPOJIT*“. Nyní se čeká na zahájení hry.



Obrázek 7: Obrazovky dvou různých clientů po úspěšném připojení k piškvorkovému serveru

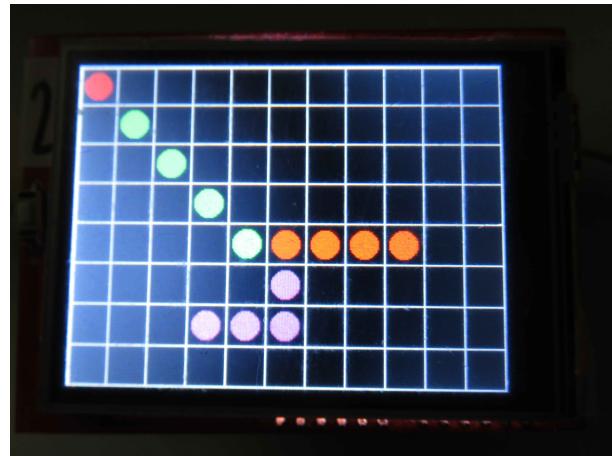
5. V případě, že ze strany serveru byla započata hra, vykreslí se na obrazovce herní pole (obrázek 8).



Obrázek 8: Obrazovka klienta po započaté hře

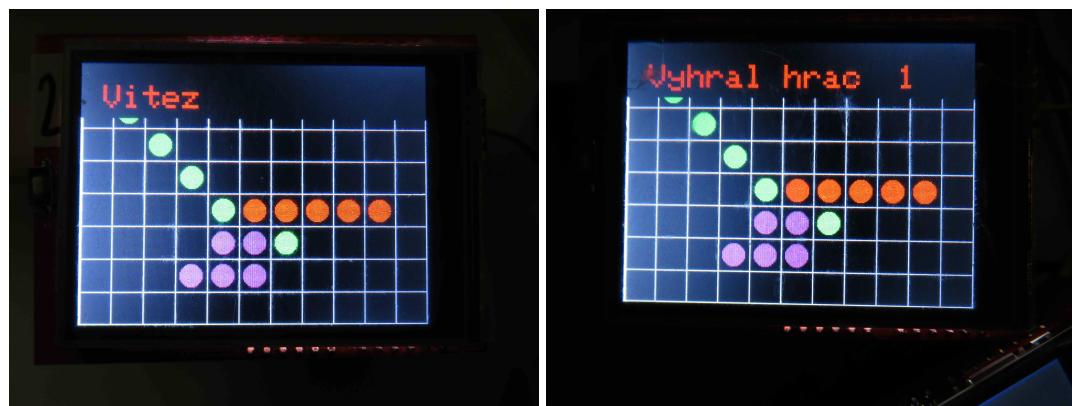
6. Během hry: pokud je mřížky šedá, hráje jiný hráč, pokud má mřížka nějakou barvu (barva se shoduje s barvou hráče) je na tahu daný hráč. Ten má za úkol stiskem libovolného volného čtverečku umístit svůj žeton.

Pokud ho stiskne, dojde k jeho vyplnění příslušným žetonem (barevným kruhem), mřížka je zelená a je na řadě další hráče. Rozehraná hra je vidět na obrázku 9.



Obrázek 9: Rozehraná hra tří hráčů, obrazovka jednoho z clientů

7. Hráči se střídají do té doby než: jsou všechna pole vyplněna (ukončeno remízou) nebo některý hráč spojil požadovaný počet žetonů (podle nastavení serveru, možnosti uvedeny v kapitole 3.3.1). O výsledku hry jsou hráči informováni hláškou na displeji (obrázek 10). Tato hláška po deseti sekundách zmizí a hra přechází do fáze 4.



Obrázek 10: Zobrazená hláška na displeji výherce (vlevo) a ostatních hráčů (vpravo), barva textu se shoduje s barvou hráče

5 Závěr

Podařilo se sestrojit zařízení, které zábavnou formu ukazuje možnosti komunikace Arduin po lokální síti. Během realizace se vyskytly určité problém (z nichž většina byla popsána v této zprávě), které se podařilo vyřešit at' už změnou hardwaru nebo případně určitými kompromisy na straně softwaru (například možnost připojení omezeného počtu hráčů).

Všechny zdrojové kódy, konfigurační soubory a i elektronická verze této práce (včetně \LaTeX ového kódů) jsou k dispozici na autorově Githubu. Dále zde budou umisťovány i aktualizované kódy s opravami případných chyb.

Seznam použité literatury a zdrojů informací

- [1] Network Diagram Symbols and Icons. *LucidChart* [online]. [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.lucidchart.com/pages/network-diagram-icons-and-symbols?a=0>
- [2] *Arduino store: ARDUINO ETHERNET REV3* [online]. [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-ethernet-rev3-without-poe>
- [3] *Arduino: Ethernet library* [online]. [cit. 2018-12-18]. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Ethernet>
- [4] *Arduino store: ARDUINO DUE* [online]. [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-due>
- [5] MCUFRIEND_kbv library. *Github* [online]. [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: https://github.com/prenticedavid/MCUFRIEND_kbv
- [6] Adafruit_TouchScreen library. *Github* [online]. [cit. 2019-02-05]. Dostupné z: https://github.com/adafruit/Adafruit_TouchScreen
- [7] MALÝ, Martin. Arduino: webový server i klient do ruky. *Root.cz* [online]. 27. 7. 2010 [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/arduino-webovy-server-i-klient-do-ruky/>

Seznam použitého softwaru

1. TeXmaker, TeXLive
2. Arduino IDE
3. Tables Generator
4. Citace.com
5. EasyEDA
6. IrfanView
7. Linux Mint 18.1 Cinnamon 64-bit

Seznam příloh

Příloha 1: Konfigurační soubor routeru Huawei EchoLife HG520i na Githubu, dostupné z:
<https://goo.gl/h8494S>

Příloha 2: Zdrojové kódy pro server i klienta na Githubu, dostupné z: <https://goo.gl/5roM9V>