

Západočeská univerzita v Plzni  
Fakulta aplikovaných věd  
Katedra informatiky a výpočetní techniky

**Bakalářská práce**

**Robotický barman**

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš ZIKMUND**  
Osobní číslo: **A17B0477P**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Výpočetní technika**  
Téma práce: **Robotický barman**  
Zadávající katedra: **Katedra informatiky a výpočetní techniky**

### Zásady pro vypracování

1. Prozkoumejte možnosti realizace automatického zařízení pro přípravu míchaných nápojů a navrhnete technické řešení.
2. Implementujte SW pro řízení takového zařízení.
3. Ověřte funkci. Vyhodnoťte dosažené výsledky z hlediska řízení (přesnost, rychlost).

Rozsah bakalářské práce: **doporuč. 30 s. původního textu**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Dodá vedoucí bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Mainzer, Ph.D.**  
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Datum zadání bakalářské práce: **5. října 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **6. května 2021**

L.S.

---

**Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová**  
děkanka

---

**Doc. Ing. Přemysl Brada, MSc., Ph.D.**  
vedoucí katedry

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 24. 6. 2021 Tomáš Zikmund,

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Tomášovi Mainzerovi, Ph.D za odborné vedení, věcné připomínky a pomoc při zpracovávání této bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská kvalifikační práce s názvem Robotický barman pojednává o tvorbě robotického zařízení. Cílem jeho funkčnosti je připravovat a vydávat míchané alkoholické nápoje.

V počátku práce bylo nutné prozkoumat širokou problematiku možnosti realizace takového zařízení a na základě analýzy dosažených výsledků navrhnout fyzicky uskutečnitelné technické řešení. Následuje implementace programového vybavení, které je určeno k řízení a také k ovládní takového zařízení skrze uživatelské rozhraní. Prostor je také věnován procesu sestavení robota, jeho odlaďování a testování správné funkcionality. V závěru se věnujeme dosaženým výsledkům a eventuálním vylepšením, kterými bychom mohli zařízení nadále optimalizovat či rozšiřovat.

## **Abstract**

This bachelor's thesis, entitled Robotic bartender, deals with a creation of a robotic device which aim is to reliably simulate the behavior of a real bartender for the purpose of an automated preparation of mixed drinks. At the beginning it was necessary to explore a wide range of implementation issues of such device and based on the analysis of the results we had to design a physically feasible technical solution. Then follows the creation of a software that is designed to be able to manage and also operate the designated device through an user interface. Parts of the thesis are dedicated to the process of assembling the robot, its debugging and testing the correct functionality. In the conclusion, the achieved results and possible improvements are discussed. Appropriate improvements could optimize or even extend the scope of the device furthermore.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod do projektu</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Možnosti řešení projektu</b>	<b>9</b>
2.1	Návrh provedení asistenta . . . . .	10
2.1.1	Posuvný lineární návrh . . . . .	10
2.1.2	Rotační lineární návrh . . . . .	13
2.1.3	Stacionární, nehybný návrh . . . . .	14
2.1.4	Návrhy chlazení nápojových složek . . . . .	15
2.2	Možnosti čerpání a dávkování . . . . .	17
2.2.1	Nálevky a dávkovací výlevky . . . . .	18
2.2.2	Čerpadla . . . . .	20
2.2.3	Stlačený vzduch . . . . .	21
2.3	Řízení asistenta . . . . .	24
2.3.1	Arduino UNO . . . . .	25
2.3.2	Raspberry Pi (Zero) . . . . .	26
2.3.3	ESP32 . . . . .	29
2.4	Ovládací a komunikační rozhraní . . . . .	31
2.4.1	Sériová linka . . . . .	31
2.4.2	Dotykový displej . . . . .	32
2.4.3	Mobilní aplikace (Bluetooth, NFC) . . . . .	32
2.4.4	Hlasová interakce . . . . .	33
2.4.5	Webový server . . . . .	33
2.5	Indikace stavu zařízení . . . . .	33
2.5.1	LED dioda . . . . .	34
2.5.2	LCD Displej . . . . .	35
2.5.3	RGB LED pásek . . . . .	36
<b>3</b>	<b>Vyhotovení a zprovoznění projektu</b>	<b>38</b>
3.1	Výběr optimálních součástek . . . . .	38
3.1.1	Návrh fyzického provedení . . . . .	38
3.1.2	Zvolení systému čerpání a dávkování . . . . .	39
3.1.3	Výběr způsobu řízení asistenta . . . . .	40
3.1.4	Zvolení druhu indikace stavu . . . . .	41
3.1.5	Výběr ovládacího a komunikačního rozhraní . . . . .	41
3.2	Popis výsledné konstrukce . . . . .	42
3.2.1	Hrubý schématický náčrt zařízení . . . . .	43
3.2.2	Popis schématu . . . . .	43
3.3	Realizační a softwarové detaily . . . . .	44
3.3.1	Realizační detaily . . . . .	44

3.3.2	Detaily SW/HW implementace - požadované funkce . . .	45
3.4	Sestavování/montáž robotického zařízení . . . . .	48
3.4.1	Instalační deska s elektronickými součástkami . . . . .	49
3.4.2	Interiér auto-lednice . . . . .	50
3.4.3	Instalační deska s posuvným výdejním pultem . . . . .	52
3.5	Návrh a implementace SW . . . . .	59
3.5.1	Zprovoznění váhového modulu . . . . .	59
3.5.2	Regulace a polohování krokových motorů . . . . .	61
3.5.3	Zprovoznění a konfigurace web-serveru na Raspberry . . . . .	64
3.5.4	Webové uživatelské rozhraní a databáze nápojů . . . . .	66
3.5.5	Čerpání kapaliny . . . . .	73
3.5.6	Indikace LED páskem a displejem . . . . .	75
3.5.7	Řídící kód . . . . .	77
3.6	Testování rychlosti čerpání a přesnosti dávkování . . . . .	79
3.6.1	Testování - fyzikální model . . . . .	80
3.6.2	Testování - experimentální měření . . . . .	83
3.7	Rozbor výsledků a možná vylepšení . . . . .	92
3.8	Ověřování výsledků - srovnání s dostupnými řešeními . . . . .	96
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>100</b>
<b>5</b>	<b>Abecední seznam používaných zkratk a výrazů</b>	<b>102</b>



# 1 Úvod do projektu

Cílem zadání bakalářské práce *Robotický barman* bude vytvořit skutečného robotického asistenta určeného k přípravě míchaných nápojů, který ponese pracovní název **Alcobot**. Samotné tvorbě bude předcházet prostudování veškerých možností realizace automatického zařízení. Míchaný nápoj, známý též jakožto koktejl, vzniká smícháním několika různých nápojových surovin. Koktejly lze rozdělit dle způsobu podávání na jednoznačně studené, nebo horké. Zařízení se bude specializovat výhradně na studené. Nejčastěji základ tvoří lihovina (např.: rum, whisky, vodka), ke které se přidává určité množství nealkoholických složek (např.: perlivá voda, džus, tonic) - množství a druhy složek jsou pro každý koktejl odlišné. Používané suroviny budou udržovány v chladu pomocí chladicího elementu (lednice), složky se zpracují dříve, než se stihnou zkazit. Dále bude součástí projektu také výběr a návrh technického řešení, které by mělo dané automatické zařízení adekvátně reprezentovat a splňovat základní požadavky (viz úvod sekce: *Možnosti řešení projektu*). Na základně analýzy proveditelných řešení pak již bude možné zhotovit hardwarový návrh robota. Po stránce programového vybavení bude kladen důraz především na implementaci interního softwaru pro řízení funkce barmana a také na vhodné rozhraní pro komunikaci s obsluhovanými uživateli. Spojením těchto dvou nezbytných částí (*hardwarové a softwarové*) pak získám plně funkční celek, jehož funkcionalitu otestuji. Zaměřím se nejdříve na technické provedení, včetně rozšiřovacích možností a úprav. Následně se budu věnovat nejpodstatnějším atributům zařízení z pohledu řízení, a to rychlosti a přesnosti. Dosažené výsledky následně vyhodnotím a detailně shrnu. Rozbor bude zahájen zkoumáním, jak by takové zařízení barového asistenta mohlo vypadat. Dále také bude nutné vyhodnotit způsob regulace zařízení a efektivní variantu ovládání zákazníkem. V rámci již vybraného designu pak bude klíčové navrhnout a vybrat systém čerpání a dávkování kapalin do nádoby. Zákazník by měl být informován o aktuálním stavu zařízení, budou muset být uplatněny i indikační prvky (zvukové, vizuální). Jednotlivým možnostem řešení aspektů robota, jejich analýze, popisu a zhodnocení se budu detailně věnovat v následujících kapitolách.

## 2 Možnosti řešení projektu

Zaměřím se především na podrobný popis prostředků a existujících řešení vhodných pro vyhotovení zařízení v domácích podmínkách. Popis bude doplněn i o klíčové výhody a nevýhody daných prostředků. Podrobně se tedy seznámíme s dostupnými řešeními. Pomůže nám primárně zdroj: [Robotic Bartenders], z něhož budou přežaty informace, které se v této kapitole a příslušných podkapitolách objeví.

Při následném výběru jednotlivých částí zařízení musí být brána v potaz celá řada klíčových požadavků, s jejichž vlivy bychom měli být důkladně obeznámeni a jednotlivé součásti by jim měly většinou vyhovovat.

K takovýmto nezbytnostem se řadí například:

- Přesné a rychlé dávkování nápojů
- Zajištění dlouhodobé funkcionality
- Přijatelná obtížnost realizovatelnosti (možnost sériové výroby)
- Chlazení nápojových složek
- Nízká finanční a energetická náročnost (spotřeba)
- Obsluha ze širokého spektra platforem (není limitována různými OS)
- Dostatečná praktičnost provedení a přenositelnost
- Přehledná softwarová implementace řídicí jednotky a ovládacího rozhraní

**Seznam 1:** Výčet nejdůležitějších aspektů zařízení, které by součástky měly splňovat.

Výše uvedené a další parametry budu důkladně prověřovat a zhodnocovat jejich dopad u dostupných řešení. Znalosti vlastností řešení, jejich dopady a případné limitace na celkové provedení asistenta jsou pro vývoj zcela zásadní. V podkapitolách budu podrobně zkoumat především možnosti realizace klíčových prvků, jakožto:

1. Provedení - design, vzhled, funkcionality a chlazení
2. Dávkování - systém čerpání a dávkování nápojů
3. Řízení - *HW* a *SW* řídicí jednotky
4. Ovládání - komunikační rozhraní mezi robotem a zákazníkem
5. Indikace - poskytování informace o aktuálním stavu zařízení

**Seznam 2:** Přehled důležitých prvků zařízení představující robotického barmana.

## 2.1 Návrh provedení asistenta

Následuje popis dostupných nekomerčních možností provedení. Je to především z toho důvodu, aby bylo možné projekt vyhotovit i v domácích podmínkách bez nutnosti odborné spolupráce s velkovýrobcem. Design by měl v co nejširší míře splňovat aspekty uvedené ve výčtu nezbytností (viz Seznam 1) a také, aby bylo v rámci nich možné uplatnit prvky ze Seznamu 2 (body 2. až 5.). Robot může využívat buďto jen jeden z konkrétních návrhů, případně i lze použít i kombinaci více konceptů.

Rozlišujeme tři základní ideové koncepty, které lze realizovat i mimo profesionální prostředí:

1. Posuvný lineární návrh - pohyb po osách XYZ
2. Rotační lineární návrh - pohyb po rotující ose
3. Stacionární, nehybný návrh - rozvod soustavy trubic

**Seznam 3:** Možnosti provedení robota.

### 2.1.1 Posuvný lineární návrh

Typ návrhu posuvného robota využívá pohybu v jedné či ve více osách. Obecně by se takové zařízení skládalo z držáku s vertikálně orientovanými složkami nápojů dnem vzhůru a na nich umístěných výlevků, dále ze základny s motory, po které by se posouvala pohyblivá část zařízení (například deska s nádobou) a dávkovacího zařízení. Detailně je koncept rozebrán na stránce [instructables.com](https://www.instructables.com) [DIY Machines] a další ukázky nalezneme na obrázcích 1, 2 a 6, které pocházejí z referovaných projektů.



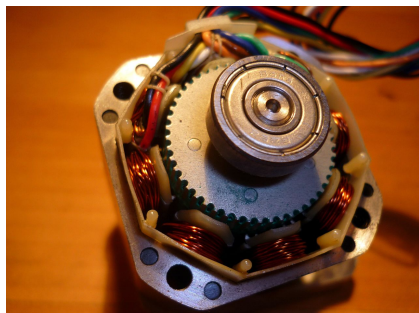
**Obrázek 1:** První ukázka lineárního posuvného konceptu - projekt: [SirMixABot].



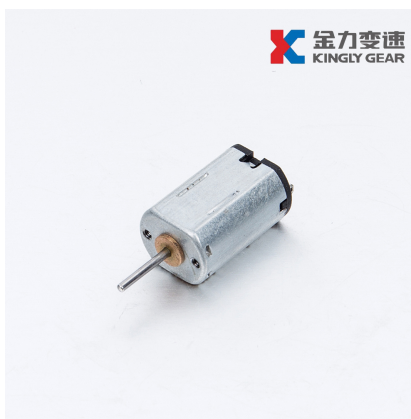
**Obrázek 2:** Druhá ukázka lineárního posuvného konceptu - projekt: [The Inebriator].

Jednou z možností je, že by se posouvala desková platforma nesoucí nápojovou nádobu. Nejpodstatnější je z hlediska funkčnosti pohyb po vodorovné ose, zajišťující správný výběr složky. Pohyby ve směru zbývajících os by závisely především na stylech dávkování. (viz podsekcce 2.2).

Dostatečně přesný posuvný pohyb desky lze zařídit využitím buďto krokových, tak i klasických motorů.



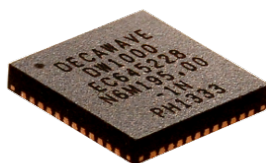
**Obrázek 3:** Ukázkový krokovací motor - Wikipedia([3]).



**Obrázek 4:** Ukázka nízkonapěťového motoru od firmy Kingly Gear Co.,Ltd([4]).

Krokové motory (obrázek 3) se vyznačují přesným a rychlým pohybem, avšak jejich značnou nevýhodou je nutnost kalibrace (ztráta *nuly*) a dále také povinnost zajistit určení přesné polohy, z čehož plyne náročnější polohování a tím i SW implementace. Provozují se za vyššího napětí (12 - 24 V), což se teoreticky může projevit vyšší spotřebou.

Alternativu pak představují motory klasické (viz obrázek 4). Ty se oproti krokovým vyznačují nižším napětím, spotřebou a jednodušším zasazením do návrhu. Kalibrace by zde však nebyla řešena čistě SW, ale užitím lokalizačních zařízení, jako jsou třeba *air-fit* čipy (obrázek 5), které by byly umístěny na láhvích s nápoji, byla by pak zajištěna širší univerzalita použití lahví.



**Obrázek 5:** Znárodnění integrovaného lokačního čipu ScenSor DW1000([5]) a ([6]).

Také by však bylo naprosto nutné pořídit čtečku takovýchto čipů a příslušné magnety. Navíc bychom opět byli limitováni použitelnými možnostmi dávkování a rostoucími pořizovacími náklady.

Rovněž je možné uplatnit variantu s pohybující se tryskou namísto nádoby (viz obrázek 6). Na základnu pak můžeme umístit i více sklenic a připravit tak větší množství nápojů bez nutnosti odebírání každého připraveného nápoje.

Složky by se přiváděly například pomocí čerpadla do víceportové trysky, která by tak obsáhla více složek najednou. Dochází zde však stále k posuvnému pohybu.



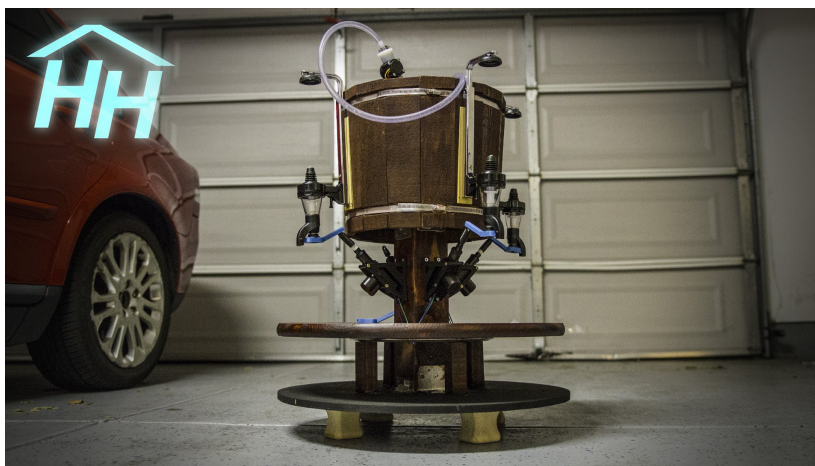
**Obrázek 6:** Třetí ukázka lineárního posuvného konceptu - projekt: [The RumBot].

Lineární posuvné modely jsou součástkově poměrně dostupné a konstrukčně jednoznačné. Lze u nich uplatnit širokou škálu dostupných variant dávkování - od působení tlaku na výlevky, přes zabudování čerpadel, až po uplatnění vzduchového kompresoru, avšak jejich největší problém spočívá v nízké rychlosti přípravy a tím pádem i výdeji koktejlu. Počet složek na držáku by však byl značně omezen z praktických důvodů - čím více by bylo vedle sebe na držáku umístěno složek, tím delší by byla trasa pohybu a tím by vzrostl i čas přípravy. Namíchání nápoje by pak zabralo řádově i desítky sekund kvůli posuvu desky pod jednotlivými složkami. S posuvem také souvisí potřeba neustálého polohování a nutnost využití motorů, což se značně promítne na implementaci SW, eventuálně na spotřebu. Navíc nelze nijak zajistit plošné chlazení složek (nelze umístit do lednice a není zde ani potrubí).

### 2.1.2 Rotační lineární návrh

Rotační návrh vychází z posuvného návrhu, avšak je doplněn o rotační osu.

Na rotující kotoučovou desku by bylo možné umístit nádoby pro chystané nápoje. Deska může rotovat pod válcovým držákem, na jehož plášti budou umístěny přísady v lahvích. Pohyb by se opět řešil za pomoci motorů. Polohování pak za využití senzorů a spínačů umístěných na spodní hraně rotující desky. Názorná ukázka pak je uvedena na obrázku 7 a doprovodné referenci.



Obrázek 7: Rotační koncept robota z projektu: [Automated Bartender].

Výhodou tohoto provedení je možnost dávkovat více nápojů naráz a tělo robota je znatelně kompaktnější.

Bohužel varianta rotačního provedení neeliminuje problém s pomalou přípravou nápoje, ani potřebné polohování a detekci polohy. Rovněž bychom byli omezeni i množstvím láhví s přísadami vzhledem k obvodu válcovitého držáku. Vzhledem k umístění lahví se objevuje identická komplikace s realizací chlazení, tak jako u posuvného konceptu.

### 2.1.3 Stacionární, nehybný návrh

Varianta nepohyblivého provedení se liší tím, že nosná platforma je stacionární, čili nepohyblivá. Ukázka je pak uvedena na obrázku 8.



Obrázek 8: Ukázka stacionárního robota [BarMixVah].

Tělo zařízení tak nemusí obsahovat žádné přebytečné pohyblivé části, nutné používat motory, ani čipy. U nádob s ingrediencemi pak také není nutné řešit, v jaké poloze se budou nacházet, jelikož v případě fixního provedení není možné uplatnit tlakové dávkovací výlevky. Láhve tedy můžeme skladovat prakticky v libovolném stylu, avšak tak, aby čerpání z nich nezabralo příliš dlouhou dobu. Načerpaná složka nápoje pak bude svedena vlastní trubicí do společného ústí, pod kterým bude umístěna sklenice. Limitujeme se na použití peristaltických čerpadel, případně na vzduchový kompresor, či pumpu. Míchání nápoje pak bude závislé čistě na rychlosti dávkovacího systému a následné distribuci směrem z něj. Je však nutné si uvědomit, že počtu láhví musí odpovídat i počet jednotlivých čerpadel. S rostoucím počtem by pak rostly i rozměry zařízení, jelikož čerpadla bude nutné zabudovat do konstrukce.

V případě kompresoru pak stačí použít pouze jeden a pomocí trubkových solenoidů programově provádět řízení tak, aby bylo možné kapalinu vytlačovat ze všech nám dostupných lahví.

Lahve by měly být co nejsnáze odjímatelné a rovněž by nemělo být náročné do nich umístit čerpací trubici. Z dlouhodobého hlediska je zapotřebí průběžně čerpadla, trubice i společné ústí čistit proplachováním.

Stacionární model lze oproti alternativám považovat za realizačně snazší z pohledu konstrukce. Jsme sice limitováni počtem použitelných dávkovacích systémů, avšak výdej nápoje je značně urychlen, jelikož není nutné sklenici neustále posouvat. Je také možné použít větší počet lahví. Ochlazování by pak vycházelo buďto z umístění lahví do přenosné lednice, anebo se nabízí umístit část systému trubic do tepelného výměníku. Zde by však docházelo k prodlevám z důvodu delšího vedení.

Dávkovat v daný okamžik lze více než jeden nápoj, avšak za předpokladu, že příslušné vývodové trubky se nacházejí blízko sebe. Výdej by probíhal rychleji vzhledem k eliminaci pohyblivých částí. Z hlediska SW implementace nebude potřeba řešit určování polohy, pouze nastavení čerpadel, případně kompresoru.

Na druhou stranu klesne úroveň vzhledu zařízení z pohledu uživatele a také bude ztížena detekce chyb.

#### 2.1.4 Návrhy chlazení nápojových složek

Na výběr máme ze dvou uskutečnitelných variant řešení - použití přenosné auto-lednice, anebo tepelného výměníku.

Přenosná lednice, respektive termoelektrický box, je na obrázku 9. Nejprve by bylo nutné zohlednit, kolik různých lahví může pojmut a jeho rozměry. Následně by bylo potřeba provést úpravy, aby vyjma lahví ubytoval i sady přívodních a odvodných trubic, aniž by došlo k narušení izolace a utěsnění. Termoelektrické boxy dokážou ochladit svůj obsah o 10 až 20 stupňů Celsia v závislosti na okolní teplotě. Výhodou přenosných chladniček je, že nebude potřeba vést kapalinu delším potrubím, nedojde tak k pomalejšímu výdeji. Pořizovací náklady se odvíjí dle kapacity a účinnosti chlazení (jednotky tisíců Kč). Značnou nevýhodou je pak vysoká energetická spotřeba, nepraktické rozměry, hluk motoru a nutnost utěsnění víka.

Chladničky obvykle vyjma klasické 230 V přípojky disponují i 12 V adaptérem, umožňující napájení ze společného zdroje robota.

Alternativu pak představuje použití tepelného výměníku a podél něj následně vést část trubicového systému za účelem odvodu tepla.

K samotnému přebírání tepla by se využil termoelektrický princip, na kterém pracují Peltierovy články (obr. 10). Elektrická energie je zde přímo

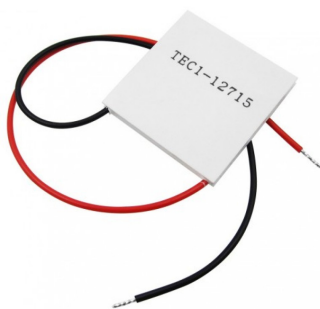


přeměňována na chlad a k tomu dochází mezi dvojicemi kovů, nebo polovodičů při průchodu stejnosměrného proudu. Účinnost těchto zařízení je však velice nízká (5 až 10 %), navíc by bylo nutné použít větší množství článků, přiléhající k potrubí.

Výdej nápoje by tak trval i o desítky sekund déle. Články však stačí bez dalších modifikací zapojit přímo do obvodu. Vyjma toho se jedná o spolehlivé a trvanlivé řešení (bez pohyblivých částí), zajišťující tichý provoz a regulaci výkonu. Pořizovací náklady jsou oproti chladničce nižší - v řádech stovek korun, spotřeba je obdobná.



**Obrázek 9:** Ukázka termoelektrického chladícího boxu - C&W 45 l, výrobce: G21 ([10]) a ([11]).



**Obrázek 10:** Ukázka termoelektrického Peltierova článku o rozměrech, výrobce: Hebei ([12]) a ([13]).

## 2.2 Možnosti čerpání a dávkování

Příprava nápoje představuje hlavní aspekt celého zařízení. Mým cílem bude vybrat a použít koncept, který bude dostatečně rychlý, aby výdej jednotlivých složek nápoje netrval příliš dlouho, ale také byl přesný. Právě zajištění konzistentního vydávaného množství, bude pro správnou funkčnost naprosto klíčové.

Je potřeba zajistit způsob, jak provést přesné odměření objemu, respektive váhy nápoje, aby nedošlo k jeho znečištění, znehodnocení a především k ohrožení zdraví zákazníka, následovalo by odčerpání naměřeného množství, případně by se tekutina nejprve odčerpala a následně dávkovala. Čerpání by bylo možné realizovat jak mechanicky stlačováním čepu (u výlevky), tak i řízeně za použití programovatelných zařízení (čerpadla, kompresory). Cílem bude zajistit přesný výdej složek až na jednotky *ml* tak, aby byla zajištěna konzistentnost koktejlů. Rychlost výlevek se bude odvíjet dle toho, jak rychle bude robot schopen opakovat výdejní cyklus (což může trvat i dlouhé desítky vteřin). Speciální varianta s volným průtokem je obvykle konfigurována tak, aby zajistila průtok  $30\text{ml/s}$  (viz [Nálevky]). Obdobné množství za jednotku času stihne vydat i typický zástupce vzduchových vakuových čerpadel. Například čerpadlo s motorem 528 (viz [Vzduchová pumpa]) dle prodejce disponuje vzduchovým průtokem až  $75\text{ml/s}$ . Výdej zde však není podmíněn stlačováním čepu a čerpá se vzduch. Dávkování by se pak provedlo zavedením odměrek s pevným objemem, vah, případně by se objemu dosáhlo vytlačováním kapaliny po určitou dobu. Jiné varianty pak mohou využít svých specifík (například vnitřní kapacita čerpadla). Lihoviny mohou být dávkovány ve standardních objemech  $50\text{ml}$  (tzv. velký panák) a  $20\text{ml}$  (tzv. malý panák) - při použití odměrek. U programového řešení lze dávkovat libovolně zvolený objem. Množství tvrdého alkoholu se bude odvíjet dle typu nápoje. Stále se však bude jednat o desítky *ml*, respektive jednotky *cl*. Zatímco ředící média (nealkoholické složky) se mohou dávkovat i ve větším množství (až několik *cl*) - opět dle povahy koktejlu. U čistě mechanických záležitostí budeme limitování návrhem zařízení (např. nevariabilní výlevky), tak i nižší rychlostí výdeje, zatímco u programovatelných zařízení je nutné si uvědomit, že s jejich použitím se zvýší i míra softwarové implementace, tak i nutnost řízení a případná poruchovost. Nepatrně pak vzroste i celková spotřeba. Složky mohou být distribuovány do nádoby buďto přímo z lahve a nebo za využití sítě trubic. Mechanismus se nesmí v krátkých časových intervalech znečišťovat, jinak by jeho praktičnost značně klesla. V případě zanesení by měl být jednoduchý systém pro čištění.

Složitost dávkovacího systému se bude odvíjet nejen dle zvoleného mechanismu (viz Seznam 4), ale také na počtu láhví se složkami. Platí, že čím více bude nápojových složek, tím i výlevek, trubic, čerpadel a tak dále. Realizována bude základní sada lahví v počtu deset a více s možností počty rozšiřovat. Záleží na druhu nápoje. Docílíme tím kompromisu, že budeme schopni namíchat základní typy drinků v přijatelné rychlosti a zachování praktických rozměrů zařízení.

Hlavní způsoby čerpání a dávkování:

1. Použití tíhové síly a dávkovacích výlevek, či optik
2. Použití soustavy řízených čerpadel a trubic
3. Použití stlačeného vzduchu (vytlačení kapaliny z láhve vzduchem) a zabudované váhy

**Seznam 4:** Možnosti dávkování tekutin z láhví či jiných obalů.

### 2.2.1 Nálevky a dávkovací výlevky

Výlevky (optiky), jsou drobná mechanická zařízení sloužící jako odměrky nápojů. V současné době se k nejběžnějším variantám řadí náprstkové odměrky, neodkapávající optiky, respektive dávkovací výlevky. Ve všech případech by docházelo k vydávání nápojových složek přímo do nádoby bez nutnosti trubicového vedení.

První varianta uplatňuje drobnou nádobu připomínající panák, na němž jsou vyleptány odměřovací linky a nebo jsou rovnou upraveny tak, aby nalití až po okraj nádoby představovalo daný objem (nejčastěji se jedná o varianty v provedení 25, 35, 50 a 70ml). Tyto nálevky jsou populární v domácím prostředí, jelikož umožňují rychle a přesně nalévat z několika různých lahví, aniž by byla riskována křížová kontaminace. Tento způsob výdeje je plošně dostupný, avšak bylo by jej obtížné robotizovat.



**Obrázek 11:** Příklady odměrných nálevek v různých objemových provedeních (25, 35 a 50 ml) ([14]).

Dávkovací výlevky jsou dostupné ve dvou provedeních, se zabudovanou odměrkou a ve zjednodušené variantě bez ní - *free-flow*. Výlevka je pevně namontována na láhev, jež je obrácena hrdlem směrem dolů. Při působení tlaku na spodní část optiky dojde k uvolnění západky a začne do zabudované měřky odtékat nadefinovaný objem obsahu láhve (u *free-flow* bude volně protékat). Po následném uvolnění se vnitřní západka zaklapne, čímž dojde k oddělení odměrky od lahve (či uzavření odtoku u *free-flow*) a následně se odměřený objem nápoje uvolní do nádoby pod ní. Mechanismus se zabudovanou měrkou zajišťuje, že pokaždé bude vydán správný objem nápoje, stačí k tomu působení tíhové síly kapaliny v nádobě. Musíme však výlevku pořídit pro každou láhev, z nichž bychom chtěli dávkovat. Výlevky jsou ale cenově dostupné a kompatibilní s prakticky libovolnou láhví o standardních objemech 700ml a 1l.



**Obrázek 12:** Ukázky tlakových dávkovacích výlevek se zabudovanou odměrkou (25, 30 a 45 ml) ([15]).

Princip dávkování je relativně jednoduchý - působením tlaku na spodní část výlevky uvolníme západku a vlivem tíhy dojde k čerpání kapaliny. Výhodou také je, že není potřeba žádné externí napájení ani nutnost programového řízení. Na druhou stranu je tento způsob dávkování dosti pomalý. Opomenout nelze nutnost polohování pohyblivého zařízení se sklenicí. Vyžadovány by tak byly motory. Problém konfigurace s výlevkami představují i možnosti chlazení - lahve nelze vložit do lednice.

### 2.2.2 Čerpadla

Čerpadla slouží k čerpání kapalin ve stylu pumpy. Jsou to mechanické stroje, dodávající kinetickou, potenciální, nebo tlakovou energii tekutině, která skrz ně protéká. Poháněny bývají obvykle motorem. Při výběru druhu čerpadla je důležité se zaměřit na konstantní průtok kapaliny a aby možné přesně určit vydaný objem. K těmto účelům je vhodné peristaltické čerpadlo.

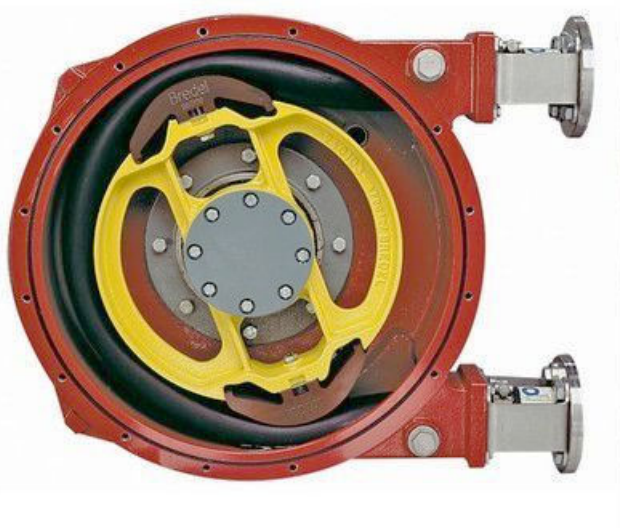
Pracuje na principu paměti materiálu, ze kterého je vyrobena ohebná trubice čerpadla, která je střídavě stlačována a uvolňována. Během pomalého otáčení rotoru dochází k postupné deformaci hadice, přičemž se uzavře přesný objem kapaliny v trubici (vnitřní kapacita čerpadla), který je poté před lopatkou (bývají obvykle dvě až šest lopatek) vytlačován z hadice po směru rotace lopatky a za lopatkou tak vzniká podtlak, který má za následek opětovné nasátí čerpané kapaliny [1].

Vzdálenost jednotlivých lopatek čerpadla bude určovat pevné množství nápoje, který bude vydán. Za jeden cyklus dojde k výdeji nejméně dvou objemů (v závislosti na počtu lopatek).

Princip zařízení je přímočarý, trvanlivý a v případě defektu lze čerpadlo snadno vyměnit za jiné. Systém čerpání v sobě zahrnuje i relativně přesnou metodu dávkování kapaliny. Dávkování je velice rychlé, precizní a je možné jej programově řídit. Je-li navíc zajištěno, že potrubí a vnitřek čerpadla jsou zdravotně nezávadné, je tím zajištěna i bezpečnost zákazníka. Pořizovací náklady jednotlivých čerpadel se pohybují v řádech stovek korun, bude jich potřeba větší počet (pro každou složku vlastní) a zapojovány budou do jednotného pole - dle počtu lahví. Obvykle jsou také provozována na vyšších napětích (až 12V), což se může projevit na spotřebě.

Peristaltická čerpadla představují konzistentní mechanismus, který lze využít pro rychlé čerpání a přesné dávkování, bez nutnosti využívat další zařízení pro měření objemu/váhy. Funkcionalitu lze programově řídit. Nevýhodou jsou pak pořizovací náklady odvíjející se od počtu potřebných jednotek. Navíc je potřeba čerpadla průběžně čistit. Ukázku čerpadla a jeho

podstatných částí je zobrazena níže na obrázku 13.



Obrázek 13: Příklad peristaltického čerpadla a jeho interních částí ([16]).

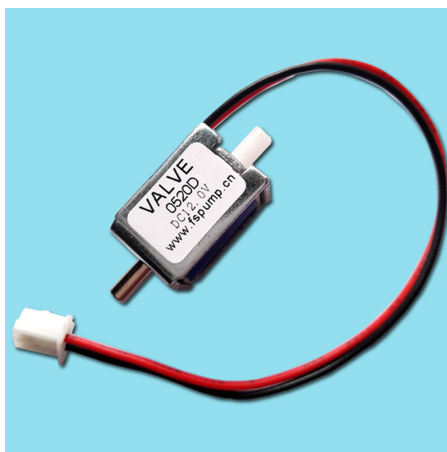
### 2.2.3 Stlačený vzduch

Koncept s natlakováním vzduchu na rozdíl od ostatních variant nevyužívá mechanické vlastnosti konstrukce systému, nýbrž vlastností fyzikálních. Kompresory a případně vakuové vzduchové pumpy poháněné elektromotory (obrázek 14) obsahují pohyblivé části (lopatky, píst, membrány apod.), které řídí proudění vzduchu. Když je vzduch rozproudu, vytvoří se oblast nízkého tlaku, která je následně zaplněna větším množstvím vzduchu. Vakuové pumpy v porovnání s kompresory vyvíjí nižší, avšak dostačující tlak (stovky  $kPa$ ). Dochází zde k přeměně elektrické energie na energii potenciální, kterou je vzduch tlačěn do nádrže, čímž je vytvářen přetlak. Vzduch je pak výstupním otvorem vyváděn vysokou rychlostí [2]. Stlačený vzduch je skrze přívodní trubici veden do lahve s nápojem, odkud je následně působením tlakové síly vytlačována kapalina a odvodnou trubicí čerpacího systému vedena do připravené nádoby. Vzhledem k většímu množství lahví s nápojovými složkami použijeme rozdělovač s větším počtem vývodů, abychom pro každou složku nemuseli používat samostatnou pumpu. Kompresor se liší tím, že při dosažení požadované hodnoty tlaku dojde k automatickému vypnutí, bez nutnosti neustálého běhu. Regulaci proudění vzduchu do požadovaných lahví (každá má svou dvojici potrubí) zařídíme pomocí elektricky řízených solenoidových trubeček, které jsou ve výchozím stavu neprodyšně uzavřené, viz obrázek 15. Po přivedení napětí se vnitřní západka trubky uvolní a začne skrze ní jednosměrně

proudit vzduch a tím pádem dojde k čerpání kapaliny. Abychom mohli k jednotlivým trubkám přivádět napětí zvlášť, použijeme sadu relátek, které nám přepínání umožní.



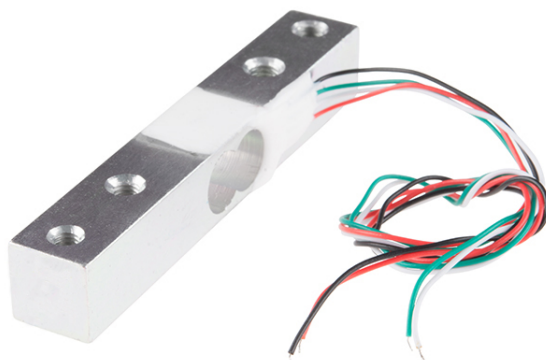
**Obrázek 14:** Vzduchová pumpa S520D1-AP, výrobce: SIM PUMP TECHNOLOGY CO., LTD ([17]).



**Obrázek 15:** Elektricky řízená solenoidová trubka, ve výchozím stavu uzavřená, výrobce: fspump ([18]).

Problematické však zůstává dávkování složek. Během vytlačování kapaliny je zajištěn výdej, avšak není nijak měřeno její množství. Proto bude nutné využít externí zařízení, které zabudujeme přímo do platformy s nádobou - váhový modul (tenzometrický siloměr, viz obr. 16). Funguje na principu snímání silového působení tlaku a jeho následného převodu na elektrický signál, jež lze změřit a standardizovat. Jak se síla působící na siloměr zvyšuje, elektrický signál se proporcionálně mění. Regulace by byla řešena tak, že při dosažení určité hmotnosti plněné nádoby řídicí jednotka

odejme solenoidové trubce napětí. Váhový modul bude muset komunikovat s řídicím *SBC* a navíc bude nutné stanovit v jaký časový okamžik čerpání ukončit. Je nutné brát v potaz, že i po zablokování trubky bude určité množství složky vydáno. Takto by byla zajištěna konzistentnost výdeje.



**Obrázek 16:** Váhový modul siloměru fungující na tenzometrickém principu se jmenovitou zátěží rovné 1 Kg, model: YZC-131 ([19]) a ([20]).

Rychlost výdeje bude závislá na výkonu pumpy - tedy množství proudícího vzduchu za jednotku času a také pod jakým tlakem bude vzduch dávkován.

Výhodou konceptu s dostatečně silným vzduchovým čerpadlem je možnost nezávisle čerpat i z více lahví a tím ušetřit čas věnovaný přípravě nápoje. Pohon je řešen pouze jedním zařízením, které lze v případě defektu snadno vyměnit.

Nevýhodou je pak v této konfiguraci větší množství elektronických součástí (pumpa, solenoidové trubky, relátka) a nutnost jejich řízení a napájení. Bude tedy nutné použít a nakalibrovat externí zařízení. Výdejní rychlost však nebude ničím omežována.



## 2.3 Řízení asistenta

Jednotka pro řízení robotického zařízení musí být prostorově nenáročná, programovatelná (tzv. je možné pro ni vyvíjet kód, který lze následně nahrát a testovat), dále je také důležitá možnost ji rozšířit o další *HW*, zejména *I/O* moduly.

Veškeré zde uvedené požadavky splňuje množina jednodeskových počítačů (též: *SBC*). *SBC* jsou k našemu účelu řízení robota naprosto ideální a bylo by vhodné je použít. Jedná se o malé výpočetní jednotky s jednou deskou plošných spojů. Podporují široké spektrum zařízení a pro použití v projektech typu *Internet of Things* jsou zcela vhodné. Po naprogramování jsou tyto počítače samostatné a hodí se tak na řízení různých systémů (kamerový, multimediální, zde robotický atd.). Ty nejnámější budou uvedeny v Seznamu 6.

Jednotky mohou disponovat i odlehčenou distribucí operačního systému Linux, případně softwarem pro zpracování obrazu. Z hardwarové perspektivy se pak jako hlavní procesor obvykle používají RISC nebo ARM procesory. Novější přístroje mají až několik *GB* RAM, rovněž tak i paměti flash (úložiště), v případě, že počítač nedisponuje integrovanou flash pamětí, je možné použít SD kartu k uložení operačního systému. Dále mohou být přítomny USB porty, grafický výstup, a další vstupně výstupní zařízení. Na některých deskách najdeme i přípojku RJ-45 pro připojení k síti. Ke vzdálenému ovládní jednodeskového počítače lze použít i služby jako VNC nebo SSH, které umožňují právě vzdálený přístup po síti. Jednodeskové počítače mívají i Wi-Fi a Bluetooth moduly pro bezdrátové připojení, což je velmi žádoucí.

K takovýmto *SBC* se řadí například:

1. Arduino UNO
2. Raspberry Pi
3. Vývojová deska ESP32

**Seznam 5:** Možnosti zařízení typu *SBC* sloužící k řízení robotického zařízení.

### 2.3.1 Arduino UNO

Arduino UNO představuje mikrokontrolérovou vývojovou desku založenou na jednočipovém mikrořadiči ATmega328. Disponuje 32 *KB* flash pamětí, dále 2 *KB* SRAM a také 1 *KB* EEPROM.

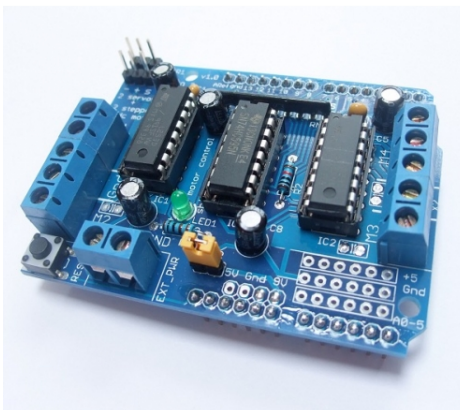
Deska obsahuje 14 digitálních I/O pinů (z nichž 6 může být použito na výstupy PWM), dále 6 analogových vstupů, 16 *MHz* krystal, připojení prostřednictvím USB typu B, napájecí konektor, rozhraní ICSP a také resetovací tlačítko a váží 25 *g*.

Napájení by se realizovalo buďto 9 *V* adaptérem, případně prostřednictvím USB. Deska obsahuje napěťový regulátor, zajišťující úpravu vstupního napětí na úroveň 5 *V*. V projektu by byla použita třetí revize výrobku. Vyjma základní desky by byla potřeba také rozšiřující motorová deska (viz obr. 18), do které by byly případně připájeny jednotlivé motory, spínače a součásti čerpacího (kompresor, či peristaltická čerpadla) a indikačního (LED diody, či pásky) systému. Rozšiřující deska je s Arduinem plně kompatibilní a lze ji na něj přímo nasadit. Dále by bylo nutné pořídit i kompatibilní Wifi modul, pro zajištění bezdrátového internetového vstupního rozhraní a tím přístup klienta k zařízení. Ve výchozím stavu je totiž deska neobsahuje a nebylo by tak možné zajistit univerzální plošnou komunikaci.

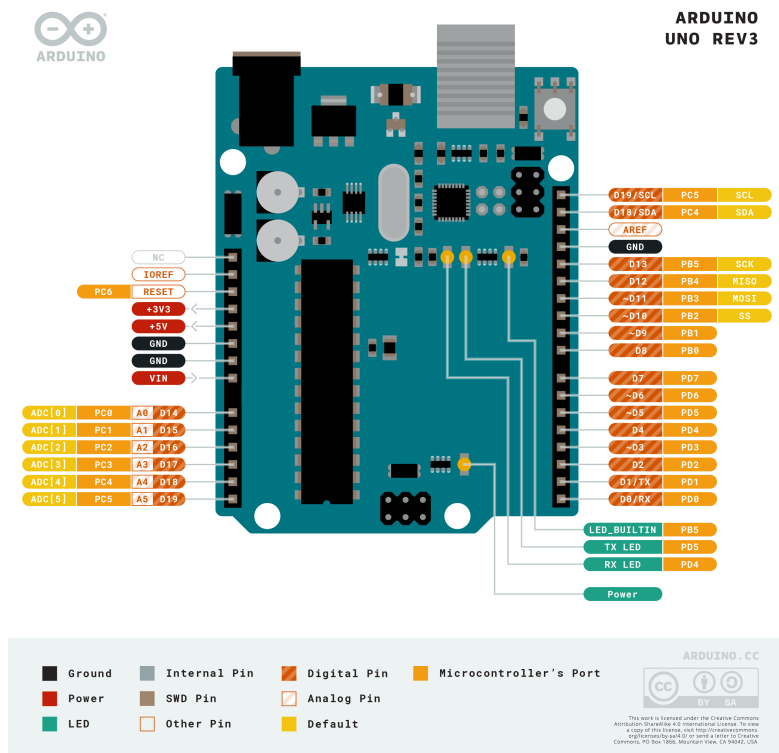
Níže na obrázku 17 je zachycena deska samotná a na obrázku 19 je pak uvedeno rozložení jednotlivých pinů na desce. V popiscích jsou pak uvedeny i odpovídající reference s odkazy.



**Obrázek 17:** Znárodnění desky Arduino UNO Revision 3 ([22]) a ([23]).



**Obrázek 18:** Dodatková rozšiřující deska L293D pro obsluhu motorů, spínačů a dalších periférií na Arduinu ([24]) a ([25]).



Obrázek 19: Schéma rozložení jednotlivých pinů na desce UNO ([22]).

### 2.3.2 Raspberry Pi (Zero)

Jedná se o jednodeskový počítač s deskou plošných spojů o velikosti odpovídající kreditní kartě.

Ačkoliv svými rozměry připomíná spíše mikrokontrolérovou desku, je i tak srovnatelný se plnohodnotnými osobními počítači. Je možné k němu připojit jak periferie, tak i displej. V době psaní dokumentu byl nejaktuálnějším model B ve 4. generaci. Rozebírán bude vzhledem k svým miniaturním rozměrům ( $65\text{ mm} \times 30\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ ) a plnohodnotné výbavě model Zero v provedení WH - obrázek 20). Na rozdíl od Arduina je možné Pi použít nejen k ovládání různých zařízení, ale i k samotnému vývoji aplikací. Deska váží  $9\text{g}$ .

Primárním operačním systémem je Raspbian (distribuce Debianu), ale lze použít i jiné distribuce Linuxu, RISC OS a další. V případě Raspbianu se jedná o Armovou distribuci Debian a Arch.

Základ jednotky Zero generace WH tvoří 32-bitový mikroprocesor z rodiny ARMv6Z - ARM1176JZF-S s jedním jádrem a taktu  $1.0\text{ GHz}$ , dále paměť RAM o velikosti  $512\text{ MB}$ . K dispozici je také jeden Micro-USB port (přímo

z BCM2835 čipu). Mimo jiné na rozdíl od jiných desek obsahuje zabudovaný modul Bluetooth ve standardu 4.1 a zároveň podporu Wi-fi ve standardu *IEEE 802.11n* v režimu *2.4 GHz*.

Jako úložiště lze použít MicroSDHC kartu (skrže slot). K připojení k zobrazovacímu zařízení lze použít jeden mini-HDMI výstup. Pro připojení dalších rozšiřujících periférií lze použít jedno 15-pinové rozhraní MIPI, sběrnici *I<sup>2</sup>C*, tak i celkem 26 vstupně-výstupních pinů pro obecné použití (*GPIO*), které jsou v generaci WH již ve výchozím stavu osazeny. Napájení je řešeno skrže Micro-USB konektor, případně pomocí sériového kabelu s napájecím konektorem, či prostřednictvím volitelného GPIO. Vyžadováno je standardní napětí o hodnotě *5V* s proudem *1.2A*. Přičemž jmenovitý výkon zařízení se pohybuje kolem *160 mA*, což odpovídá hodnotě *0.8 W*. Spotřeba zařízení je nízká.

Výkon zařízení se nedá srovnávat s aktuální čtyř-jádrovou generací 4 modelu B, avšak pro naše účely řízení je varianta Zero dostačující, navíc disponuje plnohodnotnou podporou většiny periférií, je energeticky i rozměrově nenáročná, cenově dostupná (v listopadu 2020 cena se orientuje kolem 20 USD). Navíc umožňuje provozování a snazší návrh webového komunikačního rozhraní.

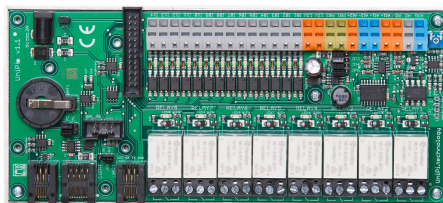


**Obrázek 20:** Jednodeskový počítač Raspberry Pi Zero, model WH ([26]).

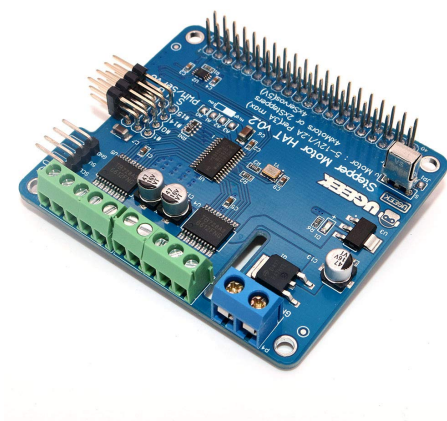
K Raspberry je možnost dokoupit spoustu oficiálního i neoficiálního příslušenství nebo rozšiřujících desek - tzv. *HATů*. Jsou dostupné i desky k řízení, ovládání a kalibraci motorů, například **UniPi Board** - (obr. 21). Jedná se o desku s variací vstupů a výstupů, umožňují ovládání připojených zařízení. Do desky by byly případně napojeny jednotlivé motory, spínače a

součástí čerpacího a indikačního systému. Rozšiřující deska je s Raspberry Pi Zero plně kompatibilní. Takovéto desky se však vyznačují vyššími pořizovacími náklady (řádově stovky USD).

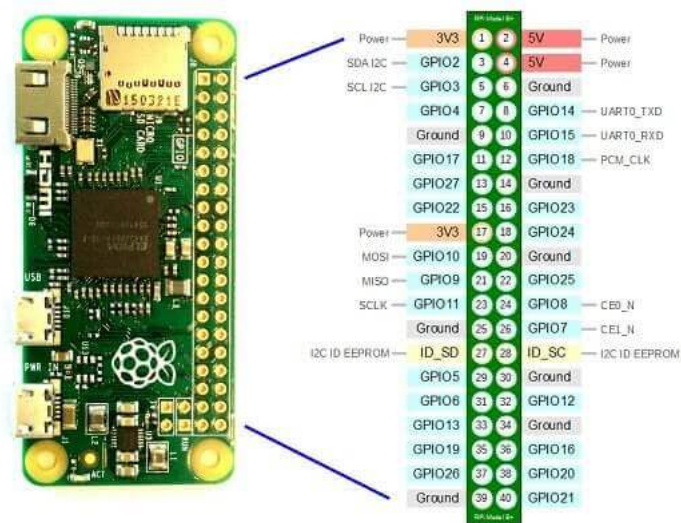
Alternativu pak představují rozšiřující desky s možností připojení více jednotlivých krokových, tak i běžných motorů zároveň. Takovéto desky je obvykle možné na sebe skládat (přes GPIO) k rozšíření řídicích rozhraní. Pro komunikaci se využije zabudovaná  $I^2C$  sběrnice. Není potřeba externí napájení samotné desky a pro motory na desce pak stačí připojit jen jeden. U desky Motor HAT V2.0 je pak možné připojit a řídit až čtyři servomotory, nebo dva krokové motory, anebo čtyři motory s převody. Jejich pracovní napětí může činit až 12 V. Deska je zachycena na obrázku 22.



**Obrázek 21:** Rozšiřující modul UniPi Board od společnosti UniPi.technology ([27]).



**Obrázek 22:** Rozšiřující deska pro regulaci motorů - Motor HAT V2.0 ([29]) a ([30]).



Obrázek 23: Schéma rozložení jednotlivých pinů na desce Pi Zero WH ([64]).

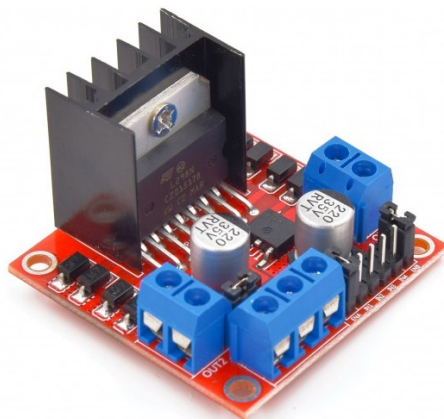
### 2.3.3 ESP32

ESP32 je řada čipových mikrokontrolérů. Tato vývojová deska je známá svou nízkou spotřebou, pořizovacími náklady a kompaktními rozměry. Mají integrovaný Wifi modul splňující standard *IEEE 802.11n* a podporuje hardwarově akcelerované šifrování (AES/SHA2 atd.). Další konektivitu zajišťuje Bluetooth modul ve dvojitým provozním režimu (Low Energy). Nalezneme ji na obrázku 24.

Využíván je mikroprocesor Tensilica Xtensa LX6 ve jak jedno-jádrovém, tak i ve dvou-jádrovém provedení o taktu  $160\text{ MHz}$ , případně  $240\text{ MHz}$  a obsahuje vestavěné anténní přepínače, RF balun (symetrizační člen), výkonový zesilovač, nízkošumový přijímací zesilovač, filtry a moduly pro správu napájení (požadováno je  $3.3\text{ V}$ ).

Má dostatečný výkon, aby na něm mohl běžet i robustnější systém, jako je Micropython. ESP32 byl vytvořen a vyvinut společností Espressif Systems. Programování desky lze provádět i ve vývojovém prostředí Arduino IDE.





**Obrázek 26:** Ovladač motoru L298N pro připojení stejnosměrných motorů ([33]).

## 2.4 Ovládací a komunikační rozhraní

Pro aktivní provádění výdeje nápojů jednotlivým uživatelům, bude nutné navrhnout a naimplementovat rozhraní, prostřednictvím kterého bude možné s robotem komunikovat.

Rozhraní umožní zasílání požadavků řídicí jednotce. Mělo by být co nejvíce univerzální, a to z toho důvodu, aby bylo možné pokrýt mnoho odlišných platforem zařízení bez zásadní závislosti na operačním systému používaném uživateli. Zadávání příkazů by rovněž mělo být uživatelsky přívětivé a intuitivní, komunikace musí být stabilní a předávání a následné zpracování požadavků musí být rychlé, aby nedocházelo ke zbytečným prodlevám a tím prodloužením výdejního procesu.

1. Skrze řídicí PC - po sériové lince
2. Dotykový RGB displej
3. Prostřednictvím mobilní aplikace - využití technologie Bluetooth/NFC
4. Hlasové ovládání - hlasový modul/asistent
5. Webový server

**Seznam 6:** Možnosti zařízení řídicích robota.

### 2.4.1 Sériová linka

Byl by použit přímo řídicí počítač, na kterém probíhal vývoj řídicí jednotky. Komunikace by probíhala za přímého využití sériové linky -



například prostřednictvím USB kabelu, či jiného propojovacího média. Předávání požadavků by záviselo nejen na řídicí jednotce, ale také na připojeném počítači.

Značnou výhodou tohoto řešení je, že není potřeba navrhovat a vytvářet žádná grafická rozhraní a přenos informací a pokynů by byl šel přímo do *SBC*. Avšak tato varianta se hodí maximálně na odlaďování. Jedná se o krajně nepraktickou možnost, jelikož závisí na zadávání dat ve specifickém formátu. Dále zde figuruje i nutnost připojení a používání konkrétního zdrojového počítače.

### 2.4.2 Dotykový displej

Použití by bylo vhodné především variantu dotykového RGB LCD displeje. Displej by byl umístěn přímo u robota, kde by si uživatel skrze grafické rozhraní nápoj vybral a následně zadal. Jedná se o uživatelsky přívětivou a intuitivní variantu, kterou lze snadno pochopit a ovládat a není nutné žádné další zařízení. Nevýhodou se pak může jevit cenová náročnost, nutnost implementace *GUI* a propojení se *SBC*. Zároveň není u všech modelů zajištěna kompatibilita. Přijímat požadavky by bylo možné pouze od jednoho uživatele v daném okamžiku. Displej by bylo potřeba průběžně čistit.

### 2.4.3 Mobilní aplikace (Bluetooth, NFC)

Komunikovali bychom skrze nainstalovanou aplikaci na mobilních zařízeních. Aplikace by využívala bezdrátovou technologii (např. Bluetooth) k propojení s ekvivalentním modulem na robotu bez nutnosti přímého drátového propojení, či přidání dalšího periferního zařízení. Aplikace by byla vybavena tlačítkovým vstupem, usnadňující zadávání požadavků. Varianta je uživatelsky dostupná, intuitivní, není zapotřebí přímý fyzický kontakt se zařízením a navíc je energeticky nenáročná. Problém spočívá v nutnosti instalovat aplikaci na každém zařízení, se kterým by se uživatel připojoval. Navíc by zde byla patrná závislost na daném operačním systému, aplikaci by tak bylo třeba vyvinout pro různé OS pro zajištění distribuce a minimalizace nekompatibility. Princip ovládání přes Bluetooth a doprovodnou aplikaci používá pro svou činnost již několikrát uvedený počín [DIY Machines]. Je zde také adekvátně rozebráno napojení bezdrátového modulu na Arduino (2.3.1) a implementace aplikace.

#### 2.4.4 Hlasová interakce

Ovládání hlasem by se realizovalo za použití hlasového modulu připojeného k *SBC*, či pomocí osobního (SIRI) a domácího (ALEXA, GOOGLE) asistenta. Jedná se o praktickou variantu, avšak uživatel by musel být předem obeznámen s nabízenými možnostmi nápojů, aby bylo možné výběr vůbec provést. Pak by se jednalo o uživatelsky nejméně náročnou variantu ovládání. Funkčnost robota by nezávisela čistě na řídicí jednotce, nýbrž i na daném asistentovi a internetovém připojení.

#### 2.4.5 Webový server

Implementovali bychom webový server s grafickým rozhraním komunikující sítově s řídicí jednotkou skrze bezdrátový protokol. Na server by se bylo možné připojit z libovolného zařízení v místní síti a následně zadat požadavek (výběr konkrétního nápoje), který by byl předán. Ovládání by pak bylo pro uživatele snadné a přehledné, složité by se mohlo jevit jen získávání adresy serveru a proces připojení se, jelikož není možné odstranit výpadky sítě. Také musí být k dispozici stálé internetové připojení.

### 2.5 Indikace stavu zařízení

Indikace stavu zařízení robota je velice důležitá, nejen kvůli detekci nečinnosti, tak i v jakém stavu výdeje se zařízení nachází. Avšak také je nezbytná z důvodu odladování chyb a kalibrace. Lze volit jak akustická, tak i vizuální zařízení poskytující odezvu.

Primitivní zvukové zařízení jako je například *bzučák*, lze uplatnit například k informování uživatele, že je jeho nápoj hotov. Zvukové oznámení však může působit nejednoznačně a předem neinformovaný uživatel nemusí ihned vydedukovat, v jaké fázi přípravy se robot nachází.

Namísto akustického upozornění použijeme diody v kombinaci s displejem.

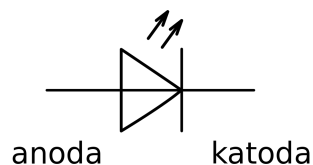
Nejlogičtějšími možnostmi, které lze v rámci tohoto projektu použít, jsou LED diody, případně také RGB pásy a LCD displej. Všechna řešení si probereme v následujících odstavcích (v podsekcích 2.5.1, 2.5.2 a 2.5.3). LED diody se vyznačují jak nízkými pořizovacími náklady, tak vysokou trvanlivostí a univerzálností použití a zasazení - lze je napojit na prakticky libovolný *SBC* a následně nastavit. Minimálně budou zapotřebí čtyři klíčové stavy - IDLE (nic se neděje, zařízení čeká na příkazy, případně bylo zapnuto), DISPATCH (dochází k výdeji nápoje), FINISH (výdej byl dokončen) a také by neměl chybět stav ERROR (nastala neidentifikovatelná

chyba zařízení). Případně dle povahy chování doplnit stav informující uživatele o úspěšném bootu zařízení, případně i stavy vyzývající uživatele k nějaké akci.

LCD Displej musí být kompatibilní s *SBC* a zobrazit na jedné řádce co nejvíce znaků, které bude možno dobře přečíst.

### 2.5.1 LED dioda

Dioda typu LED je zachycena na obrázku 27. Na rozdíl od klasické žárovky dosahuje vysoké účinnosti, svítivosti, je mechanicky odolná, levná na výrobu, a proto je čím dál více využívána (kontrolky, displeje, osvětlení a podobně). Jejich výhodou je také nízké provozní napětí (v řádech jednotek *V*).



**Obrázek 27:** Schématická značka diody emitující záření ([34]).

Pro nás se jeví ideální využití blikající vícebarevné LED diody obsahující tři emitory různých barev (modrá, zelená a červená), tím je umožněno zobrazit libovolnou barvu spektra.

V ukázce (obrázek 28) je zachycena LEDka, která v sobě obsahuje sadu tří různých diod. Zde zobrazený příklad má celkem čtyři vývody - tři pro připojení jednotlivých barev na pin *SBC* a jeden slouží jakožto uzemnění.

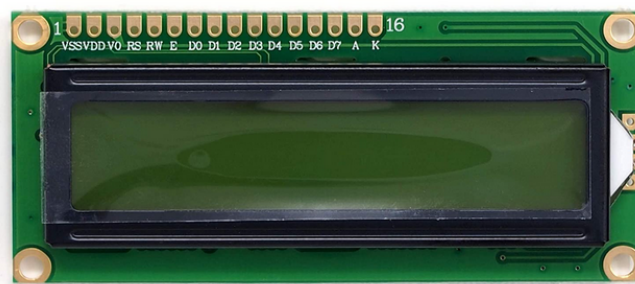


**Obrázek 28:** RGB LED dioda se čtyřmi vývody - tři pro barvy a jeden pro zem od firmy: Kitronik Ltd ([35]).

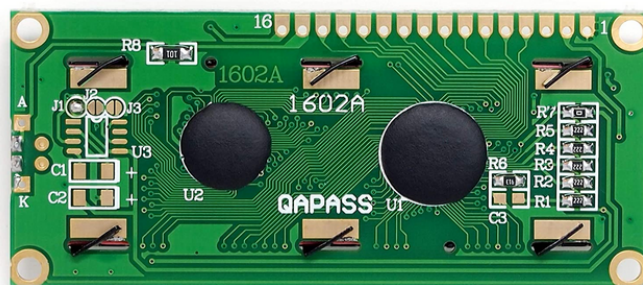
LED diodu je možné uplatnit pro své výhody (svítivost, trvanlivost, nízká spotřeba a pořizovací náklady - desítky korun, zobrazení různých barev, možnost blikání, rychlá odezva, jednoduchá instalace, apod.), ale je nutné brát v potaz i negativa: vliv teploty na životnost, potřeba správného zapojení (polarita proudu), úzký paprsek vyzařování a možná zdravotní rizika u modrých a bílých LED diod (informace převzaty z referovaného zdroje [LED]).

## 2.5.2 LCD Displej

Ukázka LCD displeje je zachycena níže na obrázku 29 a 30. Pro náš projekt je optimální použít LCD displej, který bude schopen zobrazit alespoň dvě a více řádek znaků. Ideálně by se mělo jednat o vysoko-kontrastní modul se širokými pozorovacími úhly a také by měl být z praktických důvodů relativně kompaktní a spotřebovávat minimální množství energie.



**Obrázek 29:** Modul LCD displeje 16x2 - přední strana, výrobce: AZ-Delivery ([56])



**Obrázek 30:** Modul LCD displeje 16x2 - zadní strana, výrobce: AZ-Delivery ([56])

Jednalo by se o displej z tekutých krystalů uspořádaných do bodových matic k zobrazení písmen, čísel a znaků. Označení modelu například 20x4,

či 2004 znamená, že displej zobrazí až dvacet znaků na čtyřech řádcích. Tyto displeje se vyznačují paralelními porty umožňující řízení více pinů zároveň. Rozdělujeme je dle způsobu zapojení na osmiportové a čtyřportové. Z těchto důvodů by byl použit například displej právě o proporcích 20x4 a rozměrech: š. 98 x v. 60 x h. 12 mm od společnosti GM Electronic (obrázek 31). Jedná se o uživatelský alfanumerický modul, schopný zobrazit až 20 ASCII znaků v zelené barvě na žlutém podsvíceném pozadí a to na všech čtyřech dostupných řádcích. Tato kontrastní a cenově nenáročná jednotka navíc obsahuje integrovaný obvod Hitachi HD44780 ([57]) a převodník z I<sup>2</sup>C sběrnice s čipem PCF8574 ([58]), které zajišťují plnohodnotnou kompatibilitu s SBC při použití pouze čtyř drátů. Provozní napětí je pak rovno 5 V.



**Obrázek 31:** LCD displej 20x4 se sběrnici I<sup>2</sup>C, žlutozelený, výrobce: GM Electronic ([59])

### 2.5.3 RGB LED pásek

RGB pásy představují alternativní volbu k jednotlivým LED diodám. Liší se především tím, že se jedná o elastické plošné spoje, které nejsou osazeny jednotlivými diodami, nýbrž LED čipy s odpory. Vyznačují se šířkami v rozmezí 8 až mm a segmenty s jednotlivými čipy pak mohou nabývat délek od 2,5 do 25 cm. Je nutné uvést, že segmenty jsou zapojeny sériově, avšak každý segment je osazen komponenty, které jsou zapojeny paralelně v závislosti na napětí LED pásku. Napětí je zde v porovnání s LED diodami vyšší - pohybuje se od 5 do 240 V. Nejčastější jsou pásy s provozním napětím 12 až 24 V.

Pro uplatnění v projektu se hodí pásy o maximálním pracovním napětí 12 V. Takovéto pásy obvykle obsahují tři LED čipy. Je to z důvodu, že pracovní napětí jednoho čipu se pohybuje kolem 3 V. Pro snížení napětí jsou uplatněny SMD odpory. Napájení je řešeno stejnosměrným proudem, proto je maximální délka pásu omezena na jednotky metrů. Pro zajištění rovnoměrné svítivosti by pak bylo potřeba napájení z více než jednoho bodu.

Pro dostatečnou indikaci vystačí menší množství čipů - pásy je možné stříhat na drobnější celky a ty následně použít. Ilustrativní 12 V pásy jsou zachyceny na obrázku 32.



**Obrázek 32:** Voděodolný 12V RGB pásek osazený LED čipy 3528 od firmy NEONICA Polska Sp ([36]).

Pásy jsou flexibilní, svítivé, v případě poškození, či defektu je lze snadno vyměnit (pouze se nalepí), některé kusy navíc mohou splňovat určitý stupeň krytí (např. IP68) a stávají se tak odolné vůči prachu, či vodě. Vyjma vyššího provozního napětí jsou však nevýhodou i jejich pořizovací náklady (v porovnání s LED diodou klidně i více než dvojnásobné - v řádech stovek korun). Zřetelné je i větší zahřívání čipů při provozu. Bez zajištění účinného chlazení může dojít ke zničení (informace převzaty z referovaného zdroje [LED pásek]).

## 3 Vyhotovení a zprovoznění projektu

Úvod realizační části bude věnován vyhotovení zařízení robotického asistenta. Zabývat se budu výběrem optimálních součástí, systémů, rozhraní a rovněž tak i důvody, proč byla daná řešení vybrána. Následovat bude podrobný popis konstrukce, respektive jak bude zařízení ve formě celku pracovat. S funkčností souvisí i rozbor realizačních a softwarových detailů zajišťující transparentnost vyhotovení.

### 3.1 Výběr optimálních součástek

Sekce je určena ke zhodnocení výběru klíčových prvků zařízení. Dále zde lze v dílčích pododdílech nalézt zdůvodnění, proč k danému výběru došlo a na jaké bázi.

#### 3.1.1 Návrh fyzického provedení

Provedení robota uplatní prvky ze dvou různých konfigurací. Uplatněny budou jak prvky stacionárního modelu (2.1.3), tak i prvky lineárně posuvného modelu (2.1.1). Ze stacionárního modelu využijeme systém potrubního vedení kapalin a čerpání pumpou. Vývody budou svedeny k platformě uplatňující krokové motory (= posuvný model). Platforma s ložisky se bude nacházet na pevně zasazených tyčích a bude se pohybovat po horizontální ose tak, aby se sklenice nacházela vždy pod správným vývodem. S tím souvisí i nutnost polohování motorů. Výhodou spojení těchto dvou odlišných modelů je, že v rámci konstrukce nejsme vázáni umístěním lahví a také nemusíme uplatňovat mechanický tlak. Větší počet lahví je pak možné umístit do chladícího boxu. Polohování bude nutné řešit jen v jedné pohybové ose. Vzhledem k malým průměrům trubic (max. 8 mm) a jejich umístěním vedle sebe, se pultík bude pohybovat po krátké dráze (řádově desítky cm), rychlost výdeje tak nebude příliš závislá na výkonu krokového motoru a zároveň není nutné použít společný svod, čímž nemůže dojít ke kontaminaci a znehodnocení nápoje. Minimalizujeme počet pohyblivých částí, nejsme prostorově limitováni a při splnění podmínek lze provádět současný výdej více složek - zde je však znám pouze součet hmotnostní, proto se poměry složek nemusí přesně rovnat. Lahve jsou chlazeny v termoelektrickém boxu napájeným ze společného 12 V zdroje. Box ubytuje i více než 10 lahví a je schopen snížit teplotu obsahu až o 18 stupňů. Kapaliny nepovedeme delším potrubím, než je nezbytně nutné. Chlazení tak nezvýší čas výdeje. Lednici musíme upravit, aby těsnila i s připojeným potrubím.

Výsledný koncept konstrukce je pak znázorněn níže v podsekcí 3.2.

### 3.1.2 Zvolení systému čerpání a dávkování

Pro čerpání byl zvolen systém využívající stlačeného vzduchu (2.2.3). K natlakování použijeme nízkonapětovou vakuovou vzduchovou pumpu (pracovní napětí max. 12 V), která bude vzduch hnát skrze rozdělovač a následně soustavou silikonového potrubí do jednotlivých lahví. Pumpa může fungovat nepřetržitě, aby byl po celou dobu v trubkách zajištěn optimální tlak (až 100 kPa), pak bychom ale museli před vývody kapaliny umístit prvek, který je právě v hadičce zadržít. Pro zajištění dostatečného tlaku v lahvi, budeme v daný moment čerpat vždy jen jednu složku. U více složek hrozí riziko, že pumpa není dostatečně výkonná a tudíž by nestačila vzduch dostatečně stlačovat. Aby nebyl vzduch hnán do všech lahví zároveň, využijeme pro řízení přívodu sadu solenoidových trubek, jež jsou ve výchozím stavu uzavřené. Přívod napětí na solenoidy se řídí programově skrze sadu relátek napojených na řídicí jednotku. Je-li určitá složka požadována v rámci výdeje, je na odpovídající solenoidovou trubku přivedeno napětí, přepážka se uvolní a dojde k vhánění vzduchu do nádoby. U solenoidů není potřeba k řízení uplatnit další mechanická zařízení. Tlakovým působením je pak kapalina vytlačována a výstupní trubicí vedena směrem k výdejnímu pultíku s umístěnou sklenicí. Vývodové trubice umístíme vedle sebe tak, aby se pultík se sklenicí pohyboval po nejkratší možné trajektorii. Pohyb bude řešen krokovým motorem. Princip čerpání je možné aplikovat na libovolné množství složek při využití dostačujícího počtu oddělených vývodů rozdělovače. Ve srovnání s peristaltickou pumpou je zajištěn rychlejší výdej, jelikož dochází k působení vyššího tlaku a je použit jen jeden pohon. Dávkovací výlevka oproti tomu vyžaduje působení mechanického tlaku, aby zajistila výdej kapaliny. V kombinaci s nutností umístit lahvi vedle sebe v poloze vzhůru nohama a pro každou z nich použít vlastní výlevku, se výdej značně zpomalí. Nižší rychlost je dána i tím, že je výdej závislý na rychlosti a polohování motorů.

Dávkování nápojových složek je nutné řešit mimo čerpací systém. Je to z toho důvodu, že nelze přesně stanovit, jak dlouho by měl být vzduch do lahví tlačěn, a tím pádem jaké množství nápoje by bylo vydáno. Dávkování se vyřeší umístěním váhového senzoru (obrázek 16) do pultíku. Senzor bude komunikovat skrze modul HX711 [21] (převádí analogový signál z váhového čidla s 24 bitovým rozlišením na digitální) přímo s řídicí jednotkou, která získá a zpracuje informace o aktuální váze a v příhodný časový okamžik



přeruší přívod vzduchu. Vzhledem k vlivu setrvačnosti musí k přerušení dojít ještě před naměřením stanoveného množství. Stanovení časových údajů se získá laděním v pozdější části testování projektu.

V porovnání s ostatními dostupnými variantami je uplatnění vah méně praktické. Je nutné využít další zařízení bez možnosti uplatnit vlastnosti čerpacího systému tak, jak je tomu u peristaltických čerpadel, tak i u tlakových výlevků. Váhový senzor však není cenově nákladný a poskytuje přesné hodnoty.

Zvolen byl systém s nejvyšší výdejní rychlostí, což je u zařízení charakteru barmana nejzásadnější. Přesnost výdeje by však bez uplatnění dodatečného tlakového senzoru byla diskutabilní. Konstrukce bude záviset především na umístění vývodů trubic, pultíku se sklenicí a jeho pohybu po ose ve vodorovném směru. Nebude třeba řešit umístění lahvi, ani zasazení čerpadel do těla robota. Kompenzace rychlosti se však projeví ve vyšší spotřebě energie tvořenou čerpadlem, solenoidy, ale hlavně auto-lednicí. Nutné bude i programové řízení, které zajistí vhodný HAT. Výdaje se budou odvíjet dle počtu složek. S rostoucím počtem poroste i množství potřebných součástí (trubice, relátka). Pohybujeme se však v cenových oblastech desítek korun připadajících na jednu komponentu.

### 3.1.3 Výběr způsobu řízení asistenta

K řízení robota se použije SBC Raspberry Pi Zero ve verzi WH (viz 2.3.2). Pi Zero bude zajišťovat obsluhu jednotlivých relátek - vzhledem k většímu počtu (modul se 16 kanály) bude vhodné desku rozšířit o GPIO multiplexovací modul [28], který rozšíří počet I/O pinů. Zajišťovat bude dále i řízení krokových motorů prostřednictvím rozšiřujícího HATu [30], zpracování informací z váhového senzoru, vizuální indikaci a může korigovat i činnost pumpy - všechny zmíněné součásti umí regulovat. Na rozdíl od zmíněných alternativ (Arduino (2.3.1), ESP32 (2.3.3)) podporuje plnohodnotný operační systém Raspbian. Již v základu disponuje bezdrátovými technologiemi a podporuje rozšiřující moduly ostatních *SBC*. Z dlouhodobější perspektivy pak umožňuje zapojení více druhů periférií skrze škálu dostupných konektorů. Zařízení je rozměrově nenáročné a vyžaduje nízké provozní napětí.

Výběr zařízení se také odvíjel dle toho, jaké způsoby komunikace s uživateli nabízí. Volba komunikačního rozhraní bude rozebrána v následujících částech (3.1.5). Vývoj jednotky je možné provádět ve více jazycích (C, Python, Java a další). Navíc obsahuje sadu integrovaných

zdrojových knihoven určených například k řízení uvedených částí. K dispozici jsou i knihovny umožňující tvorbu a provoz webového rozhraní přímo na samotné jednotce, u ostatních variant řídicích jednotek toto není samozřejmostí, případně to není možné v základu realizovat. Raspberry poskytuje nejširší vývojové možnosti a programovou podporu, což ulehčí a zpřehlední implementaci SW a s tím související odladování.

### 3.1.4 Zvolení druhu indikace stavu

Pro vizuální indikaci se hodí dvojice RGB LED pásek (2.5.3), respektive jeho segment, a LCD displej.

V případě samostatných LED diod by bylo nutné provádět pájení jednotlivých přívodů. Navíc je nutné zapojení otestovat a nastavit optimální jas. Korigování vyšších provozních teplot se řeší napájením proudovým zdrojem. Při zapojování roste riziko fyzického poškození z důvodů zkratů, či nesprávné polarizace. Navíc nejsou flexibilní. Oproti tomu pásy s LED čipy jsou elastické, svítivost a sériové zapojení jsou dány již z výroby. V případě defektu lze menší celky snadno nahradit za jiné bez nutnosti pájení. Umístit je lze prakticky kamkoliv na fyzickém zařízení a propojit je s *SBC*. Musí být brán ohled na dostačující odvod tepla. Nenacházejí se zde žádné odhalené kontakty, čímž se zvýší trvanlivost. Pásek lze provozovat na napětí 12 V a regulovat řídicí jednotkou, ke které je pásek připojen GPIO piny. Obvod se navíc bude skládat z nepájivého pole, na němž budou z regulačních důvodů umístěny MOSFETy. Na každou diodu v čipu připadne jeden. Zvolíme pásek splňující stupeň ochrany před prachem a vlhkostí (alespoň IP67).

Obdobné náležitosti platí i u LCD displeje. Pro své nepatrné rozměry jej lze umístit prakticky kamkoliv na robota a funkčnost řídit z *SBC*. Bude však nutné skrýt odhalené spoje, aby nedošlo k poškození při nenadálém kontaktu s tekutinami. Nevyžaduje další externí napájení a bude představovat vhodný doplněk k výrazně svítícímu RGB pásku.

### 3.1.5 Výběr ovládacího a komunikačního rozhraní

Rozhraní, pomocí kterého bude uživatel s robotem komunikovat, poslouží ke zvolení jednoho z dostupných nápojů a předání informací řídicí jednotce. Volba vychází ze snahy pokrýt největší množství platforem - univerzalita. Složitost připojit se k zařízení by měla být co nejnižší.

Při pohledu na dostupné možnosti (viz Seznam 6) můžeme eliminovat řízení skrze sériovou linku (2.4.1 pro nedostačující pokrytí spektra různých uživatelů, nepřívětivost), mobilní aplikací (2.4.3 - separátní vývoj

v závislosti na OS, nutnost instalace na koncovém zařízení, složitá aktualizace dostupné nabídky nápojů) i hlasové ovládání (2.4.4 - vazba na hlasového asistenta, nutnost znalosti nabídky, externí moduly pro převod dat, nemožnost zadávat více požadavků zároveň).

Zbývá tedy dotykový displej (2.4.2) a implementace webového serveru (2.4.5). Dotykový displej zajišťuje intuitivní ovládání a přehledné vyobrazení nabídky. Uživatel nemusí mít při sobě žádné zařízení umožňující přístup na místní síť. Problém nastává v nutnosti displej pořídit, zajistit fungující propojení s řídicí jednotkou a následně jej nakalibrovat a navrhnout vhodné GUI. Narážíme také na fyzickou limitaci, jelikož v jeden časový okamžik může být odbavován pouze jeden uživatel.

Z toho důvodu se uplatní webové rozhraní. Web poběží přímo na řídicí jednotce - Raspberry umožňuje navrhnout a provozovat webový server přímo na sobě, ale také na localhostu, či na privátní adrese lokální sítě. Jsou k dispozici zdrojové knihovny, tak i serverové aplikace (např.: Apache [44], NGINX [45]), které lze k obsluze webových stránek za použití skriptovacích jazyků použít. Koncové zařízení se pak k web-serveru může připojit a pomocí síťového protokolu (HTTP, či HTTPS) a zadávat požadavky. Web by disponoval grafickým rozhraním, umožňující snadný výběr nápoje. Není potřeba pořizovat žádná další zařízení, pouze připojení k síti a zařízení, jež to umožní.

Nedostatek může spočívat v závislosti na stabilitě sítě, jinak komunikace nebude možná, dále je uživatel vázán vlastnictvím chytrého zařízení, případně se může jevit složité získání a přepsání adresy serveru. Webový server však zajišťuje největší možnou univerzalitu a podporu většiny zařízení. Může přijímat požadavky od více uživatelů nezávisle, bez nutnosti čekání na odbavení jednoho. Navíc není nutné na uživatelském zařízení instalovat dodatečný software.

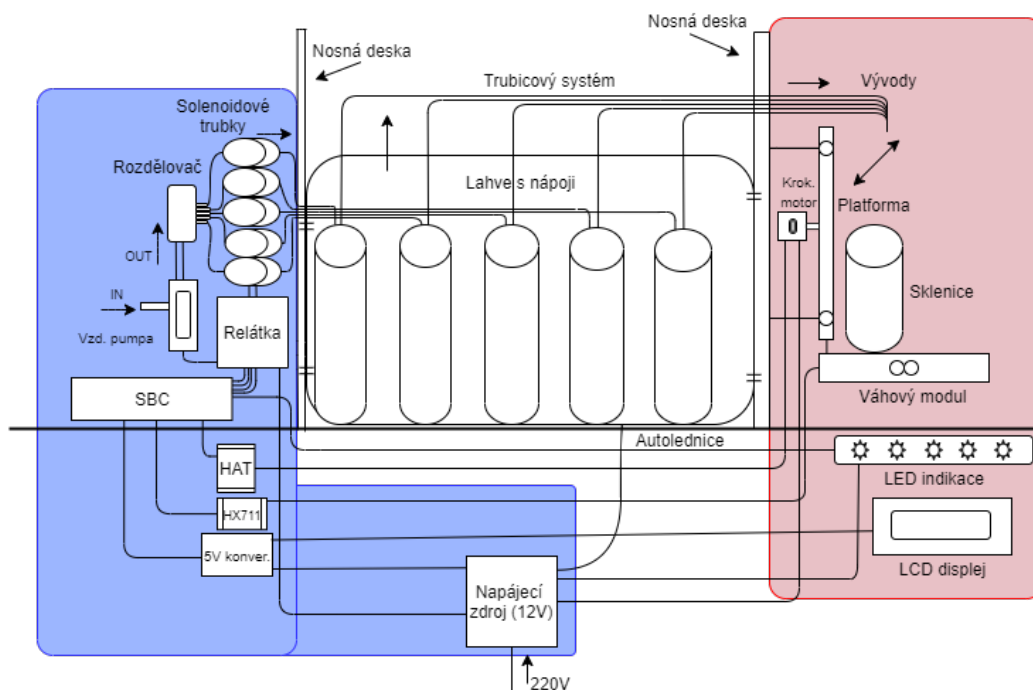
## 3.2 Popis výsledné konstrukce

Jsou-li vybrány komponenty potřebné k sestavení a zprovoznění zařízení, lze již odvodit, jak bude zařízení koncipováno. Prvotní koncept zařízení získáme tak, že jednotlivé součásti spojíme do jednoho celku. Celek musí splňovat podmínky uvedené v Seznamu 1.

Schéma, či hrubý náčrt pak umožní přehlednější popis principů robotického asistenta.

### 3.2.1 Hrubý schématický nákres zařízení

Níže na obrázku 33 nalezneme grafický nákres konceptu. Jedná se pouze o hrubou představu, jak by mělo fyzické zařízení vypadat a nejedná se tedy o koncovou podobu. Poslouží především jakožto vizualizace toho, jak by měly součásti vzájemně spolupracovat a co si pod samotným zařízením představit. Procesu sestavování již konkrétního zařízení je vymezena podkapitola 3.4.



Obrázek 33: Hrubý nákres zařízení představující koncept robotického barmana.

### 3.2.2 Popis schématu

Z nákresu je patrné, jak by měly jednotlivé součásti být navzájem zapojeny, aby vytvořily funkční celek. Součástky jsou rozděleny do dvou barevných oblastí představujících nosné desky, které jsou připevněny na auto-lednici. Součástky budou umístěny buďto přímo na odpovídající desce, případně v její těsné blízkosti. Nejedná se o finální rozvržení, pouze teoretický koncept - nebereme zde v potaz fyzické parametry lednice, či rozložení a zapojení kabeláže.

Na pravé podpůrné desce jsou umístěny vodící tyče jdoucí skrze vertikální platformu, která se může pohybovat po vodorovné ose díky krokovým

motorům s ozubeným pásem. V dolní části se pak nachází zabudovaný váhový modul měřící hmotnost nádoby s nápojem a údaje předává do SBC na levé podpůrné desce. Nad platformou se nachází vývodové ústí trubicového systému. Krokové motory jsou napojeny na přídatný HAT a váhový modul na převodník HX711.

Na SBC je připojena sada LED diod, LCD displej a také sada relátků řídicí přívod napětí na solenoidové trubky a vzduchovou pumpu. Pumpa při chodu žene vzduch do rozdělovače, odkud je řízeně veden skrze solenoidy dál do lahví se složkami. Lahve jsou umístěny v auto-lednici a ochlazovány. Vytlačováním jsou pak složky vedeny do vývodů nad sklenicí.

Napájení je zde vyřešeno 12 V zdrojem konvertující síťové napětí 220 V - lze jím napájet přímo jak lednici, pumpu, solenoidy, RGB pásek, tak i krokové motory. Pro napájení SBC a displeje je nutné použít konvertor na 5 V případně samostatný napájecí zdroj. Je také možnost napájet auto-lednici přímo ze sítě a snížit tak zátěž 12 V zdroje.

### 3.3 Realizační a softwarové detaily

Při sestavení konceptu je třeba získat a případně vyrobit jednotlivé součásti tak, abychom se od schématu mohli přesunout již k reálnému prototypu zařízení.

Díly budou buďto vyrobeny u externích dodavatelů a nebo vytisknuty na 3D tiskárně. Záviset bude především na povaze a druhu daného dílu, tedy pokud námi potřebný díl není k dispozici z velkovýroby, bude nutné jej manuálně navrhnout a vyrobit.

Vzhledem k většímu množství elektronických součástí se vyplatí dovoz od zahraničních výrobců. Výjimku pak tvoří řídicí jednotka a auto-lednice. Detaily by se měly probrat i u softwarových funkcí, kterými musí reálné zařízení disponovat. Bez programových složek není možné zajistit správný chod zařízení. Zvýší se tak i přehlednost a srozumitelnost vypracování.

#### 3.3.1 Realizační detaily

Součásti rozebírané v předcházející kapitole (Možnosti řešení projektu) a i mnohé další mohou být zakoupeny prostřednictvím e-shopů, alternativně vytištěny na 3D tiskárně. Nosné plechové desky budou na zakázku vyrobeny externí firmou. 3D tisk dílů se snažíme omezit na minimum z důvodu složitosti tvorby softwarového modelu a komplikovanější reprodukci.

Při nákupu většího množství totožných součástí (kabeláž, motory, trubice, LED pásy atd.) a drobné elektroniky (vzduchová pumpa, solenoidové trubky, napájení, motorový HAT atd.) byli vybíráni zahraniční dodavatelé.

Řídící jednotku (2.3.2), LCD displej (2.5.2), auto-lednici (2.1.4) a multiplexovací GPIO modul (3.1.3) zakoupíme v tuzemsku. Níže nalezneme odkazy na *URL* obsahující seznam komponent zakoupených v zahraničí, jejich popis a cenu (viz Seznam: 7). Zahrnut je i přehled dílů zakoupených v ČR. Seznamy obsahují i testovací součástky, které se v konečném prototypu nemusí vůbec objevit.

- Ucelený seznam komponent zakoupených v zahraničí (AliExpress) - viz: [AliExpress.com - Wish List].
- Reference na komponenty zakoupené v tuzemsku.
  - G21 C&W 45 l (obrázek 9): [Heureka - Přenosné lednice]
  - Raspberry Pi Zero WH (obrázek 20): [Heureka - Základní desky]
  - GME LCD displej 20x4 (obrázek 31): [GM Electronic - Displeje]
  - GPIO multiplexovací modul [28]: [GPIO modul]

**Seznam 7:** Seznam zakoupených dílů - v zahraničí i v ČR.

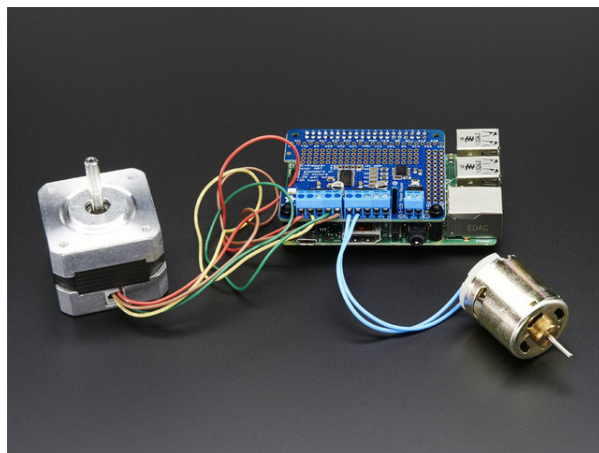
Sestavování pořízených dílů je popsáno v sekci: 3.4

### 3.3.2 Detaily SW/HW implementace - požadované funkce

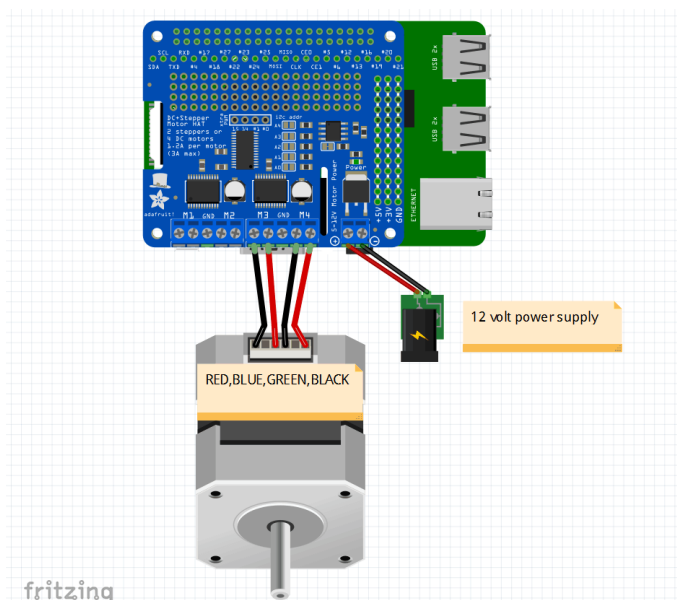
Vývoj SW probíhá přímo na řídicí jednotce a je možné využít jazyky nižších úrovní (C), tak i skriptovací, či objektově orientované (Python, respektive C++). Raspberry Zero je schopné paralelně vykonávat více operací zároveň. Dále je zapotřebí řídit provoz krokových motorů. Připojení umožní dodatečné HATy, funkcionalitu navrhne z dostupných knihoven a chování odladíme. Kromě provozu je nutné řídit polohování, aby bylo možné přesně rozpoznat polohu výtoku. Níže na obrázku 34 je zachycena řídicí jednotka s HATy a zapojenými krokovými motory. Na obrázku 35 pak schéma struktury.

Programově bude řízen i přívod napětí na solenoidové trubky, případně i přívod napětí do vzduchové pumpy/kompresoru. Regulovat čerpací systém je možné sadou relátek připojených k *SBC*. Ukázka vazby kompresoru na solenoidy, včetně trubicového vedení je na obrázku 36.

*SBC* musí umět číst hodnoty z váhového modulu, převod umožní modul HX711. Ten lze bez ztráty přesnosti číst a zpracovávat za využití



Obrázek 34: Zapojení krokových motorů na HAT u Raspberry ([37]).

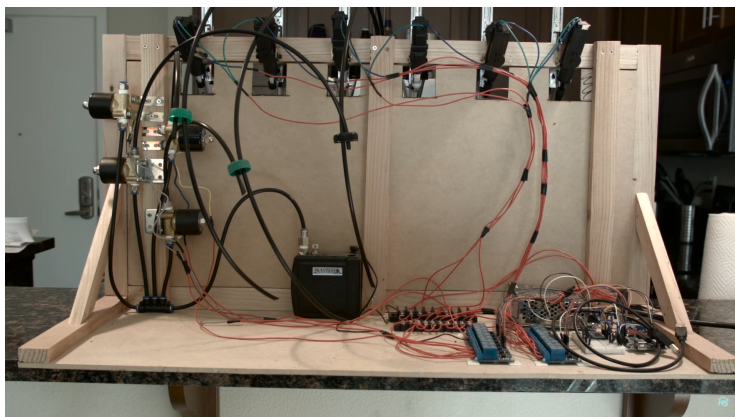


Obrázek 35: Zapojení krokových motorů na HAT u Raspberry ([38]).

naimportovaných knihoven, údaje z váhového modulu slouží k řízení dávkování nápoje z láhve.

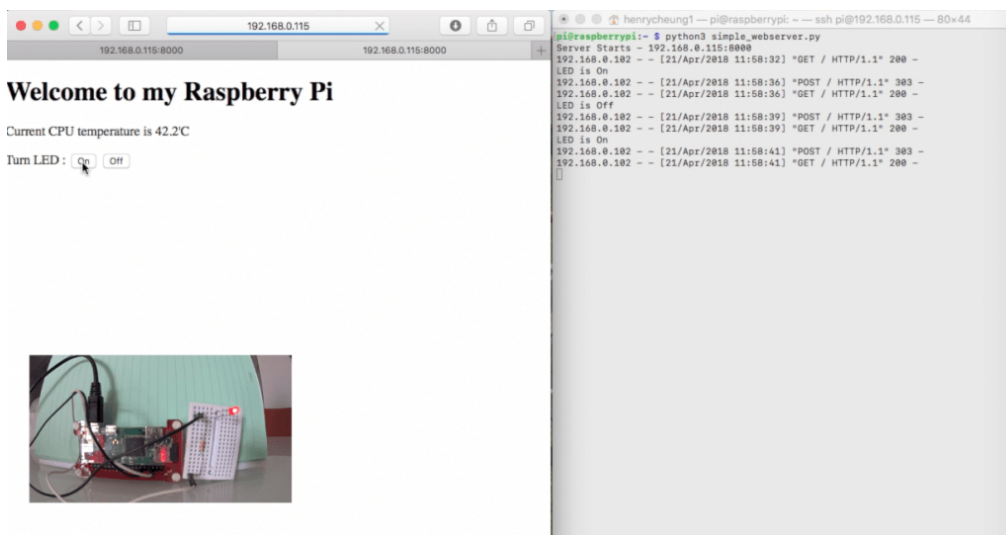
U LED pásku obdobně jako u předchozích součástí vyžijeme sadu univerzálních I/O pinů a již existující naimplementované C knihovny, programově pak přiřadíme odpovídající barvy indikující dílčí stav zařízení.

Důležitý je také návrh a implementace webového serveru. Webový server použijeme k hostování plnohodnotné webové stránky, kterou takto můžeme



Obrázek 36: Vazba kompresoru a solenoidů (projekt od Hacker House) ([39]).

sdílet s ostatními síťovými klienty. K dispozici máme více druhů serverů (aplikační balíčky Apache, NGINX, knihovna `http.server` v Pythonu apod.) určené k obsluze HTML souborů přes protokol HTTP. Po instalaci balíčku je možné server spustit a testovat přístup. Výchozí stránku je pak možné upravit dle libosti za použití jazyků typu CSS, HTML, či JavaScript a editorů. Klient se připojí a skrze server vybere nápoj. Informace ohledně výběru se síťově přepoše na *SBC*, které data zpracuje a zahájí přípravu nápoje (ukázka spojení klienta přes HTTP - obr. 37). Implementaci je věnována samostatná sekce: 3.5.



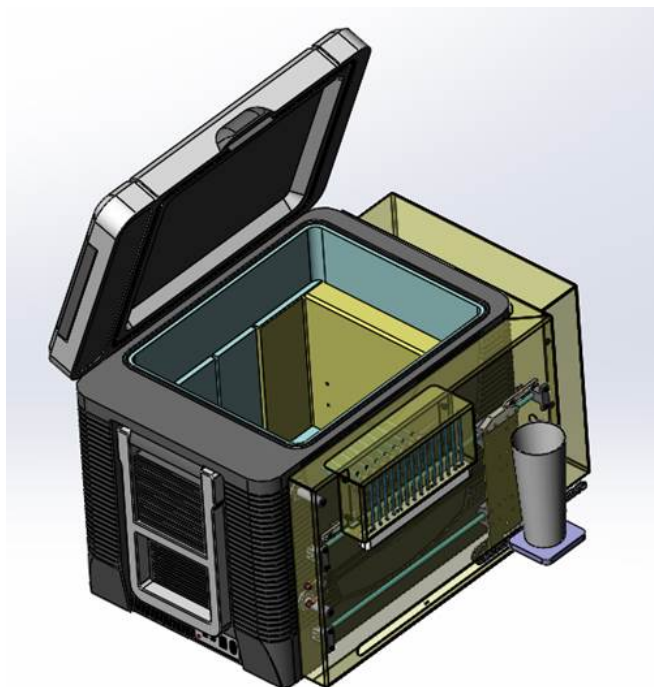
Obrázek 37: Spojení klienta s webovým serverem přes protokol HTTP ([40]).



### 3.4 Sestavování/montáž robotického zařízení

Následující odstavce jsou věnovány procesu sestavování a zapojování hardwarových částí robota. Jedná se již o skutečnou realizaci, jejíž hrubé schéma je vyobrazeno v podsekcí 3.2.1. Stejně jako u hrubého schématu si montáž rozdělíme na tři části: instalační desku s elektronickými komponentami, interiér auto-lednice a instalační desku s posuvným výdejním pultem. Spojením všech tří uvedených částí pak získáme zařízení, podobné modelu na obr. 38.

Propojení elektronických součástek s *SBC* se realizovalo dle výčtu viz (5 - Příloha C).



**Obrázek 38:** Model výsledného zařízení po spojení instalačních desek s lednicí ([PEŠEK Machinery s.r.o.]).

Desky včetně ochranných krytů byly vyrobeny procesem postupného obrábění laserem nařezaných plechů. Plastové části, které byly uzpůsobeny na míru (například montážní pouzdra, úchyty apod.), pak pochází z 3D tiskárny. Výroba a tisk dílů byly zajištěny ve spolupráci s firmou **Pešek Machinery s.r.o.** Skládání společně s montáží pak probíhalo v domácích podmínkách.

K sestavování použijeme modelové sestavy vyhotovené v programu **3D CAD** od společnosti **SOLIDWORKS**[CAD]. Technické výkresy obsahují výčty jednotlivých dílů, jejich umístění a případně i způsob výroby. Složí rovněž i jako podklad k vyhotovení.

Jednotlivé podklady je možné nalézt v doplněných přílohách na konci dokumentu (viz 5 - Příloha D).

### 3.4.1 Instalační deska s elektronickými součástkami

Jedná se o na míru vyrobenou desku o rozměrech š. 405 x v. 360 x h. 15 mm (kratší deska ze spojené plechové soustavy). Deska poslouží k instalaci řídicí elektroniky, modulů, zdroje, pumpy, relátek a propojující kabeláže. Součástky budou k desce napevno uchyceny šrouby, případně přilepeny. Výjimku představuje kompresor, který je vložen do předpřipraveného plastového držáku.

Tato menší část plechové konstrukce je umístěna na boční (kratší) stěnu lednice a přišroubována na dva výstupky vyčnívající z lednice, tak i na dvě závitová pouzdra v držácích, simulující dvojici výstupků ve spodní části boční hrany. Upevněny jsou vruty.

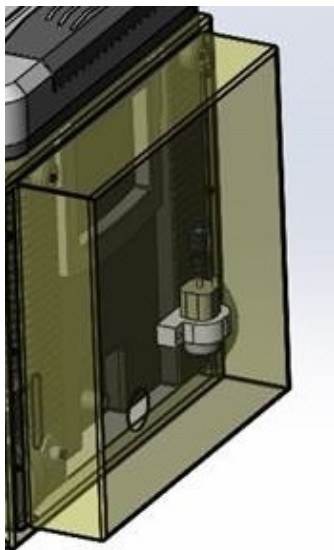
Komponenty umístěné na desce vzájemně propojíme tak, aby byla zajištěna správná funkčnost a ponecháme si volný prostor pro vedení kabeláže a trubic jdoucích ke zbývajícím částem.

Od vývodu vzduchové pumpy povede rychlospojkou [42] utěsněně napojená festo trubice směrem dolů k vyřezanému kruhovému otvoru směrem do vypouštěcího otvoru. Uvnitř lednice pak bude trubice napojena na rozdělovač (viz 3.4.2). Trubici bude nutné na vstupu rozdělovače utěsnit, z důvodu nerovnosti průměrů trubice/vstupu. Vyřezaným vypouštěcím otvorem povedeme i ovinuté kabely jdoucí od relátek ke solenoidovým trubkám. Celkem jich bude 30 - na každou trubku připadá jedna kabelová dvojice. Od desky také povede síťový kabel napojený na 12 V zdroj, tak i 5 V napájení Raspberry. Opomenout nelze ani sady vodičů jdoucí od výdejní desky (3.4.3), které řídí a napájejí RGB diody, LCD displej, krokový motor, koncové spínače a flexibilní drát váhového modulu. Kabely povedeme vyříznutým oválným otvorem v levé části desky při pohledu zepředu.

Stanovení umístění odchozích kabelů je důležité z toho důvodu, že deska s elektroinstalací bude přikryta celistvým odklápěcím víkem (š. 355 x v. 345 x h. 80 mm + 21 mm široké upevňovací hrany) se zabudovanými větracími otvory pro pasivní chlazení. Kryt zamezí nechtěnému kontaktu s deskou a tím pádem i poškození součástek a především zranění uživatele (do zdroje je vedeno vysoké napětí o hodnotě 230 V). V krytu jsou vyliisované otvory,

jimiž dráty/kabely prostrčíme. Na kryt je vhodné dodatečně upevnit držák, který umožní uchytit a obmotat napájecí kabely a zásuvky v situaci, kdy zařízení bude vypnuté, či v přepravě.

Model zakryté desky na obrázku 39. Zatímco kratší strana lednice, na kterou bude deska namontována, se nachází na obrázku 40. Umístění elektrosoučástek na hotové desce je pak znázorněno na obrázku 41.



**Obrázek 39:** Model kryté instalační desky s elektronickými součástkami ([PEŠEK Machinery s.r.o.]).

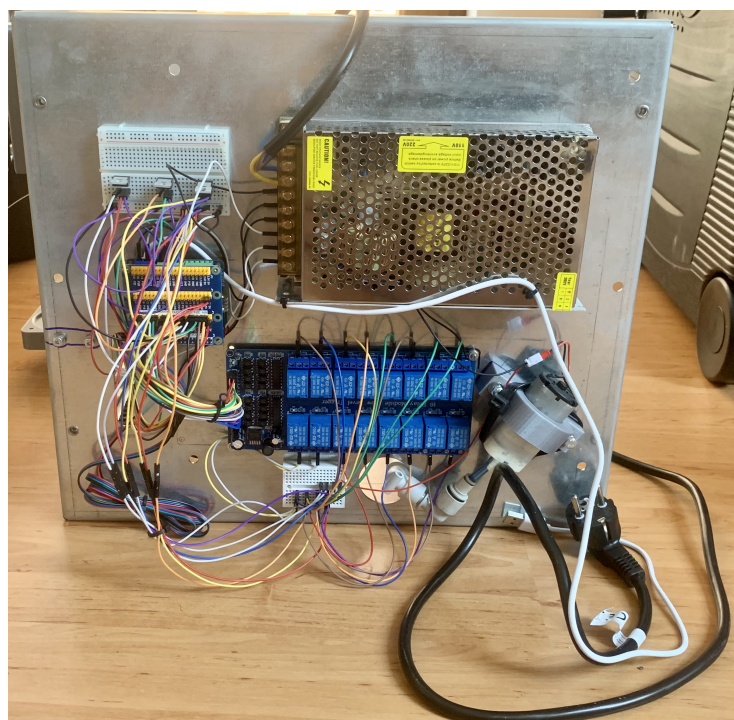
### 3.4.2 Interiér auto-lednice

Vybraná lednice (obr. 9) ubytuje celkem až patnáct láhví s nápoji, stejně bude i solenoidových trubek a dvojic hadiček. Na vnitřní, kratší straně lednice v těsné blízkosti vypouštěcího otvoru zafixujeme vysouvací plechovou zástěnu (v. 240 x š. 300 mm x h. 40 mm). V lednici bude držet pomocí bočních lišt, které se zasadí do výřezů v lednici. Vysouvání ulehčí zabudované madlo. Na stěně je pomocí plastových držáků přidělán vzduchový rozdělovač (obr. 43 a model na obr. 45).

Vstup rozdělovače je spojen s 10 mm trubičkou jdoucí od pumpy skrze vypouštěcí otvor. Trubička je dostatečně ohebná, zajišťující přímé vedení bez přehybů. Na výstupech rozdělovače budou upevněny 8 mm hadičky vedoucí do rychlospojek a odtud pak v podobě 4 mm hadiček do solenoidových trubek. Rychlospojky jsou zde použity, aby zajistily vzduchotěsné napojení festo trubic/hadiček různých průměrů. Je to dáno tím, že vstupy a výstupy jednotlivých komponent se rozměrově liší.



**Obrázek 40:** Boční strana lednice G21 C&W 45 l s výstupky pro montáž desky s elektronikou.



**Obrázek 41:** Vizualizace rozložení součástek na desce s elektronikou.

Solenoidy je nutné všechny napojit vodiči na desku s elektroinstalací. Vodiče jsme společně s trubicí provlékli skrz výtokový otvor. Celá instalace (spojení rozdělovač - solenoidy) je oddělena od zbytku prostoru lednice s lahvemi a nehrozí tak kolize.

Ze solenoidů pak bude pokračovat trubicové vedení až do provzdušňovacích otvorů barmanských nalévátek [41] ústících těsně pod hrdlo. Ze dna lahví pak povedou silikonové trubičky o průměru 6 mm s vytlačovanou kapalinou. Protáhneme je skrz nalévací otvor a vedeme je směrem k přední vnitřní straně lednice, kde budou následně provlečeny. Barmanská nalévátka musí nekompromisně těsnit, aby bylo možné pneumatické vytlačování. Pro zajištění těsnění je vhodné oba otvory s provlečenými hadičkami na povrchu zadělat například tavným lepidlem. Nebudeme tak zasahovat do struktury nalévátek a při aplikování lepidla pouze na svrchní části nehrozí kontaminace nápojů. Ukázka utěsněného nalévátka s provlečenými trubicemi je pak zachycena na obrázku 42.

Do téže delší strany lednice vyvrtáme dle schématu (obr. 44 - 2 řady trubic s rozestupy) 15 děr a to 30 až 45 mm od horního okraje, tak aby nedošlo k narušení otevíracího mechanismu lednice. Vyřezané otvory musejí obsáhnout hadičky vedoucí kapalinu. Rozvod hadiček je demonstrován na obrázku 46.

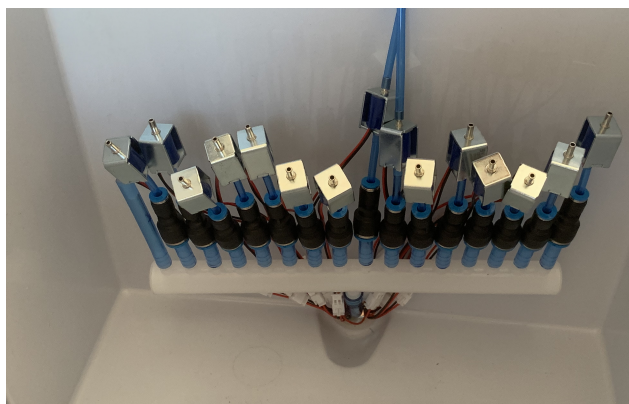
Dle skutečných rozměrů instalační výdejové desky a pohyblivé desky se sklenicí (viz 3.4.3) se určil střed sklenice a dle něho se definovala vzdálenost vnějšího vyústění pevných trubiček od hrany desky. Krajní vývod pak bude situován dle nulové pozice výdejního pultu (3.4.3).

### 3.4.3 Instalační deska s posuvným výdejním pultem

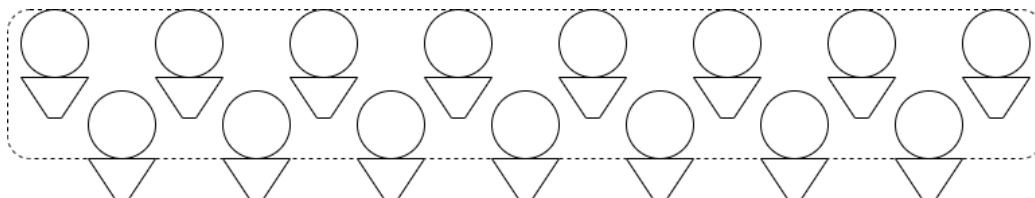
Opět se jedná o na míru vyrobenou desku o rozměrech ca. š. 520 x v. 360 x h. 45 mm (delší deska ze spojené plechové soustavy). Umístěna je analogicky jako deska s elektro instalací, avšak na přední delší straně lednice. Před pevným uchycením je však potřeba na vnitřní hranu nainstalovat součástky a také v desce vyříznout kruhové otvory, které korelují s patnácti otvory vyřezanými v lednici (30 až 45 mm od horního okraje lednice) a celistvý oválný otvor ve spodní části desky k vedení kabeláže a umístění výdejního pultíku. Otvory musí ubytovat všechny provlečené trubice, ty pak procházejí stěnou lednice i instalační deskou. Kompletní sestava trubicových vývodů je umístěna za plechovým víkem. Vývody trubic jsou zasazeny do plastové krytky, která je přišroubována k víku zdola. Hadičky tak budou pevně držet na svých pozicích. Nehrozí tak riziko nežádoucího zásahu do trubicového vedení a ani deformace trubic. Získáme zahnuté svody směřující na posuvný pultík. Polohování



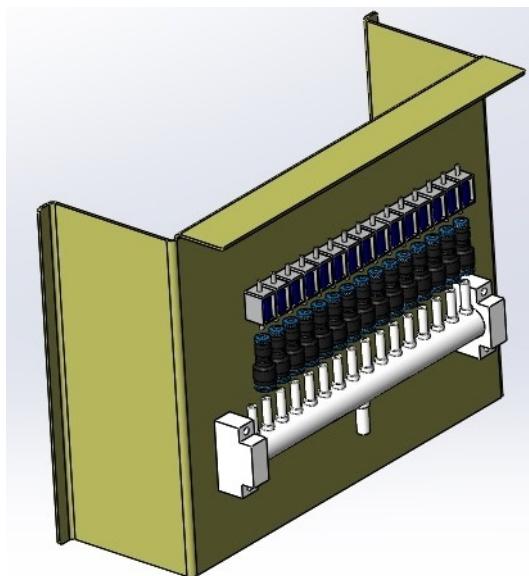
**Obrázek 42:** Ukázka utěsněného barmanského nalévátka s provlečenými hadičkami.



**Obrázek 43:** Umístění vzduchového rozdělovače uvnitř lednice u vypouštěcího otvoru.



**Obrázek 44:** Rozvržení soustavy otvorů vrtaných do přední (delší) strany lednice.



**Obrázek 45:** Model umístění vzduchového rozdělovače, který je přes rychlospojky spojený se solenoidovými trubkami uvnitř lednice za oddělovací stěnou ([PEŠEK Machinery s.r.o.]).



**Obrázek 46:** Ukázka vzduchového rozvodu v lednici, napojení na láhev s vývodem pro kapalinu.

pultíku omezíme na čtyři pozice. Tři z nich pojmu čtyři vody a poslední, nejbližší pak tři.

Přesuneme se na zadní stěnu instalační desky. Nyní lze vyhotovit vertikální část posuvného pultíku. Jedná se o pevnou plechovou desku (rozměry: š. 75 x v. 220 x h. 2 mm) se záhyby pro upevnění váhového modulu, výztuh a koncovky energetického řetězu. Na střed vertikální části umístíme distanční desky a jimi posléze provlečeme a uchytíme ozubený řemen (š. 6 mm).

Na instalační desku následně umístíme a uchytíme dvojici držáků pro vodící tyče (délka 500 mm). Umístěny jsou vodorovně, rovnoběžně a vzdálenost mezi horní a dolní dvojicí je dána dle rozměrů vertikální části výdejního pultíku. Před zasazením vodících tyčí do držáků umístíme na každou z nich dvě ložiska, ty budou zajišťovat plynulý pohyb výdejního pultíku. Na horní dvojici umístíme plastový iniciátor. Mezi spodní dvojicí ložisek pak vložíme výztuhu. Na ložiska následně přišroubujeme vertikální část pultu.

Váhový modul protáhneme otvorem ve spodní části desky a přišroubujeme ho k záhybu vertikální části pultu, stejně tak i výztuhu. Kabeláž (nacházející se v zadní části) je zapotřebí flexibilně prodloužit a vést směrem k desce s elektronikou. To zajistí vyhotovený energetický řetěz. Koncovka řetězu je napojena na záhyb.

Na zadní hraně také uchytíme krokový motor s hnací ozubenou řemenicí - vlevo na instalační desku (v těsné blízkosti desky s elek. součástkami). Orientován je nastojato, ve výškové úrovni odpovídající středu vertikální pohyblivé desky. Na opačnou stranu instalační desky ve stejné výšce umístíme otáčivou řemenici s drážkami představující kladku. Umístěna je v pouzdrech s čepem na dvojici šroubů. Nyní je možné navléci řemen na obě řemenice, provléct jej vertikální částí a zde ho i upevnit. Tímto je zajištěn pohyb pásu a tím i celého pultu po vodorovné dráze. Následně zevnitř uchytíme na instalační desku i vymezující vložky s koncovými spínači a to v těsné blízkosti koncových bodů - na úrovni horní dvojice ložisek, orientace aktivační pákou dolů. Výškově a hloubkově jsou spínače umístěny tak, aby se aktivační páka spínače při kontaktu s iniciátorem na ložiskách dotýkala jeho středu, to zajistí právě vymezující vložky. Aktivační událost nastane při stlačení a posunu páky přibližně o 4 mm. Deska nesmí spínač příliš stlačit - hrozilo by jeho vylomení z pozice. Ponecháme dodatečnou mezeru ca. 2 mm od úrovně ohybu (ložiska s přidělaným iniciátorem provedou stisknutí, spínač se aktivuje a zároveň zbude volný prostor mezi pákou a tělem spínače). Deska tak dorazila do mezní pozice a dál se nemůže v daném směru posouvat. Ke spínači připájíme 3 dráty -



zem, napájecí a datový.

Horizontální částí pultíku, respektive podstava nesoucí sklenici, je deska o rozměrech š. 100 x v. 100 x h. 20 mm. Přišroubujeme ji na váhový modul tak, aby ho překrývala. Podstava má uprostřed vyřezané kruhové otvory (hloubka několik mm) zajišťující stabilitu sklenic při pohybu pultu.

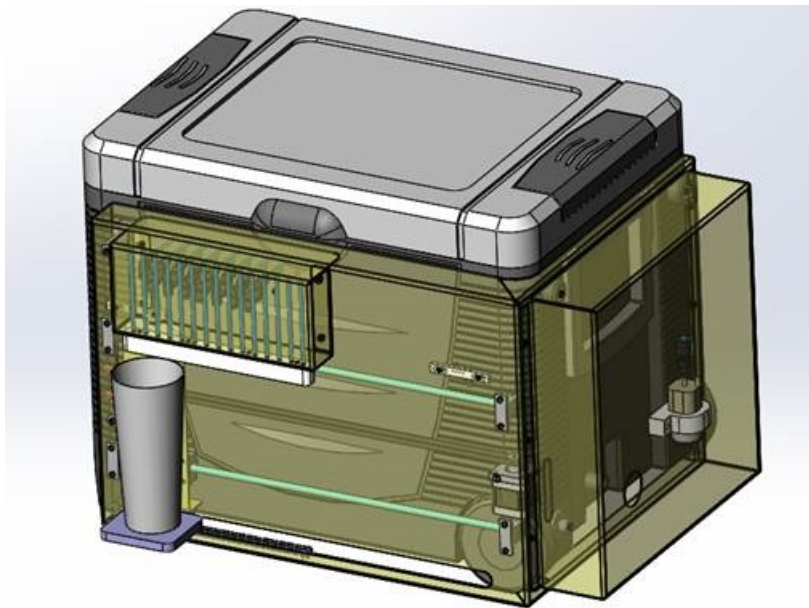
Na pravé horní části vnější stěny instalační desky si vymežíme prostor pro montáž LED pásku a LCD displeje - instalovány budou společně v plastovém krytu (rozměry š. 165 x v. 103 x h. 27 mm). Umístění v pravé části zajistí i kratší vedení kabelů do přilehlé desky s elektronikou.

Modelový náhled nalezneme na obrázcích 48 (vnějšek) a 49 (vnitřek).

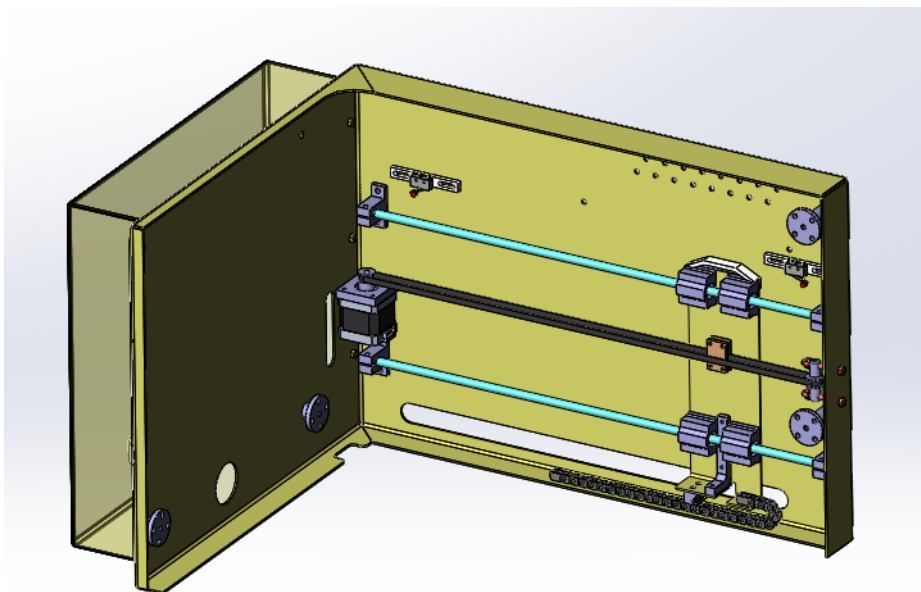
Reálné provedení pak na obrázcích 50 a 51.



**Obrázek 47:** Přední strana lednice G21 C&W 45 l pro umístění výdejní desky.



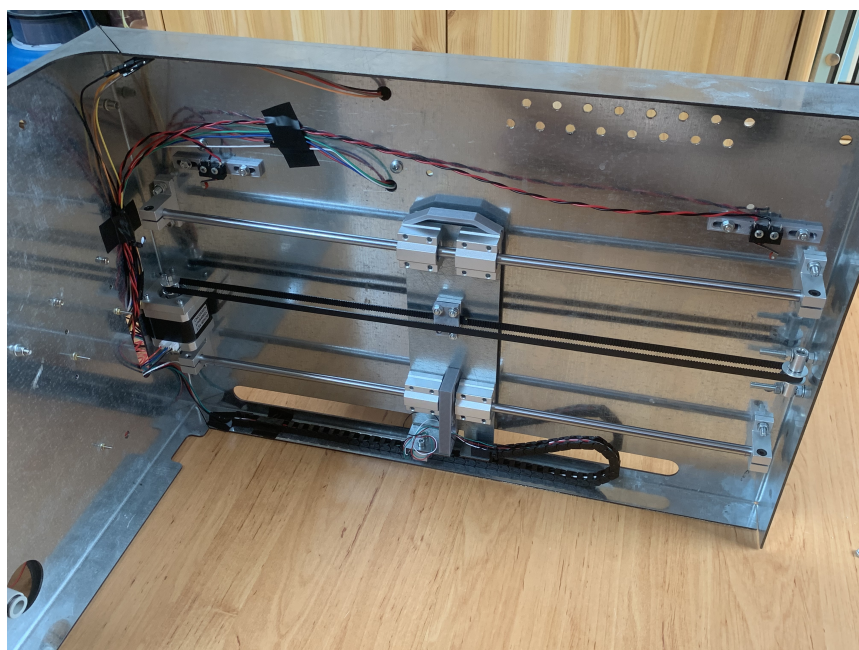
**Obrázek 48:** Model výdejní desky s posuvným pultem - pohled zvenku lednice ([PEŠEK Machinery s.r.o.]).



**Obrázek 49:** Model výdejní desky s posuvným pultem - pohled zevnitř lednice ([PEŠEK Machinery s.r.o.]).



**Obrázek 50:** Výdejní deska s posuvným pultem - pohled zvenku lednice.



**Obrázek 51:** Výdejní deska s posuvným pultem - pohled zevnitř lednice.

## 3.5 Návrh a implementace SW

K zajištění plnohodnotné automatizace je nutné zajistit implementaci softwaru klíčových prvků zařízení. Jedná se o váhový modul v pojezdu výdejní platformy, krokové motory, vzduchovou pumpu a na ní skrze relátka napojené solenoidové trubky a stavové LED diody. Řízení bude centrálně zajišťovat zvolená jednotka *SBC* - v tomto případě *Raspberry Pi Zero WH*. Vyjma regulace musí *SBC* zajistit i chod webového serveru, který hostí webové uživatelské rozhraní. Skrze uživatelské rozhraní se bude přistupovat k databázi míchaných nápojů. Hlavní zdrojový kód ponese název `main.py`. Ponese v sobě hlavní funkci `main`, definice a volání dodatečných funkcí a strukturu kódu, nebude-li explicitně uvedeno jinak v jednotlivých oddílech. Kód se spustí po úspěšném bootu Raspberry. To se dá nakonfigurovat přímo na řídicí jednotce úpravou textových souborů `/etc/rc.local`, případně `/home/pi/.bashrc`. Přidáme řádek se spouštěcím příkazem a cestou k souboru. Následující podsekcce se jednotlivým elementům podrobně věnují.

### 3.5.1 Zprovoznění váhového modulu

Implementujeme komunikační rozhraní mezi Raspberry a modulem HX711, na který je napojen hmotnostní senzor (16). Odečítání hodnot zahájíme v okamžiku zahájení přípravy nápoje (zpracování klientského požadavku). Před zahájením přípravy koktejlu je nutné se ujistit, že se na platformě nachází sklenice. Může být i více různých druhů. Váhovým modulem kalibrujeme, že došlo ke vložení nové/prázdné a dosaženým hmotnostním údajem detekujeme, o který druh se jedná - zda o *long* ( 320 g ), *martini* ( 193 g ), či *margaritu* ( 224 g ). Ke zpracování analogových dat ze senzoru a následnou konverzi na data digitální využijeme dostupné v jazyce Python [HX711 - Python], licence: 5 - Příloha E. Existují však i ekvivalentní C++ knihovny [HX711 - C++].

Přehled funkcionality nalezneme ve zdrojovém souboru `example.py`, kód je možné i přímo uplatnit. Níže použité funkce pocházejí ze i zdrojového souboru `hx711.py`.

Důležité je před samotným zahájením operativní činnosti, tedy čtení dat z modulu, stanovit bytové a bitové pořadí (formát) čtených dat funkcí `set_reading_format(byte_format, bit_format)`. První parametr uvádí pořadí bajtů tak, aby došlo ke správnému sestavení předávané digitální informace. Druhý parametr je pak pořadí bitů uvnitř každého bytu. Tím je zajištěna správná interpretace předávaných dat ze senzoru.

Dále je nutné ověřit korektní kalibraci váhy experimentálním stanovením

referenční jednotky, která je ve výchozím stavu rovná hodnotě "1". Referenční jednotka je specifická pro každý váhový modul a je nutné ji stanovit, aby byl přepis na hmotnostní jednotky přesný. Ke kalibraci je nutné mít k dispozici předmět, jehož váha je jednoznačně známá. Ideálně volit závaží s hmotností ve středu rozsahu senzoru. V našem případě se tedy bude jednat o 500 g. Po umístění závaží na desku s váhou spustíme testovací skript (ze zdrojového souboru `example.py`). Dojde k výpisu celočíselné hodnoty a po vydělení tohoto výstupu gramovou hmotností zátěže, získáme referenční jednotku, kterou lze nyní dosadit do funkce `set_reference_unit(referenceUnit)`. Manuální kalibraci provádíme pouze jednou a nyní je již zařízení připraveno k přesnému odměřování hodnot hmotnosti a jejich zpracování.

V počáteční fázi dojde k naimportování knihoven `RPi.GPIO` a `HX711` přímo do Raspberry, jelikož pracujeme s fyzickým modulem HX711. Poté dojde k inicializaci proměnné třídy modulu upřesněním, na jakých GPIO pinech má modul napojený svůj datový výstup (DT) a hodiny (SCK):

```
hx = HX711(5, 6)
```

Po inicializaci proměnné modulu nastavíme správný čtecí formát výstupních dat ze senzoru:

```
hx.set_reading_format("MSB", "MSB")
```

Následně dojde k nastavení referenční jednotky zjištěné z předcházející experimentální kalibrace:

```
hx.set_reference_unit(referenceUnit)
```

Nyní je potřeba provést zasynchronizování senzoru funkcí `reset()` následně odměření a anulování váhy sklenice zavoláním funkce `tare()`. Funkce voláme vždy nad objektem představující modul HX711.

Nejdříve se v rámci vážících operací volá funkce `weight_placement()` ze souboru `main.py`. Ta zjišťuje, zda byla na pultík umístěna sklenice.

Kontrola probíhá ve smyčce. Kontroluje se, zda naměřená váha odpovídá použitým druhům sklenic (long, martini, margarita). Po čtyřech cyklech trvajících deset vteřin je kontrola vyhodnocena jako neúspěšná a skript se vrací do původního stavu. Návrátové hodnoty jsou typu `bool`.

Řídícímu kódu předáváme z databáze množství v objemových jednotkách. O převod na jednotky hmotnosti se stará funkce `volume_m(volumen, density)`. Na základě předpisu  $m = \rho * V$  vypočte hmotnost a předá ji jako návratovou hodnotu.

Je-li sklenice umístěna následuje posun po požadovaný svod, zahájí se čerpání. Právě trvání čerpání bude ovlivňovat funkce

`weight_drink(volumen)` . Předáváme jí požadovanou hodnotu množství, které se má načerpat (při započtení dosavadní hmotnosti na váhovém modulu) a v momentě, kdy je hodnoty na váze nabyto, vrací návratovou hodnotu `glass_weight`. Čerpání se ukončí a solenoidy uzavřou. Funkce se vykonává opět v nekonečné smyčce. Je-li překročena maximální doba čerpání či maximálně objem/množství. Funkce navrácí hodnotu `False`. V neposlední řadě je důležitá funkce `weight_ready()` , která kontroluje, zda po ukončení přípravy drinku došlo odebrání sklenice z posuvného pultíku. Ten se samozřejmě musí nejdříve vrátit do počáteční polohy. Pak je již možné sklenici odebrat. Opět se ve smyčce kontroluje, zda aktuálně naměřená hodnota odpovídá přibližně nulové hodnotě (zakomponujeme odchylku 5g). Je-li sklenice odebrána a podmínka splněna následuje návrat do výchozího stavu `IDLE`. Smyčka pro funkci `weight_ready()` je uvedena níže a v souboru `main.py`.

```
def weight_ready():
    temp_previous = 0 # Temp var for saving the value from current iteration
    while True:
        temp = max(0, int(hx.get_weight(3))) # Obtains the weight
        if temp_previous != 0 :
            if temp == temp_previous and temp in list(range(0, 10)) :
                hx.reset()
                return True
        hx.reset()
        temp_previous = temp
        time.sleep(0.5) # Repeating the process
```

K zamezení výpisu záporných hodnot vnoříme funkci `get_weight(range)` do funkce `max()` (zabudovaná v jazyce). Na zařízení přivedeme pulzy a uspíme funkci `sleep(time_s)` z modulu `time` a cyklus se bude opakovat dokud nedosáhneme hmotnosti. Váhu před návratem z funkce zasynchronizujeme funkcí `reset()` . Je to z toho důvodu, aby před každým měřením váha byla nastavena na nulu a připravena. Zavolání funkce `GPIO.cleanup(weight_pin_1, weight_pin_2)` by uvolnilo všechny I/O piny, které byly váhou využity. Což může zabránit trvalému poškození.

### 3.5.2 Regulace a polohování krokových motorů

K ovládání krokových motorů máme k dispozici knihovnu Pythonu [49], kterou lze použít i k ovládání stejnosměrných a servomotorů. Knihovnu volně distribuuje samotný výrobce rozšiřující motorové HAT desky (obr. 22) *Alictronic* . Jedná se o nejjednodušší a nejdostupnější způsob, jak s vývojem činnosti motorů začít. Python navíc podporuje vícevláknové zpracovávání, což může být opravdu užitečné v případě spuštění a provozu více krokových motorů zároveň na jedné motorové desce. Před zahájením procesu implementace, je nutné na *SBC* povolit podporu

komunikace přes sběrnici  $I^2C$  přímo v kernelu. S tím se pojí i potřeba nainstalovat dodatečné funkcionální balíčky: `python-smbus` [50], `i2c-tools` [51] a `python-dev` [52].

```
apt-get install python-smbus i2c-tools python-dev
```

Knihovnu `Raspi-MotorHat` [49] nakopírujeme příkazem `git`. V knihovně nalezneme sadu několika zdrojových souborů a tříd, jež si rozebereme v následujících odstavcích.

Třída `Raspi_MotorHAT` ze zdrojového souboru `Raspi_MotorHAT.py`, která plní funkci hlavního regulátoru PWM. Určuje parametry řízení a chování motorů (krokování). Umožňuje nakonfigurovat mikro-krokování, rychlost, posun po jednotlivých krocích a posun v daném směru o pevně stanovený počet kroků. Pro jednotlivé motory musíme inicializovat objekt desky a explicitně jí přiřadit hexadecimální  $I^2C$  adresu. Výchozí adresa desky je `0x6F`, což je dáno výrobcem. Změny adresace provádíme v situaci, že by došlo ke stohování více motorových desek na sebe, což se našeho projektu netýká.

Třídy `Raspi_StepperMotor` a `Raspi_DCMotor` blíže specifikují charakteristiky krokového/standardního stejnosměrného motoru. Zajišťují inicializaci objektů proměnných, nastavení povahy pohybu - počet kroků, druh (dle aktivace cívek), dále rychlost a mimo jiné i samotné spuštění, držení pozice po zastavení a ukončení činnosti uvolněním motorových cívek. Ukázka inicializace objektu představující motorovou desku:

```
mh = Raspi_MotorHAT(addr = 0x6F)
```

Ačkoliv nepoužíváme stejnosměrné motory, je stále důležité si uvědomit, že ovladač PWM běží nezávisle. To znamená, že v případě pádu běžícího kódu, či linuxového jádra Raspberry, bude ovladač i nadále fungovat a bezpečně ukončí činnost jednotlivých motorů. Krokové motory se ze své podstaty v případě pádu nebudou nadále pohybovat, i tak je vhodné zahrnout do kódu segment snažící se všechny motory vypnout. Segment může definovat například následující funkci `turnOffMotors()` uvolňující jednotlivé motory nezávisle na jejich režimu:

```
def turnOffMotors():
    mh.getMotor(1).run(Raspi_MotorHAT.RELEASE)
```

```
/* V~pripade padu: */
atexit.register(turnOffMotors)
```

Máme-li inicializován objekt HATu, můžeme ovládat až 2 krokové motory. Vytvoříme objekt krokového motoru tak, že o něj požádáme z objektu třídy `Motor_HAT` - `mh`, nad kterým zavoláme funkci `getStepper(steps, portnum)`. Parametr `steps` udává počet kroků motoru připadajících na jednu rotaci (otáčku) motoru (obvykle mezi 35 až 200). Parametr `portnum` pak udává číslo portu, na kterém je motor připojen. Port #1 sdružuje dvojici M1 a M2, zatímco #2 sdružuje M3 a M4.

Inicializace objektu motoru:

```
myStepper = mh.getStepper(200, 1)
```

Motor se může pohybovat po jednotlivých krocích, avšak může vykonávat i větší počet kroků. V případě většího počtu kroků a tím pádem klidně i více celých otáček kolem své osy můžeme rychlost motoru nastavit funkcí `setSpeed(rpm)` - kde parametr `rpm` udává počet otáček motoru za minutu (standardně v rozmezí 30 až 75 RPM). Rychlost je aproximací, jelikož Pi neumožňuje přesnou kalkulaci zpoždění/prodlev na rozdíl od jiných mikrokontrolérů (2.3.1). SW námi použité desky bohužel neumožňuje motoru předávat akceleraci jako dodatečný parametr pohybu. Akcelerace by omezila ztráty kroků, zvýšila rychlost rotoru a podobně. Naštěstí se pohybujeme po relativně krátké dráze (max. 50 cm). Chceme-li uvést motor do pohybu, zavolá se nad objektem motoru funkce **`step(step_num, direction, stepstyle)`**. Parametr `step_num` udává kolik kroků má motor vykonat (předáváme vzdálenost požadovaného kapalinového vývodu z nulové pozice), `direction` pak směr otáčení (FORWARD/BACKWARD) a parametr `stepstyle` udává, o jaký typ krokování se bude jednat.

Máme na výběr celkem ze čtyř možností, více jich výrobce ve své knihovně neposkytuje. Jsou to: **SINGLE** (aktivace jedné z dostupných cívek), **DOUBLE** (aktivace dvou cívek naráz - vyšší točivý moment), **INTERLEAVE** (alternuje mezi dvě předchozími za účelem zisku dvojnásobného rozlišení/poloviční rychlosti) a **MICROSTEP** (cívky jsou PWM regulovány za účelem vytvoření plynulého pohybu mezi dílčími kroky). Pohybové operace prováděné s motory jsou blokující. To znamená, že úsek programu čeká na dokončení volané funkce představující pohyb motoru a teprve poté může zpracování kódu pokračovat. Ukázka přiřazení rychlosti a pohybu motoru v daném směru:

```
myStepper.setSpeed(30) # 30 RPM
myStepper.step(100, Raspi_MotorHAT.FORWARD,
               Raspi_MotorHAT.SINGLE)
```

Alternativně lze použít i funkci `oneStep(direction, stepstyle)` vykonávající jeden krok v požadovaném stylu bez časové prodlevy. Tímto způsobem



máme plnou kontrolu nad jednotlivými kroky motoru.

Detekce počátečních a krajních poloh by byla uskutečněna aktivační událostí koncových spínačů. Celkově máme k dispozici dva. Aktivování provede platforma plastovým iniciátorem. Na základně zpracování informace z příslušného GPIO pinu lze pak vyhodnotit, zda došlo k sepnutí spínače a na této bázi následně pohyb motoru ukončit. U vzdálenějšího spínače se při aktivaci nabízí možnost vracet platformu zpět do nulové polohy. Vzdálenost mezi oběma mezními polohami je totiž vždy stejná. Důležité je, zda bude možné krokové motory zastavit při jejich činnosti, anebo zda se jedná o blokující operaci. Prakticky jsme ověřili, že kód nečeká na dokončení funkce `step()`. Neblokují se tak další operace nacházející se dále v kódu. Kontrola sepnutí spínačů bude muset probíhat nejen ve smyčce, ale také v samostatném vláknu. Sepnutí může nastat (byť i jen omylem) v libovolnou chvíli. Konfigurace GPIO pinů zajišťuje funkce: `setup(pin, [GPIO.IN, GPIO.OUT], [pull_up_down=GPIO.PUD_UP, pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN])`. V této situaci chceme načítat hodnoty z pinu 18 a výchozí stav je UP (TRUE -> 3,3 V). Po aktivaci dojde k úbytku napětí na nulovou hodnotu (FALSE).

```
GPIO.setup(18, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
input_state = GPIO.input(18)
```

Návratovou hodnotu čtecí operace si můžeme ukládat do proměnných (`input_state`). Je-li hodnota v proměnné rovna FALSE, došlo k aktivaci spínače. V tento moment se ukončí činnost motoru, případně je iniciován návrat zpět do nulové polohy - je-li pro návrat do nulové pozice použit spínač koncové polohy. V našem případě je vhodné využít znalost počtu kroků/vzdálenosti od příslušného vývodu zpět do nuly. Funkce, která zajišťuje obsluhu spínačů, se nazývá `thread_switch(switch_end, switch_zero)`. Zahrnuje v sobě výše uvedenou funkcionalitu.

### 3.5.3 Zprovoznění a konfigurace web-serveru na Raspberry

Aplikaci pro webový server není třeba manuálně implementovat. Využijeme volně dostupný balík od **Apache HTTP Server Project** [44] (licence: 5 - Příloha E) a nainstalujeme jej skrze terminál na řídicí jednotce *SBC*.

Jedná se o zdrojový balík **apache2**, který v sobě zahrnuje balíky binární (výčet: [43]).

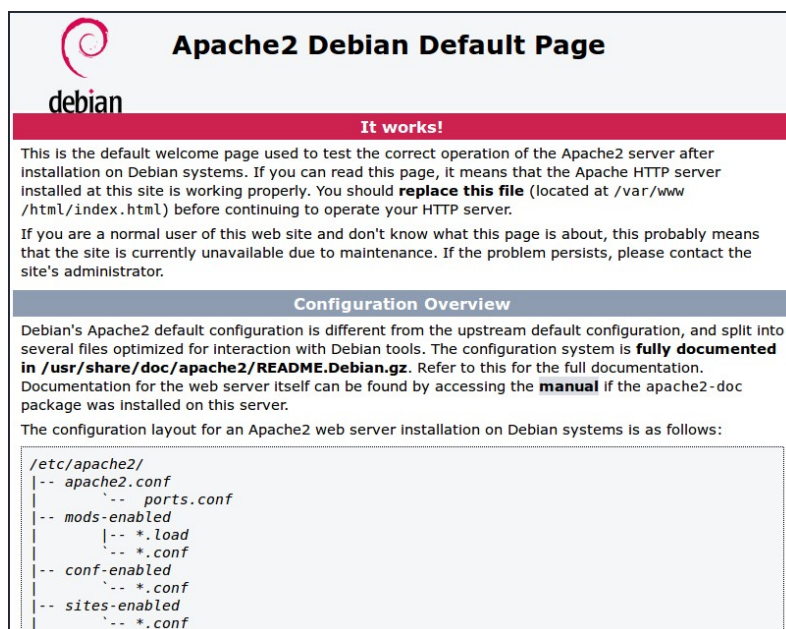
Existuje mnoho návodů jak postupovat. Detailně je celý proces rozebrán na mnoha webových stránkách [47]. Proces instalace balíku probíhá tak, že se do řádkového rozhraní terminálu vloží příkaz:

```
sudo apt install apache2 -y
```

Ten zajistí stažení a nainstalování balíku. Po provedení instalace již máme server k dispozici. Kontrolu, zda server funguje, lze provést tak, že v prohlížeči přímo na *SBC* zadáme adresu: `http://localhost/`, případně na jiném zařízení v síti zadáme: `http://raspberrypi.local`, či `http://raspberrypi.local`, nebo IPv4 adresu řídicí jednotky. Zjistit ji lze za použití příkazu:

```
hostname -I
```

Dojde tak k výpisu výchozí webové stránky, která představuje v souborovém systému HTML soubor `index.html`. Umístění se pak nachází v adresáři: `/var/www/html`. Úpravami a rozšiřováním HTML souboru za



Obrázek 52: Výchozí webová stránka po instalaci a testu webového serveru od Apache ([46]).

účelem tvorby rozhraní pro uživatele a zajištění přijetí nápojových požadavků se budeme věnovat v podsekcí 3.5.4.

Před tím je však vhodné upravit vlastnická práva, tak aby zdrojové HTML soubory mohli upravovat i jiní uživatelé než `root`. Začneme tím, že přidáme lokální uživatele (např. `pi`) do skupiny `www-data` (výchozí skupina uživatelů registrovaných pro manipulaci s webovými soubory Apache2):

```
sudo usermod -a -G www-data pi
```

Následně použijeme příkaz k rozšíření vlastnictví souborů a složek v adresáři `/var/www/html` i na avizovanou skupinu uživatelů.

```
sudo chown -R -f www-data:www-data /var/www/html
```

Po odhlášení a opětovném přihlášení již může nově přidáný uživatel v adresáři i souborech provádět změny.

Z důvodu přehlednosti je také vhodné jednotce *SBC* - Raspberry Pi změnit jeho původní *hostname* (**raspberry**) na například: **barman**. Tímto způsobem bude jednoduché zařízení v síti dohledat a především odlišit od jiných zařízení se stejným výchozím jménem. Konfiguraci je možné provést přímo v operačním systému za využití konfiguračního nástroje Raspberry Pi Configuration Tool v podobě příkazu:

```
sudo raspi-config
```

Změna názvu zařízení a tím pádem i doménového jména je skryta pod volbou: 2 Network Options.

Vyjma změny názvu zařízení je z praktického hlediska také vhodné na Raspberry povolit transportní protokol FTP, respektive modernější variantu SSH. Nebudeme tak nuceni provádět vývoj webových stránek přímo na samotném *SBC*, nýbrž na libovolném zařízení v místní síti, ze kterých můžeme zdrojové soubory vzdáleně nahrát do kořenového HTML adresáře. Využijeme stejný nástroj jako v předešlém případě (Raspberry Pi Configuration Tool) a v menu vybereme volbu 5 Interfacing Options a pak SSH. Zde provedeme aktivování SSH serveru. Na zařízení v síti pak stačí použít libovolného FTP klienta (např.: FileZilla [48]) s šifrovaným protokolem (SFTP). Pro provedení změn konfigurace je nutné Raspberry restartovat.

### 3.5.4 Webové uživatelské rozhraní a databáze nápojů

Uživatelské rozhraní představuje webová stránka, kterou získáme úpravami, či vytvořením nového souboru v kořenovém adresáři `/var/www/html`.

K úpravě stránky, respektive souboru, máme možnost uplatnit celou řadu základních skriptovacích jazyků. Vzhledem k tomu, že se snažíme navrhnout webovou aplikaci spravující relační databáze, je vhodné využít jazyk **PHP**, který je web servery (zde Apache [44]) nativně podporován a navíc podporuje i vývoj dynamických stránek. Každému uživateli tak budou poskytnuty aktuální informace - tedy například zda je jimi zvolený míchaný nápoj je k dispozici, či nikoliv. Pro *SBC* pak stránka zajistí přijetí nápojových požadavků do databáze a předání dat řídicí jednotce.

V prvé řadě bylo nutné stáhnout metabalík `php7.3` a další dodatečné balíčky [53] na Raspberry. Instalace zaručí, že budeme mít nainstalovanou alespoň jednu verzi interpreta PHP5. Balíčky jsou dostupné přímo v repositáři operačního systému Raspbian.

Proces stažení v terminálu:

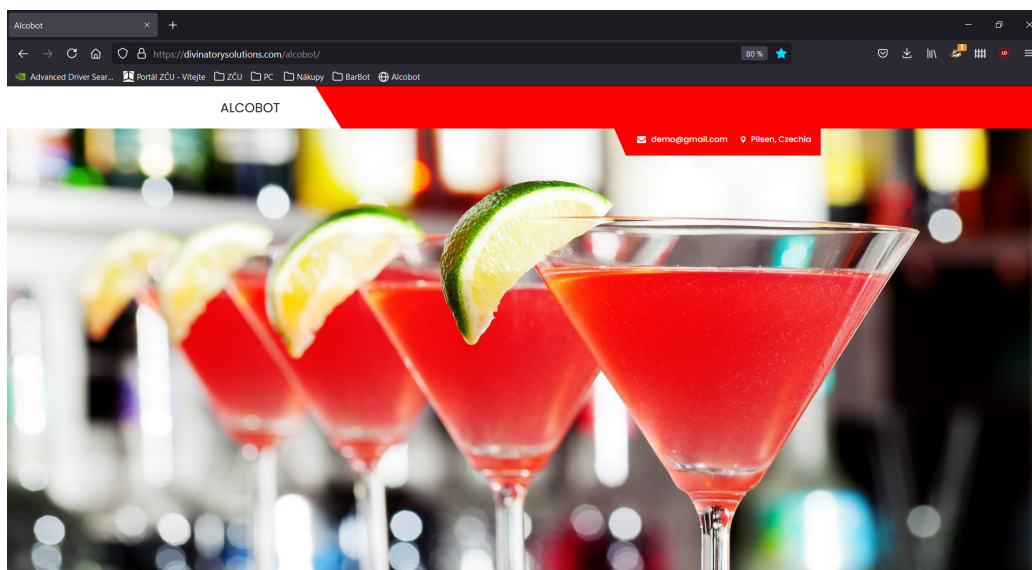
```
sudo apt install php7.3 libapache2-mod-php7.3
php7.3-mbstring php7.3-mysql php7.3-curl
php7.3-gd php7.3-zip -y
```

Tímto způsobem jsme úspěšně nainstalovali PHP na Raspberry a můžeme vytvořit nový `.php` soubor a vyvíjet skript tak, aby bylo z webové stránky možné provést výběr nápoje a následně přistoupit k nápojové databázi, provést ověření z databáze obsahu lednice a odeslat objednávku.

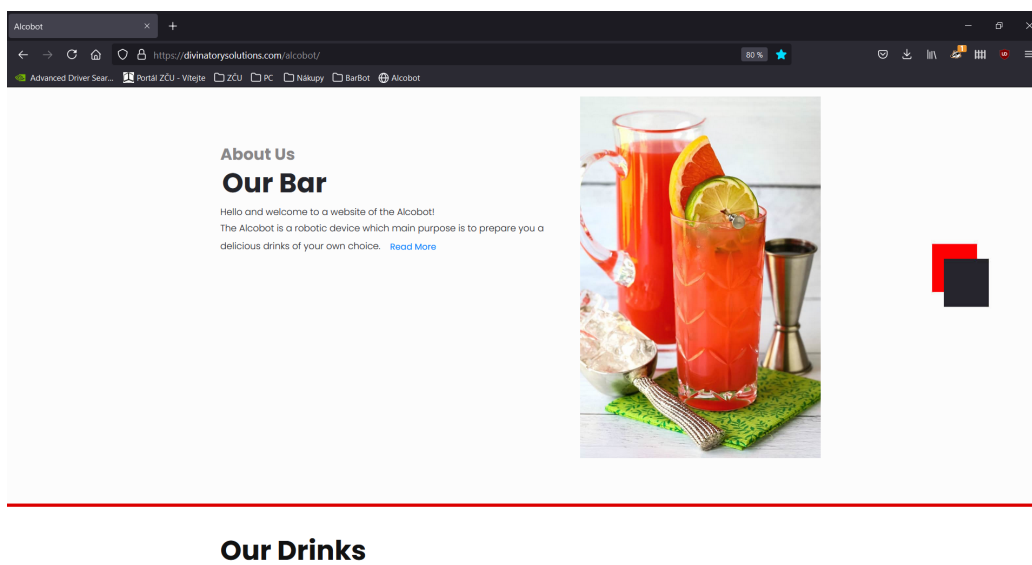
Vývoj probíhal v jazyce PHP a webová stránka je z části zachycena na snímcích obr. 53 až 56. Vyobrazena je úvodní obrazovka, sekce věnující se popisu zařízení a návodu k obsluze, dále přehled nápojů, lišty pro dohledání a výběru a také detail konkrétního koktejlu s možností objednání.

V kořenovém adresáři stránky je mnoho samostatných zdrojových souborů - hypertextových segmentů. Rozčlenění stránky zajišťují hlavička a patička (*header.php* a *footer.php*). Zahrnují v sobě strukturu, vzhled a umístění jednotlivých grafických prvků přímo na stránce. Prvky jsou jak čistě vizuální (*about-us.php*), tak také poskytují rozšiřující funkce pro uživatele (*side\_bar.php* - vyhledávání nápojů, *product\_details.php* - zobrazení detailu o nápoji s možností objednávky). Ústředním souborem je však *index.php*. Jedná se o kostru a zároveň vstupní bod webového rozhraní. Používá se jako šablona pro ostatní zdrojové soubory. K tomuto souboru se na webservru přistupuje.

O konfiguraci a připojení se k databázi se starají soubory ze složky `config`. Soubor *query.php* se dotazuje, zda jsme k databázi připojeni, přihlašovací údaje jsou pak v souboru *db.php*. Pro zajištění plynulého zobrazení s animacemi byly uplatněny soubory kaskádových stylů (CSS). Zbytek prvků tvoří ikonky a obrázky (složky `icon` a `images`). Před odesláním objednávky je požadavek umístěn do elementu představující košík. Zajistí to *add-to-cart.php*. Odebrání z košíku je pak v režii *remove-from-cart.php*. Opustí-li uživatel košík, má možnost si jej opětovně zobrazit (*view-cart.php*). Objednávka, respektive záznam, je předán do tabulky `Orders` skrze soubor *save-order.php*. O úspěšném odeslání objednávky jsme informováni proužkem v hlavičce stránky (*message.php*). Za účelem objednávání byl navržen *order-modal.php*. Definuje zobrazení prvků v košíku jako jsou například tlačítka, či náhled nápoje. Složka `js` s javascriptovými pluginy nadále rozšiřuje funkčnost (vyskakovací okna, posouvání, dotazy).

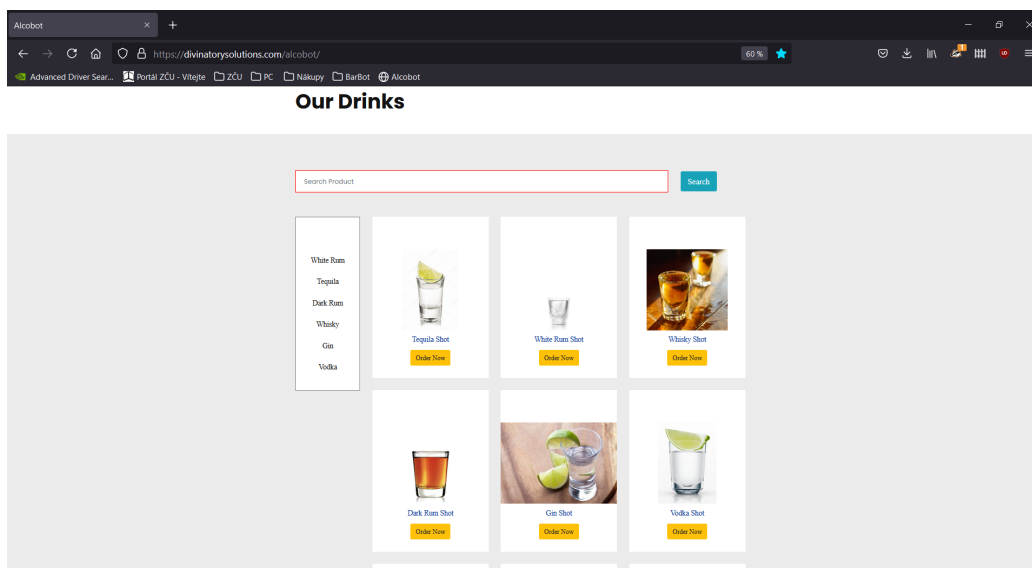


Obrázek 53: Úvodní/uvítací obrazovka webové stránky.

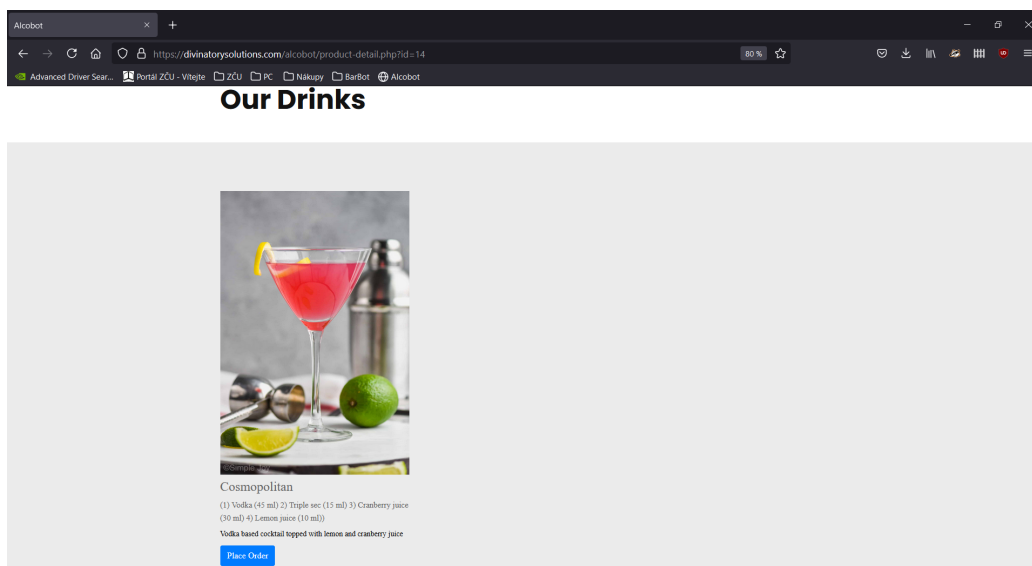


Obrázek 54: Sekce About Us - popis zařízení a návod k obsluze.

Z hlediska databází se jedná o dvě samostatné. Hlavní (`Drinks_menu`) a sekundární (`Drink_mixing_parts`). Vazba se pak nachází mezi tabulkami představující hlavní databázi a objednávky (`Orders`). Jedná se o vztah 1:N. Jeden nápoj z nabídky, lze objednat  $N$  krát. Vztah je zachycen na relačním schématu (57).

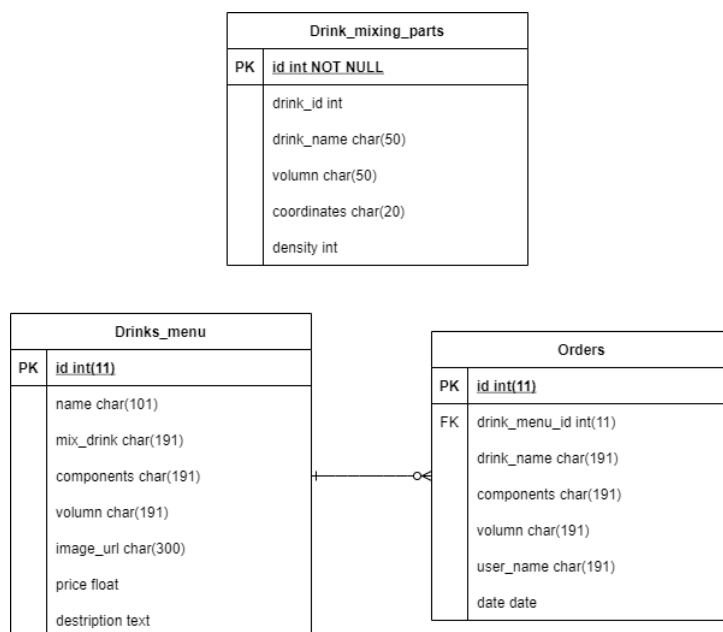


Obrázek 55: Přehled nápojů, postranní a vyhledávací lišta.



Obrázek 56: Detail koktejlu - popis, složení možnost objednávky.

Hlavní relační databáze (dále jen *db*) vychází ze Systému MySQL a představuje klíčovou komponentu dynamické webové stránky a způsob ukládání informací týkajících se míchaných nápojů a jejich bližších charakteristik - název, popis, pořadí složek, dávkovací objem, vyhledávací specifika a odkaz na ilustrační obrázky. Pomocí *db* a v ní obsažených záznamů s atributy bude možné na stránkách dohledat a zobrazit nabídku



Obrázek 57: Relační schéma databází.

nápojů a následně je i objednat - po kontrole se sekundární databází (tedy zda je daná složka k dispozici, nebo ne) je poslán požadavek na *SBC*. Sekundární *db* tak reprezentuje fyzicky přítomné láhve, včetně jejich označení a objemu. Právě dle hodnoty objemu lze rozpoznat, zda je složka k dispozici. S každým výdejem se uvedená hodnota objemu sníží o patřičné množství po provedení výdeje, až se dostaneme na nulu. Při dosažení nuly je nutné láhev fyzicky vyměnit. Na webové stránce se to projeví tak, že nápoje tvořené ze složek, jejichž objem je nedostačující se stanou nedostupnými - uživatelé si je nebudou moci objednat. Po ukončení chodu zařízení (jeho vypnutí) se zkontroluje obsah lednice. Požadované lahve se vymění a po dalším zapnutí *Alcobota* se objemy prázdných lahví obnoví na původní hodnoty. Restart objemu bude automatický, vždy pro prázdnou láhev. Tento princip však závisí na pravidelně prováděné kontrole obsahu lednice přímo správcem.

Pro provoz databází bylo nutné na Raspberry zajistit software MySQL serveru. Stáhneme požadovaný zdrojový balíček [54] zajišťující podporu plnohodnotnou podporu:

```
sudo apt install mariadb-server
```

Po instalaci je nutné serverovou *db* zabezpečit - konkrétně heslem určeného pro správce *root*. Ve výchozím stavu je možné k MySQL serveru přistoupit

bez jakékoliv autentizace. Heslo přiřadíme formální instalací příkazem:

```
sudo mysql_secure_installation
```

A postupujeme dle výzev. Chceme-li nyní přistoupit k databázovému serveru na Raspberry, případně provádět změny v *db*, zadáme následující příkaz:

```
sudo mysql -u root -p
```

Nyní je již možné v rámci příkazové řádky zadávat požadavky k vytvoření, změnám i odstranění *db*. Dále také můžeme vytvořit nové uživatele a přiřadit jim odpovídající oprávnění ke správě. Tímto je konfigurace hotová. Administraci však není nutné provádět pouze prostřednictvím příkazové řádky. K dispozici máme nástroj `PHPMysqlAdmin` [55] poskytující grafické rozhraní pro snazší a přehlednější správu. Je kompatibilní s Apache serverem i MySQL *db*. Nainstalujeme následující balíček:

```
sudo apt install phpmyadmin
```

Zobrazí se dialogové okno a postupujeme dle výzev. Zvolíme typ web serveru a propojíme nástroj s MySQL serverem a nastavíme zabezpečující podrobnosti. V základu je blokováno přihlášení do rozhraní pod uživatelem `root`. Proto je nezbytné vytvořit nového uživatele, kterému bude přístup skrze `PHPMysqlAdmin` garantován a bude moci vytvářet a spravovat data. Tak učiníme v rozhraní MySQL v příkazové řádce. Uživateli stanovíme přihlašovací údaje a umožníme přístup ke všem databázím na serveru. Generická ukázka procesu vytvoření:

```
GRANT ALL PRIVILEGES ON *.* TO 'username'@'localhost'
IDENTIFIED BY 'password' WITH GRANT OPTION;
```

Po úspěšném propojení nástroje s *db* a vytvoření uživatele se můžeme věnovat konfiguraci nástroje na web serveru typu Apache. Nejprve upravíme soubor `apache2.conf` z adresáře `/etc/apache2`. Na konec souboru přidáme specifický řádek, který zahrne nastavení nástroje `PHPMysqlAdmin`, umožní jeho načtení a naslouchání na Apache. Následně uložíme.

```
Include /etc/phpmyadmin/apache.conf
```

Po provedení změn restartujeme službu web serveru Apache k přepisu dosavadního nastavení novou verzí.

```
sudo service apache2 restart
```

Přístup k rozhraní `PHPMysqlAdmin` je pak v rámci zařízení možný pomocí libovolného webového prohlížeče. Zadáme adresu:

`http://192.168.1.108/phpmyadmin` (IPv4 se musí shodovat s vlastní



adresou Pi) a přihlásíme se pod vytvořeným uživatelem (log-in pod `rootem` není možný). Přímo uvedenou IP adresu lze nahradit doménovým názvem (*hostname*), který byl Raspberry přidělen dříve, viz 3.5.3.

Jak již bylo avizováno, MySQL *db* je dílčí komponentou webové stránky. Většina soudobých webových stránek požadují určitý druh *db* k zajištění správné funkčnosti. Aby bylo možné jí používat v PHP je nutné se ujistit, že je nainstalován propojovací modul (konektor). Balíček konektoru MySQL pro PHP [53] byl již nainstalován při konfiguraci modulů jazyka PHP.

Hlavní databáze obsahuje padesát záznamů. Jedná se o míchané nápoje, které je Alcobot schopen z dostupných komponent připravit. Pracujeme výhradně s tekutinami, proto se bude jednat v principu o směsi jednoho typu.

Vyjma názvů koktejlů a drinků dále obsahuje i strohé popisy, které uživateli blíže specifikují z čeho se vybraný nápoj skládá. Dalším atributem je pořadí výdeje jednotlivých míchaných složek a tomu odpovídající objemové množství - tento atribut prakticky představuje recept.

Aby bylo možné nápoj na webovém rozhraní jednoduše dohledat, respektive si zobrazit množinu výsledků odpovídající uživatelem hledanému klíčovému slovu, má každý nápoj přiřazenu množinu specifických slov, pomocí kterých je možné je dohledat. Je to vhodné například v situaci, kdy uživatel již předem tuší, o jaký druh nápoje by měl zájem. Nebude tak nutné listovat skrze kompletní nabídku a uživatel tak ušetří určité množství času. Pro nerozhodnutého uživatele samozřejmě zůstává možnost si kompletní nabídku projít a následně provést výběr. Obsahem jsou i *URL* odkazy na ilustrační obrázky, které budou použité na webu.

Hlavní *db* musí komunikovat s databází sekundární. Je to z toho důvodu, že se musí hlídat zbývající objem v lahvích a také má každá láhev vlastní unikátní označení a pozici výtoku nad výdejním pultem. Vedlejší databáze bude tedy obsahovat jednotlivé nápojové složky, jejich identifikátor (použije se k aktivování čerpání přes relátka), dále aktuální objem přítomný v nádobě (kontrola dostupnosti složky), souřadnici výtoku v krocích (vzdálenost od nulové polohy, použije se ke krokování motoru a polohování desky s nádobou) a hustotu v  $kg/m^3$ . Po přijetí objednávky od uživatele dojde k jejímu zpracování (zaznamenání do fronty) a porovnájí se dostupné objemy. Pak dojde k odeslání záznamu do řídicí jednotky, která je bude postupně zpracovávat.

Z webových databází se předávají celistvé řetězce, ty bude nutné rozebrat a převzít z nich minimálně: **jméno/přezdívka objednávajícího uživatele, identifikátory míchaných složek** v odpovídajícím pořadí dle receptu ve formě číselných identifikátorů, **požadované objemy složek v ml, fyzické souřadnice výtoků** pro každou ze složek v krocích, **číslo pinu** solenoidů napojených na lahev se složkou a **hustotu** čerpaných složek. Objemové údaje budou u kapalin s hustotou odlišnou od vody převedeny na hmotnost (v *g*) - viz 3.5.1. Jedná se o množství, které je pak naváženo váhovým senzorem. Váha vrací hodnoty v *g*, nikoliv v *ml*. Při dosažení nulového objemu, případně i nedostačujících hodnot (jednotky *ml*), se nápoje skládající z takovýchto složek stanou nedostupné a uživatelé si je nadále nebudou moci objednat - nedostatek se projeví i na webu. Zařízení by zpátky na server zasílalo informace o tom, zda výdej skutečně proběhl, anebo nikoliv. Pokud výdej neproběhl, hodnota objemu složky je přičtena zpět. Výchozí objemy lahví se obnoví po jejich výměně, tedy po restartu zařízení.

V přílohách (5 - Příloha B) jsou uvedeny přepisy záznamových položek obou databází.

### 3.5.5 Čerpání kapaliny

Čerpání jednotlivých složek bude záviset na provozu pumpy a uvolnění solenoidových trubek. Solenoidy a pumpa jsou připojeny na relé modul. Je to z toho důvodu, že chceme programově ovládat spínání obvodů různých zařízení pracujících na vyšším operačním napětím (12 V). Relé pak lze chápat jako spínač využívající nízkonapěťový pulz (3,3 V až 5 V) k aktivaci cívk, která sepne napojený obvod. Solenoidy a pumpa tak jsou v samostatném obvodu a nehrozí tak přetížení řídicí jednotky. Blíže je koncept popsán u použitého návodu [?]. Popisované funkce jsou ze souboru `main.py`

Každý relé modul je nutné pro komunikaci propojit s *SBC* pomocí dostupných GPIO pinů. Z těchto důvodů bude použit GPIO multiplexor [28].

Ovládání není příliš složité, je nutné pouze přepínat stavy na GPIO pinech. Využijeme již předem nainportovanou (viz 3.5.1) knihovnu `RPi.GPIO` jazyka Python. Nad objektem reprezentující dílčí pin (*GPIO*) pak nejprve zavoláme funkce pro nastavení číslovacího režimu - `setmode([GPIO.BCM, GPIO.BOARD])`. Místo číslování pinů, které je dáno specifikací čipu, použijeme přímo fyzická čísla *I/O* pinů dle schématického rozložení (obr. 23).

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
```

Dále musíme specifikovat v jakém režimu se daný pin nachází, zda vstupním (*input*) a nebo výstupním (*output*). Teprve pak je bude možné používat. K nastavení použijeme funkci *setup([pin], [GPIO.IN, GPIO.OUT])* předáváme číslo GPIO pinu a požadovaný režim. Chtěli bychom-li například nastavit pin 18 jako výstupní zavoláme funkci v následujícím tvaru:

```
setup(18, GPIO.OUT)
```

Aby nebylo nutné volat nastavení režimu a konfiguraci pinu, umístíme je do funkce (*setSolPump*). Ta bude obsahovat právě nastavení režimu a konfiguraci dvojice pinů - solenoidů a pumpy. Nyní již můžeme pin použít právě pro digitální výstup. Použijeme funkci *output([pin], [GPIO.LOW, GPIO.HIGH])*. Funkci předáváme opět číslo pinu a na jakou logickou úroveň má být pin přepsán, respektive jaké napětí přivedeno na korespondující relé modul (HIGH -> 3,3 V / LOW -> 0 V). Chtěli bychom-li například nastavit pin 18 na logickou úroveň LOW zavoláme funkci v následujícím tvaru:

```
GPIO.output(18, GPIO.LOW)
```

Máme-li **Low Level Trigger** relé tak dojde k jeho aktivaci - sepnutí a zapojeným obvodem začne procházet proud. Naopak, pokud bychom následně zavolali funkci s parametrem GPIO.HIGH, dojde k deaktivaci. Sepnutí nastavíme tak, aby nastalo v momentě, kdy pultík sklenicí dorazí pod vývod a rozepnutí pak nastane dle míry dotoku, respektive dle aktuálně načerpaného množství. Dotok je pasivní dočerpávání kapaliny zbytkem stlačeného vzduchu. Výstup je možné si také umístit do funkcí - *startSolPump(sol\_pin, pump\_pin)* přivádí na relátka hodnotu LOW (spíná obvod) a funkce *endSolPump(sol\_pin, pump\_pin)* hodnotu HIGH (rozepíná obvod).

Pokud naopak chceme číst hodnoty z relé modulů - na jaké úrovni se aktuálně nachází, použijeme funkci *input([pin])* a předáme ji číslo požadovaného pinu (respektive relé). Funkce vrací booleovské hodnoty TRUE a FALSE (HIGH a LOW). Ukázka čtení hodnot pak vypadá následovně:

```
if GPIO.input(17):
    print("Pin 11 is HIGH")
else:
    print("Pin 11 is LOW")
```

Zpoždění je možné do kódu vložit a propagovat funkcí `sleep([seconds])` z importované knihovny `time`. Funkci voláme nad objektem knihovny `time`. Využijeme ji ke stanovení délky chodu čerpadla, případně na jak dlouho má dojít k otevření ventilu. Jako parametr předáváme časový údaj v sekundách. Uvolnění využívaných zdrojů (GPIO pinů) zajistí funkce `cleanup()` - funguje jako `Garbage Collector`.

Testování průběhu čerpání a vlivu doprovodných jevů, které se projeví nejen na délce čerpání, ale také na přesnosti, jsou rozebírány v sekci 3.6.

### 3.5.6 Indikace LED páskem a displejem

**Kalibrace LED pásku:** Jedná se o pásek složený z SMD5050 čipů. Každý čip obsahuje tři LEDky, výslednou barvu tak získáme sloučením různých jasností všech diod. Pásek není vybaven žádným kontrolérem (např. *WS2812B*), čipy tak nebude možné ovládat jednotlivě. Pro naše účely však stačí, aby v jednom okamžiku více LEDek vyzařovalo jednu konkrétní barvu představující příslušný stav zařízení (IDLE, PREPARE, READY, ERROR a případně další rozeznávající konkrétní chybové stavy).

K ovládání pásku využijeme volně dostupnou softwarovou knihovnu `PiGPIO` ([61]) realizovanou v jazyce C. Stáhneme a nainstalujeme ji například příkazem:

```
wget http://abyz.me.uk/rpi/pigpio/pigpio.zip &&
    unzip pigpio.zip && cd PIGPIO &&
    sudo make install
```

Knihovnu lze samostatně spustit:

```
sudo pigpiod
```

Před zahájením testování je nutné si zjistit, na jakých GPIO pinech jsou jednotlivé diody čipu napojeny. Číslo pinu předáváme společně s hodnotou jasu (od 0 do 255) jako parametry programu `pigs`. Pak lze libovolně upravovat jas diod, abychom dosáhli požadovaných barev.

```
pigs p 17 255
```

U příkladu výše je u diody připojené na GPIO pinu 17 (reprezentuje např. červenou diodu) nastaven jas na 100%. Nastavili bychom obdobným způsobem modrou a zelenou diodu, avšak s jasy na poloviční úrovni (tzv. předali jako parametr 128) výsledná vyzařovaná barva by byla fialová. Takto lze testovat správnou funkčnost pásků.

Uvedenou knihovnu `PiGPIO` je možné naimportovat i v jazyce `Python`. Bude tak možné LEDky rozsvěcovat a regulovat přímo z kódu. Inicializujeme si objekt reprezentující importovanou knihovnu:

```
pi = pigpio.pi()
```

A následně lze nad objektem volat sadu dostupných funkcí. Významná je především funkce `set_PWM_dutycycle(PIN, BRIGHTNESS)`, která jako parametry přijímá právě číslo GPIO pinu a celočíselnou hodnotu jako požadovaný jas. RGB čipy na pásku pak začnou svítit nakonfigurovanou barvou. Důležitá je i funkce `stop()`, která diody v čípech plošně zhasne. Nebude tak vyzařována žádná barva. Funkce mohou být volány dle potřeby. Funkce reprezentující jednotlivé stavy zařízení se nacházejí ve zdrojovém souboru `main.py`. Konfigurace jednotlivých LEDek je zahrnuto ve funkcích jednotlivých stavů zařízení.

**Kalibrace LCD displeje:** U displeje je důležitý převodník z  $I^2C$  v podobě čipu PCF8574 ([58]), ten konvertuje  $I^2C$  signál z Pi do paralelní podoby, jež už je přímo podporována. K zajištění správné funkčnosti LCD displeje bylo stejně jako při konfiguraci krokových motorů (3.5.2) nutné povolit podporu komunikace přes  $I^2C$  a nutnost nainstalovat funkcionální balíčky (`python-smbus` [50], `i2c-tools` [51]). První balík nám umožní získat adresu displeje a druhý pak knihovnu Pythonu pro přístup ke sběrnici. Zadáme příkaz:

```
i2cdetect -y 1
```

Z tabulky adres zařízení vybereme a zaznameneáme korespondující adresu displeje.

K ovládání je volně k dispozici knihovna jazyka Python `RPI_I2C_driver` ([60], licence: 5 - Příloha H) se základní sadou funkcí k inicializačním i konfiguračním účelům. Ve zdrojového souboru `RPI_I2C_driver.py` provedeme změny na řádcích definující port sběrnice  $I^2C$  (`I2CBUS = 1`) a hexadecimální adresu displeje (např. `ADDRESS = 0x21`).

Soubor obsahuje třídu `i2c_device`, která provede inicializaci zařízení a dále obsahuje funkce k zápisu a interpretaci příkazů, doprovodných argumentů a datových bloků. Příkazy hexadecimálně reprezentují činnosti konané na displeji. Nadefinovány jsou i *flagy* pro režimy zobrazení, zapnutí/vypnutí, posun a podsvícení.

Třída `lcd` obsahuje funkci k inicializaci objektu lcd displeje (`I2C_LCD_driver.lcd()`). Dále také funkci pro zobrazení předaného řetězce (`lcd_display_string(string)`). Důležité je i vyprázdnění displeje (`lcd_clear()`). Více funkcí není pro základní použití potřeba.

Kompletní přehled a popis funkcionality zdrojového kódu viz webový odkaz v [60]. Veškeré funkce můžeme naimportovat do vlastních zdrojových souborů (`main.py`) a kombinovat dle libosti. Displej bude vypisovat stavy

zařízení, shodující se se stavy RGB pásku (viz 2.5). Po dokončení přípravy vypíše řetězec obsahující jméno uživatele a že je jeho nápoj připraven.

### 3.5.7 Řídící kód

Hlavní metodu představuje funkce `__main__` ze zdrojového souboru `main.py`. Nejprve dojde k informačnímu výpisu v podobě stavu `boot(lcd, pi)`. Následně se vyčká pět sekund a spustí se nekonečná smyčka. Ve smyčce dochází k vypisání aktuálního stavu - `idle(lcd, pi)`. A následně čtení a zpracování požadavků z databázového systému -

```
open(params["requestsLocation"], "r") a orders = json.loads(requests.read())  
. Nyní se zkontroluje podmínka, že došlo k načtení nového požadavku a pokud ano, zavolá se funkce request_service(name, arr_id, arr_vol). Funkci ze souboru/databáze předáme neupravené řetězce se jménem uživatele, polem identifikátorů složek a polem objemů, které se mají načerpat.
```

Funkce si jednotlivé řetězce rozdělí (`split()`) a uloží do lokálních proměnných pro další operace. Následuje volání validačních smyček, která kontroluje, zda získané hodnoty identifikátorů a objemů jsou platné.

Procházejí se obě celá pole (`id_arr[i]` a `vol_arr[i]`).

Je-li vše v pořádku vypíše se stav `place_glass(user, lcd, pi)`, informující uživatele, že má na pultík umístit sklenici. Následuje kontrola naměřené váhy sklenice funkcí `weight_placement()`. V případě návratové hodnoty -1 dochází k návratu do smyčky funkce `__main__`, jinak funkce běží dál. Nyní je nutné převést objemy složek (s hustotou jinou než voda) na hmotnost v gramech. Ve smyčce o délce pole složek se hustoty porovnávají s hustotou vody a v případě nutnosti nastane přepočítání a přepis hodnot v poli.

Následuje indikace stavu zahájení přípravy `prepare(lcd, pi)` a inicializace vláknových spínačů. Pro každou složku, která má být načerpána, se bude opakovat následující posloupnost operací - Stanoví se počet kroků (`step_num`) potřebných k posunu pod svod z nulové polohy a od této hodnoty se odečte počet kroků vykonaných v předchozí iteraci (`step_temp`). Nad instancí motoru (`myStepper`) zavoláme funkci `step()`. Předáme jí získaný počet kroků a další potřebné parametry (směr, styl kroků). Ideálně nyní by se spustilo vlákno s funkcí spínačů (`thread_switch(pin1, pin2)`). Motor se začne pohybovat směrem k vývodům. Překročení pozice nejbližšího svodu a tím dosažení koncové polohy by spínač indikoval navrácením hodnoty 1. Nutné by tak bylo vypsat chybové hlášení (`error(lcd, pi)`) a vrátit pultík zpět do nulové polohy tím, že se funkci `step()` předá počet kroků odpovídající dráze z nulové do koncové polohy a opačný směr (krokování zůstane stejné). Před

návratem do hlavní smyčky čekáme na odebrání sklenice. Nedošlo-li však k sepnutí spínače, pultík se nachází pod svody. Stanovíme si množství kapaliny, které budeme chtít načerpat (`placement_ret` - po započtení váhy sklenice) a původní hodnotu bez váhy sklenice uložíme pro příští iteraci. Zavoláme funkci `setSolPump()`, předáme požadovaný režim, číslo pinu relátka na kterém jsou napojeny solenoidy odpovídající lahve a číslo pinu pumpy. Čerpání zahájíme `startSolPump()`, předáme pouze čísla pinů. Zahájí se měření váhy při čerpání (funkce `weight_drink(placement_ret)`). Funkce skončí a porovná se návratová hodnota, je-li `True`, čerpání se ukončí zavoláním funkce `startSolPump()` a může následovat další iterace cyklu. V případě `False` také dojde k ukončení čerpání, ale pak se vypíše chybové hlášení a pultík bude uveden do pohybu směrem zpátky do nulové polohy. Pak bude následovat uvolnění používaných prostředků (motory, piny). Takto se načerpají všechny požadované složky nápoje. Po skončení smyčky se se pultík s připraveným nápojem začne vracet do nulové polohy. Funkci `step()` v tomto případě předáme počet rovnající se vzdálenosti svodu poslední načerpané složky od počátku (a opačný směr). Platforma se tak uvede do pohybu. Návrat nám pak potvrdí nulový spínač, jelikož funkce navrátí hodnotu 0. Zobrazí se stav `ready(name, lcd, pi)` a volá se funkce kontrolující odebrání sklenice (`weight_ready()`). Dokud se sklenice neodebere, nenastane návrat zpět do hlavní metody `_main_`. Může však nastat situace, že pultík do nulové pozice nedorazí (spínač se nesepe). Pak bude nutné pultík posouvat krok po kroku funkcí `oneStep()` a po každém vykonání kontrolovat, zda již k sepnutí došlo. Takto by se postupovalo, dokud k návratu nedojde. Následně je již proces shodný s předcházející situací. Po návratu z funkce `request_service()` je možné provést analýzu návratových hodnot. Funkce navrací 0, proběhl-li výdej v pořádku. Hlavní funkce spustí smyčku znovu a zpracovává další požadavek. K vrácení hodnoty 1 dojde v okamžiku, že nastala méně závažná chyba (vadný formát dat, neumístění sklenice, přesah do koncové polohy, načerpání jiného množství apod.) V tomto případě jde o chyby, při kterých je možné se zotavit, uživatele o neúspěchu informovat a začít zpracovávat nový požadavek. Speciální stav by pak v možném rozšíření představovala hodnota -1. Jednalo by se o chybu HW, kdy by například nebylo možné zprovoznit/zastavit motor, nebo pumpu. Systémové volání (např. `os.system("sudo shutdown -h now")`) poslouží k ukončení běhu programu a vypnutí řídicí jednotky. Mohli bychom zkusit odebrat napětí a celého robota restartovat. Pokud to nepomůže, je závada pravděpodobně HW charakteru a nebudou nic jiného než poškozenou součást vyměnit. Při nečekaném ukončení zařízení by se použilo volání `atexit.register()`. To zajistí korektní uvolnění zdrojů.

### 3.6 Testování rychlosti čerpání a přesnosti dávkování

Testování jak rychle dávkování probíhá bylo provedeno za použití vzduchové pumpy a váhového modulu. Mezi zasíláním signálů různých úrovní (LOW a HIGH) do relátek musí být časová prodleva, aby mohlo dojít k načerpání požadovaných objemů. Zaslání těchto signálů aktivuje/deaktivuje solenoidy a pumpu. Princip čerpání spočívá v natlakování láhve stlačením vzduchu. Působící tlak pak vytlačuje nestlačitelnou kapalnou složku směrem k výdeji (teorie: 2.2.3, důvod výběru: 3.1.2).

Při čerpání musíme počítat s fyzikálními vlastnostmi jak pneumického systému i kapalin. Zásadní vliv na rychlost i přesnost čerpání, má přímo stlačovaný vzduch, respektive jeho množství. Čím více vzduchu je možné v lahvi stlačit, tím vyšší bude tlak a tím rychleji proběhne načerpání potřebného objemu. Množství vzduchu poroste s klesajícím objemem kapaliny v lahvi. Z toho vyplývá, že z poloplné lahve bude sice čerpání probíhat rychleji, zato ale dotékání bude trvat déle, než-li u ekvivalentní lahve o plném objemu. Doba natlakování je v obou případech zanedbatelná - maximálně desetiny vteřiny. Po sepnutí obvodu čerpadla a solenoidu je čerpání iniciováno prakticky okamžitě. Natlakování láhve se tak bude neustále měnit - s každým čerpáním. Okamžité odměřování objemu, respektive váhy, nepředstavuje problém, jelikož váhový modul konzistentně zobrazí váhový údaj - jen dříve/později dle toho, kdy je požadovaného množství dosaženo. Komplikaci představuje fakt, že i po rozepnutí relátka, na kterém je napojen odpovídající solenoidový ventil (ten se tak uzavře), bude zbývající pneumický tlak nadále kapalinu vytlačovat. Bez testování by však nebylo možné stanovit, o jaké množství se bude jednat. Opět bude platit, že čím více bude láhev natlakována, tím větší bude i dotok. Čerpání bude nutné ukončit ještě před dosažením požadovaného množství složky dané receptem. Nebude-li tak učiněno, dávkování nebude ani částečně přesné.

Předpoklady, že tlak vzduchu poroste se snižujícím se objemem kapaliny a projeví se to dlouhým dotékáním platí pouze v situaci, že pneumickou aparaturu neprovzdušňujeme. Pokud bychom například jeden ventil použili k uvolnění vzduchu vždy po konci chodu pumpy, dotok by se tak zredukoval a dávkování zpřesnilo. Navíc by nebylo nutné po každém výdeji setrvávat na pozici svodu déle, než je nezbytně nutné.

Na dotok mají vliv i samotné kapaliny. Ty se vyznačují adhezí, tedy přilnavostí, která způsobí, že určité množství kapaliny při jejím čerpání utkví přímo v hadičkách a tyto zbytky buďto v hadičkách zůstávají (a tím ovlivňují proces čištění) nebo za působení tíhové síly svévolně



vytékají/vykapávají.

Před zahájením testování rychlosti výdeje a jeho přesnosti je nutné si vytvořit fyzikální model popisující proces čerpání, z něj odvodit platné důsledky a jejich platnost experimentálně ověřit. Změříme množství načerpané kapaliny při konzistentní době čerpání a různých objemových stavech. Dále také, zda k dotoku vůbec při daném stavu objemu v láhvi dochází a množství dotékající kapaliny. Lahve jsou dle svých objemů rozděleny do několika segmentů. Například u lahve s objemem 1,5 l postupujeme po jednotkách rovných 250 ml. Metodika bude následující: Testovanou láhev naplníme tak, aby vždy obsahovala 100% deklarovaného objemu. Následně provádíme čerpání po dobu trvající přesně jednu/tři vteřiny. Pro každý oddíl (daný konkrétní objem) si zaznamenáme načerpané množství kapaliny a zda docházelo k dotékání. Pokud ano, čas změříme. Testujeme jak pneumatický systém bez provzdušnění, tak i s ním. Výsledky zaznamenáme. U systému bez provzdušňování se budeme snažit určit vztah mezi délkou dotoku a zbývajícím objemem v lahvi.

U alternativy s provzdušňováním pak jaký vliv má doba provzdušnění vzhledem ke zbývajcímu objemu na načerpané množství. Pro testování uplatníme script v Pythonu.

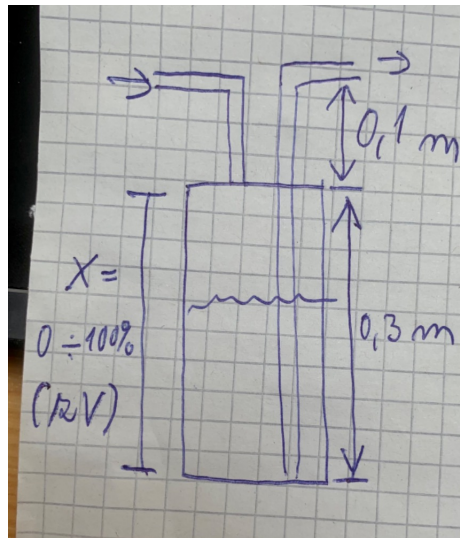
Zaměříme se přesné trvání čerpání, nikoliv na odměřování stále stejné objemové hodnoty. Pro minimalizaci vlastních chyb měření jednotlivá měření v rámci pokusů alespoň jednou opakujeme u blízké objemové hodnoty. Použijeme referenční plastovou láhev o objemu 1,5 l. Výsledky jsme zaznamenávali do tabulek.

### 3.6.1 Testování - fyzikální model

Experimentální měření je potřeba podložit modelovou situací. V našem případě budeme zkoumat vytlačování kapaliny natlakovaným vzduchem. Konkrétně se bude jednat o vztah mezi aktuálním objemem kapaliny v lahvi, odpovídajícím objemem vzduchu a tlakem, který na kapalinu působí. popisu tohoto jevu uplatníme stavové veličiny -  $p$  - tlak [Pa] a  $V$  - objem [l]. Hydrostatický tlak ( $p$ ) vzduchu v lahvi působí na objem ( $V$ ). Aby byla zachována konzistentnost čerpání, a výdej tak probíhal stále stejně, je nutné, aby s klesajícím objemem v lahvi vzrůstal tlak vzduchu. Musí tak být zachován následující rovnost:

$$pV^x = konst. \quad (1)$$

Objem vzduchu/kapaliny závisí na provedení lahve, každá tak může mít různé parametry. Zvolíme například referenční láhev o výšce 30 cm a která pojme 1,5 l. Situace tak vypadá následovně: Nyní lze po započtení



Obrázek 58: Modelová situace čerpání.

trubicového vedení stanovit objem vzduchu v lahvi v závislosti na zaplnění. Předpokládáme, že se do plné modelové lahve vejde 100 ml vzduchu.

$$V_{vzduch} = 0,1 + 1,5 - 1,5 * x \quad [l] \quad (2)$$

Veličina  $x$  označuje procentuální zaplnění lahve kapalinou. Hydrostatický tlak pak vychází z následující rovnice. Pro zjednodušení zaokrouhlíme hodnotu tíhového zrychlení.

$$\delta p_h = h\rho g = (0,1 + 0,3 - 0,3 * x) * 1000 * 10 \quad [Pa] \quad (3)$$

$$\delta p_h = h\rho g = 4000 - 3000 * x \quad [Pa] \quad (4)$$

Kde  $h$  je výška sloupce, který musí kapalina překonat,  $\rho$  je hustota kapaliny a  $g$  je zaokrouhlená hodnota tíhového zrychlení. Takto jsme získali přetlak nutný k vytlačení kapaliny z lahve. Je-li láhev natlakována na nižší hodnotu tlaku, kapalina přestane vytékat. O natlakování se bude starat vzduchová pumpa. Absolutní tlak k vytlačení kapaliny vzhledem k procentu zaplnění lahve pak lze odhadnout započítáním přibližné hodnoty atmosférického tlaku ( $p_0$ ).

$$p_h = 104000 - 3000 * x \quad [Pa] \quad (5)$$

Model nyní můžeme otestovat. Vycházíme ze stavu, že je láhev odtlakována. A působí pouze atmosférický tlak. Objem vzduchu se stanoví dle hladiny kapaliny v lahvi.

$$p_0 = 100000 [Pa], V_0 = 1,6 - 1,5 * x_0 \quad [l] \quad (6)$$

Začneme foukat vzduchu s průtokem  $f$  [ml/s] po dobu  $t$  [s]. Vycházíme z předpokladu, že se hladina nehýbe a průtok čerpadla je dle výrobce ([17]) v ideálním případě  $4 \text{ l/min}$ , tedy  $67 \text{ ml/s}$ . Použijeme  $60 \text{ ml/s}$ . Dojde ke zvýšení tlaku v lahvi na úroveň  $p_1$ . Objem se zatím nemění (nečerpá se).

$$p_1 = \frac{V_0 + t * f}{V_0} * p_0[\text{Pa}], V_1 = 1,6 - 1,5 * x_0 \quad [\text{l}] \quad (7)$$

Nyní již tlak začne kapalinu vytlačovat. A to tak dlouho, dokud nepoklesne na hodnotu, že již k vytlačování nedochází. Hodnota, kdy vytlačování skončí je pak dáno tlakem  $p_2$ . Vzduch se nepřibývá, ani neubývá - odpovídá absolutnímu tlaku pro dané procento objemu v lahvi. Objem  $V_2$  stanovíme dle uvedeného vztahu. Ale tentokrát již s jinou úrovní hladiny ( $x_2$ )

$$p_2 = 104000 - 3000 * x_2[\text{Pa}], V_2 = 1,6 - 1,5 * x_2 \quad [\text{l}] \quad (8)$$

Vzhledem k tomu, že v tomto stavu se množství vzduchu nemění, lze uplatnit stavovou rovnici:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (9)$$

Dosadíme do rovnosti:

$$\begin{aligned} \left( \frac{1,6 - 1,5 * x_0 + t * f}{1,6 - 1,5 * x_0} * 100000 \right) * (1,6 - 1,5 * x_0) = \\ (104000 - 3000 * x_2) * (1,6 - 1,5 * x_2) = \\ 16000 - 15000 * x_0 + 100000 * t * f = \\ 166400 - 4800 * x_2 - 156000 * x_2 + 4500 * x_2^2 \\ x_2^2 - 35,733 * x_2 + 1,422 + 33,33 * x_0 - 22,22 * t * f = 0 \quad (10) \end{aligned}$$

Nyní můžeme teoreticky stanovit, kolik objemu načerpáme při dané době  $t$ . Musíme určit kořeny kvadratické rovnice, odkud získáme hladinu v lahvi a tím načerpané množství. Čas si zvolíme vteřinu, respektive tři a a průtok je fixní ( $60 \text{ ml/s}$ ) a počáteční hladina  $x_0$  odpovídá plné lahvi (100%) a pak poloplné láhvi (25%).

Příklad 1.:  $t * f = 0,06 \text{ [ml/s}^2\text{]}$ :

$$\begin{aligned} x_0 = 1 : x_2^2 - 35,733 * x_2 + 33,422 = 0 \\ x_2 = 0,961, V_2 = 1 - 0,961 = 39 \quad \text{ml} \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_0 = 0,25 : x_2^2 - 35,733 * x_2 + 1,422 + 8,4213 = 0 \\ x_2 = 0,237248, V_2 = 0,25 - 0,237248 = 12,7 \quad \text{ml} \quad (12) \end{aligned}$$

Příklad 2.:  $t * f = 0,18 [ml/s^2]$ :

$$\begin{aligned}x_0 = 1 : x_2^2 - 35,733 * x_2 + 30,755 &= 0 \\x_2 = 0,880; V_2 = 1 - 0,880 &= 120 \text{ ml}\end{aligned}\tag{13}$$

$$\begin{aligned}x_0 = 0,25 : x_2^2 - 35,733 * x_2 + 5,7549 &= 0 \\x_2 = 0.161785; V_2 = 0,25 - 0,161785 &= 88,2 \text{ ml}\end{aligned}\tag{14}$$

Po vypočtení hodnot jsme získali přehled o tom, kolik kapaliny budeme načerpáno za danou dobu chodu pumpy. Hodnoty zkusíme experimentálně ověřit.

### 3.6.2 Testování - experimentální měření

Budeme experimentálně ověřovat získané poznatky z teoretického fyzikálního modelu. Odměřovat budeme množství načerpaného objemu při různých stavech lahve a při různě dlouhé době čerpání.

Důležitý poznatek je, že prvotní natlakování plné lahve po zasazení do pneumatického systému se projeví načerpáním menšího množství. Doba dotoku roste s klesajícím objemem. U čerpání po dobu jedné sekundy nastal zlom po překročení poloviny deklarovaného objemu, kdy se doba dotoku snižovala a s ní i čerpaný objem. Mohlo to být způsobeno tím, že láhev se za dobu jedné sekundy nestačila již dostatečně natlakovat. Pokusy jsme prováděli v těsném sledu (max desítky vteřin), únik vzduchu byl tak minimální. U čerpání po dobu tří sekund však tento trend již nepanoval. Výjimku představuje kratší dotok u objemů těsně u dna. Na vyčerpaném množství se to však markantně neprojevovalo. V situacích, že došlo k dostatečnému natlakování lahve, platí zákonitost, že za trojnásobnou dobu čerpání, se načerpá i trojnásobný objem. Delší čerpání lze považovat za částečně přesné - lišili jsme se v jednotkách  $ml$  (není-li bráno v potaz prvotní natlakování). Momentálně lze usoudit, že problém bude představovat čerpání menších objemů (pod  $75 \text{ ml}$ ). Dotékání nebylo nijak regulováno. Můžeme dosažené výsledky srovnat s teoretickou predikcí (3.6.1). Výsledky jsou odlišné, ale je to způsobeno delším vedením vzduchové trubice, tudíž se liší i výška sloupce ( ). Případně se pumpa vyznačuje jinou průtokovou hodnotou. Řádově si však hodnoty blízké jsou. Zkusíme ještě čerpání s otevřením provzdušňovacího ventilu - s ním však již teoretický rozbor nepočítá.

Vztah zbývajícího objemu a dotékání při neprovzdušnění:			
Objem v lahvi [ml]	Doba čerpání [s]	Doba dotoku [s]	Načerpáný objem [ml]
1500	1	3,48	33
1463	1	4,36	32
1250	1	6,15	35
1211	1	6,85	36
1000	1	7,62	32
968	1	7,94	34
750	1	8,28	33
717	1	8,63	32
500	1	8.01	27
473	1	7.75	24
250	1	7.98	21
226	1	7.05	20
1500	3	4,46	100
1400	3	5,38	115
1285	3	6,15	109
1176	3	6,85	115
1061	3	7,62	115
944	3	7,94	117
825	3	8,28	119
705	3	8,63	120
583	3	8.01	122
473	3	7.75	123
350	3	7.98	120
230	3	7.05	119
111	3	7.05	110 (zbytek)

**Tabulka 1:** Záznam naměřených hodnot při neprovzdušněném čerpání z plastové lahve.

Čerpali jsme vždy po stejnou dobu a manipulovali pouze s provzdušňovacím ventilem (jak dlouho měl setrvat otevřený). Použijeme-li k dávkování tento princip, sníží se nám počet lahví z patnácti na čtrnáct. Z tabulky je patrné, že čím déle zůstal otevřený, tím kratší byl dotok. Od určitého objemu v lahvi již prakticky neovlivňoval množství, které se načerpá. Získali jsme prakticky shodné hodnoty. Zredukovali jsme tak dobu dotoku, avšak je nutné si uvědomit, že při stejné době čerpání jako v 1 jsme získali pouhý zlomek objemu. K vykompenzování tohoto faktu bychom museli čerpat delší dobu a tím výhoda zkrácení dotoku mizí. Automaticky

Zbývající objem a načerpané množství při proměnlivé době provzdušnění:						
V lahvi [ml]	Čerpání [s]	Provzduš. [s]	Dotok (1. pok.) [s]	Načerp. (1. pok.) [ml]	Dotok (2. pok.) [s]	Načerp. (2. pok.) [ml]
1500	1	2	5,45	27	5,60	28
1500	1	2.25	4,98	23	4,78	24
1500	1	2.5	4,31	26	4,35	29
1250	1	2	2,38	18	2,45	18
1250	1	2.25	2,30	18	2,21	18
1250	1	2.5	2,38	18	2,41	18
1000	1	2	0	16	0	17
1000	1	2.25	0	16	0	15
1000	1	2.5	0	16	0	15
750	1	2	0	13	0	13
750	1	2.25	0	13	0	13
750	1	2.5	0	13	0	13
500	1	2	0	9	0	9
500	1	2.25	0	9	0	9
500	1	2.5	0	10	0	10
250	1	2	0	5	0	5
250	1	2.25	0	5	0	5
250	1	2.5	0	6	0	7

**Tabulka 2:** Záznam naměřených hodnot při provzdušněném čerpání z plastové lahve s různou dobou odvodu vzduchu.

platí trend, že při krátké době čerpání nedojde k dostatečnému natlakování láhve při nižších objemech a dodatečným únikem vzduchu je tento poznatek ještě zřetelnější. Následně se pokusíme prodloužit dobu čerpání a zachovat délku provzdušnění.

Změnili jsme dobu čerpání tak, aby přesahovala dobu pro odtlakování. Dosažené výsledky jsou velice přesné, liší se jen v jednotkách procent. Je to také dáno tím, že pumpa stihne za tři vteřiny láhev dostatečně natlakovat. Odtlakování pak zajistí dostatečné odvedení přebytečného vzduchu. Dotok pak zajistí načerpání exaktního množství. Všimněme si však, že doba dotoku při klesajícím objemu vždy vzrůstala. V kontextu s tabulkou 1 jsme sice čerpali mnohem přesněji, avšak dotok už v polovině objemu lahve přesahuje 10 vteřin. S dalším se snižujícím objemem v lahvi výhodnost tohoto postupu klesá. Delší čerpání s provzdušněním se hodí pouze

Zbývající objem a načerp. množství při konstantní době provzdušnění:				
Objem v lahvi [ml]	Doba čerpání [s]	Doba provzdušnění [s]	Doba dotoku [s]	Načerpaný objem [ml]
1500	3	2	1,35	74
1426	3	2	1,98	76
1350	3	2	2,15	77
1273	3	2	2,50	76
1197	3	2	2,71	74
1123	3	2	7,97	77
1046	3	2	8,55	74
972	3	2	8,78	75
897	3	2	8,98	74
823	3	2	9,88	74
749	3	2	10,08	76
673	3	2	10,21	75
598	3	2	10,80	75
523	3	2	11,03	74
449	3	2	11,28	74
375	3	2	11,51	74
301	3	2	11,86	74
227	3	2	12,43	75

**Tabulka 3:** Záznam naměřených hodnot při provzdušněném čerpání po dobu 3 vteřin z plastové lahve.

v situaci, že čerpáme z plné lahve. Dosažená přesnost nás však zaujala a zkusili jsme ji replikovat i v rámci kratšího čerpání (1 sekunda). Pokud bychom nezměnili parametr pro odvzdušnění, dosáhly bychom výsledků stejných jako v tabulce 2. Proto jsme se rozhodli zachovat poměr doby čerpání a odvzdušnění. Tedy 3:2. Pro sekundu čerpání tak bude připadat 0,67 sekundy provzdušnění (tabulka 4).

Stanovený poměr dle výsledků platí jen z části. Jakmile jsme opět překročili polovinu objemu, došlo k zásadnímu poklesu v čerpané hodnotě. Pro čerpání větších objemů je možné tento vztah využít. Problematické zůstává čerpání menšího množství kapaliny z poloprázdné láhve. Vykompenzovat menší množství bude nutné prodloužením doby dotékání. O tolik procent, kolik se snížilo vydané množství budeme muset zvýšit i dobu čerpání.

Zbývající objem a načerp. množství při konstantní době provzdušnění:				
Objem v lahvi [ml]	Doba čerpání [s]	Doba provzdušnění [s]	Doba dotoku [s]	Načerpáný objem [ml]
1500	1	0,67	2,15	25
1479	1	0,67	2,24	24
1457	1	0,67	3,02	25
1435	1	0,67	3,67	23
1250	1	0,67	5,26	23
1229	1	0,67	5,76	24
1208	1	0,67	6,22	23
1000	1	0,67	8,12	23
979	1	0,67	8,47	21
958	1	0,67	8,75	21
750	1	0,67	4,97	16
734	1	0,67	4,76	15
719	1	0,67	4,49	14

**Tabulka 4:** Záznam naměřených hodnot při provzdušněném čerpání po dobu jedné vteřiny z plastové lahve.

Z výsledků lze vyvodit následující závěry: U obou lahví téměř konzistentně docházelo při úbytku objemu k prodloužení doby dotékání a aktivnímu načerpání menšího množství. Načerpalo se řádově podobné množství, postačila-li doba čerpání k natlakování lahve. Při delších čerpáních (např. 3 s) jsme při všech objemových stavech načerpali přibližně stejná množství. Pultík s váhou sice získá požadované množství, ale právě vlivem dotoku to potrvá delší dobu. U požadovaného množství tak bude zapotřebí stanovit délku čerpání, aby následný dotok příliš neovlivnil přesnost. Pro stejnou dobu čerpání se tak čas dotoku různí v závislosti na aktuálním objemu v lahvi. U většího čerpaného množství (75 ml) bude muset váha aktivní čerpání ukončit mnohem dříve, než u čerpání menších objemů - ty se obecně budou čerpat kratší dobu a láhev se tak nestihne příliš natlakovat.

Opřít se můžeme i o experimentálně prokázanou úměru ( 75 ml lze získat při aktivním čerpáním trvajícím 3 s a následné odvzdušnění po dobu 2 s).

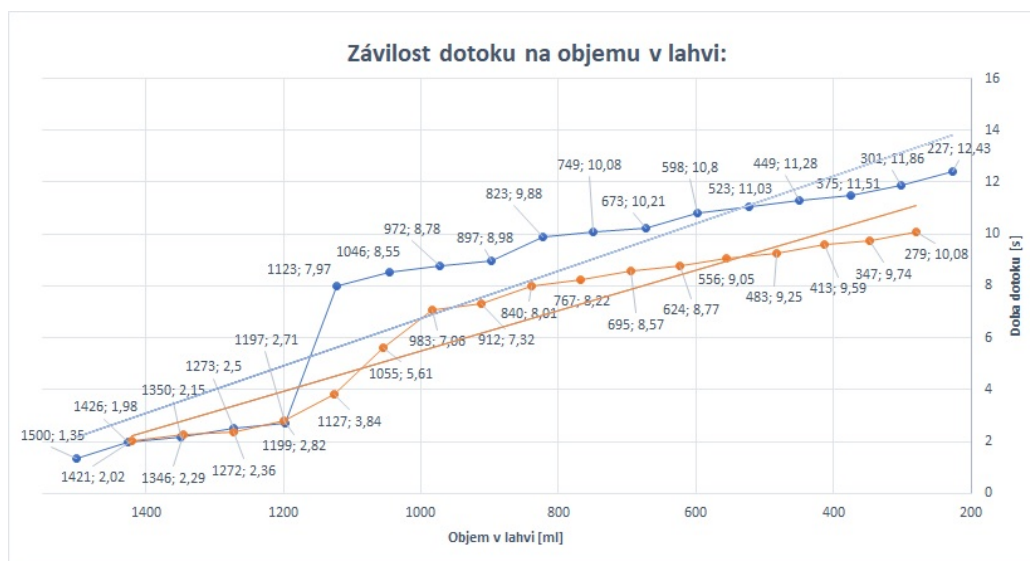
Dle zbývajícího množství v lahvi lze následně odvodit dobu dotoku.

Z toho lze odvodit, že čím méně bude láhev plná, tím dříve bude nutné aktivní čerpání ukončit, aby došlo k nabytí požadované hodnoty hmotnosti. Také se to projeví na celkové době výdeje složky, ta bude s klesajícím objemem v lahvi delší. Je nutné si však uvědomit, že množství



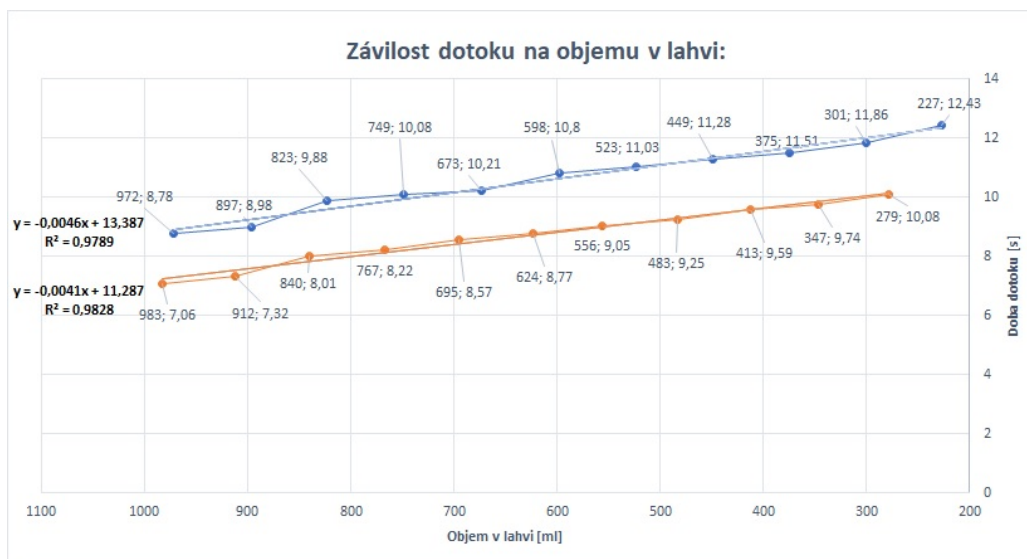
natlakovaného vzduchu ovlivňuje i samotný tvar a velikost láhve. Různé druhy lahví ubytují různé množství vzduchu. Vztah tak bude představovat pouze částečnou aproximaci, jelikož je nereálné funkce stanovit pro každou láhev zvlášť. Na této bázi jsme se pokusili stanovit úměru, podle které se dotékající objem v závislosti na aktuální objemu v lahvi mění. Stanovíme dvě úměry - pro oba typy lahví. Funkce pak při čerpání zohlední aktuální stav zbývajících množství kapaliny v lahvi a dle toho se upraví, kdy dojde k ukončení aktivního čerpání. Následným dotékáním zbytkového množství získáme objem blízký požadovanému. Po dobu dotékání se musí pultík stále nacházet pod vývodem. Teprve pak je možný posun na pozici dalšího vývodu.

Vztah dotoku a množství v lahvi lze stanovit pouze, jeli odebíráno stále stejné (případně podobné) množství. Toho je možné docílit pouze při použití odfukového ventilu. Souvislost pak lze nalézt na grafu čerpání z plastové láhve, viz obrázek 59.



**Obrázek 59:** Graf závislosti dotékání na objemu v lahvi.

Při měření doby dotoku nastávaly v okamžiku překročení 1200 ml skokové změny. Je možné, že měření proběhla v krátkém časovém sledu a v lahvi zůstalo více natlakovaného vzduchu. Láhev byla symetrická, tvar se neměnil a nemohl tak měření ovlivnit. Jinak lze soudit, že doba dotoku roste lineárně s klesajícím objemem v lahvi. Vynecháme-li naměřené hodnoty u vyšších objemů (nad 1000 ml), křivka již připomíná lineární trend. Rovnice v grafu znázorníme a uvedeme hodnotu spolehlivosti  $R$  na druhou.



**Obrázek 60:** Graf závislosti dotékání na objemu v lahvi bez započtení skokové odchylky.

Je tedy zřejmé, že za ideální řešení by se dalo považovat to, které by zcela omezilo, případně alespoň minimalizovalo dotékání nápoje po ukončení provozu čerpadla. Ovládáme-li přístup natlakovaného vzduchu do lahve prostřednictvím solenoidu, zkusíme jej použít i pro regulování čerpané kapaliny. Solenoidový ventil je totiž možné použít na více druhů tekutin, nejen na vzduch [17].

Solenoidy jsme upevnily těsně před svody, aby výstupní trubičky byla co nejkratší a bylo je možné zasadit do plechového krytu. Ventily jsou napájeny z kontaktního pole a ovládat je budeme stejně jako ty vzduchové - skrze relátka. Navíc bude možné uplatit téže sadu relátek, jelikož pro každou láhev se obvody jak vzduchového, tak kapalinového ventilu, budou spínat ve stejný okamžik. Tento způsob regulování tak uzavře přívod vzduchu a zároveň i zamezí přebytečnému dotékání. Jakmile váha naměří požadovanou hmotnost, dojde k zaslání impulsu k uzavření obou solenoidů a vypnutí pumpy. Kapalina, která by ještě určitou dobu dotékala, bude neprodyšně uzavřena v hadičce. Láhev navíc díky utěsnění z obou směrů (přívod i odvod) zůstane částečně natlakována. Nebude tak nutné řešit provzdušnění a tím pádem bude možné použít všechny vzduchové ventily k tlakování lahví.

Zda má uplatnění solenoidů nějaký vliv jsme opět experimentálně ověřovali. Opět jsme použili referenční plastovou láhev rozdělenou do oddílů.

V každém oddílu jsme čerpali po dobu tří vteřin a souběžně s ukončením pumpy proběhlo i uzavření solenoidů. Pak jsme sledovali dotékání.

Solenoidy se ověřily. Dotok byl nepozorovatelný. Z trubičky dokonce ani nedokapávaly nepatrné zbytky. Průměrně se odchylky pohybovaly kolem 2 ml. Vliv mělo natlakování lahve.

U tohoto řešení tak není třeba brát zásadní ohled na zbývající množství kapaliny v lahvi, respektive jak moc by láhev měla být natlakována, aby čerpání bylo konzistentní. Odpadá tak nutnost implementování regulační funkce. Množství se pouze váhovým senzorem, který sám vyhodnotí, kdy se má čerpání ukončit. Navíc se tak může dít v momentě nabytí přesné váhy a nikoliv v předstihu a čekat na dotok.

Komplikaci pak představuje nutnost provozovat dvojnásobné množství solenoidů a aktuální provedení [17], které máme k dispozici se vyznačuje úzkým vstupním i výstupním otvorem ( 3 mm). Je tak nezbytné použít redukci z výstupní hadičky (6 mm) a nebo užší hadičky. V obou případech dojde ke k markantnímu snížení rychlosti čerpání kapaliny - vlivem tloušťky průchozích otvorů. Řešením by bylo pořízení ventilu, který v základu ubytuje hadičky požadované tloušťky. Rychlost pak nebude v porovnání například s tabulkou 1 zásadně nižší.

Po HW se nejedná o ideální řešení, jelikož s vyšším počtem prvků narůstá i pravděpodobnost závady. Navíc se navýší drátové rozvody, které ještě více snižují již diskutabilní přehlednost zapojení. Z hlediska přesnosti a řízení se však jedná o velmi obstojnou variantu, kdy dojde k načerpání jen toho množství, které je skutečně zapotřebí. Rychlost je momentálně limitována tvarem solenoidu, nikoliv principem fungování. Při zhodnocení všech experimentálních výsledků, jsme se rozhodli čerpat právě tímto způsobem - za použití další sady ventilů.

Vlastní testování pak již probíhá za uplatnění výše určených souvislostí. Množství objemu, ale tak i počet složek se pro koktejly z nabídky různí. Výjimku tvoří jednosložkové nápoje (panáky). S přibývajícím počtem složek pak automaticky roste i doba přípravy. Testování probíhá na koktejlech z různého počtu složek. Předmětem objednávky je Vodka Sunrise a čerpání probíhalo z plných lahví. Inicializoval jsem zařízení a motoru nastavil rychlost odpovídající hodnotě 75 RPM. Vyšší hodnoty se již nadále neprojevují. Umístili jsme na pozici výdejního pultíku sklenici a v okamžiku zahájení pohybu pultíku jsem začal měřit čas. Platforma se pohybovala opravdu pomalu - vzdálenost rovnou 1052 kroků k první pozici urazila za 15 vteřin. Po dokončení blokující operace posunu pak byl zahájen výdej - v provedení bez solenoidu na výstupu trval výdej 60 ml přibližně 3 sekundy. Nezapočítávali jsme dotok. V provedení s úzkými solenoidy, které jsme dosavadně měli k dispozici, doba čerpání zásadně narostla. Čerpání

zabralo nekonečných 34 sekund. Následoval posun na druhou pozici, vzdálenost činila 330 kroků z předchozí polohy a platforma ji urazila za necelých 5 vteřin. Opět byl zahájen výdej stejného množství. U druhé složky (pomerančový džus) se doba čerpání nepatrně protáhla, z důvodu delší vývodní hadičky, stále se však jednalo o prodlevu maximálně jednu vteřinu. V porovnání s dobou posunu desky je to zanedbatelné. Následoval posun do třetí pozice, vzdálenost zde byla 314 kroků z předcházející. Uražena byla za přibližně 4,5 vteřiny. U poslední složky (grenadina) nastal obdobný jev jako u džusu - lahev je umístěna dále v lednici. Zpoždění je však zanedbatelné. U varianty bez solenoidu bylo za přibližně čtyři sekundy úspěšně načerpáno. U varianty se solenoidem se výdej opět protáhl. Po dokončení čerpání poslední složky následoval posun ze třetí pozice zpět do nulové. Jednalo se o 1696 kroků a pultík ji urazil za 26 vteřin. Nyní lze spočítat celkový čas přípravy jednoho z nápojů. Posun zabral celkově 50,5 vteřin a výdej bez solenoidů necelých 11 vteřin. Pokud však spočteme dobu čerpání při uplatnění solenoidů (tenkých) čas se vyšplhal až na hodnotu 104 sekund. Což je z hlediska rychlosti neakceptovatelné. V tomto případě jsme nápoj připravili za 61,5 (50,5 + 11) vteřin, respektive za 154,5 (50,5 + 104) vteřin se solenoidy. Solenoidy zajistili oproti neupraveným svodům přesnost dávkování, ale zásadně prodloužily dobu čerpání. V porovnání se svody bez ventilů se doba čerpání zvýšila přibližně 2,5krát. Navíc jsme uplatnili případ, kde se čerpá menší množství objemu. Byl by například vybrán recept zahrnující čerpání většího objemu (např. 200 ml), odrazí se to v době čerpání ještě více. Obdobně by dopadla i situace, že je nutné se posunout do čtvrté (nejvzdálenější) polohy, která činí 1934 kroků, tedy něco kolem 28 vteřin. Vzrostla by tak doba posouvání. Ideální by bylo namísto solenoidů použít nedefinovaný fyzikální model (3.6.1) zohledňující dotékání kapaliny, anebo druhé řešení - použít elektromagnetické ventily, které ubytují trubice o průměru 6 mm, respektive 1/4 palce. V době odevzdání jsem je neměl k dispozici. Použití ventilů dostatečné šířky bychom čas čerpání opět zásadně snížili. Platí totiž, že čím větší je průměr trubice/hadičky, tím větší je objemový průtok kapaliny [66].

### 3.7 Rozbor výsledků a možná vylepšení

**Rozbor výsledků:** Od září roku 2020 do ledna roku 2021 jsme pracovali na teoretickém návrhu (2) robotického zařízení a na základě dosažených poznatků bylo možné do června téhož roku vyhotovit fungující prototyp (3). Rozhodování o výběru klíčových prvků (hardwarových, tak i softwarových) vždy probíhalo po konzultaci s vedoucím kvalifikační práce. Veškerá provedení rozebíraná v sekci 2.1 se vyznačovala jak výhodnými, tak i nevýhodnými vlastnostmi, které by ve výsledku ovlivnily celkové chování zařízení. Uznali jsme za vhodné kombinovat pouze části zkoumaných návrhů, abychom minimalizovali negativní vlivy. Žádné řešení se však neobejde bez nedostatků (viz 3.7).

Vždy byla snaha o zachování kompromisu mezi rychlostí výdeje, přesností, složitostí vyhotovení a uživatelskou přívětivostí. Zhodnocení výběru bylo detailně rozebíráno v kapitole 3. Pak již bylo možné vytvořit náskres zařízení a začít objednávat součástky (3.2 a 3.3). Právě dodání elektronických komponent zakoupených mimo EU zabralo nejvíce času. Objednání proběhlo na konci ledna roku 2021 a bylo nutné počítat i s lhůtou dodání překonávající 3 měsíce (vlivem globální pandemie), což bylo pro rychlost vyhotovení fatální. Pokud bychom měli komponenty objednávat znovu, je vhodné zvolit tuzemské dodavatele a to i za cenu vyšších pořizovacích nákladů. Rychlost dodání zbývajících součástí na míru (plechy, 3D kryty, spojovací materiál apod.) pak záviselo na vybrané firmě a použitých technologiích. Nakonfigurování modelů a výroba obráběním/3D tiskem trvala dva týdny (PEŠEK Machinery s.r.o., květen 2021). Sestavování zařízení (3.4) probíhalo v domácích podmínkách za použití sestavovacích návodů 5 - Příloha D. Komplikace při sestavování představovalo dodatečné dovtřívání trubkových otvorů do robustního těla lednice (3.4.2), pájení potřebných drátků k elektronickým modulům (váhový modul: obr. 16 a koncové spínače na obrázku: 49) a provlečení pneumatického systému uvnitř lednice - pro každou láhev jsme museli zvlášť upravit barmanské nalévátko (obr. 42). Vždy jsme provlékali různě dlouhé trubice a ručně je utěšňovali tavným lepidlem. Pro laiky, či nezasvěcené uživatele by tyto dodatečné úpravy mohly představovat zásadní problém. Jinak nebyly potřeba žádné nestandardní nástroje - vystačili jsme si se šroubováky, inbusy, klíči a dodaným spojovacím materiálem. Kompletní tělo zařízení je tak sestaveno. Vývoj *SW* výbavy se odvíjel i dle výběru řídicí jednotky. Chce-li uživatel provádět vývoj přímo na *SBC* a tu využívat jako desktop, je vhodné zvolit výkonnější variantu Raspberry. Zero (2.3.2) není z důvodu nižšího výpočetního výkonu uzpůsobené na běh náročnějších úloh OS. Pi Zero nativně podporuje skriptovací jazyk *Python*. Na základě množství

dostupných knihoven a návodů jsme se rozhodli právě pro něj na místo C++. Použity byly výhradně volně dostupné knihovny, ať už přímo zahrnuté v jazyce, tak i třetích stran. Volně dostupné knihovny specifikují chování/ovládání jednotlivých částí (3.5). Využitím dílčích funkcí knihoven jsme byli schopni navrhnout hlavní ovládací kód 3.5.7 zajišťující zpracování uživatelských požadavků a následný výdej nápoje - požadavky by přicházely z webového rozhraní (3.5.4) a výdej se skládá z cyklického posuvu výdejního pultíku a čerpání aktivováním relátka solenoidu (3.5.5). O dokončení je uživatel informován LCD displejem. Kód běží nepřetržitě ve smyčce, spuštěn je automaticky po bootu Raspberry, respektive po připojení napájení.

Kód byl kompletně napsán v jazyce Python. Vlastní implementace se týkala především návrhu struktury kódu, zasazení volně dostupných knihovnických funkcí do kontextu a tvorby dodatečných funkcí. Použité funkce jsou rozebrány v sekci ???. Volání funkcí nalezneme přímo v hlavní zdrojovém souboru `main.py` obsahující komentáře, které blíže popisují funkcionalitu. Definice uplatněných knihovnických funkcí se pak nacházejí v odpovídajících přiložených souborech.

Paralelně s kódem na *SBC* běží proces **Apache** web serveru. Konfigurace a zprovoznění na Raspberry bylo intuitivní, postačilo stáhnout zdrojové balíčky (viz 3.5.3) a pak postupovat dle dostupných návodů [47]. Podpora Apache je však vykompenzována rychlostí zpracování požadavků. Vzhledem k domácímu použití zařízení však nedojde k situaci, že by bylo zapotřebí zpracovat enormní množství požadavků (tisíce) za sekundu. Pokud by to však nutné bylo, je vhodné namísto **Apache** použít **Nginx**, který je v tomto aspektu rychlejší [62].

Webová stránka byla vytvořena za využití jazyka PHP. Může být provozována přímo na webserveru běžícího na *SBC*. Plní funkci komunikačního rozhraní. Uživatel si jejím prostřednictvím může objednat nápoj. K těmto účelům pak slouží široké množství grafických prvků včetně postranní a vyhledávací lišty. Uživateli by tak nemělo představovat problém se zorientovat. Jednotlivé míchané nápoje jsou adekvátně reprezentovány. Po objednání nápoje se uživatelské požadavky uchovávají v databázi a předávají se do místního souboru ve formátu *.json*. Odtud Raspberry lokálně čte a analyzuje data, která následně použije k přípravě. Požadavky jsou zpracovávány jeden po druhém. Čekající jsou umístěny ve frontě a nedojde tak ke kolizi.

Web server hostí webové rozhraní s příslušejícími datovými databázemi (3.5.4). Webová stránka splňuje veškeré záležitosti, které se od ní očekávají - uživatel má možnost si nápoj přímo vyhledat ve vyhledávacím poli, anebo si zvolit kategorii alkoholu za pomoci postranní lišty. V náhledu je pak

ilustrativní obrázek, složení a možnost přidání drinku do pomyslného košíku a následné objednání (viz 5 - Příloha A). Stránka obsahuje mnoho grafických prvků, což by se mohlo projevit nižší rychlostí samotného načítání. Není to však pevně dáno - záviset to bude i na kvalitě samotné sítě.

Po uživateli je požadováno pouze chytré zařízení, kterým se k **Alcobotu** připojí, a umístění jedné ze tří druhů dostupných sklenic (long, martini, margarita).

Objednávka se začne připravovat ihned po umístění sklenice uživatelem. Nastane posun pod požadovaný svod a následně může začít čerpání.

Přesnost zajišťují umístěné solenoidy těsně nad vývody a ukončení čerpání řídí váhový senzor. Ten může čerpání přerušit v okamžiku dosažení požadovaného množství, jelikož kapalina okamžitě přestane po rozepnutí obvodu téct. Spínání a rozepínání obvodu uskutečňuje sada spínacích relétek. Při použití solenoidů na vývodech však v čase drasticky klesá načerpané množství. Při neupravení vývodních trubic čerpáme rychlostí přibližně  $19 \text{ ml/s}$ . Po zasazení solenoidů, se rychlost sníží na  $2 \text{ ml/s}$ . Což je zcela jasně naprosto nedostačující. Tato zásadní vada má však jednoduché řešení - zakoupení solenoidů disponující natolik širokými vývody, aby bez problémů ubytovaly výstupní hadičky.

Samotné posouvání není příliš rychlé. Prokázalo se, že točivý moment použitého motoru je příliš nízký ( $40 \text{ Ncm}$ ) na to, aby dokázal plynule pohybovat s konstrukcí posuvného pultíku za vyšších rychlostí. Aktuálně se pohybuje rychlostí  $1,36 \text{ cm/s}$ .

Tímto způsobem jsme za dobu deseti měsíců navrhli a vyhotovili automatizovaného barmana, který uživateli připraví nápoj bez jakékoliv manipulace s ingrediencemi. Stále se však jedná o prvotní zařízení, u kterého není vyřešena celá řada záležitostí.

**Nedostatky a vylepšení:** Jedná se o zařízení vyrobené v domácích podmínkách k soukromým účelům. Pro sériovou výrobu se **Alcobot** nehodí, především kvůli míře otevřených záležitostí a komplikací, které by pro valnou většinu uživatelů působila nepřívětivé. Zařízení by tak bylo potřeba pro průmyslové prostředí dále vylepšovat a optimalizovat.

K možným vylepšením **Alcobota** by beze sporu patřilo zrychlení dávkování. Pro zachování přesnosti bychom pořídili solenoidy s dostatečně širokými vývody a zároveň, aby průtok blokovali jen minimálně. U motoru by se to řešilo buďto zakoupením výkonnější varianty, než-li je námi použitý motor [3]. Případně bychom mohli použití krokového motoru zcela eliminovat.

Vývody hadiček bychom místo do řady umístili do kruhové formace o průměru menším než sklenice. Pult by pak mohl být zasazen na jednom místě a nemuseli bychom s ním pohybovat. Nehrozí kontaminace nápoje tak jako u společného svodu a čerpání by bylo možné zahájit ihned po kontrole umístění sklenice bez povinného posunu pod požadovaný vývod. Celkově by se tak výdej koktejlů zrychlil i proto, že bychom mohli vydávat více složek naráz (má-li pumpa dostatečný výkon).

Dále by bylo vhodné zařízení rozšířit o výdej a dávkování pevných substancí jako je například led, či druhy koření. Nápoje by tak působili plnohodnotněji a právě led by prodloužil i dobu nutnou ke konzumaci. Dále by bylo možné rozšířit počet lahví se složkami, tím by vzrostla nápojová rozmanitost (za předpokladu, že by bylo možné další složky efektivně skladovat).

Optimalizovat by se měl i proces čištění hadiček vedoucí kapaliny z lahví směrem k výdejnímu pultu. To by bylo možné vyřešit zavedením speciálních ventilů, skrz které by byl do trubiček hnán vzduch, či voda, aby došlo k vytlačení usazených zbytků.

Nahradit by bylo možné i soustavu vzduchových solenoidů. Použili bychom tlakovou láhev s čidlem, která by místo vzduchu tlačila do lahví  $CO_2$ . Čidlo by navíc zajišťovalo správné natlakování lahve, po celou dobu jejího umístění v lednici. Nebylo by tak nutné láhev před čerpáním vždy natlakovat.

Vyjma toho by bylo vhodné kalibrovat váhový modul tak, aby rozpoznal daleko více druhů skleniček a nebyli bychom tak limitováni pouze na tři konkrétní druhy. Kontrolu umístění sklenice by vlastně nemusela řešit váha, ale infra-senzor, který by detekoval, zda je na daném místě umístěn nějaký objekt. Zcela by tak odpadla nutnost kalibrace váhy pro každý používaný druh sklenice.

Z hlediska indikace by bylo vhodné doplnit hlasový modul, který by přímo informoval uživatele i mimo vizuální dosah, že je jeho objednávka připravena.

Optimalizovat by šlo i přímo webovou stránku, ať už její výpočetní zátěž (minimalizace paměťových prostředků), tak i její přístupnost (zpřehlednění, úprava písmečných fontů, více jazykových rozhraní, minimalizace nutnosti posouvání a podobně).

Naskýtá se tedy prostor ke zlepšení i přidání dodatečných částí, které by funkčnost zařízení posunuly opět dále a přiblížili ho k sériové výrobě.



### 3.8 Ověřování výsledků - srovnání s dostupnými řešeními

Objektivně si srovnáme výsledky, které byly dosaženy u našeho zařízení (**Alcobot**) s jiným dostupným řešením. Za tímto účelem bylo vybráno zařízení **BarMixVah** [**BarMixVah**]. Vybráno bylo z toho důvodu, že se vyznačuje obdobným principem řízení, způsobem komunikace s uživateli a tím, že k distribuci používá hadičkový systém. Liší se však z hlediska provedení a způsobu čerpání. Je však důkladně zdokumentované.

**Složitost výroby/návrhu - Alcobot:** Návrhem se bylo možno inspirovat u již existujících řešení (2.1). Nejedná se však o přímou kopii některých zařízení, pouze využívá klíčové prvky v nich obsažené. Návrh obnášel analýzu a zhodnocení možných provedení a následný výběr. Součástky jako lednice, řídicí a indikační elektronika, spojovací a propojovací materiály (včetně hadiček a kabeláže) byly běžně k sehnání a zakoupeny jak v tuzemsku, tak v zahraničí. Komplikaci představovaly nosné plechové desky, víka a plastové kryty/držáky. Tyto součástky musely být na míru navrženy a následně průmyslově vyrobeny. Vyhotovení v domácích podmínkách tak není možné.

Jsou-li všechny součásti k dispozici, je možné **Alcobota** sestavit. Lednice ubytuje 15 lahví. Celkově se finanční výdaje vyšplhaly na částku rovnou 10630 Kč (spočteno ke dni 10. 6. 2021, suma nezahrnuje výrobní proces/práci).

**Složitost výroby/návrhu - BarMixVah:** Jedná se o originální řešení vycházející ze stacionárního nepohyblivého principu (2.1.3). Tělo zařízení se skládá primárně ze 3D dílů, které bylo nutné vytisknout. K výrobě je tedy potřeba 3D tiskárna s náplněmi. Zbytek konstrukce tvoří ocelové tyče. Tyče, řídicí a čerpací elektroniku, hadičky, spojovací a propojovací materiál a napájecí zdroj byly zakoupeny. Sestavení robota je tak možné i v domácích podmínkách při vlastnictví potřebných. To je jeden ze zásadních rozdílů. Zařízení umožňuje čerpání pouze z pěti lahví. Další rozdíl pak představují i nutné náklady na vyhotovení. Ty v době publikování článku ([**BarMixVah**], rok 2014) se jednalo o 180 *USD*, v současnosti se po započtení inflace jedná o 205 *USD*, což je rovno 4300 Kč (dle kurzu k 10. 6. 2021). Ve srovnání s **Alcobotem** tak náklady představují pouhých 40% z našich výdajů. Návrh **BarMixVah** však na rozdíl od našeho řešení nepočítá s aktivním chlazením a cena rovněž nezahrnuje ani náklady na tiskárnu, respektive náplně.

**Implementace SW - Alcobot:** Řízení vykonává Raspberry Pi Zero. Představuje jak řídicí jednotku, tak i poskytovatel webservere a komunikačního rozhraní. Implementace řídicího softwaru probíhala výhradně v jazyce Python. V tomto jazyce byly navrženy i volně dostupné knihovny třetích stran. Jazyk je intuitivní, snadný pro začátečníky a nativně podporovaný jednotkou Pi. Pro vývoj webových stránek se vycházelo ze znalostí HTML a především PHP. Webová stránka využívá databázový systém, který byl sestaven za užití MySQL. Řídicí kód, tak i webservere běží jako samostatné procesy přímo na *SBC*. Z webového rozhraní přichází databázové požadavky obsahující objednávky uživatelů. Ty jsou skladovány lokálně v textové podobě. Po přístupu a následném zpracování získaných řetězců má zařízení k dispozici všechny potřebné údaje pro zahájení procesu přípravy.

**Implementace SW - BarMixVah:** Zařízení je řízeno skrze Arduino. To představuje hlavní řídicí jednotku. K implementaci byl primárně využit jazyk JavaScript. Respektive se uplatnily moduly: *MongoDB* (multiplatformní dokumentová databáze), *Express.js* (webový aplikační rámec), *AngularJS* (webový aplikační rámec zaměřující se na tvorbu jednostránkových aplikací pomocí HTML kódu) a *Node.js* (softwarový systém navržený pro psaní vysoce škálovatelných internetových aplikací a webových serverů). V MongoDB jsou uloženy veškeré informace o nápojích a čerpadlech. Express.js plní funkci webservere a zajišťuje bezdrátové síťové rozhraní připojovaným zařízením. Angular.js se používá jako filtr produktů na bázi toho, jaké ingredience byly vybrány a Node.js se používá pro komunikaci s Arduinem. Zdrojové kódy je možné si zdarma stáhnout a použít pro vlastní potřeby.

**Objednávací proces - Alcobot:** Uživatel se pomocí místní bezdrátové sítě připojí na webservere hostující webovou stránku. Nyní již je samotné objednání otázkou několika kroků - výběr drinku, umístění do košíku, vložení jména, odeslání objednávky. V závislosti na pořadí uživatele ve frontě informování o přijetí objednávky, dále vyzvání k umístění sklenice na pultík a po následné zběžné kontrole, zda byla operace správně provedena, sdělení o zahájení přípravy. V případě, že je uživatel umístěn do fronty čekajících uživatelů, zobrazí se sdělení žádající o vyčkání, než na vybraného uživatele přijde řada. Celý tento proces může v případě předem známého výběru na straně uživatele trvat maximálně desítky vteřin.

**Objednávací proces - BarMixVah:** Uživatel se též připojí po místní síti k webové stránce. Rozhraní je intuitivní. Uživatel si vybere konkrétní nápoj z nabídky a o několik řádků níže i zvolí požadované množství objednávaného nápoje. Nyní je možné si nápoj objednat stisknutím tlačítka **MAKE**. Objednávka je tak zásadně rychlejší v porovnání s naším řešením (desítky vteřin vlivem umístění do košíku, zadání jména apod.). Nekontruluje se však, zda došlo k umístění sklenice na výdejní pultík a taky není specifikována situace, že do zařízení dorazí v krátkém časovém sledu více objednávek, tedy požadavků na zahájení přípravy.

**Příprava nápoje a výdej - Alcobot:** Po zahájení přípravy v prvotní fázi nastane posun výdejního pultíku se sklenicí pod vybraný svod. Tato operace zabere maximálně 28 vteřin (bez započtení návratu). Po posunu dojde k aktivování čerpadla a uvolnění solenoidového ventilu. Doba čerpání bude záviset na požadovaném množství a stylu vývodu. Pumpa standardně vytlačuje kapalinu s rychlostí 19 ml/s. Není-li vývod ukončen solenoidem, pak se jedná o pouhé 2 ml/s. Hovoříme tedy o řádech (desítek) sekund. Bez solenoidů jsme však co se přesnosti týče limitováni - množství dotoku nelze zcela přesně odhadnout (viz 3.6.1 a 3.6.2). Následuje posun pod další vývody a opakování čerpacího procesu pro každou ze složek z nápoje. Tentokrát je vzdálenost posunu kratší, jelikož svody jsou umístěny blízko u sebe v porovnání s posunem z nulové polohy. Po dočerpání poslední složky následuje návrat připraveného drinku zpět do nulové polohy. Uživatel je na displeji informován, že je jeho nápoj připraven. Od zahájení prvotního posunu do opětovného návratu do nulové polohy může uplynout klidně i více než minuta - vychází-li se z nejhoršího možného předpokladu, tedy, že budeme čepovat šest různých složek a několikrát se budeme posouvat do nejvzdálenější pozice. Ideální je naopak situace, že budeme čerpat pouze jednu složku. Pak bude do třiceti vteřin nápoj připraven. Je zřejmé, že nejvíce dobu přípravy ovlivňuje nutnost posouvání pultíku (bereme-li v potaz nahrazení solenoidů). Rychlost pohonu (zde krokový motor) nelze neomezeně zvyšovat a navíc s rostoucím objemem ve sklenici poroste i zátěž, což činnost motoru může negativně ovlivnit.

**Příprava nápoje a výdej - BarMixVah:** Vzhledem k tomu, že je zařízení z pohledu výdeje statické (nedochází k posouvání výdejny), může být čerpání zahájeno prakticky okamžitě po zpracování objednávacího požadavku. Výdejna se nachází pod společným vývodem, který v sobě zahrnuje vývodové hadičky jdoucí ze všech lahví. Nehrozí tak, že by kapalina byla svedena mimo umístěnou sklenici. Čerpání se řídí

programově, využívají se peristaltická čerpadla (2.2.2). Každá láhev má své vlastní. Volbou návrhu je možné čepovat naráz i více složek (obsahuje-li je recept). Násobné čerpání částečně kompenzuje nižší rychlost peristaltických čerpadel. Rychlost výdeje se tak bude pohybovat opět v desítkách vteřin (dle velikosti nápoje a výkonu čerpadel). V ukázce [BarMixVah] trvá příprava nápoje o objemu 200 ml zhruba 22 vteřin. Dotok je při této variantě provedení mnohem zanedbatelnější a to díky mechanickým vlastnostem čerpadla (po odebrání napájení dále nenasává kapalinu). Oproti zbytkovému pneumatickému tlaku, který působí v lahvi i několik vteřin po uzavření ventilu, je to znatelná výhoda. Je tak zajištěna i přesnost výdeje. Zařízení nedisponuje žádným indikačním prvkem. Uživatel je tak o dokončení přípravy informován pouze ukončením chodu čerpadel.

Zařízení je však mnohem rychlejší. Nápoj obdobného objemu připravil o 39 vteřin rychleji než Alcobot, který to zvládl za 61 vteřin 3.6.2, navíc bez zásadního vlivu dotékání v porovnání s naším řešením. Výsledky, které byly dosaženy s ventily na vývodech, nemá smysl vůbec porovnávat.

## 4 Závěr

Stanovil jsem si konkrétní cíle a požadavky na úspěšné vyhotovení projektu. Definoval jsem seznam požadovaných aspektů (1) a klíčových prvků zařízení (2). Dále jsem prostudoval pestrou škálu možných realizací částí fyzického návrhu a provedl podrobnou analýzu týkající se systému čerpání (2.2), řízení (2.3), indikace (2.5), ovládání (2.4), komunikace a také technického provedení (2.1). Popsal jsem výhody i nedostatky dostupných řešení a jaké důsledky by použití jednotlivých částí u robota přineslo.

Na základě dostupných informací jsem provedl výběr optimálních součástí (3.1) a výběr adekvátně zdůvodnil. Finalizací výběru součástek je možné schématicky popsat provedení robota (3.2), tedy samotnou konstrukci a jak by zařízení jako celek mělo být zapojené a jakým způsobem pracovat.

Následoval přesun od konceptu přímo ke konkrétním řešením. Stanovil jsem, jaké součástky lze zakoupit (3.3.1) a pro přehlednost jsem jednotlivé seznamy přímo uvedl, aby bylo možné provést kalkulaci potřebných finančních výdajů.

Pro díly, které nebylo možné zakoupit, jsem nechal firmou Pešek Machinery s.r.o. vyhotovit modely (5 - Příloha D) a následně je vyrobit. V závislosti na povaze dílu byly při výrobě uplatněny procesy obrábění a 3D tisk.

Po získání všech potřebných hardwarových a instalačních komponent byla zahájena montáž a sestavování prototypu zařízení (3.4). Vyhotovení probíhalo čistě v domácích podmínkách, za použití standardních nástrojů. Otestoval jsem, zda zařízení splňuje fyzické požadavky (pevnost úchytů, rozvod a zapojení elektroniky, nenarušení struktury zařízení, výkon pumpy, posun výdejního pultíku a další) a případné nedostatky odstranil. Byl kladen důraz i na bezpečí uživatele. Součástky pod proudem jsou skryty pod robustním krytem.

V rámci softwarové výbavy jsem stanovil požadovanou funkcionalitu (3.5), získal a naimportoval potřebné knihovny klíčových prvků a z nich sestavil a naimplementoval řídicí kód automatizující činnost zařízení. Program běží na řídicí jednotce. Vyjma regulace hardwarových částí bylo nutné navrhnout a vyhotovit i komunikační rozhraní v podobě webové stránky (3.5.4). Tímto způsobem byla vyřešena interakce s uživateli a zaslání požadavků do fronty řídicí jednotky. Návod k obsluze je dostupný přímo na stránce a v přílohách (5 - Příloha A).

Spojením HW a SW částí bylo možné zahájit testování, především rychlosti čerpání a přesnosti dávkování (3.6). Nebylo možné opomenout fyzikální vlastnosti pneumatického čerpacího systému a tekutin. Snažil jsem se stanovit vztah mezi množstvím kapaliny v lahvi a dotokem (1). Důsledky byly následně zohledněny. Rychlost a přesnost přípravy nápojů zásadně ovlivňují posuny výdejního pultíku a dotékání kapaliny po ukončení čerpání (nepoužijeme-li ventily).

Shrnujeme dosažené výsledky a jak jsem v průběhu tvorby zařízení postupoval (3.7). Zmíněny jsou též i nedostatky a případná vylepšení, které by bylo vhodné v pozdějších verzích zařízení eliminovat a v případě vylepšení doplnit. Zařízení jsem objektivně srovnal s existujícím řešením (3.8) a z toho vyvodil, že jsem při návrhu měl postupovat jinak, respektive více zohlednit dopady vybraných řešení - především pneumatického čerpání, rozmístění vývodů a použití krokového motoru.

Vyhotovením této dokumentace jsem získal přehled o tom, jak zařízení koncipovat, jaká existují dostupná řešení, jejich princip a limitace. Dále také jakým faktorům by měla být věnována pozornost a jaké součástky je vhodné zvolit, aby byla korektně zajištěna přesnost a rychlost výdeje. Dle těchto faktorů byl koncipován i vývoj řídicího softwaru. Z hrubých schémat jsem byl schopen vytvořit konkrétní model teoreticky fungujícího zařízení. Sestavování je možné provést a později i replikovat z dostupných návodů. Po aplikování kódu a testování jsem však dospěl k závěru, že vyhotovené robotické zařízení je sice schopné míchaný nápoj připravit poměrně přesně, avšak nikoliv v krátkém čase. Nejvíce se na době přípravy projevuje pomalý posun výdejní pultíku, což je způsobeno buď slabším krokovým motorem, případně i absencí možnosti akcelarovat.

Alcobot tak částečně simuluje některé činnosti barmana - čepování a dávkování. V dalších vývojových fázích by se řešilo zajištění přesného dávkování bez použití ventilů a především urychlení/eliminace posunu. Bezchybné fungování bude ještě vyžadovat mnoho práce a je rozhodně možné zařízení stále vylepšovat o další funkce, případně se zbavit vzniklých nedostatků (3.7).

## 5 Abecední seznam používaných zkratk a výrazů

- **3D tiskárna** - Zařízení, které dokáže podle digitálního modelu nebo fyzické šablony vytisknout trojrozměrný objekt
- **3D CAD** - 3D Computer-Aided Drafting - Počítačem podporované kreslení, pokročilé grafické programy pro projektování a vývoj 3D výrobků/zařízení
- **802.11** - Standard pro Wi-Fi s doplňky pro lokální bezdrátové sítě (Wireless LAN, WLAN), množiny doplňků k daným standardům
- **AES** - Advanced Encryption Standard - standardizovaný algoritmus používaný k symetrickému šifrování dat
- **Alcobot** - Název námi vytvořeného zařízení, které představuje robotického barmana
- **ALEXA** - Amazon Alexa - hlasový asistent
- **air-fit** - Čipy sloužící k detekci polohy
- **ARM** - Advanced RISC Machines - třída mikroprocesorů architektury RISC
- **boot** - Bootování/booting - proces zavedení jádra operačního systému při zapnutí nebo restartování počítače
- **CSS** - Cascading Style Sheets - kaskádové styly, jazyk pro popis způsobu zobrazení elementů na stránkách napsaných v jazycích HTML
- **db** - Zkratka pro databázi
- **desktop** - Označení pro stolní počítač
- **DT pin** - Sériový datový výstup
- **EEPROM** - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory - elektricky vymazatelná semipermanentní (nevolatilní) paměť pouze pro čtení
- **festo** - firma Festo AG & Co. KG - velkovýrobce pneumatických a elektronických součástek, technologický inovátor, zde použito jako souhrnné označení modrých polyuretanových flexibilních hadiček vhodných k vedení vzduchu, či nepotravinových složek
- **FIFO** - First In, First Out - princip fronty, první požadavek ve frontě je vyřízen nejdříve, poté druhý atd.
- **free-flow** - Varianta výlevků s volným, objemově neomezeným průtokem

- **FTP** - File Transfer Protocol - protokol pro přenos souborů mezi počítači pomocí počítačové sítě, nešifrovaný
- **Flash** - Semipermanentní elektricky programovatelná (zapisovatelná) paměť s libovolným přístupem
- **Garbage Collector (GC)** - způsob automatické správy paměti, speciální algoritmus vyhledává a uvolňuje úseky paměti, které již program nebo proces nepoužívá
- **GB, MB, KB ...** - Gigabyte ( $1 \times 10^9$  bytů), Megabyte ( $1 \times 10^6$  bytů), Kilobyte ( $1 \times 10^3$  bytů)
- **GPIO** - General-purpose input/output - univerzální vstupní/výstupní pin - široké využití
- **GUI** - Graphic User Interface - uživatelské rozhraní, které umožňuje ovládat počítač pomocí interaktivních grafických prvků
- **HAT** - Hardware Attached on Top (Nahoru připojený hardware) - rozšiřující moduly propojené s Raspberry Pi pomocí GPIO pinů.
- **HDMI** - High-Definition Multimedia Interface - označení nekomprimovaného obrazového a zvukového signálu v digitálním formátu
- **High Level Trigger** - Aktivace vyšší úrovně (napětí) - umožní průchod proudu vedením, když je řídicí signál nad určitou hodnotou napětí
- **hostname** - Název počítače (serveru apod.), či název webu, na který jsme aktuálně přihlášení nebo navštívíme
- **HTML** - Hypertext Markup Language - značkovací jazyk používaný pro tvorbu webových stránek s hypertextovými odkazy
- **HTTP** - Hypertext Transfer Protocol - internetový protokol určený pro komunikaci s World Wide Web servery
- **HTTPS** - Hypertext Transfer Protocol Secure - protokol umožňující zabezpečenou komunikaci v počítačové síti
- **HW** - Hardware - technické vybavení počítače
- **I/O** - Input/Output - vstupně výstupní prvky, či moduly
- **ICSP** - In-System Programming - schopnost některých jednočipů a programovatelných logických obvodů být programovány uvnitř obvodu bez nutnosti jejich vyjmutí a vložení do k tomuto účelu sloužícího zařízení
- **ID** - Identifikace, či identifikátor, standardně číselné označení (např. označení složek v sekundární databázi)
- **IDE** - Integrated Development Environment - integrované vývojové prostředí



- **IEEE** - Institute of Electrical and Electronics Engineers - organizace, usilující o vzestup technologie související s elektrotechnikou
- **IP** (IP68 apod.) - International Protection - udává odolnost elektrických zařízení proti vniknutí cizích tělesa a kapalin
- **IPv4** - Internet Protocol version 4 - čtvrtá revize IP (32 bitů) a zároveň jeho první verze, která se masivně rozšířila
- **I<sup>2</sup>C** - Inter-Integrated Circuit - multi-masterová počítačová sériová sběrnice vyvinutá firmou Koninklijke Philips N.V.
- **JavaScript** - Multiplatformní, objektově orientovaný, událostmi řízený skriptovací jazyk
- **LCD** - Liquid Crystal Display - displej z kapalných krystalů- tenké, ploché zobrazovací zařízení skládající se z omezeného počtu pixelů
- **LED** - Light-Emitting Diode - světelná dioda emitující záření (infračervené, viditelné světlo, ultrafialové)
- **long** - Typ sklenice, která je určena k přípravě míchaných nápojů o větším objemu (obvykle v rozmezí od 160 do 400 ml)
- **Low Level Trigger** - Aktivace nižší úrovní (napětí) - umožní průchod proudu vedením, když je řídicí signál pod určitou hodnotou napětí
- **LSB** - Least Significant Bit - nejméně významný bit - bit, který je nejvíce vpravo, jeho pozice udává v binárním čísle hodnotu, která určuje lichost nebo sudost čísla
- **martini** - Sklenice typu koktejlka - kalíšek se prudce rozbíhá do stran, tenká a dlouhá nožka je na široké základně
- **margarita** - Sklenice s dlouhou nožkou a se zabudovaným kalíškem, která se používá hlavně k servírování stejnojmenného nápoje
- **MIPI CSI** - Camera Serial Interface - kamerové sériové rozhraní od aliance MIPI (Mobile Industry Processor Interface)
- **MSB** - Most Significant Bit - nejvýznamnější bit - bit s nejvyšší hodnotou v binárním vyjádření čísla, v obvyklém dvojkovém zápisu jde o bit nejvíce vlevo.
- **MicroSDHC** - Secure Digital High Capacity - rychlejší verze SD karet (viz níže) podporující vyšší paměťové kapacity
- **Micropython** - Implementace programovacího jazyka Python 3 optimalizovaná pro provoz na mikrokontrolérech
- **MOSFET** - Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor - tranzistory řízené elektrickým polem, vodivost kanálu mezi elektrodami S a D je řízena napětím mezi elektrodou G, která je

tvorena kovem odizolovaným od zbytku struktury tenkou vrstvičkou oxidu křemičitého

- **NFC** - Near Field Communication - modulární technologie rádiové bezdrátové komunikace mezi elektronickými zařízeními na velmi krátkou vzdálenost (do 4 cm) s přiblížením přístrojů
- **OS** - Operační systém - základní programové vybavení počítače
- **PDF** - Portable Document Format – Přenosný formát dokumentů, souborový formát pro ukládání dokumentů nezávisle na softwaru i hardwaru, na kterém byly pořízeny.
- **PHP** - Hypertext Preprocessor - open-source skriptovací jazyk k vývoji webových stránek a k dalším účelům
- **PWM** - Pulse Width Modulation - diskrétní modulace pro přenos analogového signálu pomocí dvouhodnotového signálu (napětí, proud...)
- **Pi, Raspberry, Zero** - Kratší označení konkrétní řídicí jednotky - Raspberry Pi Zero WH
- **R na druhou** - Rozptyl, či disperze - charakteristika variability rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny
- **RAM** - Random Access Memory - polovodičová operační paměť umožňující čtení i zápis
- **RF balun** - Elektrické zařízení, které převádí symetrický signál na asymetrický a naopak.
- **RGB** - Red-Green-Blue - Barevný model, aditivní způsob míchání barev, používaný v barevných monitorech, diodách apod.
- **RISC** - Reduced Instruction Set Computer - architektura mikroprocesorů s redukovanou instrukční sadou
- **RJ-45** - Koncovka, typ zapojení síťových kabelů
- **root** - Správce v Unixových systémech s plnou kontrolou a přístupem
- **SBC** - Single Board Computer, řídicí jednotka celého robotického zařízení
- **SCK pin** - Sériový hodinový vstup
- **script** Script - Počítačový program napsaný ve skriptovacím, nebo obecněji interpretovaném, programovacím jazyce.
- **SD (microSD...)** - Secure Digital - druh paměťových karet
- **SFTP** - SSH File Transfer Protocol - protokol a zároveň i program pro bezpečný (šifrovaný) přenos souborů pomocí počítačové sítě
- **SHA2** - Secure Hash Algorithm 2 - Sada rozšířených kryptografických hashovacích funkcí, vytváří ze vstupních dat výstup (otisk) fixní délky

- **SIRI** - Virtuální asistent, součást operačních systémů firmy *Apple Inc.*
- **SMD** - Surface Mount Device - součástky určené pro povrchovou montáž - osazováním pájením přímo na povrch plošného spoje
- **SPI** - Serial Peripheral Interface - sériové periferní rozhraní pro komunikaci mezi řídicími mikroprocesory a ostatními integrovanými obvody
- **SRAM** - Static Random Access Memory - statická paměť typu RAM realizovaná bistabilním klopným obvodem, nepotřebuje periodickou obnovu uložených dat
- **SSH** - Secure Shell - program a zabezpečený komunikační protokol v počítačových sítích používající šifrování
- **SW** - Software - programové vybavení počítače
- **UART** - Universal asynchronous receiver-transmitter - univerzální asynchronní přijímač-vysílač, počítačová sběrnice sloužící k asynchronnímu sériovému přenosu dat
- **URL** - Uniform Resource Locator - webová adresa - řetězec znaků, který slouží k přesné specifikaci umístění zdrojů informací na Internetu
- **USB** - Univerzální sériová sběrnice - způsob připojení periférií k počítači a dalším zařízením
- **USD** - US Dollar - zkratka měny Spojených států
- **VNC** - Virtual Network Computing - program pro vzdálené připojení ke grafickému uživatelskému rozhraní pomocí počítačové sítě.

## Reference

- [Robotic Bartenders] B. Warfield (2017) Adorable Guide to Robotic Bartenders, Cocktail Machines, and Bionic Bars (Přehled robotických zařízení a popis realizačních možností) | [www.cnccookbook.com](http://www.cnccookbook.com) [Online]. Dostupné: <https://www.cnccookbook.com/adorable-guide-robotic-bartenders-cocktail-machines-bionic-bars/>
- [DIY Machines] DIY Machines (2018) Arduino Robotic Bartender - 3D Printable & Bluetooth (Přehledná ukázka robotického zařízení lineárního typu) | [www.instructables.com](http://www.instructables.com) [Online]. Dostupné: <https://www.instructables.com/Arduino-Robotic-Bartender-3D-Printable-Bluetooth/>
- [Nálevky] (2016) Everything You Never Wanted to Know About Pourers | [thetruthaboutbartending.com](http://thetruthaboutbartending.com) [citováno 2. 4. 2021]. [Online]. Dostupné: <https://web.archive.org/web/20161001193726/http://thetruthaboutbartending.com/2012/09/04/everything-you-never-wanted-to-know-about-pourers/>
- [Vzduchová pumpa] (2020) DC 1.5V-3V Large Flow 528 air pump Vacuum pump Outdoor fishing air pump. Specifications | [aliexpress.com](http://aliexpress.com) [citováno 2. 4. 2021]. [Online]. Dostupné: <https://www.aliexpress.com/item/33013331607.html>
- [SirMixABot] (2019) SirMixABot (Lineární posuvný model 1) | [sirmixabot.com](http://sirmixabot.com) [Online]. Dostupné: [https://www.robotshop.com/community/forum/uploads/default/optimized/3X/9/6/965067c0eefccba9e780ec6d7151b999ec005e93\\_2\\_720x450.png](https://www.robotshop.com/community/forum/uploads/default/optimized/3X/9/6/965067c0eefccba9e780ec6d7151b999ec005e93_2_720x450.png)
- [The Inebriator] (2012) The Inebriator: An Arduino-powered robot bartender (Lineární posuvný model 2) | [newatlas.com](http://newatlas.com)/inebriator-robot-bartender/23974/ [Online]. Dostupné: <https://i.ytimg.com/vi/hJIkJ9x0-JQ/maxresdefault.jpg>
- [LED] (2021) LED. Princip funkce. Elektrické vlastnosti LED | [cs.wikipedia.org](http://cs.wikipedia.org) [Online]. Dostupné: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>
- [LED pásek] (2021) LED pásek. LED pásky 12 V. Využití LED pásku. Chlazení | [cs.wikipedia.org](http://cs.wikipedia.org) [Online]. Dostupné: [https://cs.wikipedia.org/wiki/LED\\_p%C3%A1sek](https://cs.wikipedia.org/wiki/LED_p%C3%A1sek)

- [HX711 - C++] G. Gurov, H. Noerenberg (2016) hx711 (raspberry pi hx711 weight scale interface) | github.com [Online]. Dostupné: <https://github.com/ggurov/hx711>
- [HX711 - Python] (2021) HX711 for Raspbery Py | github.com [Online]. Dostupné: <https://github.com/tatobari/hx711py>
- [The RumBot] A. Bucella. (2014) The RumBot - an automated bartender (Lineární model s posuvnou tryskou) [Online]. Dostupné: <https://www.youtube.com/watch?v=sSmx47DsDTs>
- [Automated Bartender] Hacker House (2016) Automated Bartender (Rotační lineární model) | hackaday.io [Online]. Dostupné: <https://hackaday.io/project/12260/gallery#055081e9404408a182f484aaaae28fb75>
- [BarMixVah] Y. Jiang (2014) Bar Mixvah: The Drink Mixing Robot (Stacionární model) | <http://yujiangtham.com> [Online]. Dostupné: [http://yujiangtham.com/wp-content/uploads/2014/05/IMG\\_2519.jpg](http://yujiangtham.com/wp-content/uploads/2014/05/IMG_2519.jpg) a [https://youtu.be/V-PAW3KoB\\_A](https://youtu.be/V-PAW3KoB_A)
- [AliExpress.com - Wish List] (2020) AliExpress Public Wishlist (Seznam komponent zakoupených v zahraničí) | aliexpress.com [Online]. Dostupné: <https://my.aliexpress.com/wishlist/shared.htm?groupId=1000000002444114>
- [Heureka - Základní desky] (2020) Heureka - Základní desky. Raspberry Pi Zero WH (Portál srovnávající tuzemské nabídky) | heureka.cz [Online]. Dostupné: <https://zakladni-desky.heureka.cz/raspberry-pi-zero-wh/#>
- [Heureka - Přenosné lednice] (2020) Heureka - Přenosné lednice. G21 C&W 45 l (Portál srovnávající tuzemské nabídky) | heureka.cz [Online]. Dostupné: <https://prenosne-lednice.heureka.cz/g21-c-w-45-l/>
- [GM Electronic - Displeje] (2021) GM Electronic - Displeje se sběrníci - moduly. LCD displej 20x4, I2C, žlutozelený. Dokumentace ke stažení (Katalogový list) | www.gme.cz [Online]. Dostupné: <https://www.gme.cz/lcd-i2c-display-20x4#product-detail>
- [GPIO modul] (2021) RPishop.cz - Raspberry Pi. Headery, propojky, GPIO HUBy. GPIO HUBy. GPIO multiplexovací modul | rpishop.cz [Online]. Dostupné: <https://rpishop.cz/gpio-huby/907-gpio-multiplexovaci-modul.html>

- [PEŠEK Machinery s.r.o.] K. Jánský (2021) PEŠEK Machinery s.r.o. - Automatický dávkovač (barman). Modelové náhledy | pesekm.com [Online]. Dostupné: <https://1drv.ms/u/s!AhxWhpDaXdqMgoFMOA1BCs0tYILgjjg?e=j3S8Q4>
- [CAD] (2021) Dassault Systèmes SolidWorks Corporation - SOLIDWORKS 3D CAD | [www.solidworks.cz](http://www.solidworks.cz) [Online]. Dostupné: <https://www.solidworks.cz/solidworks-3d-cad>
- [1] (2021) Peristaltické čerpadlo. Princip | [cs.wikipedia.org](https://cs.wikipedia.org) [citováno 3.4 2021] [Online]. Dostupné:[https://cs.wikipedia.org/wiki/Peristaltick%C3%A9\\_%C4%8Derpadlo](https://cs.wikipedia.org/wiki/Peristaltick%C3%A9_%C4%8Derpadlo)
- [2] (2021) Air pump. Types - Air Compressor | [en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org) [citováno 3.4 2021] [Online]. Dostupné:[https://en.wikipedia.org/wiki/Air\\_pump](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_pump)
- [3] (2020) Stator a rotor krokového motoru (Krokový motor) | [cs.wikipedia.org/wiki/Krokový\\_motor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Krokový_motor) [Online]. Dostupné: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Krokov%C3%BD\\_motor#/media/Soubor:Stepper\\_motor.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Krokov%C3%BD_motor#/media/Soubor:Stepper_motor.jpg)
- [4] (2019) DC 1.2V 1.5V 3V Low Voltage High Speed Micro Motor (Klasický motor). Basic Info (Katalogový list) | [www.made-in-china.com](http://www.made-in-china.com) [Online]. Dostupné: <https://jingheli.en.made-in-china.com/product/VK0mDxcJbZkU/China-DC-1-2V-1-5V-3V-Low-Voltage-High-Speed-Micro-Motor.html>
- [5] (2020) The decawave DW1000 IC. (Air-fit čip) | [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) [Online]. Dostupné: [https://www.researchgate.net/figure/The-decawave-DW1000-IC\\_fig1\\_339501066](https://www.researchgate.net/figure/The-decawave-DW1000-IC_fig1_339501066)
- [6] (2020) DW1000 Datasheet (Katalogový list) | [www.decawave.com](http://www.decawave.com) [Online]. Dostupné: [https://www.decawave.com/wp-content/uploads/2020/04/DW1000\\_Datasheet.pdf](https://www.decawave.com/wp-content/uploads/2020/04/DW1000_Datasheet.pdf)
- [10] G21 (2021) C&W 45 l (Přenosný termoelektrický chladicí box) | [www.g21-vitality.cz](http://www.g21-vitality.cz) [Online]. Dostupné: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/g21-c-w-45-1/>
- [11] G21 (2021) C&W 45 l. Návod k použití (Katalogový list) | [www.g21-vitality.cz](http://www.g21-vitality.cz) [Online]. Dostupné: <https://www.euronics.cz/download/1370734>

- [12] Peltierův článek 150W 50x50mm Hebei TEC1-12715 | [www.electroniccomp.com](http://www.electroniccomp.com) [Online]. Dostupné: <https://www.electroniccomp.com/image/cache/catalog/tec1-12715-thermoelectric-15a-peltier-module-800x800.jpg>
- [13] Hebei TEC1-12715 (Katalogový list) | [www.svetsoucastek.cz](http://www.svetsoucastek.cz) [Online]. Dostupné: : <https://www.svetsoucastek.cz/media/7718/datasheet-000-101.pdf?key=ZGpmIyQwNUZfNzcx0A==>
- [14] (2011) Bartopia - Set of 3 25ml, 35ml & 50ml Stainless Steel Thimble Bar Measure CE/Spirit Measure. Technical Details (Ukázka standardních náprstkových nálevek a katalogový list) | [amazon.co.uk](http://amazon.co.uk) [Online]. Dostupné: <https://www.amazon.co.uk/Stainless-Steel-Thimble-Measure-Spirit/dp/B005UNLF5G>
- [15] (2021) ROMIC - 3x25/30/45ML 17CM Drink Dispenser Spirit Measure Bar Optic Optics GS Cocktail UK. Description (Typické dávkovací výlevky s odměrkami) | [walmart.ca](http://walmart.ca) [Online]. Dostupné: <https://www.walmart.ca/en/ip/3x25-30-45ML-17CM-Drink-Dispenser-Spirit-Measure-Bar-Optic-Optics-GS-Cocktail-UK/6BX5NYIVEH1H>
- [16] (2021) Bredel 10 hose pump (Peristaltické čerpadlo se svými součástmi). Specifications | [www.wmftg.com](http://www.wmftg.com) [Online]. Dostupné: <https://www.wmftg.com/en/bredel/hose-pumps/bredel-10-50-hose-pumps/>
- [17] (2012) Simpump Micro Air Pump S520D1-AP (Vzduchová pumpa S520D1-AP). Characteristics | [www.simpump.com](http://www.simpump.com) [Online]. Dostupné: <http://www.simpump.com/simpump/En/ProductView.Asp?ID=7>
- [18] (2020) fspump DC 3V 4.5V 6V 12V 24V Small Mini Electric Solenoid Valve N/C Normally Closed Gas Air Valve, Vent valve (Elektricky řízená solenoidová trubka). Specifications | [www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com) [Online]. Dostupné: <https://www.aliexpress.com/i/4000360706443.html>
- [19] (2020) YZC 131A Straight Bar Load Cell 1Kg (Váhový modul tenzometrického konceptu - 1 Kg varianta) | [www.makerlab-electronics.com](http://www.makerlab-electronics.com) [Online]. Dostupné: <https://www.makerlab-electronics.com/product/straight-bar-load-cell-1kg/>

- [20] (2020) YZC 131A Datasheet (Katalogový list) | [www.electronicoscaldas.com](http://www.electronicoscaldas.com) [Online]. Dostupné: <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/YZC-131A.psd>
- [21] Avia Semiconductor (2021) HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales (Datasheet) | [cdn.sparkfun.com](http://cdn.sparkfun.com) [Online]. Dostupné: [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)
- [22] (2021) Arduino UNO Revision 3. Documentation | [www.store.arduino.cc](http://www.store.arduino.cc) [Online]. Dostupné: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- [23] (2015) ATmega328P Datasheet (Katalogový list) | [www.microchip.com](http://www.microchip.com) [Online]. Dostupné: [http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)
- [24] (2021) Arduino Motor Driver Shield (Motorová deska pro Arduino UNO - L293D) | [www.hobbytronics.co.uk](http://www.hobbytronics.co.uk) [Online]. Dostupné: <https://www.hobbytronics.co.uk/arduino-motor-shield>
- [25] (2021) L293x Quadruple Half-H Drivers (Katalogový list) | [www.ti.com](http://www.ti.com) [Online]. Dostupné: [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293d.pdf?ts=1610952966643&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FL293D](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293d.pdf?ts=1610952966643&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FL293D)
- [26] (2021) Raspberry Pi Zero WH (model s osazeným GPIO headerem). Podrobnosti | [www.rpishop.cz](http://www.rpishop.cz) [Online]. Dostupné: <https://rpishop.cz/raspberry-pi/685-raspberry-pi-zero-wh-4250236816296.html>
- [27] (2014) Unipi 1.1 (Rozšiřující modul UniPi). Soubory - Manuál (Katalogový list) | [www.unipi.technology](http://www.unipi.technology) [Online]. Dostupné: <https://www.unipi.technology/cs/unipi-1-1-p36?categoryId=7>
- [28] 52PI (2016) RPI B+ GPIO Triple Extend Board. SKU:EP-0029 (GPIO multiplexovací modul) | [wiki.52pi.com](http://wiki.52pi.com) [Online]. Dostupné: [https://wiki.52pi.com/index.php/RPI\\_B+\\_GPIO\\_Triple\\_Extend\\_Board\\_SKU:EP-0029](https://wiki.52pi.com/index.php/RPI_B+_GPIO_Triple_Extend_Board_SKU:EP-0029)
- [29] (2020) DollaTek Raspberry Pi 3 Stepper Motor HAT (Rozšiřující deska pro krokové motory - Motor HAT V2.0) | [amazon.com](http://amazon.com) [Online]. Dostupné: <https://www.amazon.com/DollaTek-Raspberry-Stepper-Function-Expansion/dp/B07DK361QB>



- [30] (2020) Robot Expansion Board. Dimensions. Function (Katalogový list) | raspberrypiwiki.com [Online]. Dostupné:[https://raspberrypiwiki.com/index.php/Robot\\_Expansion\\_Board](https://raspberrypiwiki.com/index.php/Robot_Expansion_Board)
- [31] (2020) ESP32 Development Board (Vývojová deska s modulem ESP-WROOM-32). Datasheety. Návod | dratek.cz [Online]. Dostupné: <https://dratek.cz/arduino/1581-esp-32s-esp32-esp8266-development-board-2.4ghz-dual-mode-wifi-bluetooth-antenna-module.html>
- [32] (2020) ESP32- DoIt (2x15) (Rozložení pinů na desce ESP-WROOM-32) | www.octopuslab.cz [Online]. Dostupné: <https://www.octopuslab.cz/wp-content/uploads/2020/06/ESP32-doit-2x15-1.png>
- [33] (2021) Dual H-Bridge Motor Driver L298N (Ovladač motoru L298N). Specification. L298 Datasheet | www.smart-prototyping.com [Online]. Dostupné: <https://www.smart-prototyping.com/L298N-Dual-H-bridge-Motor-Driver-Board>
- [34] (2021) LED (Schéma LED diody) | cs.wikipedia.org [Online]. Dostupné: [https://cs.wikipedia.org/wiki/LED#/media/Soubor:LED\\_symbol\\_cs.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/LED#/media/Soubor:LED_symbol_cs.svg)
- [35] (2021) RGB 5mm Water Clear LED - 45deg - 2100mCd - Cmn Cathode (Ukázka RGB LED diody). Description (datasheet) | kitronik.co.uk [Online]. Dostupné: [https://kitronik.co.uk/products/3574-5mm-rgb-led-common-cathode?\\_pos=4&\\_sid=212df24f4&\\_ss=r](https://kitronik.co.uk/products/3574-5mm-rgb-led-common-cathode?_pos=4&_sid=212df24f4&_ss=r)
- [36] (2020) LED Strip NEONICA - 3528 600 LED waterproof IP68 (Ilustrace 12V RGB pásku Neonica). Technical Specifications (Katalogový list). Dimensions | neonica.eu [Online]. Dostupné: <https://neonica.eu/waterproof-ip68-led-strip-neonica-3528-600-led.html>
- [37] (2021) Adafruit DC and Stepper Motor HAT for Raspberry Pi (Schéma zapojení krokových motorů na HATech) | learn.adafruit.com [Online]. Dostupné: <https://learn.adafruit.com/adafruit-dc-and-stepper-motor-hat-for-raspberry-pi>
- [38] (2017) Stepper Motor Controller (Schéma struktury připojení motorů (krokové, pumpa apod.)) | www.piddlerintheroot.com [Online].

- Dostupné:  
<https://www.piddlerintheroot.com/stepper-motor-controller/>
- [39] Hacker Shack (2016) Building a Robotic Bartender - Part 1: Planning and Design (Video ukázka vazby kompresor/solenoid) | youtube.com [Online]. Dostupné: <https://youtu.be/x6QYNK6WI50>
- [40] (2018) How to control Raspberry Pi GPIO via http web server (Ukázka HTTP komunikace klienta s Raspberry přes webový server) | www.e-tinkers.com [Online]. Dostupné: <https://www.e-tinkers.com/2018/04/how-to-control-raspberry-pi-gpio-via-http-web-server/>
- [41] STALGAST (2021) Gastromania. Plastové nalévátko s trubičkou, černá STALGAST, 475975 | www.gastromania.cz [Online]. Dostupné: <https://www.gastromania.cz/barmanske-nalevatka/plastove-nalevatko-s-trubickou-cerna-stalgast-475975.html>
- [42] Festo (2021) nástrčná šroubení QS, standardní řada 153032 QS-6. Další. Obrázek výrobku | www.festo.com [Online]. Dostupné: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/search?query=QS-6](https://www.festo.com/cat/cs_cz/search?query=QS-6)
- [43] (2021) Debian – Packages. Zdrojový balík: apache2 (2.4.46-4) | packages.debian.org [Online]. Dostupné: <https://packages.debian.org/source/sid/apache2>
- [44] (2021) Apache HTTP Server Project. About. License. Documentation | www.apache.org [Online]. Dostupné: <https://httpd.apache.org/>
- [45] (2021) NGINX Part of F5. About | www.nginx.com [Online]. Dostupné: <https://docs.nginx.com/nginx/admin-guide/web-server/>
- [46] (2020) Raspberry Pi Foundation. Setting up an Apache Web Server on a Raspberry Pi. Documentation | www.raspberrypi.org [Online]. Dostupné: <https://www.raspberrypi.org/documentation/remote-access/web-server/apache.md>
- [47] (2019) How to Setup a Raspberry Pi Apache Web Server. How to Install the Apache Web Server on the Raspberry Pi | pimylifeup.com [Online]. Dostupné: <https://pimylifeup.com/raspberry-pi-apache/>
- [48] (2021) FileZilla The free FTP solution. Download. License | filezilla-project.org [Online]. Dostupné: <https://filezilla-project.org/index.php>

- [49] Alictronix (2018) Alictronix/Raspi-MotorHat. Raspberry pi 3 motor Hat code | github.com [Online]. Dostupné: <https://github.com/Alictronix/Raspi-MotorHat>
- [50] K. P. Lindegaard (2021) smbus2 0.4.1. Project description. Meta. Licence: 5 - Příloha F | pypi.org [Online]. Dostupné: <https://pypi.org/project/smbus2/>
- [51] J. Delvare (2021) I2C Tools. I2C Tools for Linux. Download | i2c.wiki.kernel.org [Online]. Dostupné: [https://i2c.wiki.kernel.org/index.php/I2C\\_Tools](https://i2c.wiki.kernel.org/index.php/I2C_Tools)
- [52] V. Poulailleau (2021) python-dev-tools 2020.9.10. Project description. Meta. Licence: 5 - Příloha G | pypi.org [Online]. Dostupné: <https://pypi.org/project/python-dev-tools/>
- [53] (2021) Debian – Packages. Balík php7.3. Balík libapache2-mod-php7.3. Balík php7.3-mbstring. Balík php7.3-mysql. Balík php7.3-curl. Balík php7.3-gd. Balík php7.3-zip | packages.debian.org [Online]. Dostupné: <https://packages.debian.org/search?keywords=php7.3>
- [54] MariaDB Foundation (2021) MariaDB Server: The open source relational database. Download. Documentation | mariadb.org [Online]. Dostupné: <https://mariadb.org/documentation/>
- [55] (2021) phpMyAdmin. Bringing MySQL to the web. About. Download. License: 5 - Příloha H | www.phpmyadmin.net [Online]. Dostupné: <https://www.phpmyadmin.net/>
- [56] (2021) AZ-DELIVERY HD44780 1602 LCD module display 2x16 characters for Arduino (with green background). Produktdetails. Wichtige Downloads & Links - Datenblatt (Katalogový list). Pinout. Raspberry Pi Libraries | www.az-delivery.de [Online]. Dostupné: <https://www.az-delivery.de/en/products/16x2lcdisplay>
- [57] (1998) HITACHI HD44780U (LCD-II) (Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver). ADE-207-272(Z) Rev. 0.0. Data Sheet (Katalogový list) | www.sparkfun.com [Online]. Dostupné: <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [58] (2015) Texas Instruments PCF8574 Remote 8-Bit I/O Expanderfor I2C Bus. Data Sheet (Katalogový list) | www.ti.com [Online]. Dostupné: <https://www.ti.com/product/PCF8574>

- [59] (2021) LCD displej 20x4, I2C, žlutozelený. Popis produktu | [www.gme.cz](http://www.gme.cz) [Online]. Dostupné: <https://www.gme.cz/lcd-i2c-display-20x4#product-detail>
- [60] DenisFromHR (2015) RaspberryPi I2C LCD Python stuff. RPi\_I2C\_driver.py | [github.com](https://github.com) [Online]. Dostupné: <https://gist.github.com/DenisFromHR/cc863375a6e19dce359d>
- [61] (2021) pigpio library. The pigpio library. Download & Install | <http://abyz.me.uk/rpi/pigpio/download.html> [Online]. Dostupné: <https://github.com/joan2937/pigpio>
- [62] K. Schroeder (2014) Performance of Apache 2.4 with the event MPM compared to Nginx | [www.eschrade.com](http://www.eschrade.com) [Online]. Dostupné: <https://www.eschrade.com/page/performance-of-apache-2-4-with-the-event-mpm-compared-to-nginx/>
- [63] K. Jánský. *Podklady - spojovací materiál* (přílohy: PMn 21069.000.PDF, PMn 21069.100.PDF, PMn 21069.200.PDF) [Online] 7. června 2021 13:45; [přístup 2021-06-09]. Osobní komunikace.
- [64] Kalilit (2020) Raspberry Pi Zero W Review. The 40-pin GPIO interface of the Raspberry Pi Zero W | <https://kalitut.com/raspberry-pi-zero-w-review/> [Online]. Dostupné: <https://357558-1266171-raikfcquaxqncofqfm.stackpathdns.com/wp-content/uploads/2020/06/Raspberry-Pi-Zero-W-GPIO.jpg>
- [65] D. Ordnung (2021) Raspberry Pi & RGB LED-Strips - How to control a RGB LED-Strip with a Raspberry Pi. Connecting the Raspberry Pi | <https://dordnung.de/raspberrypi-ledstrip/> [Online]. Dostupné: [https://dordnung.de/raspberrypi-ledstrip/img/rgb/small/pi\\_4.jpg?ver=1.0](https://dordnung.de/raspberrypi-ledstrip/img/rgb/small/pi_4.jpg?ver=1.0)
- [66] (2021) Objemový průtok. Výpočet. Vlastnosti | [cs.wikipedia.org](https://cs.wikipedia.org) [Online]. Dostupné: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Objemov%C3%BD\\_pr%C5%AFtok](https://cs.wikipedia.org/wiki/Objemov%C3%BD_pr%C5%AFtok)

## Přílohy

### Příloha A - uživatelská příručka

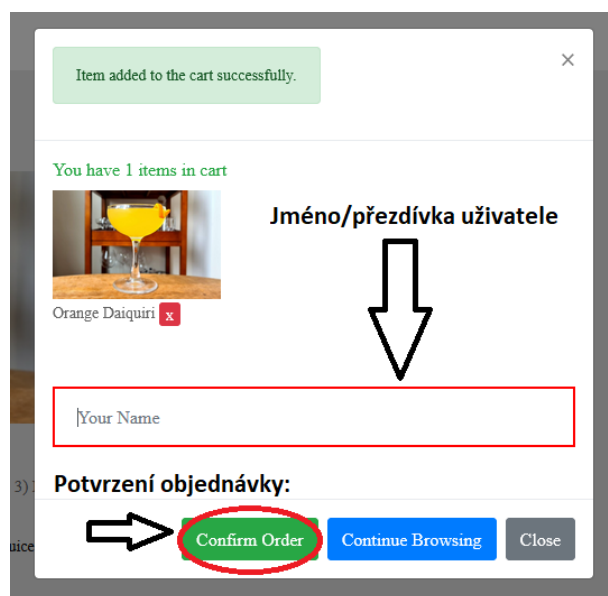
Uživatelský návod, jak provést objednávku nápoje na webové stránce a jak krok po kroku postupovat, aby výdej proběhl v pořádku a uživatel si mohl nápoj převzít.

Po výběru nápoje a stisknutí tlačítka "Order Now" se zobrazí vyskakovací okno požadující od uživatele zadání jeho jména, respektive přezdívky. Bude tak možné jednotlivé objednávky snáze rozlišit - na vestavěné LCD obrazovce. Uživatel je povinen zadat nějaký vstupní řetězec, aby mohl pokračovat dále stisknutím tlačítka "CONTINUE". Na webu je zabudovaná kontrola, zda uživatelský vstup obsahuje pouze alfabetycké znaky, eventuálně číslice. Jinak je uživateli vráceno oznámení o nesprávném zadání a potřebě provést změnu. Pokud se uživatel rozhodne objednávku zrušit má dedikováno tlačítka "CANCEL", které ho vrátí zpět k nápojové nabídce. Pokud je však formát jména po kliknutí na "CONTINUE" správný, bude uživatelův požadavek přeměrován do databázové tabulky. Pokud je Alcobot v neaktivním stavu (nepřipravuje nápoj) a právě odeslaná objednávka první ve frontě, bude uživatel na LCD displeji požádán, aby umístil sklenici na platformu a stiskl tlačítka "START". Pokud Alcobot již připravuje nápoj nebo zpracovává požadavek od jiného uživatele, uživatel bude muset vyčkat, dokud ho displej neinformuje. Poté, co je zařízení opět k dispozici, dá prvnímu čekajícímu uživateli ve frontě vědět, aby umístil svou sklenici a proces se shoduje s předešle popisovanou situací. Požadavky přicházející od více uživatelů webových stránek jsou umístěny do fronty (FIFO), aby byl každý požadavek zpracován jeden po druhém. Znárodnění procesu objednávky na webu:

Po umístění a stisknutí tlačítka "START" SBC spustí smyčku umístěnou v hlavním kódu a zkontroluje se údaj o rozdílu hmotnosti pocházející z váhového modulu. Pokud daná hmotnost odpovídá předem určeným hodnotám (3.5.1) spustí se fáze přípravy. Pokud však váha neodpovídá, je uživatel na LCD displeji informován, aby proces usazení sklenice zopakoval. Je-li proces kontroly umístění sklenice neúspěšný po třech po sobě jdoucích pokusech, zobrazí se uživateli chybové hlášení a jeho požadavek zrušen. Alcobot se vrátí do výchozího, tzv. neaktivního stavu a může zpracovat požadavek umístěný ve frontě na prvním místě, nebo počkat na nový příchozí.



Obrázek 61: Krok 1.: Výběr nápoje, přidání do košíku.



Obrázek 62: Krok 2.: Košík, zadání platného jména, odeslání objednávky.

Příchozí data z webu jsou zpracována a následuje posloupnost událostí: Uživatel je vyzván k umístění sklenice, následuje kontrola. Proběhne-li v pořádku, Platforma se začne pohybovat z výchozího nulového umístění k pozici prvního odtoku, poté se zahájí čerpání první komponenty. Po



Obrázek 63: Krok 3.: Potvrzení předání objednávky do fronty/tabulky databáze.

načerpání první komponenty se platforma přesune na souřadnice druhé, následuje spuštění čerpání a takto se postupuje pro každou složku nápoje. Po úspěšném načerpání poslední se platforma vrátí zpět do nulové pozice a displej společně s LED diodami informuje uživatele s odpovídajícím jménem, že je jeho nápoj připraven. Uživatel odebere sklenici z pultíku a Alcobot (a i zbývající části robota) se vrací do neaktivního stavu nebo vyzve k umístění sklenice dalšího čekajícího uživatele. Celá smyčka se tak bude opakovat.

## Příloha B - přehled obsahu databází

Níže jsou uvedeny přepisy položkových záznamů jak hlavní databáze, tak databáze vedlejší.

### Hlavní databáze

Přehled - viz strana: 121

### Sekundární databáze

Přehled - viz obrázek: 65

## Příloha C - schémata zapojení elektronických součástek na řídicí jednotku

Dostupná schémata a návody, popisující jak byly elektronické komponenty navzájem propojeny. K zorientování poslouží obrázek 23 a obrázek motorového HATu 22. Násobně jsou využity pouze piny napájení (5V) a uzemnění (GND). Schéma rozložení pinů [64] se shoduje s rozložením na multiplexeru [28].

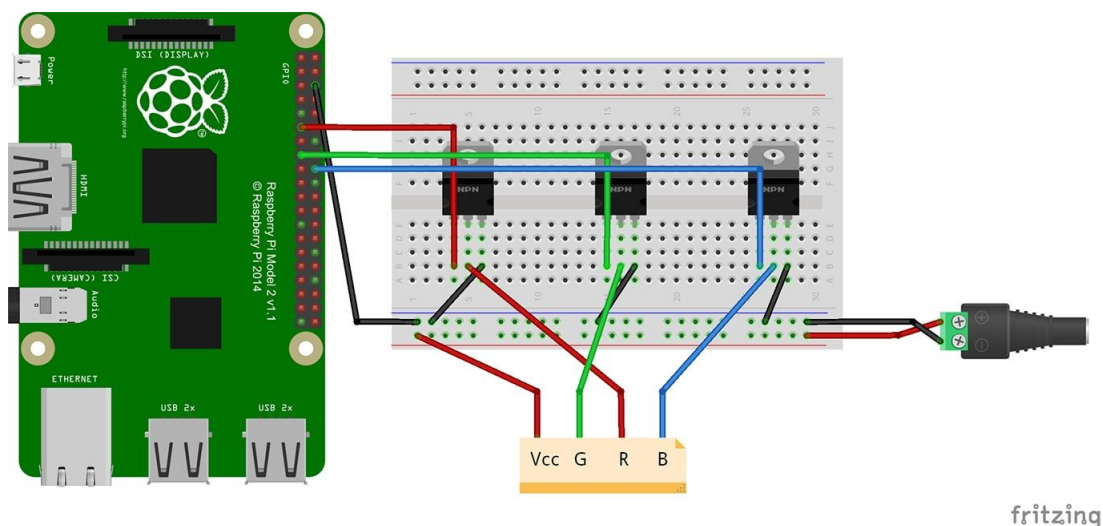
**Čerpání - relátka a pumpa** Využívají následující piny: 2x 5V, 2x GND, Relé 1. - GPIO4, Relé 2. - GPIO7, Relé 3. - GPIO8, Relé 4. - GPIO9, Relé 5. - GPIO10, Relé 6. - GPIO11, Relé 7. - GPIO12, Relé 8. - GPIO13, Relé 9. - GPIO14, Relé 10. - GPIO15, Relé 11. - GPIO16, Relé 12. - GPIO20, Relé 13. - GPIO21, Relé 14. - GPIO23, Relé 15. - GPIO25, Relé 16. - GPIO26. Na 2. až 16. relé jsou napojeny solenoidové trubky a na 1. relé pumpa.

**Koncové spínače** Nulová poloha: 5V, GND a GPIO18, Koncová poloha: 5V, GND a GPIO19.

**Krokový motor** Propojovací kabely jsou na motorovém HATu zasazeny následovně: Modrý a Červený - M2 a Zelený a Černý - M1.

**LCD displej** Využívá následující piny: 5V, GND, SDA1, SCL1 - shodují se s těmi na I2C modulu LCD displeje.

**LED pásek** Využívá následující piny: GND, GPIO17 - Červená barva, GPIO22 - Zelená barva, GPIO24 - Modrá barva a dodatečný rozvod s tranzistory na nepájivém poli (obrázek 64).



Obrázek 64: Obvod RGB LED pásku ([65]).



## **Příloha D - modelové sestavy a podklady k montáži**

Přehled vytvořených modelových sestav z PDF souborů [63]. Slouží jako návody k sestavení fyzické části **Alcobota**. Vyhotoveny byly firmou Pešek Machinery s.r.o.

### **Sestava PMn 21069.000 - Přehled zařízení**

Přehled - viz strana: 122

### **Sestava PMn 21069.100 - Desky s elektroinstalací a s posuvným pultem**

Přehled - viz strana: 124

### **Sestava PMn 21069.200 - Interiér auto-lednice**

Přehled - viz strana: 127

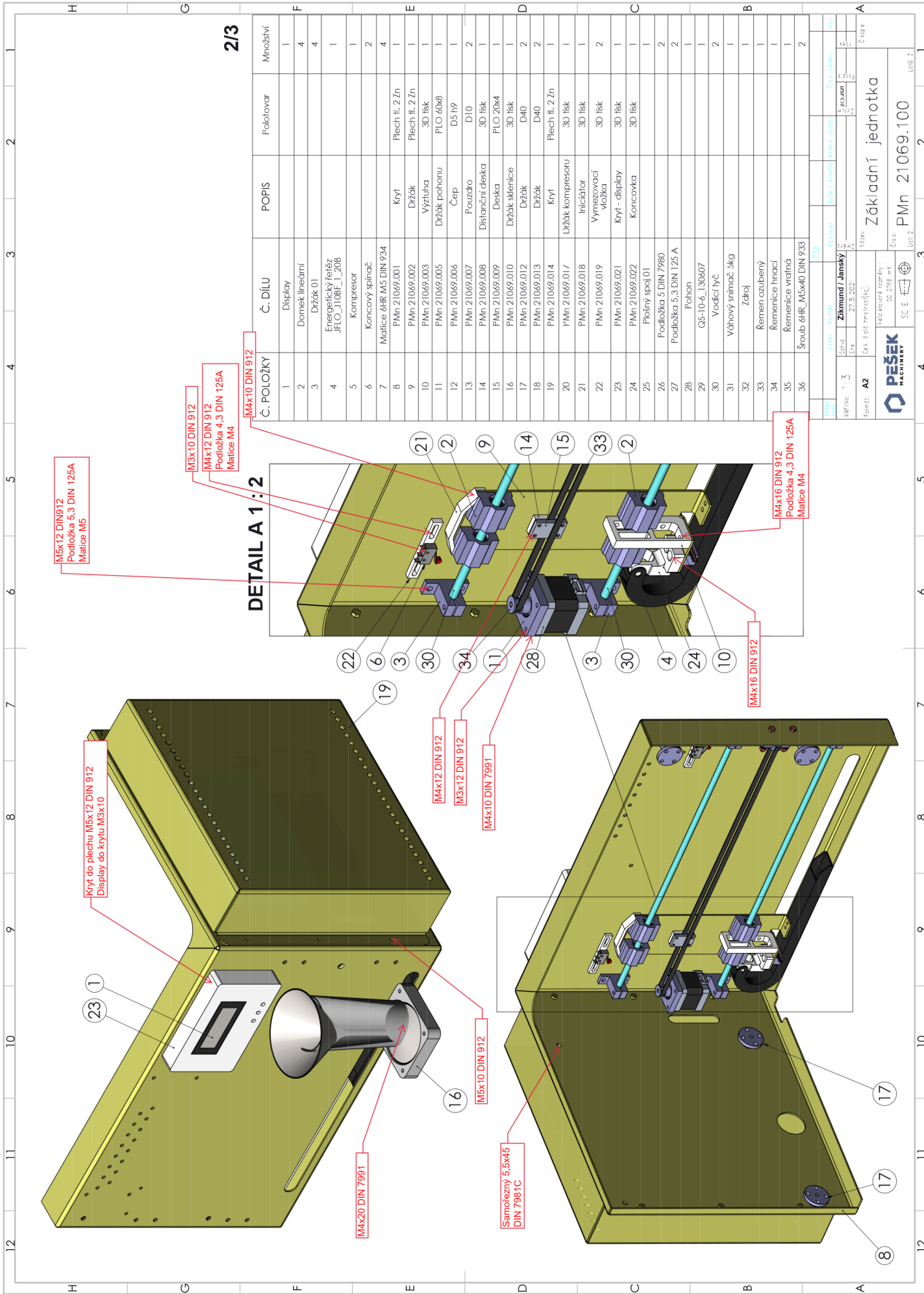
# Robotic bartender (Alcobot) - Drink menu:

Legend:	Name of the drink:	Description:	Mixing parts, order and volumes:	Word specifics for search (e.g.):	Illustration (URL):
1	Screwdriver (vodka with orange juice)	Vodka mixed with orange juice	1) Vodka (60 ml) 2) Orange juice (120 ml)	"screwdriver", "vodka", "orange" etc.	<a href="https://h3.a90g9eusercontent.com/As9wvt7NE_kp9p_lmh3C6l3p0Hb5v9XkXqQVHWVJfT">https://h3.a90g9eusercontent.com/As9wvt7NE_kp9p_lmh3C6l3p0Hb5v9XkXqQVHWVJfT</a>
2	Vodka Sunrise	Cocktail of vodka mixed with orange juice and extra grenadine	1) Vodka (60 ml) 2) Grenadine (60ml) 3) Orange juice (60 ml)	"vodka", "sunrise", "orange" etc.	<a href="https://mixthatdrink.com/vodka-sunrise/">https://mixthatdrink.com/vodka-sunrise/</a>
3	Vodka Coke	Cocktail with vodka, coke and lemon drops	1) Vodka (60 ml) 2) Coke (120 ml)	"vodka", "coke", "cola" etc.	<a href="https://www.a2uolcecooks.com/wp-content/uploads/2020/12/Vodka-and-Coke-001.jpg">https://www.a2uolcecooks.com/wp-content/uploads/2020/12/Vodka-and-Coke-001.jpg</a>
4	Vodka Cranberry	Vodka mixed with cranberry juice	1) Vodka (50 ml) 2) Cranberry juice (150 ml)	"cranberry", "vodka" etc.	<a href="https://images.absoluteoltdrinks.com/drink-images/flaw/Absol">https://images.absoluteoltdrinks.com/drink-images/flaw/Absol</a>
5	Sex On The Beach	Cocktail with vodka, orange and cranberry juice	1) Vodka (60 ml) 2) Orange juice (60 ml) 3) Cranberry juice (60 ml)	"vodka", "orange", "cranberry", "beach" etc.	<a href="https://www.sexonthebeach.com/sex-on-the-beach.jpg">https://www.sexonthebeach.com/sex-on-the-beach.jpg</a>
6	Bloody Mary	Cocktail containing vodka, tomato juice	1) Vodka (60 ml) 2) Tomato juice (100 ml) 3) Lemon juice (10 ml)	"vodka", "bloody", "mary", "tomato" etc.	<a href="https://www.sexonthebeach.com/sex-on-the-beach.jpg">https://www.sexonthebeach.com/sex-on-the-beach.jpg</a>
7	Lemon Vodka Soda	Vodka mixed with soda water and lemon juice	1) Vodka (60 ml) 2) Soda water (200ml)	"vodka", "soda", "water", "lemon" etc.	<a href="https://www.sexonthebeach.com/sex-on-the-beach.jpg">https://www.sexonthebeach.com/sex-on-the-beach.jpg</a>
8	Vodka Tonic	Vodka mixed with tonic water	1) Vodka (60 ml) 2) Tonic water (120 ml)	"vodka", "water", "tonic" etc.	<a href="https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/vodka-tonic/">https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/vodka-tonic/</a>
9	Vodka Tonic Lemon	Variation of Vodka Tonic with added Lemon Juice	1) Vodka (60 ml) 2) Tonic water (170 ml) 3) Lemon juice (30 ml)	"vodka", "water", "tonic", "lemon", "lemon", "lemon" etc.	<a href="https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/red-tonic/">https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/red-tonic/</a>
10	Red Tonic	Cocktail with vodka base, tonic, grenadine and lemon juice	1) Vodka (60 ml) 2) Tonic water (170 ml) 3) Grenadine (40 ml)	"gin", "tonic", "water" etc.	<a href="https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/lemon-tonic/">https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/lemon-tonic/</a>
11	Gin Tonic	Gin base with tonic water	1) Gin (60 ml) 2) Tonic water (200 ml)	"screwdriver", "gin", "orange" etc.	<a href="https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/lemon-tonic/">https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/lemon-tonic/</a>
12	Gin and Orange	Gin mixed with orange juice	1) Gin (60 ml) 2) Orange juice (150 ml)	"long island", "rum", "coke", "vodka", "gin", "tequila", "triple sec" etc.	<a href="https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/lemon-tonic/">https://www.absoluteoltdrinks.com/en/drinks/lemon-tonic/</a>
13	Long Island Iced Tea	Complex cocktail with vodka, gin, tequila, triple sec, rum and coke	4) Tequila (15 ml) 5) Triple sec (15 ml) 6) Coke (100 ml)	"cosmopolitan", "vodka", "triple sec", "gin", "orange", "sunrise" etc.	<a href="https://www.allrecipes.com/recipe/228497/the-real-long-island-iced-tea/">https://www.allrecipes.com/recipe/228497/the-real-long-island-iced-tea/</a>
14	Cosmopolitan	Vodka based cocktail topped with lemon and cranberry juice	1) Vodka (45 ml) 2) Triple sec (15 ml) 3) Cranberry juice (30 ml)	"cosmopolitan", "vodka", "triple sec", "gin", "orange", "sunrise" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
15	Gin Sunrise	Cocktail of gin mixed with orange juice and extra grenadine	1) Gin (60 ml) 2) Grenadine (60ml) 3) Orange juice (60 ml)	"gin", "orange", "sunrise" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
16	Gin and Soda	Gin topped with soda water	1) Gin (60 ml) 2) Soda water (150 ml)	"gin", "soda", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
17	Gin Fizz	Fizzy gin cocktail with lemon juice and soda water	1) Gin (60 ml) 2) Soda water (100 ml)	"gin", "lemon", "screwdriver" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
18	Gimlet	Gin mixed with lemon juice	1) Gin (60 ml) 2) Lemon juice (120 ml)	"gin", "lemon", "screwdriver" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
19	Cuba Libre (Rum and Coke)	Dark rum mixed with coke and small amount of lemon juice	1) Dark Rum (60 ml) 2) Coke (200 ml) 3) Lemon juice (30 ml)	"rum", "coke", "lemon", "cuba" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
20	Orange Daiquiri	White rum based cocktail with orange and lemon juice	1) White Rum (60 ml) 2) Orange juice (30 ml) 3) Lemon juice (15 ml)	"daiquiri", "orange", "rum", "lemon" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
21	Cuban screwdriver (Rumdriver)	Rum mixed with orange juice	1) White Rum (60 ml) 2) Orange juice (120 ml)	"screwdriver", "rum", "orange" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
22	Sailors Sunrise	White rum mixed with grenadine and orange juice	1) White Rum (60 ml) 2) Grenadine (120 ml)	"white rum", "rum", "orange" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
23	Rum Sunset	Dark rum mixed with grenadine and orange juice	1) Dark Rum (60 ml) 2) Grenadine (60ml) 3) Orange juice (60 ml)	"rum", "orange", "sunset" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
24	Dark 'n Stormy	Rum cocktail with lemon juice	1) Dark Rum (60 ml) 2) Lemon juice (120 ml)	"rum", "lemon" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
25	Hurricane	Complex cocktail with dark and white rum, orange and lemon juice, topped with grenadine	1) Dark Rum (60 ml) 2) White Rum (60 ml) 3) Lemon juice (30 ml)	"white rum", "rum", "lemon", "orange" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
26	Mojito	Cold classic. White rum mixed with lemon juice, filled with soda	1) White Rum (60 ml) 2) Lemon juice (25 ml) 3) Soda water (150 ml)	"mojito", "white rum", "lemon", "soda", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
27	Dark rum and tonic	Rum thinned down with tonic and lemon juice	1) Dark Rum (50 ml) 2) Lemon juice (10 ml) 3) Tonic water (150 ml)	"rum", "lemon", "tonic", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
28	Trinidad Rum Punch	Mix of rum, juices, sparkling soda water and grenadine	1) Dark rum (75 ml) 2) Lemon juice (75 ml) 3) Soda water (100 ml)	"rum", "lemon", "soda", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
29	Whisky screwdriver	Mix of whisky and orange juice	1) Whisky (60 ml) 2) Orange juice (120 ml)	"screwdriver", "whisky", "orange" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
30	Whisky & Coke	Whisky mixed with coke	1) Whisky (60 ml) 2) Coke (120 ml)	"whisky", "coke" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
31	Brown derby	Whisky with orange juice and a drop of lemon juice	1) Whisky (60 ml) 2) Orange juice (40 ml) 3) Lemon juice (10 ml)	"whisky", "orange", "lemon" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
32	Whisky sour	Whisky mixed with lemon juice	1) Whisky (60 ml) 2) Lemon juice (30 ml)	"whisky", "sour", "lemon" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
33	A Place in The Sun	Whisky with orange and lemon juice	1) Whisky (60 ml) 2) Orange juice (30 ml) 3) Lemon juice (30 ml)	"sun", "whisky", "orange", "lemon" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
34	Whisky Mojito	Mojito with whisky. Contains lemon juice and soda water	1) Whisky (60 ml) 2) Lemon juice (20 ml) 3) Soda water (70 ml)	"mojito", "whisky", "lemon", "soda", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
35	Highball	Sparkling whisky, thinned up with soda water	1) Whisky (60 ml) 2) Soda water (180 ml)	"high", "whisky", "soda", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
36	Whisky Tonic BLT	Whisky with bitter tonic water	1) Whisky (60 ml) 2) Tonic water (180 ml)	"whisky", "tonic", "water", "bit" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
37	Tequila sunrise	Drink with tequila base, mixed with triple sec, orange juice and grenadine	1) Tequila (45 ml) 2) Grenadine (15 ml) 3) Triple sec (15 ml)	"tequila", "orange", "sunrise", "triple sec" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
38	Margarita Classic	Classic tequila cocktail. Contains lemon juice and orange triple sec	1) Tequila (45 ml) 2) Triple sec (30 ml) 3) Lemon juice (25 ml)	"margarita", "tequila", "triple sec", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
39	Paloma	Thinned Tequila with lemon juice	1) Tequila (60 ml) 2) Lemon juice (15 ml) 3) Soda water (120 ml)	"paloma", "tequila", "lemon", "soda", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
40	Cranberry Margarita	Variation of Margarita. Contains cranberry juice in addition topped with grenadine	1) Tequila (60 ml) 2) Cranberry juice (90 ml) 3) Lemon juice (30 ml)	"margarita", "tequila", "lemon", "soda", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
41	Sangrita	Fruity tequila shot - lemon and orange juice, topped with grenadine	1) Tequila (50 ml) 2) Orange juice (30 ml) 3) Lemon juice (25 ml)	"sangrita", "tequila", "lemon", "orange" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
42	Bloody Maria (Tequila)	Variation of Bloody Mary - tequila mixed with tomato juice	1) Tequila (60 ml) 2) Tomato juice (120 ml) 3) Lemon juice (15 ml)	"bloody mary", "maria", "tequila", "tomato", "lemon" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
43	Tequila Tonic	Mix of tequila and bitter tonic water	1) Tequila (60 ml) 2) Tonic water (120 ml)	"tequila", "tonic", "water" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
44	Tequila Screwdriver	Tequila mixed with orange juice	1) Tequila (60 ml) 2) Orange juice (120 ml)	"screwdriver", "tequila", "orange" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
45	Vodka Shot	One large shot of vodka	1) Vodka (60 ml)	"vodka", "shot" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
46	Gin Shot	One large shot of gin	1) Gin (60 ml)	"gin", "shot" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
47	Dark Rum Shot	One large shot of Dark rum	1) Dark rum (60 ml)	"rum", "shot" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
48	Whisky Shot	One large shot of whisky	1) Whisky (60 ml)	"whisky", "shot" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
49	White Rum Shot	One large shot of white rum	1) White rum (60 ml)	"white rum", "rum", "shot" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
50	Tequila Shot	One large shot of tequila	1) Tequila (60 ml)	"tequila", "shot" etc.	<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
51					<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
52					<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
53					<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
54					<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
55					<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
56					<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>
57					<a href="https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg">https://www.simplify.com/wp-content/uploads/2018/03/cosmopolitan_drink.jpg</a>









2/3

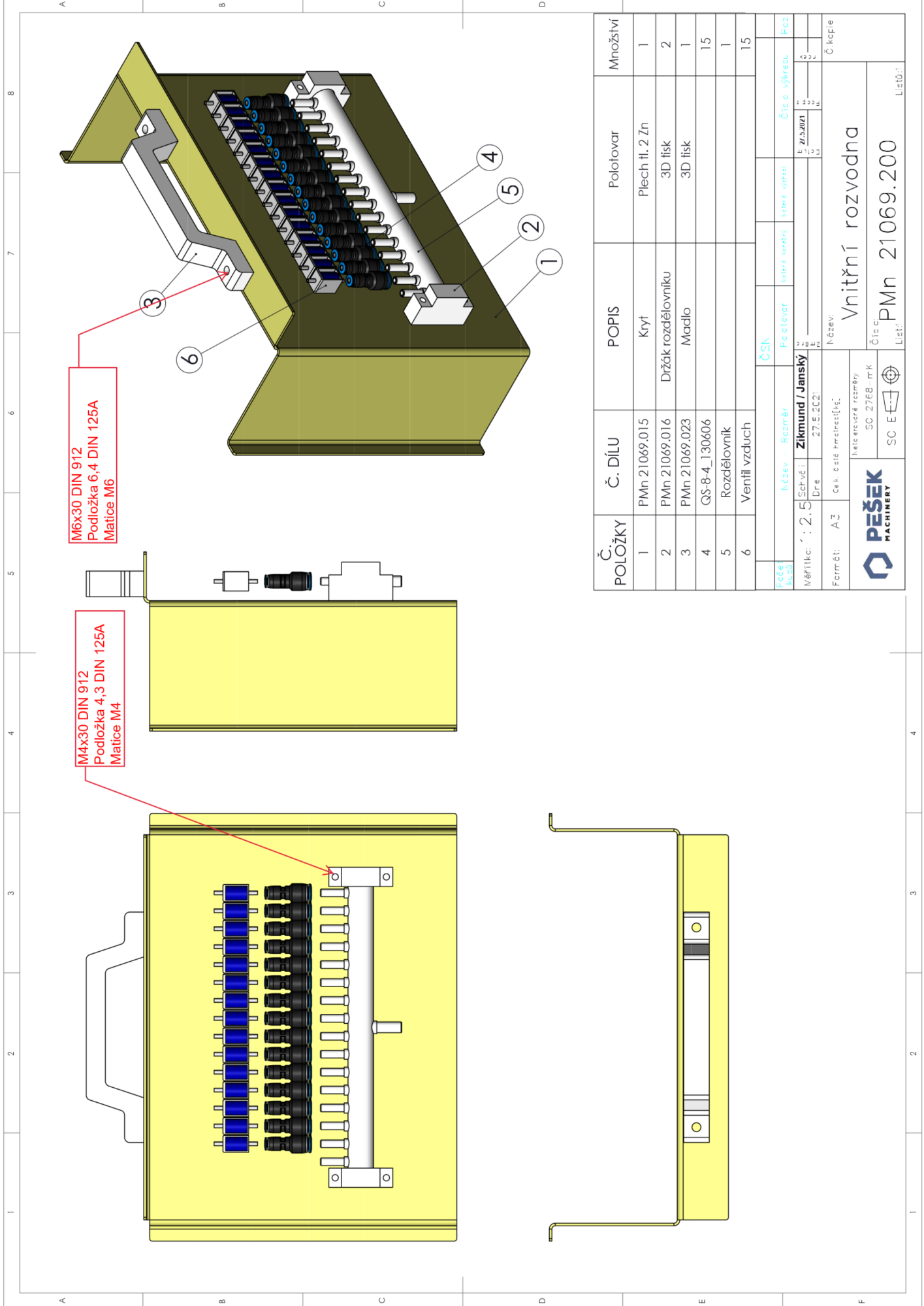
Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Položovar	Množství
1	Display			1
2	Domček lineární			4
3	Držák 01			4
4	Energieský řezáč JFLO_J10BF_I_208			1
5	Kompresor			1
6	Koncový spínač			2
7	Matice 6HR M5 DIN 934			4
8	PMn 21069.001	Kryt	Plech tl. 2 Zn	1
9	PMn 21069.002	Držák	Plech tl. 2 Zn	1
10	PMn 21069.003	Výžluha	3D fisk	1
11	PMn 21069.005	Držák pohonu	PLO 60x8	1
12	PMn 21069.006	Čep	D5 H9	1
13	PMn 21069.007	Pouzdro	D10	2
14	PMn 21069.008	Distanční deska	3D fisk	1
15	PMn 21069.009	Deska	PLO 20x4	1
16	PMn 21069.010	Držák sklenice	3D fisk	1
17	PMn 21069.012	Držák	D40	2
18	PMn 21069.013	Držák	D40	2
19	PMn 21069.014	Kryt	Plech tl. 2 Zn	1
20	PMn 21069.017	Držák kompresoru	3D fisk	1
21	PMn 21069.018	Initiator	3D fisk	1
22	PMn 21069.019	Vymezovací vložka	3D fisk	2
23	PMn 21069.021	Kryt - display	3D fisk	1
24	PMn 21069.022	Koncovka	3D fisk	1
25	PMn 21069.025	Podložka 5 DIN 7980		2
26	PMn 21069.026	Podložka 5,3 DIN 125 A		2
27	PMn 21069.027	Pohon		1
28	PMn 21069.028	GS-10-6-130007		1
29	PMn 21069.029	Vodící tyč		2
30	PMn 21069.030	Váhový snímač 5kg		1
31	PMn 21069.031	Zápoj		1
32	PMn 21069.032	Řemen ozubený		1
33	PMn 21069.033	Řemenice inerci		1
34	PMn 21069.034	Řemenice vratná		1
35	PMn 21069.035	Šroub 6HR_M5x40 DIN 933		1
36	PMn 21069.036			2

Číslo kresby	2
Číslo listu	3
Číslo kresby	PMh 21069.100
Číslo listu	3
Číslo kresby	Základní jednotka
Číslo listu	3
Číslo kresby	PMh 21069.100
Číslo listu	3



PEŠEK MACHINERY  
tel: +420 278 218 218  
SC E





Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Polotovar	Množství
1	PMn 21069.015	Kryf	Plech tl. 2 Zn	1
2	PMn 21069.016	Držák rozdělovníku	3D físk	2
3	PMn 21069.023	Madlo	3D físk	1
4	QS-8-4_130606			15
5	Rozdělovník			1
6	Ventilí vzduch			15

ČSN	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku	Číslo výrobku
1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66				



<b>Robotic bartender (Alcobot) - Secondary DB:</b>				
ID of component:	Name of the component:	Volume at current disposal / default volume:	Volume that is needed in the order:	Coordinates of the outflow:
1	Vodka	700 ml / 700 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1052 (steps)
2	Gin	700 ml / 700 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1052
3	Rum (Dark rum)	700 ml / 700 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1052
4	White Rum	700 ml / 700 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1052
5	Whisky	700 ml / 700 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1382
6	Tequila	700 ml / 700 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1382
7	Triple sec	700 ml / 700 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1382
8	Orange juice	1000 ml / 1000 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1382
9	Lemon juice	1000 ml / 1000 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1696
10	Cranberry juice	1000 ml / 1000 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1696
11	Tomato juice	1000 ml / 1000 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1696
12	Grenadine	750 ml / 750 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1696
13	Tonic water	1500 ml / 1500 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1934
14	Soda water	1500 ml / 1500 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1934
15	Coke (Coca Cola)	1250 ml / 1250 ml	According to a drink from main DB (=variable)	1934

Obrázek 65: Obsah sekundární webové databáze.

## Příloha E - licence Apache 2.0

Copyright 2021 [name of copyright owner]

Licensed under the Apache License, Version 2.0 (the "License"); you may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at

<http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>

Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an "AS IS" BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

## Příloha F - licence MIT

Copyright (c) 2021 <copyright holders>

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.

## **Příloha G - licence BSD (BSD-3-Clause)**

Copyright 2021 <COPYRIGHT HOLDER>

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
3. Neither the name of the copyright holder nor the names of its contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT HOLDER OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF

LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

## **Příloha H - licence GNU General Public License, version 2**

phpMyAdmin - Bringing MySQL to the web

Copyright (C) 2021 name of author

This program is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program; if not, write to the Free Software Foundation, Inc., 51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301, USA.