

Nový model pro výuku programování v předmětu Programovatelné automaty

Bc. Tomáš Čermák



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Tomáš Čermák
Osobní číslo: A12398
Studijní program: N3902 Inženýrská informatika
Studijní obor: Automatické řízení a informatika
Forma studia: prezenční

Téma práce: Nový model pro výuku programování v předmětu
Programovatelné automaty

Zásady pro vypracování:

1. Sepište literární rešerši o výdejních/výrobních automatech.
2. Navrhněte a realizujte výdejový automat na sladkosti z pohledu hardware.
3. Vytvořte programové vybavení pro daný automat.
4. Realizujte vhodnou vizualizaci stavu automatu (množství zboží, peněz, atd.).
5. Vytvořte návod, jak programovat automat pomocí předpřipravených funkčních bloků a funkcí pro jednotlivé komponenty.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Martinásková, Marie, Šmejkal, Ladislav: Řízení programovatelnými automaty, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1998.
2. Martinásková, Marie, Šmejkal, Ladislav: Řízení programovatelnými automaty II, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2000.
3. Šmejkal, Ladislav, Martinásková, Marie: PLC a automatizace, Nakladatelství BEN – technická literatura, Praha, 1999.
4. Firemní literatura k programovatelnému automatu ABB.
5. Hruška, František. Technické prostředky informatiky a automatizace: (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikace). Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2007, 193 s. ISBN 978-80-7318-535-0.
6. Smola, Stanislav, Uher, Dobromil, Vencovský, František: Prodejní automaty v obchodní praxi, Praha, 1962.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce:

7. března 2014

Termín odevzdání diplomové práce:

11. června 2014

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem a realizací výdejového automatu na sladkosti. Automat je určen především k výuce programování v rámci předmětu Programovatelné automaty. Jeho další využití je pro ukázkou studentských prací na Den otevřených dveří Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Práce obsahuje teoretickou část, která popisuje historii, rozdělení, technologii a podnikatelský pohled na výdejové automaty. V praktické části je popsán zvolený a vytvořený hardware. Dále zde je popis programování výdejového automatu a tvorba vizualizací. Poslední část práce obsahuje návod, jak využít předprogramované bloky k tvorbě programu výdejového automatu.

Klíčová slova: Výdejový automat, PLC PM564-T-ETH, elektronický mincovník, LCD displej, výdejová spirála, CoDeSys, Web vizualizace

ABSTRACT

This thesis deals with a design and realization of a vending machine for sweets. This vending machine is primarily intended for teaching of programming of the subject called Programmable logic controllers (PLC) and its next usage is for demonstration of students' works on Open Days of Tomas Bata University in Zlín. The thesis consists of the theoretical part which deals with descriptions of the history, division, technology and entrepreneurial sight of vending machines. The practical part deals with the description of a selected and created hardware. Furthermore, there is a description of programming of the vending machine and creation of visualizations. The last part of the thesis contains a manual – how to use preprogrammed blocks for creation of programme of the vending machine.

Keywords: vending machines, PLC PM564-T-ETH, Coin Acceptor, LCD display, dispensing spiral, CoDeSys, Web visualization

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Tomáši Sysalovi Ph.D. za jeho odborné vedení mé diplomové práce, ochotu a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům. A v neposlední řadě kamarádovi Michalu Ježíkovi za inspiraci, kterou jsem získal díky našim technickým diskuzím.

Prohlášení

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 HISTORIE PRODEJNÍCH AUTOMATŮ	11
1.1 ZÁKLADNÍ ROZČLENĚNÍ AUTOMATŮ	14
1.2 ROZDĚLENÍ AUTOMATU DLE PRODEJE ZBOŽÍ A SLUŽEB	15
2 POUŽITÉ TECHNOLOGIE V MODERNÍCH AUTOMATECH	16
3 PODNIKATELSKÝ POHLED NA PROBLEMATIKU VÝDEJNÍCH AUTOMATŮ	17
II PRAKTICKÁ ČÁST	18
4 HARDWAROVÝ POPIS VÝDEJOVÉHO AUTOMATU	19
4.1 SKŘÍŇ AUTOMATU	21
4.2 ŘÍDICÍ SYSTÉM.....	23
4.2.1 Volba řídicího systému.....	23
4.2.2 PLC ABB PM564-T-ETH.....	23
4.3 LCD DISPLEJ	25
4.3.1 Komunikace s displejem	26
4.3.2 Převodní elektronika mezi PLC a LCD displejem	28
4.4 MATICOVÁ KLÁVESNICE.....	29
4.4.1 Vyhodnocovací a převodní elektronika maticové klávesnice	30
4.5 ELEKTRONICKÝ MINCOVNÍK	31
4.5.1 Elektronický mincovník EU2.....	32
4.5.2 Převodní elektronika mezi mincovníkem a PLC.....	34
4.6 VÝDEJOVÉ ZAŘÍZENÍ	36
4.6.1 Pohon výdejového zařízení	36
4.6.2 Produktová spirála.....	36
4.6.3 Pomocný řídicí obvod mezi PLC a výdejovým zařízením	37
4.7 POMOCNÁ ZPĚTNÁ VAZBA	38
4.7.1 Důvody pro zavedení zpětné vazby.....	38
4.7.2 Popis hardwaru pomocné zpětné vazby	39
4.7.3 Snímač síly FSR 406	40
4.8 POMOCNÉ OBVODY VÝDEJOVÉHO AUTOMATU	42
4.8.1 Obvody pro napájení zařízení.....	42
4.8.2 Obvod pro ovládání obsluhou	42
5 TVORBA SOFTWARE VÝDEJOVÉHO AUTOMATU	43
5.1 ABB CONFIGURATOR PS501	43
5.2 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ CODESYS.....	44
5.3 PROGRAM PRO VÝDEJOVÝ AUTOMAT.....	45
5.3.1 Programové prostředky	45

5.4	PROGRAM Č. 1	46
5.4.1	Programátorský popis programu	47
5.4.2	Popis programu pro zákazníka	47
5.4.3	Ekonomika výdejového automatu	47
5.5	PROGRAM Č. 2	48
5.5.1	Programátorský popis	49
5.5.2	Popis programu pro zákazníka	49
5.5.3	Dodatek pro obsluhu automatu	50
6	TVORBA VIZUALIZACE PRO VÝDEJOVÝ AUTOMAT	51
6.1	POPIS EDITORU PRO TVORBU VIZUALIZACE	52
6.2	POPIS WEBOVÉ VIZUALIZACE VÝDEJOVÉHO AUTOMATU	53
6.3	POPIS VIZUALIZACE HMI VÝDEJOVÉHO AUTOMATU	54
7	PROGRAMOVÁNÍ AUTOMATU ZA POMOCI PŘEDPŘIPRAVENÝCH FUNKCÍ A FUNKČNÍCH BLOKŮ	56
7.1	PRINCIP PROGRAMOVÁNÍ VÝDEJOVÉHO AUTOMATU	56
7.2	POPIS PŘEDPŘIPRAVENÝCH PROSTŘEDKŮ PRO PROGRAMOVÁNÍ	56
7.2.1	K dispozici jsou následující funkce a funkční bloky	57
7.2.2	Návod na použití funkčních bloků (pro jednoduchý příklad)	58
	ZÁVĚR	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM PŘÍLOH	70

ÚVOD

Již od doby před naším letopočtem se objevilo zařízení, které sloužilo k výdeji zboží, konkrétně výdeji svěcené vody v chrámu po vhození mince. Dnes jsou tyto typy strojů nazývány výdejními automaty a využívají dostupné prostředky automatického řízení a informačních technologií. [38]

Ve výdejových automatech lze nalézt produkty z mnoha odvětví, od potravinářství až například po módu. Velkou výhodou těchto strojů pro obyvatele dnešního světa je možnost v nezávislosti na denní době si zakoupit jimi nabízené produkty. V dnešních výdejových automatech se nalézají moderní sofistikovaná zařízení, která automatu rozšiřují možnosti služeb zákazníkům a stále více zvyšuje komfort nakupujících.[38]

Technologie výdejových automatů je všeobecně známá díky jejich velké rozšířenosti po světě. Konkrétní řešení jednotlivých automatů ale není jejich výrobcem zveřejňováno.

Cílem této práce je navrhnout automat na výdej sladkostí (především různých druhů oplatků) a následný návrh prakticky realizovat. Rozsah návrhu je tvořen od mechanické konstrukce automatu, elektrických zapojení převodní elektroniky až po softwarová a vizualizační řešení.

Výsledný produkt – výdejový automat bude sloužit primárně k výuce studentů v rámci předmětu Programovatelné automaty. Studenti si budou moci prostudovat jednotlivá zařízení, z kterých je automat vytvořen a následně vytvářet programy pro tato zařízení a celý výdejový automat. Tento výdejový automat je sekundárně určen k ukázce studentských prací k příležitosti Dne otevřených dveří na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Pro zvýšení atraktivity automatu návštěvníkům byl dán požadavek vytvořit program výdejového automatu, který by umožnil získat sladkost zcela zdarma po správné odpovědi na tematickou otázku vztahující se k Univerzitě, Tomáši Baťovi a městu Zlínu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE PRODEJNÍCH AUTOMATŮ

Za první prodejní automat je v historii považován automat na svččenou vodu, který byl dle historických pramenů sestroyen slavným starořeckým vynálezcem a matematikem Héronem Alexandrijským. Tento vynález je datován do 2. století před naším letopočtem a jeho princip fungování byl následující – Věřící vhodil minci do automatu, mince po svém pádu narazila na pákový mechanismus, který způsobil pohyb uzávěru a následné vytečení malého množství svččené vody. Poté se automat vrátil do původního stavu. [38], [41]

Následovalo dlouhé období až do 19. století, z kterého nejsou dochovány žádné významnější zmínky o vynálezech typu prodejního automatu. Změna nastala až v době kolem roku 1880 v Anglii, kdy se začaly zavádět stroje do výrobního procesu a to dalo příčinu vzniku prvního moderního mincového automatu, který vydával pohlednice. [8], [38], [41]

Ve Spojených státech amerických v roce 1888 firma Thomase Adamsna Gum Company představila automat na žvýkáci gumu Tutti-fruty, který byl situován v New Yorském metru.

V roce 1902, Joe Horn a Frank Hardert si otevřeli ve Filadelfii první restauraci Horn & Hardart tvořenou z výdejních automatů. Restaurace byla utvořena z kavárny a fast-foodu. Automaty v této restauraci vydávaly rozličné druhy nápojů a jídel od káfé až po makaróny se sýrem. Restaurace se brzo rozrostla o další pobočky a stala se tak prvním fast-food řetězcem. Výdejové automaty zde pracovaly následovně: Zákazník vložil do zdířky na mince niklák, následně otočil knoflíkem a to mělo za následek odemknutí skleněných dvířek a zákazník si mohl odebrat požadovaný pokrm či nápoj. [40], [41], [46]



Obrázek 1- Fotografie z restaurace Horn & Hardart [46]

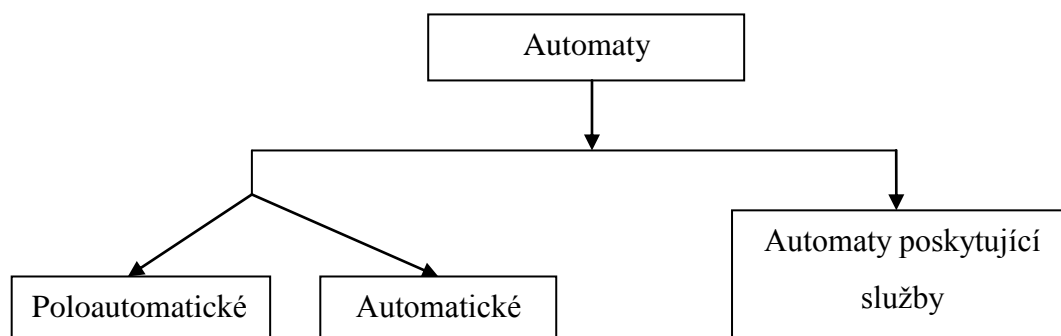
Pošty Spojených států amerických začali používat automaty na výdej poštovních známek v roce 1905. V roce 1926 na trh vstoupil první komerční automat na cigarety, který byl vynalezen vynálezcem Williamem Rowem. V roce 1930 se na trhu s automaty objevil první lahvový automat na nealkoholické nápoje. Druhá světová válka zpomalila rozvoj a vývoj výdejních automatů a po válce spousty společností začaly vyrábět výdejové automaty. Jednou z významných společností je Vendorlator Manufacturing z Fresno Kalifornie, která začala vyrábět klasickou sérii automatů, kde hlavním artiklem se stala Coca Cola a Pepsi. [41]

V šedesátých letech se začali vyskytovat automaty, které dokázali přijímat papírové bankovky. V sedmdesátých letech v Texasu byl sestaven automat, který po vhození mincí zákazníkovi poděkoval. [31], [32], [34]

Osmdesátá léta jsou charakteristická nástupem elektronických komponentů do výdejových automatů, které umožnily vést účetní záznamy a diagnostikovat poruchy. V roce 1985 byl představen automat, který umožňoval přijímat kreditní/debetní karty. [31], [32]

Výdejový automat, který jako první umožňoval bezdrátový přenos dat se skladem zboží byl představen v roce 1993. V roce 2014 nejmodernější výdejové automaty obsahují velkou dotykovou obrazovku, využívají sociálních sítí a moderní Cloud technologie. [11], [31], [42]

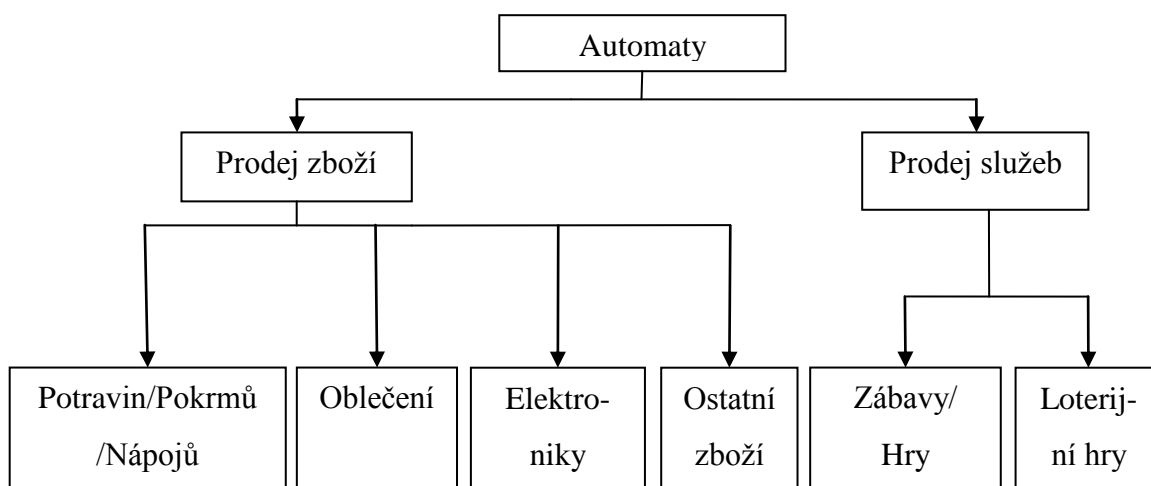
Rozdělení prodejních automatů



Obrázek 2- Schéma základního rozčlenění automatů

1.1 Základní rozčlenění automatů

Plně automatické automaty jsou stroje, které pro svou činnost vyžadují pouze, aby zákazník zvolil druh zboží a vhodil příslušnou částku v mincích anebo zaplatil jiným způsobem (platbou papírovou bankovkou nebo platební kartou) za dané zboží. Poloautomatické automaty vyžadují k výdeji zboží práci zákazníka. Například – automat na žvýkačky, u kterého zákazník po vhození mince musí otočit mechanickým kolem, aby dodal automatu potřebnou energii k uvolnění žvýkací kuličky, která následně vypadne do prostoru určenému k výdeji. Příklad automatu poskytující služby je zdravotnický multifunkční měřicí přístroj, který po vhození mince změří zákazníkovi fyziologické údaje a následně je zobrazí na displeji nebo vytiskne na kousek papíru. Tyto automaty se velmi často umísťují v lékárnách a obchodních centrech.[38]



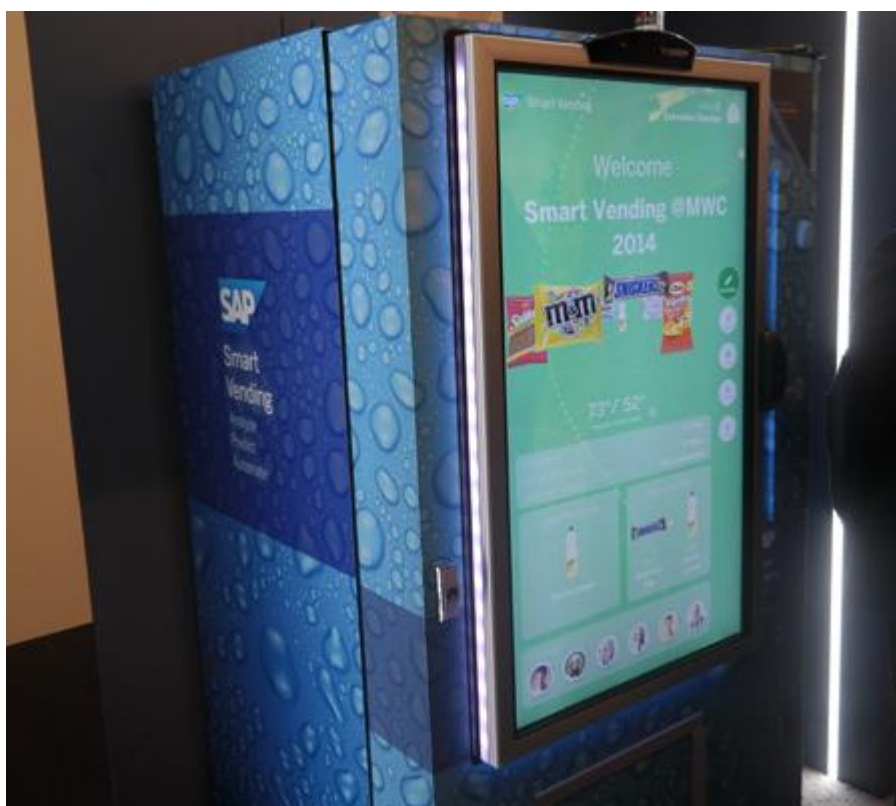
Obrázek 3- Schéma rozdělení automatu dle prodeje zboží a služeb

1.2 Rozdělení automatu dle prodeje zboží a služeb

Automaty prodávající zboží z kategorie potravin, pokrmů a nápojů jsou na trhu z automatů zastoupeny nejvíce. Například automat na bagety, cukrovinky a nápoje v pet-lahvích. Dalším příkladem z této kategorie můžou být automat na pečení pizzy, hot dogů a hamburgerů. Dále například automat na kávu a čaj. Automaty prodávající oblečení mají velký rozsah prodáváného sortimentu od dámských bot až po pánské kravaty. Tyto automaty spolu s automaty prodávající elektroniku je možné nelézt například v Japonsku. Ostatní věci zahrnují například hygienické potřeby. [23], [24], [37], [38]

Prodej služeb je rozdělen na kategorii zábava/hry, do které spadají jukeboxy, stolní fotbal-ky, videohry atd. Skupina loterijních her obsahuje hlavně výherní hrací automaty a video loterijní terminály, ve kterých je možné získat peněžní výhru.[45]

2 POUŽITÉ TECHNOLOGIE V MODERNÍCH AUTOMATECH



Obrázek 4- Ukázka moderního výdejního automatu [42]

O placení v dnešních moderních automatech se starají převážně elektronické mincovníky, které přijímají různé druhy mincí a vracejí finanční přebytek nebo nevracejí. K placení je dále možné využít zařízení na přijetí papírových bankovek anebo je možné platit platební kartou. K výdeji zboží slouží především mechanické komponenty ovládané zcela elektronicky. Řídicí systém výdejních automatů tvoří embedded systém nebo průmyslový počítač. Tyto moderní řídicí systémy ukrývají v sobě především procesory Intel Atom nebo procesory ARM. V nejvýkonnějších řídicích systémech bývá obsažen operační systém Microsoft Windows 7 Embedded Standard. Pro komunikaci automatu se zákazníkem může být k dispozici velká LCD obrazovka, která pro jednodušší ovládání automatu může být dotyková. Díky výkonným řídicím systémům automaty mohou využívat Cloud technologii a Internetové sociální sítě. [7], [11], [32], [42]

3 PODNIKATELSKÝ POHLED NA PROBLEMATIKU VÝDEJNÍCH AUTOMATŮ

Aby podnikání ve výdejních automatech bylo úspěšné, tak by měl podnikatel vzít v potaz několik rozhodujících kritérií. První důležité rozhodnutí se týká volby druhu výdejového automatu. Zde má podnikatel na výběr z velké palety nabídky výdejových automatů v různých cenových hladinách. Je možné si koupit zcela nový či repasovaný automat. V některých státech je zapotřebí mít na provozování výdejových automatů státní oprávnění, v České republice se tato povinnost týká pouze loterijních automatů. Dalším důležitým hlediskem je výběr dodavatele zboží do automatu a volba firmy, která zajistí pravidelný servis a opravy automatu. V neposlední řadě je velmi důležité zvolit umístění provozování automatu. [19]

Konkrétní příklad ekonomiky prodejních automatů je možné prezentovat na automatu na mléko umístěného v blízkosti supermarketu ve městě Zábřeh. Celkové náklady na pořízení a provoz činí 1,15 milionů českých korun při čemž návratnost investice se předpokládá za dva až tři roky. [13]

Příkladem společnosti působícím na českém trhu výdejních automatů je společnost Delikommat. Tato společnost byla založena v roce 1992 a zaměstnává víc než 400 zaměstnanců v 11 poboček po celé České republice. Služby, které tato společnost nabízí se skládají z prodeje, pronájmu a servisu automatů. Automaty nabízejí produkty, jako jsou teplé a studené nápoje, bagety, chlazená jídla, cukrovinky atd.[9]

Dalšími společnostmi, které nabízejí na českém trhu prodej, pronájem a servis automatů jsou Pavigo, AutomatyCZ a Witt.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

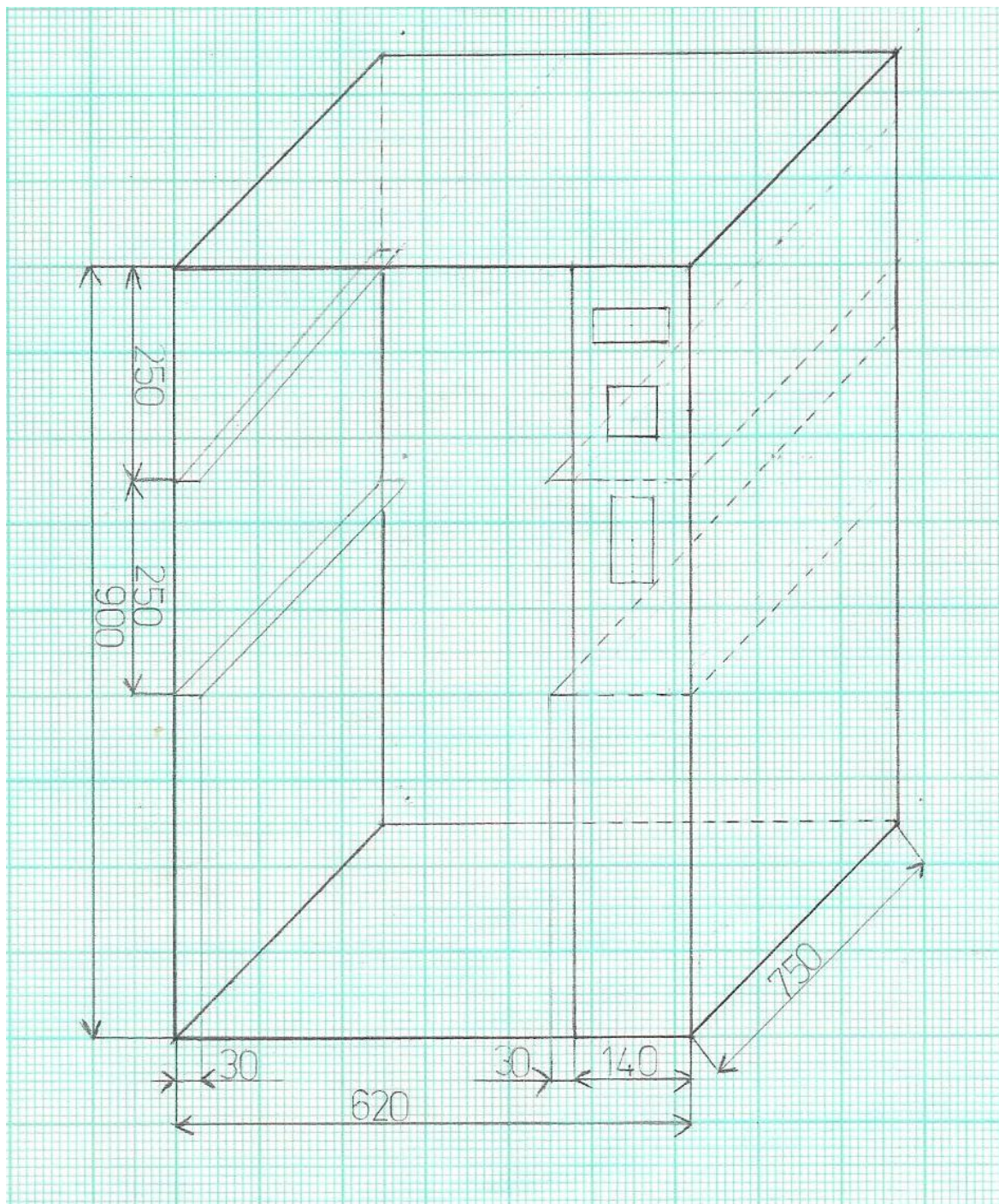
4 HARDWAROVÝ POPIS VÝDEJOVÉHO AUTOMATU



Obrázek 5- Fotografie výdejového automatu

Obal výdejového automatu je tvořen z plechové skříně a průhledných dvířek. Na čelní straně automatu se nachází LCD displej 4 x 20 znaků, maticová klávesnice se 16ti klávesami a elektronický mincovník. Uvnitř automatu se ukrývají police s výdejovými zařízeními a elektronickým systémem. Výdejová zařízení jsou tvořena motorem s převodovkou a produktovou spirálou. Elektronický systém lze rozdělit na dvě části - řídicí systém a převodní elektroniku. Řídicí systém tvoří PLC PM564-T-ETH a rozšiřující modul DX561. Druhou část tvoří převodní elektronika, která vytváří komunikační propojení mezi PLC a komponenty (LCD displejem, maticovou klávesnicí, elektronickým mincovníkem, pomocnou zpětnou vazbou a výdejovým zařízením). Poslední část, kterou lze nalézt u řídicího systému je napěťový zdroj 24 V DC.

4.1 Skříň automatu



Obrázek 6- Fotografie z technické dokumentace – 3D model

Skříň automatu byla navržena dle velikostí komponentu, které měla obsahovat a dále s podmínkou mechanické odolnosti celého výdejního automatu. Návrh skříně automatu byl

formou technické dokumentace předán firmě Zámečnictví Jan Dočkal, která zajistila přesnou výrobu a nalakování skříně automatu.

Skříň automatu je tvořena 3 mm plechem, který má vhodné mechanické vlastnosti kompenzované vyšší hmotností. Stěny automatu byly spojeny svařováním a skříň automatu byla nalakována lesklou černou barvou z vnějšku a základní oranžovou barvou z vnitřní strany. Hotová skříň byla osazena gumovými nožkami, které tvoří navrtnané hokejové puky. Skříň dále obsahuje trojici pantů, na kterých jsou připevněná dvířka z velmi odolného zcela průhledného polykarbonátu. Tyto dvířka obsahují výřez na výdej zboží a kompaktní zámek, který slouží k uzamčení skříně automatu.

Vnitřní prostor skříně automatu je tvořen policemi, vyrobenými ze stejného materiálu jako je celá skříň, dále se zde nacházejí otvory na zadní stěně pro kabel napájení elektrické energie a ethernetový kabel pro komunikaci. Pro umístění řídicího systému je ve vnitřní stěně namontována DIN lišta.

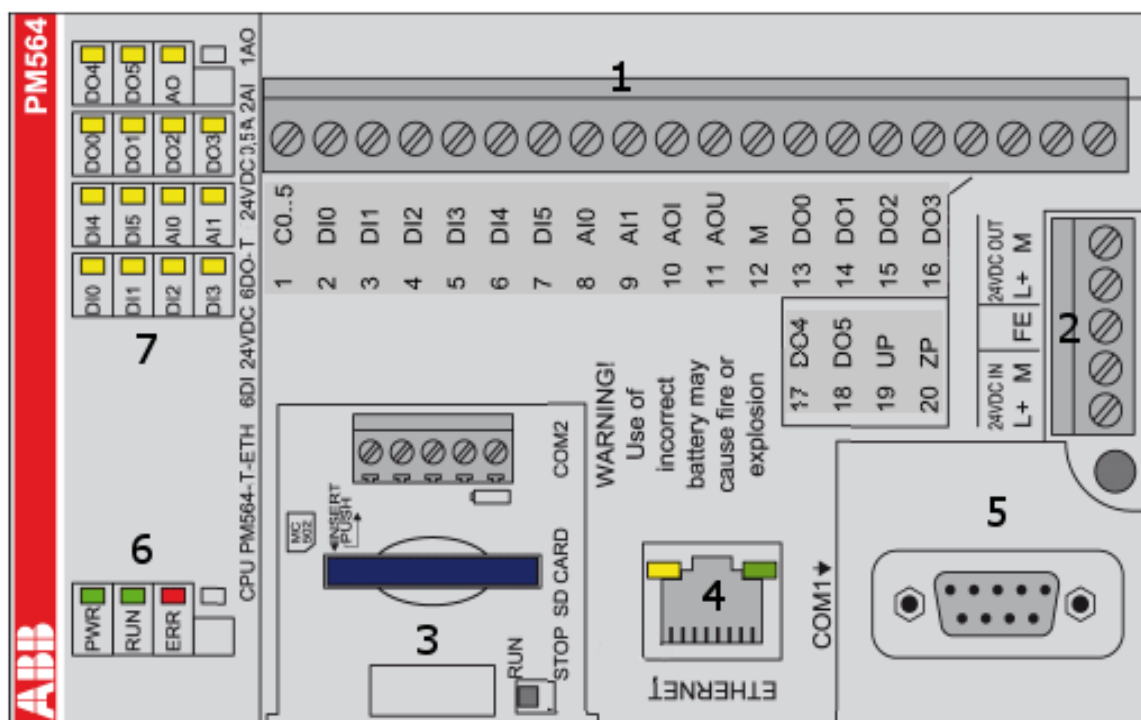
4.2 Řídicí systém

4.2.1 Volba řídicího systému

Ve výdejevých automatech se nejčastěji k řízení používají embedded systémy nebo průmyslové počítače. Aby bylo možné zvolit správný řídicí systém, tak bylo nutné definovat základní požadavky na tento systém. Tyto požadavky jsou následující: Systém musí být odolný vůči mechanickým vlivům, musí pracovat v reálném čase, musí obsahovat dostatečný počet digitálních a analogových vstupů/výstupů. Systém by měl umožňovat vizualizaci stavu automatu, ideálně aby tato vizualizace byla webová.

Tyto všechny požadavky splňuje PLC PM564-T-ETH s přídatným modulem DX561. Jediná nevýhoda použití PLC v úloze řízení výdejevého automatu je komplikovanější programování, protože PLC standardně pracuje v cyklu.

4.2.2 PLC ABB PM564-T-ETH



Obrázek 7- PLC ABB PM564-T-ETH [2]

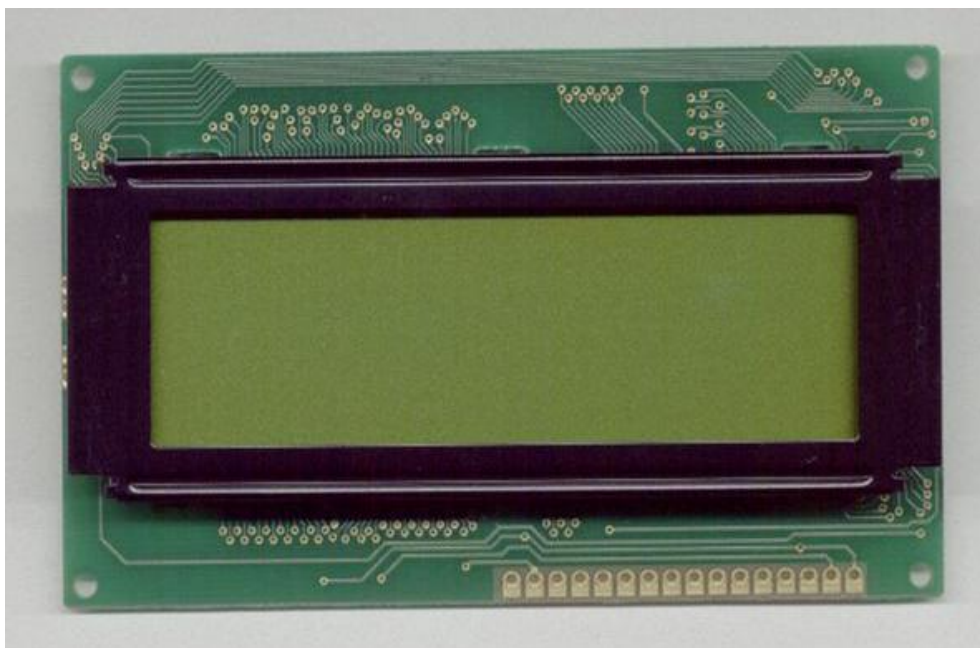
Toto PLC je produktem firmy ABB a patří do produktové řady AC500-eCo. Pouzdro je tvořeno pevným šedým plastem odolným proti poškrábání a na dolní straně s připravenou zdírkou na posazení na DIN lištu. Z pouzdra vychází svorkovnice – malá (2) pro napájecí napětí a velká (1), která obsahuje vstupy a výstupy PLC. Dále se zde nachází odnímatelný kryt (3), pod nějž se dá vložit adaptér s RTC (Real-time Clock), COM2 nebo adaptér, který obsahuje jak RTC tak COM2. Vedle tohoto adaptéru je možné zde umístit slot pro paměťovou SD kartu. Vpravo od tohoto krytu se nachází ethernetové rozhraní (4) tvořené konektorem RJ-45 a vedle něho 9 pinový Sub-D jack sériového rozhraní COM1(5). Úplně vlevo se nachází informační panel (6) s LED diodami, který obsahuje indikaci napájení PLC (PWR), chodu PLC (RUN) a chyby PLC (ERR). Dále se zde nachází pole LED diod (7), které signalizují stav vstupně výstupních obvodů PLC.

PLC má v sobě ukrytý 32 bitový procesor PowerQUICC PowerPC 100 MHz od firmy Freescale. Na rozdíl od PLC z řady AC500, toto PLC z řady AC500-eCo nepodporuje multitasking. Dále obsahuje 128 kB pevnou Flash paměť programu a 14kB paměti SDRAM pro data, z toho 2 kB jsou zálohovány baterií.

Výbava zahrnuje digitální a analogové vstupy a výstupy. U digitálních vstupů a výstupů je použita 24 V logika. Digitálních vstupů je 6 základních, tento počet se dá rozšířit o dva digitální vstupy na místo analogových vstupů. Dále zde máme 6 digitálních tranzistorových výstupů, které musíme pro chod napájet 24 V DC přivedeného na svorky UP a ZP. PLC má analogové dva vstupy a jeden výstup. U analogového výstupu si můžeme zvolit mezi napěťovým 0-10 V a proudovým módem 0-20 mA nebo 4-20 mA. Analogový vstup i výstup mají rozlišení 12 bitů. K PLC je možné připojit až 7 dalších vstupních nebo výstupních modulů.

Pro komunikaci má toto PLC vestavěné sériové rozhraní pro RS485 pojmenované COM1, které je možné použít jako programovací port, pro komunikační protokol MODBUS, sériovou ASCII komunikaci a CS31. Přidáním adaptéru COM2 je možné rozšířit PLC o druhé takové rozhraní. Další možná komunikace může být pomocí rozhraní Ethernetu, díky kterému se dá PLC také programovat. PLC v sobě ukrývá vestavěný webový server, který umožňuje webovou vizualizaci a FTP přenos dat. [2], [4], [12]

4.3 LCD displej



Obrázek 8- Fotografie LCD displeje 4 x 20 znaků použitého v automatu [35]

Displeje LCD využívají technologii tekutých krystalů. Pokud se na tyto krystaly působí dostatečně velkým elektrickým napětím, tak dochází k natočení molekul těchto krystalů, což se pozorovateli jeví jejich zčernáním. Krystaly nevyzařují světlo, proto je nutné pro sledování stavu krystalů použít externí zdroj světla – například denního světla. Některé LCD displeje jsou vybaveny LED podsvícením, které umožňuje displej používat i za nedostatku okolního světla a v noci. LCD displeje vyžadují ovládací napětí 10 – 20 V a z důvodů rozkládání krystalů stejnosměrným napětím se převážně používá střídavé napětí. Aby bylo možné s displeji pracovat snadnějším způsobem jsou kompletovány s pomocnými obvody a řadičem v jeden celek. Toto zjednodušení umožňuje používat k práci s displejem TTL logiku.

LCD displeje lze rozdělit dle získávání pracovního záření na reflektivní, transflektivní a transmitivní. Reflektivní displej vyžaduje pouze externí osvětlení, u transflektivního se světlo odráží od displeje a zároveň může i procházet. Transmitivní potřebuje ke svému správnému fungování podsvícení. Další rozdělení je na TN (Twisted Nematic) a STN (Super TN) dle maximálního úhlu, o který lze posunout optickou osu a poměru kontrastu. TN má maximální úhel otočení do 90°, kontrastní poměr 3: 1 a úhel pozorování 45°. STN má maximální úhel otočení více než 90°, kontrastní poměr 7:1 a úhel pozorování 60°.[29]

4.3.1 Komunikace s displejem

Komunikace s displejem využívá standardu, který přinesl řadič HD44780 od firmy Hitachi pro jednoduché ovládání LCD řádkových displejů. Displeje jsou osazeny 14ti nebo 16ti piny (s LCD podsvícením). Tyto piny lze rozdělit na datové, řídicí a podpůrné (napájecí napětí, elektrická zem a kontrast displeje). Datové piny u většiny displejů mají označení DB7 až DB0 a tyto linky slouží k zasílání dat. Řídicí piny jsou RS, RW a E. Pin RS slouží k určení, zda se bude jednat o příkaz či data, pin RW se užívá pro čtení nebo zápis dat na displej a pin E je povolovací vstup. Po zapnutí displeje je nutné provést inicializaci displeje, která zahrnuje základní nastavení pro další práci s displejem.

Displej umožňuje dva způsoby komunikace – po 8 nebo 4 datových bitech. U osmi bitové komunikace se přenáší najednou data či příkaz naproti tomu při čtyř bitové komunikaci se musí nejdříve přenést horní čtyři bity a následně spodní čtyři bity dat nebo příkazu. Popis pro 4 bitové komunikaci s displejem: Nejdříve se musí nastavit bit RS pro zápis dat a RW pro zápis na displej do logické 0, následně povolovací vstup E do log. 1, na bity DB7 až DB4 poslat horní bity dat a pin E do log. 0. Povolovací vstup E nastavit do log. 1 a na bity DB7 až DB4 zaslat dolní bity dat. [29]

Znak:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Řádek 1:	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
Řádek 2:	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53
Řádek 3:	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27
Řádek 4:	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67

Obrázek 9- Mapování jednotlivých znaků displeje v paměti DD RAM [16]

Displej v sobě obsahuje dva druhy paměti DD RAM a CG RAM. DD RAM slouží k mapování konkrétního znaku (pozice) na displeji. Paměť CGRAM sloužící k uložení až 8 znaků, které si může uživatel přidat ke standardní tabulce znaku displeje. Displej obsahuje standardní tabulku znaků a každý znak je v tabulce přesně určen 8 bitovým číslem, které je pro zobrazení na displej nutné zaslat jako data do displeje. [29]

		Horní bity (DB7 - DB4)															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Dolní bity (DB4 - DB0)	0	CG RAM (1)			0	1	P	`	P				-	9	3	α	p
	1	CG RAM (2)		!	1	A	Q	a	q			°	7	4	ä	q	
	2	CG RAM (3)		"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	×	β	θ
	3	CG RAM (4)		#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	ε	ω	
	4	CG RAM (5)		\$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	μ	Ω	
	5	CG RAM (6)		%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	1	ε	Ü
	6	CG RAM (7)		&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
	7	CG RAM (8)		'	7	G	W	g	w			ア	キ	ヌ	ラ	q	π
	8	CG RAM (1)		(	8	H	X	h	x			イ	ク	ネ	リ	フ	Σ
	9	CG RAM (2)		)	9	I	Y	i	y			ウ	ケ	ル	ル	フ	Σ
	A	CG RAM (3)		*	:	J	Z	j	z			エ	コ	ハ	レ	j	≠
	B	CG RAM (4)		+	;	K	[	k	{			オ	サ	ヒ	ロ	×	π
	C	CG RAM (5)		,	<	L	¥	l	|			カ	シ	フ	ワ	≠	π
	D	CG RAM (6)		-	=	M	]	m	}			ユ	ズ	ヘ	ン	≠	÷
	E	CG RAM (7)		.	>	N	^	n	→			ヨ	セ	ホ	°	ñ	
	F	CG RAM (8)		/	?	O	_	o	+			ッ	ソ	マ	°	ö	■

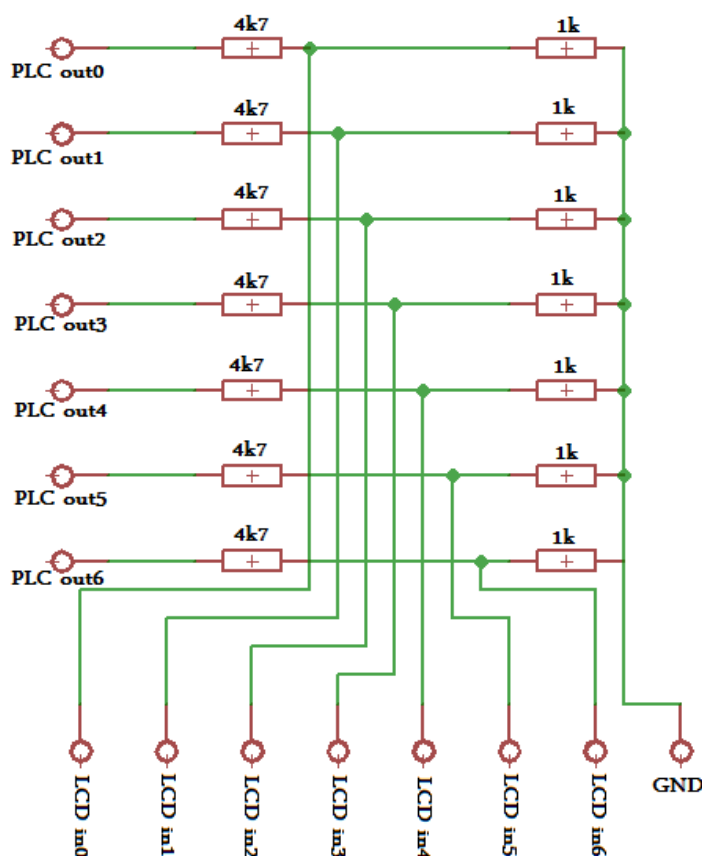
Obrázek 10- Tabulka znaků displeje [15]

Aby bylo možné displej řídit, tak displej obsahuje příkazy – Vymaž displej, Návrat na začátek, Volba režimu, Zapni/vypni displej, Nastavení komunikace, Nastavení adresy CG RAM, Nastavení adresy DD RAM, Čtení stavu displeje, Zápis dat do CG/DD RAM, Čtení dat z CG/DD RAM.[29]

4.3.2 Převodní elektronika mezi PLC a LCD displejem

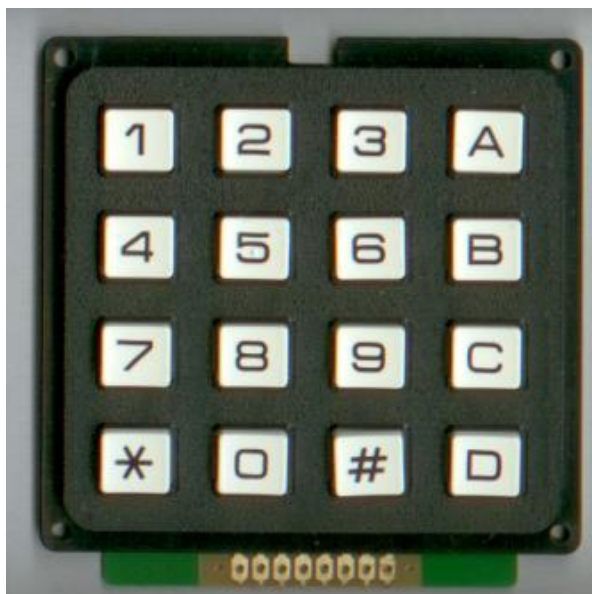
Pro komunikaci s displejem byl zvolen 4 bitový režim a byla zvolena zjednodušující podmínka – pouze jednosměrná komunikace PLC -> LCD displej. Z těchto požadavků vyplynul počet digitálních výstupů PLC na 6 potřebných.

PLC pracuje s 24 V logikou a LCD displej pracuje v rámci logiky TTL. V manuálu k PLC a zároveň ověřeno měřením bylo zjištěno, že výstupní logice PLC je logická 0 reprezentovaná napětím 0 V a logická 1 napětím 24 V. Proto byl navrhnut jednoduchý elektrický obvod využívající děliče napětí k převodu logických úrovní PLC na LCD displej. Na vstupu tohoto obvodu v případě logické 1 je 24 V a na výstupu se nachází napětí o velikosti 4 V, což plně vyhovuje řízení displeje. Tento elektrický obvod je realizován na desce plošného spoje a jeho vstupy a výstupy jsou pro ulehčení zapojení osazeny svorkovnicemi.



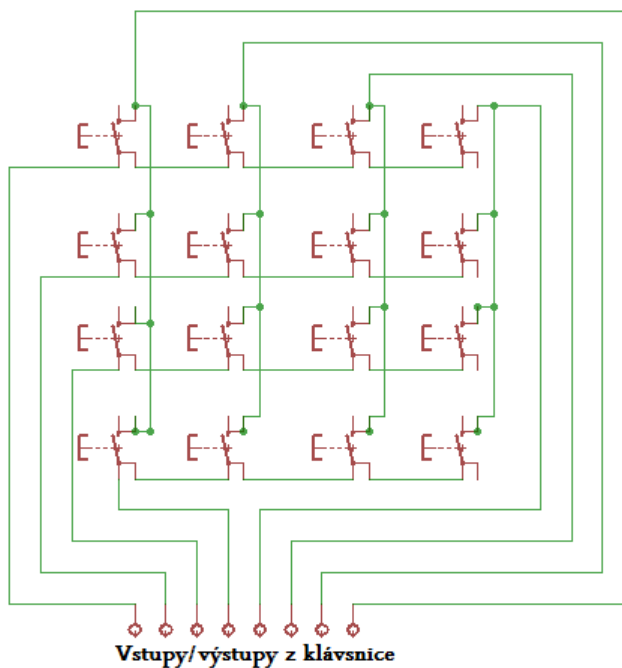
Obrázek 11- Elektronické schéma převodní elektroniky pro LCD displej

4.4 Maticová klávesnice



Obrázek 12- Maticová klávesnice 16ti znaková [26]

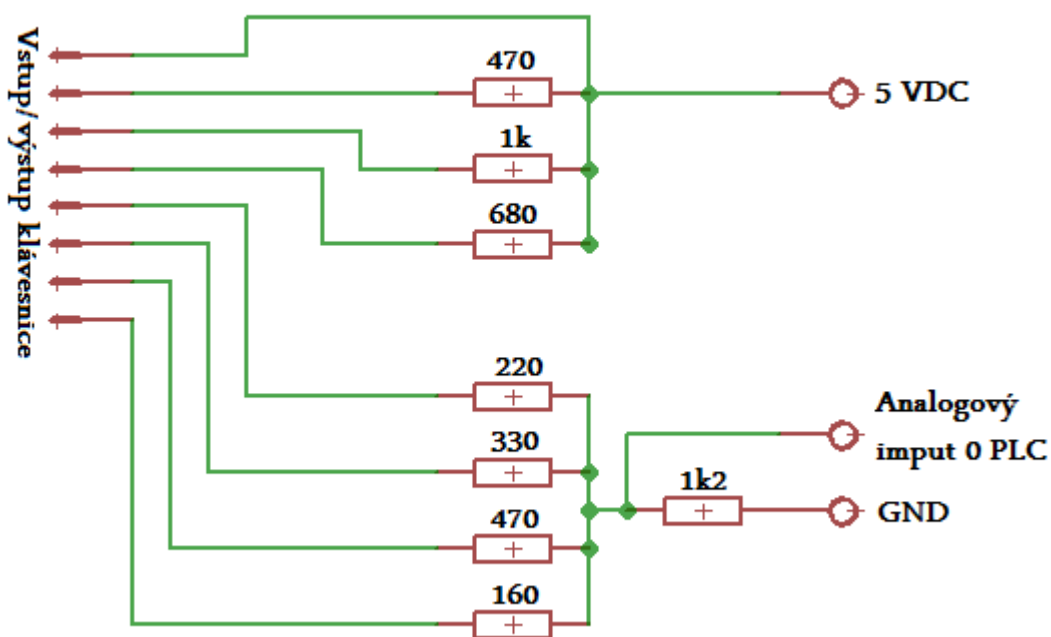
Maticová klávesnice, která je použita ve výdejovém automatu má 16 tlačítek a 8 výstupních pinů. Maticové klávesnice umožňují ušetřit počet vstupních pinů vyhodnocovacích zařízení, kvůli čemuž je to využíváno v mnoha aplikacích.



Obrázek 13- Principiální schéma maticové klávesnice

Princip fungování maticové klávesnice je následující – každý pin odpovídá sloupci nebo řádku a po zmáčknutí klávesy se propojí jeden sloupec s jedním řádkem. K vyhodnocení zmáčkuté klávesy bylo zapotřebí navrhnout vyhodnocovací obvod, který by vhodným způsobem sloužil jako vstup do PLC. [30]

4.4.1 Vyhodnocovací a převodní elektronika maticové klávesnice



Obrázek 14- Vyhodnocovací a převodní elektronika pro maticovou klávesnici

Elektrický obvod, který je na obrázku č. 14 slouží k vyhodnocení zmáčkuté klávesy na maticové klávesnici. Obvod lze rozčlenit na dvě části – část pro sloupce (vstupní) a řádky (výstupní). Část pro sloupce je určena k napájení 5 V stejnosměrnými a pro každý řádek mimo prvního obsahuje rezistor, který náleží každému sloupci. Druhá část obvodu je výstup z klávesnice a náleží každému řádku, na který je připojen odpor. Na konci této části obvodu se nachází výstupní odpor, který se zbytkem obvodu tvoří napěťový dělič. Po zmáčknutí klávesy jsou jednotlivé odpory na řádku a sloupci sečteny a způsobují úbytek napětí na výstupním odporu. Tento úbytek napětí slouží jako vstupní signál analogového vstupu PLC. [14]

4.5 Elektronický mincovník



Obrázek 15- Elektronický mincovník EU2 [47]

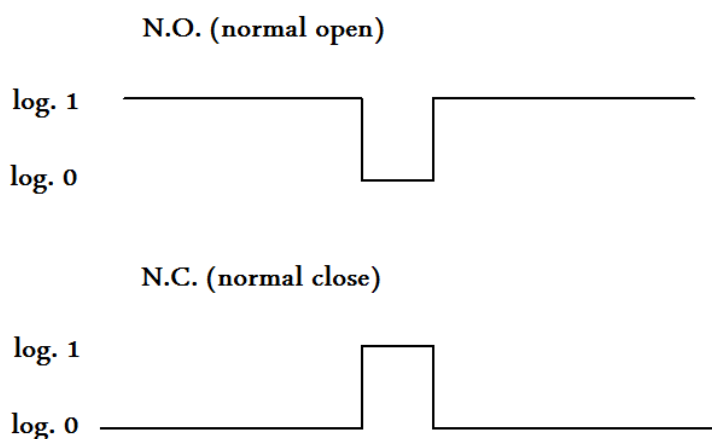
Základem výdejových automatů je mincovník. Mincovník přijímá mince a na základě akceptování mince vydá zboží, vyrobí zboží (např. připraví kávu) nebo poskytne službu. Mincovníky je možné rozdělit na mechanické a elektronické. Mechanické mincovníky nepotřebují ke své práci elektrickou energii a veškeré ověřování pravosti mincí probíhá na mechanickém principu. Elektronické mincovníky lze rozdělit na mincovníky, které vrací mince a které nevrací. Mincovníky, které vracejí mince jsou mnohem složitější zařízení, jak mechanicky tak i elektronicky a jejich pořizovací cena je mnohokrát větší než u elektronických nevracejících mincovníků.

Nejběžnější dvě technologie ověřování pravosti mincí v elektronických mincovnících jsou za využití elektromagnetických cívek a optických senzorů. Ověřování pomocí cívek funguje na podobném principu jako detektor kovů a je možné ho popsat následovně – Jedna z cívek vysílá magnetické pole a druhá ho přijímá. V případě průchodu mince se magnetic-

ké pole změny a změna je interpretována algoritmem ve vyhodnocovací jednotce mincovníku. Rozdíly ve velikosti, tvaru nebo obsahu kovu tvoří přesný elektronický podpis, který umožní rozpoznat mince. Druhým principem rozpoznávání mincí je za využití optických senzorů. Toto rozpoznávání pracuje tímto způsobem – po trase mince se nacházejí optické senzory, které při průchodu mince snímají její velikost a rozměry. Následně tyto údaje slouží jako kritéria pro akceptování mincí. [17]

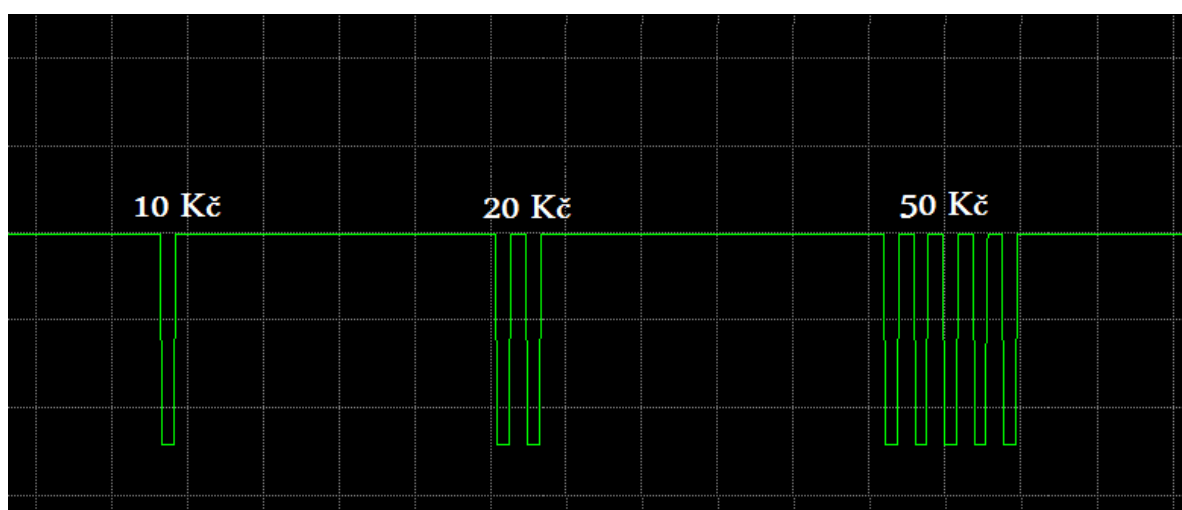
4.5.1 Elektronický mincovník EU2

Mincovník EU2 je typ mincovníku, který nevrací mince. Může najednou přijímat až 6 různých mincí a pro větší variabilitu, obsahuje dvě paměťové banky, které každá může obsahovat až 6 různých typů mincí. Volbu datové banky lze zvolit přímo na mincovníku pomocí přepínače. Mincovník lze programovat po připojení k počítači, počítačem anebo přímo na mincovníku za využití vystavěných DIN spínačů. Mincovník obsahuje tyto výstupní režimy – Pulzní režim, výstup jako časovač, paralelní výstup a výstup po lince RS232. Pro výdejový automat je využíván pulzní režim. U tohoto režimu je možné zvolit pomocí přepínače na mincovníku délku impulsu ve třech časových variantách – 25 ms, 50 ms a 80 ms. Dále je možné zvolit průběh impulsů volbou přepínače mezi N.C.(normal close) a N.O. (normal open). [47]



Obrázek 16- Znázornění principu N.O. a N.C. [44]

Mincovník umožňuje režimu Inhibitor, v kterém nepřijímá žádné mince (mince nejsou akceptovány a jsou vráceny uživateli). Mincovník ke své práci vyžaduje napájecí napětí 12 V stejnosměrných a měřením byla zjištěna maximální hodnota odebíraného proudu na 250 mA. Ve výstupních režimech je využíváno napětí 12 V. Pracovní teplota udávaná výrobcem je od -5 do +50 °C. Mincovník přijímá mince v rozsahu velikostí 17-31 mm a tloušťky 1 – 3 mm. Tento typ mincovníku je často využíván v České republice pro různé typy výdejních/zábavních automatů a obvykle je naprogramován na přijímání mincí 5, 10, 20,50 Kč a euro mincí.

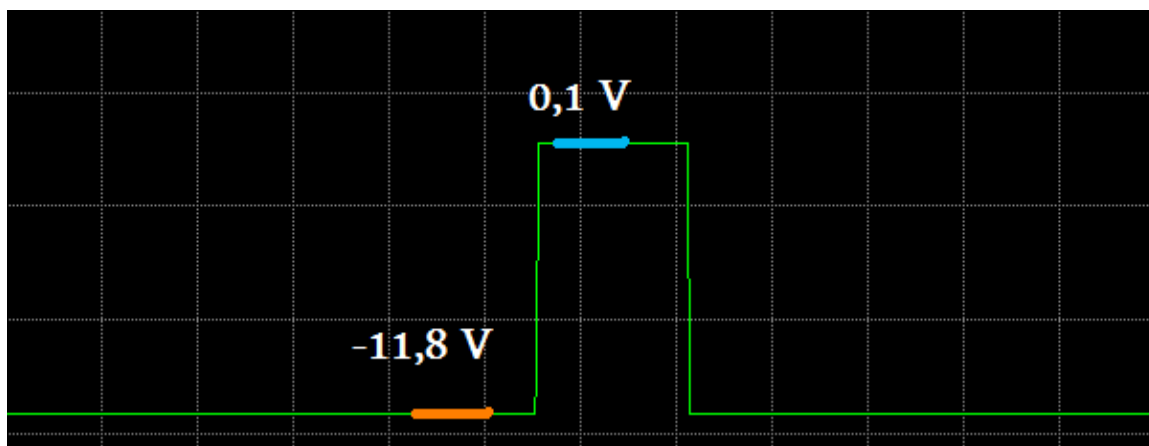


Obrázek 17- Ukázka impulzního režimu s volbou N.O. pro různé druhy mincí

Při programování je možné zvolit u jednotlivých mincí počet generovaných impulzů. Mincovník byl pro použití ve výdejovém automatu naučen na žetony, tak aby pro jeden žeton byl vygenerován jeden impulz. Byla zvolena délka impulzu 80 ms a volba N.C. pro typ výstupního signálu. Aby bylo možné v PLC zaznamenávat impulzy bylo nutné navrhnout převodní elektroniku z výstupního signálu mincovníku na vstupní signál odpovídající logice PLC. [47]

4.5.2 Převodní elektronika mezi mincovníkem a PLC

Při volbě výstupního režimu byl zvolen impulzní režim, délky pulzu 80 ms a typu signálu N.C. a následně je na výstupu mincovníku možné naměřit po vhození mince tento průběh:

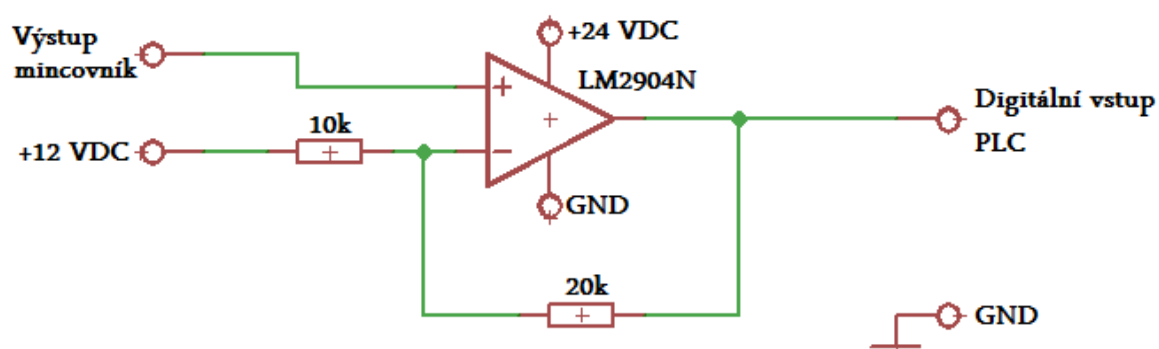


Obrázek 18- Záznam digitálním osciloskopem pro impulzní režim mincovníku

Logika digitálního vstupu PLC pro logickou jedničku je od +15 V do 30 V a logická nula je -3 V do 5 V. Pro úpravu výstupního signálu z mincovníku byl použit integrovaný obvod LM2904N, který obsahuje 2 x operační zesilovač. U tohoto integrovaného obvodu bylo zvoleno zapojení pouze jednoho operačního zesilovače v invertujícím zapojení. Na invertující vstup operačního zesilovače byl přiveden signál +12 V DC a na neinvertující vstup byl přiveden signál z označením „Coin“ z mincovníku. To mělo za následek, že při akceptování mince (při vyvolání pulzu) napětí mezi vstupy operačního zesilovače U_{in} bylo -11,9 V. Následně bylo vypočítáno dle vztahu při akceptování mince na výstupu převodníku toto napětí U_{out} :

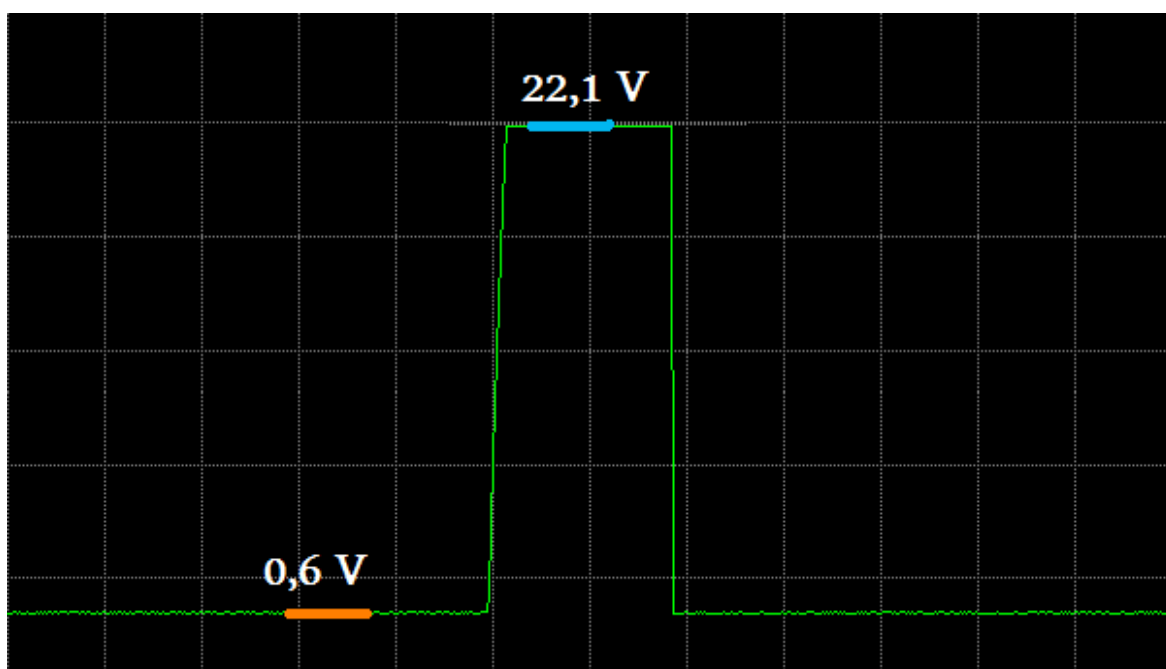
$$U_{out} = -U_{in} \cdot \frac{R2}{R1} \rightarrow U_{out} = -(-11,9) \cdot \frac{20000}{10000} = 23,8 \text{ V} \quad [6]$$

Maximální výstupní napětí, kterého lze s tímto integrovaným obvodem operačního zesilovače dosáhnout je vždy o 1,5 V menší než napájecí napětí tohoto obvodu.



Obrázek 19- Schéma převodní elektroniky mezi mincovníkem a PLC [32]

Výstupní signál z převodní elektroniky po akceptování mince je znázorněn takto:



Obrázek 20- Záznam z digitálního osciloskopu z převodní elektroniky

4.6 Výdejové zařízení

Výdejové zařízení je tvořeno z motoru s převodovkou a výdejové spirály.

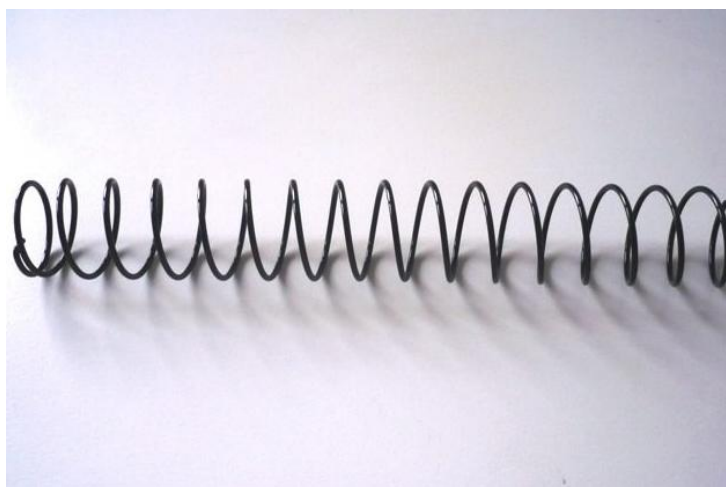
4.6.1 Pohon výdejového zařízení



Obrázek 21- Fotografie pohonu výdejového zařízení

Pohon výdejového zařízení je tvořen stejnosměrným motorem a převodovkou. Motor má provozní napětí 24 V stejnosměrných. Maximální odebíraný proud 0,1 A s tolerancí ± 50 %. Za převodovkou má pohon 24 RPM otáček za minutu s tolerancí ± 10 % a dává nominální moment 4 Nm. [25]

4.6.2 Produktová spirála

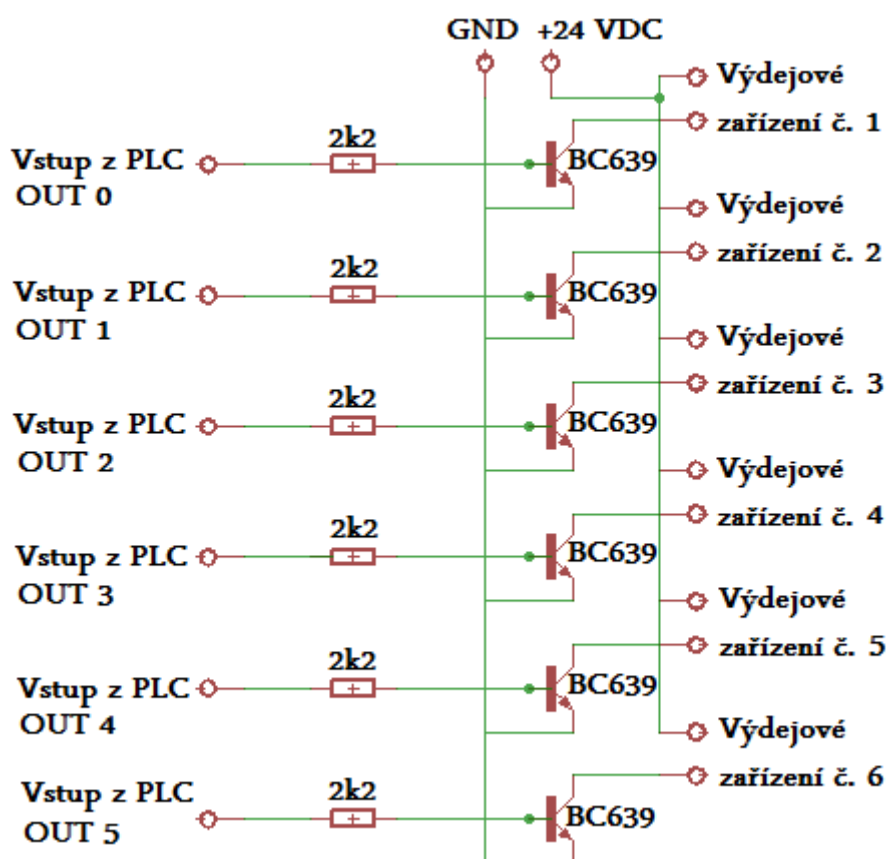


Obrázek 22- Fotografie produktové spirály

Produktová spirála má délku 485 mm a průměr závitu 67 mm. Je určena k výdeji až 15 produktů. Princip výdeje produktů je následující – Produkt je vložen do závitu spirály. Kolem spirály zprava i zleva jsou opěrné stěny a v okamžiku, kdy začne spirála rotovat, tak produkt díky spirálovému tvaru spirály a opěrným stěnám se začne pohybovat translačním pohybem směrem k výdeji produktů.

Aby bylo možné zajistit potřebný maximální odebíraný proud včetně dané tolerance, který pohon vyžaduje, tak byl navržen pomocný obvod.

4.6.3 Pomocný řídicí obvod mezi PLC a výdejovým zařízením



Obrázek 23- Schéma pomocného řídicího obvodu [36]

Fungování pomocného řídicího obvodu lze shrnout takto – Při příchodu signálu (logické 1) z PLC je tento signál přiveden přes odpor na bázi tranzistoru, tranzistor sepne a tím dojde

k uzavření elektrického obvodu, který je tvořen napájecím zdrojem +24V DC s potřebným výkonem a výdejovým zařízením.[36]

4.7 Pomocná zpětná vazba

4.7.1 Důvody pro zavedení zpětné vazby

V první fázi vývoje výdejového automatu bylo výdejové zařízení řízeno přímovazebně, pomocí časů, které byly experimentálně naměřeny. Tento způsob vydávání sladkostí měl 98% úspěšnost a to v případě, že spirála obsahovala 2 sladkosti. V případě 4 sladkostí na spirálu klesla úspěšnost pod 90%. Při zvyšování počtu sladkostí na spirálu klesala úspěšnost vydávání sladkostí z důvodu zkracování času vydávání sladkostí a růstu nepříznivých vlivů – způsobených toleranci motoru s převodovkou a hlavně polohou spirály (pokud zvolíme na okraji police, kde se nacházejí výdejové zařízení, referenční bod od kterého odměříme 100 mm podél spirály, tak je možno pozorovat, že při jednom natočení spirály je tento bod – kde se předpokládá vložení sladkosti, ve středu třetího závitu spirály. Při jiném natočení je tento bod na začátku čtvrtého závitu.) Aby byl tento nedostatek odstraněn, tak je možné zvolit jedno z těchto dvou řešení – První řešení spočívá ve vytvoření a následného použití při řízení, přesného matematického modelu výdejového zařízení, které přispěje ke zpřesnění časových odhadů pro jednotlivé výdeje sladkostí. Výhodou tohoto řešení je, že není potřeba přidávat žádné hardwarové komponenty. Nevýhodou je obtížnost zjištění přesného matematického modelu a potřeba přesné konfigurace polohy spirály při startu automatu. Druhé řešení spočívá v zavedení zpětné vazby, která dodá informaci o výdeji sladkostí. Výhodou tohoto řešení je velké zvýšení kvality řízení výdeje sladkostí. Hlavní nevýhoda tohoto řešení je v nutnosti přidání hardwaru a jeho možná poruchovost. Pro výdejový automat byla zvolena druhá varianta řešení – zpětná vazba. Tato zpětná vazba je pouze pomocná z důvodů možnosti zneužití znalým zákazníkem. Váha informace ze zpětné vazby bude nastavovaná v programu softwarově.

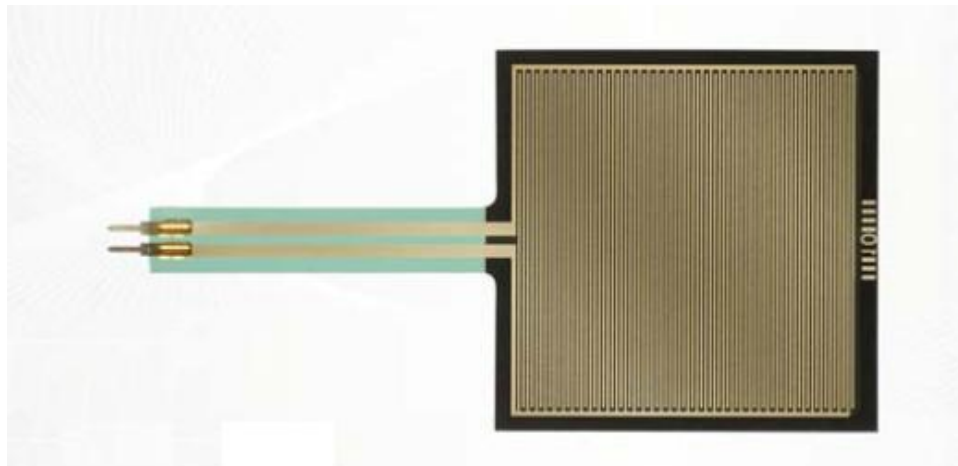
4.7.2 Popis hardwaru pomocné zpětné vazby



Obrázek 24- Fotografie zařízení tvořící pomocnou zpětnou vazbu

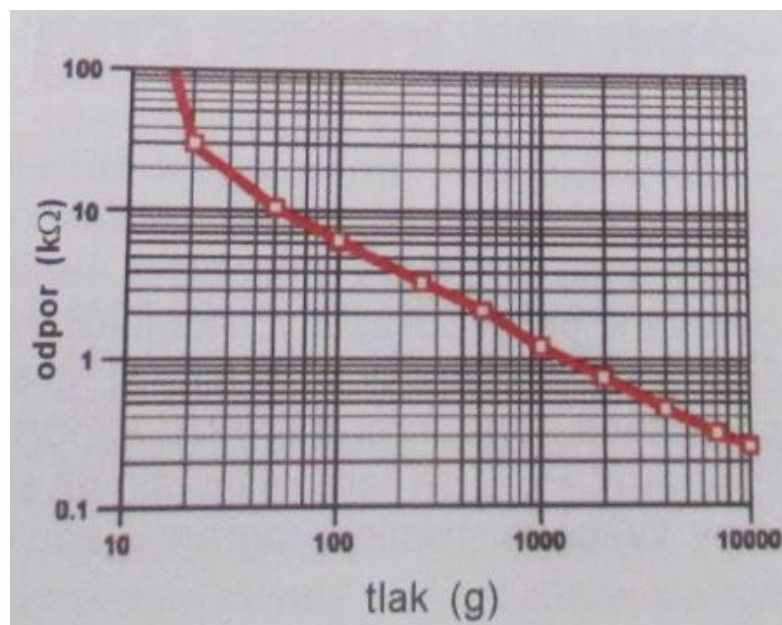
Hardware pomocné zpětné vazby je tvořen ze svodového koryta, desky se snímačem a převodní elektroniky. Svodové koryto je vytvořeno tak, aby sladkosti z jakékoliv spirály byly svedeny do jejího středu na desku se snímačem. Deska se snímačem je tvořena balzovou deskou, na kterou je nalepený čtverec z překližky o velikosti snímače, ke kterému je přilepen snímač. Na spodní straně snímače je opět nalepený čtverec překližky tentokrát však ve velikosti takové, aby zasahoval pouze na aktivní část senzoru. Tento čtverec je přilepen ke dnu skříně automatu. Snímač je použit FSR 406, který je elektricky připojen k převodní elektronice, jejíž výstup je zapojen do analogového vstupu PLC.

4.7.3 Snímač síly FSR 406

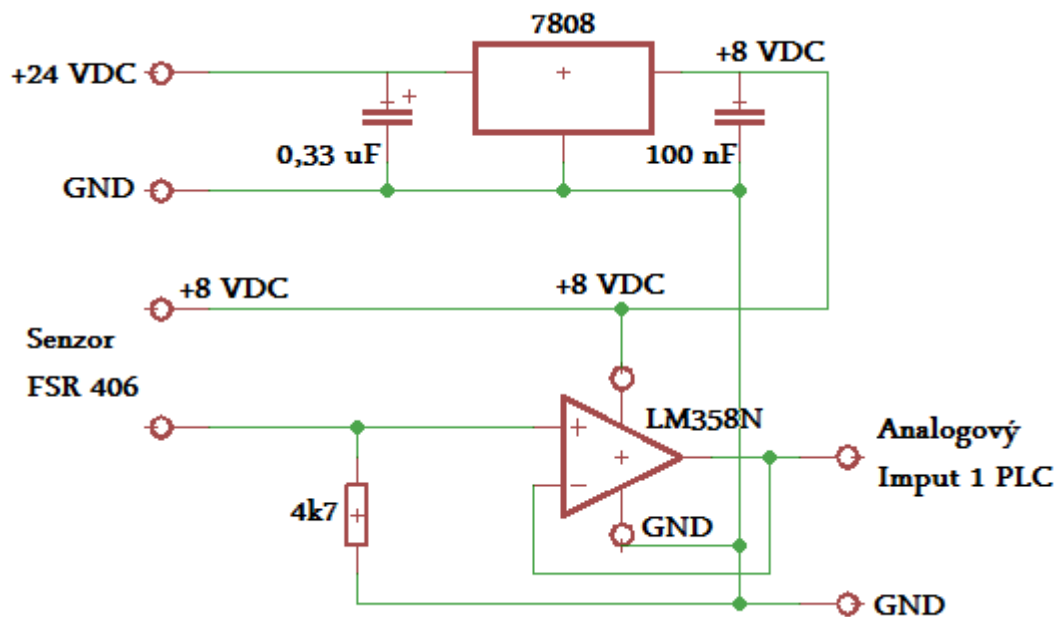


Obrázek 25- Fotografie snímače FSR 406 [20]

FSR (Force Sensing Resistor) snímače je možné nalézt v mnoha odvětvích – například: v automobilovém průmyslu, v lékařských systémech, v průmyslových a robotických aplikacích. FSR snímač je dvou vodičové zařízení, které je tvořeno silnou polymerovou vrstvou. Tyto snímače pracují na principu snížení elektrického odporu při zvyšování aplikované síly na povrch snímače. FSR 406 má čtvercovou aktivní plochu o velikosti 39,6 mm x 39,6 mm a pro snadnější aplikaci výrobce udává v dokumentaci 4 základní zapojení tohoto snímače. Měřicí rozsah snímače FSR 406 je od 10g po 10 kg.[21]



Obrázek 26- Převodní elektronika pro pomocnou zpětnou vazbu



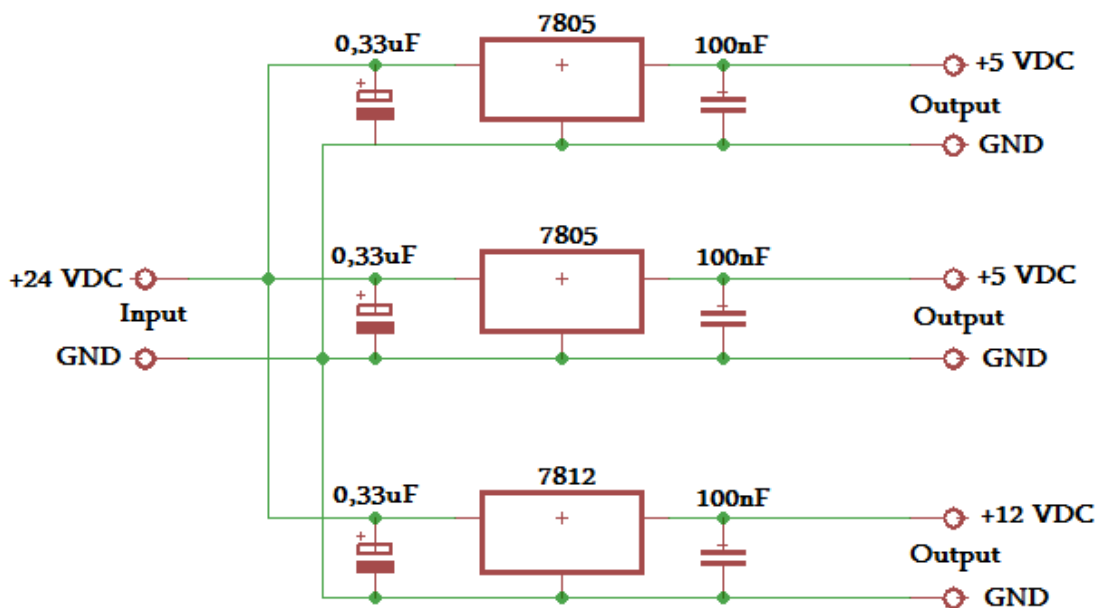
Obrázek 27- Schéma převodní elektroniky pro pomocnou zpětnou vazbu [1], [22]

Základ převodní elektroniky tvoří stabilizátor 7808, na jehož vstup je převáděno napětí +24 V DC a na jeho výstupu je obdrženo napětí +8 V DC. Toto napětí je použito k napájení operačního zesilovače LM358N a snímače FSR 406. Výstup se snímače je přiveden na neinvertující vstup operačního zesilovače, který je zapojen jako sledovač napětí. Výstupní signál z operačního zesilovače je přiveden na analogový vstup PLC, který je nastaven pro signál 0-10 V. [22]

4.8 Pomocné obvody výdejového automatu

4.8.1 Obvody pro napájení zařízení

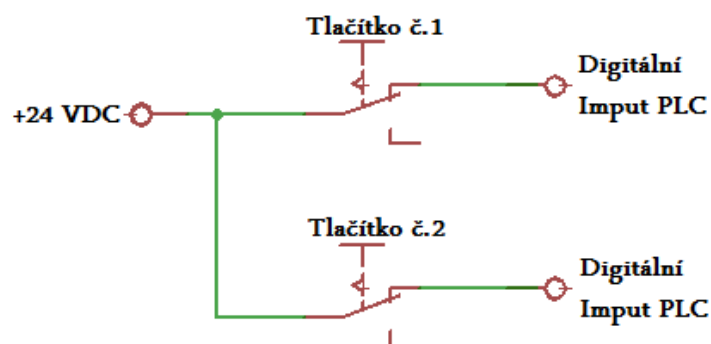
Zařízení ve výdejovém automatu potřebují různá napájecí napětí, proto byl sestaven obvod na jejich vytvoření a stabilizaci.



Obrázek 28- Schéma elektrického obvodu pro tvorbu a stabilizaci napětí [1]

4.8.2 Obvod pro ovládání obsluhou

Tento obvod slouží obsluze výdejového automatu, aby při přidání zboží a výběru peněz z automatu, mohla tuto skutečnost být signalizována řídicímu systému.

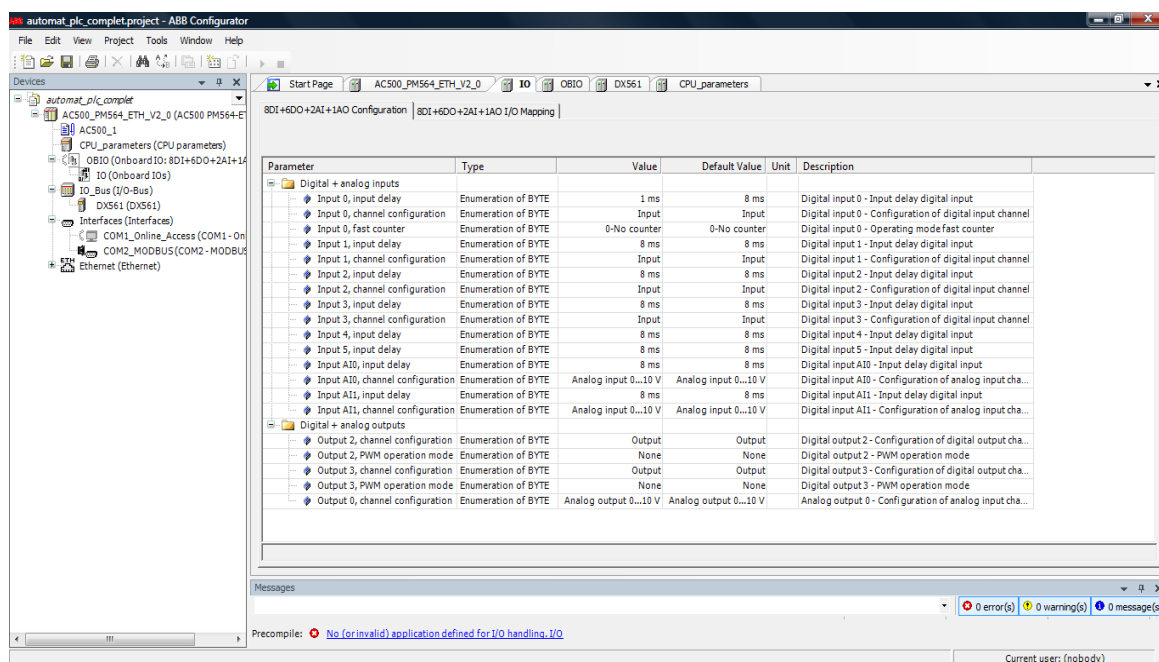


Obrázek 29- Schéma obvodu tlačítek pro obsluhu

5 TVORBA SOFTWARE VÝDEJOVÉHO AUTOMATU

Ve výdejovém automatu je použit jako řídicí systém PLC PM564-T-ETH od firmy ABB. Tato firma k PLC distribuuje vývojové nástroje, které jsou složeny z ABB Configurator PS501 a vývojového prostředí CoDeSys.

5.1 ABB Configurator PS501



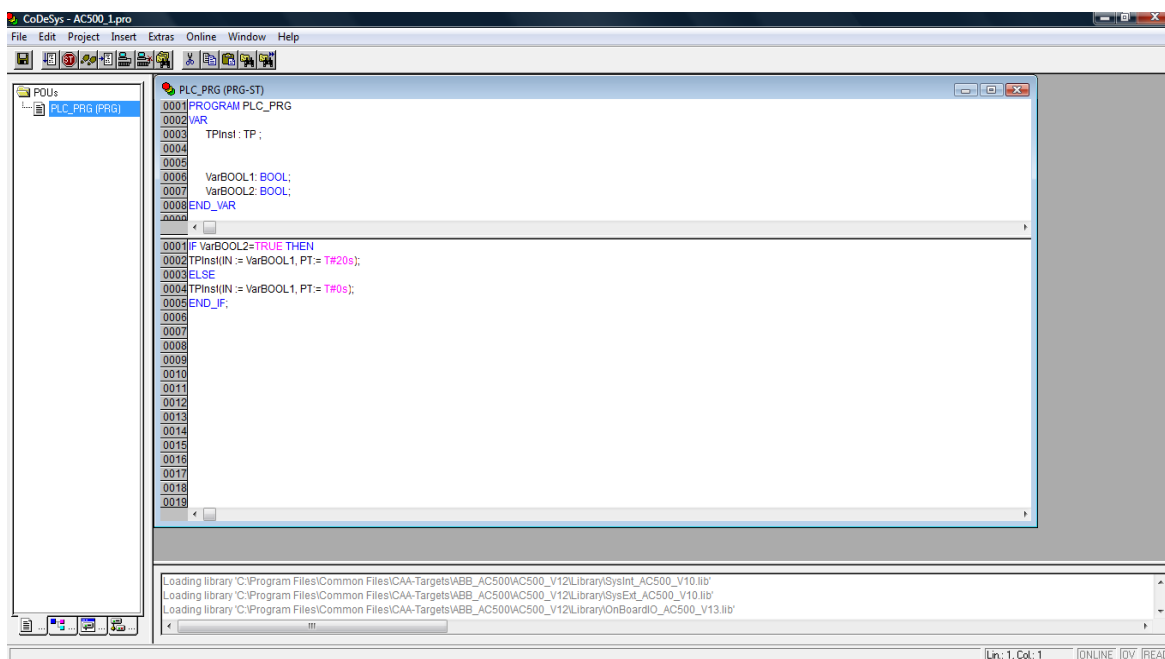
Obrázek 30- Ukázka programu ABB Configurator

Před samotným programováním je nutné založit projekt. K tomu slouží software ABB Configurator, který dále umožňuje zvolit typ PLC a nastavení jeho parametrů. Tyto fáze probíhají následujícím způsobem – Po spuštění ABB Configuratoru si uživatel zvolí nový projekt pro určitý typ PLC (dále bude uvažováno typ PM564-T-ETH). Následně se otevře okno, ve kterém je možné nastavit různé parametry PLC jako jsou: CPU parametry, nastavení a mapování vstupů/výstupů, přidání rozšiřujících modulů za využití sběrnice I/O Bus. Dále je k dispozici možnost nastavit interface pro různou komunikaci se zařízeními (například: volbou protokolu Modbus pro komunikaci s obvodem reálného času). Poslední nastavení se týká Ethernetu, zde je možné nastavit IP adresu PLC a od vyšších verzí software

(V2.1.0) a firmware (V2.1.5) lze aktivovat na PLC webový server a umožnit FTP komunikaci s PLC. Po všech potřebných nastaveních uživatel pomocí položky AC500 přistoupí k samotnému programování ve vývojovém prostředí CoDeSys. [3]

5.2 Vývojové prostředí CoDeSys

CoDeSys (Controlled Development System) byl vyvinut společností 3S-Smart Software Solutions GmbH pro průmyslové řízení a automatizaci. Tento vývojový prostředek vychází a plně podporuje normu IEC 61131-3, která standardizuje a popisuje programovací jazyky užívané pro programování programovatelných automatů (PLC).



Obrázek 31- Ukázka programu CoDeSys

Po spuštění CoDeSysu se objeví v levé liště základní organizační jednotka POU (Program Organisation Unit), která je základním kamenem normy 61131-3. POU může být typu program, funkční blok a funkce, do kterých lze zapisovat kód (nebo v případě konvertování POU do jiného jazyku, například jazyka LD – lze tvořit program za pomoci reléových schémat). K vytváření programu je možné použít následující jazyky nebo jejich kombinace - Instructions List (IL), Structured Text (ST), Sequential Function Chart (SFC), Function Block Diagram (FBD) a Ladder Diagram (LD). CoDeSys nabízí rozšiřující možnosti nastavování PLC, obsahuje také nástroje pro diagnostiku a je zde zahrnuto nastavování pro komunikaci s PLC. Po napsání programu je možné ho přeložit a následně nahrát do PLC

anebo ho pouze odsimulovat na počítači. CoDeSys může být dále použit pro tvorbu vizualizací, díky kterým lze dané procesy sledovat, ale také ovládat. [5]

5.3 Program pro výdejový automat

Pro výdejový automat byly vytvořeny dva programy. První program se chová jako reálný automat se snahou o co nejekonomičtější prodej sladkostí pro majitele automatu. Druhý program je speciálně vytvořen pro Den otevřených dveří na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Tento program je specifický tím, že umožní získat sladkost z automatu zcela zdarma – zákazník si může zvolit možnost odpovědět na jednu z náhodně generovaných tematických otázek a při správné odpovědi získá dotovanou sladkost.

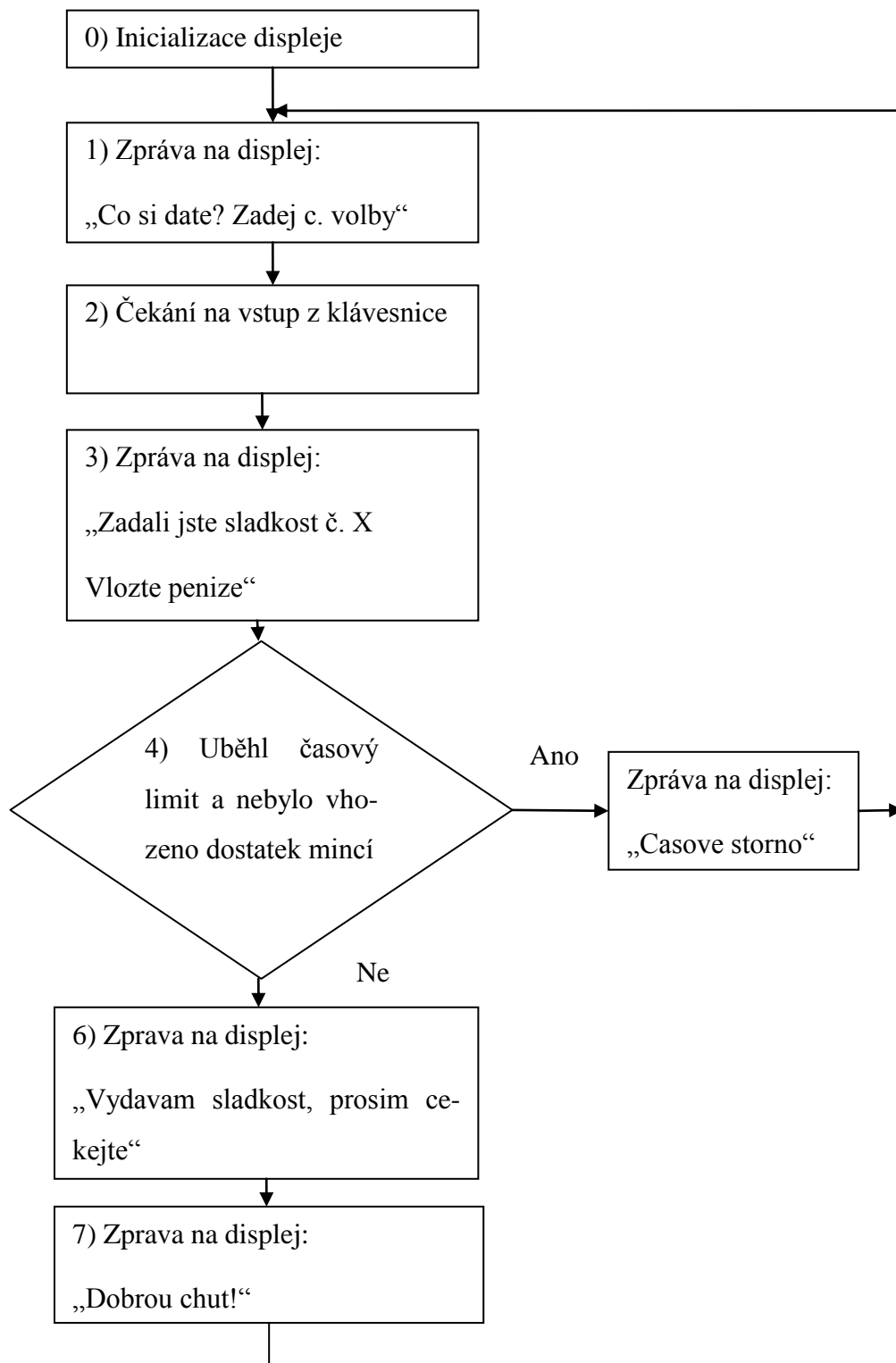
Aby bylo možné tyto programy sestavit, tak byly naprogramovány prostředky (funkce a funkční bloky), které zajistí obsluhu sofistikovaných zařízení, které jsou obsaženy v automatu.

5.3.1 Programové prostředky

Programové prostředky pro práci s displejem jsou složeny z funkčního bloku, který zajišťuje nezbytnou iniciační sekvenci displeje. Další funkční bloky umožňují zobrazit na displej jeden znak, vypsát text na jeden řádek, vypsát text na všechny řádky displeje. Dále jsou zde funkční bloky pro přechod na nový řádek a vymazání displeje.

Programové prostředky pro práci s klávesnicí obsahují funkci, která určí dle napětí na analogovém vstupu vhodným zařazením do intervalu o jakou zmačknutou klávesu se jedná. Následně je zde funkce, která řeší problém zákmitu tlačítek při jejich stisknutí.

5.4 Program č. 1



Obrázek 32- Vývojový diagram programu č. 1

5.4.1 Programátorský popis programu

Na začátku programu je nutné provést iniciační sekvenci displeje a následně se program dostane do kroku 1, ve kterém vypíše na displej zprávu pro zákazníka, ve které ho vyzývá k volbě sladkosti. Po vypsání této zprávy program pokračuje do kroku 2, ve kterém se čeká neomezeně dlouhou dobu na vstup z klávesnice, zde je ošetřen zákmit kláves a je uživateli umožněno zvolit pouze klávesy 1 až 6 (každá klávesa odpovídá jedné spirále). Po akceptování klávesy programem se přejde ke kroku 3, ve kterém je zákazník vyzván zprávu na displeji k vhození mincí a program následuje krokem 4. V tomto kroku se čeká omezenou dobu (5 minut) na vhození správné částky nebo vyšší pro získání sladkosti. Pokud není vhozena správná částka včas, tak program přistoupí ke kroku 5, ve kterém oznámí zprávu zákazníkovi časové stornování a program se vrátí do kroku 1. Pokud zákazník splnil podmínku vhozením správného počtu mincí v časovém limitu, tak program pokračuje krokem 6, kde oznámí zákazníkovi zprávu na displeji, fakt že bude vydávat sladkost a začne danou sladkost vydávat. Po vydání sladkosti program přistoupí ke kroku 7, kde zprávu na displej popřeje zákazníkovi dobrou chuť a následně se program přesune do kroku 1.

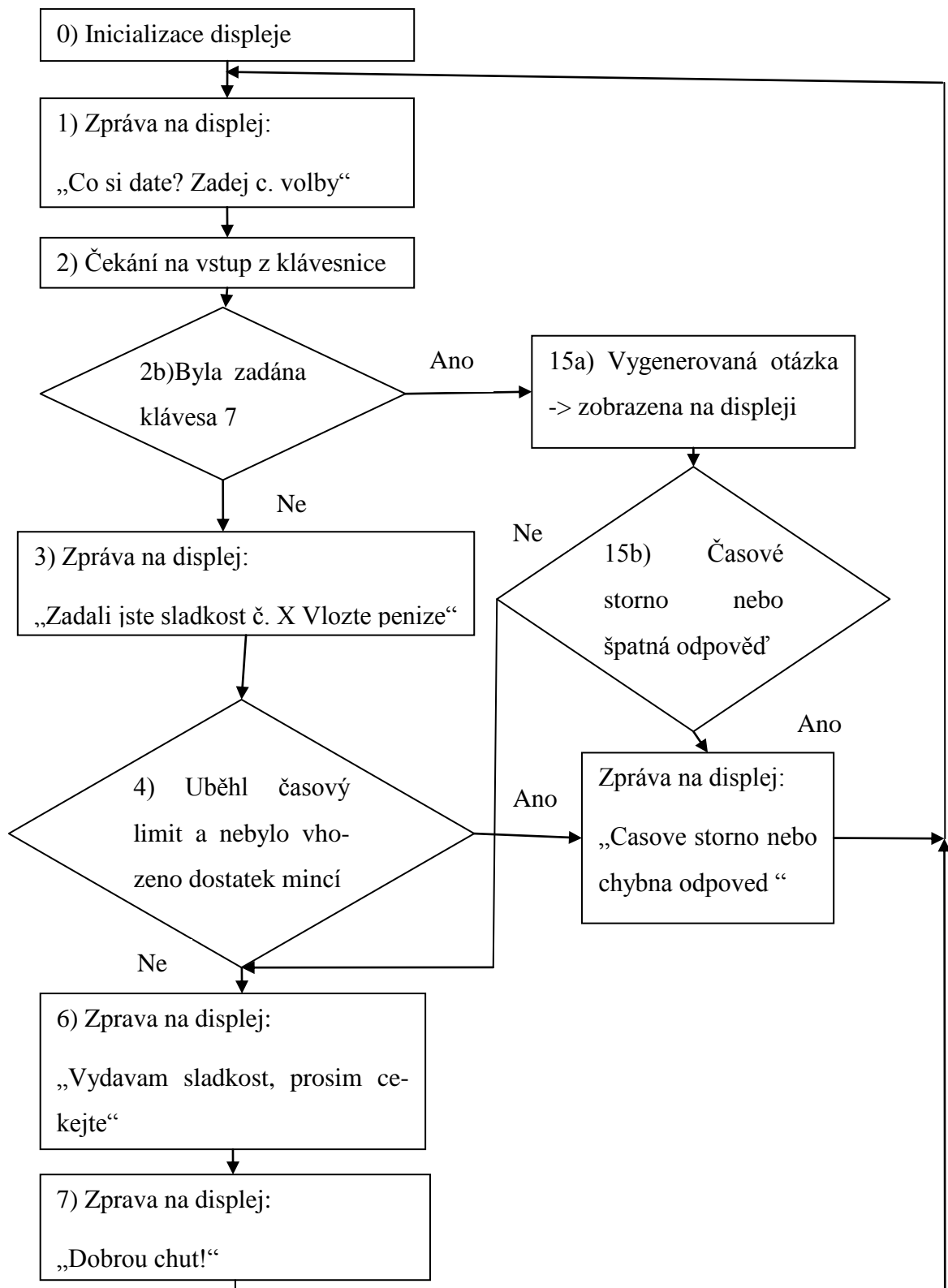
5.4.2 Popis programu pro zákazníka

Po zapnutí automatu do elektrické sítě se zákazníkovi zobrazí zpráva „Co si date? Zadej c. volby“. Zákazník si vybere sladkost a svou volbu prostřednictvím klávesnice sdělí automatu. Následně je automatem vyzván (zprávu na displeji), aby vhodil potřebný počet mincí. Pokud uživatel vhodí potřebný počet mincí, tak mu automat oznámí, že vydává sladkost a sladkost mu vydá a automat přejde do stavu úvodního sdělení a je připraven obsloužit dalšího zákazníka.

5.4.3 Ekonomika výdejového automatu

Program byl navržen pro maximalizování zisku výdejního automatu. Tohoto cíle je dosaženo za pomoci těchto faktů – Automat nedokáže vracet finanční přebytek, automat neupozorní na nepozornost zákazníka při volbě sladkosti, která již v automatu není obsažena. A v případě, že zákazník nevhodí příslušnou celkovou částku do automatu v časovém limitu, tak vhozené akceptované mince automaticky propadají ve prospěch majitele automatu.

5.5 Program č. 2



Obrázek 33- Vývojový diagram programu č. 2

5.5.1 Programátorský popis

Tento program je až do kroku 2 stejný jako program č. 1. V kroku 2 byla přidána možnost akceptování klávesy 7 z klávesnice (Tato volba znamená, že zákazník chce získat sladkost úspěšnou odpovědí na náhodně vygenerovanou tematickou otázku). Pokud zákazník zvolí klávesu 1 až 6, tak automat pracuje stejným způsobem, jak u programu č. 1, ale v případě volby klávesy 7 program bude pokračovat krokem 15. Krok 15 obsahuje sekvenci samostatných kroků. První krok této sekvence slouží ke generování náhodných čísel, aby bylo možné zvolit jednu tematickou otázku ze seznamu otázek. Pro generování čísel je použit algoritmus, který obsahuje rovnici násobení 4 místného čísla s hodnotou, která je získána z modulu reálného času a dále je k tomuto součinu přičteno 4 místné číslo a výsledek je podroben operaci, která stanoví interval vygenerovaných náhodných čísel. To je reálně provedeno takto – s výsledkem je provedena operace modulu X (X je počet otázek) a po této operaci je k výsledku přičtena 1. Pomocí tohoto algoritmu bylo získáno číslo otázky a tato otázka v dalším kroku sekvence 15 bude zobrazena na displeji a následně program přejde k dalšímu kroku sekvence, která obsahuje čekání na odpověď s vyhodnocením její správnosti v závislosti na časovém limitu pro zodpovězení otázky. Program v tomto kroku sekvence čeká na vstup z klávesnice a za podmínky, že přijde v rámci časového limitu, tak je odpověď porovnávána se správnou odpovědí. Pokud je odpověď správná, tak program se přesune ke kroku 6 a vydá dotovanou sladkost. Pokud alespoň jedna z těchto podmínek není splněna, tak program přejde ke kroku 5, ve kterém oznámí chybnou odpověď nebo časové storno a program je vrácen na začátek do kroku 2.

5.5.2 Popis programu pro zákazníka

Zákazník po zapnutí automatu do elektrické sítě si může koupit sladkost anebo pokusit se ji vyhrát. Pokud si bude přát zakoupit sladkost, tak automat se bude chovat stejným způsobem jako v programu č. 1. V případě, že bude chtít sladkost vyhrát, tak musí postupovat takto – při výběru sladkosti zákazník zvolí tlačítko č. 7. Následně se mu na displeji objeví náhodná otázka z témat, která se stahují k Tomáši Baťovi, Univerzitě Tomáše Bati a městu Zlínu. Zákazník dostane vždy k otázce několik možností, z kterých může volit stisknutím příslušné klávesy na klávesnici. Na volbu odpovědi má zákazník časový limit – 1 minutu. Po uplynutí tohoto časového limitu anebo zadáním špatné odpovědi zákazník nic nevyhrá-

vá a automat sdělí zákazníkovi tento fakt prostřednictvím zprávy na displeji a následně se automat vrátí do stavu výběru sladkostí. Když zákazník odpoví správně v časovém limitu, tak mu automat prostřednictvím displeje sdělí, že vydává sladkost. Sladkost mu vydá a ještě mu prostřednictvím zprávy na displeji popřeje dobrou chuť.

5.5.3 Dodatek pro obsluhu automatu

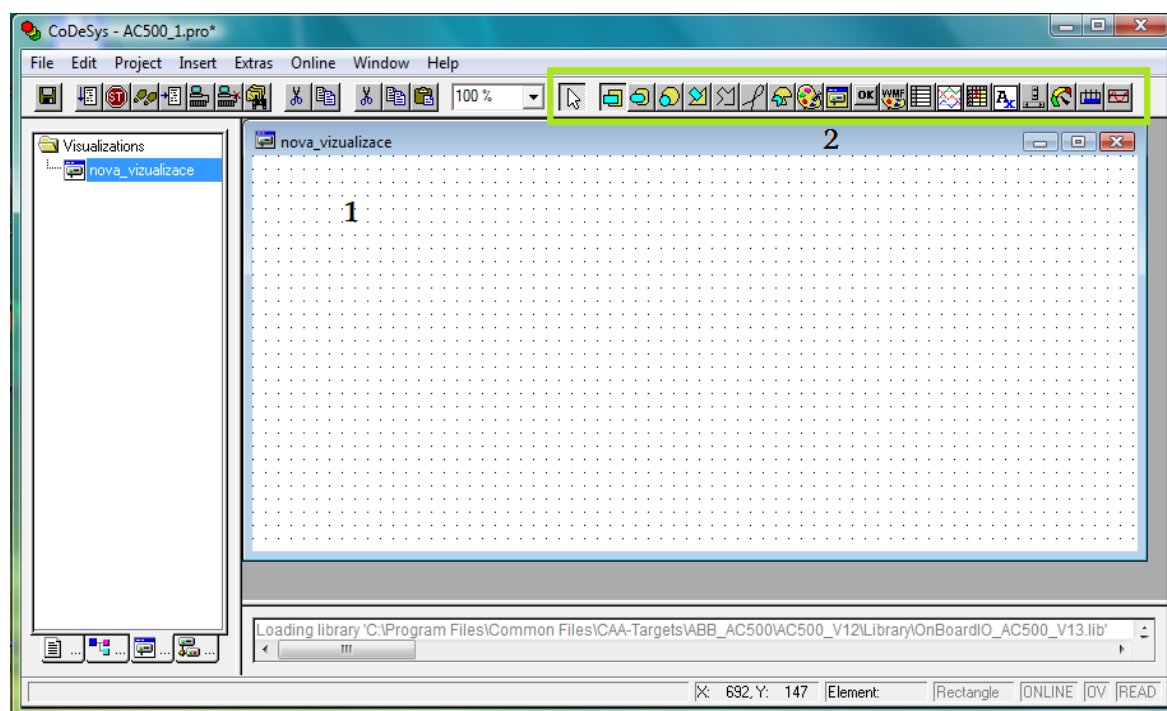
Aby obsluha automatu mohla doplňovat zboží a vybírat peníze z automatu bez nutnosti připojení automatu k počítači, tak uvnitř automat obsahuje spínač, kterým obsluha automatu sdělí informaci, že je automat plně zásoben zbožím a kasička automatu je vyprázdněná. Pro tento úkon je nutné, aby automat byl v kroku 2 – na displeji je zobrazená zpráva pro zákazníka „Co si date? Zadej c. volby“. Automat reaguje na hodnotu TRUE, proto je nutné zapnout spínač a následně ho vypnout (vyrobit spínačem impulz).

6 TVORBA VIZUALIZACE PRO VÝDEJOVÝ AUTOMAT

Program CoDeSys nabízí 4 druhy zobrazování a ovládání proměnných v programu. Nej-jednodušší vizualizaci a ovládání stavů je stav online, kde programátor vidí a může zapisovat do proměnných nové hodnoty. Tato vizualizace však nemůže konkurovat a dostatečně zastoupit potřeby tam, kde je žádoucí užívat grafické rozhraní HMI (Human Machine Interface) – rozhraní mezi strojem a člověkem. Z tohoto důvodu CoDeSys nabízí vizualizace, které jsou porovnatelné s produkty jiných firem například s programem Control Web. Velkou výhodou oproti konkurenčním vizualizacím je jednoduchost komunikace mezi vizualizací a PLC, kde odpadá obtížné nastavování OPC serveru či DDE-layer. [10]

Plnohodnotné vizualizace nabízí CoDeSys tyto: Vizualizace HMI, Webovou vizualizaci a Targe vizualizace. Tyto tři vizualizace jsou tvořeny z grafických objektů a jsou z vizuálního hlediska spolu zaměnitelné. Vizualizace HMI běží spolu s CoDeSysem, který je ve stavu online na personálním počítači. Webovou vizualizaci lze sledovat a řídit přes Internet pomocí internetového prohlížeče a nainstalovaného software Java Virtual Machine. Tato vizualizace běží na webovém serveru v PLC. Targe vizualizace je určena pro řídicí jednotky s integrovaným displejem. Do této řídicí jednotky je nahrán program a vizualizace, která ke svému fungování využívá integrovaný displej. [10]

6.1 Popis editoru pro tvorbu vizualizace

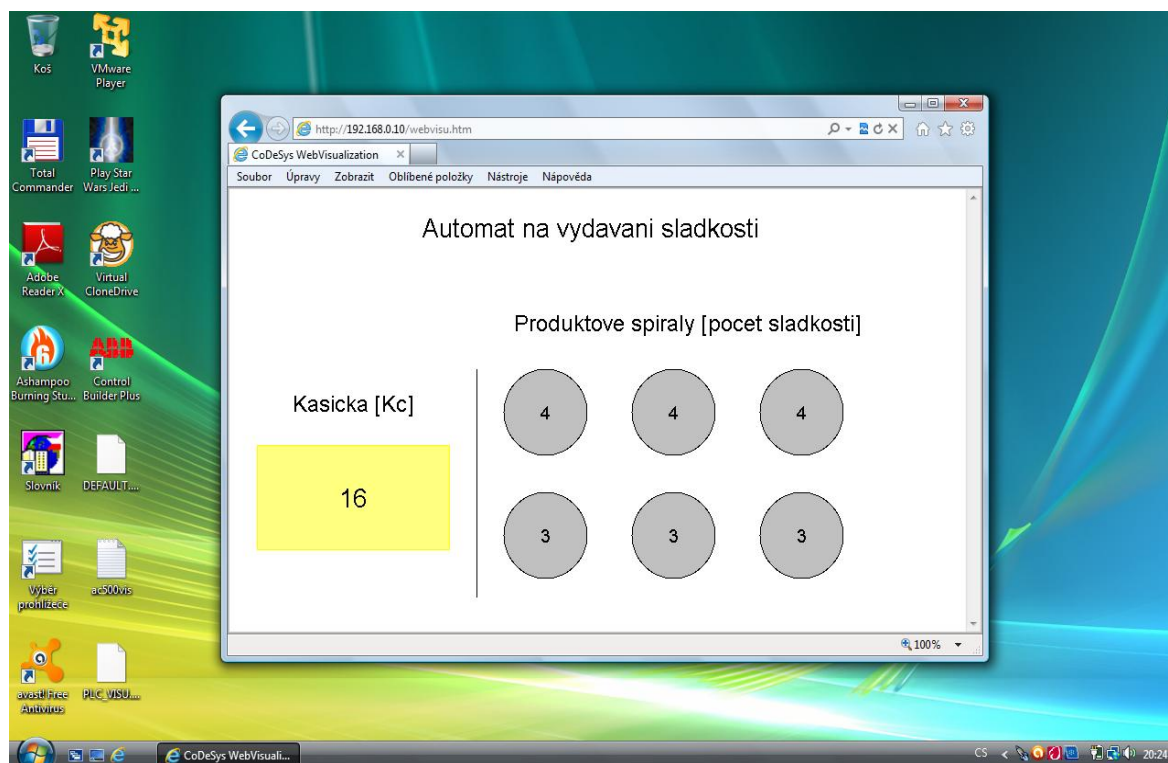


Obrázek 34- Obrázek z editoru vizualizace pro její popis

Vizualizace se vytváří do formuláře (1) pomocí nástrojů z lišty (2), která obsahuje tyto elementy: pravoúhelník, elipsa, kulatý obdélník, přímka, polynom, lomená čára, křivka, bitmapa, WMF-soubor, ActiveX Control, tlačítko, tabulka, histogram, sloupcový diagram, meter a referenci na jinou vizualizaci (instanci). U těchto elementů lze nastavovat vlastnosti a akce v závislosti na proměnných v programu (například: zobrazení textu, viditelnost/neviditelnost elementu, změna barvy atd. Jako vstup do vizualizace mohou být použito tlačítko přepínací, vratné tlačítko, textový vstup atd.)

Pro program č. 1 výdejového automatu byla zvolena webová vizualizace a pro program č. 2 vizualizace HMI. Rozdíl v těchto vizualizacích je, že při užití webové vizualizace nejsou některé akce podporovány a je zde velikostní omezení pro data vizualizace, která je způsobena malou pamětí PLC.

6.2 Popis webové vizualizace výdejového automatu

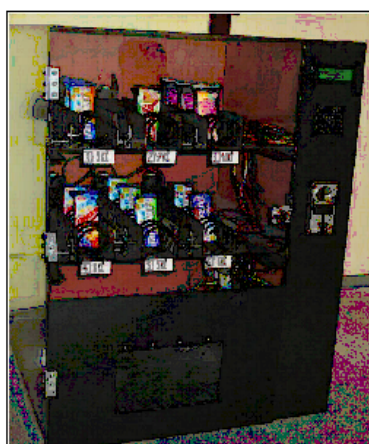


Obrázek 35- Webová vizualizace zobrazená v internetovém prohlížeči

Webová vizualizace je tvořena ze dvou objektových částí. Jedna zobrazuje aktuální stav peněz v automatu a druhá část zobrazuje množství zboží (sladkostí) v jednotlivých spirálách. Tvorba této vizualizace se skládá z těchto kroků – v ABB Configuratoru PS501 v položce Ethernet, části IP-Settings v kartě Extended settings bylo třeba zaškrtnout Web server active. Následně v CoDeSysu v kartě Resources v položce Target Settings v poslední záložce Visualization odškrtnout položku Inhibit download of visualization files a zaškrtnout Web visualization. Posledním krokem před samotnou tvorbou vizualizace bylo přidání nové úlohy a nastavení volání hlavního POU programu v položce Task configuration. Nyní proběhla tvorba samotné vizualizace po stránce grafické a funkční. Aby bylo možné vizualizaci zobrazit v prohlížeči, musela být pojmenována PLC_VISU. Po tomto nastavování, vytvoření funkční vizualizace a následného nahrání vizualizace a programu do PLC, bylo PLC připojeno do Internetu a vizualizace mohla být prohlížena za pomoci internetového prohlížeče (za podmínky nainstalovaného softwaru Java Virtual Machine).

6.3 Popis vizualizace HMI výdejového automatu

Vydejovy automat na sladkosti

**Pocet sladkosti:**

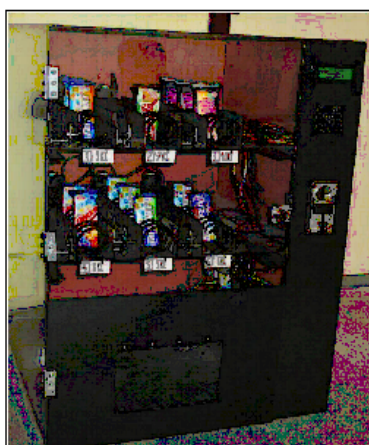
Spirala 1:	4
Spirala 2:	4
Spirala 3:	4
Spirala 4:	4
Spirala 5:	4
Spirala 6:	4

Pocet peněz v automatu:

0 Kc

Obrázek 36- Vizualizace HMI ve stavu čekání na vhození mincí

Vydejovy automat na sladkosti

**Pocet sladkosti:**

Spirala 1:	2
Spirala 2:	4
Spirala 3:	4
Spirala 4:	0
Spirala 5:	4
Spirala 6:	3

Pocet peněz v automatu:

28 Kc

Vyber penize z automatu

Doplň zboží do automatu

Obrázek 37- Vizualizace HMI ve stavu připravenosti obsloužit zákazníka

Tato vizualizace obsahuje tři části, které jsou tvořeny z ukazatelů stavu zásob, stavu peněz v automatu a ovládání pro obsluhu. Ukazatelé stavu zásob jsou tvořeny pro každou spirálu a umožňují sledovat počet sladkostí v jednotlivých spirálách a prázdnost spirály je zdůrazněna změnou barvy ze zelené na červenou. Množství peněz v automatu je vyobrazen, a pokud automat obsahuje nějaké mince (peníze) tak zvýrazněné pole změní barvu z modré na žlutou. Ovládání pro obsluhu je navrženo jako alternativa k hardwarovému přepínači, který se nachází uvnitř automatu a slouží k informování řídicího systému, že byly doplněny zásoby a vybrány mince z automatu. V této vizualizaci je tato akce rozdělena na dvě pomocí dvou tlačítek a to dává obsluze výhodu oproti hardwarovému řešení, že může například vybrat pouze peníze bez nutnosti doplnění zboží. Přidání zboží a výběr mincí z automatu se řídí i ve vizualizaci stejnými pravidly jak při použití hardwarového spínače – automat musí být v kroku 2. Tato vizualizace snižuje nároky na pozornost obsluhy, protože pokud není automat v kroku 2, tak se tlačítka pro úkony přidání zboží a výběru mincí vůbec nezobrazí.

7 PROGRAMOVÁNÍ AUTOMATU ZA POMOCI PŘEDPŘIPRAVENÝCH FUNKCÍ A FUNKČNÍCH BLOKŮ

7.1 Princip programování výdejového automatu

Program, který by měl řídit výdejový automat z programátorského hlediska je nejjednodušší možné realizovat, jako sekvenci stavů mezi kterými automat přechází. Tento programátorský přístup nelze přímo aplikovat na řídicí jednotku PLC, protože PLC pracuje v otáčkách cyklu. Jedna otočka cyklu je tvořena z režie, čtení vstupů a jejich zápis do paměti, vykonávání programu a zápisu dat na výstupy. U PLC ABB PM564-T-ETH výrobce udává, že otočka cyklu při jedné binární instrukci trvá minimálně 0,08 μ s. [12], [43]

Z těchto důvodů byly programy č.1 a č.2 výdejového automatu tvořeny za pomoci programové příkazu CASE OF, díky kterému bylo dosaženo sekvenčnosti. Příkaz CASE<proměna> OF se používá k vykonání kódu dle hodnoty proměna – například obsahuje-li hodnotu 5, tak se vykoná kód, který začíná hodnotou pět. Pokud tato hodnota není obsažena v sekvenci CASE OF, tak se provede část za klíčovým slovem ELSE (pokud není ELSE do CASE OF zahrnuto, tak se sekvence CASE OF zcela přeskočí).

7.2 Popis předpřipravených prostředků pro programování

Pro ulehčení programování v rámci předmětu programovatelné automaty byly vytvořeny funkce a funkční bloky, které obsluhují sofistikovaná zařízení výdejového automatu. Každý funkční blok vykonávající nějakou akci na zařízení vždy obsahuje výstupní binární hodnotu. Pokud děj již byl proveden, tak přejde výstupní hodnota ze stavu FALSE do stavu TRUE. Funkční bloky, které se týkají výpisu znaků jednotlivě nebo i celých řádků na displej potřebují jako vstupní argument text, který mají vypsát a nastavit potvrzovací bit do hodnoty TRUE. Všechny ostatní funkční bloky pracují na stejném programátorském principu.

7.2.1 K dispozici jsou následující funkce a funkční bloky

- inicializace_displeje (funkční blok)

-tento funkční blok zajišťuje nezbytnou iniciační sekvenci LCD displeje

- klavesnice (funkce)

-tato funkce přivádí číselnou hodnotu, která je získána z A/D převodníku analogového vstupu na číslo zmáčkuté klávesy.

- novy_radek, novy_radek3, novy_radek4 (funkční bloky)

-tyto bloky přesouvají kurzor na displeji na 2, 3 a 4 řádek dle použitého funkčního bloku

- prevod_znaku (funkce)

-tato funkce umožní převod jednoho znaku typu STRING na číselnou hodnotu dle tabulky znaků displeje (číselné hodnoty znaků jsou kompatibilní s hodnotami v ASCII tabulce)

- vymaz_displej (funkční blok)

-tento blok vymaže text na displeji a nastaví kurzor na začátek displeje

- zapis_znaku (funkční blok)

-tento blok jako vstupní argument přímá znak v datovém typu STRING, který vypíše na displej

- zapis_vice_znaku (funkční blok)

-tento funkční blok dokáže vypsat až jeden řádek znaků na displej, vstupním argumentem jsou znaky v řetězci datového typu STRING

- zapis_dvou_radku, zapis_ctyr_radku (funkční bloky)

-tyto funkční bloky dokážou ze vstupního argumentu typu STRING vypsat text až na dva nebo čtyři řádky, dle použitého funkčního bloku

- zpracovani_klavesnice (funkční blok)

-tento funkční blok využívá funkce klávesnice a slouží k potlačení záchvěvů kláves a jejich správnému vyhodnocení (záchvěvy kláves se mohou projevovat jako jiné klávesy, namísto zmáčkuté klávesy)

7.2.2 Návod na použití funkčních bloků (pro jednoduchý příklad)

Zadání: Vypište na displej zprávu a následně po 30 s displej vymažte.

Návod:

- 1) Spust'te ABB Configurator a založte nový projekt pro PLC PM564-T-ETH
- 2) Nastavte mapování výstupů PLC pro displej (Output 0 – bit7; Output 1 – bit 6; Output 2 – bit5; Output 3 – bit 4; Output 4 – e; Output 5 – rs;).*
- 3) Přes položku AC500 spust'te CoDeSys.
- 4) Importujte potřebné funkce a funkční bloky pomocí záložky Project->Import. Potřebnými funkcemi a funkčními bloky jsou: inicializace_displeje, vymaz_displej a zapis_dvou_radku (tento funkční blok ke své činnosti potřebuje, aby projekt obsahoval tyto funkce a funkční bloky – nový_radek, prevod_znaku, zapis_znaku, zapis_vice_znaku)

- 5) Následně do pole deklarace proměnných POU v hlavního programu vytvořte instanci pro funkční bloky inicializace, zapis_dvou_radku , vymaz_displej a časovače TP.
- 6) Založte v poli deklarací pomocnou proměnou datového typu INT nazvanou citac_programu
- 7) Do sekce pro zápis kódu, zapište konstrukci sekvence CASE OF, která bude obsahovat kroky 1, 2, 3 a 4, a jako argument CASE OF použijte proměnou citac_programu.
- 8) Do prvního kroku sekvence CASE OF zapište volání funkčního bloku inicializace a v každé otočce cyklu kontrolujte, zda je již inicializace hotová. Pokud inicializace je hotová, tak čítač navyšte o 1, aby program mohl pokračovat dalším krokem sekvence CASE OF.
- 9) Pro další krok zapište volání funkčního bloku vypis_dva_radky z argumentem typu STRING – „Tato zprava bude zobrazena 30s.“. Opět testujte, zda již byl tento blok vykonán a následně pokračujte v konstrukci CASE OF přičtením jedničky k proměnné citac_programu.
- 10) Následně v dalším kroku zavolejte funkční blok časovače TP, do argumentu nastavte 30 s a testujte dokončení časování pomocí výstupu časovače. Po jeho dokončení navyšte proměnou citac_programu o jedna.
- 11) V posledním kroku zavolejte funkční blok vymaz_displej a kontrolujte, zda je tento blok vykonán a následně k proměnné citac_programu přičtete jedničku.

*Pokud bude tento program testován na výdejovém automatu, je nutné k odstranění chyby, která neumožní spuštění programu, v Configuratoru přidat na sběrnici modul DX561.

Výsledný kód, který byl získán postupem dle návodu:

```
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     inic: inicializace_displeje;
0004     vymaz: vymaz_displej;
0005     zapis: zapis_dvou_radku;
0006     casovac: TP;
0007     citac_programu: INT:=1;
0008 END_VAR
0009
0010 CASE citac_programu OF
0011 1: inic(); (*volani iniciacni sekvence*)
0012 IF inic.inicializace_hotova=TRUE THEN (*kontrola, zda je jiz inicializace hotova*)
0013     citac_programu:=citac_programu+1; (*umozni prechod k dalsimu kroku sekvence case*)
0014 END_IF;
0015 2: zapisivstup:='Tato zprava bude zobrazena 30s.',potvrzeni:=TRUE); (*volani vypsani zpravy na displej*)
0016 IF zapis.zapsano=TRUE THEN (*kontrola, zda je jiz zprava zapsana*)
0017     citac_programu:=citac_programu+1; (*umozni prechod k dalsimu kroku sekvence case*)
0018 END_IF;
0019 3: casovac(IN := TRUE, PT:= T#30s); (*volani casovace*)
0020 IF casovac.Q=FALSE THEN (*kontrola, zda jiz casovac dobehl*)
0021     casovac(IN := FALSE, PT:= T#0s); (*deaktivace casovace pro moznost budouciho poziti*)
0022     citac_programu:=citac_programu+1; (*umozni prechod k dalsimu kroku sekvence case*)
0023 END_IF;
0024 4 vymaz(potvrzeni:=TRUE); (*volani vymazani displeje*)
0025 IF vymaz.zapsano=TRUE THEN (*kontrola, zda jiz je displej vymazan*)
0026     citac_programu:=citac_programu+1; (*umozni ukoncit program*)
0027 END_IF;
0028 END_CASE;
```

Obrázek 38- Obrázek vytvořeného kódu dle návodu

ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala návrhem a realizací výdejového automatu na sladkosti. Cílem bylo vytvořit model výdejového automatu pro potřeby výuky předmětu Programovatelných automatů a k ukázce studentských prací k příležitosti Dne otevřených dveří na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně.

Teoretická část této práce shrnuje historii, základní rozčlenění, využití moderních technologií a podnikatelského pohledu na problematiku výdejových automatů. Praktická část této práce obsahuje důkladný popis zvoleného hardwaru, následuje část zabývající se programováním automatu, tvorby vizualizace pro sledování zásob a stavu finančních prostředků v automatu. Poslední část se zabývá návodem pro studenty, jak využít předprogramovaných nástrojů k ovládání zařízení v automatu.

Na počátku této práce byla pouze idea, která obsahovala výsledný produkt – výdejový automat. Návrhy na volbu hardware vycházely z důkladného zákaznického pohledu na výdejové automaty v místním okolí a předpokladu, jak by měli fungovat. Před konečnou fází realizace byly vždy komponenty pečlivě testovány, aby byla zajištěna správná funkce.

V rámci vývoje a tvorby výdejového automatu se objevilo několik problémů, jeden z nejvýznamnějších byla zcela nedostatečná technická dokumentace k elektronickému mincovníku. Tento problém byl řešen hledáním návodů k podobným produktům, aby byla získána alespoň základní představa o jeho funkci. A dále tyto funkce byly ověřovány testováním a měřením výstupních průběhů na digitálním osciloskopu. Nakonec byl sesbírán dostatek informací k aplikaci elektronického mincovníku ve výdejovém automatu.

Vytvořený automat lze srovnat i s reálnými výdejovými automaty. Mohl by jim konkurovat především užitím moderní technologie, umožňující webovou vizualizaci při relativně nízkých výrobních nákladech (přibližně 20 000 Kč).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] 8bitu.cz. CHYTIL, Jiří. *Stabilizátor 78xx a 79xx* [online]. 2006-07-13. 2006 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.8bitu.cz/clanek/stabilizator-78xx-a-79xx/>
- [2] ABB. *Nápověda HTML: Verze V2.0.0*. 2010-07-12.
- [3] ABB. *PM564-ETH V2.1 JavaBeans* [online]. 2012 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: http://www.infopl.net/files/descargas/abb/infoPLC_net_PM564_ETH%20V2_1_JavaBeans.pdf
- [4] Automatizace.hw.cz. VOJÁČEK, Antonín. *TEST - PLC ABB PM564 - 1.díl - popis hardware* [online]. 2011-03-31. 2011 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/test-plc-abb-pm564-1dil-popis-hadwaru>
- [5] Automatizace.hw.cz. VOJÁČEK, Antonín. *TEST - PLC ABB PM564 – 2.díl – programování* [online]. 2011 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/test-plc-abb-pm564-2dil-programovani>
- [6] BELZA, Jaroslav. *Operační zesilovače pro obyčejné smrtelníky*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 247 s. ISBN 80-730-0060-1.
- [7] Budelmann elektronik. *Powerful control units for vending machines and automatic cash systems* [online]. [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: <http://budelmann-elektronik.com/?p1=13&p2=automatcontrols&l=en>
- [8] BuzzFeed: Food. KNUTSON, Ariel. *24 Vending Machines You Won't Believe Exist* [online]. 2013-01-14. 2013 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.buzzfeed.com/arielknutson/vending-machines-you-wont-believe-exist>
- [9] Cafe+co Delikomat. *Kdo jsme* [online]. 2013 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.delikomat.cz/kdo-jsme>
- [10] CoDeSys Visualization: Supplement to the User Manual for [online]. 2003, 2006-09-29 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://www.pslib.cz/ivana.reruchova/AUT/Manu%e1ly%204.ro%e8n%edk/Manu%e11%20CoDeSys%20Vizualizace%20V23-v%fduka.pdf>

- [11] Cnet. KOOSER, Amanda. *Pepsi vending machine takes Facebook love, not money* [online]. 2013-06-04. 2013 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.cnet.com/news/pepsi-vending-machine-takes-facebook-love-not-money/>
- [12] ČERMÁK, Tomáš. *Příprava laboratoře pro výuku předmětu Programovatelné automaty* [online]. Zlín, 2012 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/23133/%C4%8Derm%C3%A1k_2012_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Baťi ve Zlíně.
- [13] Denik.cz: Šumperský a Jesenický. RYBIČKOVÁ, Stanislava. *Po Jeseníku bude mléko z automatu nabízet i Zábřeh* [online]. 2010-01-21. 2010 [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: http://sumpersky.denik.cz/zpravy_region/po-jeseniku-bude-mleko-z-automatu-nabizet-i-zabreh.html
- [14] E107: Content Management System. KOSTA. *Novinka: Analogová maticová klávesnice 4x4* [online]. 2008-09-18. 2008 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://mcu.cz/print.php?news.1228>
- [15] EVERBOUQUET/WAYTON. *GENERAL SPECIFICATIONS FOR CHARACTER LCD MODULE* [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/doc/513/200/mc2004e-sgr-datasheet-2.pdf>
- [16] EVERBOUQUET/WAYTON. *MC2004E SERIES* [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.everbouquet.com.tw/MC2004E.htm>
- [17] HONEYWELL. *Coin Acceptor* [online]. [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://wayback.archive.org/web/20120207060119/http://content.honeywell.com/sensing/solutions/markets/infotech/application/006463_2.pdf
- [18] HRUŠKA, František. *Technické prostředky informatiky a automatizace: (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikace)*. Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Baťi, 2007, 193 s. ISBN 978-80-7318-535-0.
- [19] Intuit: simply the business of life. KEARNS, Suzanne. *Can You Really Make Money With Vending Machines?* [online]. 2012-01-18. 2012 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://blog.intuit.com/money/can-you-really-make-money-with-vending-machines/>

- [20] INTERLINK ELECTRONICS. *FSR 400 Series Data Sheet* [online]. 2012 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/500000-524999/503370-da-01-en-DRUCKSENSOR_FSR_406.pdf
- [21] INTERLINK ELECTRONICS. *FSR 406* [online]. 2013 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://www.interlinkelectronics.com/FSR406.php>
- [22] INTERLINK ELECTRONICS. *FSR Force Sensing Resistors: Integration Guide* [online]. 2012 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/500000-524999/503370-in-01-en-DRUCKSENSOR_FSR_406.pdf
- [23] Japan Talk: Japan Travel and Culture Guide. SPACEY, John. *24 Things You Can Buy From A Japanese Vending Machine* [online]. 2012-05-10. 2012 [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: <http://www.japan-talk.com/jt/new/24-things-you-can-buy-from-a-japanese-vending-machine>
- [24] Lékárna U Spasitele. *Zdravotní multifunkční měřicí jednotka* [online]. [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: <http://89259.ikp.cz/index.php?m1=6>
- [25] LORENZA, Bardelli. KENTA SRL. *Motoriduttore MOD. 930 24V Dc 24RPM*. 2006.
- [26] MAM wiki. *Soubor:Klavesnice.png* [online]. 2011 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://noel.feld.cvut.cz/vyu/a2m99mam/index.php/Soubor:Klavesnice.png>
- [27] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. *Řízení programovatelnými automaty*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, 1998, 160 s. ISBN 80-010-1766-4.
- [28] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. *Řízení programovatelnými automaty II*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2000, 72 s. ISBN 80-010-2096-7.
- [29] MATOUŠEK, David. *Práce s inteligentními displeji LCD: [znakové a grafické displeje, přípravy a programy]*. 1 vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 222 s. ISBN 80-730-0121-7.
- [30] Miloush.net. *Princip maticových klavesnic* [online]. [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: http://informatix.miloush.net/microframework/Articles/MatrixKeyboard.aspx?_setCulture=cs-CZ

- [31] Nama: Serving the Vending and Refresment Services Industry. *History of Vending* [online]. 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.vending.org/index.php/vending/history-of-vending-and-coffee-service>
- [32] Nysava: New York State Automatic Vending Assoc. *History Of Vending* [online]. 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.nysava.org/history-of-vending/>
- [33] Praktická elektronika - Amatérské radio. *Senzor tlaku FSR-406*. 2013, č. 3. DOI: 1804-7173.
- [34] Pure Ice: Vending. *Vending Machine History* [online]. 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.pureicevending.com.au/news/70-vending-machine-history>
- [35] Rabtron. *LCD Display 4 Line 20 Character With BackLight* [online]. 2014 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://shop.rabtron.co.za/catalog/display-line-character-with-backlight-p-2916.html>
- [36] ROOT.CZ. *Řídíme větší zátěž pomocí počítače* [online]. 2009 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/ridime-vetsi-zatez-pomoci-pocitace/>
- [37] Sakura and Zen: Travelogue of Julee's Trip to Japan. *Japanese vending machines*. [online]. 2010-12-11. 2010 [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: <http://sakura-zen.blogspot.cz/2010/12/i-jidoohanbaiki-japanese-vending.html>
- [38] SMOLA, Stanislav, Dobromil UHER a František VENCOVSKÝ. *Prodejní automaty: v obchodní praxi*. 1962. vyd. Prah: Vydavatelství obchodu, 1962.
- [39] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. *PLC a automatizace*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999, 223 s. ISBN 80-860-5658-9.
- [40] The Great Geek Manual. *This Day in Geek History: June 9* [online]. 2009-06-09. 2009 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://thegreatgeekmanual.com/blog/this-day-in-geek-history-june-9-2009>
- [41] The History of Vending Machines: *Did you know that holy water was once vended?*. BELLIS, Mary. About.com: Inventors [online]. 2014 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://inventors.about.com/od/uvstartinventions/a/vending.htm>

- [42] Tom's GUIDE: TECH FOR REAL LIFE. PILTCH, Avram. *Smart Vending Machine Scans Your Face to Serve Up Snacks* [online]. 2014-03-05. 2014 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: http://www.tomsguide.com/us/connected-vending-machine-recognizes-faces,news-18413.html#connected-vending-machine-recognizes-faces%2Cnews-18413.html?&_suid=139878097057506406115987429466
- [43] Vaeprosys.cz. *AC500-CPUs PM554 and PM564* [online]. 2012 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: http://www.vaeprosys.cz/dokumentace/ac500/English/CHM-Files/CAA-Merger-2/CPUs/CPUs_PM554_PM564.htm
- [44] *Weavefuture Coin Acceptor* [online]. 2005 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: <http://www.weavefuture.com/pdf/WeavefutureCoinAcceptorAC5.pdf>
- [45] Wikipedie: Otevřena encyklopedie. *Hrací automat* [online]. 2014 [cit. 2014-04-30]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hrac%C3%AD_automat
- [46] Wired. ALFRED. *June 9, 1902: Put a Nickel In, Take Your Food Out* [online]. 2010 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.wired.com/2010/06/0609first-automat-opens-philadelphia/>
- [47] Zabavka.cz. *Elektronický mincovník EU2* [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.zabavka.cz/eshop/k1679-stolni-fotbaly-prislusenstvi-mincovniky/5642-elektronicky-mincovnik-eu2.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D Analog/Digital (analogově/číslicový)

CPU Central processing unit (centrální procesorová jednotka)

FBD Function Block Diagram (schéma z funkčních bloků)

FSR Force Sensing Resistor (odpor citlivý na sílu)

HMI Human-machine interface (rozhraní mezi člověkem a strojem)

IL Instructions List (instrukční soubor)

IP Internet Protocol (internetový protokol)

LD Ladder Diagram (kontaktní schémata)

LCD Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů)

LED Light Emitting Diode (světlo emitující dioda)

N.C. Normal Close (normálně zavřené)

N.O. Normal Open (normálně otevřené)

OPC OLE for Process Control

PLC Programmable Logic Controller (programovatelný automat)

POU Program Organisation Unit (programově organizační jednotka)

RTC Real-time Clock (hodiny reálného času)

SFC Sequential Function Chart (vývojová schémata)

ST Structured Text (strukturovaný text)

STN Super Twisted Nematic

TN Twisted Nematic

TTL Transistor-transistor logic (tranzistorově-tranzistorová logika)

VDC Voltage Direct Current (stejnoseměrné napětí)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Fotografie z restaurace Horn & Hardart [46]	12
Obrázek 2- Schéma základního rozčlenění automatů	14
Obrázek 3- Schéma rozdělení automatu dle prodeje zboží a služeb.....	15
Obrázek 4- Ukázka moderního výdejního automatu [42].....	16
Obrázek 5- Fotografie výdejového automatu.....	19
Obrázek 6- Fotografie z technické dokumentace – 3D model.....	21
Obrázek 7- PLC ABB PM564-T-ETH [2]	23
Obrázek 8- Fotografie LCD displeje 4 x 20 znaků použitého v automatu [35].....	25
Obrázek 9- Mapování jednotlivých znaků displeje v paměti DD RAM [16]	26
Obrázek 10- Tabulka znaků displeje [15]	27
Obrázek 11- Elektronické schéma převodní elektroniky pro LCD displej	28
Obrázek 12- Maticová klávesnice 16ti znaková [26]	29
Obrázek 13- Principiální schéma maticové klávesnice	29
Obrázek 14- Vyhodnocovací a převodní elektronika pro maticovou klávesnici	30
Obrázek 15- Elektronický mincovní EU2 [47]	31
Obrázek 16- Znázornění principu N.O. a N.C. [44]	32
Obrázek 17- Ukázka impulzního režimu s volbou N.O. pro různé druhy mincí	33
Obrázek 18- Záznam digitálním osciloskopem pro impulzní režim mincovníku	34
Obrázek 19- Schéma převodní elektroniky mezi mincovníkem a PLC [32]	35
Obrázek 20- Záznam z digitálního osciloskopu z převodní elektroniky	35
Obrázek 21- Fotografie pohonu výdejového zařízení	36
Obrázek 22- Fotografie produktové spirály	36
Obrázek 23- Schéma pomocného řídicího obvodu [36]	37
Obrázek 24- Fotografie zařízení tvořící pomocnou zpětnou vazbu.....	39
Obrázek 25- Fotografie snímače FSR 406 [20]	40
Obrázek 26- Převodní elektronika pro pomocnou zpětnou vazbu.....	40
Obrázek 27- Schéma převodní elektroniky pro pomocnou zpětnou vazbu [1], [22].....	41
Obrázek 28- Schéma elektrického obvodu pro tvorbu a stabilizaci napětí [1]	42
Obrázek 29- Schéma obvodu tlačítek pro obsluhu	42
Obrázek 30- Ukázka programu ABB Configurator	43
Obrázek 31- Ukázka programu CoDeSys	44

Obrázek 32- Vývojový diagram programu č. 1.....	46
Obrázek 33- Vývojový diagram programu č. 2.....	48
Obrázek 34- Obrázek z editoru vizualizace pro její popis.....	52
Obrázek 35- Webová vizualizace zobrazená v internetovém prohlížeči.....	53
Obrázek 36- Vizualizace HMI ve stavu čekání na vhození mincí.....	54
Obrázek 37- Vizualizace HMI ve stavu připravenosti obsloužit zákazníka.....	54
Obrázek 38- Obrázek vytvořeného kódu dle návodu.....	60

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Předprogramování funkce a funkční bloky (na přiloženém CD)

Příloha PII: Program č. 1 (na přiloženém CD)

Příloha PIII: Program č. 2 (na přiloženém CD)