

Plně automatické zařízení pro přípravu sypaného čaje

Michal Šlajs

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michal Šlajs**
Osobní číslo: **A19152**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Plně automatické zařízení pro přípravu sypaného čaje**
Téma práce anglicky: **Fully Automatic Device for Making Loose Leaf Tea**

Zásady pro vypracování

1. Prostudujte možnosti stávajících zařízení pro přípravu sypaného čaje.
2. Navrhněte vlastní mechanismus, který zajistí požadované chování systému.
3. Vyberte vhodné akční členy, řídicí jednotku a rozšiřující periferie.
4. Realizujte Vámi navržené řešení a implementujte řídicí program.
5. Proveďte základní funkční testy a vyhodnoťte chování systému.
6. Navrhněte možnosti rozšíření zařízení pro případné pokračování v navazující práci.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. BARR, Michael a Anthony J. MASSA. Programming embedded systems: with C and GNU development tools. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2006. ISBN 9780596009830.
2. CATSOULIS, John. Designing embedded hardware. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2005. ISBN 9780596007553.
3. PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 8073001101.
4. HRBÁČEK, Jiří. Komunikace mikrokontroléru s okolím. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 9788086056425.
5. THOMOVÁ, Soňa, Zdeněk THOMA a Michal THOMA. Příběh čaje. Praha: Argo, 2002. ISBN 8072034472.
6. PAGÁČ, Marek. Učebnice SolidWorks. V Brně: Vydavatelství Nová média, [2020]. ISBN 978-80-270-8730-3.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Zátpek**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 15. ledna 2022

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 19.5.2022

Michal Šlajs, v. r.
podpis studenta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je navrhnout plně automatické zařízení pro přípravu sypaného čaje. V teoretické části práce se nachází krátké nastínění historie vzniku čaje a současné druhy sypaných čajů. Další částí je také historie samotných automatů na čaj a v neposlední řadě se lze dočíst o dnešních, již existujících automatech na přípravu sypaného čaje a jejich principu fungování a rozdílech mezi jednotlivými druhy. Velkou kapitolou v teoretické části bakalářské práce je také teorie jednotlivých součástí nutných pro použití v praktické části. Praktická část se zabývá převážně celkovým návrhem vlastního automatu na přípravu sypaného čaje. Nejprve tedy samotnou konstrukcí, následně výběrem a implementováním součástí do konstrukce. V poslední části se zabývá práce samotnou implementací programu řídicí jednotky a displeje. Obsahem závěrečné části práce je provedení celkových testů zkonstruovaného zařízení.

Klíčová slova: příprava čaje, čaj, automat na čaj, čajovar, Arduino, SolidWorks, 3D tisk

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to design a fully automatic device for the preparation of loose tea. The theoretical part of the thesis contains a brief outline of the history of tea and the current types of loose teas. Another part is the history of the tea machines themselves, and last but not least, you can read about today's already existing machines for the preparation of loose tea and their principle of operation and differences between them. A large chapter in the theoretical part of the bachelor's thesis is also the theory of individual components necessary for use in the practical part. The practical part deals mainly with the overall design of its own machine for preparing loose tea. Thus, first by the design itself, then by selecting and implementing components into the structure. The last part deals with the work of the implementation of the control unit and display program. The content of the final part of the work is the implementation of overall tests of the designed equipment.

Keywords: tea preparation, tea, tea machine, tea maker, Arduino, SolidWorks, 3D printing

Velice moc děkuji vedoucímu práce Ing. Jiřímu Zátopkovi za skvělé vedení a obrovské množství rad, které mně při zpracování bakalářské práce poskytl a tím pomohl k jejímu dokončení. V neposlední řadě děkuji také své rodině za pomoc a umožnění studovat.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ČAJ	11
1.1 LEGENDY O ČAJI A JEHO RANNÁ HISTORIE	11
1.2 ČASOVÁ OSA NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH UDÁLOSTÍ VZNIKU ČAJE	12
1.3 ZÁKLADNÍ DRUHY SYPANÝCH ČAJŮ	12
1.4 DOPORUČENÁ PŘÍPRAVA JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ SYPANÉHO ČAJE	15
2 AUTOMAT NA AUTOMATICKOU PŘÍPRAVU SYPANÉHO ČAJE	16
2.1 HISTORIE ZAŘÍZENÍ PRO AUTOMATICKOU PŘÍPRAVU SYPANÉHO ČAJE	16
2.2 AUTOMATICKÁ PŘÍPRAVA SYPANÉHO ČAJE DNES	18
2.2.1 Automatické čajovary typu rychlovarné konvice	19
2.2.2 Automatické čajovary typu kávovar/kapslový kávovar	21
2.2.3 Prodejní čajové automaty	23
3 TEORIE JEDNOTLIVÝCH SOUČÁSTEK AUTOMATU NA ČAJ	27
3.1 JEDNOČIPOVÝ POČÍTAČ – MIKROKONTROLÉR	27
3.1.1 Mikroprocesor vs mikrokontrolér vs mikropočítač.....	27
3.1.2 Základní struktura mikrokontrolérů:	31
3.1.3 Další periferie mikrokontroléru.....	34
3.2 KROKOVÝ MOTOR	35
3.2.1 Princip funkce motoru.....	35
3.2.2 Dělení krokového motoru podle stavby rotoru	36
3.2.3 Dělení krokového motoru podle způsobu vinutí.....	38
3.2.4 Dělení krokového motoru podle počtu vinutí	39
3.2.5 Vlastnosti krokového motoru.....	39
3.2.6 Způsob řízení krokového motoru	40
3.2.7 Použití krokových motorů.....	42
3.3 ZDROJ NAPÁJENÍ.....	42
3.3.1 Princip funkce zdroje napájení.....	42
3.3.2 Regulované vs neregulované zdroje napájení	45
3.3.3 Důležité pojmy při výběru zdroje napájení.....	45
3.4 TEPLOTNÍ SENZORY	46
3.4.1 Jednotlivé druhy teplotních senzorů:	47
3.5 ZOBRAZOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO UŽITÍ S MIKROKONTROLÉRY	49
3.5.1 Druhy displejů.....	49
3.6 ELEKTROMAGNETICKÉ RELÉ	53
3.6.1 Princip funkce relé	53
3.6.2 Další druhy relé	53
3.7 DC-DC MĚNIČ	54
3.7.1 Dělení DC-DC měničů.....	55
4 ARDUINO A JEHO VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ	56

4.1	ARDUINO.....	56
4.2	HARDWARE	56
4.3	SOFTWARE	57
4.3.1	Arduino IDE.....	57
5	SOLIDWORKS A 3D TISK.....	59
5.1	SOLIDWORKS.....	59
5.1.1	Ukázka některých produktů součástí softwaru SolidWorks	59
5.2	3D TISK	59
5.2.1	Od 3D modelu k finálnímu výtisku.....	60
5.2.2	Využití 3D tiskáren	60
II	PRAKTICKÁ ČÁST	61
6	VOLBA JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT	62
6.1	VOLBA ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY.....	62
6.2	TEPLOTNÍ ČIDLO.....	63
6.3	MOTORY A JEJICH ŘADIČE	64
6.4	OHŘEV VODY	67
6.5	ZDROJ.....	67
6.6	DISPLEJ	68
6.7	RELÉ A STEP-DOWN MĚNIČ	69
6.8	DROBNÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ.....	70
7	NÁVRH KOSTRUKCE – TVORBA MODELU V PROSTŘEDÍ SOLIDWORKS A NÁSLEDNÝ 3D TISK.....	71
7.1	TVORBA PODSTAVCE – ZÁKLADNY	71
7.2	TVORBA OTOČNÉ PLOTNY	72
7.3	TVORBA PRODLUŽOVACÍHO RAMENA.....	73
7.4	TVORBA HLAVY – HORNÍ PLOŠINY.....	73
7.5	OZUBENÉ HŘEBENY, KOLO A OZUBENÉ NÁSADY NA KROKOVÉ MOTORY	74
7.6	CELKOVÝ POHLED NA KONSTRUKCI	76
7.7	POHLED NA REÁLNOU (VYTISKNUTOU) KONSTRUKCI	77
8	ELEKTRICKÝ OBVOD	78
8.1	SCHÉMA ZAPOJENÍ ELEKTRICKÉHO OBVODU	78
9	PROGRAM.....	80
9.1	VÝVOJOVÝ DIAGRAM	80
9.2	PROGRAM DISPLEJE NEXTION.....	81
9.3	PROGRAM DESKY ARDUINO	85
9.3.1	Vysvětlení jednotlivých částí kódu:	85
10	TESTOVÁNÍ	89
11	MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ V BUDOUCNU.....	90
	ZÁVĚR	91
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	92
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	99
	SEZNAM OBRÁZKŮ	102

SEZNAM TABULEK.....	105
SEZNAM PŘÍLOH.....	106

ÚVOD

Čaj a jeho konzumace sahá až do hluboké historie, kdy byl nejčastěji využíván při různých obřadech, modlitbách, jako lék, ... Svoje místo si našel také v dnešním moderním světě, kdy jeho popularita je celosvětová a není snad místa, kde by jej neznali. Existuje velká variabilita druhů čaje, ale také nemalé množství způsobu jeho přípravy. I ze stejného druhu čaje se dosáhne pomocí rozdílné úpravy naprosto jiných, pro čaj specifických chutí.

V dnešní „uspěchané“ době se snažíme o co největší úsporu času, což jde ruku v ruce se zajištěním co největšího komfortu žití, kdy banální činnosti necháváme napospas moderním technologiím. Pořizujeme si tedy do domácností různé zařízení, které nám s danou prací pomohou, či ještě lépe udělají práci kompletně za nás. Mezi takové zařízení můžeme zařadit nejrůznější robotické vysavače, kuchyňské roboty, sekačky na trávu, ... Proto se v bakalářské práci zabývám přípravou sypaného čaje za pomoci zařízení, které dokáže čaj připravit bez větší námahy, řekněme tedy automaticky.

Pro splnění všech cílů práce – navrhnout a sestavit takové zařízení, které bude schopno samo připravit sypaný čaj, je v první řadě nutná rešerše trhu. Konkrétně jako jeden z hlavních bodů je tedy nutné zjistit, co současné společnosti zabývající se stejnou problematikou na trhu nabízí a jaké zařízení konstruují. Nemalou součástí je také výběr samotných součástek (řídící jednotky, akčních členů, periferií, ...), které funkce takového stroje dokážou dohromady poskytnout. Proto pro jejich správný výběr je v teoretické části práce nutné rozboru jednotlivých součástek, aby bylo docíleno dostatečného porozumění každé z nich => správného výběru. Neopominutelným bodem je také návrh konstrukce, kde již vybrané součástky „působí“. Nutností čili dalším bodem práce je také napsání programu pro řídící jednotku, která bude požadované chování celého systému poskytovat. Po kompletaci celého návrhu systému s následným osazením a „oživením“ konstrukce příslušnými součástky je nutné provedení nejrůznějších testů a ověření, co tedy finální verze sestrojeného automatu opravdu nabízí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ČAJ

Bakalářská práce se týká nejen konstrukce automatu na sypaný čaj, ale velkou roli tam hraje sám o sobě sypaný čaj s jeho pevně danou přípravou. Proto tedy čaj, jako „základní surovinu“ celkového výtvaru bych v krátkosti rozebral. I z nutnosti toho, že automat pracuje s jednotlivými druhy čajů, které mění parametry přípravy a v neposlední řadě i to finální chování samotného automatu. Rozdílné použití různých druhů čajů ovlivňuje věci jako je doba louhování čaje, teplota ohřevu vody, ...

Pořadí	Země	Spotřeba	Pořadí	Země	Spotřeba	Pořadí	Země	Spotřeba
1.	Turecko	3,16 kg	10.	Polsko	1,00 kg	19.	Ukrajina	0,58 kg
2.	Irsko	2,19 kg	11.	Japonsko	0,97 kg	20.	Čína	0,57 kg
3.	Irán	1,99 kg	12.	Saudská Arábie	0,90 kg	21.	Kanada	0,51 kg
4.	Británie	1,50 kg	13.	Jižní Afrika	0,81 kg	22.	Malajsie	0,48 kg
5.	Rusko	1,38 kg	14.	Holandsko	0,78 kg	23.	Indonésie	0,46 kg
6.	Maroko	1,22 kg	15.	Austrálie	0,75 kg	24.	Švýcarsko	0,44 kg
7.	Nový Zéland	1,19 kg	16.	Spojené arabské emiráty	0,72 kg	25.	Česká republika	0,42 kg
8.	Chile	1,19 kg	17.	Německo	0,69 kg	26.	Singapur	0,37 kg
9.	Egypt	1,01 kg	18.	Hongkong	0,65 kg	27.	Slovensko	0,36 kg

Tabulka 1: Roční spotřeba čaje jednotlivých zemí na člověka od největší po nejmenší spotřebu z roku 2016 [13]

1.1 Legendy o čaji a jeho ranná historie

Jako počátek objevení čaje se traduje několik historických legend. Jedna z nich například zasahuje až do doby 2737 před naším letopočtem. Jiné legendy pojednávají o době 600 před naším letopočtem, další o 519 př. n. l. Jediné, co je na základě historického bádání jisté je, že se jedná o objev původu čínského. Nejdiskutovanější legenda je právě z data 2737 př.n.l., kdy se podle všeho čínský císař *Šang-nung*, přezdívaný *Božský vladař* na své cestě lesní krajinou usadil u ohně, kde následně meditoval. Voda z hrnce, která se vařila nad ohněm a zavanutí větru způsobilo onen pověstný zrod čaje. Vítr zavanul lístky z nedalekého keře přímo do hrnce s vařící vodou a vzniklá vůně již dokonala své. Císař se nápoje s lahodnou vůní napil a ihned si vzniklou tekutinu podle všeho zamiloval. Vše poté měl zdokumentovat ve své knize *Pen Cchao* (v překladu: *Lékařská kniha*), kde čaj popsal jako hořkou, lahodnou

bylinu. Kniha se do dnešní doby nedochovala, ale její obsah je přepsaný za dynastie Chan o zhruba 3000 let později.

Doba, kdy byl čaj zdokumentovaný již s jistotou pravdy pojednává o roku 350 našeho letopočtu. Důkaz je uveden v čínském slovníku, kde se jistý badatel a básník *Kuo-Po'* zmiňuje pod názvem o čaji. Uvedl také samotnou přípravu čaje z lístku vařením. Čaj byl až do konce 4. století záležitostí čínského dvora. Poté začala jeho distribuce a rozšíření mezi obyčejný lid s následným zakládáním čajoven.

Písemně se datuje, že se svět o čaji dozvěděl roku 851, kdy byl popsán v knize arabského cestovatele a kupce *Sulejmana*. Čaj v Evropě, na základě tištěné zprávy, která se dochovala, je datován k roku 1559, kdy jistý benátský spisovatel *Giovanni Battista Ramusio* uvedl popis čaje ve své knize *Cesty a putování*. [1] [2] [10]

1.2 Časová osa nejdůležitějších událostí vzniku čaje

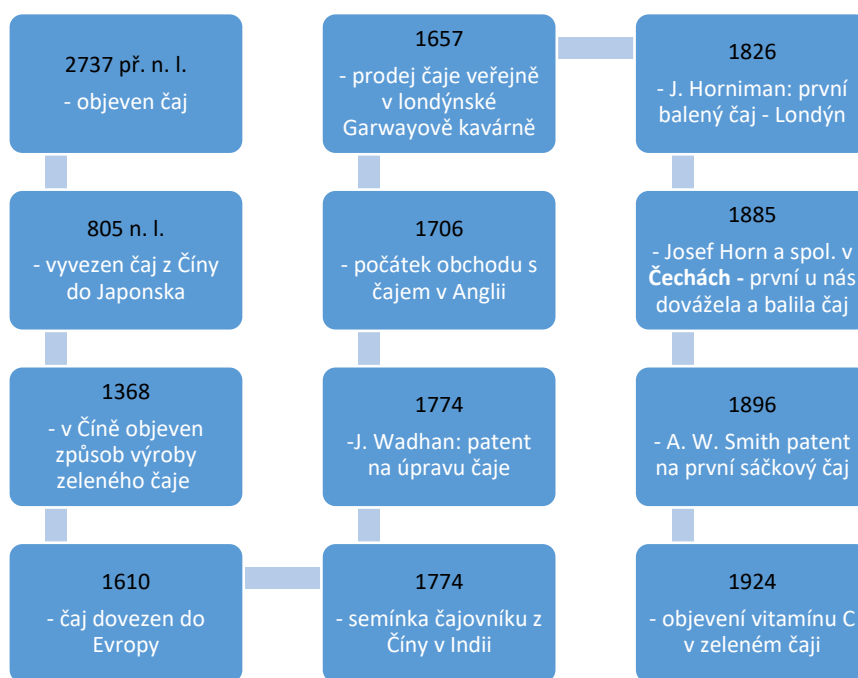


Diagram 1: Časová osa ukazující nejdůležitější události dějin vzniku čaje [1] [10]

1.3 Základní druhy sypaných čajů

Čaj, nápoj s obsahem kofeinu a zdraví prospěšnými látkami (antioxidanty, ...) se dnes konzumuje pro svou zdravotnost, chuť i jako rituál. Můžeme říct, že veškeré druhy pochází z jedné rostliny, konkrétně čajovníku – *Camellia sinensis* a jeho následných odrůd. Finální produkt lístků z čaje je ovlivněn způsobem, jakým jsou lístky zpracovány – sušením, fermentací,

tvarováním, oxidací, ... U kvality čaje platí v zásadě, čím blíže vrcholu větvičky, tím je čaj kvalitnější. Sbírá se pouze vrchní část na větvích čajovníku. [2] [3]

- **Černý čaj (někdy také jako červený)**

Po sklizni se lístky nechají zavadnout, poté se rolují a následně nechají projít oxidací a konečně usuší. Jedná se o čaj, který je nejvíce oxidovaný => hodně okysličených a neokysličených (přírodních) polyfenolů (= zastupují skupinu hlavních antioxidantů, které ochraňují buněčné membrány a DNA). Okysličené polyfenoly poskytují čaji chuť, aroma a barvu čaje. Neokysličené zase obstarávají trpkost, která stimuluje činnost slinných žláz a zahání žízně. [3] [4]



Obrázek 1: ukázka černého sypaného čaje [3]

- **Zelený čaj**

Neprochází vůbec oxidací => zachová veškeré přírodní polyfenoly. Po sklizni se lístky maximálně po 2 hodinách ve stínu zpracovávají. Oxidace neproběhne kvůli následnému zpracování – opražení na pánvi, pečením či propařováním. Následně se suší a tvarují. [3]



Obrázek 2: ukázka zeleného sypaného čaje [3]

- **Oolong čaj**

V překladu „černý drak“. Částečně zoxidovaný – oxidace je v procesu zastavena. Jedná se o čaj, který je považovaný něco mezi černým a zeleným čajem. [3]



Obrázek 3: ukázka sypaného čaje typu oolong [3]

- **Bílý čaj**

Je znám pro svou jemnost, která je způsobena minimální úpravou čaje. Sklizeň probíhá před úplným otevřením lístků čajovníku (=> v mládí pupenů, kdy jsou pokryty bílými chloupky => název bílý čaj). Pupeny jsou manuálně vybírány a následně rychle vysušeny => minimální zpracování => nízká oxidace. Díky tomu se tedy jedná i o jeden z nejčerstvějších čajů při následném podávání. [3]



Obrázek 4: ukázka bílého sypaného čaje [3]

- **Žlutý čaj**

Název vznikl od slámové barvy nálevu. Výroba je podobná jako je tomu u zeleného čaje. Zásadním rozdílem je přidání krok v postupu přípravy. Pupeny a lístky jsou z jara oškubány. Následně dochází k ohřevu na horkých pánvích s tím, že je vše zabaleno do speciální tkaniny. Proces se několikrát zopakuje. Dojde k mírné oxidaci. Čaj je díky tomu aromatický a zralý bez „travnaté“ chuti a trpkosti, jako je tomu u velkého množství zelených čajů. [3]



Obrázek 5: ukázka žlutého sypaného čaje [3]

- **Tmavý čaj (také jako Pu erh, Pchu-er)**

Lístky jsou nejčastěji slisovány do různých tvarů (bochníky, cihle, koláče, ...) Název *Pchu-er* pochází z místa, kde se čaj původně vyráběl. Netypické lístky jsou z místních starobylých čajových stromů. Čaj je uskladněn i řadu let až desetiletí. Tento čaj vyvrací tvrzení čerstvější = lepší. Čím déle je skladovaný, tím více uzraje a získává tím svoje „zatuchlé“ a „zemité“ aroma. Dokonce lze někdy pozorovat tenkou vrstvu plísně, kterou jsou lístky pokryté. Tajemství výroby tohoto čaje je přísně střeženo a je známo pouze malé skupince lidí. [3]



Obrázek 6: ukázka tmavého čaje [3]

1.4 Doporučená příprava jednotlivých druhů sypaného čaje

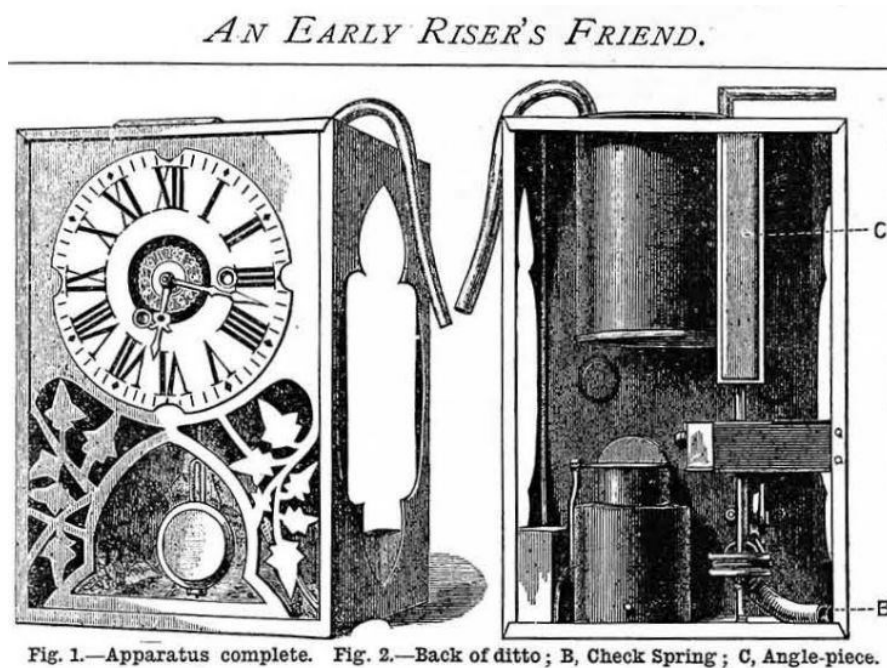
	černý čaj	bílý čaj	zelený čaj	žlutý čaj	čaj oolong	tmavý čaj
Množství vody na 7-9 g čaje [l]	0,6	0,3	0,3	0,6	0,3	0,6
Doba louhování [min]	3-4	2-3	1-2,5	2-3	1,25	5
Ohřev na teplotu [°C]	95-100	80-90	70-75	90-100	80-90	100

Tabulka 2: doporučené doby louhování, teploty a množství vody jednotlivých druhů čajů [5] [6]

2 AUTOMAT NA AUTOMATICKOU PŘÍPRAVU SYPANÉHO ČAJE

2.1 Historie zařízení pro automatickou přípravu sypaného čaje

Zařízení, které se starala o automatickou přípravu sypaného čaje se dříve, ale i dnes, označovala anglickým pojmem *teasmade*. Myšlenka těchto strojů se odlišuje od dnešní představy klasického automatického zařízení na přípravu sypaného čaje. *Teasmade* obsahuje nejčastěji analogový budík a je navržen pro použití u postele, aby bylo zajištěno, že čaj bude dostupný ihned po ranním probuzení. Anglický název může také napovědět také o tom, kde se první zařízení navrhlo. Pověstným místem bylo Spojené království, což nás přivádí na úplné prvopočátky vývoje těchto strojů, které sahají až do konce 19. století, kdy *Charles Maynard Walker*, který pracoval jako inženýr v plynovém průmyslu a vynálezce, vydal roku 1891 v časopise *Work* první nástřel takového stroje. Pojmenoval ho *Early Riser's Friend* (v překladu něco jako: brzký přítel pro vstávání). Publikace obsahovala podrobný popis i s ilustracemi, ale nikdy nedošlo k patentování výrobku. O rok později, tedy v roce 1892 *Samuel Rowbottom* vynalezl již přístroj, který byl patentován. Velkou nevýhodou tohoto přístroje bylo, že byl poháněn plynem => byl viditelný plamen od hoření plynu, což nebylo úplně nejlepší řešení pro umístění v ložnici u postele. [7] [8] [9]



Obrázek 7: První teasmade *Early Riser's Friend* od *C. M. Walker* [8]

Princip zařízení byl prostý, ráno zazvonil budík, který zároveň aktivoval zápalku, ta zapálila hořák pod konvicí. Konvice se po uvaření vody naklonila a přelila horkou vodu do připraveného šálku. Následovalo druhé spuštění alarmu, které indikovalo připravenost čaje ke konzumaci. Paradoxem bylo, že hluk přípravy byl tak velký => nešlo si nevšimnout skutečnosti, že je čaj připravený k odběru.

Následovala doba, kdy na počátku 20. let se čajovary začaly rozvíjet obrovskou rychlostí. Byla to doba celkového rozvoje všech druhů domácích spotřebičů. Čajovarům také pomohlo to, že se čaj stal dostupný i pro nejchudší obyvatele a díky tomu dokonce Spojené království mělo na přelomu 20. století největší spotřebu čaje na obyvatele na světě. V té době i zavedení elektřiny do běžných domácností způsobilo velký pokrok v technologiích (čaj se již nepřipravoval za přítomnosti otevřeného ohně, jako tomu bylo u prvních vynálezů, ale využívala se elektřina). První komerční modely s názvem *Goblin Teasmade* vznikly v roce 1936 – měly již osvětlení ve formě lampy, konvici a radioaktivní barvu (výroba byla nebezpečná – kauza „*Radiové dívky*“, které bez ochrany zacházely s radioaktivní barvou – životní následky/smrt), která zajišťovala osvětlení displeje ve tmě. [7] [11]



Obrázek 8: Komerční model teasmade z roku 1932 od W. H. Brenner Thornton [7]

Roku 1980 zažil trh úpadek. Nejprestižnější společnost té doby *Goblin* zabývající se čajovary byla prodána firmě *Swan*, která přebrala výrobu až do dnešní doby. Jen to je již v dnešní době spíše sběratelským koníčkem, kdy na trhu se sem tam nějaký teasmade objeví, ale již po něm není taková sháňka jako tomu bylo za zlatého věku těchto výrobků ve 20. století. [7]



Obrázek 9: Ukázka novodobého teasmade výrobku od současné firmy *Swan*

2.2 Automatická příprava sypaného čaje dnes

V dnešní době existuje mnoho různých řešení chytrých automatů na sypaný čaj o různých velikostech. Sice můžeme říct, že je velká variabilita přístupu řešení každého automatu na čaj, ale není jich na trhu zdaleka tolik co automatických kávovarů. Mezi ty klasické velikosti se řadí „chytré konvice“ a za ty největší můžeme požadovat čajové (prodejní) automaty, podobné těm na kávu. Díky modernizaci a *Internetu věcí* dnes máme k dispozici zařízení, které komunikují po internetu, přes aplikaci v telefonu, ...

Moderní zařízení disponuje různými programy přípravy čaje pro různé druhy samotného čaje, možnost personalizace – vytvoření osobních profilů s vlastním (upraveným) nastavením přípravy čaje. Nedílnou součástí je také možnost volby teploty. Některé umožňují také určení intenzity čaje, udržení teploty. Ale není to pouze o tom, co nabízí za funkce, ale i z hlediska konstrukce a principu funkce samotného automatu. Všechny tyto věci se různí výrobce od výrobce, kterých je na trhu nespočet. Někteří nabízejí integrovaný zásobník na vodu, jiní zase přívod vody přímo z vodovodního řádu. Konstrukce může být kovová, plastová, dřevěná, ... Lišit se může také ovládacími prvky, některé moderní automaty na sypaný čaj disponují pouze fyzickými tlačítky, lepší z nich nabízí dotykový displej. Rozdíly jsou také v rychlosti ohřevu samotné vody, či právě možnost využít chytrý telefon pro uvaření čaje „na dálku“.

Na dnešním trhu se jako komerční výrobky dají sehnat různé typy těchto automatických zařízení pro přípravu sypaného čaje. Dělení různých typů není pevně stanoveno a můžeme využít základního (jednoduchého) dělení takovýchto výrobků – dělení podle vzhledu a velikosti, proto tedy můžeme uvést následovné rozdělení:

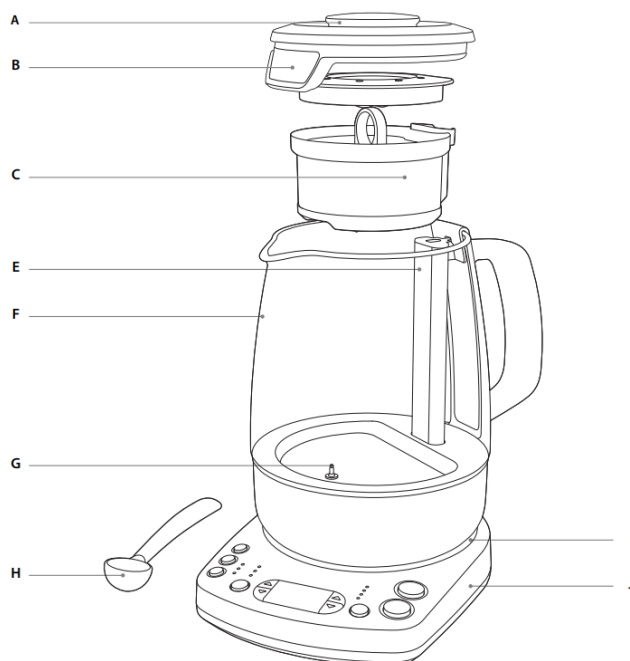
- Automatické čajovary typu rychlovarné konvice
- Automatické čajovary typu kávovar/kapslový kávovar
- Prodejní čajové automaty

2.2.1 Automatické čajovary typu rychlovarné konvice

Automatické čajovary vzhledem připomínající klasickou rychlovarnou konvici na přípravu horké vody, s tím rozdílem, že mají většinou podstavec, na kterém se nachází ovládací prvky daného zařízení. Uvnitř takové konvice se také ve většině případů vyskytuje sítko, do kterého se nasype sypaný čaj. Konvice fungují na principu rychlovarné konvice, kdy po uvedení do provozu, většinou po jednoduchém zvolení programu na podstavci, se uvede v chod topná spirála, která ohřeje vodu na příslušnou teplotu podle zvolení. Pro příklad z kategorie čajovarů typu rychlovarné konvice viz *obr. 10*.



Obrázek 10: Čajovar SAGE BTM800 [14]



Obrázek 11: Popis čajovaru SAGE BTM800 [14]

Vysvětlení jednotlivých symbolů:

- A – víčko skleněné konvice
- B – filtr vodního kamene
- C – víčko čajového sítka
- E – držák sítka
- F – skleněná konvice
- G – ponorný teplotní senzor
- H – lžička na dávkování
- I – prostor pro síťový kabel
- J – bezdrátový podstavec

Konkrétně prezentovaný model (viz *obr. 10, 11*) se řadí mezi ty nejlepší v současné době dostupné modely typu rychlovarné konvice na trhu. Nabízí širokou škálu možností vzhledem ke své jednoduché a relativně malé konstrukci. K dispozici máme výběr teploty podle druhu čaje a také volbu intenzity čajového výluhu. Umí také udržet teplotu na určitých stupních Celsia, podle příslušné volby programu čaje. Funkce, která by správnému čajovaru také neměla chybět, je možnost nastavení vlastní teploty ohřevu vody, což nám zmiňovaný model *SAGE BTM800* umožňuje. Model od značky *SAGE* má také k dispozici magnetický držák sítka, který umožňuje jeho ponořování a vynořování při louhování čaje, což v této kategorii není vůbec standardem, ale spíše ojedinělým výskytem této funkce. Nejčastěji se setkáme s automatickými zařízeními, které sítko mají po celou dobu přípravy čaje ponořené ve vodě. Také bych zmínil přítomnost podsvíceného LCD displeje, který ukazuje informace ohledně přípravy daného čaje. [14]

Výhody a nevýhody provedení automatických čajovarů typu rychlovarné konvice:

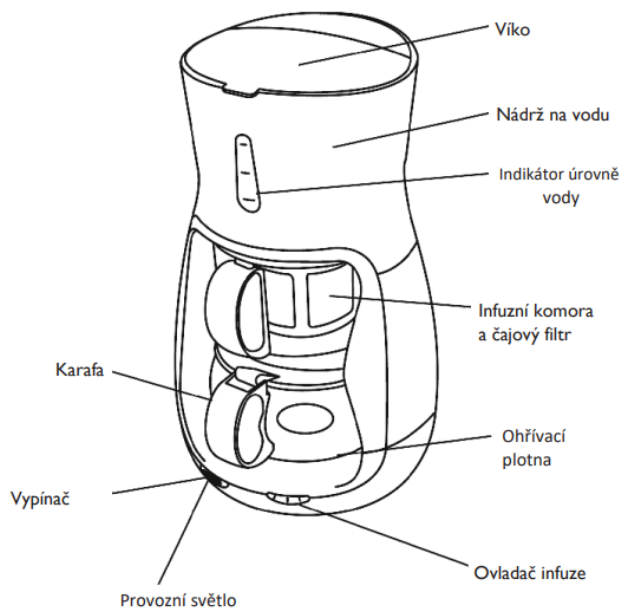
- + některé relativně levné
- + skladné, přenosné
- + snadná údržba
- + intuitivní ovládání
- omezené funkce/programy
- většinou sítko pevně na místě bez možnosti pohybu (ponoření/vynoření)
- slabá/žádná konektivita s chytrými telefony
- nemožnost úpravy programů uživatelem
- většinou žádný, nebo pouze základní LCD displej
- „předražená“ rychlovarná konvice

2.2.2 Automatické čajovary typu kávovar/kapslový kávovar

Automatické čajovary – typu kávovar, se svým vzhledem nijak moc neodlišují od klasických kávovarů, které známe. Na první pohled nelze ani často rozeznat, jestli jde o verzi na přípravu čaje, či se jedná právě o kávovar. Čajovarů tohoto typu je obecně velmi málo, dokonce na českém trhu jsou dostupné jen vzácně. Hlavním rozdílem oproti čajovarům typu rychlovarné konvice je oddělenost jednotlivých komponentů. Tím je myšleno, že mají již svůj zásobník na vodu, nádobu na sypaný čaj a další komponenty oddělené konstrukčně od sebe => do styku dojdou až v určité fázi programu přípravy čaje. Zmínil bych také, že v nemálo případech se jedná o hybridní automat, tudíž automat nabízí funkci čajovaru a kávovaru současně.



Obrázek 12: Automat na čaj Klarstein Tealicious [15]



Obrázek 13: Popis jednotlivých částí čajovaru *Klarstein Tealicious* [15]

Princip funkce čajovaru z *obr. 13* je následný. Nejprve se naplní čajový filtr sypaným čajem a poté umístí zpět do automatu. Skrze horní víko se doplní voda (nutno dodržet značku hladiny *MIN* – minimální množství vody i *MAX* – maximální množství vody). Poté se na regulátoru zvolí čas louhování (jde volit mezi 2 až 16 minuty) a spustí se ohřev vody. Voda po ohřátí je automaticky uvolněna do infuzní komory, kde proběhne louhování čaje po stanovený čas. Po uplynutí času je voda opět přepuštěna do karafy umístěné ve spodní části čajovaru. Ohřivací plotna pod karafou je schopna udržovat čaj teplý 30 minut po uvaření čaje, následně dojde k vypnutí automatu. [15]

Klarstein Tealicious je jako jeden z mála automatů na sypaný čaj téhle kategorie dostupný na českém trhu. Disponuje pouze omezenými funkcemi jako je zmíněné nastavení možnosti doby louhování čaje a schopnosti udržet teplý čaj ještě 30 minut po jeho uvaření. Nemá ale k dispozici žádný ukazatel procesu přípravy (displej, ...), možnost nastavení svých vlastních profilů, teplot ohřevu, ... Neumožňuje ani výběr základních přednastavených profilů podle druhu čaje. Jedinou velkou výhodou, kterou automat má, je oddělenost veškerého procesu přípravy čaje. Myšleno způsobem, že louhování čaje neprobíhá již od začátku vaření čaje jako tomu je často u automatů typu rychlovarná konvice, ale probíhá pevně stanovený čas, teprve po ohřevu vody jejím přepuštěním z vrchní nádoby do nádoby na louhování čaje (Infuzní komory). [15]

Výhody a nevýhody provedení automatických čajovarů typu kávovar:

- | | |
|---|---|
| + cena téměř totožná s automaty typu rychlovarné konvice | - malé množství různých automatů na trhu (není z čeho vybírat) |
| + většinou oddělenost jednotlivých částí přípravy čaje (louhování, ohřev vody, ...) | - často hybrid slabá/žádná konektivita s chytrými telefony |
| + intuitivní ovládání | - někdy nemožnost úpravy programů uživatelem |
| + některé modely již dotykový displej | |
| + často hybrid (kávovar + čajovar) v jednom | - obvykle pouze omezené funkce (základně nutné pro přípravu čaje) |

Je velmi těžké porovnávat výhody a nevýhody z celkového hlediska dané kategorie. Domnívám se, že je to způsobeno také velmi omezenou existencí tohoto automatu v této kategorii, kdy to, že jich je malý zlomek a není z čeho vybírat způsobuje slabé (malé) nároky na výrobce. Nejspíše svoje dělá i nezáměr o tento druh zboží, a proto se často dělá ve formě hybridu, kdy kávovar čelí mnohem větší oblibě. Hybrid způsobuje nevýhodu v tom, že kávovar hraje téměř vždy větší roli a schopnost připravit čaj je spíše funkcí navíc, která má přilákat další kupce a není tím pro „gurmány“ sypaných čajů lákadlem.

2.2.3 Prodejní čajové automaty

Jedná se o skupinu automatů určených hlavně pro masové používání ve firmách/školách, ... Svou velikost, která bývá několikanásobná oproti předešlým kategoriím, mají z jistého důvodu. Automaty zpravidla mají několik obrovských zásobníků na sypaný čaj (případně kávu) a téměř vždy disponují přípojkou na vodovodní řád, což zajišťuje automatu dlouhodobý chod bez nutnosti doplňování zásoby čaje/vody po každém použití. Automat bývá také často doplněn o peněžní funkci, kdy hospodaří s penězi – „prodává“ čaj – vrací, přijímá peníze => odtud název prodejní automat.

Pro příklad bych uvedl *Minifresh 5300 Leaf Tea Brew* (viz obr. 14, 15), což je prodejní automat indické firmy *Godrej*. Automat o rozměru 785 mm (výška) x 350 mm (šířka) x 531 mm (hloubka) a hmotnosti 40 kg a již zmiňovaným připojením na vodovodní řád je schopen připravit několik druhů čajů bez nutnosti doplnění. Má totiž k dispozici celkem 5 úložných kontejnerů, které mají k dispozici objem 1,7 l každý. Automat se dá také naprogramovat na přípravu kávy. K dispozici je až 11 programů, které jsou voleny z klávesnice (viz obr 17). Automat je potřeba naprogramovat, aby příslušná pozice (z těch 11 dostupných) provedla

požadovanou přípravu nápoje. Můžeme zde také najít dvouřádkový alfanumerický displej s podsvícením, kterým disponuje většina automatů stejné kategorie. Rychlost přípravy udává výrobce jako 2 kelímky čaje za minutu (o objemu 90 ml každý). [16]



Obrázek 14: Prodejní automat na sypaný čaj *Minifresh 5300 Leaf Tea Brew* [16]



Obrázek 15: *Minifresh 5300 Leaf Tea Brew* – pohled na vnitřek automatu [17]

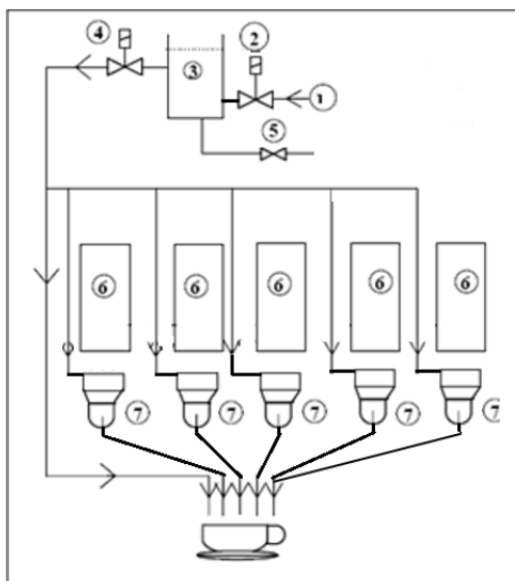
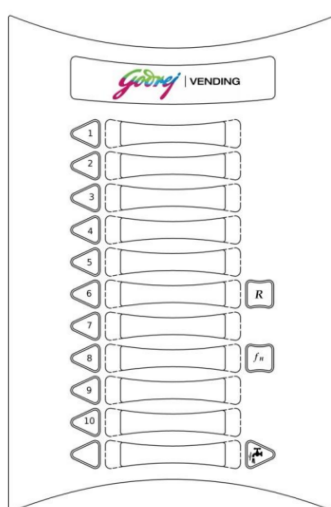


Figure 1-1

Obrázek 16: Schéma práce automatu *Minifresh 5300 Leaf Tea Brew* [17]

Schéma na *obr 16* nám ukazuje, jak automat základně funguje. Pod číslem 1 máme připojení na přívod vody (optimálně tlak 0,2 – 8,0 bar). 2 je ventil, který obhospodařuje (otevívá/zavírá) přívod vody, která teče do bojleru (3), kde probíhá ohřev. Číslo 4, výstupní ventil, nám pouští ven ohřátou vodu. Voda dále pokračuje do mixéru (7) spolu s příslušným čajem z kontejneru se sypaným čajem (6). 5 je ventil, který odvádí vodu z kotle ven. Na obrázku není dále zakreslená část, kde probíhá vaření čaje a následný koš, do kterého je umísťován již vylouhovaný čaj (koš lze pozorovat na *obr. 15*) [17]

**Obrázek 17:** Klávesnice modelu *Minifresh 5300 Leaf Tea Brew* [17]

Výhody a nevýhody automatických čajovarů typu prodejní čajové automaty:

- + Zásobníky na sypaný čaj
- + Připojení na vodovodní řád
- + Možnost prodeje čaje (ne každý model umožňuje)
- + Určeno pro velké množství uživatelů
- cena automatu
- nutnost údržby v zásadě od servisu
- nemožnost volit si teploty, ... „za běhu“ – nutnost přeprogramování od operátora
- nemožnost personalizace programů uživatelem
- nedisponuje konektivitou s chytrým telefonem

3 TEORIE JEDNOTLIVÝCH SOUČÁSTEK AUTOMATU NA ČAJ

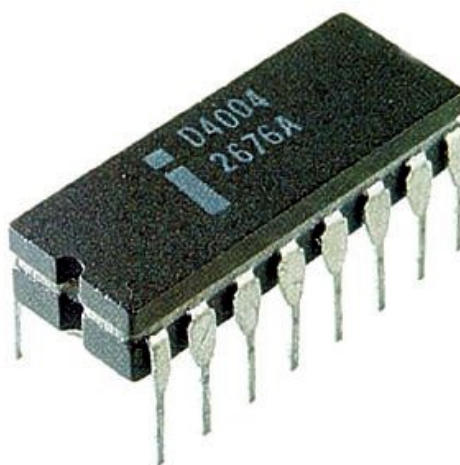
3.1 Jednočipový počítač – mikrokontrolér

Jedna z nejdůležitějších součástí v dnešní době. Jde o malá, všestranná, relativně levná, odolná zařízení. Veškerá většina zařízení v domácnosti, venku i v práci, prostě téměř všude, využívá mikrokontroléru. Lze ji najít na mikrovlnkách, televizích, telefonech, tiskárnách, pračkách, ... Hojně ji využívá i automobilový průmysl, kdy auto má hned několik mikrokontrolerů (řídí se u něj motor, brzdy, tempomat, ...). Obecně se dá říct, že vše co nějakým způsobem komunikuje s uživatelem využívá právě mikrokontroléru. [18]

3.1.1 Mikroprocesor vs mikrokontrolér vs mikropočítač

1) Mikroprocesor – CPU (Centrální procesorová jednotka):

Mikroprocesor je „srdce“ každého zařízení, ve kterém se nachází. Jde o nejdůležitější čip na každé základní desce. V porovnání s obyčejným procesorem se v jednoduchosti dá říct, že jde o totéž zařízení, které je pouze zmenšené. Je to vlastně křemíkový čip, který obsahuje miliony malých součástí, jenž spolu spolupracují. Je složen z *ALU jednotky/tek (Arithmetic Logic Unit)* – kde probíhají veškeré výpočty. Dále obsahuje řadič (*Control Unit*), který se stará o řízení veškeré práce, komponentů a obsahuje sadu 2 registrů. Kvalita mikroprocesoru je klíčová. Čím kvalitnější, rychlejší, tím jsou veškeré možnosti zařízení větší. Důležité údaje „kvality“ mikroprocesoru jsou například pracovní frekvence (udává se v GHz/Hz), frekvence systémové sběrnice, velikost *cache* paměti a v neposlední řadě i samotná spotřeba. [20] [21]



Obrázek 18: První mikroprocesor firmy Intel – *Intel 4004* z roku 1971

Architektura mikroprocesoru:

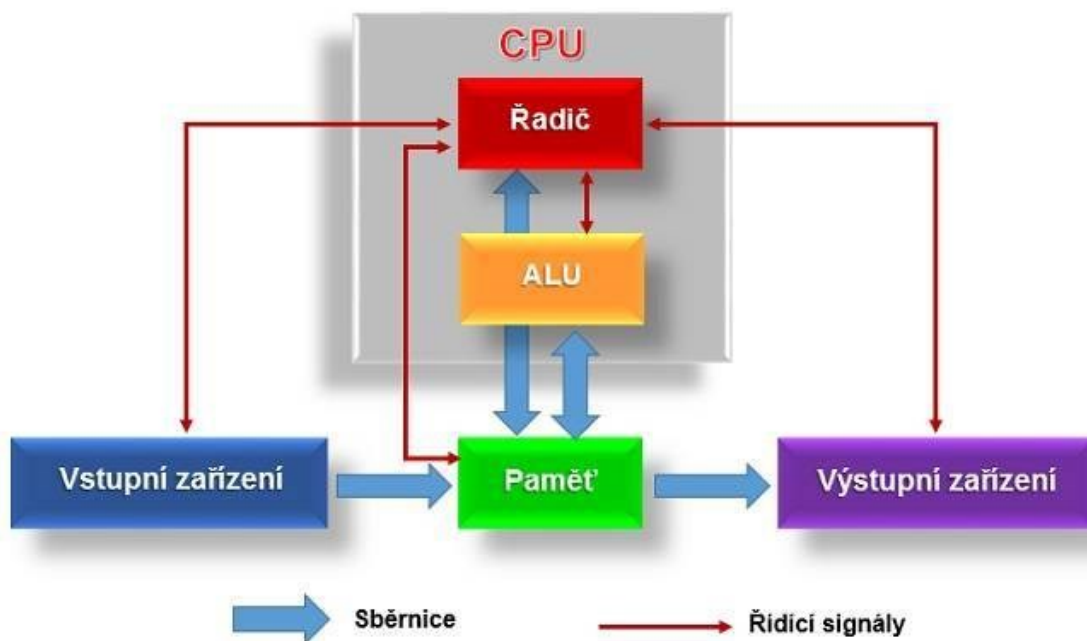
Mikroprocesor může být dvojího typu podle architektury počítačů:

- **Von Neumannova architektura:**

Jedná se o dnes nejvíce používanou architekturu, která je pouze pozměněná (vylepšená) oproti původní. Architektura pochází z roku 1945, kdy ji navrhl americký matematik John von Neumann. Můžeme říct, že se počítač skládá z pěti hlavních modulů:

1. **Operační paměť** – k uchování dat, výstupů, výsledků prováděného programu
2. **ALU (aritmetickologická jednotka)** – provádí veškeré výpočetní operace (aritmetické i logické). Její součástí jsou sčítače, násobiče a komparátory.
3. **Řadič (řídící jednotka)** – řídí veškerou činnost všech částí počítače. Řízení probíhá pomocí řídicích signálů, které jsou zasílány jednotlivým komponentům a jejich odpovědi získá řadič pomocí stavových hlášení.
4. **Vstupní zařízení (input)** – vstupní proměnné dat a programu
5. **Výstupní zařízení (output)** – výstup programu => zpracovaná data

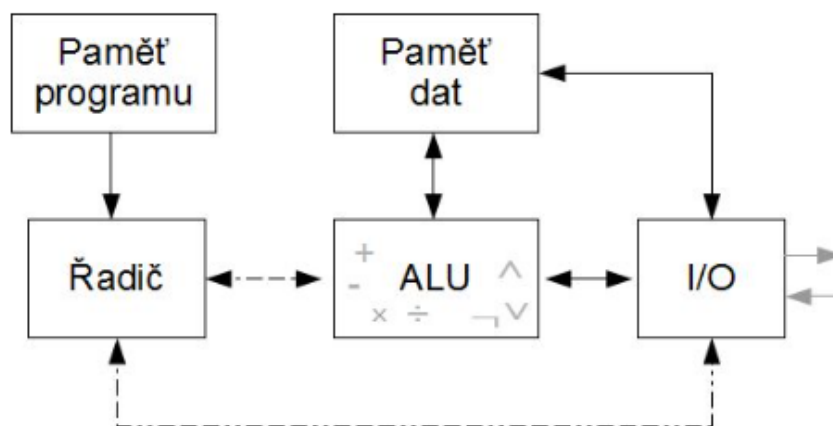
Složením řadiče a aritmetickologické jednotky dostaneme právě onen procesor (CPU). Hlavním rozdílem dnešní době je využití více procesorů, kdy původní schéma zamýšlelo pouze s jedním. Dnes dochází k rozdělení výpočtů mezi více procesorů. [22] [23]



Obrázek 19: Schéma Von Neumannovy architektury [24]

- **Harvardská architektura:**

Použití Harvardského schématu je odlišné od Von Neumannova oddělením dvou pamětí – pro program a pro data, což umožňuje použití různých parametrů pamětí a vlastností pro každou z pamětí. Můžou se také lišit technologií, časováním, adresováním, ... Použití dvojí paměti zrychluje přístup k oběma pamětím => vyšší rychlost zpracování. Bezpečnost systému je také o něco vyšší, díky možnosti použití paměti ROM, která slouží pouze pro čtení => nelze program upravovat. U moderních procesorů se lze setkat s použitím kombinace obou architektur. [23] [25]



Obrázek 20: Schéma Harvardské architektury počítače [23]

Dělení mikroprocesorů může být také podle jeho typu použití instrukcí:

- **CISC** – počítač se složitým souborem instrukcí (Complex Instruction Set Computer)

Jedná se o procesory, které využívají velmi rozsáhlou sadu instrukcí. Typické je, že instrukce jsou s proměnlivou délkou vykonání a procesor má malý počet registrů. Z hlediska velikosti kódu se jedná o „úsporné řešení“. Z programátorského hlediska jsou jednodušší na programování, kdy není nutné rozepisovat jednoduché operace. Složitost CISC procesorů může vést k problémům ve výrobě. [23] [26]

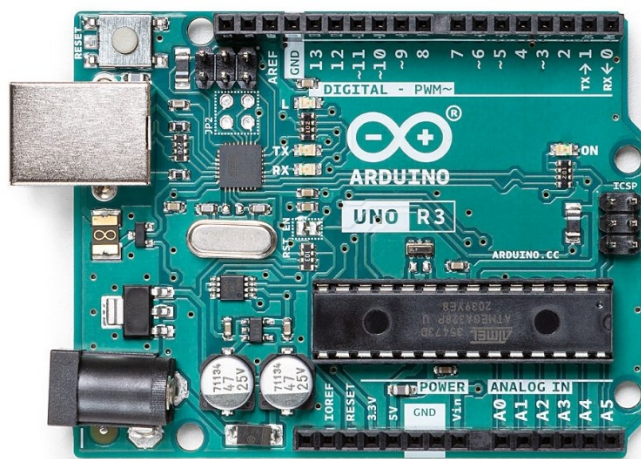
- **RISC** – počítač s redukovaným souborem instrukcí (Reduced Instruction Set Computer)

Dnes již používanější varianta – hlavně díky rychlosti a nízké ceně pamětí. Využívá se pouze jednoduchých instrukcí. Instrukce jsou vytvořené pomocí obvodu => méně náročné na výrobu, mají danou délku a obsah. Každý strojový cyklus zaručuje splnění jedné

instrukce. Nezpůsobuje problém s frontou instrukcí. Využíváním jednoduchých instrukcí je způsoben nárůst velikosti kódu. [23] [26]

2) Jednočipový počítač – mikrokontrolér – MCU:

Mikrokontrolér je konstrukcí a principem funkce jednoduché zařízení s integrovaným obvodem. Používá se pro ovládání elektronického systému, kdy za pomoci mikroprocesorové jednotky, paměti a dalších periférií zajišťuje a kontroluje jeho správný chod. Typické pro ně je, že jsou většinou zabudovány v nějakém zařízení (=> vestavěné systémy = řídicí systém je zcela zabudován do zařízení, ve kterém pracuje). Dalším klasickým ukazatelem, že jde právě o mikrokontrolér, může být to, že jsou určeny pro právě jeden běžící program, který spouští a provádějí. Jejich cena a velikost je obecně řečeno malá. Program se nachází v paměti ROM (=> určen pouze pro čtení). Můžeme také říct, že většinou mají velmi nízkou spotřebu, kdy klasické stolní PC má spotřebu v průměru 50 wattů elektřiny, tak u mikrokontroléru se jedná o spotřebu kolem 50 miliwattů. Konstrukčně jsou také více přizpůsobeny podle toho, v jakém prostředí, k jakému účelu se používají. Například při již zmíněném využití v automobilu musí být schopen pracovat i při nízkých teplotách, ... [18] [19]

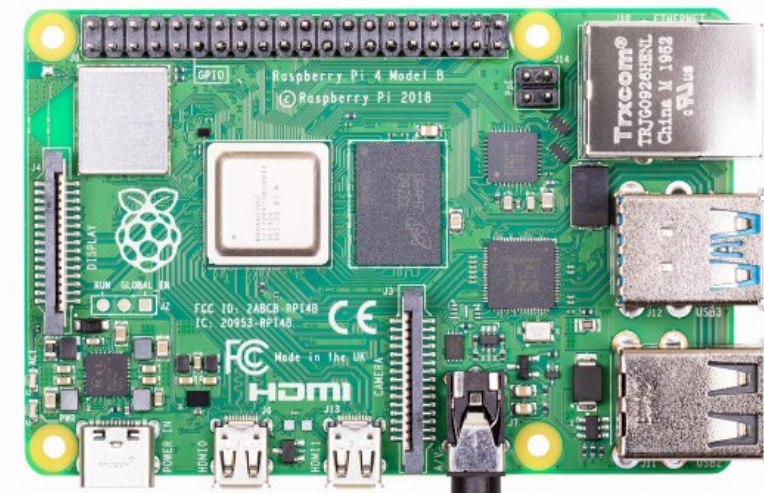


Obrázek 21: Ukázka mikrokontroléru *Arduino Uno Rev3*

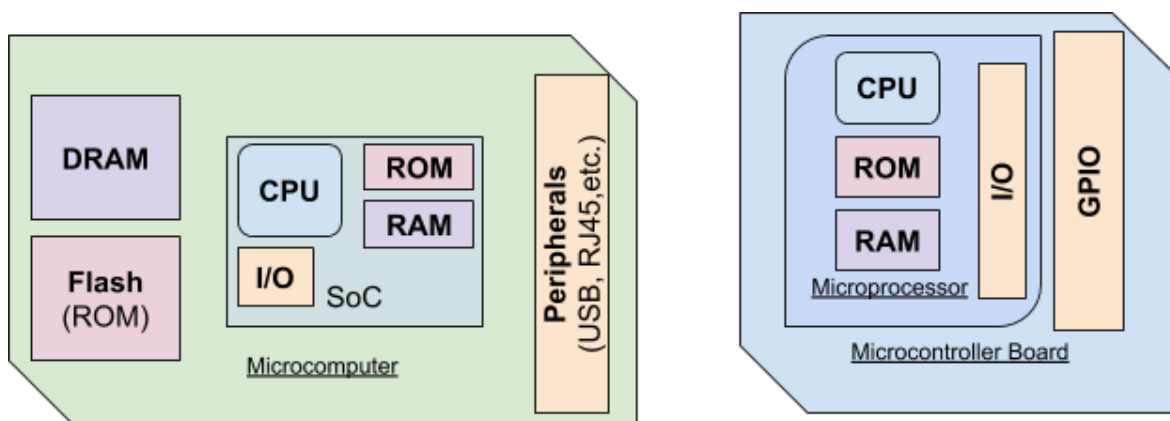
3) Mikropočítač:

Mikropočítač obsahuje mikroprocesor stejně tak, jak tomu bylo u mikrokontroléru. Dokonce některé mikropočítače obsahují vestavěné mikrokontroléry (*Raspberry Pi*, ...). Jednoduše řečeno se jedná převážně o běžné počítače, které jsou konstruovány v co nejmenším rozměru s častým využitím technologie *System on a Chip* (= všechny části počítače nebo jiného

elektronického systému jsou uloženy na jediném čipu). U mikropočítačů je předpoklad provozu OS. RAM a ROM jsou většinou periferie, které jsou externího typu. Ukazatelem, že se jedná o mikropočítač může být také využití USB, či Ethernetu. [21]



Obrázek 22: Ukázka mikropočítače – Raspberry Pi 4 Model B – 8 GB RAM



Obrázek 23: Srovnání čipů mikropočítače (vlevo) a mikrokontroléru (vpravo) [21]

3.1.2 Základní struktura mikrokontrolérů:

- **Procesor (mikroprocesor):**

Řídí celý počítač, obvod a jeho spolupráci s ostatními periferiemi. Podrobněji vysvětlený je v kapitole 3.1.1 – Mikroprocesor vs mikrokontrolér vs mikropočítač.

- **Operační paměť**

Používá se k uchování zpracovaných dat a také jako úložiště pro výsledky jednotlivých výpočtů. V nejvíce případech se používá paměť typu RAM. (= jde o polovodičovou paměť s přímým přístupem a možností čtení i zápisu. Má volatelný charakter,

což způsobuje smazání obsahu po odpojení napájení.) Velikost zabíraného místa bývá nejčastěji v rozmezí byte – desítky kibibajtů ($=2^{10}$ bajtů). [27] [29]

- **Paměť programu**

Používá se jako úložiště programu a případně dalších dat. Nejčastěji desítky až stovky kibibajtů. Bývá buďto typu:

- **ROM** – elektronický typ paměti s obsahem daným již z výroby, není závislá na napájení => nevolatilní.
- **EPROM** – semipermanentní typ paměti typu ROM-RAM. Obsah lze mazat ultrafialovým zářením (UV), proto se někdy označuje také jako UV-EPROM
- **EEPROM** – semipermanentní (nevolatilní) paměť typu ROM-RAM, elektricky mazatelná.
- **flash** – semipermanentní (nevolatilní) typ paměti, elektricky zapisovatelná paměť s libovolným přístupem. [27] [28] [29]

- **Oscilátor**

Oscilátor slouží mikrokontroléru, konkrétně procesorové jednotce, komunikační sběrnici, tónovým generátorům, dalším neméně důležitým prvkům v první řadě k řízení rychlosti procesů v mikrokontroléru – jednoduše řečeno určují, jak rychle poběží procesor. Děje se tak pomocí různých vln s rozdílnou frekvencí, fázovým šumem, jitterem, driftem i spolehlivostní příslušné vlny. Nejdůležitějším prvkem je samotná frekvence pomocí které oscilátor vytváří signál a díky tomu následně dojde k přetaktování (změně rychlosti) oscilátoru pro následné zvýšení výkonu mikrokontroléru. Se zvýšením výkonu dojde také ke zvýšení spotřeby energie. Často se můžeme setkat s oscilátory na bázi RC článku (= zpětnovazební oscilátor, jde o pasivní elektrický obvod, který je složený z několika odporů a kondenzátorů, využívá se jako frekvenční filtr. V závislosti na kmitočtu se mění elektrický signál). Použití oscilátoru na bázi RC nese jisté nevýhody a to například frekvenční variabilitu (nestabilita), zatížení u různých teplot. U lepších mikrokontrolerů se lze setkat s jinými, než interními oscilátory na bázi RC a to za využití mikroelektromechanických oscilátorů s fázově uzavřenými smyčkami (PLL). Takovéto oscilátory jsou složeny z referenčního, nejčastěji krystalového a napětově řízeného oscilátoru. Využitím takového oscilátoru zajistíme vytvoření vysokofrekvenčních signálů. Oscilátorů existuje relativně velká řada podle příslušné technologie. Nejčastěji jako krystalové, SAW, MEMS a napětově řízené oscilátory. [29] [30]

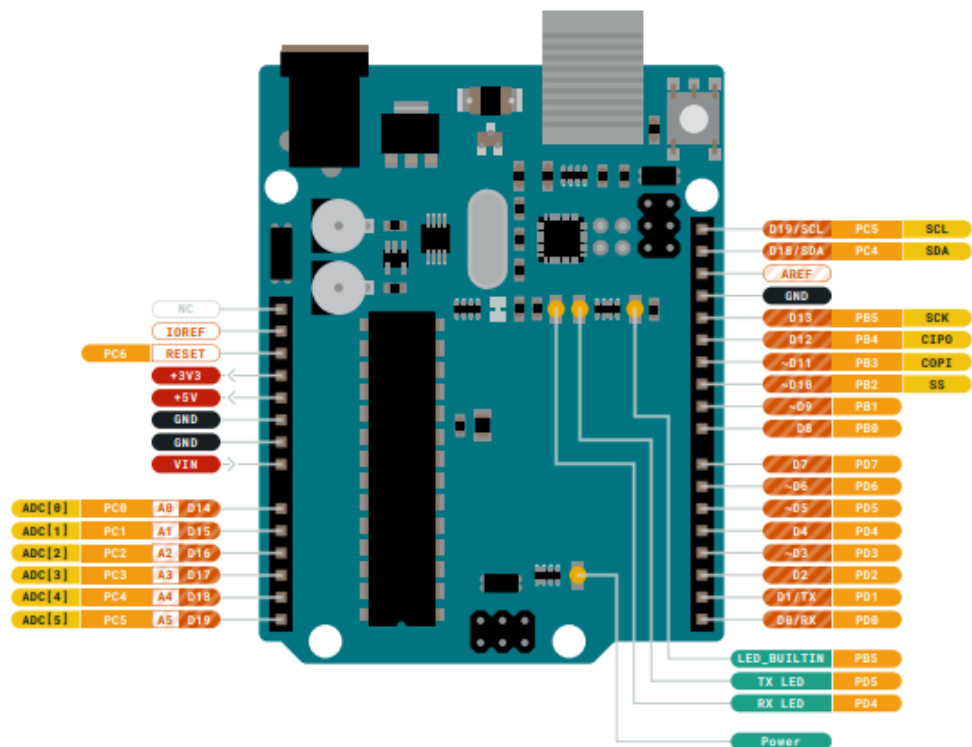


Obrázek 24: Ukázka různých krystalových oscilátorů

- **Vstupně/výstupní rozhraní (porty)**

Pro připojení různých zařízení se využívají vstupní/výstupní porty, které má každý mikrokontrolér dostupný. Hlavním rozdílem u každého typu, značky, ... je jejich počet. Každý port může obsahovat různý počet pinů, v závislosti právě na specifikaci portu. Rozmezí počtu pinů se většinou pohybuje mezi 6 až 60 piny na mikrokontroléru. Zajímavostí je, že jeden pin může být určen pro více účelů, ale v jednu chvíli plní funkci pouze jednu. Termín, který označuje tuhle schopnost je *pin multiplexing*. Každý správný mikrokontrolér má vytvořený katalogový list (data sheet), ze kterého lze mimo jiné vyčíst, nejčastěji v části *module pinout*, uspořádání a vlastnosti všech pinů. [27] [29] [31]

- **paralelní porty**
- **sériové porty**
- **porty komunikačních sběrnic** – CAN-BUS, Ethernet, ...
- **A/D převodníky**
- **D/A převodníky**
- **PWM výstupy** – většinou se lze setkat s pseudoanalogovým napětím *PWM* generovaným za pomoci interního oscilátoru (je pouze zlomek zařízení, které mají skutečný analogový napěťový signál)
- **vstupy pro zachycování času a počítání událostí**
- **aplikačně zaměřené porty** – pro LCD displeje, motory, ...



Obrázek 25: *Arduino Uno Rev3* – ukázka rozložení pinů

3.1.3 Další periferie mikrokontroléru

- **řadič přerušení** – jde o obvod, který má na starosti přerušení podle priority, která může být různého druhu (pevná, rotující, kaskádovitá)
- **časovače** – používá se k měření času, počítá pulsy vnitřního zdroje (obvykle hodinového signálu procesoru).
- **čítače** – počítá pulsy vnějšího signálu
- **watchdog timery** – používá se k obnovení (resetování) systému z chyby při jeho zacyklení – ať už hardwarové, či softwarové. Díky tomu se nemusí systém resetovat manuálně, což by způsobovalo komplikace při špatně dostupných místech.
- **řadič displeje** – poskytuje rozhraní mezi mikrokontrolérem a zobrazovacím zařízením (LCD, LED, OLED, ePaper, CRT, ...)
- **řadič klávesnice** – poskytuje rozhraní mezi mikrokontrolérem a klávesnicí
- **programovatelné hradlové pole** - jde o typ logického obvodu, který je uzpůsoben tomu, aby byl naprogramován až z pozice zákazníka (není vyhotoven z výroby). Obsahuje řadu programovatelných logických bloků, obvodů a tím umožňuje vytvořit téměř jakékoliv číslicové zařízení. [27] [29]

Arduino deska	Mikrokontrolér	Velikost flash paměti [KiB]	Počet digitálních I/O pinů	Počet PWM pinů	Počet analogových vstupů	Počet analogových výstupů
Uno R3	ATmega328P	32	14	6	6-8	0
Nano	(ATmega168 před R3) / ATmega328	16/32	14	6	8	0
Mega2560	ATmega2560	256	54	16	16	0
Arduino Due	AT91SAM3X8E	512	54	12	12	2
LilyPad Arduino	ATmega168V / ATmega328V	16	14	6	6	0

Tabulka 3: Srovnání základních vlastností Arduino desek [32]

3.2 Krokový motor

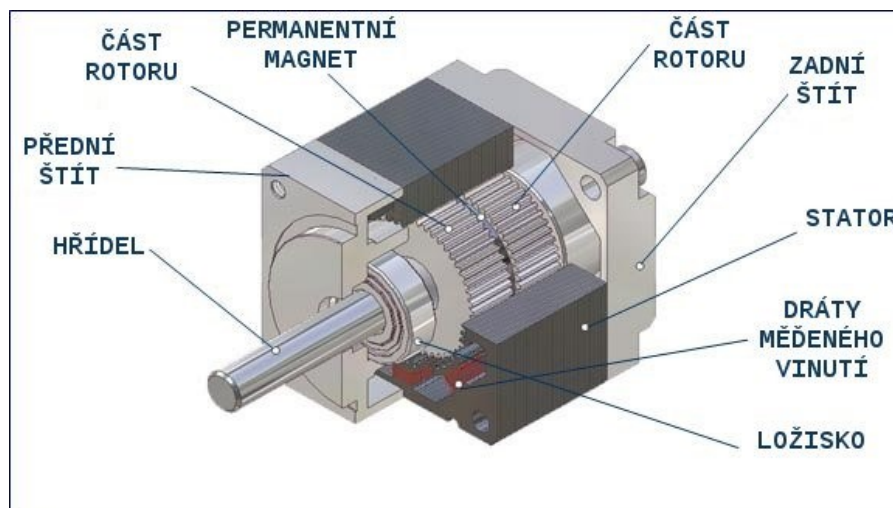
Jde o synchronní impulsivně napájený motor, jehož funkční pohyb je nespojitý a probíhá po jednotlivých úsecích (krocích). Pojmeme krok můžeme definovat pohyb mezi stabilními polohami vždy po určitém úhlu (každý krokový motor má úhel jiný). Nejčastěji se setkáme s krokem $1,8^\circ$ a definicí jedné celé otáčky na 200 kroků. K řízení krokového motoru se využívá ovladač krokového motoru, který řídí funkční pohyb a režimy chodu krokového motoru. Motor je složen ze statoru a rotoru. Stator je nepohyblivá část a rotor rotuje usazený na hřídeli v závěsu na rotujícím magnetickým pólem vytvořeným kolem statoru. Stator je vyrobený z oceli či jiného kovu – jde o kostru pro elektromagnety, což jsou cívky osazení v místech kolem dokola rotoru. [33] [34]

3.2.1 Princip funkce motoru

Pomocí pólových cívek je generováno magnetické pole, konkrétně tedy jejich postupným zapínáním. Magnetické pole má na starost otáčení statoru. Pólové nástavce jsou uzpůsobeny takovým způsobem, že při vzniku magnetického pole se ve statoru rotor pootočí o hodnotu, která je dána vzdáleností (úhlem) mezi nástavci statoru a rotoru. Pohyb rotoru, probíhá po krocích (odtud název krokový motor) a jeho velikost (úhel natočení) je daný celkovou konstrukcí motoru a způsobem generování impulsů. Výhodou krokového motoru je jeho přesné polohování. Počet kroků je dán počtem pólových dvojic, rovněž může být ovlivněn způsobem ovládání – mikrokrokování, ... Rovněž velkým plusem je také, že k mechanickému kontaktu u krokového motoru dochází pouze mezi ložisky, což zajišťuje velkou odolnost

samotného motoru a údržba je také naprosto minimální. Jediný problém co může nastat je při překročení mezního zatížení, což může způsobit nestabilitu pohybu = ztráta kroku. Dá se tomu předejít volbou dostatečně vhodného motoru a ovladače. Ovladač (řadič) je speciální typ elektrického obvodu, který generuje impulsy v určitém sledu a délce. Ty poté přes výkonovou část budí v přesném pořadí jednotlivá vinutí motoru. Frekvence, pořadí a délka impulsů z řídicího obvodu řídí počet, smysl otáček rotoru a rovněž také točivý moment stroje. Úhel kroku odpovídá změně polohy rotoru po příchodu jednoho impulsu. Na velikosti úhlu má vliv konstrukce motoru (počet fází statoru, počet pólů rotoru a způsob řízení krokového motoru). Velikost kroku lze jednoduše určit z rovnice č. 1, kde N je počet zubů rotoru a m je počet fází statoru. [33] [34]

$$\Phi = \frac{360^\circ * N}{m} \quad \text{[Rovnice 1]}$$



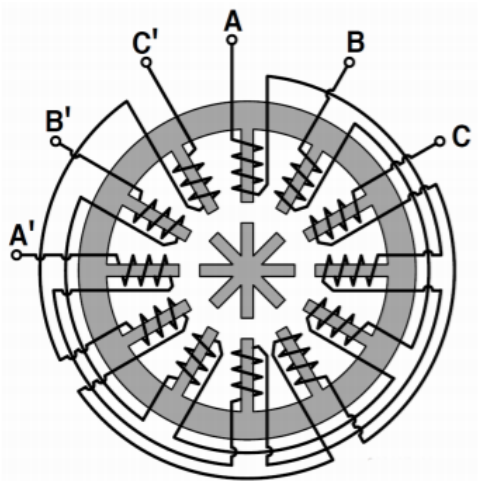
Obrázek 26: Složení krokového motoru [34]

3.2.2 Dělení krokového motoru podle stavby rotoru

1) Motor s proměnnou reluktancí – Variable Reluctance Motors

Využívají základní vlastnosti magnetického obvodu – a to schopnost natáčet se vždy do konfigurace s co nejmenším magnetickým odporem (energií). Dnes již nejstarším typem konstrukce krokového motoru, kdy setkat se s ní můžeme opravdu vzácně. Rotor je tvořen svazkem plechů s pólovými nástavci a následným nalisováním na hřídel (bez vinutí). Stator je tvořen také plechy s nástavci, kde jsou uložena jednotlivá vinutí fází. Typickým prvkem pro tento motor je, že při protáčení rotoru rukou se pohybuje plynule (nemůžeme

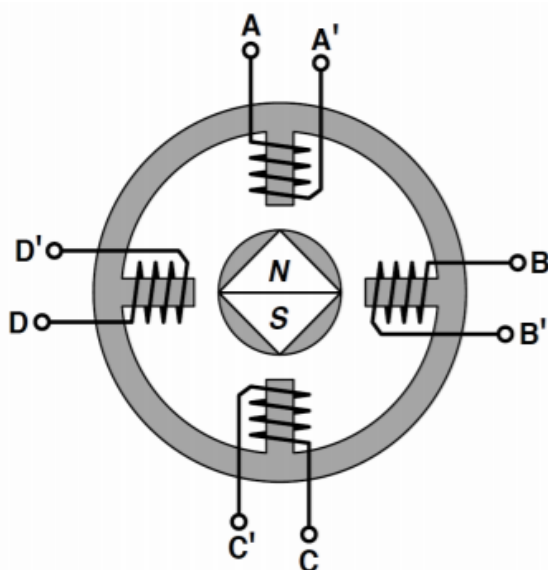
pozorovat „krokování“). Nevýhodou je, že v poměru své velikosti a hmotnosti je motor opravdu slabý – má malý točivý moment a ještě k tomu nepřesné krokování. [33] [34] [35]



Obrázek 27: Schéma motoru s proměnnou reluktancí [35]

2) Motor s rotorem tvořeným permanentním magnetem – Permanent Magnet

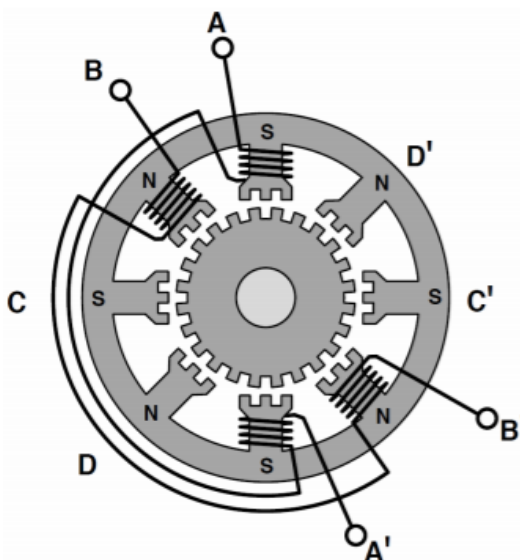
Princip motoru využívá magnetické pole tvořené permanentními magnety. Na obvodu motoru, který je tvořený z radiálně pólovaného permanentního magnetu dochází ke střídání typu severních a jižních pólů, kdy počet je poloviční oproti pólu statoru. Výhodou této konstrukce je její jednoduchost a tím pádem i levnost => hojně využívána ve spotřební a automobilové elektronice. Za nevýhodu můžeme označit velikost kroku – $7,5^\circ$ nebo 15° => což je 24 až 48 kroků na jednu otáčku => malý výkon. [33] [34] [35]



Obrázek 28: Schéma motoru s rotorem tvořeným permanentním magnetem [35]

3) Hybridní motor

Jak už z názvu vypovídá, jde o hybridní typ motoru, který využívá výhody z ostatních typů. Podle výsledků lze také říct, že mají nejlepší momentové i dynamické parametry a jejich postavení na trhu je dominantní. Rotor má na hřídeli z nemagnetického materiálu nalisovány dva pólové nástavce. Mezi ně je uložen axiálně polarizovaný permanentní magnet, který zmagnetuje každý z pólových nástavců opačnou polaritou. Pólové nástavce rotoru mají drážky, které tvoří ozubení, z čehož se následně určuje krok. Nástavce jsou proti sobě otočeny v osové směru o polovinu zubové rozteče => proti zubům jednoho nástavce leží drážky druhého. Na statoru můžeme také nalézt osm pólů, které mají též drážkování. Zuby statoru a rotoru nejsou shodné (většinou je rotorových zubů více). [33] [34] [35]



Obrázek 29: Schéma hybridního motoru [35]

3.2.3 Dělení krokového motoru podle způsobu vinutí

1) Unipolární

Unipolární krokový motor má jedno vinutí se středním odbočením na fázi. Každá část vinutí je sepnuta pro každý směr magnetického pole. Proud může protékat cívkou pouze jedním směrem. Výhodnou vlastností při unipolárním způsobu řízení je malý odběr energie, ale s negativem malého kroutícího momentu. K aktivaci tranzistorů měniče se využívá mikrokontroléru či nějakého ovladače krokového motoru.

2) Bipolární

Proud může protékat cívkou oběma směry. Při takovém řízení prochází proud vždy dvěma protilehlými cívkami s navzájem opačnými magnetickými póly. Výhodou je větší kroutící moment, stabilita kroku, ale zase vyšší spotřeba energie. Řídící obvod typicky ve formě H-můstku. [34]

3.2.4 Dělení krokového motoru podle počtu vinutí

1) Dvoufázové

Dnes nepoužívanější typ motoru. Relativně levné.

2) Vícefázové

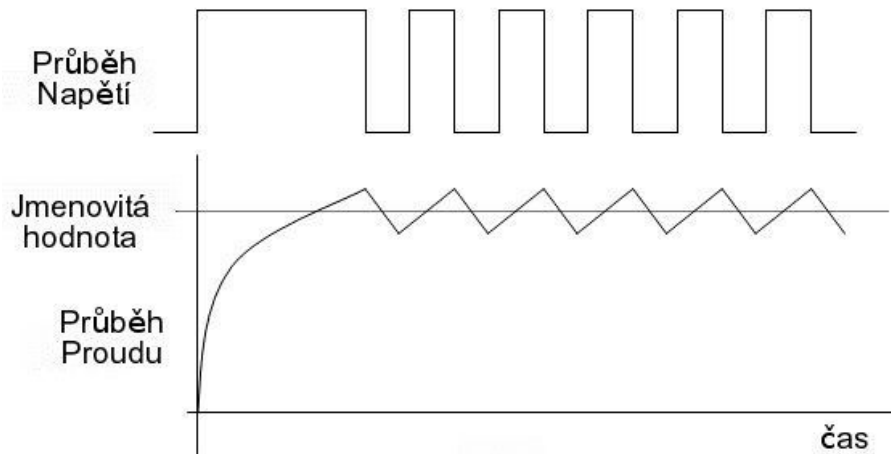
Jde většinou o speciální pohony. Jejich výhodou je nižší vibrace, jemnější krok, ale zase složitější konstrukce a vyšší cena.

Bipolární motor má vždy jedno vinutí na fázi => vedou z něj čtyři vodiče. Unipolární motor má dvě vinutí s vyvedeným středem => vede z něj pět nebo šest vodičů. Univerzální motory (které pokrývají obě předešlé kategorie) mají čtyři vinutí (dvě pro každou fázi), které se spojují podle potřeby => celkem tedy osm vodičů. [34] [35]

3.2.5 Vlastnosti krokového motoru

U dvoufázového motoru jsou elektrické obvody tvořeny ze dvou cívek, které jsou napájeny stejnosměrným proudem. Velikost proudu je omezena pouze odporem vodiče cívky, které mívají relativně malý odpor => za provozu dochází k zahřívání. Motorem dokonce teče proud, i když se nepohybuje, proto je na to potřeba dbát zvýšenou pozornost a proud správně regulovat nebo motor chladit. Pro regulaci se nejčastěji používá pulsně šířková modulace – *PWM* (z anglického názvu *Pulse Width Modulation*). Pro nepřekročení maximálního proudu motoru se využívá budič, který je vybaven příslušnými snímacími senzory v obvodu cívky. Díky tomu lze jednoduše nastavit jmenovitou hodnotu proudu motoru. Zvyšování proudu již nijak neovlivňuje samotný kroutící moment, pouze se zvyšuje ztrátový výkon v důsledku hystereze magnetického obvodu. Krokový motor je schopen všeobecně velmi přesného řízení a polohování bez nutnosti využití zpětné vazby – enkodéru. Lze je využít s velkou variabilitou dostupných rychlostí, které se řídí kmitočtem řídicích pulzů. Výhodou je také momentová charakteristika při malých rychlostech, takže je lze použít napřímo, není potřeba převodovky. V klidovém stavu disponují přídržným momentem, který udrží ovládanou zátěž

ve stálé poloze. Rizikem takového motoru je možnost ztráty kroku, pokud dojde k překročení maximálního kroutícího momentu => proto je důležité využívat rozjezdových, dojezdových ramp, správně zvolit samotný motor. [34]



Obrázek 30: Průběh napětí a proudu v cívice při použití PWM [34]

3.2.6 Způsob řízení krokového motoru

1) Čtyřtaktní s magnetizací jedné fáze (Wave Drive)

V každém kroku dojde k vybuzení pouze jedné fáze. V případě použití unipolárního motoru se využívá současně jen 25 % všech vinutí, u bipolárního to je 50 % všech vinutí. [35]

Krok	Fáze A	Fáze B	Fáze A'	Fáze B'
1	•			
2		•		
3			•	
4				•

Obrázek 31: Princip řízení krokového motoru s magnetizací jedné fáze [35]

2) Čtyřtaktní s magnetizací dvou fází (Full Step Drive)

V každém kroku dojde k vybuzení dvou fází. V případě unipolárního řízení se využívá naráz 50 % všech vinutí, u bipolární je to 100 % vinutí. [35]

Krok	Fáze A	Fáze B	Fáze A'	Fáze B'
1	•	•		
2		•	•	
3			•	•
4	•			•

Obrázek 32: Princip řízení krokového motoru s magnetizací dvou fází [35]

3) Osmitaktní (Half Step Drive)

Jedná se o režim, který kombinuje vlastnosti předchozích. Výhodou je, že dochází k tzv. půlení kroku => počet kroků na jednu otáčku je dvojnásobný. Nevýhodou je proměnná hodnota točivého momentu. U unipolárních motorů se využívá v jednom kroku vždy 25 % vinutí a v druhém 50 % => průměrně 37,5 % vinutí. U bipolárních je to zase 50 % a v druhém kroku 100 % vinutí => průměrně 75 % veškerého vinutí. [35]

Krok	Fáze A	Fáze B	Fáze A'	Fáze B'
1	•	•		
2		•		
3		•	•	
4			•	
5			•	•
6				•
7	•			•
8	•			

Obrázek 33: Princip řízení krokového motoru v režimu „půl kroku“ [35]

4) Mikrokrokování (Microstepping)

Proudy vinutí se mění po malých krocích – dochází k tomu, že v jednom vinutí proud narůstá a v druhém klesá => rozdělení kroku na několik menších – mikrokroků. Čím je mikrokrokování pravidelnější, tím se průběh jednotlivých fázových vinutí podobá více ideálnímu sinusovému průběhu. V tomto režimu je vždy využito všech vinutí naráz (ale ne vždy všechny na plný výkon). Mikrokrokování se provádí pomocí speciálních řídicích integrovaných obvodů, které dovolují právě takové rozdělení až v maximálním případě na 128 mikrokroků. Výhodou je dosažení vysokých otáček při dobrém průběhu točivého momentu. Nedochází však ke zvýšení přesnosti jeho polohování. [35]

3.2.7 Použití krokových motorů

V dnešní době využívané velice hojně v několika odvětvích. Nejčastěji se s nimi setkáme: [34]

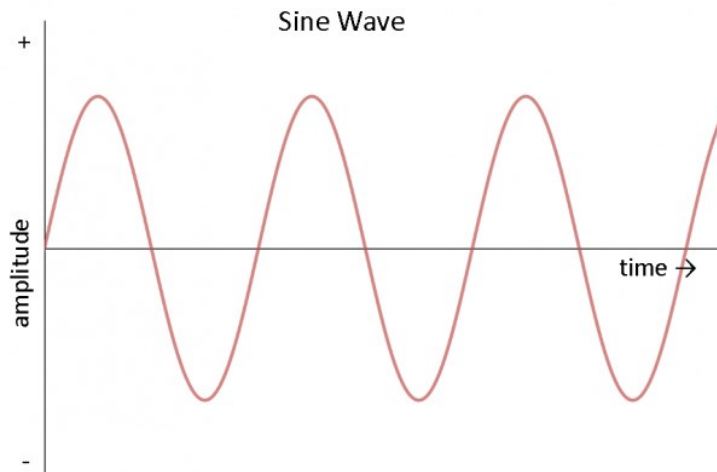
- 3D tisk
- Osy obráběcích strojů
- Klouby robotů a manipulátorů
- Výpočetní technika
- Fotografické přístroje
- Automatizace
- Lékařská zobrazovací zařízení
- Svařovací zařízení

3.3 Zdroj napájení

Jedna z nejdůležitějších věcí nutná pro existenci, řekněme spíše pohánění elektronických vychytávek, zařízení, prostě všeho, co potřebuje nějakým způsobem „šťávu“ v podobě energie. V dnešní době je na zdrojích zakládáno opravdu hodně. Musí být bezpečné a bezchybné, jelikož pracují i s citlivými daty a zařízeními, které vyžadují naprostou přesnost. Při výběru správného zdroje nestačí jen to, jaký výstup z něj dostaneme. Je potřeba hlídat mnohem více proměnných. Jde tedy o zařízení, které dodává elektrickou energii elektrické zátěži. Můžou být zabudované do zařízení, či jako samostatné zařízení. Nemalou část tvoří také jejich schopnost reagovat na nebezpečné situace – omezení proudu odebíraného zátěží na bezpečnou úroveň, vypnutí se v případě elektrické poruchy, úprava hodnoty napájení, ... Většina zdrojů se kterými se setkáme odebírá energii ze střídavého proudu a převádí ji na použitelný stejnosměrný proud (= AC-DC zdroje), který již využívají konečné zařízení. Mimo to zdroje plní mnoho jiných úkolů, jako je zabraňování střídavému proudu v rušení výstupu stejnosměrného napájení, či také udržování výstupního napětí na konstantní úrovni bez ohledu na změny vstupního napětí. K tomu všemu se ve zdroji nachází nemálo součástek, které jednotlivé funkce zdroje mají na starosti. Jde například o transformátor, usměrňovače, filtry, a regulátory. [36] [37] [38]

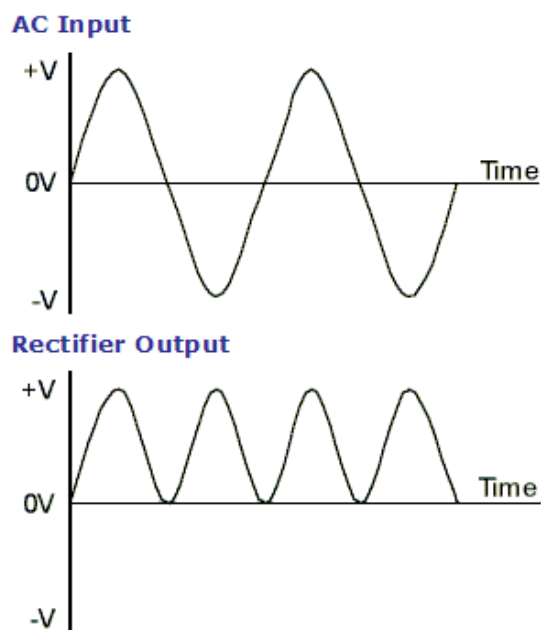
3.3.1 Princip funkce zdroje napájení

Střídavý proud, který se nachází v každé zásuvce ve zdi má podobu sinusovky, která kolísá mezi záporným a kladným napětím až šedesátkrát za sekundu. [36]

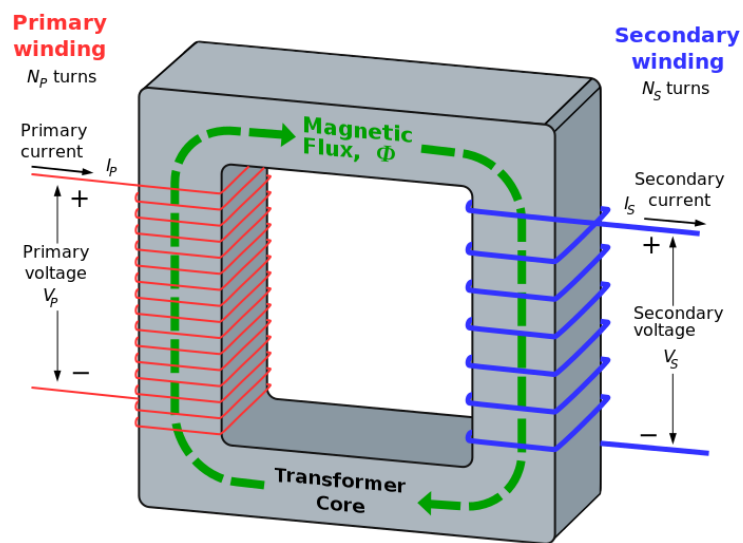


Obrázek 34: Sinusový průběh střídavého proudu [39]

V první řadě dojde ke snížení napětí pomocí transformátoru, aby došlo ke splnění požadavků na napětí zátěže napájecího zdroje. Transformátor je tvořený dvěma vinutími, které jsou od sebe oddělené. První vinutí přijímá střídavý proud a poté dojde k elektromagnetickému spojení s druhým vinutím, aby došlo v druhém vinutí k přívodu chtěného střídavého napětí. Po snížení napětí usměrňovač pak změní sinusový průběh střídavého proudu na kladný průběh (dojde k odstranění záporné strany a je ponechán pouze kladný výstup). Usměrňovač využívá jednu či sadu diod v nějaké z dostupných konfigurací (Možné konfigurace usměrňovací diody – Half Wave, Full Wave nebo Bridge Rectification) [36]

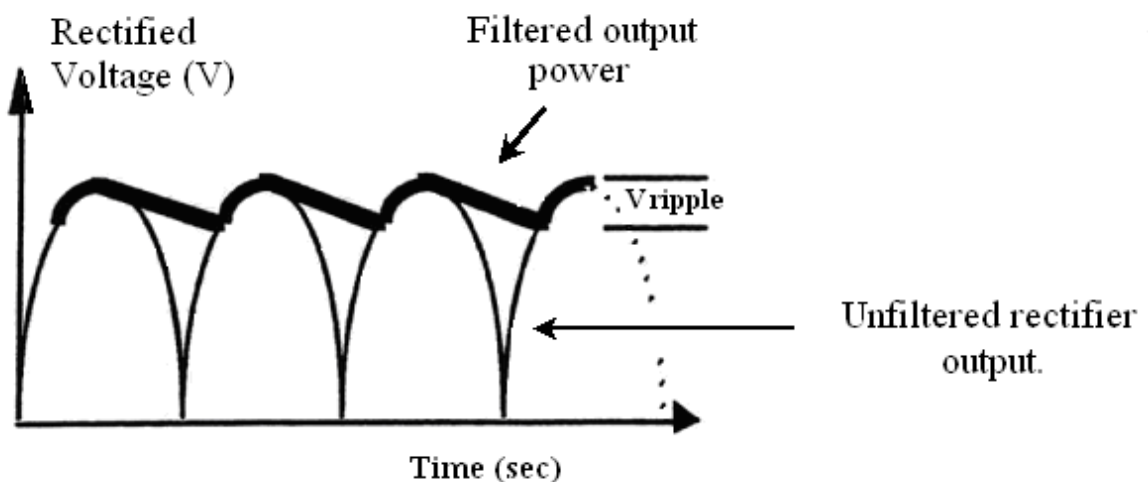


Obrázek 35: Ukázka změny sinusového průběhu za pomoci usměrňovače na kladný průběh [40]



Obrázek 36: Návrh oddělení dvou vinutí cívky v transformátoru [41]

Nyní je nutné střídavý proud, který osciluje, vyfiltrovat takovým způsobem, aby došlo k vyhlazení střídavého napětí na použitelné stejnosměrné. Dojde k odstranění extrémních „prohlubní“ a tím pádem zjemnění celkového výstupu. V případě neodstranění přebytečných vln by po projití do výstupu zdroje mohly poškodit zátěž a dokonce zničit celý obvod. Filtr využívá dvou základních součástí – kondenzátoru a filtr dolní propusti.[36]



Obrázek 37: Aplikace filtru k odstranění extrémních „prohlubní“ [36]

Po použití filtru je již střídavý proud úspěšně přeměněn na použitelný stejnosměrný proud. Můžeme se setkat se zdroji, kde jim ještě navíc regulátor odstraní jakékoliv zvlnění (vyhladí stejnosměrné napětí), kdy samotný regulátor bude poskytovat stejnosměrný výstup bez ohledu na změny, ke kterým dojde při vstupu střídavého napětí. Regulátory nejsou zpravidla

vždy použity u každého zdroje, záleží na tom, jestli jde o zdroj regulovaný či nikoliv. Regulátory se mohou vyskytovat pouze ve dvou zapojeních. [36]

3.3.2 Regulované vs neregulované zdroje napájení

Jak jsem již zmiňoval rozlišujeme dva hlavní typy napájecích zdrojů:

1) Neregulované zdroje napájení:

Nemají žádný dostupný regulátor, a proto produkují pouze nastavené napětí při maximálním výstupním proudu. Výstup ze stejnosměrného napětí je propojen s napěťovým transformátorem a výstupní napětí se snižuje či zvyšuje v závislosti na aktuální hodnotě zátěže. Jejich typická vlastnost je odolnost a levnost, ale jako daň za nepoužití regulátoru je nedostatečná přesnost pro zařízení velmi citlivé na napájení. [36]

2) Regulované zdroje napájení:

Regulované zdroje obsahují všechny zmíněné základní součástky + regulátor. Mají mnohem větší kvalitu, lepší filtrování, nastavitelný výstupní proud, napětí a zaručenost konzistence napětí. Jsou ale relativně drahé a mají složitější obvody. Existují dokonce 3 druhy konfigurací regulátoru [36]:

- **Lineární zdroj napájení** – špatná účinnost <50 %, nutnost většího chlazení, drahý, těžký, ale zato stabilní a spolehlivý s dobrou regulací zátěže a menším elektrickým šumem.
- **Spínaný zdroj napájení** – malé rozměry, relativně lehký, široké rozsahy vstupního napětí, vysoká účinnost, levnější než lineární. Má ale složitější obvody, větší zašumění.
- **Zdroje napájené z baterie** – není nutné připojení k elektrické síti, je přenosný. Ale zato má pevný napěťový vstup a omezenou živostnost a bohužel výstupní napětí klesá s využíváním energetických rezerv.

3.3.3 Důležité pojmy při výběru zdroje napájení

- 1) **Výstupní proud** – maximální proud, který může být zdrojem dodán zátěži.
- 2) **Regulátor zátěže** – určuje jak kvalitně může regulátor udržovat stabilní výstup se změnou zatěžovacího odporu.
- 3) **Šum a vlnění** – hodnota nežádoucích elektrických jevů, které způsobují odchylky.

- 4) **Ochrana proti přetížení** – bezpečnostní funkce, která v případě zkratu či většího proudu vypne napájení.
- 5) **Účinnost** – jde o poměr výkonu, mezi převedením střídavého proudu na stejnosměrný. Kvalitní zdroje se pohybují kolem 80% účinnosti a díky tomu šetří energii a teplo. [36]



Obrázek 38: Ukázka AC-DC modulového zdroje: *LYONZG S-50-12*, s výstupem 12 V a výkonem 50 W => výstupní proud 4,1 A [70]

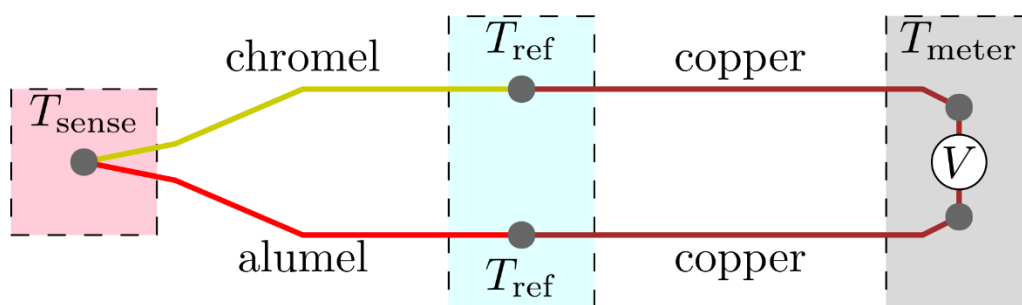
3.4 Teplotní senzory

Teplotní senzor je zařízení, které dokáže detekovat teplotu ze svého okolí a následně předat příchozí data ohledně teploty ve formě elektrického signálu, na výstup pro další elektronické zařízení, které s nimi budou dále pracovat. V současné době existuje několik druhů řešení takového senzoru. Můžeme se setkat se senzory, které vyžadují přímý kontakt s měřeným povrchem – kontaktní teplotní senzory či bezdotykové teplotní senzory, které již ke své práci přímý kontakt nevyžadují. Teplotní senzory mají využití po celém světě snad ve všech odvětvích. Najdeme je všude kolem nás, například: v autě, ledničce, rychlovarných konvicích, mikrovlnkách, lékařství, měření teplot vod, půd, ... Důležitým faktorem výběru správného senzoru je rozsah měřených teplot, dále také požadovaná přesnost a nároky na výměnu senzoru, druh přístroje se kterými umí senzor komunikovat a v neposlední řadě samotné fyzikální podmínky okolí => bude senzor v klidu či v rušném pohyblivém prostředí, ... [42]

3.4.1 Jednotlivé druhy teplotních senzorů:

1) Termočlánky

Označovaný jako nejmnohostrannější výrobek, který se hodí i pro měření větších vzdáleností mezi přístrojem a senzorem. Jde také i o nejcitlivější senzor => odpor termistoru se s teplotou mění nejsilněji. Čtyřdrátové odporové teplotní čidlo je nejstabilnější senzor a oproti tomu zase třídrátové čidlo minimalizuje počet vodičů na senzor. Termočlánky jsou založeny na termoelektrickém nebo Seebeckově efektu. Principem je spojení dvou vodičů z kovů různého druhu, proto v místě spoje vzniká napětí. Velikost napětí je závislé na teplotě a použitím materiálu. Při změně teploty dojde zároveň ke změně napětí termočlánku => hodnota napětí odpovídá vždy hodnotě nějaké teploty. Výstupní napětí termočlánku závisí také na jeho typu a rozsahu teplot. Výhodou je jejich schopnost pokrývat široký rozsah teplot – až 2300 °C, ale hodnota změny výstupního napětí je velmi malá, takže je nutné mít dostatečné rozlišení, aby přístroj vůbec změnu registroval. Problém použití termočlánku může být problém označovaný jako CJC (= Cold Junction Compensation – v překladu kompenzace studených míst). Jde o to, že termočlánky měří rozdíly teplot mezi horkým a studeným místem spoje nebo referenčním bodem. Problém spočívá v tom, že není-li teplota studeného spoje známá, dopouštíme se nepřesnosti při výpočtu. Dále také jistý problém může způsobit nesetné použití materiálu vodiče, který je určen pro spojení termočlánku a přístroje. Při využití měděných vodičů je nutnost regulovat jejich teplotu => nepraktičnost. Podle toho z jakých dvou kovů jsou tvořeny a jejich rozsahů teplot je dělíme na různé typy podle již neplatné normy ČSN EN 60584-1, norma byla aktualizována novou, kde došlo ke změně pár drobností. [42] [43]



Obrázek 39: Ukázka schématu termočlánku typu K [43]

Typ	Teploty [°C]		Citlivost [$\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$]	Dvojice kovů
	min.	max.		
Typ B	0	1700		platina-rhodium
Typ C	0	2300		wolfram-rhenium
Typ D	0	2300	8	wolfram-rhenium
Typ E	-200	950		chromel-konstantan
Typ J	0	750	52,3	železo-konstantan
Typ K	-200	1300	40,8	chromel-alumel
Typ N	-270	1300		nicrosil-nisil
Typ R	0	1450		platina, rhodium-platina
Typ S	0	1400	6,3	platina, rhodium-platina
Typ E	-250	350	43	chromel-konstantan
Typ T	-200	400		měď-konstantan

Tabulka 4: Přehled nejběžnějších typů termoelektrických článků [43]

2) Odporová teplotní čidla

Odporová teplotní čidla měří teplotu za pomoci sledování změn elektrického odporu kovových drátků nebo tenkých vrstev. Dosti používaným vodičem této kategorie je platina, ale také jsou vyráběná čidla z niklu, slitiny nikel-železo nebo i z mědi. Typické je, že mají velkou stabilitu a linearitu teplotních převodníků. Problém vzniká při odečítání teplot, kdy je nutno vést proud teplotním čidlem. Proud ale může způsobit zahřívání čidla (= nepřesnost výsledků), a proto musí být sledován a udržován pod určitou hladinou podle příslušného materiálu, aby se tomu předešlo. Parametr, který může také zkazit přesnost je dlouhé vedení – proto u delšího vedení (delšího jak jednotky cm) se doporučuje používat vícedrátové zapojení (3-4). Neméně důležitým parametrem je také správné rozlišení měřícího přístroje, aby dokázal vnímat sebemenší změny odporu. Nutné je také správně volit samotné čidlo, podle doporučených rozsahů: [42]

- **platinové čidlo** –240 do +649 °C,
- **platinové čidlo s tenkým filmem** –196 až +538 °C
- **niklové čidlo** –136 až +316 °C.

- čidlo ze slitiny nikl/železo -73 až $+204$ °C.

3) Termistory

Z výrazu termistor může být již patrné, že jde o rezistor citlivý na teplotu. Hodnota odporu se mění nelineárně. U termistoru se záporným teplotním koeficientem (značeno NTC) dochází ke klesání odporu při nárstu teploty. Naopak je tomu u termistoru s kladným teplotním koeficientem (PTC) – dochází k nárstu odporu s teplotou. U termistorů je odpor mnohem patrnější než u předchozích odporových teplotních čidel, ale napříč tomu je rozsah teploty a odporu nižší. Také stabilita a zaměnitelnost je s časem horší. Jsou ale ideální pro použití u instalací, kde dochází k nízkým změnám teplot. Jejich vyšší citlivost je znevýhodněna nižší linearitou, což se nejvíce projeví při vysokých teplotách => proto je nejvíce vhodný do 100°C . Opět může zde při „odečtení“ teploty nutný proud => může dojít ke zvětšení teploty součástky => nepřesnost měření, stejně jako u předešlého typu. [42]

3.5 Zobrazovací zařízení pro užití s mikrokontroléry

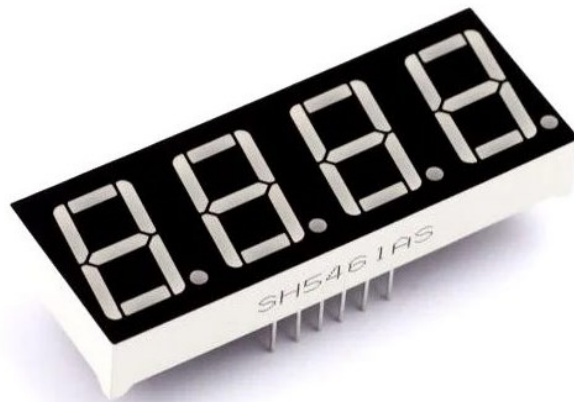
V dnešní době se dá najít mnoho druhů zobrazovacích zařízení, které využívají mnoho různých technologií. Velká většina zobrazovacích zařízení, zjednodušeně displejů, poskytují uživateli zpětnou vazbu, kterou jim zasílá nějaký mikrokontrolér či jiná jednotka. Může jít o nějaké hodnoty ze senzorů, zprávu či jinou formu interakce z od řídicí jednotky. Nejčastěji se můžeme setkat s technologií displejů jako je *LCD*, *TFT*, *OLED*, *E-ink*, segmentových displejů, ... Užitečnou schopností displeje může být také, že je dotykový, má hodiny reálného času, svoji vlastní výpočetní jednotku pro odlehčení a urychlení samotného běhu jeho řídicího prvku ve formě mikrokontroléru. Když se to vezme z hlediska programování těch lepších displejů, není na škodu, když má svoje vývojové prostředí pro grafiku i program.

3.5.1 Druhy displejů

1) Segmentový displej

Jedná se o jedny z nejstarších typů displejů, co se dnes ještě stále používají. Displej, jak již z názvu vypovídá je složen ze segmentů. Segmenty mohou být tvořeny různou technologií – *LED*, *OLED* či tekutými krystaly. Nejpoužívanějším typem segmentového displeje je sedmisegmentový displej. Vlastností displeje je možnost zapnout a vypnout pouze jednotlivé segmenty displeje. Jejich různou kombinací můžeme vykreslovat čísla, případně u těch více segmentových i písmena a znaky. Platí, čím více segmentů je

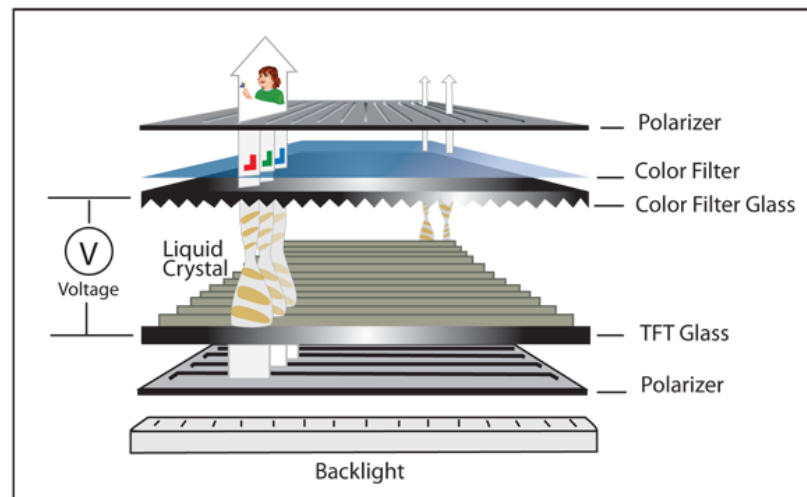
v displeji obsaženo, tím více je schopen zobrazit. Využívají se nejčastěji pro zobrazování jednodušších informací například: hodnot, času, měřených veličin, datumů, ... [46]



Obrázek 40: Ukázka LED sedmissegmentového displeje – čtyřmístný, společná katoda

2) LCD a TFT displeje

Jde o zkratku z anglického názvu *Liquid – Crystal – Display* (v překladu jde o displej z tekutých krystalů). Tekuté krystaly se dělí na 3 typy – barvy, které tvoří jednotlivé subpixely. *LCD* displeje se dále dělí na aktivní a pasivní. Aktivní *LCD* displeje se značí *TFT*, což značí tenký film tranzistorů na displeji a pasivní můžeme označit *STN*. Jde o zařízení, které se skládá z omezeného počtu barevných nebo monochromatických pixelů seřazených před zdrojem světla nebo reflektorem. Mají relativně nízkou spotřebu => vhodné pro napájení z baterií. Každý z pixelů *LCD* je složen z molekul tekutých krystalů, které jsou uloženy mezi dvěma průhlednými elektrodami a mezi dvěma polarizačními filtry, za vzájemné kolmosti polarizačních os. Krystaly jsou nutné, aby nedocházelo k blokadě světla přes jednotlivé filtry. Díky vzájemné kolmosti elektrod a tím natočení polarizace procházejícího světla o 90° , můžou molekuly projít i filtrem druhým. První filtr pohltí polovinu světla. Mezi polarizačními filtry se nachází přídatná matice – která je pasivní či aktivní. Pasivní je jednodušší. Je tvořena dvěma substráty skla, jeden tvoří sloupec, druhý řady. Dále jsou napojeny na integrované obvody, které přivádí náboj k určitému místu v určitém sloupci a řadě. Aktivní je mnohem složitější, kvůli tomu, že je tvořená tenkovrstvými tranzistory => *TFT* displej. Díky tomu lze přesně ovládat velikost napětí na krystalech => ovládání jasu displeje. [47]



Obrázek 41: Vrstvy LCD TFT displeje [44]

3) LED displeje

LED displeje jsou oproti LCD obrazovkám čistě marketingovým názvem. Rozdíl je v tom, že u LCD se využívá k podsvícení světlovodného panelu a u LED obrazovek se využívá LED (= elektroluminiscenční dioda, světelná dioda). Barvy, které LED u technologií LCD vytváří jsou díky využití bohatšího barevného spektra živější ve srovnání s běžnou LCD obrazovkou. Existují 3 typy podsvícení pomocí LED:

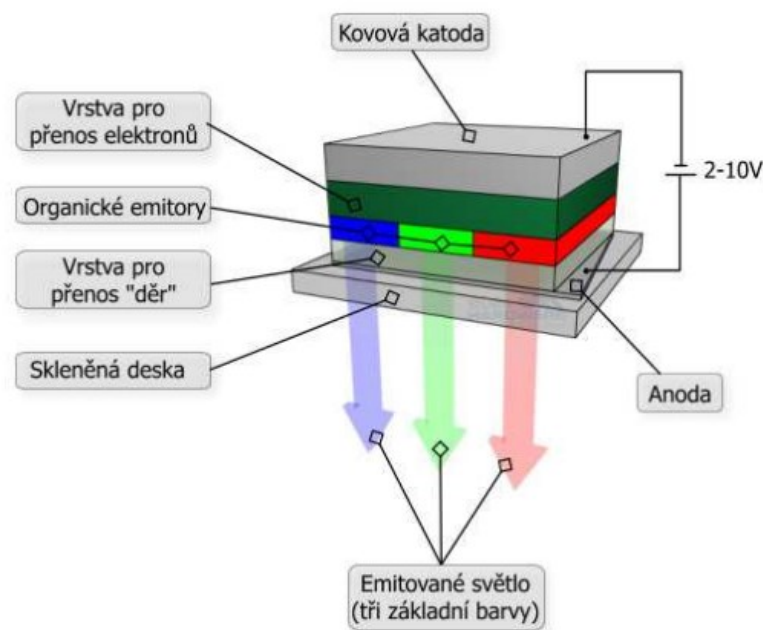
- **Direct LED** – LED vyzařující bílé světlo s plošným rozmístěním pod panelem kapalných krystalů
- **Edge LED** – LED vyzařující bílé světlo s rozmístěním na okrajích panelu a pomocí světlovodů se světlo jimi emitované rozvádí pod celý panel
- **RGB LED** – LED za vyzáření světla z barev RGB modelu. LED jsou umístěny po celé ploše pod celým panelem

U *Direct LED* a *RGB LED* je možné dokonce ovládat jas jednotlivých LED a díky tomu dosahovat lepší černé barvy. Lze takto měnit i kontrast obrazu. [45]

4) OLED displeje

Současně jedna z nejpokročilejších technologií výroby displejů. OLED (= Organic Light Emitting Diodes) displej je složen z několika vrstev na skleněném podkladu. Světlo vyzařuje organický materiál, který je umístěn mezi průhlednou a kovovou elektrodou. Obrazovka je velice tenká a má velký a impozantní kontrast a velkou obnovovací frekvenci. Klíčovým rozdílem je použití místo klasické LED diody, která je vyrobená z organického materiálu => lze vyrobit opravdu malé diody, které jsou tisknuty na základní materiál => menší výrobní

náklady. OLED technologie využívá opět RGB modelu (pixel je tvořen ze tří subpixelů – červený, modrý, zelený). Organický materiál emituje světlo po přivedení stejnosměrného napětí => dostatečný počet takových buněk vedle sebe s propojením aktivní či pasivní maticí stejně jako tomu bylo u LCD a dostaneme OLED technologii. Při přivedení napětí na katodu a anodu způsobí rozsvícení daného pixelu. Organické emitory jsou napájeny z kovové katody pomocí vodivé vrstvy, která zajišťuje korektní distribuci správnému subpixelu. Na druhé straně se nachází anoda, ve které se vytváří elektronové díry a jsou následně přenášeny přes speciální organickou vrstvu až do jednotlivých subpixelů. Dochází tedy k pohybu elektronů z katody do vodivé vrstvy, poté také pohyb organického materiálu, který díky tomu emituje fotony (= světelná částice) o specifické vlnové délce. OLED displej může být konstruován dokonce průhledný, zrcadlový, ... Závisí to na použitém materiálu na kterém se nachází organická vrstva s maticí. Dalším velkým rozdílem mezi LED a OLED je, že při nepřivedeném napětí displej nesvítí, což u LED displeje se světlo vždy v nějakém zlomku dostane. Díky tomu je u OLED displeje černá opravdu černou barvou + nekonečný kontrast. Čím lépe je vyřešená konstrukce zatemnění displeje, bude pixel je více absolutně černý. [45]



Obrázek 42: Princip jednoho pixelu OLED displeje. [45]

5) E-ink displeje

E-ink displeje mají naprosto minimální spotřebu energie díky unikátní technologii. Malé mikrokapsle, které jsou velikostí srovnatelné s lidským vlasem jsou v displeji rozmístěny v kapalině uzavřené v displeji. Některé z nich jsou černé, některé bílé – liší se v elektrickém

náboji. Černé jsou nabity záporným a bílé pozitivním nábojem. Pokud přijde k zapůsobení elektrického pole, dojde k vystoupení černých částic. Při využití negativního elektrického pole nastane zase situace, kdy vystoupají bílé částičky. E-ink potřebuje elektřinu jen při působení zmíněného elektrického pole, což je zanedbatelné s porovnáním s LCD obrazovkou. Displeje mají ale bohužel malou obnovovací frekvenci a jejich nebarevné provedení může taky odrazovat. Další výhodou je, že není nutné používat podsvícení, ale v případě nutnosti využití displeje za tmy je to potřebné. [48]

3.6 Elektromagnetické relé

Jde o elektromagneticky spínaný stroj, který obsahuje elektricky ovládané kontakty. Zpravidla výkon nutný k ovládnutí relé bývá potřebný mnohem menší než ovládaný výkon. Na rozdíl od stykačů je relé určeno pro ovládnutí menších proudů a neobsahuje také pomocné kontakty. V dnešní době bývá již nahrazováno obvody založené na polovodičích (SSR – Solid-State-Relay), které jsou téměř ve všech ohledech lepší než klasické, ale také jejich cena je mnohem vyšší. Na rozdíl od SSR relé umožňuje galvanicky oddělit řídicí obvod od řízeného. [49] [50] [51]

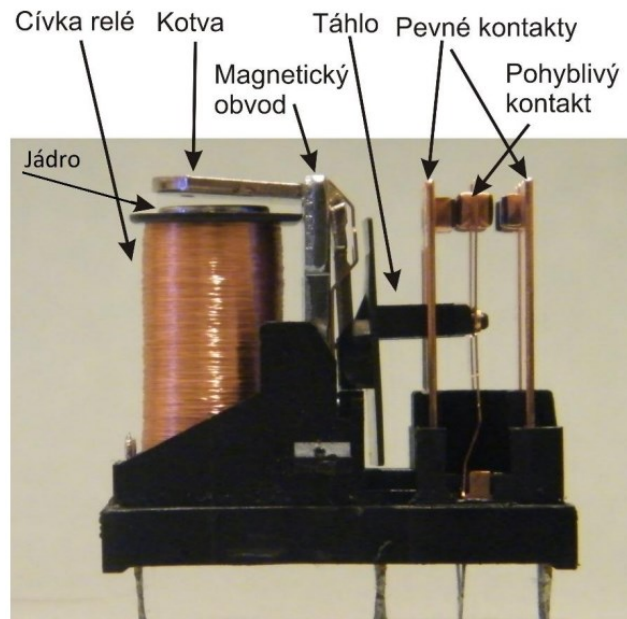
3.6.1 Princip funkce relé

Relé je tvořeno cívkou (elektromagnetu), která je navinuta na jádru z měkkého feromagnetického materiálu (= jde o nejsilnější formu magnetismu, je to jev, pomocí něhož materiál vykazuje samovolnou magnetizaci). Celý magnetický obvod je uzavřen pohyblivou kotvou, která je pružinou uváděna do klidové polohy. Zároveň se opírá o pohyblivý kontakt. Až nastane situace, kdy je přiveden proud na cívku v magnetickém obvodu dojde k vyvolání magnetického toku. Tok vyvolá přitažlivou sílu na kotvu, ta přemůže sílu v pružině a překlopí kontakt. Po odpojení elektrického proudu je tomu podobně – kotva spolu s kontaktem se vrátí do původní klidové polohy. [49] [50]

3.6.2 Další druhy relé

- **Bistabilní relé** – není nutné přivádět neustále proud na cívku. Stačí pouze pulz a relé si již pozici udrží. Bistabilní relé může být jednocívkové či dvoucívkové.
- **Časové relé** – stejné jako klasické relé, ale navíc opatřeno časovačem (mechanickým či elektronickým), které umožňuje zpoždění.

- **Jazyčkové relé** – využívá jazyčkových kontaktů – dva kovové dráty z magneticky měkkého materiálu a při přiložení magnetu dojde k zmagetizování. Dráty se následně přitáhnou a propojí.
- **SSR relé** – již zmíněno výše – využívá polovodičové součástky místo mechanických => nedochází k opotřebení mechanické části, ale zase se rychleji zahřívá a je náchylné na pokles napětí na výstupu. [51]



Obrázek 43: Popis „vnitřností“ elektromagnetického relé [49]

3.7 DC-DC měnič

Dalším názvem jako stejnosměrný měnič se rozumí elektronický měnič napětí určený v základě pro změnu velikosti stejnosměrného napětí nebo proudu. Pro funkci je využito několik součástek. Mezi ně patří tranzistory, diody – pro spínání, cívky a kondenzátory – zásobník energie při převodu a pro galvanické oddělení je využíváno pulsních transformátorů. Měniče můžeme najít naprosto všude – v telefonech, počítačích, zdrojích, nabíječkách, ... Mají velmi vysokou účinnost a hlavně malé rozměry a hmotnost, což napomáhá samotné variabilitě použití. Důležitou roli plní v bateriových zařízeních, kde by jejich životnost bez nich byla mnohem kratší (část energie by se přeměnila na teplo). V moderních zdrojích se používají jako aktivní usměrňovače, aby bylo dosaženo odběru sinusového proudu s účinnkem blízkým hodnotě jedna. [52]

3.7.1 Dělení DC-DC měničů

1) Bez galvanického oddělení:

- **Nábojová pumpa** – pro velmi malé výkony (jednotky miliampér). Konstrukce je bez cívek => zásobníky energie jsou tedy kondenzátory
- **Snižovač napětí** (anglicky – step-down, buck-converter))
- **Zvyšovač napětí** (anglicky – step-up, boost-converter)
- **Invertor** (anglicky – buck-boost) – umí snižovat i zvyšovat napětí, obrací jeho polaritu
- **Bezrožptýlový měnič** – výstupní napětí může být vyšší i nižší než vstupní a nemá to vliv na samotnou polaritu.
- **Obousměrný měnič** – schopnost přenášet napětí oběma směry
- **Bezrožptýlový invertor** – obrací polaritu vstupního napětí

2) S galvanickým oddělením:

Jednočinné zdroje:

- **Jednočinný blokující měnič** (anglicky – buck) – určené pro nízké výkony (do 250 W), využívá transformátor se vzduchovou mezerou
- **Jednočinný propustný měnič** (anglicky – half-forward) – určené pro vyšší výkony (do 500 W). Trafo bez vzduchové mezery s pomocným vinutím.

Dvojčinné zdroje:

- **Paralelní dvojčinný měnič** – typicky v bateriových zdrojích, záložních PC zdrojích (UPS)
- **Polomůstkový měnič** (anglicky – half bridge) – pro výkony 100–500 W. Nejčastěji v počítačových zdrojích.
- **Plnomůstkový měnič** (anglicky – full bridge) – pro výkony nad 300 W [52]



Obrázek 44: Ukázka step-down měniče s 92 % účinností přeměny [53]

4 ARDUINO A JEHO VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ

4.1 Arduino

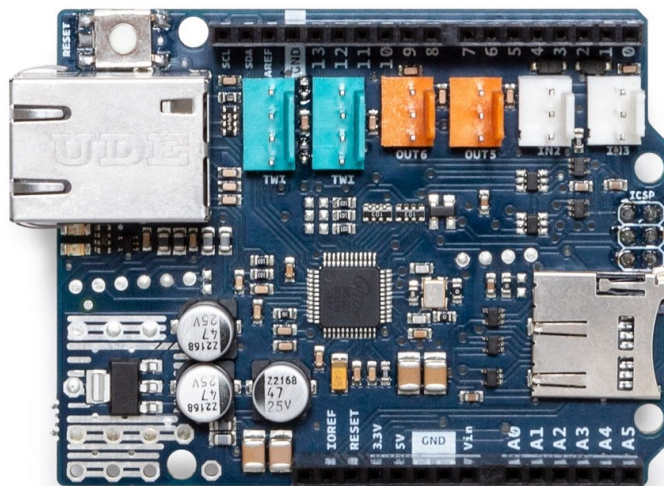
Jde o společnost, která se zabývá hardwarem a softwarem s open-source politikou. Společnost je převážně založena pro návrh a tvorbu jednodeskových mikrokontrolérů. Díky licencování je umožněna výroba desek a následnou distribuci Arduino kýmkoliv. Desky jsou také komerčně dostupné na oficiálních stránkách Arduina: www.arduino.cc nebo také u jejich distributorů. Projekt *Arduino* vznikl v roce 2005 jako nástroj pro studenty v Itálii. Cílem projektu bylo poskytnout nováčkům, ale také profesionálům levný a snadný nástroj pro tvorbu zařízení, která interagují s různými senzory, motory, ... Běžně se Arduino využívá pro řízení robotů, jako termostat, detektory pohybu, ... Název vznikl podle názvu baru, kde se zakladatelé projektu scházeli (zakladatelé – *Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino a David Mellis*). [54]

4.2 Hardware

Jak již bylo zmíněno jde o open-source hardware s distribuční licenci, která umožňuje volné nakládání. Jediné, o co bylo vývojáři požádáno, je nepoužívání přímo jména Arduina, pro jejich produkty => název *Arduino* exkluzivně pro produkty vývojářů. Proto lze na trhu dnes najít produkty s různými přídomky – jako je například v názvu napsané *klon*, či použití zkomolenin oficiálního názvu *Arduino*. [54]

Většina desek je tvořena z 8bitového kontroléru *Atmel AVR (ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280 nebo ATmega2560)*, který je osazen různě na několika rozmanitých deskách, které jsou specifické každá svými vlastnostmi – různé počty pinů, velikosti pamětí, funkcí, ... Desky využívají piny, buďto jednořadé, či dvouřadé pro účely dalšího programování s možností připojování dalších periférií. Díky využívání pinů je připojení různých senzorů, motorů, displejů, ... naprostou banalitou. Je také dostupná řada rozšiřovacích modulů, kterým se říká *shield*. Většina desek obsahuje 5 V lineární generátor a 16 MHz krystalový oscilátor nebo keramický rezonátor (o jejich funkci se lze dočíst v kapitole 3, konkrétně v 3.1 - *Jednočipový počítač – mikrokontrolér*). Mikrokontroléry Arduino mají předem naprogramován *bootloader*, který usnadňuje nahrávání nového programu na interní flash paměť na čipu. Některé desky mají možnost převodu mezi logickými úrovněmi a tranzistorovou logikou. Nejnovější desky jsou programovány většinou skrze USB, která je přímo implementována na čipu adaptéru. Programování probíhá standardně v prostředí *Arduino*

IDE. Deska Arduina je v základu plně odkrytá a ulehčuje tím přístup k I/O pinům. Některé piny mají schopnost simulovat PWM a dokonce lze využít i digitálních I/O pinů oproti klasickým analogovým. [54]



Obrázek 45: Ethernet rozšiřovacího modulu (shield) - *Arduino Ethernet Shield 2*

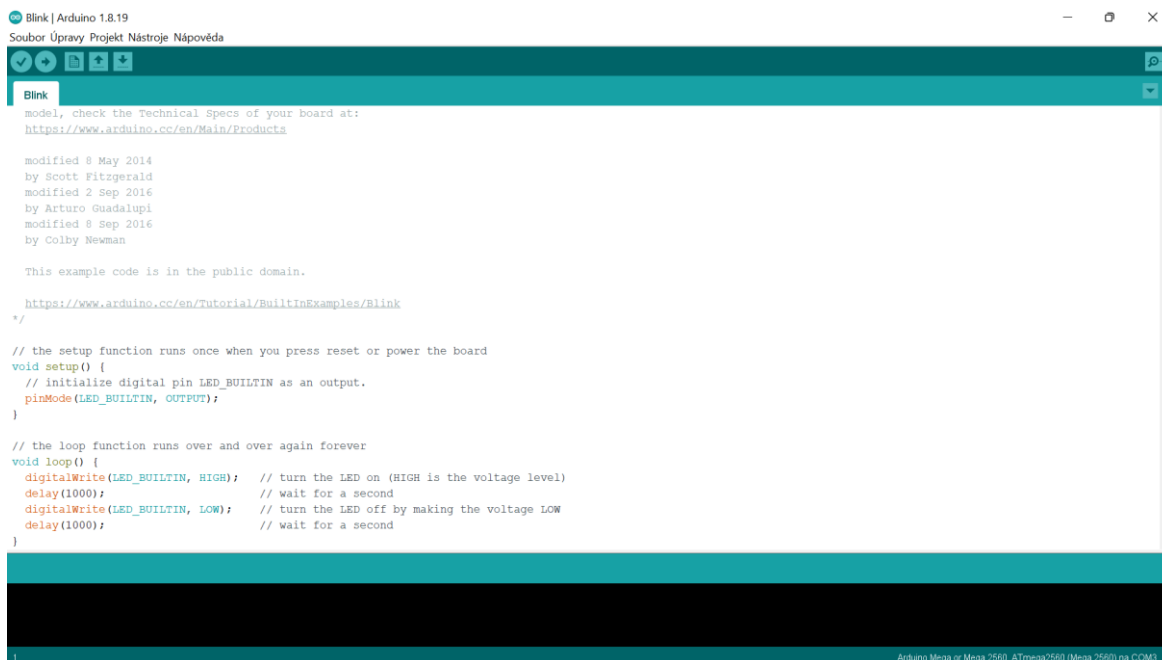
4.3 Software

Program pro hardware Arduina je možno psát v jakémkoliv programovacím jazyce s kompilátory, které produkují binární strojové kódy pro cílový procesor. *Atmel* poskytuje prostředí pro jejich 8bitové *AVR* a 32bitové mikrokontroléry založené na *ARM Cortex-M*. [54]

4.3.1 Arduino IDE

Vývojové prostředí, které poskytuje v zásadě to nejnütnější, co správné IDE prostředí poskytovat má. Jde o kompletní balíček pro naprogramování desky Arduina. Výhodou je, že je multiplatformní, takže lze bez problému programovat z nejrůznějších platforem, jako je Windows, Linux, macOS. Aplikace Arduino IDE je napsáno v programovacím jazyce *Java*. Obsahuje editor kódu s funkcemi jako například vkládání textu (kódu), vyhledávání, jeho nahrazování, automatické odsazování a párování závorek a také pro přehlednost zvýraznění syntaxe jazyka. Arduino IDE podporuje jazyky jako je *C*, *C++* pomocí speciálních pravidel strukturovaného kódu. Uživatelský kód potřebuje pouze dvě základní funkce – jednu, která provede veškeré inicializace a nastavení příslušného programu a druhá, která běží neustále dokola. Prostředí také umožňuje jednoduchý import nejrůznějších knihoven, kromě těch základních, které již Arduino IDE obsahuje. Import knihoven je klíčový v případě používání nejrůznějších periférií, která jejím použitím mnohem ulehčí, někdy dokonce

umožní, celkový provoz a komunikaci s deskou Arduino. V současné době je nejnovější stabilní vydání *Arduino IDE* verze *1.8.19* a nadcházejícím je *Arduino IDE 2.0 RC*, které přináší mnohá vylepšení a zjednodušení celkové programování desek Arduino. Nadcházející verze je také oficiálně volně dostupná, ale ještě nebyla oficiálně uvolněna jako hlavní – stabilní. [54]

The image shows a screenshot of the Arduino IDE 1.8.19 interface. The window title is "Blink | Arduino 1.8.19". The menu bar includes "Soubor", "Úpravy", "Projekt", "Nástroje", and "Nápověda". The toolbar contains icons for file operations and execution. The main editor area displays the "Blink" example code. The code includes a header with a link to the Arduino website, modification dates by Scott Fitzgerald, Arturo Guadalupi, and Colby Newman, and a note that the code is in the public domain. The code defines a setup function to initialize the LED_BUILTIN pin and a loop function that toggles the LED on and off with a 1000ms delay.

```
Blink
model, check the Technical Specs of your board at:
https://www.arduino.cc/en/Main/Products

modified 8 May 2014
by Scott Fitzgerald
modified 2 Sep 2016
by Arturo Guadalupi
modified 8 Sep 2016
by Colby Newman

This example code is in the public domain.

https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
```

Obrázek 46: Ukázka náhledu do prostředí *Arduino IDE 1.8.19*

5 SOLIDWORKS A 3D TISK

5.1 SolidWorks

SolidWorks je strojírenský CAD 3D software navrhnut pro operační systém Windows. Byl vyvinut v prosinci 1993 v USA, kdy *Jon Hirschtick* najmul tým inženýrů s cílem vytvořit 3D CAD software, který by byl snadný, dostupný a podporoval operační systém Windows. Roku 1995 vyšel první jejich software s názvem *SolidWorks 95* a následně v roce 1997 byla společnost odkoupena společností *Dassault Systèmes*, ta jej vlastní dodnes. Na současném trhu jsou dostupné 3 komerční a 3 výukové verze. [55]

SolidWorks se nejčastěji používá při vývoji mechatronických systémů od začátku až do konce. V rané fázi projektu se využívá na plánování, vizuální představy, modelování, posouzení proveditelnosti prototypování a řízení veškerých projektů. Následně se využívá pro stavbu a návrh mechanických, elektrických a softwarových prvků daného projektu. Software lze také využít pro správy zařízení, různé analýzy, pro automatizaci dat a práci s cloudovými službami. [56]

5.1.1 Ukázka některých produktů součástí softwaru SolidWorks

- **CircuitWorks** – elektronický překladač CAD/ECAD, který se používá pro plánování 3D modelů desek plošných spojů.
- **CAM** – doplněk, který umožňuje připravit návrhy na vyrobitelnost dříve ve vývojovém cyklu.
- **Electrical 3D** – umožňuje umísťovat elektrické součásti a využívat automatického propojení elektrického návrhu v modelu.
- **Simulation** – využívá metody analýzy konečných prvků k předpovědím jak se bude produkt chovat v reálném světě.
- **Visualize** – využívá se pro vizualizaci vytvořených projektů v podobě fotografií, animací, ... [56]

5.2 3D TISK

Jde o inkrementální výrobní technologii (aditivní výrobu) kdy z třídímenzionálního modelu (3D modelu), který se nachází v digitální formě docílíme objektu pevného („reálného“). Nejčastější metodou je vytlačování materiálu a jeho postupným pokládáním (dávkováním) souvislých vrstev až do finální podoby. Typů 3D technologií tisku je v dnešní době opravdu

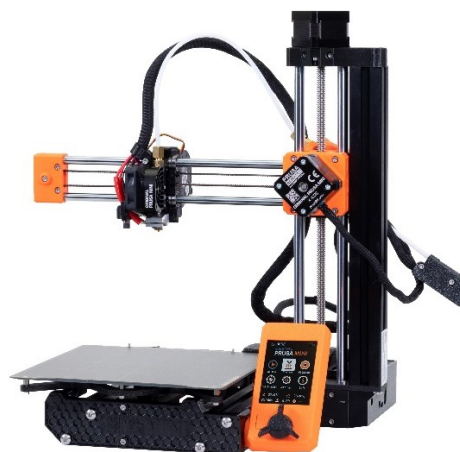
velké množství, ale vše to začíná stejně, a to vytvořením samotného 3D modelu. Existují také 3D tiskárny, které tisknou domy – pomocí betonu, ... Neplatí, že když se jedná o 3D tiskárnu, musí docházet k tisku pouze filamentu plastového původu.

5.2.1 Od 3D modelu k finálnímu výtisku

Buďto se 3D model vytvoří v nějakém 3D softwaru (CAD softwaru) – například v již zmíněném programu *SolidWorks*. Může se také využít speciálního skeneru, který 3D model vytvoří sám. 3D model lze vytvořit i pomocí obyčejného fotoaparátu s dostatečným nasnímáním fotek z různých úhlů a následným „složením“ výsledku pomocí nějakého fotogrammetrického softwaru. Po vytvoření 3D modelu se většinou použije nějaký dodatečný software 3D tiskárny (nutné převést do formátu se kterými pracuje – většinou s formáty STL či OBJ), kde se provedou poslední nastavení a úpravy před samotným tiskem – nastaví se příslušné teploty, zvolí druh materiálu, umístí podpěry pro schopnost výtisku některých částí, které by bez nich nemohly být vytisknuté, ... Software 3D tiskárny většinou převede výsledný 3D objekt do tzv. G-kódu, aby ho příslušná 3D tiskárna uměla „přečíst“. G-kód obsahuje instrukce jak se má tiskárna pohybovat (určuje pohyb motorů, ovládání trysky – průtoku, teploty, ...) [57]

5.2.2 Využití 3D tiskáren

3D tiskárny se nejvíce využívají v průmyslu. Dají se pomocí nich stavět domy, sochy i další obrovské projekty. V současné době se hojně využívají ve zdravotnictví pro tisk různých náhrad jako jsou kosti, čelisti, ... Své uplatnění najdou také ve vojenském průmyslu, umění a čím dál tím více se stávají součástí domácností, kdy se využívají k tisku domácích potřeb, náhradních dílů, dekorací, hraček, ... [57]



Obrázek 47: 3D tiskárna *Original Prusa MINI+* od české firmy *Prusa Research*

II. PRAKTICKÁ ČÁST

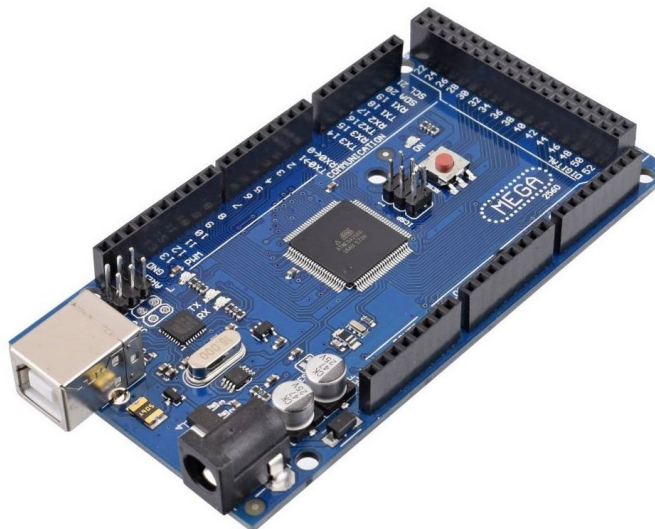
6 VOLBA JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Pro správné sestavení plně automatického zařízení pro přípravu sypané čaje bylo potřeba vybrat hlavní komponenty, jako je řídicí jednotka, motory pro pohyb mechanismu, a také zdroj pro samotné napájení, ale i komponenty pro ohřev vody a její měření teploty pro správnou funkci samotného finálního zařízení. Snaha byla jednak o co nejlevnější řešení, ale také aby výběr komponent dával smysl z hlediska jejich funkcí a použití.

6.1 Volba řídicí jednotky

Klíčovým prvkem pro splnění praktické části bylo zvolení řídicí jednotky. Bylo potřeba zvolit jednotku, která se dobře programuje, obsahuje dostatečné množství vstupů a výstupů a také s celkovým dostatečným výkonem. Pro připojení obrazovky, několika málo krokových motorů a dalších nutných periférií jsem jako ideální desku s dostatečnými vlastnostmi vybral *Arduino Mega2560 rev3*, konkrétně její klon, který je mnohem levnější a má stejné vlastnosti co má originál. Deska by měla splňovat veškeré nutné požadavky a dokonce nabízí určitou rezervu pro možnosti do budoucna. Současně jde také o jednu z nejvýkonnějších desek od firmy Arduino. Cena klonu *Arduino Mega2560 rev3* je cca **558 Kč**.

O veškerou výpočetní část se stará mikrokontrolér *ATmega2560*. Disponuje 16 MHz krystalovým oscilátorem. Pokud mluvíme o I/O vstupech dostáváme se na hodnotu celkem 54 digitálních pinů, což rozhodně není málo. Z toho PWM technologií disponuje 14 pinů. Dále má také celkem 16 analogových a 4 UART, což jsou vlastně sériové porty. Dále na desce nalezneme resetovací tlačítko, ICPS header – pro případné programování z externího zdroje. Deska má konektory pro napájení přímo z baterie nebo také možnost využívat USB mikro konektoru. Zmínil bych, že deska má také velkou kompatibilitu, co se týká použití přídatných modulů (*shield*) ze starších verzí. USB převodník je zde *ATmega16U2*. Deska Arduino pracuje s 4 kB EEPROM pamětí (elektronicky mazatelná), dále s 8kB SRAM (jde o paměť typu RAM realizovanou bistabilní klopným obvodem s vlastností, že po odpojení napájení dojde ke ztrátě obsahu). Poslední paměť jakou zde můžeme nalézt, je paměť typu flash o velikosti 256 kB (z toho 8 kB využívá bootloader) - jde také o elektronicky zapisovatelnou a běží na ní firmware Arduina. Provozní napětí Arduina je 5 V. [60]

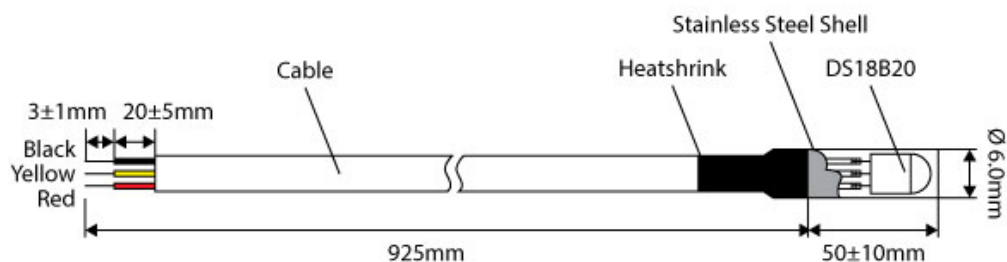


Obrázek 48: *Arduino Mega2560 rev3 – klon* [60]

6.2 Teplotní čidlo

Pro správné měření teploty bylo potřeba vodotěsné čidlo, jelikož se určuje teplota vody, která je ohřívána a s tím také souvisí nutnost jistého teplotního rozptylu s minimální schopností měřit teplotu od 0°C do 100°C – tedy bodu varu vody.

Vybrané digitální teplotní čidlo je *DS18B20 Digitální vodotěsné čidlo teploty* s délkou kabelu 1 m . Rozsah, který čidlo dokáže měřit je od -55°C až po 125°C s přesností $0,2^{\circ}\text{C}$, což je pro potřeby zařízení naprosto ideální. Přesnost je také v naprostém pořádku, kdy extrémní přesnost v našem případě není úplně prioritou ani nutností. Čidlo má celkem 3 vodiče – červený pro napojení na VDD (napájecí napětí), černý pro napojení na GND (zem) a poslední žlutý na pin Arduina, případně jiného zařízení pro komunikaci. Samotné čidlo *DS18B20* je zabudované v ochranné schránce z nerezové oceli, která zajišťuje zmíněnou voděodolnost. Výhodou také je, že data, které čidlo posílá desce Arduino jsou rovnou hodnoty teploty => není nutno nějak složitě přepočítávat, ... Cena takové čidla je cca: **56 Kč**. [58]



Obrázek 49: Složení teplotního čidla – *DS18B20 Digitální vodotěsné čidlo teploty* [58]



Obrázek 50: DS18B20 Digitální vodotěsné čidlo teploty [58]

6.3 Motory a jejich řadiče

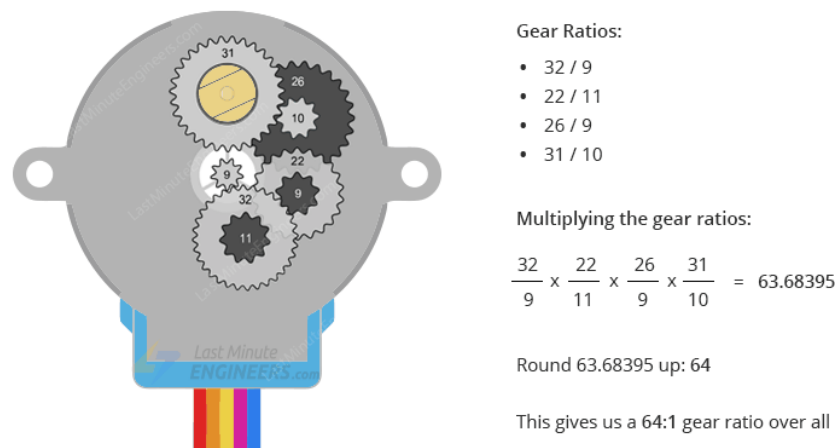
Při konstrukci je počítáno s nutností celkem tří krokových motorů. Jednoho silnějšího, který bude otáčet celou podstavou a dvou slabších, které by měly pouze spouštět spirálu a sítko. Důležitou vlastností, kterou by motory měly splňovat je hlavně přesnost pohybu a také bezchybné přesné reagování na změnu rychlosti s možností obousměrného pohybu. Nejlepší adepti, kteří splňují požadované vlastnosti jsou celkově krokové motory. Jsou velmi cenově dostupné, nabízí přesné ovládání pohybu a vlastnosti ideální pro instalaci v současném projektu.

Jako krokový motor, který bude mít na starosti otáčení podstavce, jsem vybral *NEMA 17 17HS3401*. Motor se běžně používá na 3D tiskárnách, menších CNC strojích, ... a nabízí přesnost 200 kroků na otáčku. Točivý moment je 0,28 Nm. Úhel jeho jednoho kroku je $1,8^\circ$ a přídržným momentem 28 N-cm. Jmenovitý proud je uváděný 1,3 A s fázovým odporem $2,4 \Omega$. Je také dodáván v bipolárním 4 drátovém zapojení s propojovacím kabelem pro připojení na řadič. Cena takového motoru se pohybuje kolem **210 Kč**. [61]



Obrázek 51: Krokový motor NEMA 17 17HS3401 [61]

Další dva potřebné krokové motory jsou nutné pro spouštění a následné vytahování spirály (ponorného vaříče) + teplotního čidla a druhý z nich pro manipulaci se sítkem se sypaným čajem. Jedná se již o mnohem slabší motory, konkrétně o modely *28BYJ-48*, které jsou známé pro používání na malých a nenáročných projektech, ale také jsem se s nimi například setkal v chytrých květináčích, ... Na svou velikost ale disponují stále přesným pohybem a velkou silou. Motor má převod s převodovým poměrem 1/64 a točivým momentem 34.3 mN.n. Přesnost kroku je až $5.625^\circ/64$. Ovládán je skrze driver založený na obvodu *ULN2003*. V režimu plného kroku odpovídá jeden krok otočení o $11,25^\circ$ s celkovou otáčkou na 32 krocích ($360^\circ/11,25^\circ = 32$). S jeho redukčním poměrem 1/64 se dostáváme na cca 2038 kroků na otáčku. Cena jednoho je cca **36 Kč**. [59] [62]



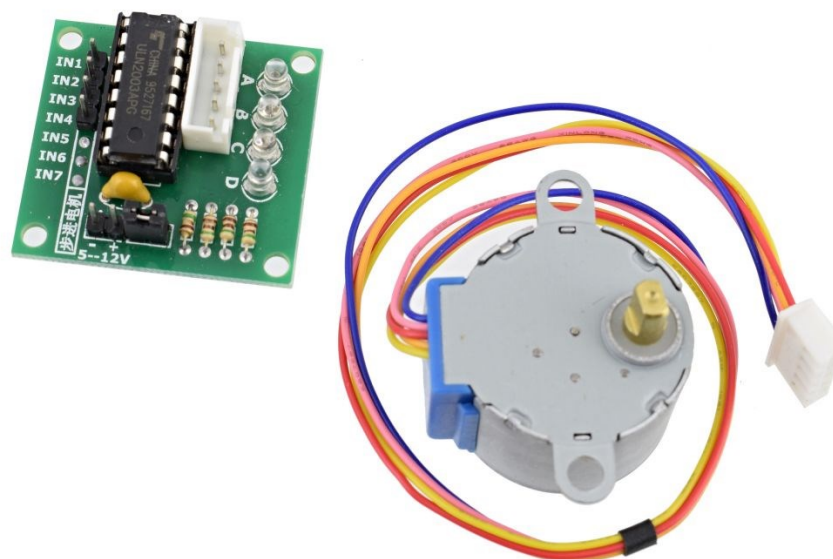
Obrázek 52: Výpočet převodového poměru krokového motoru *28BYJ-48* [59]

Jako řadič pro řízení použitého motoru *NEMA 17 17HS3401* byl vybrán *Driver TB6600 (TB67S109AFTG)*, který je určen pro řízení bipolárních krokových motorů signály PUL a DIR. Výhoda jeho řízení je možnost mikrokrokování a zmenšení pracovního proudu při nečinnosti, pro omezení zahřívání motoru. Podporuje mikrokrokování: 1/2, 1/4, 1/8 a 1/16 základního kroku. Poskytuje také podpět'ovou, nadproudovou, tepelnou ochranu a také ochranu proti zkratu na výstupu. Maximální výstupní proud je 3A a je nastavitelný pomocí fyzických kolíků. Odpor má v sepnutém stavu 0,4 Ω. Vstupní napětí může být maximálně 7 V s frekvencí kroku 200 kHz. Má také vestavěné pull-down rezistory na vstupech o hodnotě 100 kΩ. Rozsah napájecího napětí je od 8 až 47 V (stejnoseměrné) s udávaným doporučeným pracovním napětím 32 V. Jeho cena je cca **258 Kč**. [63]



Obrázek 53: Řadič krokového motoru *Driver TB6600 (TB67S109AFTG)* [63]

Jako ovladač pro 2 malé krokové motory *28BYJ-48* se standartně využívá deska ovladače *ULN2003*, takže tady nebylo ani moc do vybírat, ale použila se klasická varianta, která se již dokonce dodává s motorem většinou automaticky v setu. Disponuje LED indikací práce krokového motoru. Napájení je 5-12 V. Skládá se z pole 7 párů Darlingtonových tranzistorů, kdy každý z nich je schopen řídit zátěž 500 mA a 50 V – na desce jsou použity pouze 4. Cena řadiče je cca **24 Kč**. [59] [62]



Obrázek 54: Krokový motor *28BYJ-48* spolu s jeho řadičem *ULN2003* [62]

6.4 Ohřev vody

Pro ohřev vody bylo nutné zvolit klasický ponorný vaříč, který obsahuje topnou spirálu. Problémem při hledání ideálního druhu ohřevu pro vodu bylo několik. Jednak dost z dostupných topných těles a odporových drátů není určeno pro ohřev vody – není voděodolné. V případě, že má nějaké ochranné pouzdro a nabízí i voděodolnost problém byl s rozsahem teplot. Dále to mírně komplikuje fakt, že při použití nějakého zařízení na bezpečné napětí ohřev trvá opravdu dlouho. Proto se jako nejlepší varianta nakonec jevila ponorný nerezový vaříč *Professor PO500*, který je schopen díky příkonu 500 W a hlavně určení pro kontakt s vodou umí ohřát vodu na 100 °C za zhruba 4 minuty. Jediné omezení, které se s ponorným vaříčem táhnou, je nutnost dodržování stanovené maximální a minimální výšky hladiny ponoru vaříče => omezení na vzhled nádoby, která slouží pro ohřev. Cena je cca **140 Kč**. [64]



Obrázek 55: Ponorný nerezový vaříč *Professor PO500* [64]

6.5 Zdroj

Jako zdroj bylo potřeba zvolit dostatečně silný a také malý zdroj. Malý, aby se vešel do sestavovaného 3D „obalu“. Byl nejprve koupen AC-DC zdroj 12 V, 50 W – *LYONZG S-50-12*, který bohužel svojí velikostí (110x78x33mm) byl moc velký a nedokázal se vlézt do připravovaného krytu ve kterém jsou veškeré komponenty uloženy. Naštěstí se podařila najít náhrada, která je ještě o dost silnější a mnohem menší. Jako nový zdroj tedy byl osazen AC-DC zdroj 12 V, 60 W – *SANPU YS-60-12*, se svými rozměry 85 x 58 x 37,5 mm již vyhovoval požadavkům. Zdroj má také velkou účinnost – 85%. Výstupní proud je zde 5A a disponuje ochranou proti zkratu, přetížení a přepětí. Disponuje také LED indikátorem, že je zapnut a kapacitátory do 105 °C s dlouhou životností. Má také chráněné terminály a řadu certifikací – CE, EMC, RoHS, LVD. Cena zdroje cca **259 Kč**. [65]



Obrázek 56: AC-DC zdroj 12 V, 60 W – SANPU YS-60-12 [65]

6.6 Displej

Jako vizualizační a ovládací část celého projektu bylo potřeba zvolit displej, který dosahuje dostatečné kvality. Vybral jsem displej *Nextion orig. Enhanced NX3224K028*, který se svými 2.8" a rozlišením 320 x 240 splňuje naprosto vše, co by mělo zobrazovací zařízení splňovat. Pracuje na LCD displejové technologii, konkrétně TFT. Je přímo určený pro práci s embedded systémy a díky tomu, že je dotykový a má barevný obraz (65536 možností barev) nabízí po jeho naprogramování dostatečně kvalitní interakci s jeho obsluhou. Velkou výhodou je také, že má k dispozici svoje vývojové prostředí – *Nextion Editor* pro jeho programování, což práci s ním velmi urychluje. Prostředí umožňuje psaní programu a dokonce i tvorbu grafiky. Má k dispozici 16 MB flash paměti pro aplikace a data. Další z řad výhod je, že má k dispozici svoji 48 MHz výpočetní jednotku. Velikost SRAM je 3584 Byte (slouží pro ukládání proměnných) a EEPROM 1024 Byte. Dokonce má k dispozici hodiny reálného času – CR1220. K dispozici je také 8 digitálních GPIO, 4 sériové piny (UART). Svítivost displeje je 200 nitů. Má podporu PWM, událostí a I/O. Disponuje certifikáty CE-EMC, RoHS. Nahrávání programu se provádí skrze MicroSD kartu o maximální velikosti 32 GB (formátovanou pomocí FAT32). Cena displeje je cca **948 Kč**. [66]



Obrázek 57: Displej *Nextion orig. Enhanced NX3224K028*, 2.8" 320 x 240 [66]

6.7 Relé a step-down měnič

Pro spínání ponorného vaříče bylo nutné koupit relé, kterým skrze desku Arduino půjde vaříč zapínat/vypínat podle potřeby. Právě na takové případy se na trhu nachází dostupný 1-kanálový relé modul s buzením 15-20 mA. Ovládat lze mikrokontrolérem nebo čidlem s výstupem 5 V. Cena je cca **47 Kč**. [67]



Obrázek 58: 1-kanálový relé modul [67]

Jelikož zdroj poskytuje výstupní napětí 12 V, a některé motory (konkrétně *28BYJ-48*), také teplotní čidlo a obrazovka pracují s 5 V bylo nutné opatřit obvod step-down měničem, který dokáže změnu z 12 V na potřebných 5 V zprostředkovat. Proto jsem vybral *Stepdown nastavitelný měnič s LM2596 DC-DC*, který má schopnost pojmout vstupní napětí v rozsahu 4,5-40 V a na jako výstupní dokáže působit v rozsahu 3-35 V. Maximální výstupní proud je 3 A. Zmínil bych zde i účinnost měniče, která je 92%. Cena je cca **39 Kč**. [68]



Obrázek 59: Step-down měnič – *Stepdown nastavitelný měnič s LM2596* [68]

6.8 Drobné příslušenství

Další nutné příslušenství pro správnou funkci celého obvodu je několik vodičů na propojení jednotlivých součástí, dále 4,7 k Ω odpor pro teplotní čidlo, které jej v současném zapojení vyžaduje – bez odporu by dávalo špatné hodnoty teplot (konstantně -127 °C). V zapojení se také využívá nepájivé pole pro možnost jednoduché manipulace a provádění častých úprav, jelikož se jedná stále o prototyp. Cena je cca do **100 Kč**.

Jako nutné příslušenství bych mohl počítat čajové nerezové sítko od firmy *Oxalis*, do kterého se umísťuje sypaný čaj a následně dochází k jeho louhování ve vodě. Jeho velikost je také relativně velká – průměr má 91 mm, takže dokáže pohodlně pojmou dostatečné množství sypaného čaje. Cena je cca **203 Kč**. [69]



Obrázek 60: Čajové nerezové sítko *Oxalis* [69]

7 NÁVRH KOSTRUKCE – TVORBA MODELU V PROSTŘEDÍ SOLIDWORKS A NÁSLEDNÝ 3D TISK

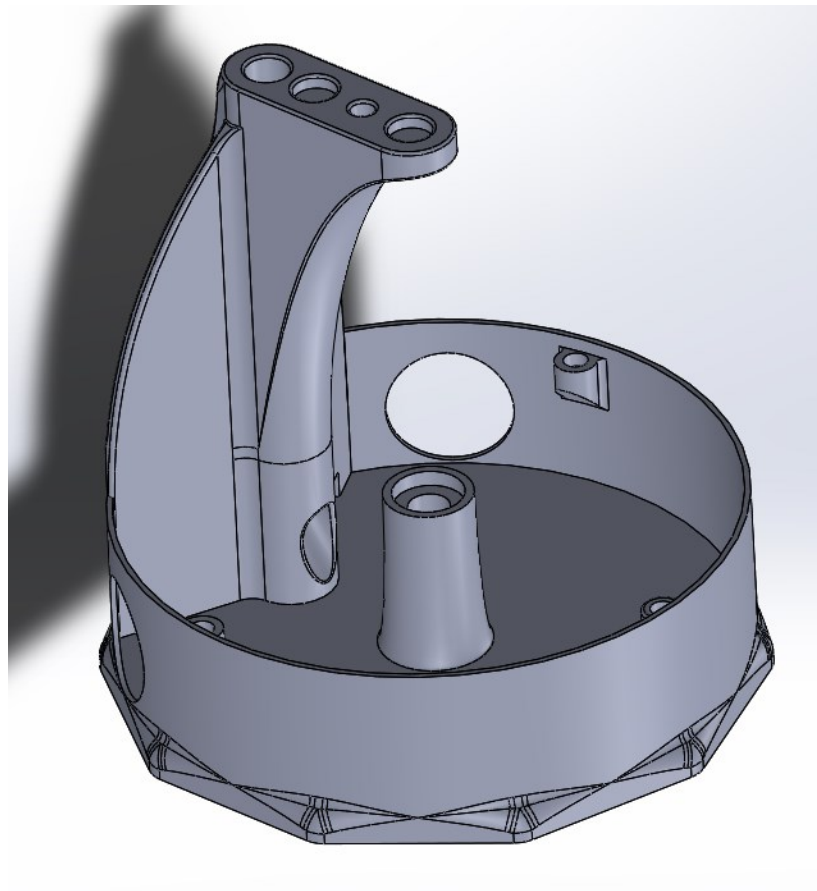
Návrh konstrukce celého modelu jde ruku v ruce s použitými komponentami, které zajišťují funkci celého systému (řídící jednotka, motory, ...). Bylo potřeba také dbát na možnosti 3D tiskárny, myšleno převážně z hlediska maximální velikosti tiskové plochy. 3D tiskárna použitá pro tisk byla *Original Prusa i3 MK3S+*, jak již z názvu vypovídá, od české firmy *Prusa Research*. Její tisková plocha je $25 \times 21 \times 21$ cm na což musel být dbán ohled při konstrukci. Konstrukce je tisknuta pomocí relativně pevného a odolného plastu – *PETG*.

Postupným bádáním se došlo k závěrečné konstrukci. Úvaha pro vytvoření modelu byla vytvořit základnu, kde se bude nacházet uložená elektronika a následně nad základnu bude otočná plotna, která se pomocí krokového motoru bude příslušně podle potřeby otáčet. Dále vytvoření ramena, jež ponese horní plošinu (hlavu), kde se budou nacházet 2 krokové motory, pomocí ozubeného hřebenu budou zasouvat/vysouvat sítko a spirálu s teploměrem do hrnku, pro něž je projekt koncipovaný. Otočná plotna se bude natáčet na příslušné středové pozice, kde již bude umístěná spirála/sítka a dojde k provedení obsluhy pomocí krokových motorů umístěných na horní základně. Motory spustí ozubené hřebeny se sítkem a spirálou (+ teploměrem) a dojde k provedení programu – uvaření vody, vyluhování čaje, ...

7.1 Tvorba podstavce – základny

Nejprve se začalo tvorbou kruhové základny (podstavce), která se rozprostírá v co největším měřítku, co nám daná tiskárna umožnila, aby se do ní pohodlně vše vešlo. Problém by samozřejmě nebyl tisknout základnu na více kusů, a tím docílit možnosti použití větších rozměrů, ale nastával by problém, kdy by se musely řešit jednak spoje takových částí, ale pravděpodobně by také nebyly tak pevné. Uprostřed základny se vybudoval sloup, chcete-li výstupek, ve kterém jsou zavedena ložiska (axiální a radiální), pro již zmíněnou možnost otáčení plotny nad základnu. Propojení základny a otáčivé plotny pak zprostředkuje šroub standardního rozměru, konkrétně tedy M8x55. V části základny se dále vybudovaly 2 otvory na budoucí možnost osazení větráků pro odvod teplého vzduchu. Dále se zde nachází otvor pro vedení elektrického kabele určeného pro napájení celého zařízení z elektrické sítě. Z podstavce je také na jeho kraji vytvořené rameno, které má v sobě otvor pro vyvedení kabeláže do horní části. Rameno je zakončeno rovnou plochou s děrami pro jeho ukotvení protikusem, který na něm bude umístěn. Díry jsou v horní části ramene celkem $4 \Rightarrow 2$ pro

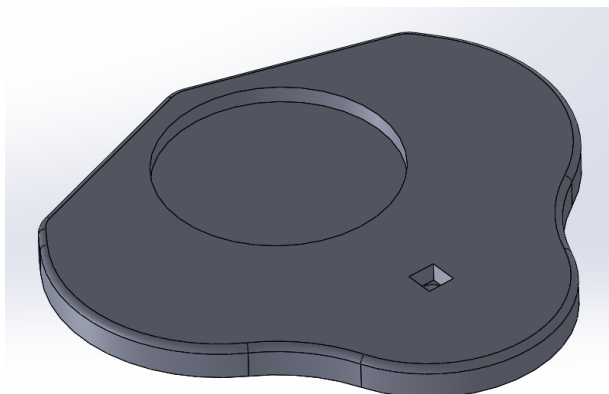
umístění již zmíněného výstupku v protikus, který zajistí nehybnost a pevnost, další otvor je pro vyvedení kabeláže. Poslední pak pro umístění šroubu, který protikus a rameno spojí. Na bocích kruhové základny se ještě nachází vybudované místo pro magnety, které budou držet tenký kryt, aby došlo k oddělení části s elektronikou a části kde, probíhá samotná příprava čaje.



Obrázek 61: Základna pro plně automatický čajovar, pohled z prostředí *SolidWorks*

7.2 Tvorba otočné plotny

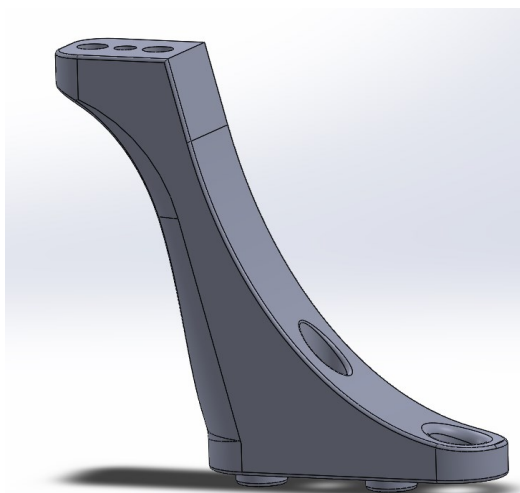
Otočná plotna spojená se základnou pomocí šroubu, který se zašroubuje skrze středový výstupek na základně slouží pro umístění hrnku. Plotna je tvořená jednoduchým tvarem, ve kterém se nachází kruhovitý výřez, určený pro hrnek s maximálním průměrem do 7,5 cm. Poslední důležitou věcí je malý otvor určený pro již zmíněný šroub M8x55, který je ze spodní části upraven pro dosednutí na vytisknuté ozubení a ložisko, které bude zprostředkovávat pohyb.



Obrázek 62: Otočná plotna, pohled z prostředí *SolidWorks*

7.3 Tvorba prodlužovacího ramena

Pro manipulaci s výškou, zvětšováním a zmenšováním, slouží lehce upravitelné rameno, které se podle potřeby jednoduše upraví v prostředí *SolidWorks*. Rameno má ve spodní části zabudované výstupky pro dosednutí na základnu + díru na šroub. Šroub který spojuje základnu a rameno. Poslední dírou ve spodní části ramene je výstup pro kabeláž, ta je vedena skrze celou základnu. Stejným způsobem jako tomu bylo u základny a dolní části ramene jsou vybudovány díry v horní části ramene (2 pro výstupky z protikusů a 1 pro šroub, který vše spojí).

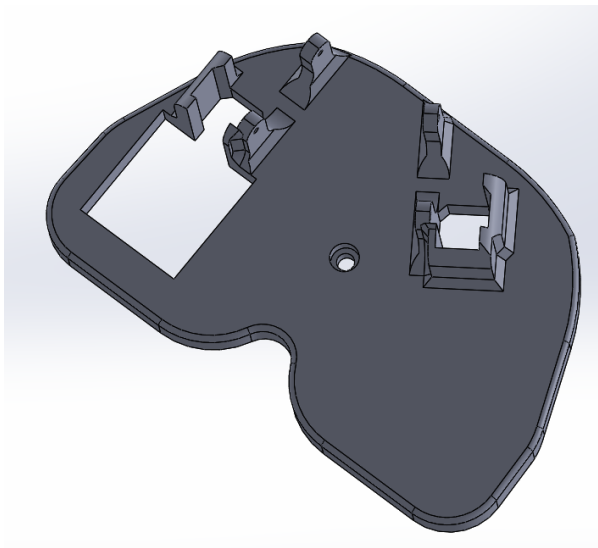


Obrázek 63: Prodlužovací rameno, pohled z prostředí *SolidWorks*

7.4 Tvorba hlavy – horní plošina

Vrchním kusem, který dosedá na vytvořené prodlužovací rameno je horní plošina (hlava). Plošina je dostatečně veliká a pevná pro nesení 2 malých krokových motorů, kterými bude

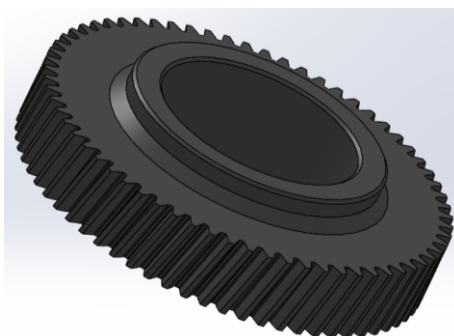
osazena. Plošina je navržena tak, aby díry, které se v ní nachází, umožnily průchod 20 cm dlouhým ozubeným hřebenům. Ozubené hřebeny jsou drženy hřídelí krokového motoru (hřídel je opatřena ozubeným nástavcem => přímo na hřebeny dosedá). Hřebeny mají na starosti jejich pohyb nahoru a dolů. Jedna z děr horní plošiny je větší z důvodu průchodu spirály, vyjíždí z části až nad základnu (sítka větší díru nepotřebuje jelikož je stále umístěné pod horní plošinou). Na horní plošině je také „koridor“ pro hřebeny, aby se zvýšila stabilita při jejich pohybu. Poslední částí, nacházející se na horní plošině jsou výstupky, slouží jako držáky pro 2 zmíněné krokové motory.



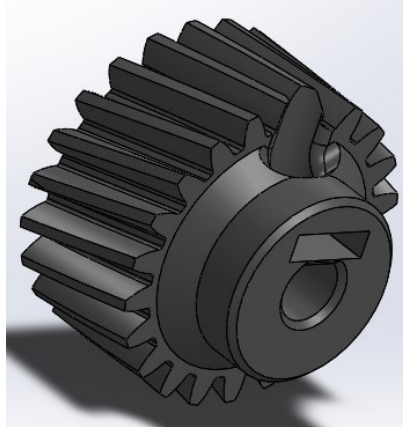
Obrázek 64: Horní plošina (hlava), pohled z prostředí *SolidWorks*

7.5 Ozubené hřebeny, kolo a ozubené násady na krokové motory

Nutnou součástí celé konstrukce je ozubené kolo (viz *obrázek 65*), nachází se mezi základnou a otočnou plotnou a slouží právě pro pohyb otočné plotny skrze krokový motor *NEMA 17*, na kterém se na jeho hřídeli nachází ozubená násada (viz *obrázek 66*), ta přímo dosedá na ozubené kolo a zajišťuje plynulé otáčení.

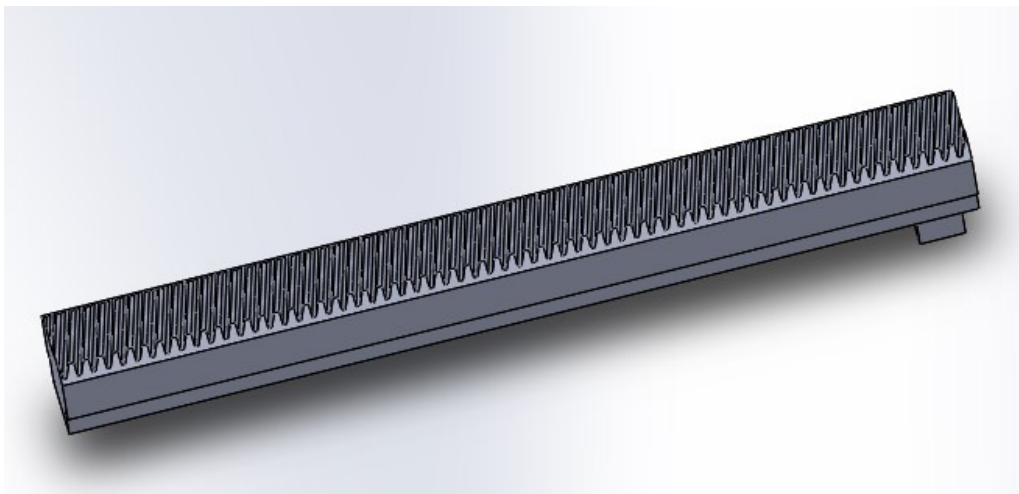


Obrázek 65: Ozubené kolo pro otočnou plotnu, pohled z prostředí *SolidWorks*

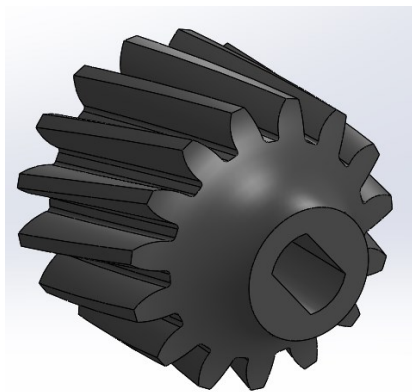


Obrázek 66: Ozubená násada na *Nemu 17*, pohled z prostředí *SolidWorks*

Ozubené hřebeny (viz *obrázek 67*), jenž se pohybují skrze díry v horní plošině, jsou drženy hřídeli malých krokových motorů *28byj-48*. Na hřídeli krokových motorů *28byj-48* je opět umístěna ozubená násada (viz *obrázek 68*), která dosedá do ozubených hřebenů. Ozubené hřebeny jsou konstruovány pro připevnění držáků – sítka a topné spirály.



Obrázek 67: Ozubený 20 cm hřeben, pohled z prostředí *SolidWorks*



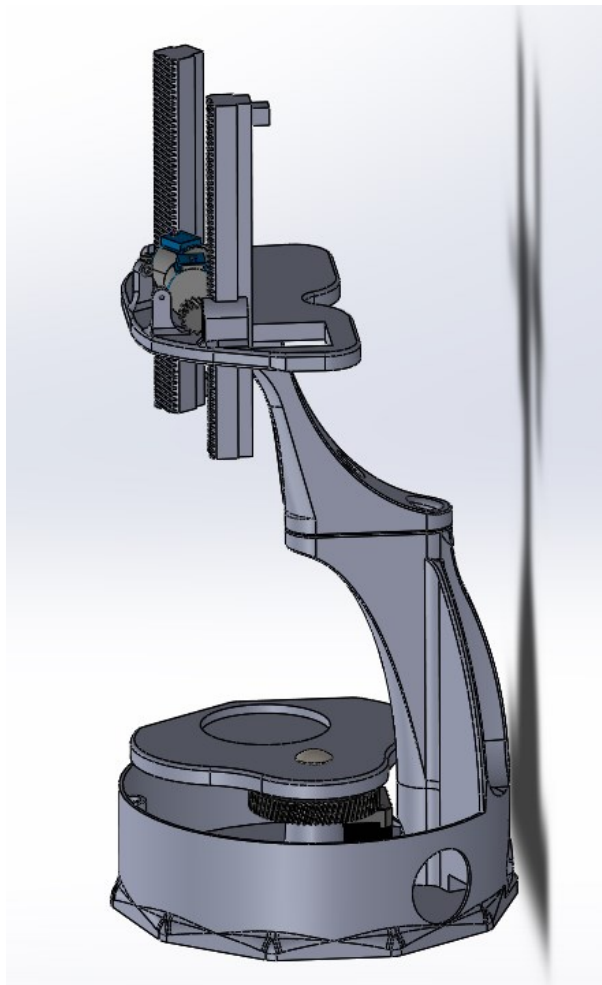
Obrázek 68: Ozubená násada na *28byj-48*, pohled z prostředí *SolidWorks*

7.6 Celkový pohled na konstrukci

Celkovou konstrukci jsem v prostředí *SolidWorks* složil pomocí vytvořených předešlých dílů. Nejprve bylo potřeba pomocí funkce *Vazba* propojit a „navazbovat“ jednotlivé části korektně na sebe. Ozubeným částím přidat propojení – *RackPinionMate*, aby došlo k simulovanému pohybu jednotlivých částí.

Po propojení jsem pomocí nástroje pro měření vzdáleností upravoval a testoval výšku prodlužovacího ramene, aby byl dostatečný prostor pro manipulaci hrnku a spirály/sítka. Vytvořil jsem také pomocné modely – sítko, držáků, spirály a motorů, které proces propočítávání vzdálenosti a celkových rozměrů velmi urychlily.

Konstrukce tedy dokáže pojmout hrnek o maximálním průměru 7,5 cm s jeho minimální výškou 11,5 cm a maximální 14,5 cm. Omezení jsou jednak kvůli konstrukci, ale také kvůli použité topné spirále, která vyžaduje určitou minimální/maximální hladinu pro správné fungování.



Obrázek 69: Celková konstrukce čajovaru, pohled z prostředí *SolidWorks*

7.7 Pohled na reálnou (vytisknutou) konstrukci

Po vytištění jednotlivých částí na 3D tiskárně došlo již k finálnímu propojení. Jednotlivé díly byly spojeny zmíněnými železnými šrouby. Základna byla osazena axiálním a radiálním ložiskem, na kterou dosedla otočná plotna s ozubeným kolem. Kromě ložisek, šroubů (jejich matek, podložek) a magnetů pro kryt pod otočnou plochu je veškerá konstrukce vytisknutá na 3D tiskárně z již zmíněného materiálu PETG.

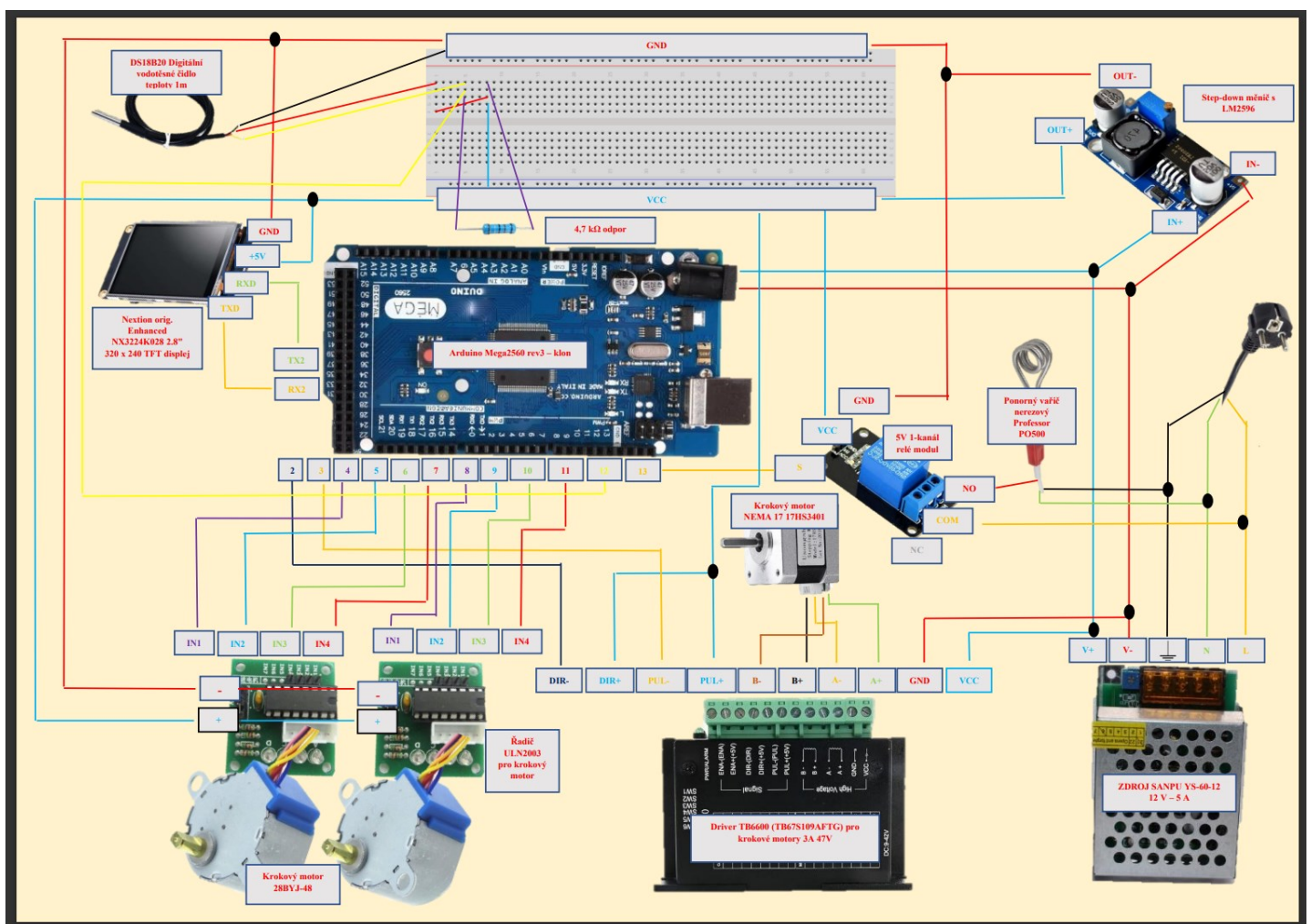


Obrázek 70: Konstrukce čajovaru vytištěná na 3D tiskárně

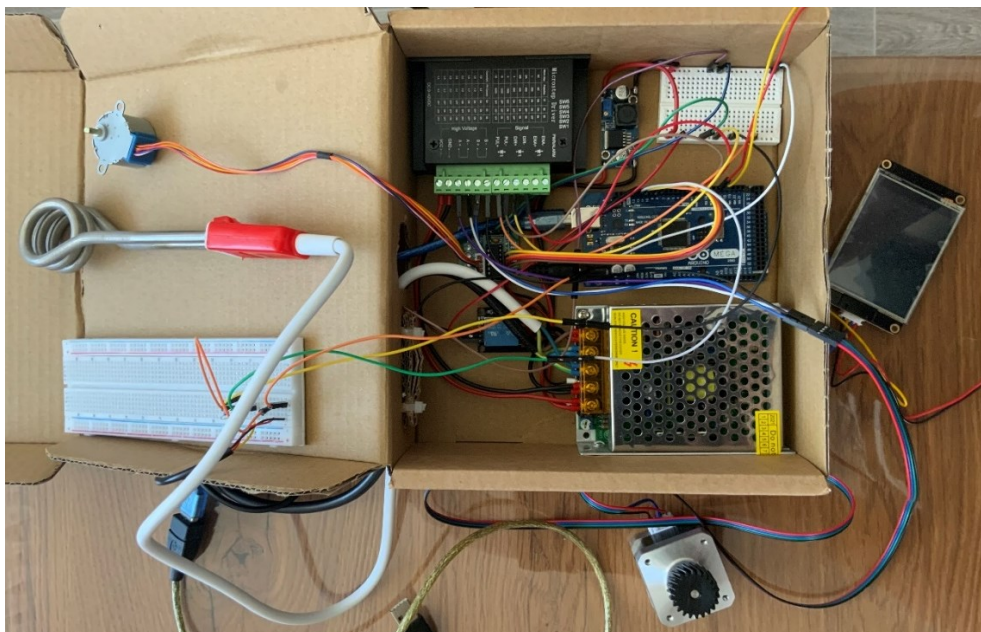
8 ELEKTRICKÝ OBVOD

Nejprve jsem při sestavování obvodu sestavil základní obvod – zdroj – měnič (step-down) – nepájivé pole a ověřil správnost zapojení => Ze zdroje jde 12 V a z měniče 5 V. Následně jsem na zdroj přivedl desku Arduino. Po ověření základního zapojení jsem již pokračoval připojováním zbylých součástek. Schéma celkového elektrického obvodu je patrné z *obrázku 71* a následný pohled na již reálně zapojené součástky elektrického obvodu lze vidět na *obrázku 72*. Z obrázku je patrné, že elektrický obvod se nachází umístěný v krabici, kde probíhalo jednak jednotlivé testování každé ze součástek, ale také základní zkoušení programu. A až následně po odzkoušení funkčnosti jednotlivých komponentů byl celý obvod přebudován do již vytvořené konstrukce.

8.1 Schéma zapojení elektrického obvodu



Obrázek 71: Schéma zapojení elektrického obvodu čajovaru



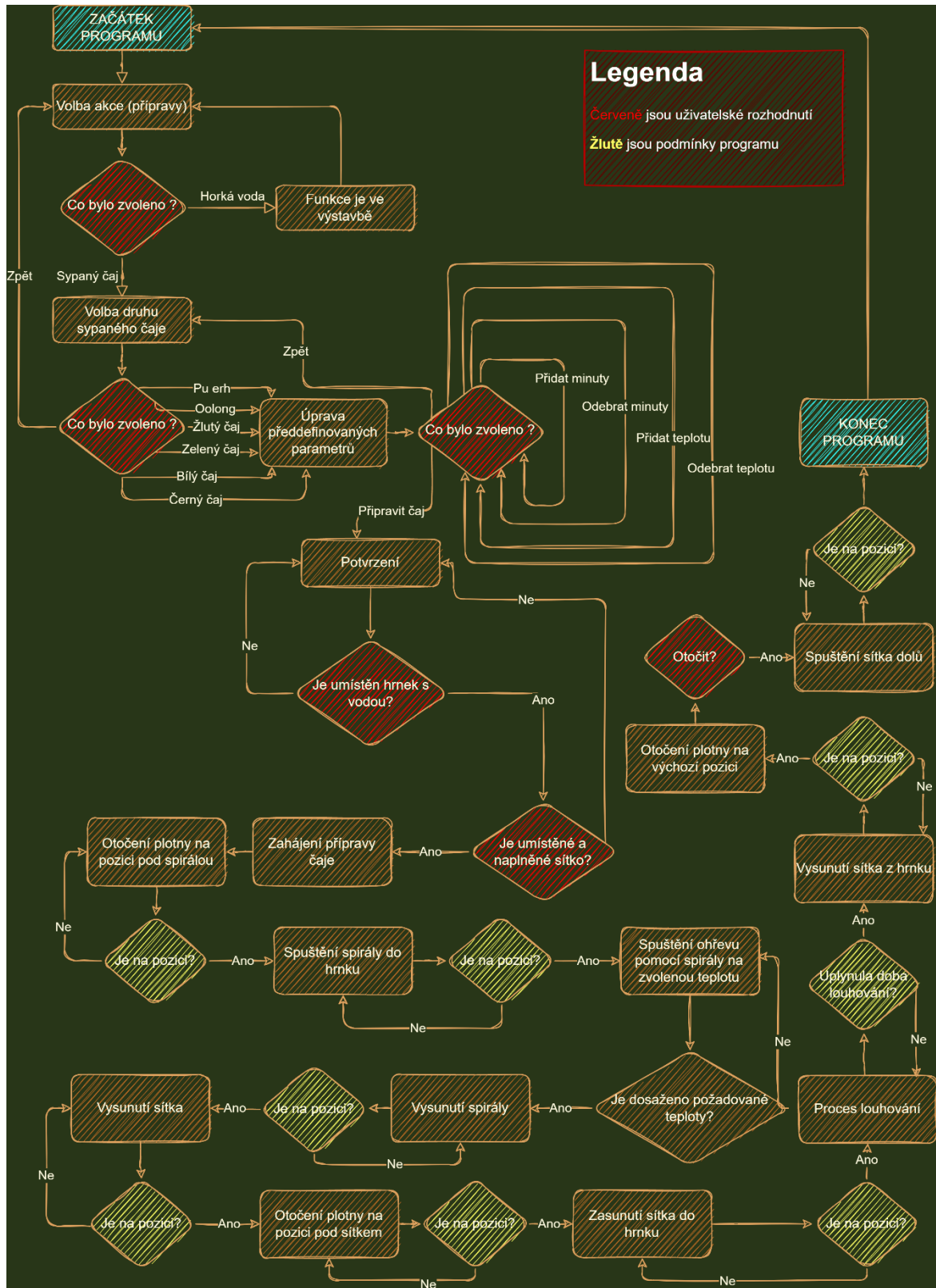
Obrázek 72: Pohled na „reálně“ zapojený elektrický obvod



Obrázek 73: Pohled na „reálně“ zapojený elektrický obvod – již umístěn ve své konstrukci

9 PROGRAM

9.1 Vývojový diagram



Obrázek 74: Vývojový diagram programu čajovaru

9.2 Program displeje Nextion

Jde o jednu z hlavních částí programu čajovaru. Program displeje obsahuje zhruba 1/3 velikosti kódu celkového programu. Obsahem kódu displeje je převážně prvotní obsluha uživatele – volba režimu, potvrzovací akce, ... Program a vizualizace displeje *Nextion* jsou tvořeny v oficiálním softwaru, který se jmenuje *Nextion Editor*. Nejprve jsem si rozvrhl, jak bude celkový program vypadat, a následně pomocí funkce *Page* jsem vytvořil jednotlivé části (stránky) vizualizace. Software pracuje na jednoduchém principu *Drag and drop*, což umožňuje jednotlivé objekty jednoduše navolit (tlačítka, texty, pole pro čísla, ...) z dostupné lišty (*Toolbox*). Poté každý objekt lze doprogramovat pomocí programovacího jazyka. Stránky jsem rozdělil tedy následovně:

1) 1. stránka



Obrázek 75: Stránka č.1 displeje *Nextion* – pohled z prostředí *Nextion Editor*

Na první stránce (*Obrázek 75*) se nachází počáteční rozhraní po zapnutí kávovaru. Uživatel si zde může vybrat o jakou obsluhu má zájem. Při zvolení programu – *Horká voda* je pomocí funkce *vis*, která umožňuje zviditelnit či zneviditelnit objekty, uživateli zobrazena hláška „Již brzy...“ což značí, že funkce bude doplněna v budoucích verzích. Dále je zde možnost volby – *Sypaný čaj*, která po zvolení odkazuje na stránku č. 2. Na stránce č.1 nedochází k posílání ani přijímání dat z *Arduina*. Program tlačítek je čistě řešen na straně displeje *Nextion*.

2) 2. stránka

Na druhé stránce se nachází již samotný výběr druhu připravovaného čaje. Výběr probíhá pomocí tlačítka - *Radio button*, kdy je každé z nich nastaveno na to, aby posílalo svoje *ID*

desce Arduino a tím umožnil číst jeho stav. Každý má také nastavený pomocí podmínky *if* deaktivaci a aktivaci => v případě, že je zvolena například možnost černý/červený čaj, dojde k deaktivaci (=> log 0) všech ostatních. Tlačítko s názvem *Zpět* odkazuje na první stránku.



Obrázek 76: Stránka č.2 displeje *Nextion* – pohled z prostředí *Nextion Editor*

Ukázka příslušného kódu, který je použit pro deaktivaci a aktivaci tlačítka *Radio button* podle volby uživatele. Každé z tlačítek má takový kód, jen s jinými parametry. Ukázka kódu:

```
1 r0.val=1
2 if(r1.val==1)
3 {
4 r1.val=0
5 }
6 if(r2.val==1)
7 {
8 r2.val=0
9 }
10 if(r3.val==1)
11 {
12 r3.val=0
13 }
14 if(r4.val==1)
15 {
16 r4.val=0
17 }
18 if(r5.val==1)
19 {
20 r5.val=0
21 }
```

3) 3. stránka



Obrázek 77: Stránka č.3 displeje *Nextion* – pohled z prostředí *Nextion Editor*

Na stránce č.3 jsou zobrazeny předvybrané parametry s možností jejich personifikace. Druh vybraného čaje je zobrazován podle výběru čaje ze stránky č.2, kdy podle hodnoty v tlačítku *Radio button* je zobrazen název příslušného čaje. Hodnoty ohřevu a doby louhování jsou poskytnuty pomocí desky *Arduino Mega*, která si získá data z tlačítek typu *Radio button* z předchozí stránky a poté poskytne příslušné výchozí hodnoty. Uživatel může měnit hodnoty pomocí tlačítek „+“ a „-“ u příslušného parametru. Po zmáčknutí některého z tlačítek dojde k zaslání požadavku na desku Arduina, které pro příslušné tlačítko má naprogramovanou svoji funkci => inkrementuje, dekrementuje hodnotu teploty/doby louhování.

4) 4. stránka



Obrázek 78: Stránka č.4 displeje *Nextion* – pohled z prostředí *Nextion Editor*

Na stránce č. 4 se nachází opět použitá tlačítka typu *Radio button*, které zajišťují bezpečnostní prvek čajovaru. Pro zmáčknutí tlačítka potvrdit je nutné, aby uživatel vybral u obou možností odpověď ANO (*Obrázek 78*). Dokud se tak nestane, je tlačítko *Potvrdit* nastaveno na nedostupné pomocí dostupné vlastnosti = *tsw* s efektem červeného obarvení tlačítka => nedostupnosti. Ukázka kódu:

```
1 if(r6.val==1&&r8.val==1)
2 {
3   b31.bco=50712
4   tsw b31,1
5 }else
6 {
7   b31.bco=63488
8   tsw b31,0
9 }
```

5) 5. stránka



Obrázek 79: Stránka č.5 displeje *Nextion* – pohled z prostředí *Nextion Editor*

Na stránce č.5 dochází již k přijímání dat z Arduina. Jediné co probíhá z hlediska programu na straně *Nextion* displeje, je obarvování čísel podle toho, o jakou hodnotu jde. Spodní hláška + tlačítko (viz *Obrázek 79*) se zobrazí až v určité (konečné) fázi programu vaření čaje. Opět je to vytvořeno pomocí zviditelnění/zneviditelnění objektů – *vis*.

9.3 Program desky Arduino

Program, který provádí většinu úkonů se nachází na desce *Arduino Mega 2560*. Je strukturovaný jako konečný automat => pohybuje se mezi jednotlivými stavy. V programu čajovaru je využito celkem 4 externích knihoven:

- 1) **Nextion.h** – knihovna pro práci s displejem, odkaz na knihovnu:
https://github.com/itead/ITEADLIB_Arduino_Nextion
- 2) **AccelStepper.h** – pro práci s krokovými motory, odkaz na knihovnu:
<https://www.airspayce.com/mikem/arduino/AccelStepper/index.html>
- 3) **OneWire.h** – pro práci s teplotním čidlem, odkaz na knihovnu:
<https://github.com/PaulStoffregen/OneWire>
- 4) **DallasTemperature.h** – pro práci s teplotním čidlem, odkaz na knihovnu:
<https://github.com/milesburton/Arduino-Temperature-Control-Library>

Program je napsaný pomocí *Switch – case* logiky. Kdy po splnění určitého stavu „skočí“ program do dalšího stavu.

9.3.1 Vysvětlení jednotlivých částí kódu:

1) Program mimo hlavní smyčky *void setup()* a *void loop()*:

V této počáteční části programu lze najít kód, který slouží pro import jednotlivých knihoven do celkového projektu. Jsou zde také nadefinovány veškeré veličiny včetně funkcí displeje *Nextion*. Funkce displeje *Nextion* jsou prováděny pokaždé, co zaznamenají dotyk příslušného objektu (tlačítka, ...) => každý objekt, který má zapnuté posílání dat, má také vytvořenou svoji funkci. Ukázka části kódu – vytvoření dvou funkcí pro obsluhu tlačítka *Radio button* (Po stisknutí příslušného tlačítka dojde k aktualizování hodnoty teploty a minut).

```
1 void r0PushCallback(void *ptr)
2 {
3     teplota = 95;
4     minuty = 2;
5 }
6
7 void r1PushCallback(void *ptr)
8 {
9     teplota = 80;
10    minuty = 2;
11 }
```

2) Program ve *void setup()*:

V části funkce *void setup()* se nachází jedna z nejdůležitějších programových částí, a to část pro zahájení a následnou komunikaci s displejem => nastavení sériového přenosu. Dále jsou zde nadefinovány veškeré objekty, které posílají data z displeje na desku Arduino se spouští ve formě jejich dotyku. V závěru části této funkce je každý motor opatřen parametry jako je rychlost motoru, jeho akcelerace, rychlost. Nalézt lze zde také kód pro inicializaci senzoru teploty a relé, které spíná teplotní spirálu. Ukázka kódu:

```
1 r0.attachPush(r0PushCallback);
2 r1.attachPush(r1PushCallback);
3 r2.attachPush(r2PushCallback);
4 r3.attachPush(r3PushCallback);
5 r4.attachPush(r4PushCallback);
6 r5.attachPush(r5PushCallback);
7 b27.attachPush(b27PushCallback);
8 b26.attachPush(b26PushCallback);
9 b25.attachPush(b25PushCallback);
10 b24.attachPush(b24PushCallback);
11 b31.attachPush(b31PushCallback);
12 b1.attachPush(b1PushCallback);
13 motorKosik.setMaxSpeed(400.0);
14 motorKosik.setAcceleration(100.0);
15 motorKosik.setSpeed(400);
```

3) Program ve *void loop()*:

Hlavní smyčka programu se nachází zde ve funkci *void loop()*. Funkci *Arduino* neustále „probíhá“. Struktura je tvořena z již zmíněného *Switch – case*, proto tedy bych postupně rozebral jednotlivé části, podle toho, co se v jaké fázi *case* děje:

➤ Case 0

Case 0 je pouze k zasílání dat z desky *Arduino* na displej *Nextion*. Konkrétně hodnoty cílové teploty a doby louhování čaje. Na displeji se pak zobrazí na stránce č. 3 – viz *Obrázek 77*. Ukázka kódu posílání hodnoty teploty na displej:

```
1 Serial2.print("\n29.val=")
2 Serial2.print(teplota);
3 Serial2.write(0xff);
4 Serial2.write(0xff);
5 Serial2.write(0xff);
```


➤ Case 1

V části *Case 1* dochází k rozpohybování motoru otočné plotny. Nejdříve je předána hodnota kolik kroků má motor udělat (*.moveTo*) a následně pomocí *.run* dojde k samotnému rozpohybování. Poté se pomocí *if* kontroluje, jestli motor již dosáhl pozice, pokud ano, dojde k zaznamenání času do proměnné *cas1* a přesunutí do *case 2*. Ukázka části kódu:

```
1 motorNema.moveTo(-550);
2 motorNema.run();
3 if (not motorNema.run()) {
4   cas1 = millis();
5   skakac = 2;
6 }
```

➤ Case 2

Zde se opět zaznamená aktuální času pomocí funkce *millis()* do proměnné *cas2*. Smyčka bude probíhat (testovat se) stále dokola, dokud rozdílný čas z předchozího a současného záznamu bude menší nebo roven 2 s - což se opět kontroluje pomocí *if*. Po uplynutí takto vytvořeného časovače dojde opět k rozpohybování motoru, který pohybuje se spirálou. Po ponoření spirály do hrnku následně dojde k zapnutí relé modu, který spirálu sepne => započne tím ohřev.

➤ Case 3

Dochází zde k vyžádání hodnot z teploměru s následným uložením do proměnné *tempCelsius*. Také se odtud posílají hodnoty teploty na displej. Pomocí *if* se testuje, jestli je naměřená teplota větší nebo rovna jak chtěná => podmínka splněna – dojde k vypnutí ohřevu relé. Ukázka kódu:

```
1 tempSensor.requestTemperatures();
2 tempCelsius = tempSensor.getTempCByIndex(0);
3 skutecnateplota = tempCelsius;
4 if (tempCelsius < teplota) {
5   Serial2.print("\n18.val=");
6   Serial2.print(skutecnateplota);
7   Serial2.write(0xff);
8   Serial2.write(0xff);
9   Serial2.write(0xff);}
10 if (tempCelsius >= teplota)
11   digitalWrite(relayPin, LOW);
12   skakac = 4;}
```


➤ **Case 4**

V *case 4* je rozpořhybován motor pro vysunutí spirály nahoru, opět pomocí zavolání *move.To()* a *run()*.

➤ **Case 5**

Zde dojde k vysunutí sítko za pomocí posledního krokového motoru. Ukázka kódu:

```
1 case 5:
2 motorKosik.moveTo(-3850);
3 motorKosik.run();
4 if (not motorKosik.run()) {
5     skakac = 6;
6 }
7 break;
```

➤ **Case 6, case 7**

Otočná plotna je pomocí motoru otočena pod sítko se sypaným čajem. Sítko s čajem je následně zasunuto do hrnku a dojde k spuštění časovače pro vylouhování čaje.

➤ **Case 8**

V *case 8* je pomocí několika *if* zapisována hodnota zbývajícího času vylouhování na displej (viz *Obrázek 79*) a po uplynutí louhování dojde k vysunutí sítko => proces vylouhování je dokončen.

➤ **Case 9**

Po obdržení signálu z displeje (musí zmáčknout tlačítko uživatel) dojde k otočení plotny do výchozí pozice.

➤ **Case 10, case 11**

Jako finální krok je spuštěn košík opět dole, aby mohl být pohodlně vyjmut a program je následně ukončen.

10 TESTOVÁNÍ

Testování bych mohl rozdělit do dvou částí. První část byla o testování samotného elektrického obvodu. Nejprve se odzkoušela každá součástka zvlášť – napsal se pro ni krátký program, kde se vyzkoušeli její základní možnosti a limity. Výhodou v testování měl jednoznačně displej *Nextion*, který disponuje v jeho softwaru režimem simulace => nemusel se pokaždé přehrávat program a došlo tak k včasnému odhalení chyb.

Po složení konstrukce a následného zabudování všech součástí do ní se rozběhla druhá fáze testování. Testován byl již program jako celek. Problémy, které se vyskytly již na začátku, byly hlavně kvůli ne úplně ideálnímu nastavení krokových motorů *28byj-48*. Jelikož se jedná o velmi malé krokové motory, tak bylo potřeba jejich nastavení zrychlení, maximální rychlosti a počáteční rychlosti opravdu vychytat, aby dokázali pomocí ozubených hřebenů vytáhnout co největší zátěž. Problém může stále vznikat u sítku, kde zátěž je proměnlivá a při nadměrné hmotnosti to krokový motor takového rozměru nezvládne. Současně použité sítko + max 50 g čaje by měl motor po proběhlém vyladování a testování zvládnout. Nevýhodou také je, že motory jedou relativně pomalu – kvůli tomu, aby zátěž zvládly.

Další známý problém vznikl při použití ovladače *L298N* pro krokový motor *Nema 17*. Jelikož ovladač nemá žádné omezení proudu, tak při situaci, kdy motor stojí a nehýbe se, tak stále do něj teče velké množství energie => dojde k zahřátí samotného ovladače natolik, že ovladač sám vypne motor a tím jej vyřadí úplně z provozu (bylo naměřeno zahřátí až na 80 °C). Takže čajovar nebyl nikdy schopen přípravu čaje dokončit, jelikož jeden z motorů se přehřál (konkrétně tedy jeho ovladač) a nebylo možné pokračovat. Problém byl vyřešen použitím mnohem modernějšího a lepšího ovladače – *TB6600 (TB67S109AFTG)*, který již mimo dalších mnoho výhod disponuje i omezením proudu a dokonce nastavením jeho maxima pomocí fyzických přepínačů (motor se stále zahřívá na vysokou teplotu, ale ovladač který jej omezuje tento vliv mnohonásobně zlepšil). Nevýhodou *TB6600* je velikost, která způsobila nutnost umístění mimo konstrukci čajovaru.

Posledním známým limitem je omezená velikost hrnku pro přípravu čaje, kdy z hlediska konstrukce čajovaru a použité topné spirály je nutné dodržet pevné parametry. Čajovar je schopen obsloužit hrnek o výšce od 11,5 cm do 14,5 cm (vždy po mírné úpravě programu – zatím je seřízen vždy pro jednu konkrétní výšku).

11 MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ V BUDOUCNU

- Silnější krokové motory pro ozubené hřebeny
- SSR relé místo mechanického
- Nový ovladač pro NEMU 17, který se již vleze do konstrukce a bude mít omezení při stání motoru
- Kryt vrchní částí čajovaru
- Použití modulu pro komunikaci přes WiFi, Bluetooth, ... s ovládáním, sledováním informací čajovaru přes aplikaci v telefonu, případně přes internet.
- Statistiky výroby čajovaru
- Opatření čajovaru koncovými spínači
- Homing režim
- Zlepšení „efektivity práce“ čajovaru
- Bezpečnostní prvky čajovaru
- Rozšíření podpory pro více velikostí hrnků (jiných nádob)
- Odvětrávání elektroniky čajovaru
- Vylepšení celkového mechanismu (jde stále o prototyp)
- Zásobník na sypaný čaj s možností jeho automatického dávkování
- Rychlejší způsob ohřevu / bezpečnější
- Držák na displej
- Držák na hrnek – podle velikosti hrnku se zvolí nástavec, aby se hrnek na podstavě nehýbal
- Audio signalizace o stavu přípravy čaje – hotovo, ...
- ...

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala plně automatickou přípravou sypaného čaje. V teorii bylo základně vysvětleno, jak se od sebe liší jednotlivé druhy čaje. V krátkosti bylo řečeno něco málo o jejich historii a hlavně o způsobu doporučené přípravy jednotlivých druhů sypaného čaje. Následně jsem se zabýval automaty, opět jejich historií, kvůli srovnání s dnes vyráběnými typy. Ty jsem popsal a rozdělil podle velikostí do třech kategorií. U každé kategorie jsem stanovil jejich výhody a nevýhody a určil na jakém principu fungují. Nejdůležitější v teoretické části bakalářské práce bylo vysvětlení a popsání řídicí jednotky a dalších součástek/periferií, které byly klíčové pro sestavení vlastního čajovaru. Krátce jsem se také zabýval 3D tiskem a softwarem *SolidWorks*, ve kterém se konstrukce čajovaru modelovala.

Na začátku praktické části bakalářské práce se nachází seznam použitých součástek na konstrukci čajovaru s odůvodněním a popsáním jejich možností a vlastností každé z nich. V další kapitole se již pojednává o procesu konstrukce 3D modelu s vysvětlením – jakou funkci, význam daná část modelu má. Elektrický obvod, který používá sestavený čajovar, je překreslen do podrobného schématu, které je součástí další kapitoly a slouží jako „návod“ při úpravách sestrojeného automatu. V posledních kapitolách bakalářky je popsán celý program. Nejprve celková funkce čajovaru je vysvětlena skrze vývojový diagram a následně je rozebrán program displeje a řídicí jednotky separátně. Finální kapitola jen nastiňuje v bodech možné rozšíření práce, které volně navazuje na kapitolu týkající se testování funkce prototypu plně automatického zařízení na přípravu čaje, ze které vyplynuly některé nevýhody jako nedostatečně silné krokové motory, či přehřívání dříve použitého ovladače *L298N*.

Sestrojené zařízení – čajovar je tedy schopný obsloužit uživatele po pouhém poskytnutí hrnku s vodou a sítka se sypaným čajem. Čajovar podle předdefinovaných hodnot jednotlivých režimů přípravy sypaného čaje, s možností uživatele si hodnoty teploty čaje a doby vylouhování upravit podle sebe, provede přípravu sypaného čaje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. **Cigičaj spol. s. r. o.** DĚJINY ČAJE. *Čajovna*. [Online] [Citace: 24. Duben 2022.] <https://www.cajovna.cz/cz/o-caji/dejiny-caje/>.
2. **Wikipedia contributors.** History of tea. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online] 22. duben 2022. [Citace: 24. duben 2022.] https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History_of_tea&oldid=1084024669.
3. **TEA LEGENDS.** Tea legends. *DRUHY ČAJE*. [Online] [Citace: 24. duben 2022.] <https://www.tea-legends.cz/druhy-caje/>.
4. **Rehabilitace.info.** Pylofenoly – co je to a proč jsou pro nás dobré? Jaké jsou zdroje polyfenolů? *Rehabilitace.info*. [Online] [Citace: 24. duben 2022.] <https://www.rehabilitace.info/vyziva-a-jidlo/pylofenoly-co-je-to-a-proc-jsou-pro-nas-dobre-jake-jsou-zdroje-polyfenolu/>.
5. **Cajovebedynky.** Čajové bedýnky. *PŘÍPRAVA ČAJE*. [Online] [Citace: 24. duben 2022.] <https://www.cajovebedynky.cz/priprava-caje/>.
6. **Manutea.** ČAJ JE DOMA, A CO TEĎ. *Manutea*. [Online] 10. duben 2018. [Citace: 24. duben 2022.] <https://www.manutea.cz/5-caj-je-doma-a-co-ted-x31339>.
7. **Science museum.** TEASMADES: FROM CLOCKWORK CUPPAS TO THE SMART HOME. *Science museum*. [Online] 18. Únor 2020. [Citace: 25. duben 2022.] <https://www.sciencemuseum.org.uk/objects-and-stories/everyday-wonders/teasmade-smart-home>.
8. **Parsons, Sheridan.** 1891 Charles Walker’s Early Riser’s Friend. *Teasmade*. [Online] [Citace: 25. duben 2022.] <https://www.teasmade.uk/early-risers-friend/>.
9. **Wikipedia contributors.** Teasmade. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online] 30. listopad 2021. [Citace: 25. duben 2022.] <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Teasmade&oldid=1057940092>.
10. **Revolution tea.** The History of Tea – A Complete Tea Timeline. *Revolution Tea*. [Online] [Citace: 24. duben 2022.] <https://www.revolutiontea.com/pages/tea-timeline>.
11. **Králík, Jan.** „Radiové dívky“ pracovaly bez ochrany se smrtící svítící barvou. Nadřizení dokonce chtěli, aby ji olizovali. *Muži v česku*. [Online] 11. září 2019. [Citace: 25. duben 2022.]

2022.] <https://www.muzivcesku.cz/radiove-divky-pracovaly-bez-ochrany-se-smrtici-svitici-barvou-nadrizeni-dokonce-chteli-aby-ji-olizovali/>.

12. **Swan Brand** . Swan Teasmade. *Swan*. [Online] Swan Brand . [Citace: 25. duben 2022.] <https://shop.swan-brand.co.uk/collections/teasmades/products/swan-teasmade-1>.

13. **Wikipedia contributors**. Wikipedia, The Free Encyclopedia. *List of countries by tea consumption per capita*. [Online] 19. březen 2022. [Citace: 27. duben 2022.] https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_countries_by_tea_consumption_per_capita&oldid=1078060171.

14. **Sage**. Sage. *BTM800*. [Online] [Citace: 27. duben 2022.] <https://www.sagecz.cz/varne-konvice/btm800>.

15. **Klarstein**. Tealicious automat na ča. *Klarstein*. [Online] [Citace: 27. duben 2022.] https://www.klarstein.cz/Tealicious-automat-na-caj-1300W-2-16min-11.html?gclid=Cj0KCQjw06OTBhC_ARIsAAU1yOXISV-A24XFXgasAj4_xcQCxi_5vZ59rrrnJry-wrhlXimqWSXaohEaAqG_EALw_wcB.

16. **Godrej**. Minifresh 5300 Leaf Tea Brew. *Godrej*. [Online] [Citace: 27. duben 2022.] <https://www.godrej.com/p/appliances/Tea-Brewer/Minifresh-5300-Leaf-Tea-Brew>.

17. **Godrej & Boyce Manufacturing Co. Ltd.** Godrej. *Minifresh 5300 Leaf Tea Brew*. [Online] 12. květen 2016. [Citace: 27. duben 2022.] https://cdn.godrej.com/Resources/Product/637249097205481087_Tea%20brewing%20machine-User%20Manual.pdf#viewer.action=download.

18. **Brain, Marshall**. How Microcontrollers Work. *howstuffworks*. [Online] [Citace: 2. květen 2022.] <https://electronics.howstuffworks.com/microcontroller.htm>.

19. **Keim, Robert**. What Is a Microcontroller? The Defining Characteristics and Architecture of a Common Component. *All about circuits*. [Online] 25. březen 2019. [Citace: 2. květen 2022.] <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-is-a-microcontroller-introduction-component-characteristics-component/>.

20. **Chalupa, Martin**. Mikroprocesor. *Wiki knihovna*. [Online] 15. červen 2013. [Citace: 2. květen 2022.] <https://wiki.knihovna.cz/index.php/Mikroprocesor>.

21. **Jaycon systems**. MICROPROCESSOR VS MICROCONTROLLER VS MICROCOMPUTER. *Jaycon systems*. [Online] [Citace: 2. květen 2022.] <https://jayconsystems.com/blog/microprocessor-vs-microcontroller-vs-microcomputer>.

22. **Kutý, Michael.** 2. Architektura počítače (von Neumannovo a Harwardské schéma, Flynnova taxonomie, základní deska, procesor, mikroarchitektura procesoru, paměti, sběrnice, řadič, přídatné karty, ovladače). *Michael Kutý*. [Online] [Citace: 2. květen 2022.] <http://michaelkuty.github.io/ssz-ai-hk-3/tech/2.html>.
23. **Žoltá, Lucka.** Architektura mikroprocesorů. *Lucka Žoltá*. [Online] [Citace: 2. květen 2022.] <http://lucie.zolta.cz/index.php/pocitace-a-site/37-architektura-mikroprocesoru>.
24. **gvpdoc.comehere.** In: Von Neumannovo schéma [obrázek]. *gvpdoc.comehere*. [Online] [Citace: 2. květen 2022.] <http://gvpdoc.comehere.cz/doku.php?id=wiki:informatika:hardware:neumann>.
25. **Příspěvatelé Wikipedi.** Harvardská architektura. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 21. srpen 2021. [Citace: 2. květen 2022.] https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Harvardsk%C3%A1_architektura&oldid=20369030.
26. **Stanford University.** RISC vs CISC. *Stanford University*. [Online] [Citace: 2. květen 2022.] <https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/risc/riscisc/>.
27. **Příspěvatelé Wikipedie.** Jednočipový počítač. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 15. srpen 2021. [Citace: 6. květen 2022.] https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Jedno%C4%8Dipov%C3%BD_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D&oldid=20390012.
28. **By Indeed Editorial Team.** 14 Types of Computer Memory: What You Should Know. *Indeed*. [Online] 8. červenec 2021. [Citace: 6. květen 2022.] <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/types-of-computer-memory>.
29. **Soukup, Tomáš.** BAKALÁŘSKÁ PRÁCE - Rešerše jednočipových mikroprocesorů. *Digitální knihovna Západočeské univerzity v Plzni*. [Online] 2012. [Citace: 6. květen 2022.] https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/2755/1/BP_SOUKUP_TOMAS_E09B0052K.pdf.
30. **Wendt, Zach.** Types of Oscillators: Oscillator Uses in Microcontrollers. *Arrow*. [Online] 31. leden 2020. [Citace: 6. květen 2022.] <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/types-of-oscillators-oscillator-uses-in-microcontrollers>.
31. **New York University .** Microcontroller Pin Functions. *New York University* . [Online] [Citace: 7. květen 2022.] <https://itp.nyu.edu/physcomp/resources/microcontroller-pin-functions/>.

32. **Laska, Konstantin.** Krátký přehled Arduino desek. *Blog laskarduino*. [Online] 19. říjen 2016. [Citace: 7. květen 2022.] <https://blog.laskarduino.cz/kratky-prehled-arduino-desek/>.
33. **Wikipedie: Otevřená encyklopedie.** Krokový motor. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 9. květen 2021. [Citace: 7. květen 2022.] https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Krokov%C3%BD_motor&oldid=19810100.
34. **Autor neznámý.** Krokové motory. *Elektronická učebnice*. [Online] [Citace: 7. květen 2022.] <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/809>.
35. **Profirobot.** KROKOVÉ MOTORY. *Profirobot*. [Online] březen 2018. [Citace: 7. květen 2022.] <http://profirobot.cz/wp-content/uploads/2018/03/Krokov%C3%A9-motory.pdf>.
36. **Autor neznámý.** Power Supplies Work. *Autodesk*. [Online] [Citace: 8. květen 2022.] <https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/power-supplies-work/>.
37. **Wikipedia contributors.** Wikipedia, The Free Encyclopedia. *Power supply*. [Online] 26. duben 2022. [Citace: 8. květen 2022.] https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Power_supply&oldid=1084742929.
38. **Autor neznámý.** Understanding AC/DC Power Supplies. *Monolithic Power Systems*. [Online] [Citace: 8. květen 2022.] <https://www.monolithicpower.com/en/ac-dc-power-supply-basics>.
39. **HYMEL, SHAWN.** Alternating Current (AC) vs. Direct Current (DC). *SparkFun Electronics*. [Online] [Citace: 8. květen 2022.] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/alternating-current-ac-vs-direct-current-dc/alternating-current-ac>.
40. **Surtell, Tim.** The Rectifier. *Electronics in Meccano*. [Online] [Citace: 8. květen 2022.] <https://www.eleinmec.com/article.asp?18>.
41. **Wikipedia contributors.** Transformer. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online] 7. květen 2022. [Citace: 8. květen 2022.] <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Transformer&oldid=1086705931>.
42. **Dale Cigoy, Keithley Instruments.** Měření teploty: ale správným způsobem. *DPS Elektronika od A do Z*. [Online] duben 2012. [Citace: 8. květen 2022.] <https://www.dps-az.cz/mereni/id:7513/mereni-teploty-ale-spravnym-zpusobem>.

43. **Příspěvatelé Wikipedie.** Termočlánek. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 8. srpen 2021. [Citace: 8. květen 2022.] <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Termo%C4%8Dl%C3%A1nek&oldid=20348179>.
44. **Autor neznámý.** Co je TFT displej? *Alza*. [Online] [Citace: 8. květen 2022.] <https://www.alza.cz/slovník/tft-displej-art15338.htm>.
45. **Vacek.** LCD, LED, OLED, PLAZMA. *SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové*. [Online] [Citace: 9. květen 2022.] https://vyuka.hradebni.cz/file.php/56/LCD_LED_OLED_PLAZMA.pdf.
46. **Příspěvatelé Wikipedie.** Segmentový displej. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 31. květen 2021. [Citace: 8. květen 2022.] https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Segmentov%C3%BD_displej&oldid=19980880.
47. **Příspěvatelé Wikipedie.** Displej z tekutých krystalů. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 11. duben 2021. [Citace: 8. květen 2022.] https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Displej_z_tekut%C3%BDch_krystal%C5%AF&oldid=19701807.
48. **Karel Vaněk, Adam Bárta.** Nový typ barevného e-ink displeje je tady! Co všechno umí a jak tato technologie funguje? *TechFeed*. [Online] 4. květen 2022. [Citace: 9. květen 2022.] <https://techfeed.cz/clanek/novy-typ-barevneho-e-ink-displeje-je-tady-co-vsechno-umi-a-ngnoil>.
49. **Budař, Ing. Petr.** Relé. *Elektro web*. [Online] [Citace: 9. květen 2022.] <http://budar.jecool.net/wp-content/uploads/2017/11/rel%C3%A9.pdf>.
50. **Příspěvatelé Wikipedie.** Elektromagnetické relé. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 6. březen 2022. [Citace: 9. květen 2022.] https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Elektromagnetick%C3%A9_rel%C3%A9&oldid=21006410.
51. **Frajdl, Martin.** Elektromagnetické relé. *Blog laskarduino*. [Online] 9. září 2021. [Citace: 9. květen 2022.] <https://blog.laskarduino.cz/elektromagneticke-rele/>.

52. **Příspěvatelé Wikipedie.** DC-DC měnič. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 14. duben 2022. [Citace: 9. květen 2022.] https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=DC-DC_m%C4%9Bni%C4%8D&oldid=21161328.
53. **Autor neznámý.** Stepdown nastavitelný měnič s LM2596 DC-DC. *Drátek*. [Online] ECLIPSERA s.r.o. [Citace: 9. květen 2022.] <https://dratek.cz/arduino/1303-stepdown-nastavitelny-menic-s-lm2596-dc-dc.html>.
54. **Wikipedia contributors.** Arduino. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online] 21. duben 2022. [Citace: 9. květen 2022.] <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Arduino&oldid=1083908657>.
55. **Autor neznámý.** What is SOLIDWORKS? *Capitol Technology University*. [Online] 18. listopad 2019. [Citace: 9. květen 2022.] <https://www.captechu.edu/blog/solidworks-mechatronics-design-and-engineering-program>.
56. **Příspěvatelé Wikipedie.** SolidWorks. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 22. duben 2022. [Citace: 9. květen 2022.] <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=SolidWorks&oldid=21183286>.
57. **Příspěvatelé Wikipedie.** 3D tisk. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 21. duben 2022. [Citace: 9. květen 2022.] https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=3D_tisk&oldid=21180823.
58. **Autor neznámý.** DS18B20 Digitální vodotěsné čidlo teploty 1m. *Láskakit*. [Online] [Citace: 10. květen 2022.] <https://www.laskakit.cz/dallas-digitalni-vodotesne-cidlo-teploty-ds18b20-1m/>.
59. **LastMinuteEngineers.** Control 28BYJ-48 Stepper Motor with ULN2003 Driver & Arduino. *LastMinuteEngineers*. [Online] [Citace: 10. květen 2022.] <https://lastminuteengineers.com/28byj48-stepper-motor-arduino-tutorial/>.
60. **Autor neznámý.** LaskaKit Mega2560 rev3. *Láskakit*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://www.laskakit.cz/arduino-mega2560/#ratingTab>.
61. **Autor neznámý.** Krokový motor NEMA 17 17HS3401 0,28Nm. *Láskakit*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://www.laskakit.cz/krokovy-motor-nema-17-17hs3401-0-28nm/>.

62. **Autor neznámý.** Krokový motor 28BYJ-48 s řadičem. *Drátek*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://dratek.cz/arduino/832-eses-krokovy-motor-driver-pro-jednodeskovu-pocitace.html>.
63. **Autor neznámý.** Driver TB6600 (TB67S109AFTG) pro krokové motory 3A 47V. *Laskakit*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://www.laskakit.cz/driver-tb6600--tb67s109aftg--pro-krokovu-motory-3a-47v/>.
64. **Autor neznámý.** Ponorný vaříč nerezový Professor PO500. *Eva*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://www.eva.cz/zbozi/71592/ponorny-varic-nerezovy-professor-po500/>.
65. **Autor neznámý.** Zdroj 12V 5A 60W spínaný SANPU YS-60-12. *Drátek*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://dratek.cz/arduino/74698-zdroj-12v-5a-60w-spinany-sanpu-ys-60-12.html>.
66. **Autor neznámý.** Nextion orig. Enhanced NX3224K028 2.8" 320 x 240 TFT displej. *Laskakit*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://www.laskakit.cz/nextion-orig-enhanced-nx3224k028-2-8--320-x-240-tft-displej/>.
67. **Autor neznámý.** 5V 1-kanál relé modul. *Drátek*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://dratek.cz/arduino/886-arduino-rele-5v-1-kanal.html>.
68. **Autor neznámý.** Step-down měnič s LM2596. *Laskakit*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] <https://www.laskakit.cz/step-down-menic-s-lm2596/>.
69. **Autor neznámý.** Čajové sítko Oxalis. *Oxalis*. [Online] [Citace: 11. květen 2022.] https://oxalis.cz/cs/cajove-prislušenství/cajove-sitko-oxalis-8595218027274-4599.htm/?gclid=Cj0KCQjwmuiTBhDoARIsAPiv6L9hiYMWZhVeFv2vGnadmQ4MIIVqOG0N-_Q7qlsvyzqinVbu2Vjw0TsaAhlEALw_wcB.
70. **Autor neznámý.** LYONZG S-50-12 modulový napájecí 230V AC-DC zdroj 12V/4,1A 50W. *Laskakit*. [Online] [Citace: 13. květen 2022.] <https://www.laskakit.cz/lyonzg-s-50-12-modulovy-napajeci-230v-ac-dc-zdroj-12v-4-1a-50w/>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

kg	kilogram
př. n. l.	před naším letopočtem
n. l.	našeho letopočtu
A. W. Smith	Alfred William Smith
DNA	deoxyribonukleová kyselina
l	litr
min	minuta
g	gram
C. M. Walker	Charles Maynard Walker
W. H. Brenner Thornton	William Hermann Brenner Thornton
obr.	obrázek
LCD	displej z tekutých krystalů
max	maximum
min	minimum
mm	milimetr
ml	mililitr
CPU	centrální procesorová jednotka
MCU	mikrokontrolér, jednočipový počítač
ALU	aritmeticko-logická jednotka
Hz	hertz
GHz	gigahertz
ROM	read-only memory, permanentní paměť
RAM	random-access memory, paměť s libovolným přístupem
CISC	Complex Instruction Set Computing, označení pro architekturu procesorů s velkou kompletní instrukční sadou.

RISC	Reduced Instruction Set Computer, označení pro architekturu procesorů s omezenou instrukční sadou.
OS	operační systém
I/O	vstup/výstup
PC	počítač
USB	univerzální sériová sběrnice
DRAM	Dynamic Random Access Memory. Typ paměti RAM který ukládá každý bit dat na samostatný kondenzátor.
SoC	system on a chip = integrovaný obvod, který odstraňuje hranici mezi mikroprocesorem a mikropočítačem
bajt, byte	jednotka kapacity počítačových pamětí a objemu počítačových dat. Označuje 8 bitů.
KiB	kibibajt, je to 2^{10} bajtů, jednotka kapacity pamětí.
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory, semipermanentní typ paměti typu ROM-RAM, jejíž obsah je mazatelný ultrafialovým zářením
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory – Elektricky Vymazatelná Paměť pouze pro čtení
RC	R = resistor, odpor a C = capacitor, kondenzátor
PLL	phase-locked loop – fázově uzavřená smyčka
SAW	surface Acoustic Wave – akustická povrchová vlna
MEMS	Microelectromechanical system – Mikroelektromechanický systém
A/D	analogový/digitální
D/A	digitální/analogový
PWM	Pulse Width Modulation – pulzně šířková modulace
LCD	Liquid Crystal Display – Displej z tekutých krystalů

LED	Light-Emitting Diode – elektroluminiscenční dioda
OLED	Organic Light-Emitting Diode – organická světelná dioda
CRT	cathode ray tube – katodová trubice se stínítkem
AC	střídavý proud
DC	stejnoseměrný proud
CJC	Cold Junction Compensation – kompenzace studených míst
NTC	negative temperature coefficient – negistor
PTC	positive temperature coefficient – pozistor
TFT	Thin-Film Transistors – tenkovrstvé tranzistory
STN	Supertwist nematic, druh displeje
RGB	red green blue – barevný model – červená-zelená-modrá
SSR	Solid-State-Relay – Solid state relé
IDE	Integrated Development Environment – vývojové prostředí
CAD	computer-aided design – počítačem podporované projektování
3D	trojdimenzionální, trojrozměrný
STL	Stereolitografie, formát souboru s obsahem 3D geometrie
OBJ	formát souboru s obsahem 3D geometrie
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter – sériový port
ISCP	In-Circuit Serial Programming – způsob programování mikro-kontrolérů
cca	cirka
VDD	napájecí napětí
GND	Uzemnění
N-cm	Newton-centimetr – jednotka momentu síly

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: ukázka černého sypaného čaje [3]	13
Obrázek 2: ukázka zeleného sypaného čaje [3]	13
Obrázek 3: ukázka sypaného čaje typu oolong [3]	14
Obrázek 4: ukázka bílého sypaného čaje [3].....	14
Obrázek 5: ukázka žlutého sypaného čaje [3].....	15
Obrázek 6: ukázka tmavého čaje [3]	15
Obrázek 7: První teasmade <i>Early Riser's Friend</i> od <i>C. M. Walker</i> [8]	16
Obrázek 8: Komerční model teasmade z roku 1932 od <i>W. H. Brenner Thornton</i> [7]	17
Obrázek 9: Ukázka novodobého teasmade výrobku od současné firmy <i>Swan</i>	18
Obrázek 10: Čajovar <i>SAGE BTM800</i> [14].....	19
Obrázek 11: Popis čajovaru <i>SAGE BTM800</i> [14].....	20
Obrázek 12: Automat na čaj <i>Klarstein Tealicious</i> [15].....	21
Obrázek 13: Popis jednotlivých částí čajovaru <i>Klarstein Tealicious</i> [15].....	22
Obrázek 14: Prodejní automat na sypaný čaj <i>Minifresh 5300 Leaf Tea Brew</i> [16] ..	24
Obrázek 15: <i>Minifresh 5300 Leaf Tea Brew</i> – pohled na vnitřek automatu [17]	24
Obrázek 16: Schéma práce automatu <i>Minifresh 5300 Leaf Tea Brew</i> [17]	25
Obrázek 17: Klávesnice modelu <i>Minifresh 5300 Leaf Tea Brew</i> [17]	25
Obrázek 18: První mikroprocesor firmy Intel – <i>Intel 4004</i> z roku 1971.....	27
Obrázek 19: Schéma Von Neumannovy architektury [24]	28
Obrázek 20: Schéma Harvardské architektury počítače [23].....	29
Obrázek 21: Ukázka mikrokontroléru <i>Arduino Uno Rev3</i>	30
Obrázek 22: Ukázka mikropočítače – <i>Raspberry Pi 4 Model B – 8 GB RAM</i>	31
Obrázek 23: Srovnání čipů mikropočítače (vlevo) a mikrokontroléru (vpravo) [21]	31
Obrázek 24: Ukázka různých krystalových oscilátorů.....	33
Obrázek 25: <i>Arduino Uno Rev3</i> – ukázka rozložení pinů.....	34
Obrázek 26: Složení krokového motoru [34].....	36
Obrázek 27: Schéma motoru s proměnnou reluktancí [35].....	37
Obrázek 28: Schéma motoru s rotorem tvořeným permanentním magnetem [35] ...	37
Obrázek 29: Schéma hybridního motoru [35].....	38
Obrázek 30: Průběh napětí a proudu v cívice při použití PWM [34].....	40

Obrázek 31: Princip řízení krokového motoru s magnetizací jedné fáze [35]	40
Obrázek 32: Princip řízení krokového motoru s magnetizací dvou fází [35]	41
Obrázek 33: Princip řízení krokového motoru v režimu „půl kroku“ [35]	41
Obrázek 34: Sinusový průběh střídavého proudu [39].....	43
Obrázek 35: Ukázka změny sinusového průběhu za pomoci usměrňovače na kladný průběh [40]	43
Obrázek 36: Nákres oddělenosti dvou vinutí cívky v transformátoru [41].....	44
Obrázek 37: Aplikace filtru k odstranění extrémních „prohlubní“ [36]	44
Obrázek 38: Ukázka AC-DC modulového zdroje: <i>LYONZG S-50-12</i> , s výstupem 12 V a výkonem 50 W => výstupní proud 4,1 A [70]	46
Obrázek 39: Ukázka schématu termočlánu typu K [43]	47
Obrázek 40: Ukázka LED sedmissegmentového displeje – čtyřmístný, společná katoda	50
Obrázek 41: Vrstvy <i>LCD TFT</i> displeje [44].....	51
Obrázek 42: Princip jednoho pixelu OLED displeje. [45]	52
Obrázek 43: Popis „vnitřností“ elektromagnetického relé [49]	54
Obrázek 44: Ukázka step-down měniče s 92 % účinností přeměny [53].....	55
Obrázek 45: Ethernet rozšiřovacího modulu (shield) - <i>Arduino Ethernet Shield 2</i> ..	57
Obrázek 46: Ukázka náhledu do prostředí <i>Arduino IDE 1.8.19</i>	58
Obrázek 47: 3D tiskárna <i>Original Prusa MINI+</i> od české firmy <i>Prusa Research</i> ...	60
Obrázek 48: <i>Arduino Mega2560 rev3</i> – klon [60]	63
Obrázek 49: Složení teplotního čidla – <i>DS18B20 Digitální vodotěsné čidlo teploty</i> [58]	63
Obrázek 50: <i>DS18B20 Digitální vodotěsné čidlo teploty</i> [58].....	64
Obrázek 51: Krokový motor <i>NEMA 17 17HS3401</i> [61].....	64
Obrázek 52: Výpočet převodového poměru krokového motoru <i>28BYJ-48</i> [59]	65
Obrázek 53: Řadič krokového motoru <i>Driver TB6600 (TB67S109AFTG)</i> [63]	66
Obrázek 54: Krokový motor <i>28BYJ-48</i> spolu s jeho řadičem <i>ULN2003</i> [62]	66
Obrázek 55: Ponorný nerezový vaříč <i>Professor PO500</i> [64]	67
Obrázek 56: AC-DC zdroj 12 V, 60 W – <i>SANPU YS-60-12</i> [65].....	68
Obrázek 57: Displej <i>Nextion orig. Enhanced NX3224K028</i> , 2.8" 320 x 240 [66] ...	68
Obrázek 58: 1-kanálový relé modul [67]	69
Obrázek 59: Step-down měnič – <i>Stepdown nastavitelný měnič s LM2596</i> [68].....	69

Obrázek 60: Čajové nerezové sítko <i>Oxalis</i> [69].....	70
Obrázek 61: Základna pro plně automatický čajovar, pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	72
Obrázek 62: Otočná plotna, pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	73
Obrázek 63: Prodlužovací rameno, pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	73
Obrázek 64: Horní plošina (hlava), pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	74
Obrázek 65: Ozubené kolo pro otočnou plotnu, pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	74
Obrázek 66: Ozubená násada na <i>Nemu 17</i> , pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	75
Obrázek 67: Ozubený 20 cm hřeben, pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	75
Obrázek 68: Ozubená násada na <i>28byj-48</i> , pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	75
Obrázek 69: Celková konstrukce čajovaru, pohled z prostředí <i>SolidWorks</i>	76
Obrázek 70: Konstrukce čajovaru vytištěná na 3D tiskárně	77
Obrázek 71: Schéma zapojení elektrického obvodu čajovaru	78
Obrázek 72: Pohled na „reálně“ zapojený elektrický obvod.....	79
Obrázek 73: Pohled na „reálně“ zapojený elektrický obvod – již umístěn ve své konstrukci	79
Obrázek 74: Vývojový diagram programu čajovaru.....	80
Obrázek 75: Stránka č.1 displeje <i>Nextion</i> – pohled z prostředí <i>Nextion Editor</i>	81
Obrázek 76: Stránka č.2 displeje <i>Nextion</i> – pohled z prostředí <i>Nextion Editor</i>	82
Obrázek 77: Stránka č.3 displeje <i>Nextion</i> – pohled z prostředí <i>Nextion Editor</i>	83
Obrázek 78: Stránka č.4 displeje <i>Nextion</i> – pohled z prostředí <i>Nextion Editor</i>	83
Obrázek 79: Stránka č.5 displeje <i>Nextion</i> – pohled z prostředí <i>Nextion Editor</i>	84

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Roční spotřeba čaje jednotlivých zemí na člověka od největší po nejmenší spotřebu z roku 2016 [13]	11
Tabulka 2: doporučené doby louhování, teploty a množství vody jednotlivých druhů čajů [5] [6]	15
Tabulka 3: Srovnání základních vlastností Arduino desek [32]	35
Tabulka 4: Přehled nejběžnějších typů termoelektrických článků [43]	48

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI: CD

PŘÍLOHA P I: CD

Přílohou bakalářské práce je přiložené CD, které obsahuje:

- 1) Zpracovanou bakalářskou práci ve formátu PDF/A
- 2) Zadání bakalářské práce
- 3) Schéma zapojení ve formátu PDF
- 4) Vývojový diagram
- 5) Program pro desku Arduino
- 6) Program displeje Nextion
- 7) 3D model sestavy plně automatického zařízení pro přípravu sypaného čaje – vytvořené v prostředí SolidWorks