



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická
13134 Katedra mikroelektroniky

**Model technologického procesu
řízený pomocí PLC**

**Model of the controlled technological
process using PLC**

Bakalářská práce

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika

Studijní obor: Aplikovaná elektronika

Vedoucí práce: Ing. Alexandr Laposa

Ivo Kopecký

Praha 2015



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používal jsem pouze literaturu v práci uvedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé bakalářské práce nebo její části se souhlasem katedry.

V Praze dne 22. 5. 2015

.....
podpis bakalanta

Poděkování

Dovoluji si na tomto místě poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Alexandru Laposovi za účinnou metodickou a pedagogickou pomoc a cenné rady a také společnosti TURCK, s.r.o. za zapůjčení potřebných produktů a odbornou pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

V Praze dne 22. 5. 2015

.....
podpis bakalanta



České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra mikroelektroniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **KOPECKÝ Ivo**

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika
Obor: Aplikovaná elektronika

Název tématu: **Model technologického procesu řízený pomocí PLC**

Pokyny pro vypracování:


- 1) Zpracujte rešeršní přehled průmyslové a procesní automatizace pro řízení technologických procesů.
- 2) Navrhněte demonstrační model technologické procesu řízený programovatelným logickým automatem (PLC). Proveďte analýzu navrženého technologického procesu a stanovte požadavky na PLC. Zvolte vhodnou jednotku PLC, diskutujte její možnosti a daný technologický model realizujte.
- 3) Ověřte a zhodnoťte činnost realizovaného modelu.
- 4) Diskutujte možnosti optimalizace.

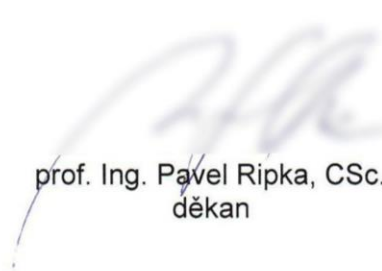
Seznam odborné literatury:

- [1] Lamb F. : Industrial Automation: Hands On, ISBN 978-0071816458, McGraw-Hill Professional 2013.
- [2] Tan K.K. : Drives and Control for Industrial Automation, ISBN 978-1848824249, Springer 2011.
- [3] Turck, 2014 (<http://www.turck.cz/>)

Vedoucí: **Ing. Alexandr Laposa**

Platnost zadání: 31.8.2016


prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 9. 3. 2015



Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá tvorbou automatizovaného technologického procesu pro míchání barev. Systém je ovládán HMI panelem TURCK VT250 s PLC funkcemi a sběrnici TURCK BL67. Řídicí program je vytvořen ve vývojovém prostředí CoDeSys a vizualizace v prostředí QViS. Oběma prostředím je také věnována část bakalářské práce včetně názorné ukázky programování i vizualizace.

Klíčová slova: Technologický proces, Míchání, HMI, CoDeSys, QViS, TURCK

Summary

This final project deals with creating of automated technological process of mixing colours. System is controlled over HMI device TURCK VT250 with PLC function and fieldbus TURCK BL67. Control program is created in the development environment CoDeSys and visualization in QViS. This project includes examples of programming and visualization in both development environments

Index Terms: Technological process, Mixing, HMI, CoDeSys, QViS, TURCK



OBSAH

1. ÚVOD	1
1.1. Motivace.....	1
2. TEORETICKÝ ZÁKLAD.....	2
2.1. Požadavky procesu	2
2.2. Řídicí systém.....	3
2.3. Sběrnice	4
2.4. Rozvod kapalin	6
2.5. Hlídní hladiny	8
2.6. Signalizace.....	11
3. REALIZACE.....	13
3.1. Schéma zapojení	13
3.2. Průběh procesu.....	13
3.3. Programovatelný automat	14
3.4. Sběrnice	15
3.5. Hlídní hladiny	16
3.6. Skutečný výrobek.....	17
4. PROGRAMOVÁNÍ.....	19
4.1. Prostředí CoDeSys	19
4.2. Program	22
4.2.1. Hlavní program	24
4.2.2. Automatické míchání	26
4.2.3. Manuální řízení	27
4.3. Vizualizační prostředí QViS	28
4.4. Systémové obrazovky.....	30
5. TESTOVÁNÍ.....	37
5.1. Testování množství.....	37
5.2. Testování koncentrací	39



5.3. Návrh optimalizace	45
6. EKONOMICKÁ STUDIE.....	47
7. ZÁVĚR	50
8. REFERENCE	52
9. PŘÍLOHY.....	54
9.1. Kódy programu	54
9.1.1. Hlavní program	54
9.1.2. Automatické míchání	56
9.1.3. Manuální řízení	57
9.1.4. Globální proměnné	58
9.2. Namíchané barvy.....	59
9.3. Obsah přiloženého CD	62



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Obecný vývojový diagram.....	2
Obr. 2: HMI panel [2]	4
Obr. 3: Modulární sběrnice BL67 [2].....	5
Obr. 4: Jednocestný elektromagnetický pračkový ventil.....	8
Obr. 5: Kapacitní senzor vhodný pro umístění přímo na hadičku [2]	9
Obr. 6: Ultrazvukový senzor [5].....	11
Obr. 7: Světelný signalizační maják [5].....	12
Obr. 8: Schéma zapojení.....	13
Obr. 9: Sestava modulů sběrnice BL67	16
Obr. 10: Výrobek - čelní pohled	17
Obr. 11: Výrobek – detail ventilů	18
Obr. 12: CoDeSys - vývojové prostředí	19
Obr. 13: CoDeSys - konfigurace kanálů sběrnice	20
Obr. 14: Report konfigurace sběrnice	21
Obr. 15: CoDeSys - mapování proměnných.....	21
Obr. 16: Vývojový diagram hlavního programu	24
Obr. 17: Vývojový diagram - vizualizace potrubí	25
Obr. 18: Vývojový diagram automatického míchání.....	26
Obr. 19: Vývojový diagram manuálního řízení.....	27
Obr. 20: QViS - základní prvky.....	28
Obr. 21: QViS - import proměnných.....	29
Obr. 22: QViS – tvorba a nastavení	30
Obr. 23: Úvodní obrazovka	31
Obr. 24: Obrazovka pro zadání vstupních parametrů	31
Obr. 25: Obrazovka vkládání hodnot	32
Obr. 26: Obrazovka předvoleb	32
Obr. 27: Obrazovka znázornění procesu.....	33



Obr. 28: Obrazovka manuálního řízení.....	34
Obr. 29: Obrazovka nastavení	35
Obr. 30: Obrazovka parametry.....	35
Obr. 31: Chybové hlášení.....	36
Obr. 32: Test 100ml množství	37
Obr. 33: Test 500ml množství	38
Obr. 34: Základní RGB kombinace [15].....	39
Obr. 35: RGB míchání nastavení 50 / 50 / 0.....	40
Obr. 36: RGB míchání nastavení 50 / 0 / 50.....	41
Obr. 37: Paleta barev [16]	42
Obr. 38: RYB míchání nastavení 50 / 50 / 0	44
Obr. 39: RYB míchání nastavení 0 / 50 / 50	44
Obr. 40: RYB míchání nastavení 34 / 33 / 33	45
Obr. 41: RGB míchání nastavení 34 / 33 / 33.....	59
Obr. 42: RGB míchání nastavení 100 / 0 / 0.....	59
Obr. 43: RGB míchání nastavení 0 / 0 / 100.....	60
Obr. 44: RGB míchání nastavení 0 / 100 / 0.....	60
Obr. 45: RYB míchání nastavení 50 / 0 / 50	61
Obr. 46: RYB míchání nastavení 25 / 25 / 50	61
Obr. 47: RYB míchání nastavení 50 / 25 / 25	62



SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Cena prvního řešení.....	7
Tab. 2: Cena druhého řešení	7
Tab. 3: Cena třetího řešení	7
Tab. 4: Sestava modulů sběrnice BL67	15
Tab. 5: Testování 100 ml.....	37
Tab. 6: Testování 500 ml.....	38
Tab. 7: Nastavené předvolby barev	41
Tab. 8: Nové nastavení předvoleb	43
Tab. 9: Ceny produktů společnosti Turck a Banner	48
Tab. 10: Ceny ostatních produktů, konstrukce a montážního příslušenství	48

SEZNAM ZKRATEK

HMI (Human Machine Interface)

PLC (Programmable Logic Controller)

CoDeSys (COntroller DEvelopment SYStem)

RGB (Red Green Blue)

CMYK (Cyan Magenta Yellow Key)

RYB (Red Yellow Blue)



1. ÚVOD

1.1. Motivace

Cílem této bakalářské práce je seznámit se se základními produkty průmyslové automatizace a sestavit z nich model technologického procesu řízeného programovatelným automatem. Technologický proces pojme několik prvků průmyslové automatizace, jako jsou senzory, signalizační prvky a akční členy. Celý systém je řízen autonomně pomocí programovatelného automatu, který sbírá informace o stavu senzorů ze sběrnice a zpět na ní posílá řídicí signály.

Takový model technologického procesu dá potenciálním zákazníkům základní pohled na prvky průmyslové automatizace, včetně jejich příkladu využití. Pro tento účel je nejlepší umístění na některém významném elektrotechnickém nebo strojírenském veletrhu, jako je AMPER, ELEKTRON či Mezinárodní strojírenský veletrh.

Též je výhodný pro zaškolení nových pracovníků, kterým poskytne reálné zkušenosti s několika produktovými skupinami: sensorika, signalizace, sběrnice a řízení. Naučí se ovládání základních senzorů a aktorů, včetně jejich nastavení a programování.

Jako model technologického procesu byla vybrána taková aplikace, která automaticky smíchá barvu v různém poměru tří vstupních barev, tedy proces „Míchání“. Základní vstupní informaci o potřebných míchaných koncentracích zadá obsluha přímo do programovatelného automatu pomocí dotykového displeje a grafického uživatelského rozhraní a celý proces spustí tlačítkem. Průběh celého procesu musí být z důvodu bezpečnosti signalizován.

Cíle:

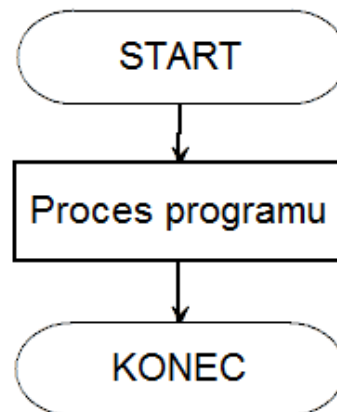
- Seznámení se základními prvky průmyslové automatizace.
- Sestavení technologického procesu z těchto prvků.
- Demonstrace potenciálním zákazníkům.
- Zaškolení nových pracovníků.



2. TEORETICKÝ ZÁKLAD

2.1. Požadavky procesu

Požadavky na proces míchání jsou následující: proces míchání by měl umět dostatečně rychle a spolehlivě vyhodnotit stav vstupních veličin a dle jejich stavů přivést přes sběrnici signály na elektromagnetické ventily, které vyvolají fázi plnění. Dalším požadavkem systému je možné přerušení procesu při výpadku jakékoliv vstupní látky. Pro výsledné množství je třeba navrhnout takový snímač, který spolehlivě a rychle přenese signál do řídicího systému, ze kterého následovně dojde k programovému vyhodnocení množství. Na tento krok je vyžadována co největší přesnost, neboť výsledné množství se bude pohybovat v rozsahu do 1 litru kapaliny. Při vyhodnocení je třeba vzít v úvahu i zpoždění vypnutí elektromagnetického ventilu. Taková chyba měření musí být korigována programově.



Obr. 1: Obecný vývojový diagram

Model procesu míchání demonstruje možnost nasazení průmyslových senzorů, včetně jejich propojení se sběrnici a řízením celého procesu pomocí programovatelného automatu. Celý proces pracuje pouze s obarvenou vodou a nehrozí tedy žádné nebezpečí při kontaktu s kapalinou. I přesto je proces sestaven tak, aby při narušení pracovního prostoru došlo k zastavení celého procesu.



Celý systém je řízen pomocí programovatelného automatu. K programovatelnému automatu je přímo připojena sběrnice a komunikují spolu pomocí průmyslového komunikačního protokolu na síti Ethernet. Sběrnice je využita především z důvodu omezených možností připojení senzorů přímo na programovatelný automat.

2.2. Řídicí systém

Celá aplikace pro plnou funkci potřebuje řízení. Trh nabízí mnoho možností programovatelných automatů PLC (Programmable Logic Controller), programovatelných sběrnic nebo lze využít i správného zapojení pro vytvoření potřebné řídicí logiky. V případě řešení řídicí logiky pomocí vhodného zapojení, je takové řešení vhodné pouze pro malé a nerozsáhlé systémy, neboť v případě rozsáhlejších systémů je potřeba mnoho kabelových vedení a systém by se stal takřka nesrozumitelný. Takové řešení je nejen složité na realizaci ale také nákladné a případná změna řídicí logiky představuje kompletní přepojení. Proto byla zvolena kategorie programovatelných automatů. Jelikož bude v aplikaci použita i vizualizace právě probíhajícího procesu, byl zvolen produkt z podkategorie programovatelných automatů s integrovaným displejem. Takovýmto automatům se říká HMI (Human Machine Interface).

K programování HMI panelů se využívá například vývojové prostředí CoDeSys [1] (COntroller DEvelopment SYStem). V tomto prostředí jsou k dispozici všechny standardní programovací jazyky a typy programování od prostého textu, přes liniové diagramy až po stavbu řídicí logiky funkčními bloky. Pro vytvoření uživatelsky přívětivého grafického prostředí lze využít softwarové prostředí QViS. QViS a CoDeSys jsou úzce propojeny, což zajistí snadnou výměnu dat. Čistě vizualizační řešení využívají další ovladače, které poskytuje QViS pro nejběžnější řídicí systémy. Obdobným softwarem pro programování a vizualizaci může být systém SCADA.

Zásadní nevýhodou takovýchto panelů je rozhraní pro vstupy a výstupy. Na panelu zpravidla nalezneme pouze omezené množství rozhraní, například rozhraní pro komunikaci v potřebné síti a nikoliv rozhraní pro přímé připojení vstupních nebo výstupních signálů. Z tohoto důvodu je potřeba použít sběrnici, která nám takovýto



panel o tuto vlastnost umožní. Jelikož je HMI panel standardizovaný, může být připojen na jakoukoliv sběrnici se standardním komunikačním protokolem od jakéhokoliv výrobce.



Obr. 2: HMI panel [2]

Obrázek výše znázorňuje podobu HMI panelu s integrovaným displejem a funkcemi programovatelného automatu od společnosti Turck [2].

2.3. Sběrnice

V minulé kapitole byl popsán řídicí systém, a jelikož díky jeho konektorové výbavě není možné na řídicí systém přímo připojit senzory, relátka, ani jiné aktory a zařízení. Proto je potřeba do aplikace zařadit ještě sběrnice systém. Sběrnice systémů je na trhu opět celá řada. Můžeme volit mezi bezdrátovými nebo klasickými drátovými sběrnice systémy, fixními nebo modulárními anebo systémy v provedení s různými stupni krytí.

Bezdrátové systémy jsou sice výhodné z hlediska nepotřebnosti vedení drátů na dlouhé vzdálenosti, ale mívají také nevýhodu v podobě omezené konektorové



výbavy a tudíž je zapotřebí pospojovat více opakovačů a gateway, čímž mimo složitější síťovou strukturu rostou i pořizovací náklady.

Pro proces míchání je nejvýhodnější využít modulární sběrnice systém. Je relativně ekonomický, a jelikož neuvažují vzdálené řízení, není pro mě kabelová varianta omezením. Samozřejmostí je možnost budoucího nahrazení sběrnice za bezdrátové řešení, či doplnit systém pouze o bezdrátový komunikační kanál. Signály totiž mívají pro obě řešení stejné napěťové hladiny. Programovacím prostředím může být opět standardní CoDeSys.

Na následujícím obrázku je zobrazen modulární systém sběrnice se stupněm krytí IP67. V tomto případě sběrnice obsahuje základní gateway a několik vyměnitelných modulů pro připojení vstupních signálů ze senzorů nebo výstupních signálů přiváděných do aktorů a dalších zařízení.



Obr. 3: Modulární sběrnice systém BL67 [2]



2.4. Rozvod kapalin

Jedním z nejdůležitějších úkolů je vybrat vhodné řešení pro přepravu kapalin z vstupních kanystrů do výstupní nádoby. S přepravou souvisí i hlídání přepravovaného množství. V tomto případě se nabízí hned několik řešení.

Prvním je využít tři nezávislá čerpadla a průtokoměry umístěná na výstupním vedení z kanystrů vstupních látek. Po důkladném prozkoumání možností trhu je verdikt následující. Toto řešení má výhodu v rychlosti provedení celého procesu. Ovšem v systému se uvažuje pracovat s malými průměry hadiček a tedy i přepravovaným množstvím. Trh bohužel nenabízí čerpadla v malém provedení a s malým čerpacím množstvím a dokonce ani průtokoměry nejsou schopny zaznamenat tak malé průtoky. A když už náhodou ano, tak mají dlouhou reakční dobu v řádu desítek sekund. Tyto aspekty by do celého procesu zavedly obrovskou chybu. Mimo technické specifikace je nevýhodou i cena, která by se v tomto případě vyšplhala dost vysoko. Čerpadlo asi 500 Kč a průtokoměr s analogovým výstupem přibližně 16 000 Kč. Vezmeme-li v úvahu potřebu tyto dva základní prvky použít třikrát, je jednoznačně toto řešení cenově nevýhodné.

Druhým řešením se nabízí použít přímo stejnosměrné elektromagnetické ventily a využít přirozeného spádu kapalin. Výsledné čerpané množství hlídat až posunem hladiny ve výstupní nádobě. O hlídání hladiny v následující kapitole. Toto řešení je podstatně lacinější. Jeden ultrazvukový senzor s analogovým výstupem pro hlídání hladiny lze sehnat v cenovém rozpětí 4 000 – 8 000 Kč a tři elektromagnetické ventily v rozpětí 2500 – 5000 Kč za jeden. Toto řešení je sice lacinější, ale stále není dostatečně ekonomicky efektivní.

Posledním řešením je využít specifického ventilu. Jedná se o podobné řešení, jako v druhém případě, ale podstatně ekonomičtější. Výsledné měření hladiny zůstává nezměněné, ale pro vypouštění nebudou použity tři stejnosměrné elektromagnetické ventily, ale jednocestné pračkové ventily. Takový ventil lze sehnat za 100 Kč. Nevýhodou ventilu je ovládání síťovým napětím 230 VAC. Spínání jednotlivých cest je potřeba



zajistit přes relátka. Orientačně se relátka pohybují řádově stokoruny. Nevýhoda takového řešení je rychlost přepouštění, protože nelze vypouštět vstupní kapaliny zároveň, ale samostatně. Nebylo by totiž možné vypočítat vypuštěné množství a zajistit potřebnou koncentraci. Následující tabulky (tab. 1, Tab. 2 a Tab. 3) lépe znázorňují cenovou náročnost uvažovaných řešení:

Řešení 1	Ks	Kč	SUMA
Čerpadlo	3	500	1 500
Průtokoměr	3	16 000	48 000
SUMA			49 500 Kč

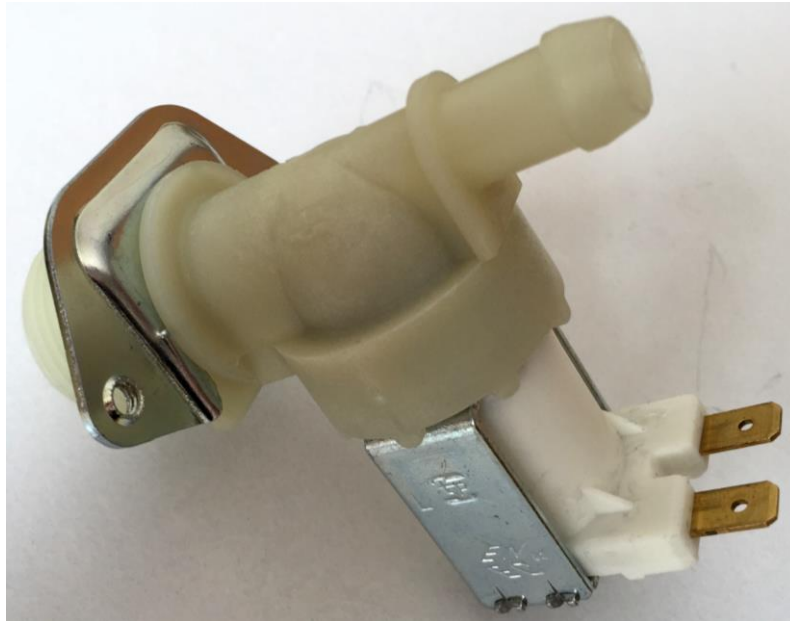
Tab. 1: Cena prvního řešení

Řešení 2	Ks	Kč	SUMA
Elektromagnetický ventil	3	1 500	4 500
Ultrazvukový senzor	1	6 500	6 500
SUMA			11 000 Kč

Tab. 2: Cena druhého řešení

Řešení 3	Ks	Kč	SUMA
Pračkový ventil	3	100	300
Ultrazvukový senzor	1	6 500	6 500
Relé	3	150	450
SUMA			7 250 Kč

Tab. 3: Cena třetího řešení



Obr. 4: Jednocestný elektromagnetický pračkový ventil

2.5. Hlídání hladiny

Pro hlídání hladiny média se využívá mnoho principů. Jelikož je v dnešní době populární snímání různých veličin bez přímého styku s látkou, nebudou brány v úvahu hladinoměry na mechanickém principu s plovákem, nebo jiným tělesem. Navíc výstupní nádoba bude otevřená a vzhledem k pohodlné výměně za jinou nádobu, bude výhodnější použít některý bezkontaktní princip.

Budeme tedy zvažovat pouze elektrické hladinoměry. V nabídce jsou kapacitní, ultrazvukové, radarové nebo optické. Radarové jsou většinou poměrně velké a prostorově náročné, ty tedy nebudou zvažovány. U kapacitních senzorů je zase důležitá citlivost. Jelikož je z principu vyjímání nádoby nevhodné umístit senzor přímo na nádobu, ale do minimální vzdálenosti, aby se dala případně vyměnit, je důležitou funkcí potlačení popředí. Touto funkcí disponují především optické snímače, kdy například senzor není citlivý na sklo kádinky ale pouze na látku uvnitř. U optických a kapacitních senzorů je možné hlídat hladinu především se spínacím výstupem, tedy například,



pokud hladina klesne pod určitou nebo stoupne nad určitou úroveň, senzor sepne. Na vstupních kanystrech stačí hlídat pouze přítomnost látky, aby obsluha dostala na řídicím panelu informaci o prázdné nádobě a požadavek k následnému doplnění. Kapacitní senzory mají nevýhodu, pokud snímáme látky s permitivitou podobnou vzduchu nebo pokud snímaná látka pění, bublá nebo stéká a spínání tím selhává.

U optických senzorů jsou zase limitujícím faktorem čiré látky. Protože světlo prochází skrz, i když je podstatně zkeslené. Zde ovšem existují i varianty, které dokáží spínat vodu a čiré skleněné nebo plastové lahve, nádoby. Samozřejmě tento faktor ovlivňuje cenu, někdy i dvojnásobně.

Pro analogové měření můžeme využít ultrazvukových senzorů. Tyto senzory zpravidla mohou mít digitální nebo analogový výstup. Pro aplikaci je to téměř zbytečné, ale jejich cena není tak vysoká a mohou sloužit jako kontrola přetečení výstupní nádoby, hladiny vstupů i výstupní nádoby i jako kontrola čerpaného množství. Nevýhodou je výrazně delší mrtvá zóna, řádově centimetry, ale to v této aplikaci nevádí a senzor lze umístit do vyšší vzdálenosti od snímané hladiny.



Obr. 5: Kapacitní senzor vhodný pro umístění přímo na hadičku [2]

V případě přesnějšího hlídání hladiny a především v případě odměřování konkrétní výšky hladiny, musí být použit senzor s analogovým výstupem. Zde se nabízí několik řešení a několik měřících principů. K analogovému měření lze využít například analogový kapacitní senzor. Takový senzor má velké pouzdro a je nutné ho umístit



v bezprostřední blízkosti se snímanou veličinou. Typickou vzdáleností jsou řádově jednotky milimetrů. Další možností je využití mechanického snímání založeného na principu snímání plováku. Takové řešení je považováno za zastaralé a neefektivní. Podléhá opotřebení a je nutný přímý styk s kapalinou. Samozřejmě se najdou aplikace, kdy nelze jiné řešení použít.

Poněvadž bude snímána pouze voda, nebo i kdyby byla snímána jiná kapalina s malou viskozitou, je hladina ve vodorovné poloze. Nevznikají násypné nebo výsypné kužele, či médium nepění, aby docházelo k ovlivňování měření. Lze tedy využít ultrazvukový snímač [3]. V tomto případě je potřeba brát v úvahu mrtvou zónu takového snímače, která se pohybuje přibližně v úrovni 10 cm. Dalším ovlivňujícím faktorem je průměr vyzařovacího kužele. Vyzařovací kužel se liší dle vzdálenosti snímání. V mém případě, tedy v rozsahu okolo 40 cm, má vyzařovací kužel průměr ± 10 cm. Ovšem v příslušenství lze nalézt náhubek, který tento kužel dokáže zúžit. Dokonce by šlo na snímač nasadit trubičku, hadičku (nutno použít materiál, který vlnu odrazí a nepohltní a použít takovou trubičku nebo hadičku, která bude mít v celé své délce konstantní průměr), či jinak ovlivnit směr a vlastnosti vyzařované vlny. Oblast kužele je potřeba zajistit volnou pro ultrazvukovou vlnu, bez cizích objektů. Takovým objektem může být například napouštěcí hadička nebo stříkající voda. Z teorie ultrazvukových snímačů vychází, že minimální velikost snímaného objektu musí být 10 x 10 mm. To znamená, že malé stříkající kapky by měření nemusely ovlivnit. Snímání hladiny by také mohlo ovlivnit čerání hladiny při napouštění, neboť aby se ultrazvuková vlna odrazila správně, musí být odraz od kolmé plochy. Čerání hladiny mohou eliminovat nasazením napouštěcí hadičky až na dno nádoby. V případě použití náhubku na senzoru nebo nasazené trubičky dochází k lomu ultrazvukové vlny, vlna se kolmo neodrazí od hladiny, ale prostupuje šikmo náhubkem nebo trubičkou. V takovém případě má delší dráhu a odměřování by se mohlo zdát složitější. Není tomu tak. Jednoduše, přímo na senzoru, lze nastavit spínací meze, které budou odpovídat napětovým hladinám 0 – 10 V a těmto hladinám dále programově přiřadit určitou vzdálenost. Mezi hladinami je průběh linearizován, případně lze využít korekční faktor, který zajistí přesnější převod



konkrétní hladiny nebo množství v případě nádoby která nebude pravidelných tvarů (například kónická).



Obr. 6: Ultrazvukový senzor [5]

V předchozím odstavci jsme si popsali ultrazvukový princip snímání. Hladiny, potažmo množství. Nicméně se nabízí i jiná možnost. Konkrétně vážení nádoby s kapalinou. V takovém případě mohou využít tenzometrickou váhu a pokusit se dostat její výstup do sběrnice a programově hodnoty zpracovat.

2.6. Signalizace

Každý technologický proces by měl obsahovat signalizaci provozního stavu. Signalizace se provádí z důvodu bezpečnosti a rychlé informací o průběhu procesu. Pro signalizaci na trhu existuje rozsáhlé množství produktů pokrývajících světelné vícebarevné majáky, vícebarevné nebo jednobarevné signálky, zvukové hlásiče a sirény a další.

Z důvodu bezpečnosti lze chránit obsluhu vůči vniknutí do pracovního prostoru a následnému zranění. Pro takový případ lze využít bezpečnostní optické závory a závěsy, skenery, bezpečnostní tlačítka, bezpečnostní koncové spínače a mnoho dalších. Bezpečnostní prvky musí vždy splňovat určitou bezpečnostní třídu dle bezpečnostních norem.

Lze využít i prvků čistě informativních, například systém PICK-TO-LIGHT [4], který obsluhu informuje o nedovoleném vniku do pracovní oblasti při probíhající



procesu. Takový systém lze využít s optickými závory, signalizačními prvky, prvky dotykovými apod. Ve většině případů je na každém prvku z tohoto systému umístěna signalizační LED. Systém PICK-TO-LIGHT sice umožní zaznamenat nedovolené vniknutí, ale není klasifikován jako bezpečnostní systém. Stěžejním využitím takového systému je informovat obsluhu o následujícím kroku a následné zabránění chyb. Pro lepší představu: Využití například na montážní lince automobilů. Dělník do automobilů montuje různé součástky, které jsou specifickými požadavky zákazníka. Například lepší reproduktory, jiné autorádio, světlomety. Prakticky co kus auta, to originál. Každý prvek musí odpovídat identifikačnímu číslu právě montovaného auta. Světelné závory systému PICK-TO-LIGHT umístěné v každém boxu s díly informují pomocí integrované LED, jaký přesně díl má dělník použít. Díl určuje samozřejmě řídicí systém a zpětnou vazbou je právě signál ze systému PICK-TO-LIGHT, zda dělník odebral správný díl.

Jako signalizační zařízení také bezpochyby slouží obrazovka panelu VT250 [7].



Obr. 7: Světelný signalizační maják [5]

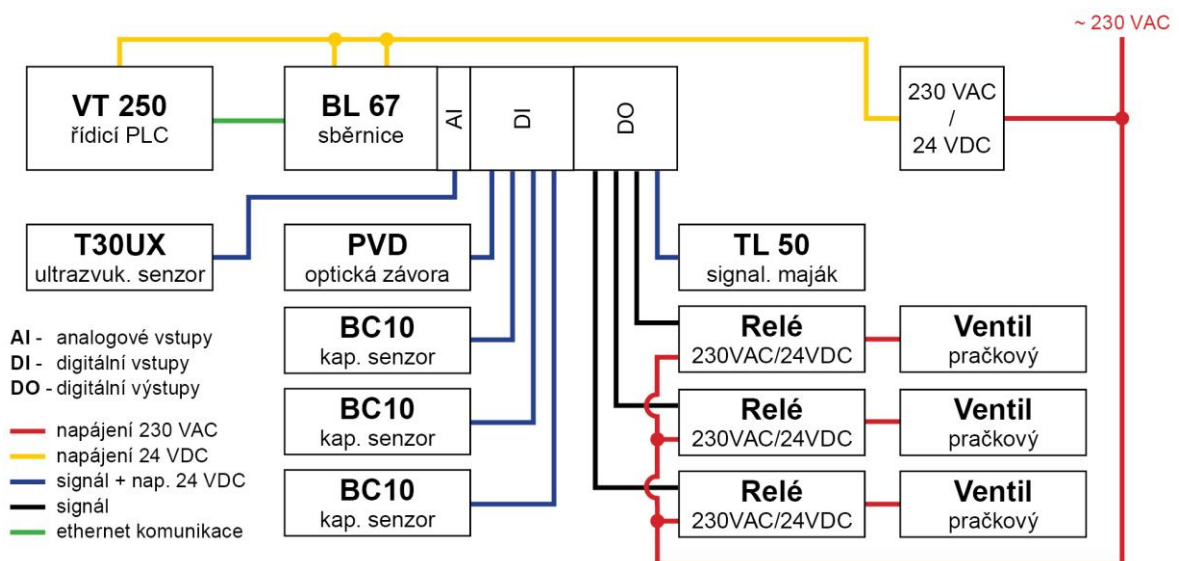


3. REALIZACE

3.1. Schéma zapojení

Následující schéma zapojení (Obr. 8) zobrazuje reálné zapojení celého systému. Dle legendy lze vidět, že veškeré snímací členy nepotřebují vedení zvlášť napájení a jsou napájeny přímo ze sběrnice. Přímé napájení tedy vchází pouze do řídicího PLC a sběrnice. Výjimku tvoří relátka, která spínají ventily napájené přímo síťovým napájením 230 VAC. Do těchto relátek jde ze sběrnice pouze řídicí signál. Řídicí signál představuje napětovou úroveň 24 VDC.

Komunikaci mezi PLC a sběrnicí zajišťuje síť ethernet a komunikační protokol Modbus TCP. PLC navíc obsahuje integrovaný 2 portový switch, díky němuž není potřeba kvůli programování celou sestavu přepojovat, ale stačí využít druhý RJ45 port pro připojení počítače. Sběrnice má dva oddělené napájecí okruhy.



Obr. 8: Schéma zapojení

3.2. Průběh procesu

Programovatelný automat se optá na informace o stavu systému, zda je připravena výstupní kádinka a je prázdná. Pokud tomu tak je, vyše postupně řídicí signály



na relátka elektromagnetických ventilů umístěných na hadičkách vedoucích ze vstupních kanystrů. Tím dojde k procesu plnění. Koncentrace jednotlivých látek je hlídána výškou hladiny výstupní kádinky, případně jejím množstvím. Z každého kanystru se vstupní látkou, odečte postupně jiné množství, které se smíchá ve výstupní nádobě. V případě nedokončeného procesu, nebo zda dojde chybě, proces se okamžitě zastaví a spustí signalizaci o chybovém stavu.

3.3. Programovatelný automat

Základní charakteristika programovatelnému automatu je následující: Jedná se o HMI (Human Machine Interface) panel, který disponuje dotykovým displejem o velikosti 5,7 palců a umožňuje, v závislosti na typu, komunikaci ve všech běžně používaných průmyslových komunikačních standardech. Díky displeji je pro obsluhu snadno viditelná právě probíhající funkce, například, otevřený ventil na hadičce z prvního kanystru nebo detekce nevhodné výstupní kádinky. Pro návrh grafického rozhraní se využívá vizualizační software QViS a pro programování programovací nástroj CoDeSys. Programování je velice intuitivní a nabízí široké možnosti. Umožňuje naprogramovat zařízení všemi běžnými programovacími jazyky jako je programovací jazyk C, ASSEMBLER, přímé vložení liniového diagramu, funkčních bloků a strukturovaného textu. To znamená, že lze využít programování od zadání strukturovaného textu, přes liniová schémata, blokové diagramy, logická schémata až po klasické objektové programování. Programovacím nástrojem CoDeSys se programuje jak programovatelný automat, tak i sběrnice.

K této funkci se přímo nabízí HMI panel [5] od společnosti Turck. Konkrétně se jedná o dotykový panel z řady VT250, který kombinuje řídicí i vizualizační funkce s integrovanými PLC funkcemi. Tento panel tedy může pracovat jako samostatný programovatelný automat nebo v kombinaci s jinými automaty a sloužit pouze jako zobrazovací zařízení. Přední strana panelu VT250 obsahuje 5,7“ barevnou obrazovku s rozlišením 320x240 pixelů a typem TFT. Obrazovka panelu navíc obsahuje odporovou dotykovou vrstvu.



Kromě ovládacích a vizualizačních funkcí lze panel VT250 využít i jako vstupní bránu (gateway) mezi sběrnici. Panel může pracovat v průmyslových sítích Profibus DP, CANopen, DeviceNet a Ethernet se standardními komunikačními protokoly nebo po sériové lince RS485/RS232. Přesný typ panelu určuje rozhraní, kterým je panel vybaven v závislosti na vybraném komunikačním protokolu. Zařízení může pracovat jak v režimu Master, tak i Slave. Panel dále obsahuje slot pro SD kartu a záložní baterii. Kromě portu sériové linky, sběrnicevého portu, USB portu a napájení, zařízení obsahuje dvojitý Ethernet port pro možnost připojení do liniové ethernetové sítě.

3.4. Sběrnice

Dostupná byla programovatelná modulární sběrnice BL67 [6] se stupněm krytí IP67 a několika rozšiřujícími moduly. Programovatelná varianta je sice zbytečností, ale s aktuálním firmwarem lze sběrnici nastavit, aby se chovala jako standardní neprogramovatelná. Mezi dostupnými rozšiřujícími moduly lze nalézt moduly s různými počty digitálních nebo analogových vstupů nebo výstupů, moduly pro sériovou komunikaci, doplňkové napájecí moduly, reléové moduly či moduly pro RFID identifikaci. Výstupní moduly mohou spínat zátěž o velikosti až 2 A a lze volit mezi PNP a NPN variantami. Hladina napájecího napětí celého systému je standardních 24 VDC.

Do sběrnice byly vybrány moduly zobrazující Tab. 4. Reálnou skladbu sběrnice a modulů zobrazuje Obr. 9.

Sestava BL67	
BL67-PG-EN	Programovatelná gateway
BL67-4DIP	4 digitální vstupy
BL67-4DO-0,5A-P	4 digitální výstupy, 0,5 A, zapojení PNP
BL67-4DO-2A-P	4 digitální výstupy, 2 A, zapojení PNP
BL67-2AI-U	2 analogové vstupy, napěťové

Tab. 4: Sestava modulů sběrnice BL67



Obr. 9: Sestava modulů sběrnice BL67

3.5. Hlídaní hladiny

Pro hlídání přítomnosti kapaliny ve vstupních kanystrech není potřeba přesná výška hladiny. Po průzkumu dostupných řešení je výhodné použít kapacitní senzor BC10-QF5,5-AP6X2 [7] s binárním výstupem. Tento senzor má provedení, které je vhodné pro montáž přímo na hadičku pomocí stahovacích pásků. Takový typ senzoru, zjednoduší práci při plnění vstupních kanystrů, neboť na nich nebudou umístěna žádná zařízení, která by byla potřeba při plnění demontovat. Navíc spolehlivě detekují nepřítomnost kapaliny. Senzor nabízí spínací vzdálenost až 6 mm s možností nastavení citlivosti pomocí potenciometru. Taková vlastnost je důležitá, protože se musí nastavit citlivost senzoru pouze na vodu, nikoliv na silikonovou hadičku, kterou by dokázal senzor také detekovat. Tato funkce se tedy prakticky chová jako potlačení popředí, i když ne v pravém slova smyslu.

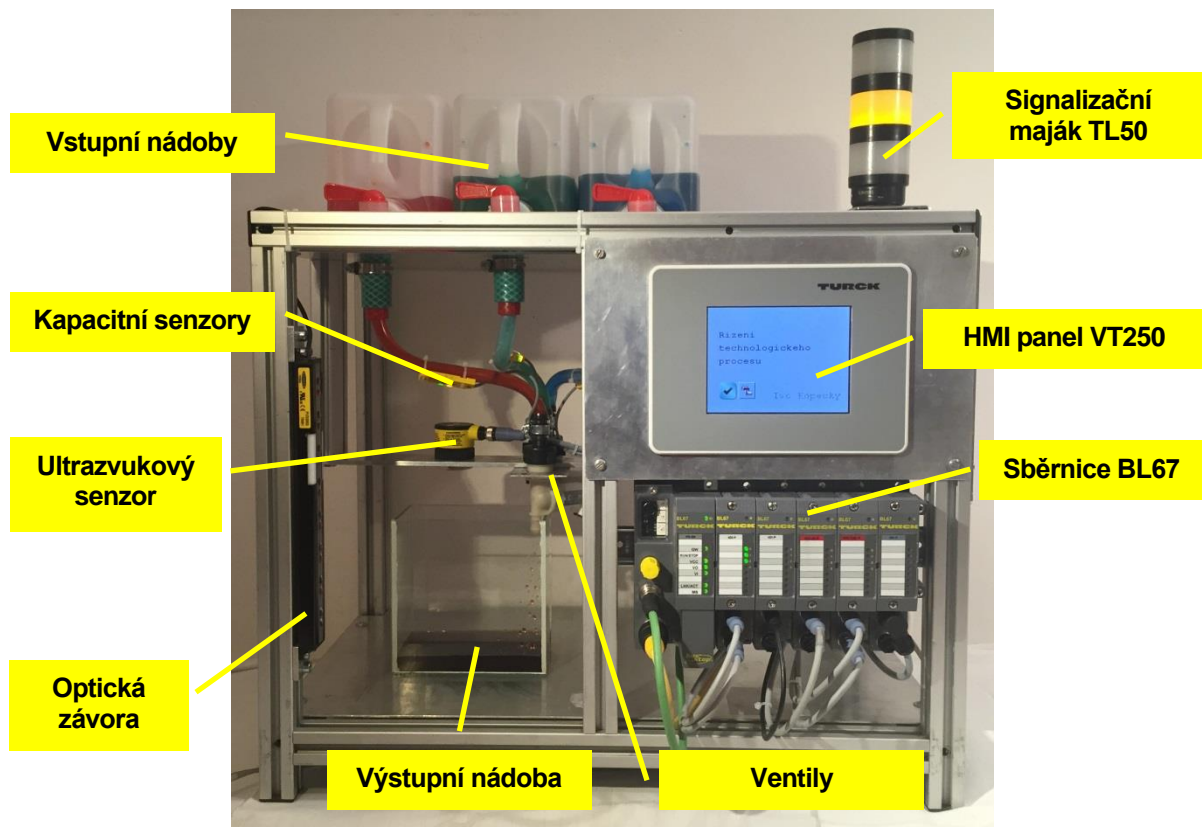
Pro hlídání výšky hladiny ve výstupní nádobě byl vybrán ultrazvukový snímač typu T30UXUAQ8 [10]. Výrobce tohoto snímače je americká společnost Banner Engineering, kterou v České Republice zastupuje společnost Turck, s.r.o. [2], které zapůjčila i ostatní produkty. Výhodou ultrazvukového snímače je analogový výstup, který je pro mou aplikaci nutností. Jeho analogový výstup je napěťový v rozmezí



0...10 VDC a snímač musí být připojen do kompatibilního modulu na sběrnice. Konkrétně analogového modulu pro napěťové signály (viz kap. 3.4.). Další klíčovou vlastností je jeho přesnost. Výrobce udává 1 mm. Taková přesnost by měla být pro mou aplikaci dostačující. Více odhalí reálné vyzkoušení v následujících kapitolách.

Nevýhodou snímače je 100mm mrtvá zóna a poměrně široký vyzařovací kužel. V aplikaci je snímač umístěn ve výšce 20 cm. Takové vzdálenosti dle katalogového listu v příloze, odpovídá vyzařovací kužel ± 4 cm. Když se od této výšky odečte mrtvá zóna a zváží vyzařovací kužel, dojde se k limitujícímu faktoru pro použití nádoby a výšky snímání hladiny. Konkrétně hladina může být ve výšce maximálně 10 cm a průměr nádoby v místě snímání hladiny minimálně 8 cm.

3.6. Skutečný výrobek



Obr. 10: Výrobek - čelní pohled



Obr. 11: Výrobek – detail ventilů

Skutečný výrobek má rozměry 50 x 60 x 42 cm (V x Š x H). Je tvořen z hliníkových materiálů, jako jsou hliníkové podpěry a plechy. Celková váha zařízení bez kapalin je přibližně 15 kg.

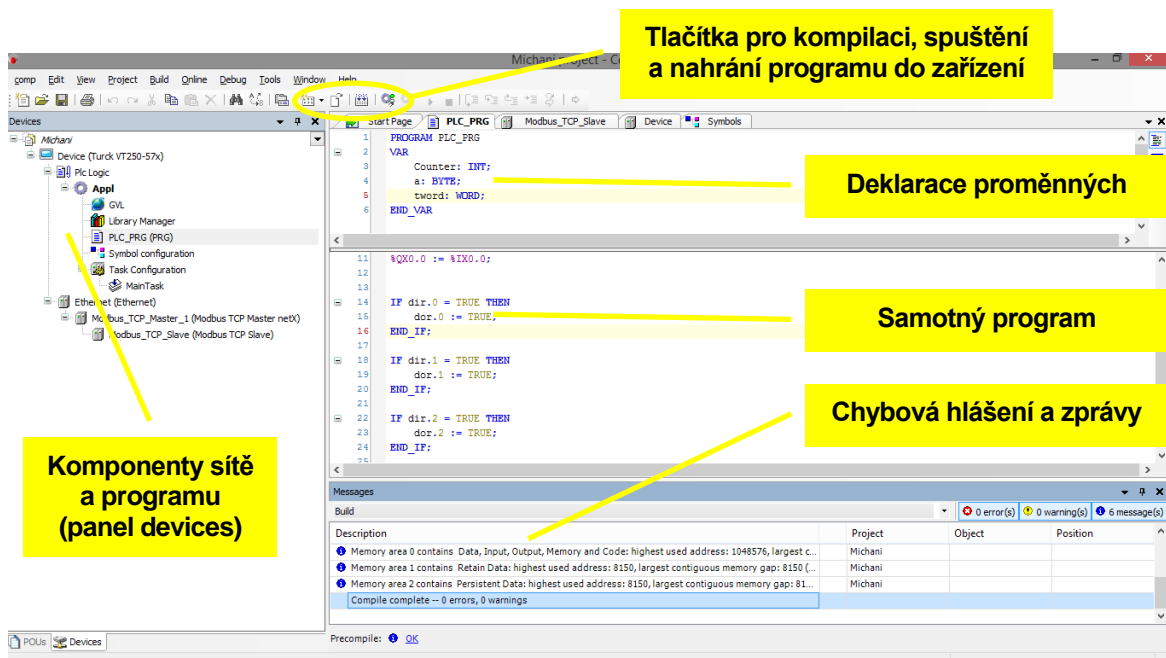


4. PROGRAMOVÁNÍ

HMI panel VT250 byl programován pomocí programovacího prostředí CoDeSys [1] verze 3.5.1. Sběrnice byla nakonfigurována jako neprogramovatelná a nebylo nutné psát druhý program. Programování probíhalo dle uživatelských manuálů jednotlivých produktů [11], [12], [13]. Programování bylo zvoleno formou strukturovaného textu. Pro vizualizaci byl použit vizualizační software QViS.

4.1. Prostředí CoDeSys

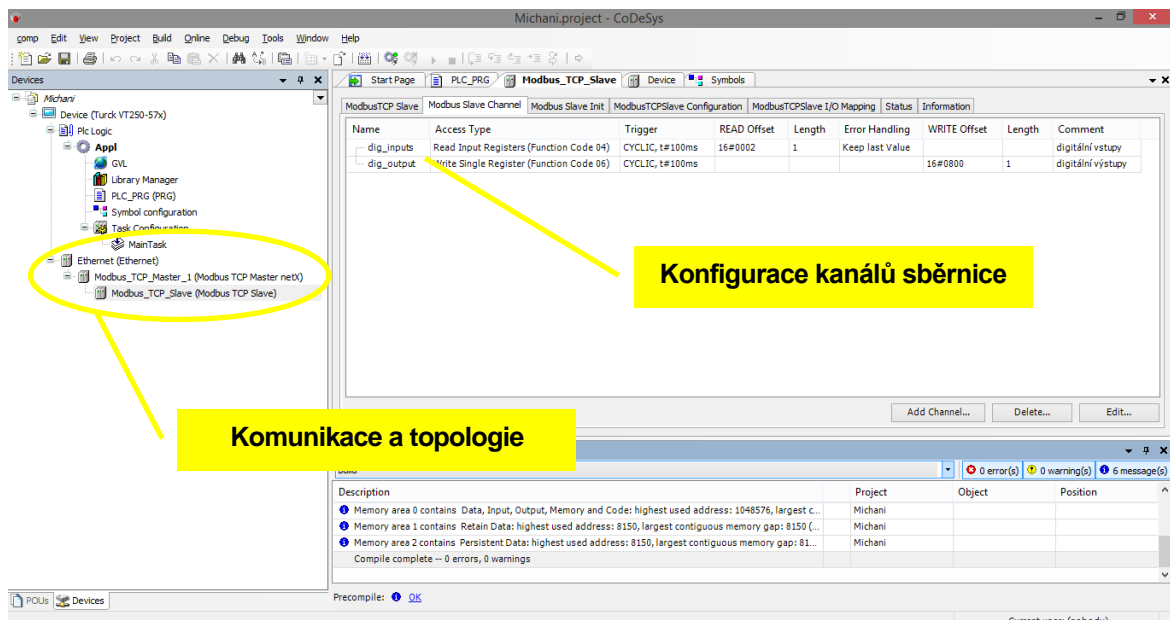
Programovací prostředí znázorňuje Obr. 12. Prostředí lze jednoduše přizpůsobit na míru programátora, neboť části programovacího prostředí využívají plovoucí rozložení. Nejdůležitějšími částmi je stromové zobrazení (panel „devices“) používaných prvků v síti a dalších komponent, tlačítka pro kompilaci, spuštění a nahrání programu do zařízení, deklarace proměnných, tělo programu a chybová hlášení a zprávy. Na panelu „devices“ je vidět i funkčnost komunikace, při spuštěném programu, správnou funkci znázorňují kruhové zelené šipky, špatnou funkci červený trojúhelník.



Obr. 12: CoDeSys - vývojové prostředí



Pro správnou funkci komunikace je potřeba nakonfigurovat síť a její jednotlivé prvky. V procesu je využívána síť Ethernet s komunikačním protokolem Modbus TCP. V síti jsou umístěné dva prvky (viz. Obr. 13), Modbus TCP Master netX, který reprezentuje master funkci HMI panelu VT250 a Modbus TCP Slave udává sběrnici. Sběrnici je potřeba pro správnou komunikaci nakonfigurovat kanály. Důležitým parametrem je typ přístupu kanálu a především READ/WRITE offset, který reprezentuje jedinečný identifikátor registru daného kanálu. Offset nalezneme v reportu konfigurace získaného z konfiguračního software PACTware viz Obr. 14.



Obr. 13: CoDeSys - konfigurace kanálů sběrnice



6.2. I/O map for input data

Register		Bit position															
Hex	Dec	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x0000	0000	05.15	05.14	05.13	05.12	05.11	05.10	05.09	05.08	05.07	05.06	05.05	05.04	05.03	05.02	05.01	05.00
0x0001	0001	05.31	05.30	05.29	05.28	05.27	05.26	05.25	05.24	05.23	05.22	05.21	05.20	05.19	05.18	05.17	05.16
0x0002	0002	-	-	-	-	-	-	-	-	02.03	02.02	02.01	02.00	01.03	01.02	01.01	01.00
*0x0003	0003	GW.15	GW.14	GW.13	GW.12	GW.11	GW.10	GW.09	GW.08	GW.07	GW.06	GW.05	GW.04	GW.03	GW.02	GW.01	GW.00
**0x0004	0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M04	M03	M02	M01	M00

Description: 1.Column=Register address, n. Column=Modul number.bitposition

*) GW: gateway status-/diagnostics bits

** M: module diagnostics (1 bit for each module)

Process input data: 5 Words

6.3. I/O map for output data

Register		Bit position															
Hex	Dec	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x0800	2048	-	-	-	-	-	-	-	-	04.03	04.02	04.01	04.00	03.03	03.02	03.01	03.00

Description: 1.Column=Register address, n. Column=Modul number.bitposition

Process output data: 1 Word

Obr. 14: Report konfigurace sběrnice

Po konfiguraci kanálů lze namapovat jednotlivé bity (Obr. 15), či celé kanály vlastními proměnnými. To usnadňuje práci při programování a především při vizualizaci. Alternativním řešením je použití místo vlastní proměnné přímou adresaci bitů (například %IW0.0).

The screenshot shows the 'ModbusTCP Slave I/O Mapping' window in CoDeSys. The 'Channels' tab is active, displaying a table of variables and their mappings. A yellow box labeled 'Mapování proměnných' points to the 'Mapping' column. A yellow arrow points to the mapping options for the 'dir' variable, which is currently mapped to 'dir'. The table lists variables like 'dir', 'dig_Inputs', and 'Bit0' through 'Bit15' with their respective addresses and types.

Variable	Mapping	Channel	Address	Type	Default Value	Unit	Description
dir	dir	dig_Inputs	%IW0	ARRAY [0..0] OF WORD			Read Holding Registers
dig_Inputs[0]		dig_Inputs[0]	%IW0	WORD			READ 16#0002 (=0000...
Bit0		Bit0	%D0.0	BOOL	FALSE		
Bit1		Bit1	%D0.1	BOOL	FALSE		
Bit2		Bit2	%D0.2	BOOL	FALSE		
Bit3		Bit3	%D0.3	BOOL	FALSE		
Bit4		Bit4	%D0.4	BOOL	FALSE		
Bit5		Bit5	%D0.5	BOOL	FALSE		
Bit6		Bit6	%D0.6	BOOL	FALSE		
Bit7		Bit7	%D0.7	BOOL	FALSE		
Bit8		Bit8	%D0.8	BOOL	FALSE		
Bit9		Bit9	%D0.9	BOOL	FALSE		
Bit10		Bit10	%D0.10	BOOL	FALSE		
Bit11		Bit11	%D0.11	BOOL	FALSE		
Bit12		Bit12	%D0.12	BOOL	FALSE		
Bit13		Bit13	%D0.13	BOOL	FALSE		
Bit14		Bit14	%D0.14	BOOL	FALSE		
Bit15		Bit15	%D0.15	BOOL	FALSE		

Obr. 15: CoDeSys - mapování proměnných



4.2. Program

Kompletní program je rozdělen do tří celků. Hlavním programem je PLC_PRG (vývojový diagram viz Obr. 16 a Obr. 17 a kód programu viz kap. 9.1.1), který obstarává veškeré matematické výpočty, provádí inicializaci hlavních proměnných s nastavením jejich počátečních parametrů. Mimo to se stará o část proměnných definovaných především kvůli vizualizaci (např. „vizual_potrubi“ – určování, zda na obrazovce poteče červená, zelená, modrá kapalina nebo v potrubí není přítomen tok kapaliny). Některé proměnné slouží pro hlášení chyb uživateli. Takovou proměnnou může být „konc_OK“, která informuje obsluhu, pokud zadá součtovou koncentraci, která není rovna 100 % a také znemožní spuštění automatického míchání.

Z hlavního programu jsou volány dva podprogramy. První konkrétně START_PRG (vývojový diagram viz Obr. 18 a kód programu viz kap. 9.1.2) pro spuštění automatického míchání. Tento program obstará celý proces míchání autonomně. Od referenční hladiny (lze měnit v nastavení, obrazovka parametry) postupně pouští ventily pro červenou, zelenou a modrou kapalinu. Analogový signál je porovnáván s vypočítanou hodnotou jednotlivých hladin a na těchto hladinách přepíná jednotlivé ventily. V případě narušení pracovního prostoru, nebo pokud dojde vstupní kapalina, proces se přerušuje a na obrazovce procesu (Obr. 27) se objeví chybové hlášení. Stejně chybové hlášení se zobrazí před spuštěním programu automatického míchání a zabrání jeho spuštění.

Druhým podprogramem je program určený pro manuální řízení, program MANUAL_PRG (vývojový diagram viz Obr. 19 a kód programu viz kap. 9.1.3). Hlavní funkcí tohoto programu je možnost ručního napouštění a spínání jednotlivých ventilů. Vedlejší funkcí je ověření, zda jednotlivé prvky systému fungují. Ověřit lze červenou signalizaci, při otevření ventilu; zelenou, při spuštění programu; analogovou hodnotu nebo zkontrolovat stavy jednotlivých prvků, protože je umožněn pohyb v menu.

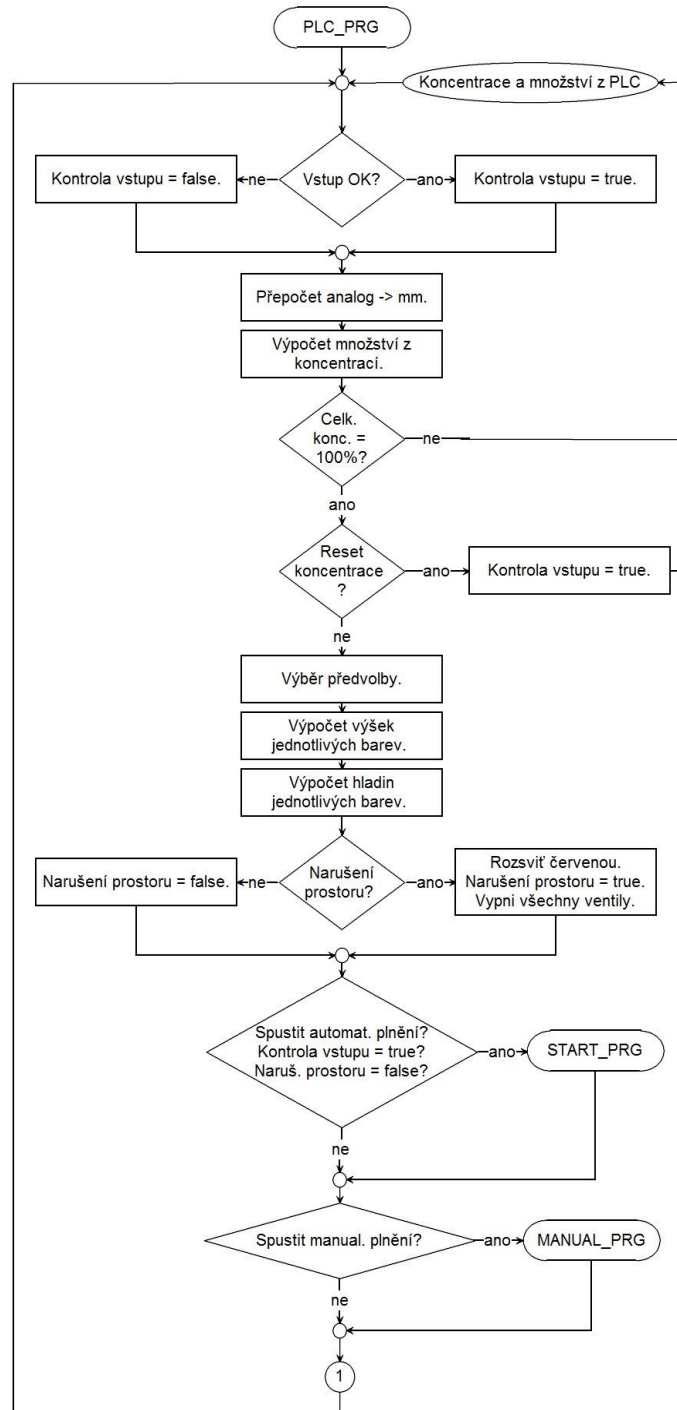
Proměnné, které nejsou viditelné ve výpisu proměnných v hlavičkách programů nebo v globálních proměnných (kap. 9.1.4), jsou přímo mapované (viz kap. 4.1,



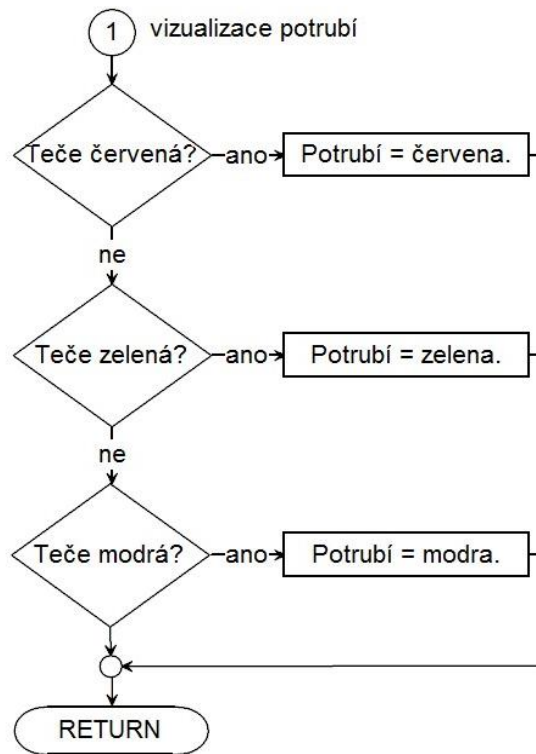
Obr. 15) na jednotlivé vstupy nebo výstupy sběrnice. Příkladem jsou: „di_red“, „do_red“ nebo „t150_red“ apod.



4.2.1. Hlavní program



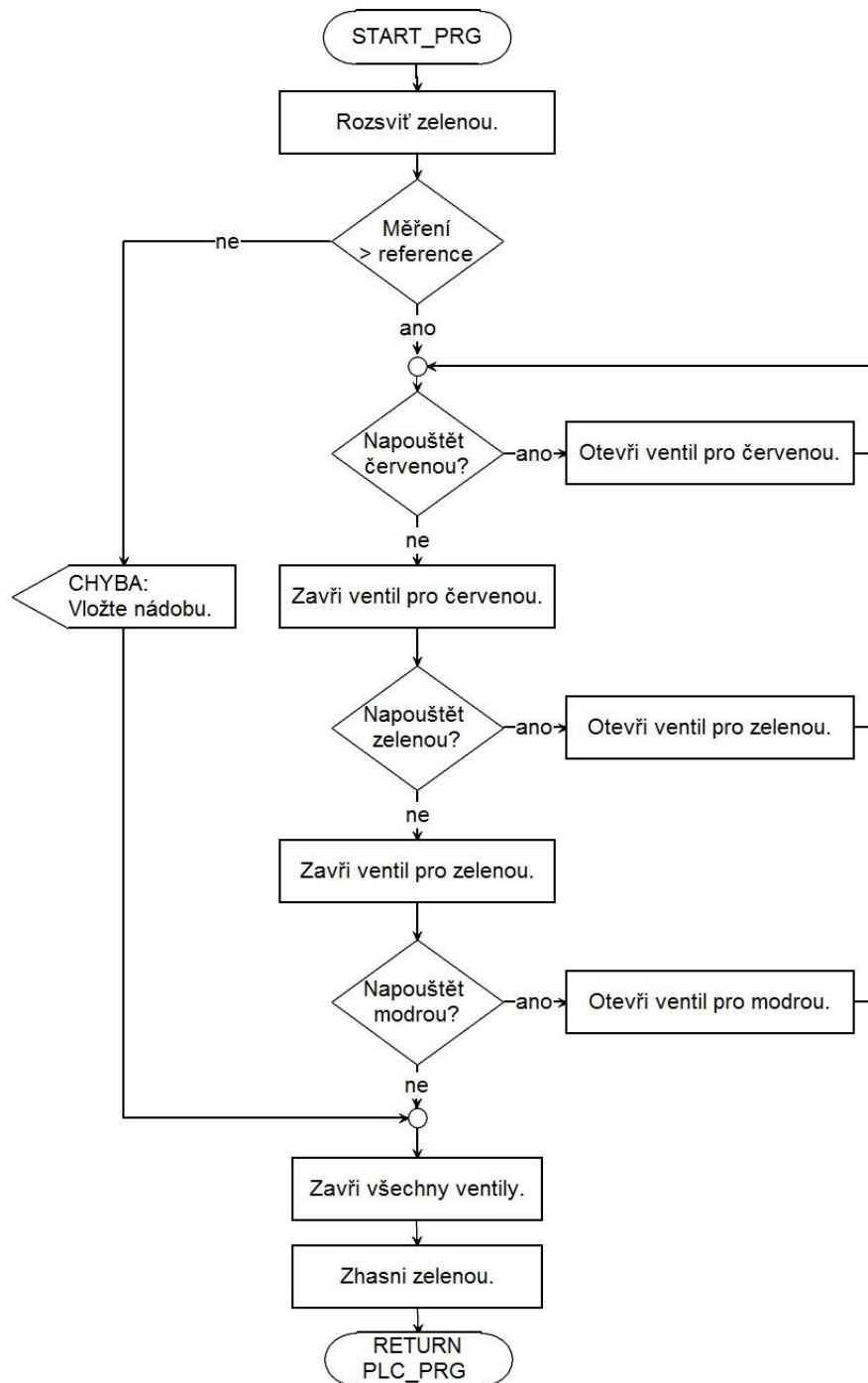
Obr. 16: Vývojový diagram hlavního programu



Obr. 17: Vývojový diagram - vizualizace potrubí



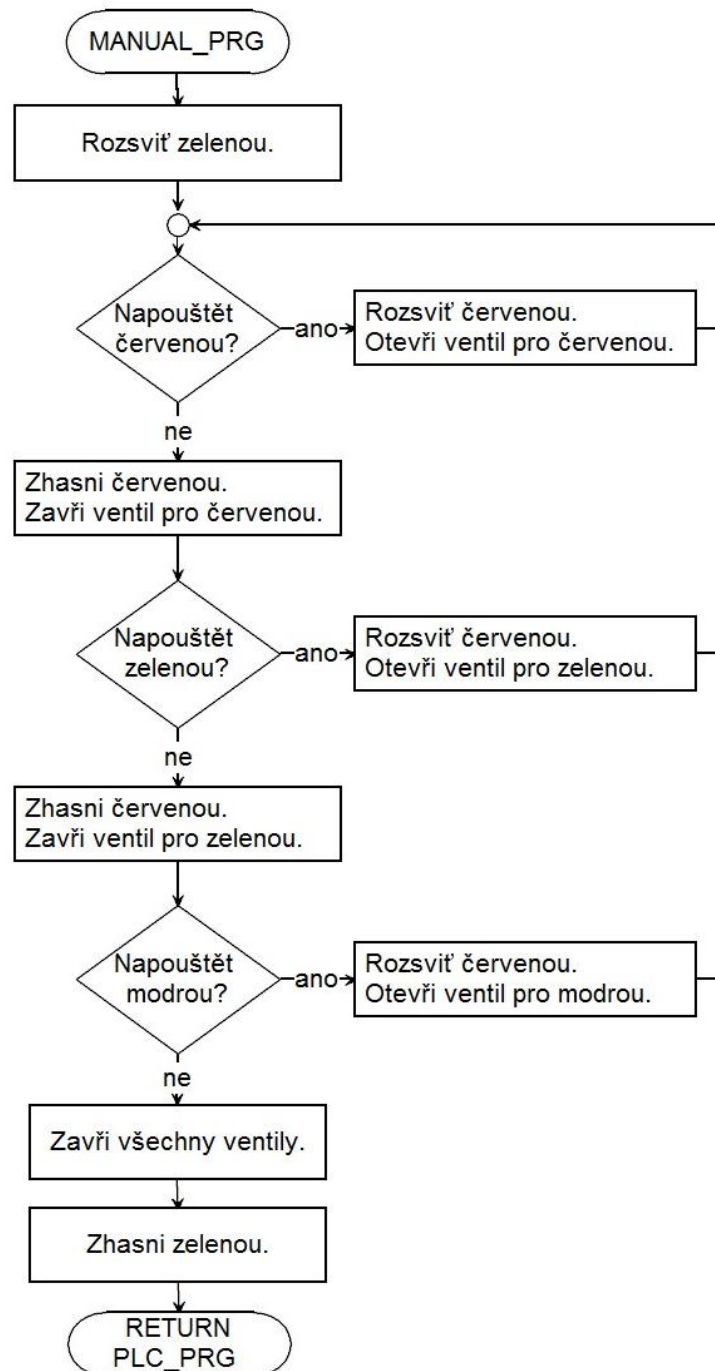
4.2.2. Automatické míchání



Obr. 18: Vývojový diagram automatického míchání



4.2.3. Manuální řízení

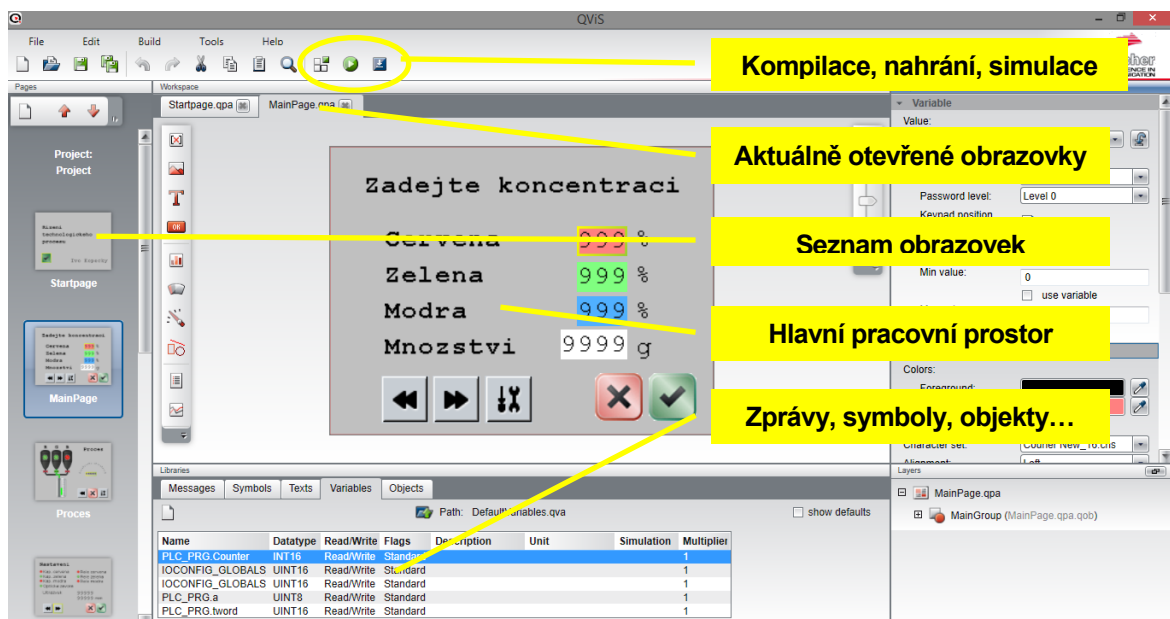


Obr. 19: Vývojový diagram manuálního řízení



4.3. Vizualizační prostředí QViS

Vizualizační software QViS poskytuje snadné a rychlé vytvoření požadovaných obrazovek, zobrazovaných při spuštění programu na HMI panelu. Základní rozložení vizualizačního prostředí a základní prvky zobrazuje Obr. 20.



Obr. 20: QViS - základní prvky

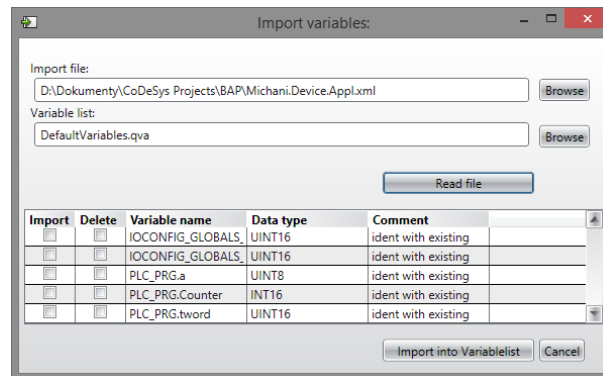
QViS umí pracovat s proměnnými vytvořenými programem CoDeSys [1] a zahrnout je do vizualizace. Seznam proměnných se vytvoří ve formátu .xml společně při kompilaci programu. Postup importu proměnných je následující:

Nástroje (*Tools*) → Import proměnných (*Import variables...*) →
→ Vyhledat (*Browse*) → Náhled (*Read file*) → Výběr proměnných →
→ Importovat (*Import into Variablelist*)

Obr. 21 zobrazuje vyvolanou nabídku při importu proměnných. Není potřeba QViS zahrnovat všemi proměnnými, ale pouze vybrat užitečné pro vizualizaci. Při změně programu v CoDeSys [1] stačí znovu naimportovat .xml soubor a QViS pozná změny, zda nějaké proměnné byly smazány nebo přidány a nabídne aktualizaci

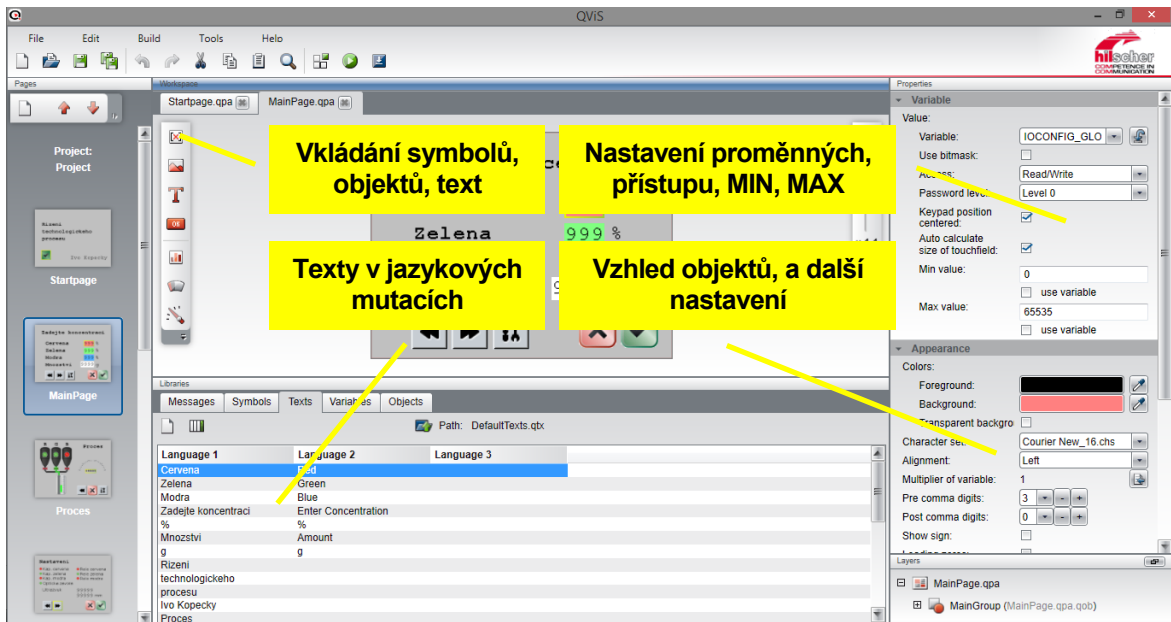


seznamu proměnných. Nevýhodou je možná, že CoDeSys a QViS nejsou ještě více spřažené, tak aby se aktualizace seznamu proměnných prováděla automaticky. Aktualizaci je nutné vždy vyvolat manuálně.



Obr. 21: QViS - import proměnných

Při tvorbě a nastavení jednotlivých grafických prvků a hodnot slouží parametry části vývojového prostředí znázorněné na Obr. 22. Výhodou je vícejazyčná mutace veškerých textů definovaná přímo při vkládání textových polí. Texty nemohou obsahovat diakritiku.

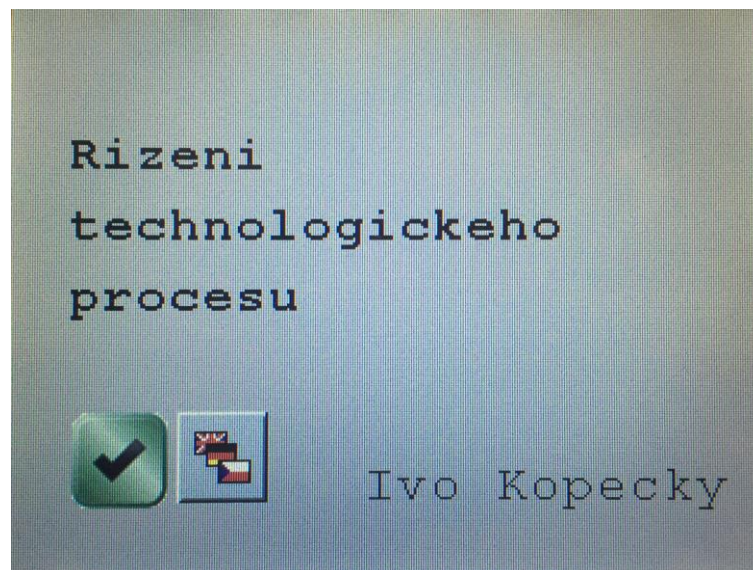


Obr. 22: QViS – tvorba a nastavení

4.4. Systémové obrazovky

Celé vizuální prostředí nabízí tři jazykové mutace. Konkrétně se jedná o českou, anglickou a německou mutaci. Změna mutace je možná tlačítkem s vlajkami, které je dostupné z jakékoliv obrazovky.

Proces míchání využívá několik následujících obrazovek. Úvodní obrazovka na Obr. 23 slouží pouze jako informativní s názvem a autorem. Po kliknutí na zelené tlačítko se objeví obrazovka pro zadání vstupních parametrů (Obr. 24).

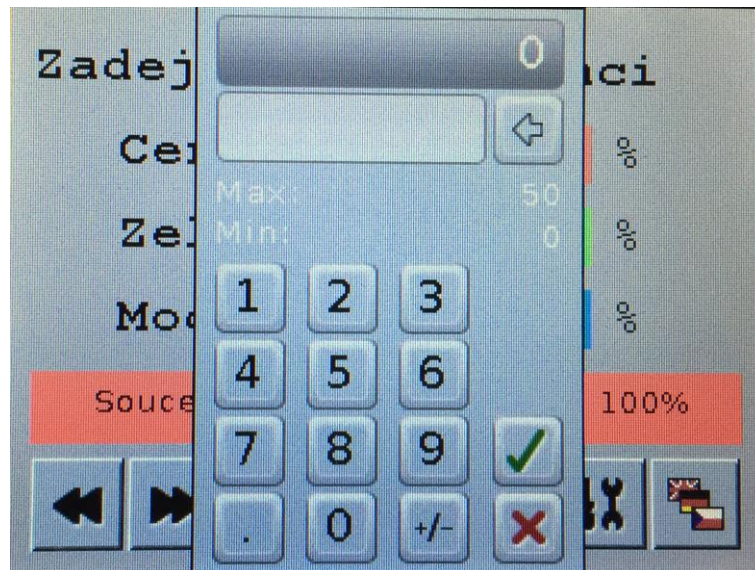


Obr. 23: Úvodní obrazovka



Obr. 24: Obrazovka pro zadání vstupních parametrů

Kliknutím na barevný rámeček příslušné barvy se vyvolá okno s klávesnicí pro zadání koncentrace příslušné barvy v procentech nebo množství v mililitrech. Toto okno znázorňuje Obr. 25 a kromě zadání hodnoty uživatel vidí předchozí hodnotu i minimální a maximální hodnotu, kterou může zadat. Potvrzovací tlačítko vrací na předchozí obrazovku. Tlačítko s koštětem nuluje koncentrace.



Obr. 25: Obrazovka vkládání hodnot

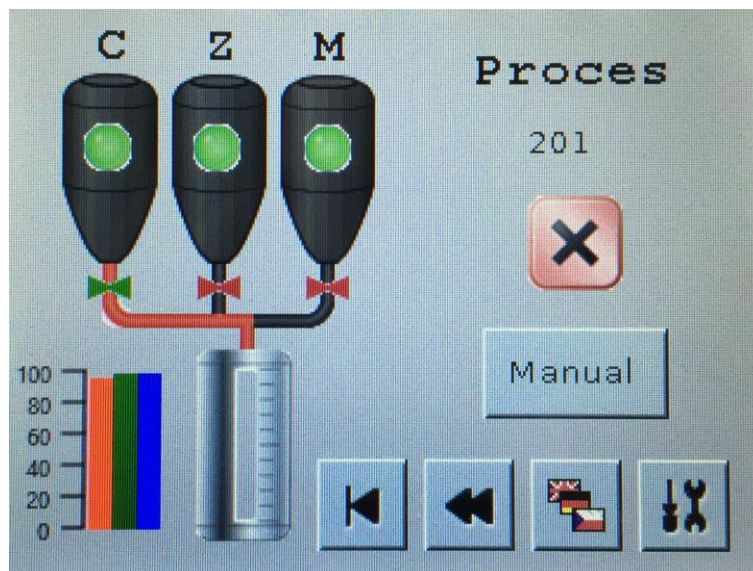
Kromě ručního zadání jednotlivých koncentrací lze využít obrazovky pro přímé zadání programově předvolené barvy (Obr. 26). Tuto obrazovku lze vyvolat stisknutím tlačítka paletky na obrazovce pro zadání vstupních parametrů (Obr. 24).



Obr. 26: Obrazovka předvoleb

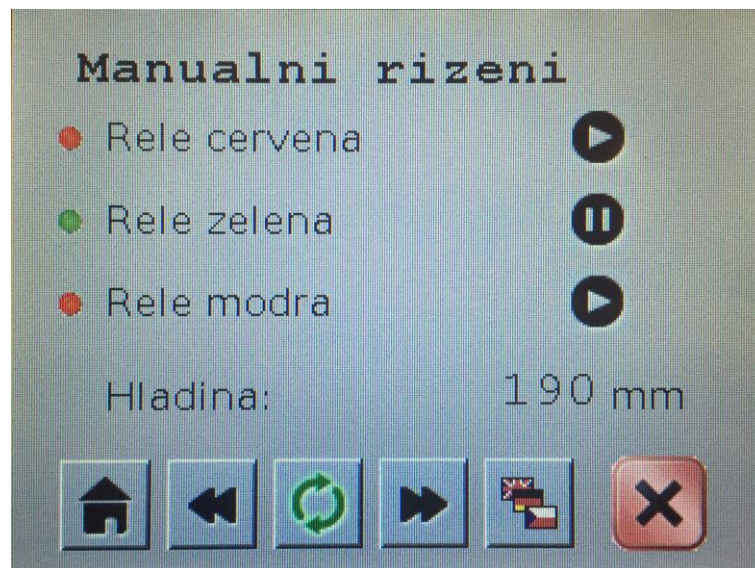


Tlačítko potvrzení nebo dvojitá šipka vpravo slouží pro posunutí na obrazovku znázornění procesu (Obr. 27). Tato obrazovka obsahuje několik dynamických prvků. Indikační prvky na nádobě zobrazují stav vstupní kapaliny. Pokud indikátor svítí červeně, příslušná vstupní kapalina došla nebo není dostupná. V takovém případě nebude proces plnění vůbec spuštěn. Červené a zelené ventily informují o stavu ventilu (červená – uzavřen, zelená – otevřen). Vždy může být otevřený pouze jeden ventil. Obdobnou funkci má i dynamický prvek potrubí, který graficky zobrazuje právě protékající kapalinu do výstupní nádoby. Červené tlačítko přerušuje míchání.



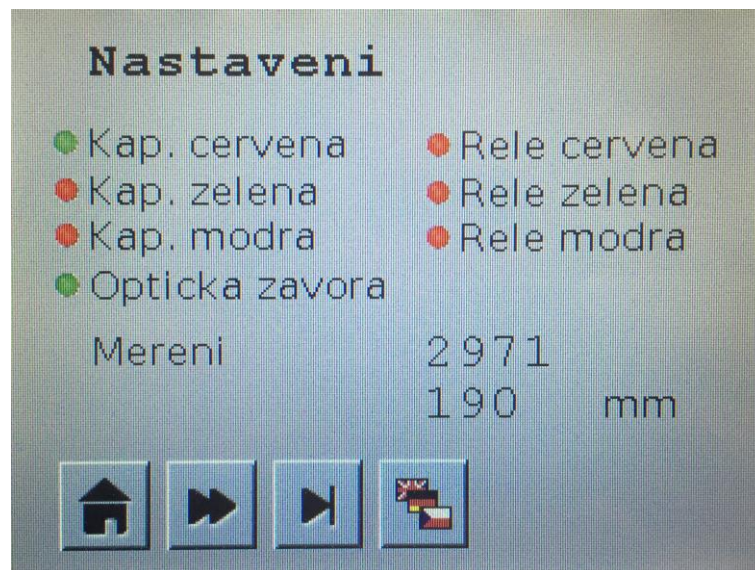
Obr. 27: Obrazovka znázornění procesu

Tlačítkem „Manual“ lze vyvolat obrazovku, ze které je možné spustit manuální řízení. Tuto obrazovku představuje Obr. 28. Zpočátku nejsou vidět tlačítka „play“. Pro zobrazení je potřeba kliknout na zelené tlačítko v místě červeného křížku na obrázku Obr. 28. Tímto krokem se aktivuje proces manuálního řízení, objeví se ovládací tlačítka a je možné ručně otevírat jednotlivé ventily. Pro ukončení režimu manuálního řízení stačí stisknout červený křížek.



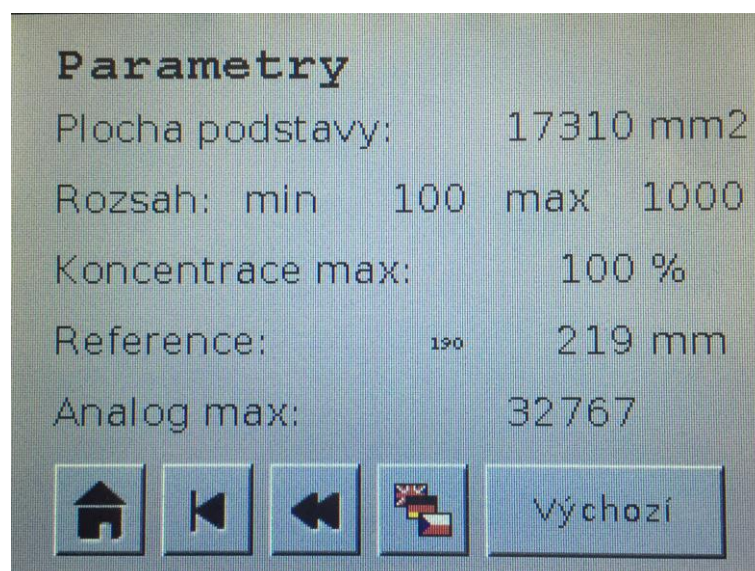
Obr. 28: Obrazovka manuálního řízení

Na některých obrazovkách se objevuje tlačítko nastavení (tlačítko se šroubovákem a klíčem), které vyvolá obrazovku nastavení (Obr. 29). Na této obrazovce jsou dynamickými indikátory znázorněny stavy všech prvků. Zelený indikátor udává roze-pnutý stav, červený sepnutý. Také jsou zobrazeny měřené hodnoty analogovým sní-mačem. Nabídka nastavení se skládá celkem ze tří obrazovek: Nastavení (Obr. 29), manuální řízení (Obr. 28) a parametry (Obr. 30).



Obr. 29: Obrazovka nastavení

Obrazovka parametry (Obr. 30) zobrazuje stěžejní nastavení, podle kterých se vypočítává měřená výška. Takovým parametrem je například plocha podstavy, minimální a maximální rozsah snímače nebo výška referenční, vůči které je vztažený odečet potřebných hladin jednotlivých barev. Mimo to určuje, zda je přítomna nádoba.



Obr. 30: Obrazovka parametry



Některé obrazovky zobrazují i chybové prvky, které v případě potřeby vyskočí a zablokují některé prvky. Například obrazovka pro zadání vstupních parametrů (Obr. 31), kde se zobrazí hlášení, že součet koncentrací není roven 100% a nedovolí spustit proces automatického míchání.



Obr. 31: Chybové hlášení

Tlačítko s domečkem vždy vrací na základní obrazovku, kterou je obrazovka pro zadání vstupních parametrů. Šipky vždy posunují obrazovky vpravo, vlevo, nebo nakonec a začátek aktuálního menu.



5. TESTOVÁNÍ

Zařízení bylo podrobena několika testování. Testováno bylo odčerpané množství a míchání různých koncentrací. Na odkazu [14] lze pozorovat funkci celého zařízení. Video je též na přiloženém CD.

5.1. Testování množství

Bylo provedeno testování se dvěma množstvími, konkrétně se jednalo o množství 100 ml a 500 ml.

Měření:	1	2	3	4	5
Množství:	88 ml	89 ml	88 ml	87 ml	89 ml

Tab. 5: Testování 100 ml

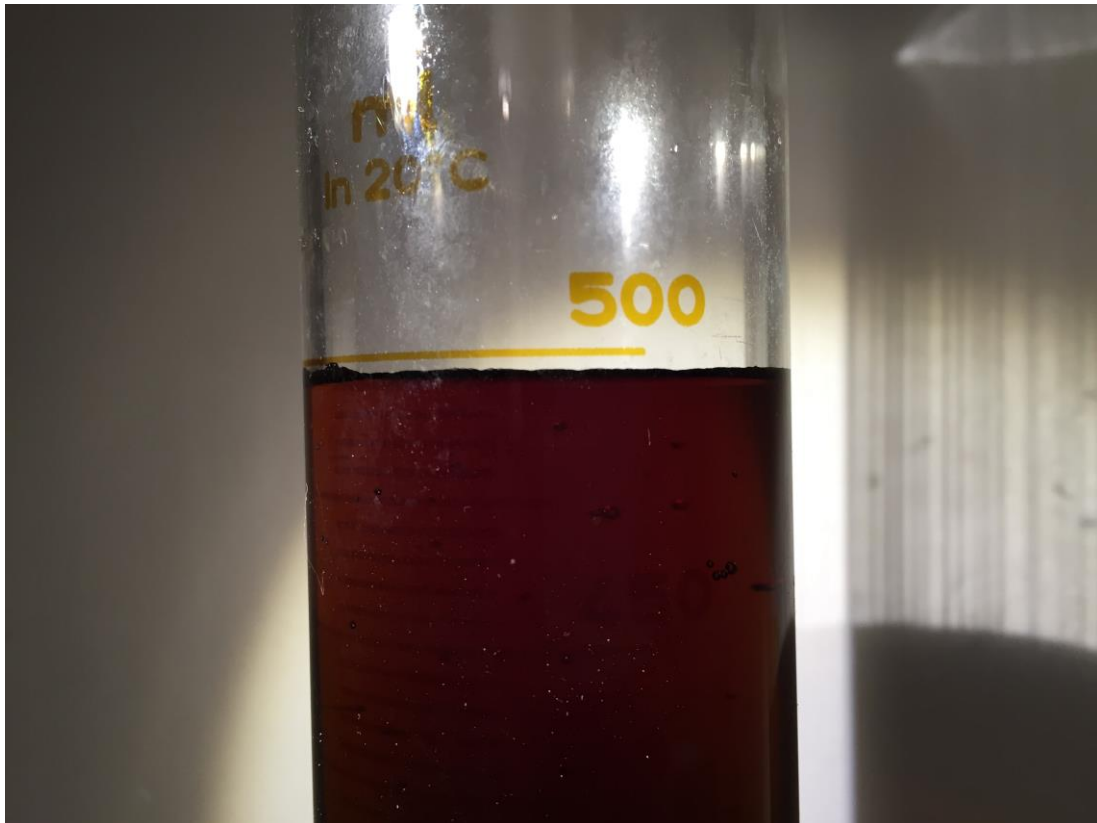


Obr. 32: Test 100ml množství



Měření:	1	2	3	4	5
Množství:	495 ml	490 ml	500 ml	490 ml	480 ml

Tab. 6: Testování 500 ml



Obr. 33: Test 500ml množství

Dle naměřených hodnot lze pozorovat chybu měření, která je při větším množství nižší než při menším. Tato chyba vyplývá z rozlišení ultrazvukového snímače, který dokáže rozeznat 1 mm. V případě 500ml množství se jedná o zanedbatelnou chybu, ale v případě 100 ml už nikoliv. Při měření v nádobě, které odpovídá plocha podstavy $11\,360\text{ mm}^2$, odpovídá 1 mm výšky množství:

$$V = v * S = 1 * 11\,360 = 11\,360\text{ mm}^3 = 11,4\text{ ml}$$



Takové množství znamená chybu více než 11 % pro měření 100 ml. Pro korekci chyby by bylo potřeba využít nádoby s menší plochou podstavy. Bohužel pro menší plochu podstavy by nebyla dodržena ochranná zóna okolo vyzařovacího kužele ultrazvukového senzoru a bylo ovlivněno měření. Další možností redukce chyby je měřit větší množství.

5.2. Testování koncentrací

Pro testování koncentrací byly zpočátku použity barvy červená, zelená a modrá. Míchání těchto tří barev vychází z RGB (Red Green Blue – červená, zelená, modrá) barevného prostoru (Obr. 34). Pro RGB prostor se vychází z rozsahu 0...255, který reprezentuje sytost dané barvy. V experimentu nemohu určovat sytost barvy, ale pouze teče/neteče. Teoreticky by to znamenalo, pokud smíchám dvě barvy, obě se sytostí 255, nastavím v mém případě koncentrace na 50 a 50% pro obě barvy. Pokud bych čerpal 3, už by se jednalo o procentuální vyjádření: 33 / 33 / 33 %

R	G	B	barva
0	0	0	černá
255	0	0	červená
0	255	0	zelená
0	0	255	modrá
255	255	0	žlutá
255	0	255	purpurová
0	255	255	azurová
255	255	255	bílá

Obr. 34: Základní RGB kombinace [15]

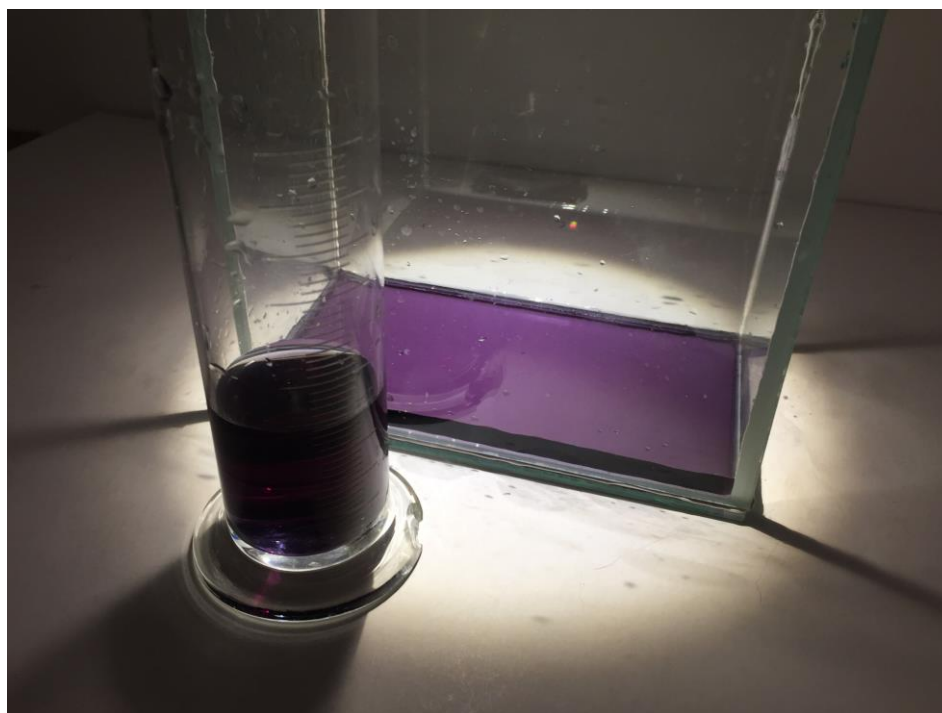


Obr. 35: RGB míchání nastavení 50 / 50 / 0

Dle Obr. 34 by se mělo v případě nastavení 50 / 50 / 0 jednat o žlutou barvu. Po reálném smíchání vyšla směs jasně hnědá (Obr. 35). Z toho vyplývá, že analogie se sytostí se nedá aplikovat na poměrné dělení.

Ovšem v případě nastavení 50 / 0 / 50, kdy se mělo jednat o purpurovou, vyšla směs ve správném odstínu (viz Obr. 36).

Dle míchaných směsí byly nastaveny předvolby na Tab. 7:



Obr. 36: RGB míchání nastavení 50 / 0 / 50

Předvolba	Červená	Zelená	Modrá
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	50	50	0
5	0	50	50
6	50	0	50
7	34	33	33
8	25	25	50
9	50	25	25

Tab. 7: Nastavené předvolby barev



Smíchané barvy nevycházely podle teoretických předpokladů, především pokud se přidávala zelená i modrá barvy, byla vždy výsledná barva velice tmavá, až černá. Po prostudování dalšího materiálu na webu společnosti, která se zabývá mícháním barev [16], byla provedena změna vstupních barev.

Zaměněna byla zelená barva za žlutou, protože se barvy míchají ze základních odstínů: modré, červené a žluté. K tónování se ještě používají bílá a černá. Tónování zvažováno nebude, protože zařízení obsahuje pouze 3 nádoby na tři vstupní barvy.

Základní míchání barev by tedy mělo odpovídat paletě barev na Obr. 37.



Obr. 37: Paleta barev [16]

Základní barvy, tj. modrá, červená a žlutá se nacházejí v prostředním mezikruží. Základními barvami se myslí tzv. nasycené barvy. Tyto barvy nelze získat mícháním z jiných barev. Další tři pole mezi základními barvami v prostředním mezikruží vzniknou smícháním těchto základních barev. Vnitřní mezikruží reprezentuje barvy vzniklé přidáním bílé. Vnější mezikruží vznikne přidáním černé.

Toto barevné rozložení odpovídá i barvám využívaných v tiskárnách, kde princip míchání barev na papíře funguje v podstatě totožně. Tiskárny používají barvy

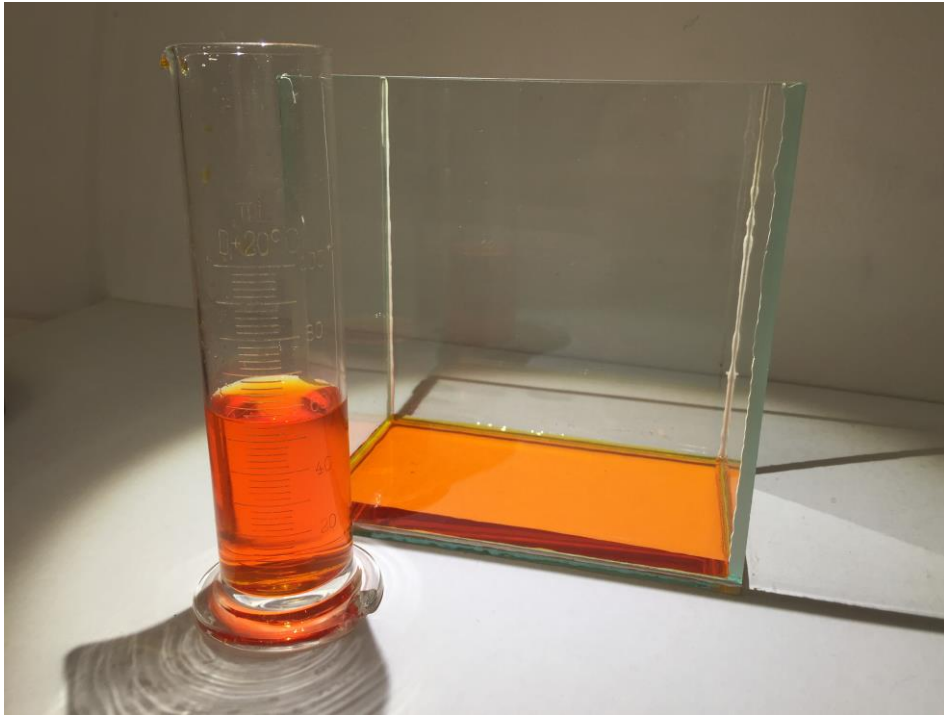


CMYK: Cyan (azurová), Magenta (purpurová), Yellow (žlutá) a Key (černá). Černá označována jako key proto, že se při soutisku CMYK barev barvy zarovnávají na klíčové značky, které jsou tištěny klasickou černou barvou.

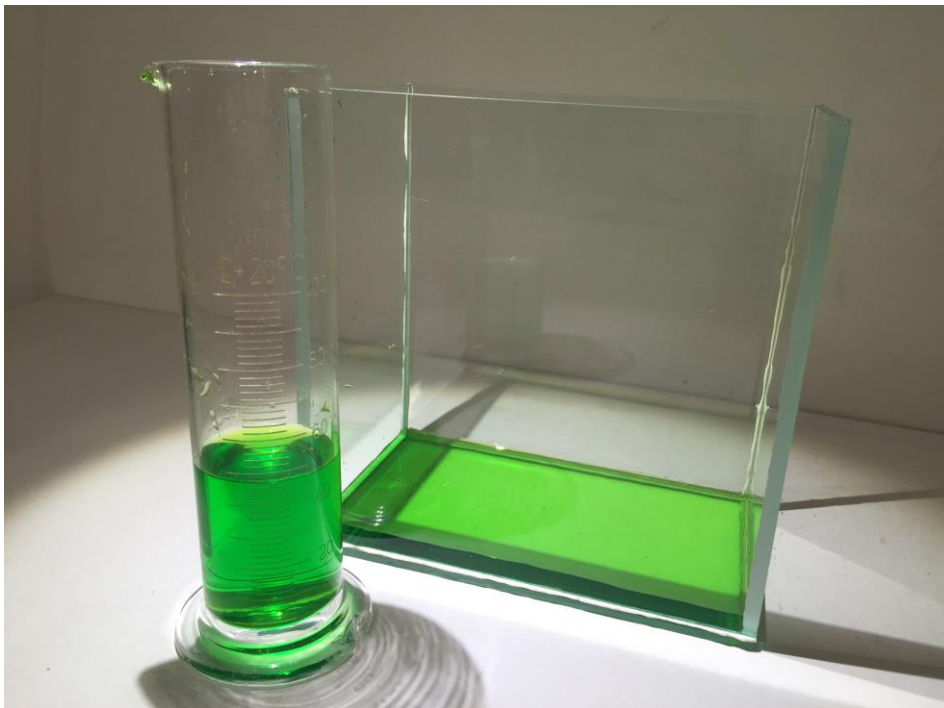
Dle palety barev na Obr. 37 bylo zvoleno nové nastavení míchání () a bylo provedeno nové míchání.

Předvolba	Červená	Žlutá	Modrá
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	50	50	0
5	0	50	50
6	50	0	50
7	34	33	33
8	25	25	50
9	50	25	25

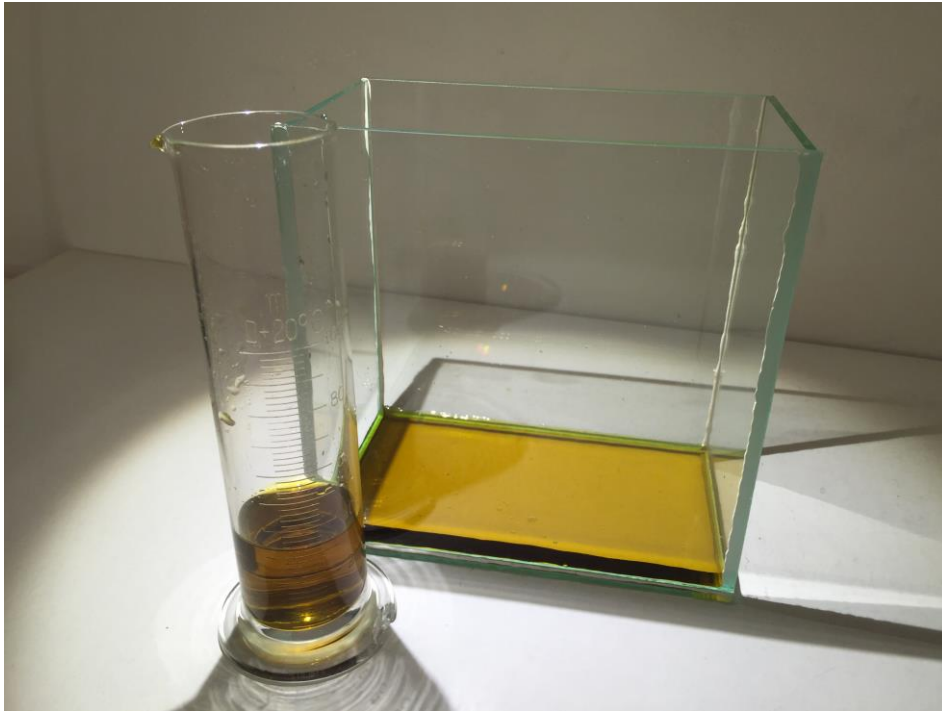
Tab. 8: Nové nastavení předvoleb



Obr. 38: RYB míchání nastavení 50 / 50 / 0



Obr. 39: RYB míchání nastavení 0 / 50 / 50



Obr. 40: RYB míchání nastavení 34 / 33 / 33

Více míchaných kombinací lze nalézt v příloze (kap. 9.2).

5.3. Návrh optimalizace

Realizované zařízení je prvním prototypem a nabízejí se mnohá vylepšení. V následujícím seznamu jsou některé z nich vyjmenovány:

- Použití ventilů s vyšším průtokem.
- Použití všech prvků, napájených pouze napětím 24 VDC.
- Použití prostorově méně náročných prvků, jako jsou ventily a sběrnice.
- Jiný princip hlídání napouštěného množství, například vážením, které by umožnilo napouštění do menší nádoby, když odpadne ochranná zóna vyzařovacího kužele ultrazvukového snímače.



- Hlídání hladiny vstupních nádob za cenu vyšších nákladů, ale s možností vypouštění všech tří kapalin najednou. Či pouze jako informace o aktuálním stavu vstupních látek.
- Rozšíření počtu použitých senzorů a aktorů.
- Použití snímače s vyšším rozlišením.
- Použití bezpečnostních prvků v případě míchání nebezpečných látek.
- Využití obrazovky s vyšším rozlišením, QVGA je přeci jen limitující pro vizualizace.
- Vzdálené řízení vyšším řídicím systémem.
- Využití vizualizace SCADA.
- Přidání zvukové signalizace.
- Dle požadavků procesu, doplnit systém o magnetickou míchačku pod výstupní nádobu. Míchání by bylo možné provádět ve stávající nádobě.
- V případě míchání barev s vyšší viskozitou by bylo nutné nahradit stávající nádobu nádobou s míchacími lopatkami a vlastním pohonem. S touto náhradou by souviselo nahradit i snímací princip, například vážením, nebo snímáním ve vstupních nádobách. Případně přidat nádrž s čistící látkou nebo látkou na ředění (snižování viskozity).
- Využit dopravníkového systému pro přepravu výstupních nádob.
- Hlídání umístění výstupní nádoby.
- Implementace řízení a regulace vyšší úrovně.



6. EKONOMICKÁ STUDIE

Zařízení pro míchání barev bylo složeno převážně z produktů využívajících se v průmyslu. Tomuto druhu odvětví též odpovídá i cena produktů, protože produkty musejí splňovat náročné podmínky průmyslového prostředí. Mezi takové podmínky patří stupeň krytí. Standardem tohoto prostředí je stupeň krytí minimálně IP67. V dnešní době je i toto krytí nedostatečné a prakticky všechny novinky mezi produkty splňují stupeň krytí až IP69K. Zařízení se stupněm krytí IP68K jsou vhodné do prostředí, kde se provádí vysokotlaké čištění.

V následující tabulce (Tab. 9) naleznete přehled a cenu všech produktů od společnosti Turck a Banner, které byly použity v zařízení. Cena vychází z cenové nabídky na přiloženém CD.

Typ	Popis	Ks	Cena
VT250-57P-L7-DPM	HMI panel s PLC funkcí	1	18 070 Kč
BL67-PG-EN	Gateway programovatelná, Modbus TCP	1	12 844 Kč
BL67-4DI-P	Modul 4x digitální vstup	2	2 012 Kč
BL67-4DO-2A-P	Modul 4x digitální výstup, 2A	1	1 777 Kč
BL67-4DO-0,5A-P	Modul 4x digitální výstup, 0,5A	1	1 488 Kč
BL67-2AI-V	Modul 2x analogový vstup, napěťový	1	4 390 Kč
BL67-B-2M12	Základní modul pro přídatné moduly	5	5 465 Kč
T30UXUAQ8	Ultrazvukový senzor, analogový	1	7 396 Kč
BC10-QF5,5-AP6X2	Kapacitní senzor, nastavitelná citlivost	3	6 477 Kč
PVD225Q	Světelný závěs	1	8 150 Kč
TL50GYRQ	Světelný maják, 3 barvy	1	2 408 Kč
IM82-24-5,0	Napájecí zdroj 24 VDC / 5 A	1	1 192 Kč
RKC4.4T-2-RSC4.4T/TXL	Kabel propojovací, 4pin, M12, 2 m	1	281 Kč



RKC4.4R-2/TXL	Kabel připoj., 4pin, M12, zásuvka, 2 m	5	965 Kč
RKM50-2M	Napájecí kabel, 5pin, zásuvka 7/8" (BL67)	1	665 Kč
RSSD-RK45-441-2M/S2174	Ethernet kabel, RJ45-M12 zástrčka, 2 m	1	1 335 Kč
SMB30A	Montážní úchytka	1	192 Kč
SUMA			75 107 Kč

Tab. 9: Ceny produktů společnosti Turck a Banner

Tabulka (Tab. 10) znázorňuje cenu ostatních produktů použitých při zpracování bakalářské práce.

Popis	Ks	Cena
Jednocestný pračkový centil	3	297 Kč
Síťový napájecí kabel s vidlicí	1	99 Kč
Hliníkové profily Rexroth 30 x 30 mm, celkem 7 m, + příslušenství		2 950 Kč
Plastový kanystr s kohoutem	3	375 Kč
Hadice 14 x 10 mm, 1,5 m		150 Kč
Ostatní montážní a spojovací materiál		600 Kč
SUMA		4 471 Kč

Tab. 10: Ceny ostatních produktů, konstrukce a montážního příslušenství

Ze součtu tabulek Tab. 9 a Tab. 10 vyplývají celkové náklady na sestavený produkt. Tyto náklady činí celkem 79 578 Kč.

V případě uvedení zařízení na trh, by se musela započítat ještě práce a celý stroj by tedy bezmála přišel na 100 tisíc Kč. Tato cena je odpovídající, vzhledem k použitým produktům. Samozřejmě by se dala snížit, použitím produktů, které podléhají



například nižšímu krytí. Takovým produktem může být například sběrnice BL20, která podléhá krytí pouze IP20, ale v její prospěch hraje několikanásobně nižší cena než u sběrnice BL67 a také její malé rozměry. Více na stránkách společnosti Turck [2].

Cena zařízení by se dala i zvýšit, kdyby potenciální zákazník měl vyšší nároky na bezpečnost, či by chtěl pracovat s žíravými látkami. Takové řešení by se neobešlo bez produktů splňujících náročné bezpečnostní standardy, jako jsou bezpečnostní závory, tlačítka centrálního stop apod. Náklady by se také zvýšily na použité ventily, už by nebylo možné použít pračkové ventily, které jsou tvořeny celé z plastu a neobsahují kryté svorky pro připojení napájení. Ventily by musely být z nerezové oceli a s krytou svorkovnicí. Takové ventily se pohybují v řádu desítek tisíc korun.



7. ZÁVĚR

V první části bakalářské práce je provedeno stručné shrnutí produktů spadajících do odvětví průmyslové automatizace. Podrobnější popis některých jejich vlastností, včetně jejich možností využití. Díky těmto teoretickým předpokladům a vlastnostem byly vybrány konkrétní produkty pro použití na demonstračním zařízení. Uvažováno bylo několik řešení. Vybráno bylo cenově nejméně náročné.

Další kapitolou bakalářské práce je kapitola realizace. Ta obsahuje a vysvětluje schéma zapojení, konkrétní produkty a jejich skladbu a funkci. V této části také nalezneme reálnou fotografii zařízení včetně detailního zobrazení napouštěcí části s ventily a ultrazvukovým snímačem.

Popis programovacího prostředí včetně části věnované prostředí pro vytvoření vizualizace lze nelézt v části programování. Tato část popisuje základní ovládací prvky těchto dvou prostředí. Včetně prvotní konfigurace stěžejních prvků, jako je vytvoření síťové struktury, vytvoření a mapování jednotlivých kanálů sběrnice a nastavení komunikačního protokolu. Vývojové diagramy jednotlivých funkcí programu a podprogramu jsou též součástí kapitoly programování. Doplňujícím blokem této kapitoly jsou obrázky reálně spuštěné vizualizace na HMI panelu včetně jejich popisu.

Kapitola věnovaná testování je další v pořadí. První část této kapitoly obsahuje tabulky naměřených hodnot pro různá měřená množství a vysvětluje vzniklou chybu. Tato chyba je bezesporu vzniklá rozlišením snímače a použité výstupní nádoby, kde hraje velkou roli plocha podstavy nádoby. Druhá část kapitoly testování obsahuje zkušební míchané koncentrace látek a vzniklé barvy komentuje.

Poslední kapitolou je ekonomická studie celého zařízení. Obsahuje konkrétní ceny produktů, veškerých materiálů a příslušenství, které byly použity pro vytvoření demonstračního zařízení předmětem této bakalářské práce.

Zařízení pracuje po zadání vstupních parametrů samostatně bez potřeby zásahu obsluhy. Míchané množství odpovídá technickým předpokladům použitých produktů. Obsahuje světelnou signalizaci, včetně hlášení chybových stavů přímo na



obrazovce HMI panelu. Hlavní výhodou jsou dvě možnosti míchání. První je spuštění automatického procesu míchání na základě vstupních parametrů zadaných obsluhou. Druhou je možnost manuálního řízení a spuštění ventilů samostatně přímo z obrazovky HMI panelu. Jako nevýhodu považuji rychlost napouštění, která je tristní a je v řádu minut. Odvíjí se od napouštěného množství.

Vytvořené zařízení nabízí hned několik možností optimalizace, které by mohly být předmětem dalšího projektu, nebo přímo diplomové práce. Domnívám se, že zařízení splňuje všechny požadované cíle.



8. REFERENCE

- [1] 3S-Smart Software Solutions GmbH, *CODESYS – industrial IEC 61131-3 PLC programming*, [Online]. [Cit. 28. dubna 2015] Dostupné z: <http://www.codesys.com/>.
- [2] Turck.com, *Your Global Automation Partner*, [Online]. [Cit. 28. dubna 2015] Dostupné z: <http://www.turck.com/>.
- [3] Senzory pro průmysl, *Ultrazvukové senzory*, [Online]. [Cit. 25. dubna 2015]. Dostupné z: <http://www.senzory-pro-prumysl.cz/index.php/ultrazvukove-senzory>.
- [4] Banner Engineering Corp. *Pick-to-Light*, [Online]. [Cit. 18. dubna 2015]. Dostupné z: <http://www.bannerengineering.com/en-US/products/112/Lighting-and-Indicators/49/Pick-to-Light>.
- [5] Turck, s.r.o., *Katalogový list HMI panel*, [Online]. [Cit. 28. dubna 2015]. Dostupné z: http://pdb.turck.de/media/_cz/Anlagen/Datei_EDB/edb_6828008_ces_cz.pdf.
- [6] Turck, s.r.o., *Katalogový list BL67-PG-EN*, [Online]. [Cit. 28. dubna 2015]. Dostupné z: http://pdb.turck.de/media/_cz/Anlagen/Datei_EDB/edb_6827241_ces_cz.pdf.
- [7] Turck, s.r.o., *Katalogový list BC10-QF5,5*, [Online]. [Cit. 28. dubna 2015]. Dostupné z: http://pdb.turck.de/media/_cz/Anlagen/Datei_EDB/edb_2620117_ces_cz.pdf.
- [8] Aldebaran, *Počítačová grafika*, [Online]. [Cit. 21. května 2015] Dostupné z: <http://www.aldebaran.cz/onlineskola/etapy/grafika/barvy.htm>.
- [9] Turck, s.r.o., *Databáze produktů Turck*, [Online]. Dostupné z: <http://pdb.turck.de/cz/DE>. [Cit. 18. dubna 2015].
- [10] Ivo Kopecký, *Demonstrace zařízení na videu*, [Online]. *YouTube* [video]. 2015. [Cit. 20. dubna 2015]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=WWe_bb34OW8.
- [11] Turck, s.r.o., *Katalogový list T30UXUAQ8*, [Online]. [Cit. 5. května 2015]. Dostupné z: <http://www.bannerengineering.com/en-US/support/partref/80465>.
- [12] Banner Engineering Corp., *Databáze výrobků Banner*, [Online]. [Cit. 16. května 2015]. Dostupné z: <http://www.bannerengineering.com/en-US/products>.
- [13] WAGO, *Uživatelský manuál CoDeSys*, [Online]. [Cit. 26. dubna 2015]. Dostupné z: http://www.wago.com/wagoweb/documentation/759/eng_manu/333/m07590333_00000000_1en.pdf.



- [14] Turck, s.r.o., *Uživatelský manuál BL67 - I/O moduly*, [Online]. [Cit. 10. května 2015]. Dostupné z: http://pdb.turck.de/media/_cz/Anlagen/d300529.pdf.
- [15] Turck, s.r.o., *Uživatelský manuál BL67-PG-EN*, [Online]. [Cit. 5. května 2015]. Dostupné z: http://pdb.turck.de/media/_cz/Anlagen/d301033.pdf.
- [16] Špína a synové - barvy, laky, *Základy míchání barev*, [Online]. [Cit. 21. května 2015]. Dostupné z: <http://barvy.spina.cz/zaklady-michani-barev.html>.



9. PŘÍLOHY

9.1. Kódy programu

9.1.1. Hlavní program

```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
    konc_red: INT := 20;
    konc_green: INT := 30;
    konc_blue: INT := 50;
    analog_max: INT := 32767;
    min_rozsah: INT := 100;
    max_rozsah: INT := 1000;
    max_konc: INT := 100;
    mnozstvi: INT := 2000;
    mnozstvi_red: INT;
    mnozstvi_green: INT;
    mnozstvi_blue: INT;
    manual_start: BOOL := FALSE;
    proces_start: BOOL;
    plocha_podstavy: INT := 17310;
    vyska_red: INT;
    vyska_green: INT;
    vyska_blue: INT;
    reset_zadani: BOOL;
    kontrola_vstupu: BOOL := FALSE;
    naruseni_prostoru: BOOL := FALSE;
    max_zadani: INT;
    konc_OK: BOOL;
    vizual_potrubi: INT;
END_VAR
```

```
t150_green:=FALSE;

// kontrola vstupu
IF di_red = FALSE OR di_green = FALSE OR di_blue = FALSE
THEN
    t150_red := TRUE;
    kontrola_vstupu := TRUE;
    do_red := FALSE;
```



```
        do_green := FALSE;
        do_blue := FALSE;
        ELSE t150_red := FALSE;
            kontrola_vstupu := FALSE;
    END_IF

    // výpočet hodnoty měření v milimetrech
    hodnota_mm := min_rozsah + WORD_TO_INT(analog) *
max_rozsah / analog_max;

    // definice koncentrací
    mnozstvi_red := konc_red * mnozstvi / max_konc ;
    mnozstvi_green := konc_green * mnozstvi / max_konc;
    mnozstvi_blue := konc_blue * mnozstvi / max_konc;
    max_zadani := max_konc - konc_red - konc_green -
konc_blue;

    // kontrola koncentrace
    IF max_zadani = 0 THEN
        konc_OK := TRUE;
        ELSE konc_OK := FALSE;
    END_IF

    // reset zadání
    IF reset_zadani = TRUE THEN
        konc_red := 0;
        konc_green := 0;
        konc_blue := 0;
        mnozstvi := 200;
    END_IF

    // výpočet výšky hladiny jednotlivých barev
    vyska_red := mnozstvi_red * 1000 / plocha_podstavy;
    vyska_green := mnozstvi_green * 1000 / plocha_podstavy;
    vyska_blue := mnozstvi_blue * 1000 / plocha_podstavy;

    // výška napouštění jednotlivých barev
    v_napousteni_red := v_reference - vyska_red;
    v_napousteni_green := v_reference - vyska_green - vy-
ska_red;
    v_napousteni_blue := v_reference - vyska_blue - vy-
ska_green - vyska_red;

    // narušení pracovního prostoru
```




```
IF di_PTL = TRUE THEN
    t150_red := TRUE;
    naruseni_prostoru := TRUE;
    do_red := FALSE;
    do_green := FALSE;
    do_blue := FALSE;
    ELSE naruseni_prostoru := FALSE;
END_IF

// spuštění plnění
IF proces_start = TRUE AND kontrola_vstupu = TRUE AND naruseni_prostoru = FALSE THEN
    START_PRG();
    t150_green := TRUE;
END_IF

// spuštění manuálního napouštění
IF manual_start = TRUE THEN
    MANUAL_PRG();
    t150_green := TRUE;
END_IF

// vizualizace potrubí
IF do_red = TRUE THEN
    vizual_potrubi := 1;
    ELSIF do_green = TRUE THEN
        vizual_potrubi := 2;
        ELSIF do_blue = TRUE THEN
            vizual_potrubi := 3;
        ELSE vizual_potrubi := 0;
    END_IF
```

9.1.2. Automatické míchání

```
PROGRAM START_PRG
VAR
END_VAR
```

```
// podmínka plnění
IF hodnota_mm > v_reference OR analog = 0 THEN
    do_green := FALSE;
    do_blue := FALSE;
    do_red := FALSE;
    ELSIF hodnota_mm > v_napousteni_red THEN
```



```
    //t150_red := TRUE;
    do_green := FALSE;
    do_blue := FALSE;
    do_red := TRUE;
    viz_potrubi := 1;
    ELSIF hodnota_mm > v_napousteni_green THEN
        //t150_red := TRUE;
        do_red := FALSE;
        do_blue := FALSE;
        do_green := TRUE;
        viz_potrubi := 2;
    ELSIF hodnota_mm > v_napousteni_blue THEN
        //t150_red := TRUE;
        do_red := FALSE;
        do_green := FALSE;
        do_blue := TRUE;
        viz_potrubi := 3;
    ELSE
        //t150_red := FALSE;

        do_red := FALSE;
        do_green := FALSE;
        do_blue := FALSE;
        viz_potrubi := 0;
    END_IF
```

9.1.3. Manuální řízení

```
PROGRAM MANUAL_PRG
VAR
    start_cervena: BOOL :=FALSE;
    start_zelena:  BOOL :=FALSE;
    start_modra:  BOOL :=FALSE;
END_VAR
```

```
// manuální řízení
IF start_cervena = TRUE THEN
    t150_red := TRUE;
    start_zelena := FALSE;
    start_modra := FALSE;
    do_green := FALSE;
    do_blue := FALSE;
```



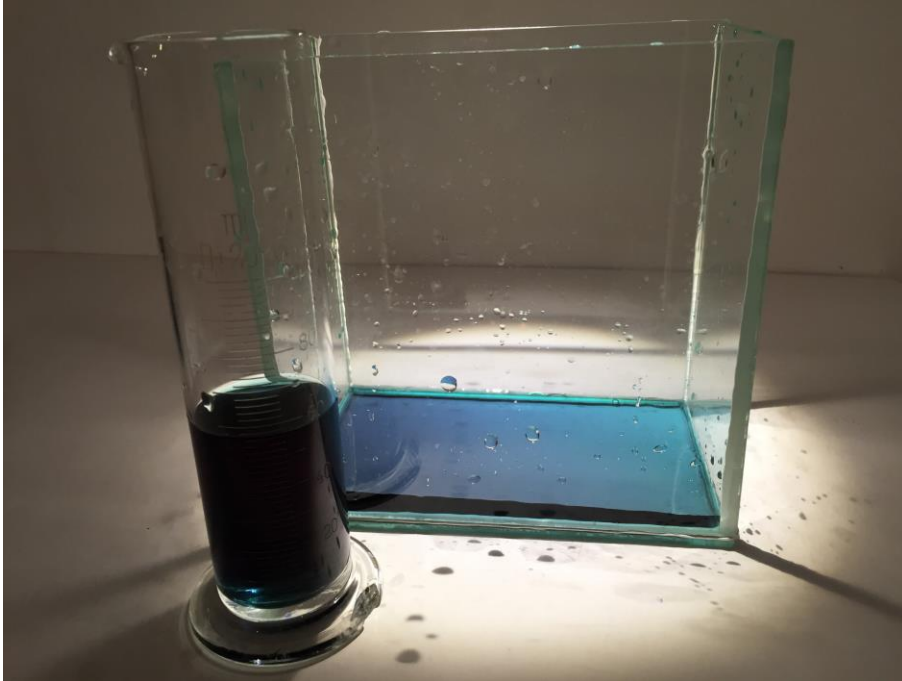
```
do_red := TRUE;
ELSIF start_zelena = TRUE THEN
    t150_red := TRUE;
    start_cervena := FALSE;
    start_modra := FALSE;
    do_blue := FALSE;
    do_red := FALSE;
    do_green := TRUE;
    ELSIF start_modra = TRUE THEN
        t150_red := TRUE;
        start_cervena := FALSE;
        start_zelena := FALSE;
        do_red := FALSE;
        do_green := FALSE;
        do_blue := TRUE;
    ELSE
        t150_red := FALSE;
        do_red := FALSE;
        do_green := FALSE;
        do_blue := FALSE;
    END_IF
END_IF
```

9.1.4. Globální proměnné

```
VAR_GLOBAL
    hodnota_mm: INT;
    v_napousteni_red: INT;
    v_napousteni_green: INT;
    v_napousteni_blue: INT;
    v_reference: INT := 219;
    viz_potrubi: INT := 0;
END_VAR
```



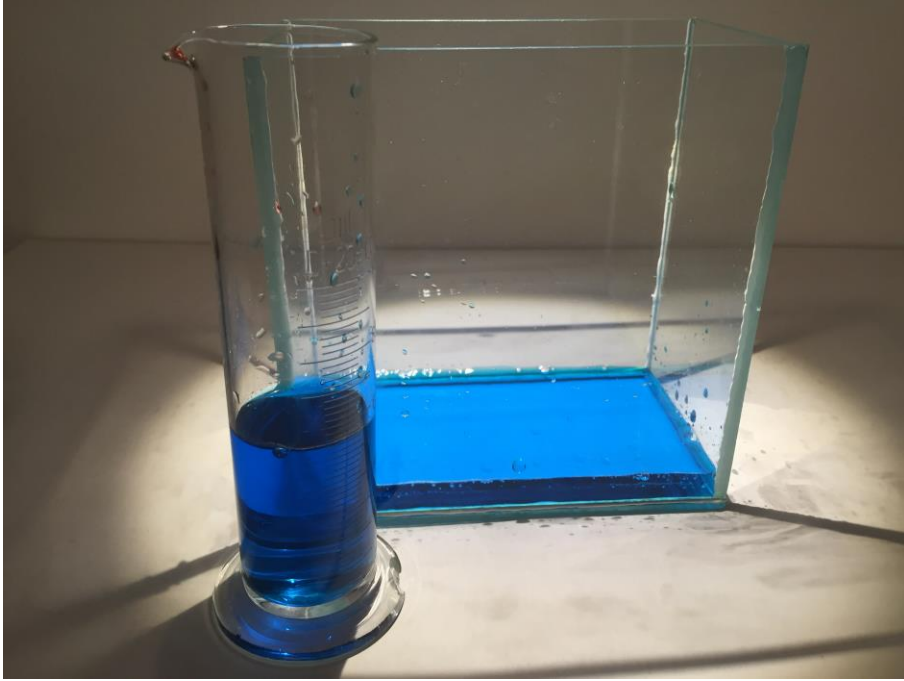
9.2. Namíchané barvy



Obr. 41: RGB míchaní nastavení 34 / 33 / 33



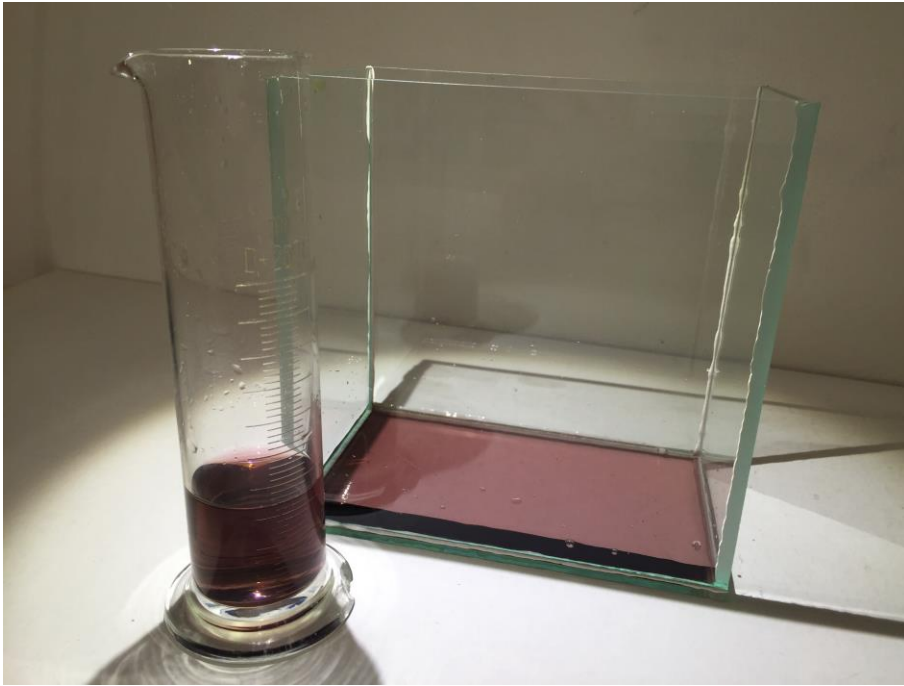
Obr. 42: RGB míchaní nastavení 100 / 0 / 0



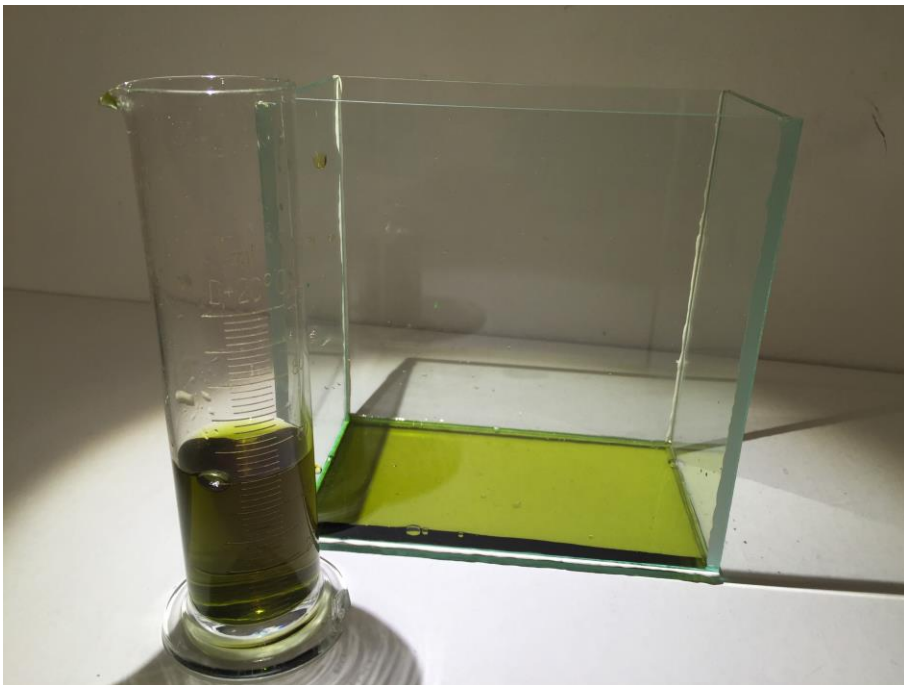
Obr. 43: RGB míchání nastavení 0 / 0 / 100



Obr. 44: RGB míchání nastavení 0 / 100 / 0



Obr. 45: RYB míchání nastavení 50 / 0 / 50



Obr. 46: RYB míchání nastavení 25 / 25 / 50



Obr. 47: RYB míchání nastavení 50 / 25 / 25

9.3. **Obsah příloženého CD**

- Elektronická verze bakalářské práce
- Video znázorňující funkci zařízení
- Fotogalerie
- Cenová nabídka na produkty Turck a Banner
- Station Report – konfigurace a nastavení sběrnice
- CoDeSys programový balíček
- QVIS vizualizace
- Katalogové listy
- Návody