

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKEJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE**

**VIZUALIZÁCIA TECHNOLOGICKÝCH PROCESOV
V PRIEMYSLE S VYUŽITÍM SCADA/HMI SYSTÉMOV**

BAKALÁRSKA PRÁCA

FCHPT-5416-40498

2011

RNDr. Eva Sodomová

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKÉJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE**

**VIZUALIZÁCIA TECHNOLOGICKÝCH PROCESOV
V PRIEMYSLE S VYUŽITÍM SCADA/HMI SYSTÉMOV**

BAKALÁRSKA PRÁCA

FCHPT-5416-40498

Študijný program: Automatizácia, informatizácia a manažment v chémii a potravinárstve

Číslo a názov študijného odboru: 5.2.14 Automatizácia, 5.2.52 Priemyselné inžinierstvo

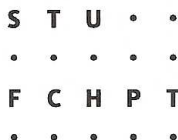
Školiace pracovisko: Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky

Vedúci záverečnej práce/školiťel': Ing. Richard Valo

Konzultant: Ing. Dušan Kaštan

Bratislava 2011

RNDr. Eva Sodomová



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študentka: **RNDr. Eva Sodomová**
ID študenta: **40498**
Študijný program: **automatizácia, informatizácia a manažment v chémii a potravinárstve**
Kombinácia študijných odborov: **5.2.14 automatizácia, 5.2.52 priemyselné inžinierstvo**
Vedúci práce: **Ing. Richard Valo**
Konzultant: **Dušan Kaštan**

Názov práce: **Vizualizácia technologických procesov v priemysle s využitím SCADA/HMI systémov**

Špecifikácia zadania:

Vyvážený pomer teoretickej a praktickej časti výučby na technických univerzitách je jedným zo základných predpokladov výchovy kvalitných inžinierskych pracovníkov pre potreby technickej praxe. Budúci inžiniersky pracovník by mal získať praktické postupy a návyky pri práci na priemyselne aplikovateľných systémoch a zariadeniach. Jedna z neoddeliteľných častí návrhu komplexného riadiaceho systému je vizualizácia technologických procesov. Pojmom HMI (Human-Machine Interface) sa označujú systémy slúžiace ako rozhranie medzi riadiacim systémom a jeho obsluhou. Úlohou bakalárskej práce je návrh vizualizácie technologického procesu v priemysle s využitím systémov pre supervízne riadenie a zber dát a vizualizáciu pomocou SCADA/HMI systémov firmy Invensys: Wonderware InTouch a Foxboro FoxView. Vizualizácia technologických procesov musí obsahovať všetky štandardné funkcionality ako je samotné operátorské rozhranie v podobe technologických schém s aktívnymi zobrazovacími a ovládacími prvkami, zobrazenia alarmových správ a historických trendov vybraných veličín podľa priemyselných štandardov.

Úlohy:

- * Štúdium priemyselných štandardov a základných prvkov P&ID diagramov.
- * Analýza SCADA/HMI systémov firmy Invensys (Wonderware InTouch a Foxboro Fox View).
- * Analyzovať štruktúru tvorby vizualizácie technologických procesov v priemysle.
- * Aplikovať získané poznatky pri tvorbe príkladov vizualizácie technologických procesov v priemysle.

Rozsah práce: **30**

Riešenie zadania práce od: 14. 02. 2011

Dátum odovzdania práce: 21. 05. 2011



RNDr. Eva Sodomová
Študentka

prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.
Vedúci pracoviska

prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.
Garant študijného programu

Pod'akovanie

Ďakujem Ing. Richardovi Valovi za odborné vedenie bakalárskej práce a pripomienky. Zároveň ďakujem Ing. Dušanovi Kaštanovi za odborné rady, ktorými prispel k vypracovaniu tejto bakalárskej práce. Zároveň ďakujem firme Invensys Systems (Slovakia) s.r.o. – EEC Bratislava.

Súhrn

Jedna z neoddeliteľných častí návrhu komplexného riadiaceho systému je vizualizácia technologických procesov. Pojmom HMI (Human-Machine Interface) sa označujú systémy slúžiace ako rozhranie medzi riadiacim systémom a jeho obsluhou. Cieľom bakalárskej práce je aj návrh vizualizácie technologického procesu v priemysle s využitím systémov pre supervízne riadenie a zber dát a vizualizáciu pomocou SCADA/HMI systémov firmy Invensys. V rámci mojej práce sa zaoberám štúdiom priemyselných štandardov, základných prvkov P&ID diagramov, štruktúrou tvorby vizualizácie technologických procesov, analyzujem SCADA/HMI systémy spoločnosti Invensys. Získané poznatky aplikujem pri tvorbe ukážok vizualizácie technologických procesov pomocou SCADA/HMI systémov InTouch (grafický editor a konfigurátor Window Maker) a FoxView (grafický editor a konfigurátor FoxDraw).

Kľúčové slová: SCADA, HMI, InTouch, FoxDraw, vizualizácia, P&ID, proces, systém

Abstract

An important part of complex control system desing is the visualization of technology processes. The concept of name HMI (Human-Machine Interface) stands for space where interaction between control system and operator occurs. The aim of presented work is visualization design of controled process using SCADA (supervisory control and data aquisition)/HMI systems from Invensys company. This bachelor thesis is concerned with study of the industrial standards, base objects of Piping and Instrumentation diagrams, visualization creation structure, SCADA/HMI systems analysis from Invensys company. Obtained knowledge is applied on technology processes visualization creation using SCADA/HMI systems InTouch (graphical editor and configurator Window Maker) and FoxView (graphical editor and configurator FoxDraw).

Key words: SCADA, HMI, InTouch, FoxDraw, visualization, P&ID, process, system

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Priemyselné štandardy a základné prvky P&ID diagramov	12
2.1	Príklady značiek a objektov používaných v meracích a regulačných obvodov.....	12
2.1.1	Písmenkové označenie	12
2.1.2	Príklady	13
3	Základné charakteristiky a štruktúra SCADA/HMI systémov	16
3.1	Definícia SCADA/HMI systémov podľa IEC	17
3.2	Komponenty SCADA	17
3.2.1	PLC (RTU).....	17
3.2.2	Hlavná stanica a HMI	17
3.2.3	Komunikačná infraštruktúra (väčšinou podporované):.....	17
3.3	Činnosti SCADA systému.....	18
3.4	História SCADA/HMI	19
3.4.1	Historický SCADA systém	19
3.4.2	Moderný SCADA systém.....	20
3.5	Charakteristika HMI	20
3.5.1	Vizualizácia technológie	21
3.5.2	Prehľadové tabuľky, grafy a faceplaty	21
3.6	Ergonómia HMI	22
3.6.1	Rozdelenie obrazovky.....	23
3.6.2	Objekty na obrazovke	23
3.6.3	Farby	24
3.6.4	Texty.....	26
3.6.5	Príkazy z klávesnice.....	26
3.6.6	Ponukové menu.....	27
4	Analýza SCADA/HMI systémov firmy Invensys.....	28
4.1	Wonderware InTouch	28
4.1.1	Vizualizačné schopnosti	28
4.1.2	Alarmovanie stavov	28
4.1.3	Konektivita a zber údajov	29
4.1.4	Architektúra systému InTouch pre rôzne typy priemyslu	29
4.1.4.1	Jednooperátorské pracovisko	29
4.1.4.2	Viacoperátorské pracovisko	29
4.1.4.3	Viacoperátorské pracovisko doplnené o Wonderware Historian Server	30
4.1.4.4	Vyhradená stanica pre zber údajov.....	30
4.1.4.5	Súčasná pripojenie riadiacich systémov od rôznych výrobcov	31
4.1.4.6	Redundantný systém	32
4.1.4.7	InTouch v prostredí Internet/Intranet	32
4.1.5	Základné koncepty tvorby vizualizácie v systéme InTouch	33
4.1.5.1	Základné prvky InTouch aplikácie.....	33
4.1.5.1.1	Okná InTouch.....	34
4.1.5.1.2	Základné objekty.....	34
4.1.5.1.3	Komplexné užívateľom definované komplexné objekty	34
4.1.5.1.4	Komplexné preddefinované objekty	34
4.1.5.1.4.1	ActiveX objekty	34
4.1.5.1.4.2	Wizard	35
4.1.5.1.5	Animácie	35

4.1.5.2	Export a import	35
4.1.5.3	Tagname Dictionary	36
4.1.5.3.1	Typy tagov.....	36
4.1.5.3.2	Typy dát.....	37
4.2	FoxDraw.....	38
4.2.1	Základné koncepty tvorby vizualizácie v aplikácii FoxDraw.....	38
4.2.1.1	Základné typy okien v aplikácii FoxDraw	39
4.2.1.2	Typy súborov využívaných aplikáciou FoxDraw a ich konverzia	39
4.2.1.3	Vytvorenie a konfigurácia objektov	40
4.2.1.4	Konvencie	43
4.2.1.5	Linkovaný objekt vs. kopírovaný objekt.....	43
4.2.1.5.1	Linkovaný objekt	43
4.2.1.5.2	Kopírovaný objekt.....	43
4.2.2	Prístup k procesným premenným v I/A DCS.....	43
4.2.3	Kreslenie objektov	44
4.2.3.1	Objekty FoxDraw.....	44
4.2.3.1.1	Referenčné body	44
4.2.4	Optimalizácia displejov.....	45
5	Príklady vizualizácie technologických procesov pomocou SCADA/HMI systémov spoločnosti Invensys	46
5.1	Príklady vizualizácie vytvorené v aplikácií FoxDraw	46
5.1.1	Statická vizualizácia technologického procesu.....	46
5.1.2	Dynamická vizualizácia jednoduchej spätnoväzbovej regulácie výmenníka tepla	47
5.1.2.1	Procesné objekty	47
5.1.2.2	Overlays	48
5.1.2.3	Grafy	49
5.1.2.4	Zobrazenie alarmových stavov	51
5.1.2.5	Vytvorený operátorský displej	52
5.2	Príklady vizualizácie vytvorené v systéme InTouch.....	55
5.2.1	Rozloženie obrazovky.....	56
5.2.2	Trip displeje	57
5.2.3	Sekvenčný displej	60
5.2.4	Zoznam alarmov	64
6	Záver	65

Použité pojmy

Technologický proces, technológia - proces (technika, energie, materiály a postupy) spojitaj alebo dávkovej výroby

Výrobný proces - proces (technika, energie, materiály a postupy) kusovej výroby

Technologický systém, zariadenie (plant, facility, Anlage, Verfahrenstechnik) - súhrn všetkých technických komponentov, prvkov, skupín, úsekov, ktorý slúži na vykonanie technologických procesov

Úsek, sekcia - podsystem celkového technologického systému, súhrn viacerých funkčne súvisiacich komponentov. Názov úseku je obyčajne odvodený od jeho technologického účelu, napr. príprava vody, destilácia, absorpcia

Technologická skupina (part of plant, Teilanlage) – časť úseku, súhrn niekoľkých komponentov

Komponent, prvok zariadenia (component, Anlageteil) - jednotlivé samostatné časti technologického systému, napr. agregát, stroj, prístroj, ale aj materiál a energia

Riadiaca technika – súhrn všetkých technických obvodov, skupín, sekcií určených na riadenie, reguláciu

Používateľské rozhranie (user interface) - súhrnný pojem pre všetky objekty s ich sledovateľnými akciami a reakciami, ktoré slúžia na komunikáciu s používateľom. Typickými komponentmi používateľského rozhrania sú signalizačné prístroje a nastavovacie prvky, ale aj obrazovka monitora a klávesnica. Typickou akciou je vyžiadanie údajov od používateľa (napr. prístupového hesla). Typickou reakciou systému je napr. neprijatie chybných údajov.

Vizualizačný systém – systém realizujúci vizualizáciu procesov, synonymum pre anglickú skratku SCADA/HMI alebo pre nemeckú BB (Bedienung und Beobachtung)

Operátorský panel (riadiaci panel, pole, faceplate) - panel, na ktorom sú umiestnené všetky zobrazovače a ovládače, potrebné na obsluhu riadiaceho systému. Tieto panely vznikli v konvenčnej technike, kde boli čelné tabule porozdeľované ukazovateľmi a ovládačmi. Riadenie procesu sa robilo mechanicky pomocou prístrojov, ktoré mohli byť oddelene zabudované do pultov

Udalosť (event) – zmena, prechod z jedného diskrétného stavu do iného stavu

Správa (message) – hlásenie o vzniku udalosti

Identifikátor premennej, údaje (tag) – označenie premennej, údaje najčastejšie priamo získaného z technologického procesu

Trend (trend) - vizualizácia priebehov hodnôt premenných najmä vzhľadom na časovú os vo forme postupnosti bodov alebo čiar

Supervízne riadenie (supervisory control) – vzdialené nastavovanie hodnôt a odoslanie riadiacich informácií, povelov

Objekt HMI – ľubovoľná entita nachádzajúca sa v používateľskom rozhraní, napr. obrazovka, okno, symbol, obraz, operátorský panel, prvok obrazu, správa, trend

Inštrumentálna technika (instrumentation technics) - súhrn senzorov a akčných členov

1 Úvod

V súčasnosti riadiaci systém realizuje nielen riadiace, t. j. ovládacie a regulačné funkcie, ale aj funkcie informačné. K týmto funkciám patrí aj začlenenie operátora do procesu riadenia prostredníctvom vizualizačných funkcií systému. Práve vizualizácia riadeného procesu slúži pre operátora ako rozhranie, ktoré mu uľahčuje riadenie. SCADA/HMI systémy majú pomáhať kontrolovať a riadiť technologické procesy a operátorom poskytnúť kritické údaje v zrozumiteľnej a ergonomicky prijateľnej forme, a tak im uľahčiť prípadný zásah do riadenia.

Cieľom mojej práce je priniesť ucelený prehľad o SCADA/HMI systémoch spoločnosti Invensys, možnostiach ich nasadenia a ich vývoji. V prvej časti práce sa zaoberám štúdiom priemyselných štandardov, základných prvkov P&ID diagramov a štruktúre tvorby vizualizácie technologických procesov.

V ďalšej časti predkladanej práce analyzujem SCADA/HMI systémy spoločnosti Invensys – ich základné rysy, možnosti grafických objektov, tvorbu vizualizácie, komunikáciu a možnosti ich nasadenia.

V poslednej časti práce sa venujem tvorbe príkladov vizualizácie technologických procesov pomocou SCADA/HMI systémov InTouch (grafický editor a konfigurátor Window Maker) a FoxView (grafický editor a konfigurátor FoxDraw).

2 Priemyselné štandardy a základné prvky P&ID diagramov

Vo väčšine prípadov správnosť vizualizácie technologického procesu závisí aj od schopnosti inžiniera správne čítať materiály, ktoré sú vo forme technologických schém.

K preštudovaniu priemyselných štandardov a základných prvkov P&ID diagramov som dostala dokument popisujúci normu ANSI/ISA-5.1-1984 (R1992). Tento dokument je možné stiahnuť z internetovej lokácie http://www.automationengineering.co.uk/docs/ISA_P&ID.pdf.

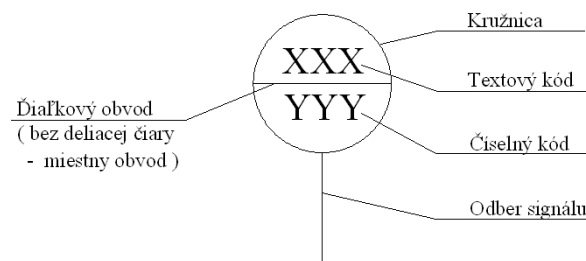
Základom riadiacich systémov sú meracie a regulačné obvody. Obvod je funkčný celok zostavený z jedného alebo viacerých prístrojov (položiek), ktorý plní určitú funkciu, napr. meranie, registráciu, signalizáciu, reguláciu, atď. Podľa funkcie obvody delíme na informačné, riadiace a signalizačné. Podľa priebehu signálov na analógové (pracujú so spojitým signálom), číslicové (pracujú s číslicovým signálom) a hybridné.

Meracia a automatizačná technika predstavuje neoddeliteľnú súčasť výrobných technológií, v technologických schémach sa označujú aj miesta umiestnenia meracích, akčných členov, regulátorov, ich funkčné prepojenie a správanie sa akčných členov pri prerušení dodávky pomocnej energie. Neberú sa pritom do úvahy ani konštrukčné vlastnosti, ani pracovné médium použitých prístrojov, ale vyjadruje sa ich funkcia pri sledovaní a riadení technologického procesu [2].

2.1 Príklady značiek a objektov používaných v meracích a regulačných obvodov

V tejto časti práce uvediem niekoľko základných objektov a značiek používaných na označovanie prvkov meracích a regulačných obvodov.

Označenie sa skladá z grafickej značky (kružnica, vodorovná deliaca čiara, čiara na odber signálu) a textovo-číselného kódu obvodu. Textový kód sa umiestňuje do hornej časti značky, číselný kód do spodnej časti značky [1].



Identifikátor obvodu = textový kód + číselný kód napr. TRCA 145

Obrázok č. 1: Označenie symbolov

2.1.1 Písmenkové označenie

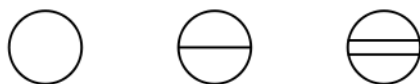
- Slúži na označenie prístroja
- Umiestnenie, označenie - symbol prístroja (v kružnici)
- Pozostáva z dvoch častí:
 - o Prvé označuje typ meranej veličiny (ako ďalšie písmeno môže byť modifikácia)
 - o Nasledujúce písmená označujú typ spracovania
- H (Hand) znamená ručnú (manuálnu) obsluhu
- Keď je nutné označiť dolnú alebo hornú hodnotu, použijú sa písmená L (Low) a H (High) s označením prístroja

prvé písmeno		druhé písmeno		
meraná alebo riadená veličina	prídavné písmeno	zobrazovacia alebo pasívna funkcia	výstupná funkcia	prídavné písmeno
A analýza		alarm		
B horenie		voľba používateľa	voľba používateľa	voľba používateľa
C voľba používateľa			riadenie	
D voľba používateľa	rozdiel			
E napätie		senzor (primárny element)		
F prietok	pomer			
G voľba používateľa		priezor, zobrazovacie zariadenie		
H ručné ovládanie				vysoký
I elektrický prúd		indikácia		
J napájanie				
K čas, časový program	časová zmena		riadiaca stanica	
L hladina		svetlo		nízky
M voľba používateľa	krátkodobý			stredný
N voľba používateľa		voľba používateľa	voľba používateľa	voľba používateľa
O voľba používateľa		hradlo		
P tlak, vákuum		bod (test spojenia)		
Q množstvo	integrácia, suma			
R radiácia		zapisovanie		
S rýchlosť, frekvencia	bezpečnosť		spínanie	
T teplota			vysielanie	
U niekoľko veličín		multifunkčný	multifunkčný	multifunkčný
V vibrácia, mechanická analýza			ventil, tlmič	
W hmotnosť, sila				
X neklasifikované	os x	neklasifikované	neklasifikované	neklasifikované
Y udalosť, stav, výskyt	os y		relé, počítanie, prevod	
Z pozícia, dimenzia	os z		ovládač, akčný člen	

Obrázok č. 2: Písmenkové značenie meracích a regulačných obvodov [2]

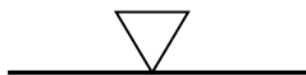
2.1.2 Príklady

Snímač



Obrázok č. 3: Snímač

Korekčný člen

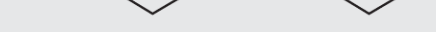


Obrázok č. 4: Korekčný člen



Obrázok č. 5: Korekčný člen

Čiary

pripojenie k technologickému aparátu alebo napájanie prístroja	
pneumatický signál	
elektrický signál	
kapilárny signál	
hydraulický	
elektromagnetický alebo akustický (ovládaný)	
interné systémové prepojenie (softvérové alebo dátové)	

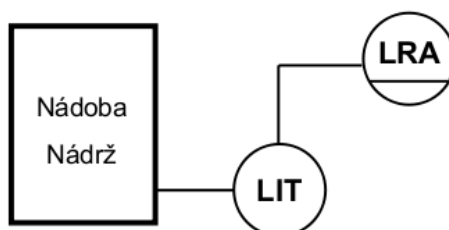
Obrázok č. 6: Čiary [2]

Umiestnenie objektov

	primárne umiestnenie prístupné operátorovi	umiestnenie v prevádzke	doplňujúce umiestnenie prístupné operátorovi
diskrétné prístroje	1 	2 	3 
zdieľané zobrazovacie a riadiace funkcie	4 	5 	6 
funkcie riadiacich počítačov	7 	8 	9 
funkcie PLC	10 	11 	12 

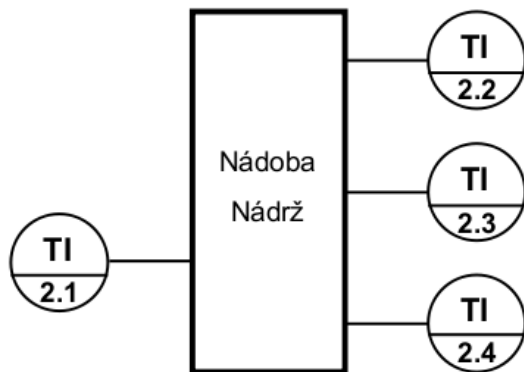
Obrázok č. 7: Umiestnenie objektov [2]

Viacnásobné displeje



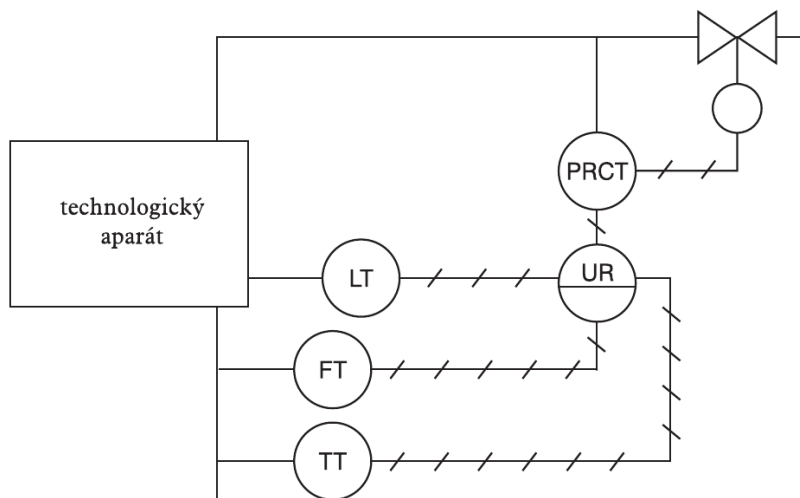
Obrázok č. 8: Viacnásobné displeje

Viacbodové meranie

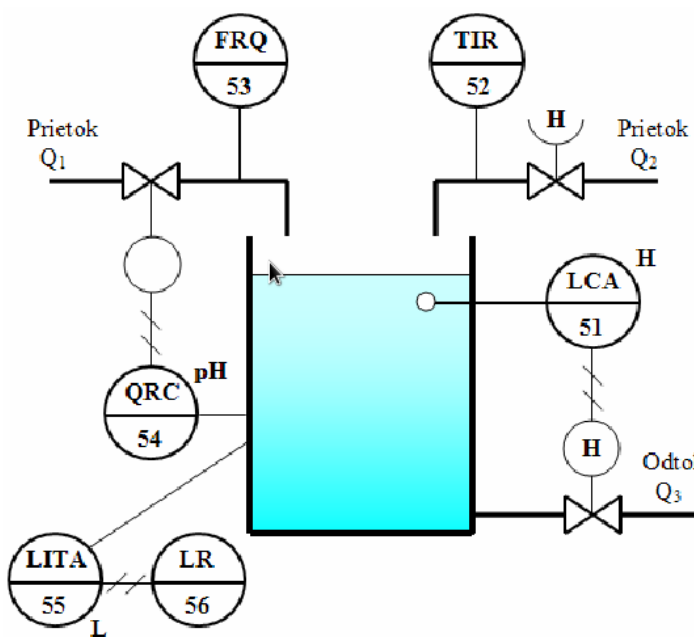


Obrázok č. 9: Viacbodové meranie

Snímanie viacerých veličín – mnohorozmerné dáta



Obrázok č. 10: Snímanie viacerých veličín



- 51 - Regulácia stavu hladiny v nádrži so signalizáciou maxima, regulačný ventil na odtoku s ručným ovládaním
- 52 - Indikácia a zápis teploty prvého prítoku do nádrže
- 53 - Zápis prietoku a pretečeného množstva (integrácia prietoku) v druhom prítoku
- 54 - Indikácia a regulácia pH v nádrži
- 56 - Zápis stavu hladiny na paneli vo veľíne

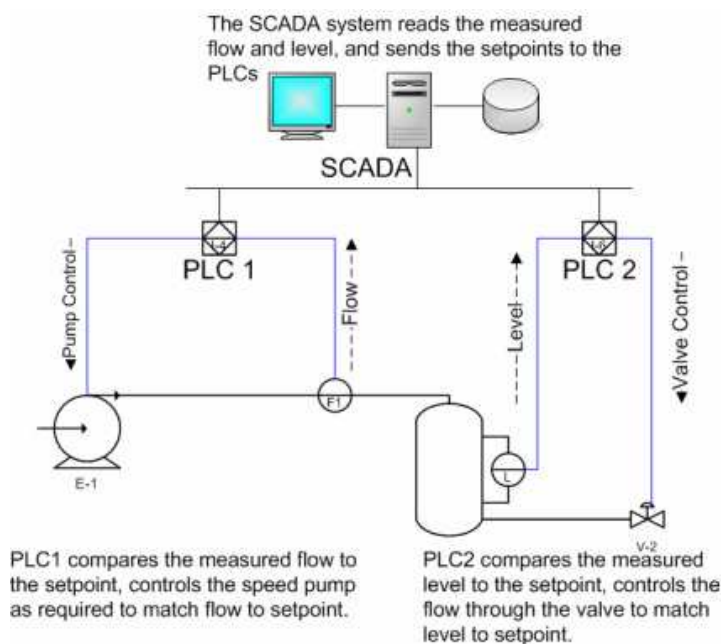
3 Základné charakteristiky a štruktúra SCADA/HMI systémov

SCADA systémy sa využívajú na vizualizáciu, diaľkové monitorovanie (ovládanie) a zber dát z rôznych technologických procesov. SCADA systém je vlastne objektovo orientovaný grafický software pre vytváranie aplikácií pre akékoľvek technologické procesy, univerzálne použiteľný prakticky vo všetkých oblastiach priemyselnej automatizácie. Umožňuje veľmi ľahko a rýchlo vytvoriť grafické zobrazenie výrobných technológií na monitore počítača, ktorá v reálnom čase zobrazuje skutočný stav technológie.

SCADA systémy majú v sebe implementované vlastné grafické editory, pomocou ktorých sa tieto grafické zobrazenia vytvárajú. Tieto grafické editory sú na vysokej úrovni a umožňujú vytvárať ľubovoľné grafické objekty a animovať ich pre zvýšenie realistického účinku pri zobrazení danej technológie. Objekty sa môžu taktiež chovať ako tlačidlá alebo posuvné ovládače, pomocou ktorých možno priamo riadiť jednotlivé časti výrobného procesu. V súčasnosti SCADA systémy sa využívajú vo všetkých energetických podnikoch [3].



SCADA systémy sa používajú nielen v priemyselných procesoch, ako je výroba železa, výroba a distribúcia energie či chemický priemysel, ale tiež v rôznych experimentálnych prevádzkach, ako je štiepenie atómových jadier a pod. Veľkosť týchto procesov sa pohybuje od niekoľko tisíc do niekoľko desiat tisíc vstupov/výstupov (V/V). Avšak SCADA systémy sa rýchlo vyvíjajú a v súčasnosti sa presadzujú na trhoch a v podnikoch s počtom V/V v rozsahu niekoľko stoviek tisíc a v príprave sú projekty v rozsahu takmer milión V/V [4].



Obrázok č. 11: Príklad topológie SCADA systému

3.1 Definícia SCADA/HMI systémov podľa IEC

Internetový slovník Electropedia, ktorého odborným garantom je Medzinárodné elektrotechnické združenie IEC, uvádza nasledujúce definície systému SCADA:

- SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): systém, ktorý dozerá na geograficky rozložené procesy a riadi ich.
- SCADA systém sa tiež nazýva „Telecontrol System“: systém, ktorý slúži na monitorovanie a riadenie územne rozľahlých procesov. V takomto systéme sú zahrnuté všetky zariadenia a funkcie na zber, spracovanie, prenos a zobrazovanie nevyhnutných informácií o procesoch [4].

Architektúry SCADA systémov sú rôzne a spĺňajú rôzne systémové požiadavky. To umožňuje ich rozdelenie na výkonné, komplexné a jednoduché SCADA systémy.

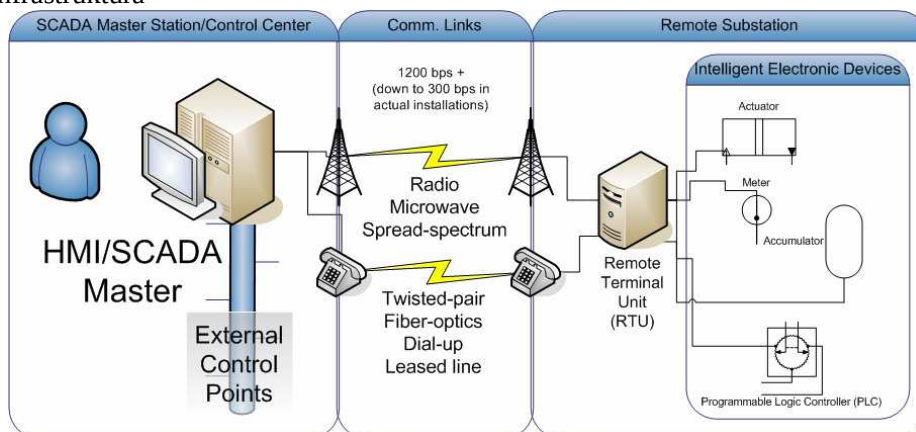
Fungujúci SCADA systém sa skladá z niekoľkých častí. Zvyčajne sem patria hardvérové V/V systémy, regulátory, siete, používateľské rozhrania (HMI), zariadenia na komunikáciu a softvér. Pojem SCADA teda označuje kompletný centrálny systém.

3.2 Komponenty SCADA

PLC (RTU)

Hlavná stanica a HMI

Komunikačná infraštruktúra



Obrázok č. 12: Komponenty SCADA

3.2.1 PLC (RTU)

Číta hodnoty zo snímačov, ako je ventil otvorený/zatvorený, hodnotu tlaku, prietok. Posielaním signálov z PLC (RTU) do zariadení je možné otvárať/zatvárať ventil, zadávať žiadané otáčky.

3.2.2 Hlavná stanica a HMI

Server a softvér zabezpečujúci komunikáciu s PLC (RTU, ..) a s HMI softvérom bežiacim na PC.

SCADA systém reprezentuje informáciu operátorom v grafickej a číselnej forme (Schéma reálneho systému sa animuje. Napr. grafická reprezentácia ventilu: od stavu sa mení farba, kliknutím sa môže ovládať, atď.)

Softvér (edit mode / runtime mode)

3.2.3 Komunikačná infraštruktúra (väčšinou podporované):

IEC 60870-5-101 alebo 104 (posiela správy s funkciami základného vzdialeného ovládania medzi dvoma systémami priamo spojených)

Profibus (Process field bus) – najpopulárnejší
DNP3 (Distributed Network Protocol) – sada komunikačných protokolov TCP/IP

Zoznam komunikačných protokolov

BACnet - for building automation, designed by committee ASHRAE
CC-LINK, supported by Mitsubishi Electric
Controller Area Network and CANopen
ControlNet
DeviceNet - originally by Allen-Bradley
EGD (Ethernet Global Data) - GE Fanuc PLCs (see also SRTP)
EtherCAT
EtherNet/IP - IP stands for "Industrial Protocol" Created by Rockwell Automation.
FINS, Omron's protocol for communication over several networks, including ethernet.
Host Link, Omron's protocol for communication over serial links.
Interbus, Phoenix Contact's protocol for communication over serial links, now part of PROFINET IO.
Industrial Ethernet
LonTalk - protocol for LonWorks technology by Echelon Corporation
MelsecNet/10, supported by Mitsubishi Electric
Modbus RTU or ASCII
Modbus-NET - Modbus for Networks
Modbus/TCP
Modbus Plus
OLE_for_process_control
Optomux - Serial (RS-422/485) network protocol originally developed by Opto 22 in 1982. The protocol was openly documented and over time used for industrial automation applications.
Profibus - by PROFIBUS International.
PROFINET IO
GE SRTP - GE Fanuc PLCs
Sinec H1 - Siemens [5]

3.3 Činnosti SCADA systému

Centrálny systém monitoruje údaje z rôznych snímačov, ktoré sa nachádzajú buď v malej vzdialenosti alebo vo vzdialenej prevádzke (niekedy až v kilometrových vzdialenostiach). Priemyselný merací a riadiaci systém pozostáva z centrálného riadiaceho počítača – zvyčajne nazývaného „master“ stanica, „master“ koncové zariadenie (MTU – master terminal unit), z jednej alebo niekoľkých jednotiek na zber a riadenie prevádzkových údajov – zvyčajne nazývaných vzdialené stanice alebo vzdialené koncové zariadenia (RTU – remote terminal unit) a zo súboru štandardných a/alebo zákaznických softvérových aplikácií používaných na monitorovanie a riadenie zariadení pracujúcich s údajmi vo vzdialených prevádzkach. Súčasný SCADA systém sa prevažne vyznačuje riadením v otvorenej slučke a využívajú väčšinou komunikáciu na veľké vzdialenosti, hoci sa môžu objaviť aj prvky s riadením so spätnou väzbou a/alebo komunikácia na krátke vzdialenosti.

SCADA systémy vo všeobecnosti monitorujú procesy s veľkou geografickou rozľahlosťou a využívajú rôzne komunikačné systémy, ktoré sú bežne menej spoľahlivé ako LAN. Z tohto dôvodu je riadenie v uzavretej slučke menej vhodné. SCADA systém má väčšinou inštalovanú distribuovanú databázu, ktorá sa zvyčajne označuje ako databáza tagov a ktorá obsahuje údajové prvky nazývané tagy alebo body. Bod reprezentuje hodnotu jedného vstupu alebo výstupu monitorovaného alebo riadeného daným systémom. Body môžu byť tiež „hardvérové“ alebo „softvérové“. Hardvérový bod reprezentuje aktuálny vstup alebo výstup pripojený do systému, zatiaľ čo softvérový bod reprezentuje výsledok logických a matematických operácií aplikovaných na iné hardvérové alebo softvérové body. Väčšina realizovaných projektov však odstraňuje tento pojmový rozdiel a používa iba výraz softvérové body. Hodnoty bodov sa zvyčajne ukladajú ako kombinácie hodnôt a časových značiek; hodnota a časová značka v momente, keď bola hodnota zaznamenaná alebo vypočítaná. Rad hodnôt a prislúchajúcich časových značiek tvorí históriu daného bodu. Je tiež celkom bežné, že sa uchováva aj ďalšie metaúdaje s tagmi, ako napr. cesta k registru prevádzkového zariadenia a PLC, komentár k vývojovým fázam a

tiež informácie o alarmových stavoch [4].

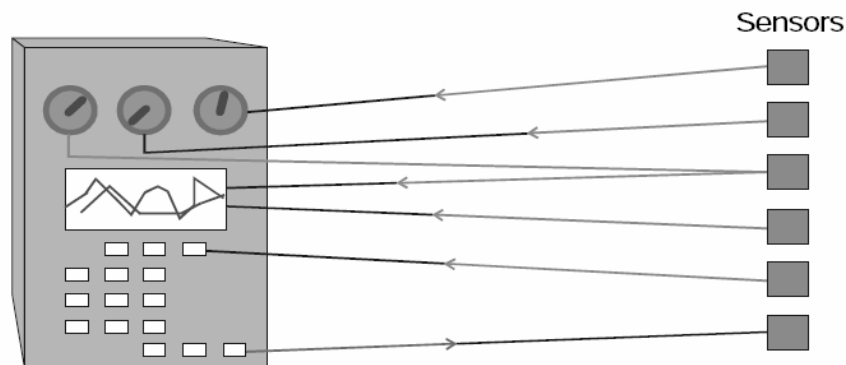
3.4 História SCADA/HMI

Systém SCADA bol na začiatku 21. storočia značne odlišný od toho, povedzme, spred 50 rokov. Prvé systémy SCADA sa nazývali telemetrické systémy a primárne sa využívali na monitorovanie jedného či dvoch parametrov na veľkú vzdialenosť. Myšlienka, že by mohol operátor v závode skutočne vidieť všetko, čo sa deje v nejakej vzdialenej stanici, bola doslovne nepredstaviteľná. Potreby a požiadavky, ako aj väčšina výhod moderných systémov SCADA sa predsa len vyskytovali už v telemetrických systémoch v ranných 70. rokoch 20. storočia, hoci len v „embryonálnom“ štádiu. Schopnosť bezprostredne vidieť stav systémov sa realizovala pomocou vizualizačných tabúl, na ktorých bola zobrazená schéma technologických prepojení. Zmeny sa vykonávali „takmer v reálnom čase“, a to manuálnym rozsvietením alebo zhasnutím indikačných žiaroviek, len čo prišla správa od „potulujúcich“ sa operátorov v prevádzke o zmene stavu zariadenia. SCADA je skratka pre Supervisory Control and Data Acquisition, čiže voľne preložené nadradené riadenie a zber dát. Prečo však nadradené, v pôvodnom znení supervisory? V prvých implementáciách systémov SCADA v 60. a 70. rokoch 20. storočia, napr. vo vodárenstve a v čističkách odpadových vôd, sa nepredpokladalo príliš úzke spojenie medzi riadiacou centrálou alebo systémom SCADA a vzdialenou stanicou, takže skutočné operačné riadenie bolo prakticky nemožné. Prvé systémy SCADA boli naozaj projektované na zber dát zo vzdialených staníc. A aké dáta? Vo vodnom hospodárstve a petrochemickom priemysle majú kľúčovú úlohu predovšetkým prietoky a tlak. Jeden alebo dva alarmy sa zvykli realizovať ako napr. nízka alebo vysoká hladina v zásobníku či porucha pumpy. Prečo však tak málo parametrov? Vo väčšine prípadov prevládala značná spokojnosť, keď sa do systému SCADA podarilo priviesť štyri alebo päť kľúčových údajov z každej vzdialenej stanice. Pri prvých systémoch SCADA bol problém vôbec preniesť napr. údaj o frekvencii chodu čerpadla [7].

3.4.1 Historický SCADA systém

Základné časti historického SCADA systému:

- senzory pripojené k panelu (4-20mA, napätový signál)
- zber dát za pomoci meracích zariadení (panel)
- svetelná signalizácia
- zapisovač na milimetrový papier
- gombíky, tlačidlá



Obrázok č. 13: Historický SCADA systém

Výhody

- jednoduché riešenie, žiadne CPU, RAM, ROM, programovanie softvéru
- snímače sú priamo pripojené k zariadeniu (k tlačidlám, gombíkom, zobrazovačom, svetelnej signalizácii)
- je jednoduché doplniť zariadenia ako prepínač alebo zobrazovač

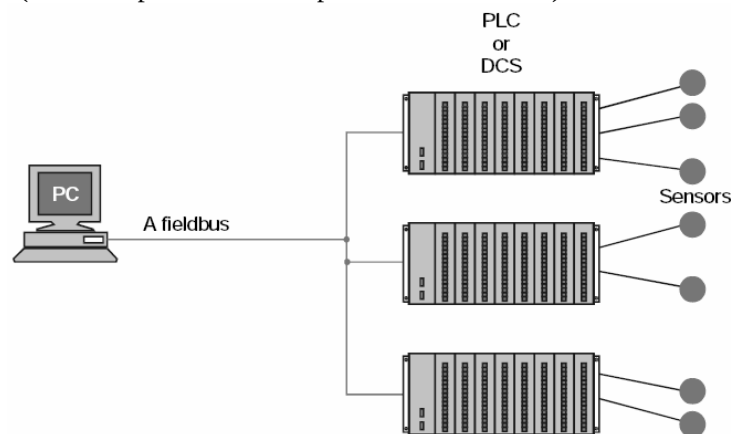
Nevýhody

- kabeláž
- kvantita a typ dát je minimálna a nevyvinutá
- nárastom systému narastá problém rozšírenia inštalácie
- rekonfigurácia
- simulácia reálnych dát
- uchovávanie dát
- monitorovanie dát a alarmov mimo inštalácie

3.4.2 Moderný SCADA systém

Požiadavky na moderný SCADA systém:

- potreba spojiť systémy, ktoré sú navzájom vzdialené
- uľahčenie orientácie v riadenom procese – animované pohľady
- displejové zobrazenia – reálna štruktúra a stav procesu
- rôzne možnosti zobrazenia, spracovania a archivácie procesných informácií (aktuálne aj historické) v reálnom čase – operatívne
- monitorovanie procesu
- zobrazenie štatistických informácií pre monitorovanie a riadenie kvality procesu
- možnosť ovládania (diaľkové povelovanie, supervízorové riadenie)



Obrázok č. 14: Moderný SCADA systém

Výhody

- počítač môže zaznamenávať veľké množstvo dát, ktoré môžu byť zobrazené akokoľvek podľa požiadavky
- pripojiteľnosť tisícky senzorov na veľkej ploche
- simulácia reálnych dát
- rôzne typy dát môžu byť zbierané z RTU
- údaje môžeme prezerať „hocikde“

Nevýhody

- komplikovanejší systém ako u panela
- sú potrebné rôzne znalosti (programátorské, systémová analýza,...) [5]

3.5 Charakteristika HMI

Rozhranie medzi človekom a strojom (z anglického Human-Machine Interface, HMI) je miesto, kde sa technológia stretáva s človekom. Môže to byť stlačenie tlačidla na ručnom prístroji, ale aj palubná prístrojová doska v kokpite veľkého dopravného lietadla.

Realizácia HMI v praxi predstavuje zložitý problém, pretože je to otázka výberu multimediálnych prostriedkov, príslušného softvéru, zabezpečenia spoľahlivosti a bezpečnosti prevádzky technologického procesu [4].

Z pohľadu na súčasný vývoj systémov SCADA/HMI je možné vymedziť realizáciu z pohľadu konečných užívateľov nasledovne:

- uľahčenie orientácie v riadenom procese pomocou vizualizácie
- rôzne možnosti zobrazenia, spracovania a archivácie aktuálnych a historických procesných informácií v reálnom čase pre operatívne sledovanie
- zobrazenie štatistických informácií pre monitorovanie a riadenie kvality procesu
- možnosť ovládania napr. zadanie nového požadovaného stavu technických prvkov, zasahovanie do riadiaceho procesu v prípade nepredvídaných situácií, ovládanie akčných členov, nastavenie medzných hodnôt, prestavenie parametrov regulačných obvodov, riadenie sekvencií
- archivácia a delegovanie prístupu
- diagnostika
- zobrazenie, spracovanie a archivácia správ prichádzajúcich z procesu a procesných staníc
- schopnosť komunikácie so stanicami a meracími zariadeniami v poli od rôznych výrobcov
- schopnosť distribúcie funkcií

Každá aplikácia HMI poskytuje údaje v dvoch základných formách:

- vizualizácia technológie
- prehľadové tabuľky

3.5.1 Vizualizácia technológie

Vizualizácia je realizovaná ako grafická schéma, ktorá je doplnená o dynamické prvky ukazujúce aktuálne hodnoty a umožňujúce zadávanie príkazov alebo hodnôt. Operátor napr. vidí prepojenia, vedenia, čerpadlá, ventily. Principiálne je zobrazenie uskutočnené pre každý objekt na základe meranej hodnoty a definovaného typu – prietoku (hodnota typu real) – zobrazenie hodnoty, zmena stavu ventilu (hodnota typu bool) – zmena farby. Pri prekročení povolenej hodnoty sa okrem alarmového hlásenia chybový stav premietne aj do zobrazovanej vizualizácie technologického procesu.

3.5.2 Prehľadové tabuľky, grafy a faceplaty

Tabuľky poskytujú operátorovi hodnoty, ktoré poskytujú ucelený prehľad a porovnania určitých častí riadeného technologického procesu a vo väčšine prípadov ich nie je možné priamo zobrazovať na ploche pre vizualizáciu technológie.

Špeciálny prípad zobrazenia zmeny meranej hodnoty v čase predstavujú trendy – grafy.

Ďalším špeciálnym zobrazením hodnôt je faceplate. Toto zobrazenie slúži priamo na konfiguráciu blokov a častí daného riadiaceho systému.

HMI zahŕňa všetky funkcie potrebné na kontrolu a dohľad nad prevádzkou stroja alebo procesu. V závislosti od požiadaviek a zložitosti procesu môže operátor prostredníctvom HMI vykonávať:

- Bežné úlohy v rámci procesu:
 - o zastavenie a štart procesu; obidva kroky môžu zahŕňať vykonanie postupností pre štart a zastavenie, ktoré sú automatické, manuálne alebo poloautomatické a riadené operátorom
 - o riadenie a vykonávanie úprav na spoľahlivý chod procesu a monitorovanie jeho priebehu
- Úlohy týkajúce sa neočakávaných udalostí:
 - o detegovanie nezvyčajných situácií a vykonanie nápravných akcií skôr, ako daná situácia ešte viac naruší riadený proces (napr. včasné varovanie o preťažení motora a obnovenie normálneho zaťaženia skôr, ako sa zopne záťažové relé)
 - o riešenie chyby systému zastavením výroby alebo prechodom na manuálne riadenie namiesto

- o automatického s cieľom pokračovať vo výrobe
- o (ak je to potrebné) zabezpečenie bezpečnosti ľudí a majetku prevádzkovaním bezpečných zariadení

Vykonávanie týchto úloh ukazuje, aká dôležitá je úloha operátora. V závislosti od informácií, s ktorými operátor pracuje, možno často musí robiť rozhodnutia a vykonávať aktivity, ktoré sa vymykajú z rámca bežných postupov a priamo ovplyvňujú bezpečnosť a funkčnosť zariadenia či daného procesu. Z toho vyplýva, že funkciu HMI nemožno zúžiť len na výmenu informácií medzi človekom a strojom, ale malo by byť navrhnuté s cieľom uľahčiť úlohu operátora a v každom ohľade zabezpečiť bezpečnosť zariadenia alebo procesu [8].

3.6 Ergonómia HMI

Skúsenosti s prevádzkou SCADA/HMI ukázali, že prostredie styku operátora so systémom musí vyhovovať požiadavkám, ktoré zabezpečujú ergonomickú, spoľahlivú a bezpečnú obsluhu procesu.

Tieto požiadavky sa dajú dosiahnuť výmenou informácií medzi užívateľom a systémom, ktorá je jednoduchá a efektívna – správne navrhnuté rozhranie, ktoré redukuje chyby a obmedzuje vznik škôd.

Odhaduje sa, že celkové množstvo informácií vstupujúcich do vnímania človeka je 1 miliarda bitov za sekundu. Iba 100 bitov za sekundu je spracovaných vedomo. Mozog má tendenciu redukovať množstvo prijímaných informácií. Pokiaľ je zaznamenaných súčasne príliš veľa informácií, kapacita prijímania sa znižuje a pozornosť je zameraná iba na časť vstupujúcich údajov.

K efektívnemu návrhu HMI sú potrebné modely ľudského vnímania a spracovania informácií. Človek sa môže koncentrovať iba na jednu činnosť, aj keď pozornosť rýchlo mení z jednej na druhú. Príjem informácií je najčastejšie akustický alebo vizuálny. Ostatné zmysly sú menej dôležité pre výmenu informácie v prostredí HMI. Informácie zhromaždené zmyslovými orgánmi sú prenášané do krátkodobej pamäte, kde im človek vedomo venuje pozornosť. Vo väčšine prípadov je potrebné vyvinúť nejaké úsilie pre jeho prenos do dlhodobej pamäte. Krátkodobá pamäť je rýchla pre rozpamätanie i zabúdanie, informácia v nej je k dispozícii pre okamžitú činnosť.

Zviditeľnenie, vizualizácia má priame praktické aplikácie v HMI. Mali by byť vybrané jednoduché modely v zmysle našej každodennej skúsenosti. Napr. hodnota 54 neznamená sama o sebe nič. Ak ju však nazveme teplotou a prirovnáme ku maximálnej dovolenej hodnote 67°C, získame oveľa viac informácií.

Tak ako dôležité je zviditeľnenie, je dôležité tiež pochopenie koncepcie. Koncepcia pomáha prenosu existujúcich vedomostí na nový kontext. Koncepcia znamená, že príkaz a iné objekty budú mať vždy rovnaký, ekvivalentný význam, budú nezávislé na určitej situácii.

Získavanie informácie používateľom ovplyvňujú tri ergonomické aspekty:

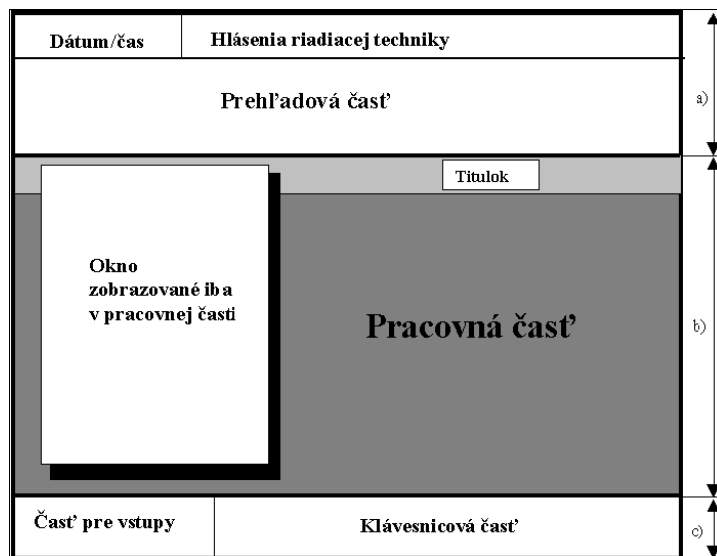
- vnímanie
- kódovanie
- organizácia

Schopnosť vnímania má fyzickú podobu a závisí na hardvérovom zariadení, napr. pre obrazovku terminálu je dôležitý jas, kontrast farieb, veľkosť symbolov.

Kódovanie je spôsob prenášania informácie pomocou grafických objektov. Zakódovanie správy s vizuálnou reprezentáciou je relatívne jednoduché a napomáha prenášať veľké množstvo informácií.

Organizácia (stavba, štruktúra) prezentovaných informácií pomáha zmenšiť používateľovi úsilie pre ich mentálne spracovanie, preto ich prezentácia musí navádzať na dôležité položky.

3.6.1 Rozdelenie obrazovky



Obrázok č. 15: Rozdelenie obrazovky [6]

Rozdelenie plochy obrazovky

- a) prehľadová (neprepisovateľná) časť, okno (information area, review window)
 - procesné hlásenia, správy riadiacej techniky
 - hlásenia systémové, prihlasovanie sa do systému
- b) pracovná (prepísateľná) časť, okno (work area)
 - pohľady
 - hlásenia (správy) a trendy
 - pomocné texty a pod.
- c) vstupná, klávesnicová (neprepisovateľná) časť, okno (control area, keyboard area)
 - menu, virtuálna klávesnica, ovládacie vstupy, panely

Vlastnosti správne navrhnuitej obrazovky HMI:

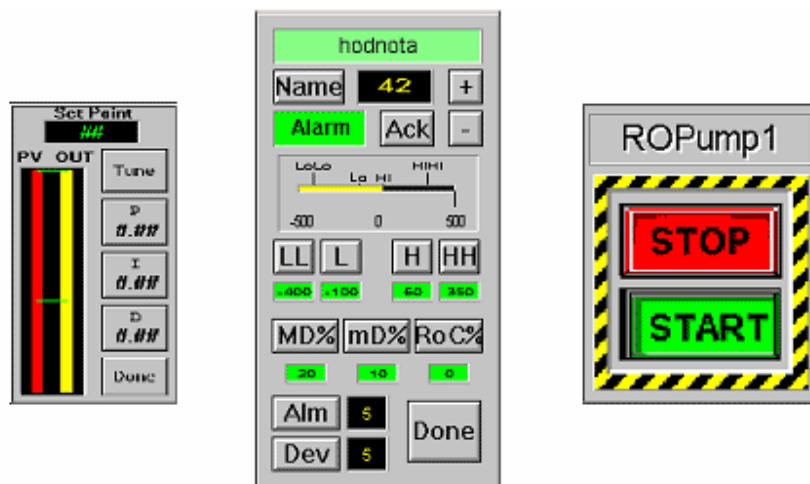
- Dobré rozhranie je prehľadné, transparentné a nenápadné, ako je to najmenej možné. Umožňuje používateľovi sústrediť sa na riadenie procesu bez odvádzania pozornosti jeho samotným vzhľadom.
- Obrazovka je adekvátna prezentovanému účelu, nezobrazuje menej ani viac informácií ako je potrebné.
- Nesmie presiahnuť asi päť výrazne rozlíšiteľných položiek na rovnakej abstrakčnej úrovni. Päť položiek ale neznamená päť bitov informácie.
- Informácie na obrazovke musia byť logicky organizované a sú do istej miery samovysvetľujúce.
- Obrazovka je konzistentná na všetkých úrovniach. Napr. použitie symbolov alebo farieb má rovnaký význam na rôznych obrazovkách.

3.6.2 Objekty na obrazovke

Na obrazovke sú umiestnené objekty. Podľa možnosti animácie je možné rozdeliť objekty na statické a dynamické:

- statické - statické pozadie (background) slúži na objasnenie významu objektov (napr. popisom alebo usporiadaním) a ich vzájomných vzťahov, čím vylepšujú orientáciu v obrazoch. K statickým častiam obrazu patria titulky, menovky (napr. pomenovania hodnôt, tagy, označenia zariadení, fyzikálne jednotky), ale aj symboly pre aparáty (napr. kolóny, výmenníky tepla, nádrže, potrubia) či mriežky pre trendy.

- dynamické - animované, variabilné objekty vizualizujúce technologický proces, aktualizované na základe reálnych údajov napr. pohľady, tlačidlá, metre, vstupno-výstupné polia, trendy, hlásenia, grafy. Na ne sa sústreďuje pozornosť používateľa a často sa označujú ako popredie (foreground).



Obrázok č. 16: Príklad preddefinovaných dynamických objektov

Objekty je možné rozdeliť aj podľa ich pôvodu:

- preddefinované medzinárodnými a inými normami
- preddefinované vývojovým softvérom
- preddefinované softvérové komponenty (napr. ActiveX Controls)
- používateľsky definované

Preddefinované objekty sú obrazové prvky s vopred určenou funkčnosťou a vytvárajú sa za účelom zníženia času a prácnosti vytvorenia vizualizácie, a zároveň zabezpečenia unifikovaného vzhľadu operátorského displeja. Štandardné symboly sú definované napríklad organizáciami ANSI a ISO. Tieto symboly sú jednoduché grafické reprezentácie bežných objektov a napomáhajú, aby ich obsluha bola čo najviac intuitívna.

3.6.3 Farby

Výber farieb pre konkrétny účel by mal byť konzistentný a všeobecne platný. Zároveň by mal byť v súlade s platnými normami a smernicami. Farby je možné rozdeliť podľa cieľa ich použitia:

- na podklad
- na kódovanie, t. j. určitej informačnej kategórii sa priradzuje jedna určitá farba (napr. varovaniu žltá)

3.6.3.1 Farby podkladu

Podkladová farba musí byť prispôbena tak, aby sa dosiahla maximálna rozlíšiteľnosť všetkých farieb popredia. Všetky farby použité na kódovanie musia poskytovať vzhľadom na pozadie vysoký farebný a jasový kontrast, aby bola zaručená rozpoznateľnosť.

3.6.3.2 Farby na kódovanie

- redundantné kódovanie (vzhľadom na javy ako forma, rozpínanie, smer, poloha).
- stupňovitá nápadnosť (kontrast farby objektu k jeho podkladu, rozdiel farieb objektov, rozloha farebne kódovaných objektov). Kontrast farby a podkladu ovplyvňuje aj čitateľnosť (napr. popis na farebnej virtuálnej klávesnici). Kombinácia farieb musí byť príjemná a nie únavná. Odporúčané páry

kontrastných farieb sú v tabuľke č. 1.

- konzistentnosť - ak sú napr. všetky stĺpcové grafy skutočných hodnôt svetlozelené, náhla farebná zmena znamená porušenie tohto princípu. Rôzne zmeny významu farieb v závislosti na ich umiestnení môžu vytvárať falošné analógie a zlé predpoklady.

Tabuľka č. 1: Odporúčané páry kontrastných farieb [6]

Farba objektu	Farba pozadia							
	Čierna	Biela	Purpur.	Modrá	Belasá	Zelená	Žltá	Červená
Čierna		++	o	-	++	+	++	o
Biela	+		+	+	*	*	*	+
Purpurová	o	+		-	o	o	++	-
Modrá	-	++	-		+	+	++	-
Belasá	++	-	o	++		*	-	o
Zelená	++	-	o	+	*		-	o
Žltá	++	*	o	++	*	*		o
Červená	o	++	-	-	+	+	+	
++ veľmi dobrá čitateľnosť, + dobrá čitateľnosť, o čitateľné, - zlá čitateľnosť, * nečitateľné								
Používané boli sýte farby s výnimkou červenej (90%) a purpurovej (93%).								

Farby sa výhodne používajú na rozlíšenie diskretných stavov. Je treba rozlišovať medzi:

- poruchami, t. j. stavmi, keď sú čiastočne alebo úplne obmedzené funkcie zariadenia alebo jeho častí
- regulárnymi, operačnými, prevádzkovými stavmi technológie či procesného riadenia, pri ktorých zariadenia fungujú podľa príkazov (napr. motor je zapnutý, klapka zatvorená)

Tabuľka č. 2: Použitie farieb pre diskretné stavy [6]

Farba	Stav	Stav podľa IEC 73	Požiadavka na operátora
Červená	Alarm	Naliehavý prípad	Nevyhnutná okamžitá reakcia
Žltá	Varovanie	Odchýlka od želaného stavu	Venovať pozornosť a ďalej sledovať
Zelenožltá	Výstražné varovanie	Odchýlka od želaného stavu	Venovať pozornosť
Zelená	normálny	normálny	Žiadna
Modrá	Výzva na zásah		Potrebný zásah
Biela, sivá, čierna	Bez špeciálneho určenia (voľne použiteľné)		

Diskretné stavy najlepšie vyjadrujú prirodzené farby. Zelená je vnímaná ako znak bezpečnosti, súhlasu a správnosti (napr. chodu zariadenia). Červená je vzťahovaná na alarmové stavy, nebezpečie, zákaz. Žltá je vhodná pre upozornenia a môže tiež naznačovať prítomnosť menšieho problému.

Pri analógových hodnotách sa môžu farby použiť na kódovanie nasledovne:

- svetlozelená – regulovaná veličina (controlled value)
- modrá – žiadaná hodnota (desired value)
- okrová – akčná veličina (actuator value)

Tabuľka č. 3: Farebné kódovanie prepravovaných látok [6]

Prepravovaná látka	Farba
Voda	Zelená
Vodná para	Červená
Vzduch	Sivá
Horľavý plyn	Žltá alebo žltá s červenou
Nehorľavý plyn	Žltá s čiernou alebo žltá
Kyseliny	Oranžová
Zásadité látky	Fialová
Horľavé kvapaliny	Hnedá alebo hnedá s červenou
Nehorľavé kvapaliny	Hnedá s čiernou alebo čierna
kyslík	Modrá

3.6.4 Texty

Informácie na obrazovke môžu byť prezentované aj pomocou textov. Tento typ informácie je možné rozdeliť na dynamický a statický (sprievodný text pozadia). Statický text nesmie vyvolať dojem, že je dôležitejšou informáciou ako dynamický text. Dynamická informácia nesmie byť negovaná statickou časťou, ale má byť ňou dotváraná. Jasné oddelenie statickej a dynamickej informácie je možné na obrazovke dosiahnuť menším vysvietením statického textu a zdôraznením dynamickej informácie a zároveň sa odporúča vyhnúť v statických textoch negatívnym asociáciám (napr. alarm, pozor).

3.6.5 Príkazy z klávesnice

Príkazy z klávesnice, keďže pomocou ich vykonania je možné meniť parametre systému, by mali byť špeciálne vyhodnocované:

- Akčný zásah by mal nasledovať za príkazom, a to kontextovo nezávisle na minulých zásahoch.
- Pokiaľ je možný výber z niekoľkých rôznych vstupov, musí byť táto možnosť jasne indikovaná.
- Je vhodné, aby z možnej ponuky bol zvýraznený buď najbezpečnejší, najčastejšie vykonávaný alebo práve vykonaný príkaz. Jeho hodnota bude explicitne vykonaná systémom, pokiaľ ju používateľ nezmení.
- Musí sa zabrániť v zámene v skratkách použitých na operátorskom displeji.
- Príkaz môže definovať žiadanú, referenčnú hodnotu k určitému stavu. Skutočná hodnota sa nastaví na túto referenčnú hodnotu vtedy, pokiaľ riadenie systému, jeho regulátory, snímače a proces celkovo správne fungujú.

V poliach s alfanumerickými znakmi je dobré dodržiavať nasledujúce princípy:

- zobrazenie správnej hodnoty ako súčasť sprievodnej informácie – nie je vhodná pre veľké množstvo príkazov
- ponúknuť výber možných hodnôt napr. z menu, prepínačov, zaškrŕavacích polí – optimálne riešenie
- zobraziť varovnú informáciu v prípade, že vstup nebol systémom prečítaný – môže spôsobiť oneskorenie v závislosti na počte urobených chýb

Ďalšie princípy, ktoré je vhodné dodržiavať, sú:

- Pred uskutočnením dôležitého úkonu je dobré vyžadovať potvrdenie.
- Veľmi citlivé a potenciálne nebezpečné príkazy musia byť viazané na heslo.
- V prípade nebezpečia je veľmi dôležité, aby sa dal systém bezpečne a rýchlo vypnúť – pre tento úkon musí byť vyhradené špeciálne tlačidlo.

3.6.6 Ponukové menu

Princípy konzistencie a jasnej definície musia byť tiež zachované aj pri definovaní ponúk:

- Stavba menu musí byť používateľovi na prvý pohľad jasná.
- V každom vnorenom menu by mala byť možnosť skočiť priamo na hlavnú (prvú) úroveň.
- Položky menu by si mali zachovávať rovnakú abstrakčnú úroveň.
- Počet možností každého stupňa ponuky by mal byť obmedzený – odporúča sa rozdelenie 7+2.
- Podobné funkcie v rôznych ponukách by mali byť referencované rovnakou klávesovou skratkou.

4 Analýza SCADA/HMI systémov firmy Invensys

V tejto časti mojej bakalárskej práce budem analyzovať vlastnosti SCADA/HMI systémov spoločnosti Invensys – Wonderware InTouch a Foxboro FoxView/FoxDraw.

4.1 Wonderware InTouch

InTouch je otvorený a rozšíriteľný vizualizačný systém určený pre vizualizáciu a supervízne riadenie technologických a výrobných procesov. Poskytuje špičkové grafické funkcie a veľmi výkonnú platformu s veľkou flexibilitou pre návrh aplikácií. Zároveň poskytuje najväčšiu prepojitelnosť priemyselných systémov (PLC, DCS, I/O) od veľkého počtu výrobcov [11].

Hlavné vlastnosti InTouch:

- ArchestrA grafika pre živé, realistické a jasné zobrazenie
- viacúčelové vývojové prostredie pre zdieľaný vývoj
- centralizovaný vývoj, správa a nasadenie HMI
- nezávislé použiteľné grafické objekty (Archestra symboly)
- komplexné možnosti skriptovania a animačné schopnosti
- celopodnikové supervízne riešenie s použitím Wonderware System Platform
- kompatibilita s predchádzajúcimi verziami

4.1.1 Vizualizačné schopnosti

Aktuálne a presné informácie z výrobných a technologických procesov sú v dnešnej dobe základným predpokladom k prosperite priemyselných firiem. Procesné údaje poskytnuté riadiacimi systémami sú však iba prvým krokom. Pre efektívne využitie týchto nazbieraných údajov je potreba ich vizualizácie vo vhodnom formáte – iba potom je možné ich premeniť na prakticky využiteľné informácie.

Výkonná a prepracovaná grafická vizualizácia technologických procesov a zároveň premyslene navrhnuté a interaktívne grafické užívateľské prostredie umožňujú rýchlu analýzu a pochopenie skutočného chovania technologického procesu.

InTouch umožňuje vytvoriť jednotné vizualizačné riešenia s veľmi názornými obrazovkami a dynamicky sa meniacim zobrazením v reálnom čase na základe týchto vizualizačných vlastností:

- sada základných geometrických tvarov, z ktorých je možné skladať grafické objekty (symboly)
- základné grafické entity (obdĺžnik, čiara, kruh, elipsa, textové pole, kruhové výseče, oblúky, krivky, ovládacie prvky MS Windows)
- vizualizačné animácie (výplň, poloha, šírka, výška, viditeľnosť, priehľadnosť, rotácia)
- interaktívne animácie (skripty, vstupné hodnoty, tlačidlá)
- iné kombinácie animácií
- rozšíriteľná knižnica symbolov

Ďalšia možnosť rozšíriteľnosti vizualizačných schopností:

- kombinácia vektorových, bitmapových objektov, komponentov .Net, ActiveX objektov
- ArchestrA symboly majú funkčnosť kontajnerov .Net – je možné do nich vložiť hotový .Net komponent od tretích strán
- ArchestrA symboly umožňujú ovládanie pomocou skriptov

4.1.2 Alarmovanie stavov

Včasné informácie o vzniku výstražných stavov umožňujú rýchlu reakciu na kritické situácie. Operátori potrebujú sledovať nielen aktuálne alarmy, ale aj spätne hľadať, čo sa presne dialo vo výrobnom procese pred, počas a po ukončení alarmového stavu.

InTouch poskytuje nasledujúce objekty pre zobrazenie a analýzu alarmových stavov:

- Alarm Viewer – zobrazuje súčasné alarmy a alarmy z krátkodobej pamäte
- Database view – historické alarmy uložené v databáze
- Alarm Pareto Chart – zobrazenie množstva výskytov alarmov v systéme
- ArchestrA Alarm Client – nový objekt typu .NET Control pre zobrazovanie všetkých druhov alarmových stavov – aktuálnych alarmov a historických alarmov z krátkodobej pamäte, ako aj z databázy

4.1.3 Konektivita a zber údajov

InTouch je možné pripojiť skoro k akémukoľvek riadiacemu alebo informačnému zariadeniu (PLC, DCS, I/O) pomocou I/O alebo OPC serverov, ktoré dodáva priamo spoločnosť Wonderware (produktová línia spoločnosti Invensys).

InTouch môže fungovať ako OPC klient alebo OPC server – zároveň podporuje nasledujúce komunikačné štandardy:

- OPC
- Wonderware SuitLink
- Microsoft DDE (Dynamic Data Exchange)

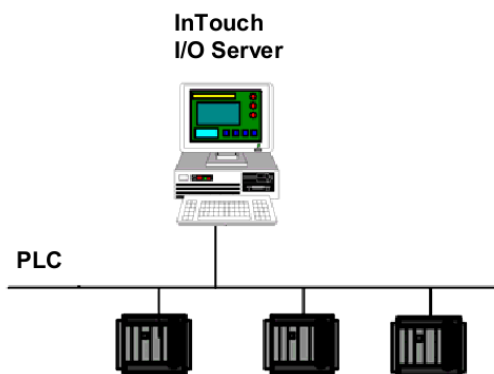
K dispozícii je zároveň sada nástrojov ArchestrA DAS Toolkit, ktorá umožňuje vývoj vlastných komunikačných serverov [11].

4.1.4 Architektúra systému InTouch pre rôzne typy priemyslu

4.1.4.1 Jednooperátorské pracovisko

Predstavuje najjednoduchšiu architektúru. Komunikácia s riadiacim systémom, vizualizácia, alarmovanie, historické logovanie sa vykonávajú v jednom uzle.

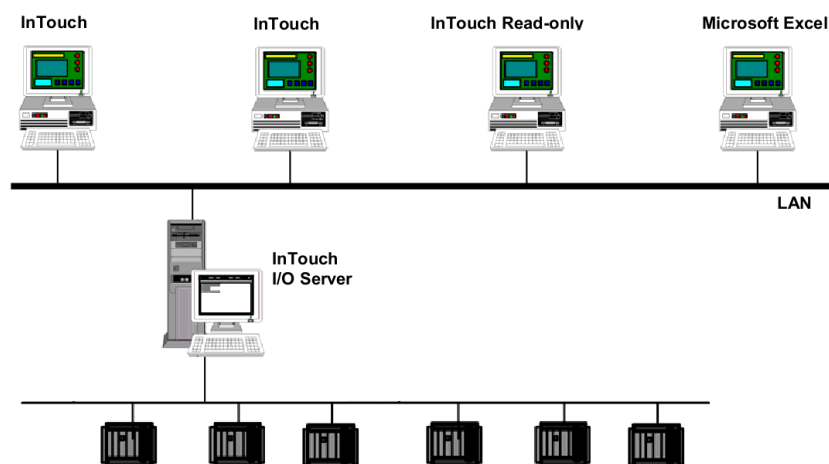
Pre komunikáciu s riadiacim systémom sú použité I/O servery (DDE, SuitLink, DAServer, OPC server).



Obrázok č. 17: Jednooperátorské pracovisko [10]

4.1.4.2 Viacoperátorské pracovisko

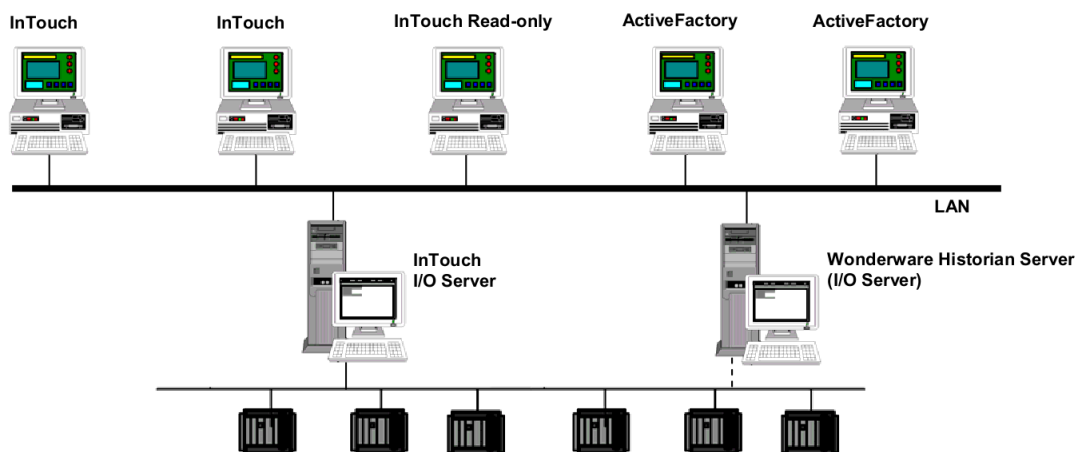
Ide typická a často používaná architektúra. Základom je hlavný uzol – počítač, na ktorom beží InTouch a I/O server si vymieňa údaje s ostatnými uzlami.



Obrázok č. 18: Viacoperátorské pracovisko [10]

4.1.4.3 Viacoperátorské pracovisko doplnené o Wonderware Historian Server

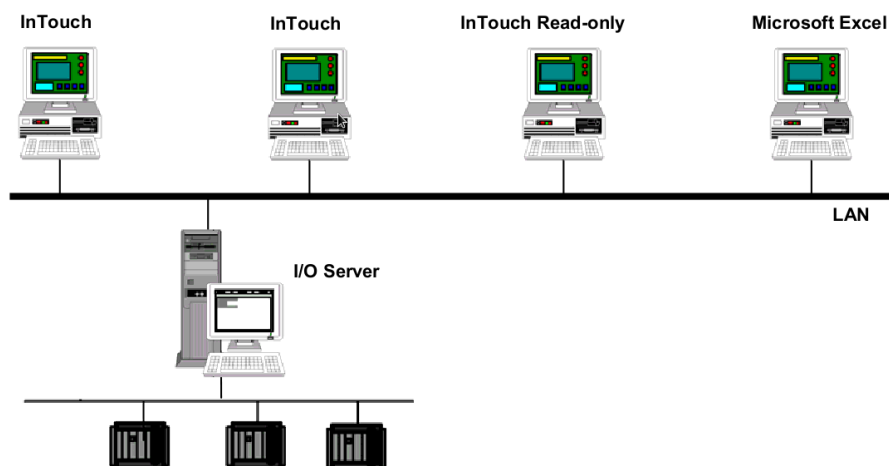
Ide v podstate o doplnenie predchádzajúcej architektúry o ďalší samostatný uzol, na ktorom beží priemyselná historizačná databáza pre uloženie údajov z procesu – Wonderware Historian Server. Klientské pracoviská sú rozšírené o uzly s bežiacimi aplikáciami Wonderware Active Factory pre analýzu údajov z Wonderware Historian Server.



Obrázok č. 19: Viacoperátorské pracovisko doplnené o Wonderware Historian Server [10]

4.1.4.4 Vyhradená stanica pre zber údajov

Pre komunikáciu s riadiacim systémom je vyhradená samostatná stanica. Táto architektúra je vhodná pre veľké aplikácie (tisíce až desaťtisíce I/O signálov z poľa) alebo pre pripojenie riadiacich systémov od rôznych výrobcov.

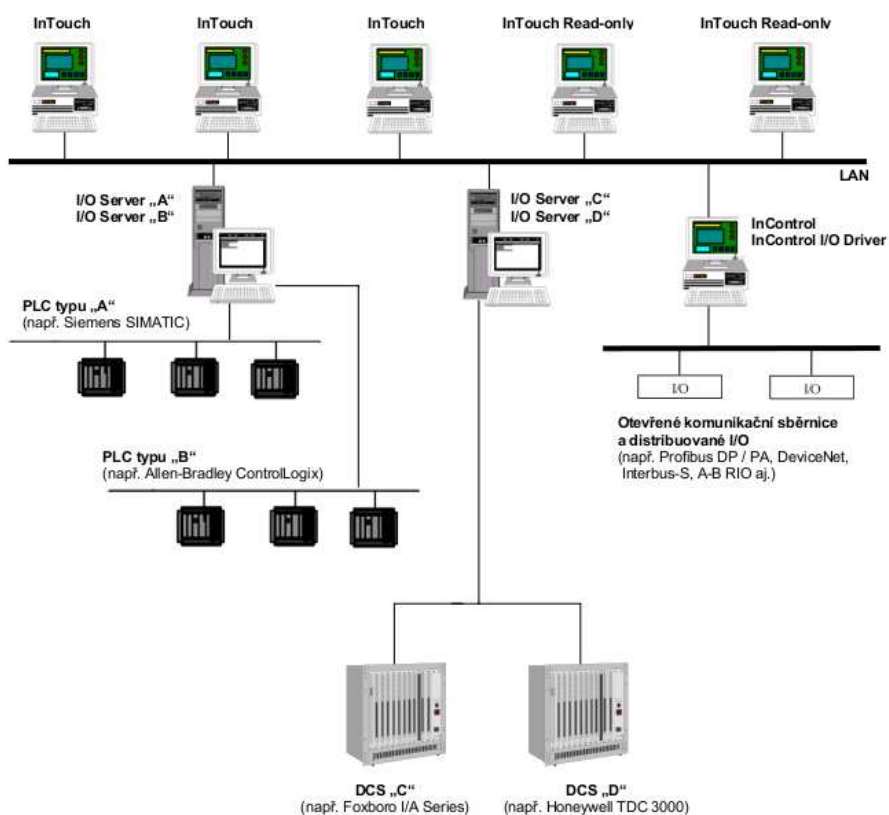


Obrázok č. 20: Vyhradená stanica pre zber údajov [10]

4.1.4.5 Súčasné pripojenie riadiacich systémov od rôznych výrobcov

Pripojenie riadiacich systémov od rôznych výrobcov. Pre komunikáciu je opäť vyhradený samostatný počítač (dátový server). V rámci aplikácie InTouch je možné v jednom užívateľskom prostredí súhrnne vizualizovať údaje z rôznych riadiacich systémov.

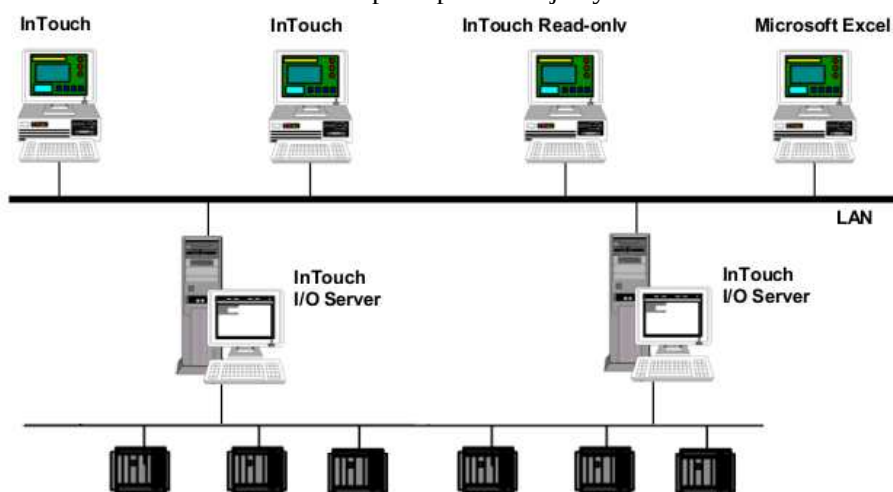
Je možné okrem tradičných riadiacich systémov zároveň pripojiť prostredníctvom Wonderware InControl progresívne otvorené komunikačné zbernice alebo firemné distribuované siete.



Obrázok č. 21: Súčasné pripojenie riadiacich systémov od rôznych výrobcov [10]

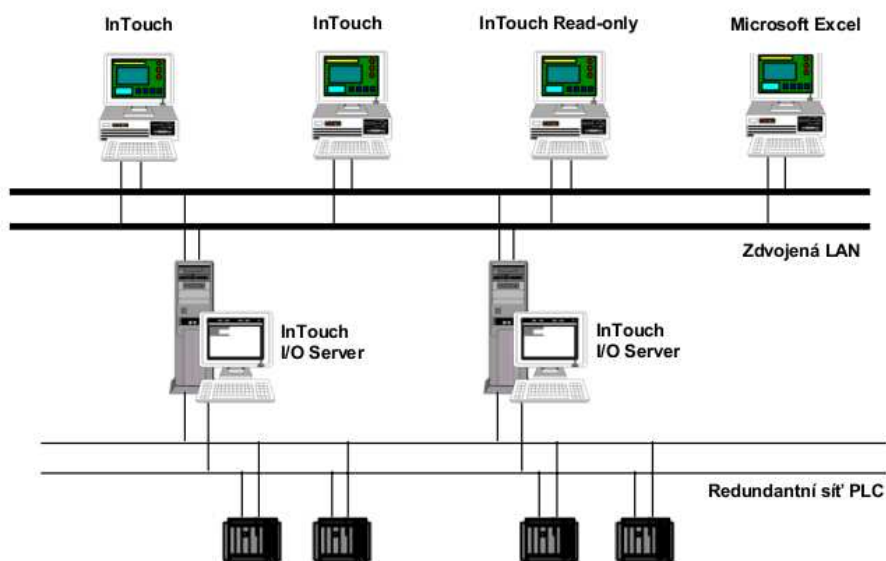
4.1.4.6 Redundantný systém

Riadiaci systém je prepojený s dvomi uzlami, ktoré obsluhujú aplikácie InTouch a I/O servery. Uzly medzi sebou môžu súčasne komunikovať. Tento prístup umožňuje vytvoriť architektúru Hot Back-Up.



Obrázok č. 22: Redundantný systém [10]

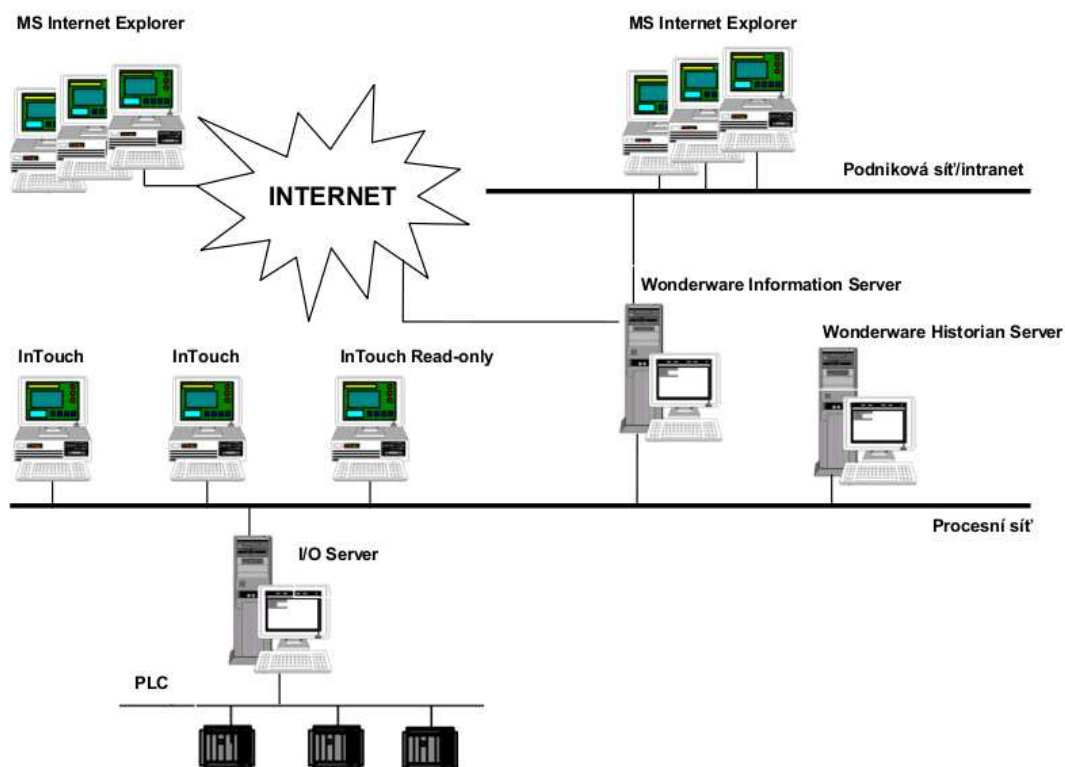
V prípade, že počítače v uzloch s aplikáciami InTouch a I/O serverami sú vybavené dvojicami komunikačných kariet je možné vytvoriť redundantný systém na všetkých komunikačných úrovniach.



Obrázok č. 23: Redundantný systém na všetkých komunikačných úrovniach [10]

4.1.4.7 InTouch v prostredí Internet/Intranet

Ide o doplnenie ďalšej komunikačnej úrovne pomocou uzla, na ktorom beží Wonderware Information Server. Wonderware Information Server publikuje procesné údaje do prostredia Internet/Intranet prostredníctvom využitia tenkých klientov.



Obrázok č. 24: InTouch v prostredí Internet/Intranet [10]

4.1.5 Základné koncepty tvorby vizualizácie v systéme InTouch

V tejto časti mojej bakalárskej práce sa venujem tvorbe vizualizácie v systéme Wonderware InTouch. Analyzujem základné koncepty tvorby vizualizácie pomocou systému InTouch.

SCADA/HMI aplikácia je vyvíjaná v prostredí InTouch Window Maker. Na nasadenie aplikácie do produkčného prostredia slúži rozhranie Window Viewer. Toto prostredie sa zároveň využíva aj na verifikáciu a debugovanie nami vytvorenej aplikácie.

4.1.5.1 Základné prvky InTouch aplikácie

Aplikáciu v systéme InTouch je možné vytvoriť z nasledujúcich prvkov:

- Okno - panel obsahujúci vizuálne elementy, ktoré opisujú operátorovi proces
- Základné objekty – grafické entity ako obdĺžnik, kruh, čiara, text
- Užívateľom definované objekty – komplexné objekty skladajúce sa z jedného alebo viacerých základných objektov, ktoré vytvárajú základné elementy v procese napr. zásobník, pumpa, ventil – komplexné objekty v systéme InTouch sú Cell, Symbol, Smart Symbol
- Preddefinované objekty – preddefinované komplexné objekty, ktoré zabezpečujú špeciálne funkcie ako napr. alarmovanie, grafy
- Animácie, animačné linky – môžu byť priradené základným aj komplexným objektom za účelom pridania dynamickej zmeny vzhľadu, poskytovania vstupov od operátora alebo zobrazenia zmien v danom procese
- Wizards – preddefinované komplexné objekty, ktoré zabezpečujú špecifické zobrazenia ako napríklad slider alebo meter
- ActiveX objekty – je možné použiť v aplikácii vytvorenej v systéme InTouch za účelom jej rozšírenia o špecifické funkcie. ActiveX objekty môžu byť vyvíjané aj tretími stranami (third-party vendors).
- Bitmapové objekty – objekty umožňujúce importovanie obrázkov, screenshotov alebo fotografií

- Archestra symbols – komplexné objekty vytvorené pomocou Symbol editoru v Archestra IDE (Integrated development environment)

4.1.5.1.1 Okná InTouch

Okná aplikácie InTouch sú panely vytvárajúce užívateľské rozhranie. Poznáme tri základné typy správania okien:

- Okno, ktoré automaticky nahradí súčasné okno, pokiaľ je vykreslené
- Pop-up okno – okno, ktoré sa zobrazí nad všetkými ostatnými oknami. Väčšinou na jeho zavretie je vyžadovaný povel operátora. Slúžia hlavne pre zobrazovanie alarmov
- Overlay okno – okno, ktoré sa zobrazuje nad momentálne otvoreným oknom. Slúžia hlavne na tvorbu viac panelových aplikácií, ktoré zobrazujú detaily z vizualizovaného procesu

Pre každé okno je možné nastaviť parametre ako veľkosť v pixeloch, farba pozadia, typ rámu.

4.1.5.1.2 Základné objekty

Základné objekty sa nachádzajú v Tool Paneli v prostredí Window Maker. Tool panel obsahuje základné grafické nástroje umožňujúce vytvoriť základné objekty. Tieto základné objekty je možné pri vývoji aplikácie kombinovať a vytvoriť komplexné objekty. Použitie objektov je totožné ako v akejkolvek inej aplikácii slúžiacej na tvorbu grafiky – systémom Drag and Drop. Každý základný objekt je možné modifikovať aj zmenou jeho parametrov, kopírovať, vkladať, rotovať alebo posúvať. Zároveň objektom je možné priradiť animačné linky.

4.1.5.1.3 Komplexné užívateľom definované komplexné objekty

Komplexné objekty sú vytvárané skladaním základných objektov za účelom vytvorenia častí, ktoré reprezentujú výrobný proces. Grafický návrh komplexných objektov by malo spĺňať základné normy P&ID štandardov.

Je možné použiť rôzne užívateľom definované komplexné objekty:

- Symbol – zoskupenie základných objektov a zároveň umožňuje pridelenie vlastností pre všetky elementy, ktoré obsahuje
- Cell – zoskupenie rovnaké ako symbol s tým rozdielom, že vlastnosti sa nastavujú individuálne pre každý element
- Smart Symbol – cell, ktorá bola vytvorená ako znovu použiteľný návrhový vzor (template)
- Archestra symbol – symboly vytvorené v Symbol Editore v Archestra IDE. Vlastnosti nastavené pre symbol v IDE sú automaticky zdedené v InTouch Window Maker.

4.1.5.1.4 Komplexné preddefinované objekty

InTouch umožňuje využívať nasledujúce preddefinované objekty reprezentujúce časti výrobného cyklu:

- Wizard
- ActiveX objekty

Typickým príkladom pre ActiveX objekt v systéme InTouch je Alarm Viewer, ktorý sa využíva na zobrazenie alarmov.

4.1.5.1.4.1 ActiveX objekty

ActiveX objekty sú objekty od tretích strán alebo od spoločnosti Wonderware, ktoré môžete umiestňovať v HMI aplikácií. ActiveX objekty majú definované vlastnosti, metódy a udalosti, ktoré je možné modifikovať.

Systém InTouch je dodávaný s niektorými preddefinovanými objektami:

- Alarm Viewer Control – zobrazenie alarmov generovaných systémom InTouch alebo akékoľvek iné alarmy v tabuľkovom výpise
- Alarm Tree Viewer – rovnaká funkcia ako Alarm Viewer, ale zobrazenie je vo forme stromu
- Pareto Alarm – umožňuje prehliadať historické alarmy v databáze alarmov

4.1.5.1.4.2 Wizard

Wizard sú navrhnuté a implementované objekty, ktoré je možné konfigurovať. Použitím wizard objektov sa skraca dĺžka potrebná na vývoj HMI aplikácie. Nie je potrebné vyvíjať individuálne komponenty.

V systéme InTouch sa nachádza niekoľko typov wizardov:

- Grafy (Trends) – používajú sa na zobrazenie hodnôt z poľa v čase – poznáme 2 základné druhy grafov:
 - o Real-time trends – grafy vykresľované v reálnom čase
 - o Historical trends – historické grafy
- Objekty užívateľského rozhrania – rozbaľovacie listy (drop-down list), combo boxy, zaškrŕavacie políčka (check boxy)

Pri vytváraní objektov je možné nastaviť rôzne parametre pre každú inštanciu objektu.

4.1.5.1.5 Animácie

Animácie (animačné linky) sú vlastnosti grafických objektov. Nastavením animácií je možné ovplyvniť chovanie a vzhľad grafických objektov. Po pridaní animačných liniek sa statické grafické objekty menia na dynamické. Pre názorné vysvetlenie je napríklad vytvorenie symbolu zásobníka, ktorý bude dynamicky ukazovať zmenu výšky hladiny. Veľmi vhodné je použitie animovaných objektov na dotykových obrazovkách napr. nastavenie hodnoty pomocou slideru (posuvníka).

Pomocou animácií je možné meniť grafické vlastnosti objektov ako farba, výplň, štýl čiary, font alebo blikanie. Interakčné animácie špecifikujú, ako môže operátor použiť dynamické objekty. Každý grafický objekt môže mať nakonfigurovaných viacero animačných liniek v závislosti od typu objektu. Veľmi podstatnou vlastnosťou systému InTouch je možnosť nakonfigurované animačné linky kopírovať medzi objektami.

V systéme InTouch môžeme potom rozoznávať dva základné typy animácií:

- zobrazovacie animácie – prezentujú operátorovi informácie. Príklady zobrazovacích animácií sú: zmena farby, zmena výšky výplne, posun objektov alebo blikanie
- interakčné animácie – sprostredkovávajú operátorovi možnosť interakcie s objektami obrazovky, alebo umožňujú nastavenie aplikácie. Príklady interakčných animácií sú napríklad tlačidlá a slidery (posuvníky)

Základné vlastnosti animačných liniek:

- zmena textu textových objektov – zapnutie/vypnutie stroja, údaje z procesu/poľa.
- zmena grafických atribútov objektov
- zmena tvaru, rotácia objektov
- zmena výplne objektov
- zmena polohy objektov
- viditeľnosť objektov

4.1.5.2 Export a import

Veľmi využívaná vlastnosť systému InTouch je možnosť exportu a importu InTouch okien z jednej HMI aplikácie do druhej. Táto možnosť znižuje čas potrebný pre vývoj nových aplikácií, pretože je možné znovu použiť už implementované okná, objekty a skripty.

Okná je možné importovať do aplikácie z externého úložiska alebo priamo z adresárovej štruktúry aplikácie.

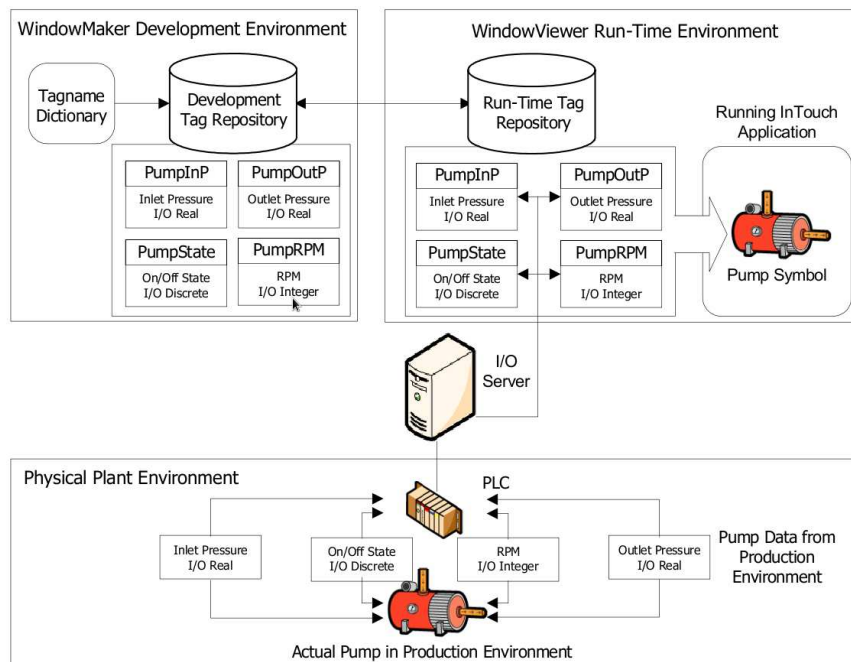
Po importovaní sa tagy použité v importovanom okne automaticky premenujú, a tým zamedzia prepísaniu tagov v aplikácii, do ktorej sa okno importuje. Maximálny počet takto premenovaných tagov je 4096 pre všetky importované okná.

Okrem importovania okien je zároveň umožnené medzi systémami presúvať aj ArchestrA symboly. ArchestrA symbol môže byť exportovaný, importovaný vo forme templátu alebo inštancie.

4.1.5.3 Tagname Dictionary

Tag reprezentuje údajový blok v aplikácii InTouch. Tagy sú vytvorené za účelom popísania časti procesu, ktorý je potrebné monitorovať alebo riadiť.

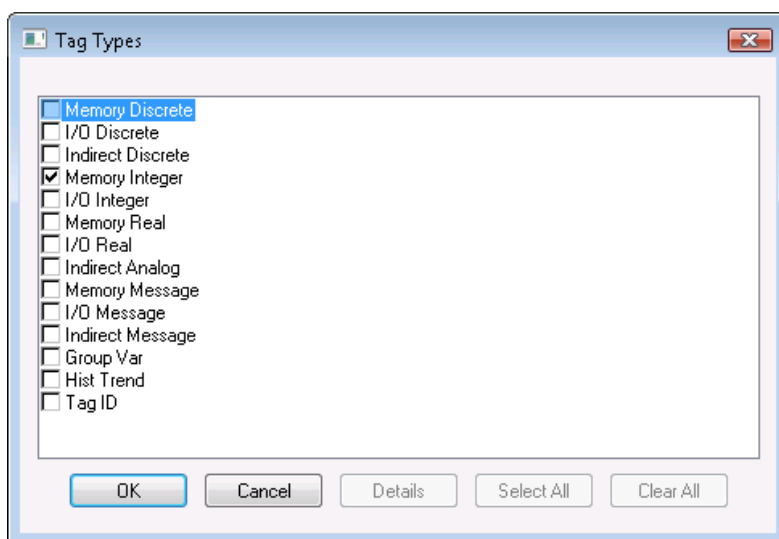
V Tagname dictionary je každý tag zadaný názvom a typom. Typ tagu hovorí o vlastnostiach daného tagu, napríklad typ I/O (Input/Output) poskytuje možnosť pripojenia k vzdialenému data bloku. Nasledujúci obrázok znázorňuje ako sú asociované údaje získané z poľa s tagmi za účelom ich vizualizácie:



Obrázok č. 25: Priradenie meraných veličín a tagov

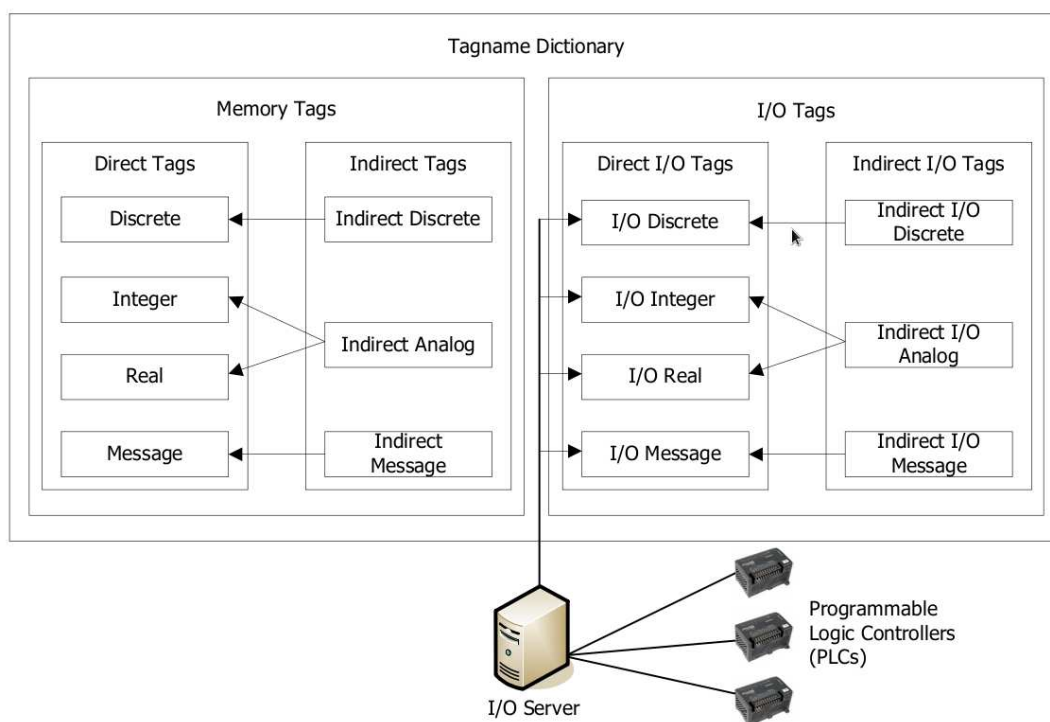
4.1.5.3.1 Typy tagov

V systéme InTouch je definovaných niekoľko typov tagov v závislosti na ich použití a type dát, ktorých sú nositeľmi.



Obrázok č. 26: Typy tagov

4.1.5.3.2 Typy dát



Obrázok č. 27: Typy dát

V HMI aplikácií je tagom možné priradiť štyri rôzne typy dát na základe procesných údajov, ktoré sú s nimi asociované. Predchádzajúci obrázok ukazuje, ako sú špecifikované typy tagov pre typy dát integer, real, discrete a message.

4.2 FoxDraw

FoxDraw je grafický editor a konfigurátor, pomocou ktorého je možné vytvárať dynamickú procesnú grafiku pre sériu Foxboro I/A [9](Intelligent Automation) zobrazenú cez aplikáciu FoxView.

Vytvorená procesná grafika môže reprezentovať prevádzku, časť technologického procesu alebo detailnú časť procesu. Grafické objekty nachádzajúce sa na displeji je možné pripojiť na signály z pol'a, a tým vytvoriť dynamické grafické prostredie pre operátora.

FoxDraw poskytuje množstvo vlastností, ktoré znižujú čas potrebný na vývoj, konfiguráciu a správu operátorských displejov. Spolu s aplikáciou je dodaná aj obsiahla knižnica grafických objektov spĺňajúcich štandard ISO, ktoré je možné použiť pre tvorbu grafiky. Tieto objekty je možné následne spájať do paliet pre rýchly prístup. Zároveň je umožnené vytvárať vlastné grafické objekty, ako aj palety. FoxDraw zároveň umožňuje použitie aliasov namiesto tagnámov pre vytvorenie znovu použiteľných grafických objektov.

FoxDraw zároveň poskytuje nástroje na dávkové spracovanie grafiky pomocou skriptovania alebo jej importovanie z AutoCAD súborov, poprípade Foxboro Display Managera.

4.2.1 Základné koncepty tvorby vizualizácie v aplikácii FoxDraw

Okno FoxDraw poskytuje prostredie pre vývoj, editáciu a konfiguráciu grafiky. Obsahuje časti ako menu, panel nástrojov, stavové okno a okno určené na prácu. Vývoj grafiky je realizovaný klasickým spôsobom ako ostatné WYSIWYG editori - objekty je možné kresliť za použitia myši a klávesnice.

Displej je potom vytvorený pomocou základných typov grafických objektov, ktoré môžu byť spájané do komplexnejších objektov.

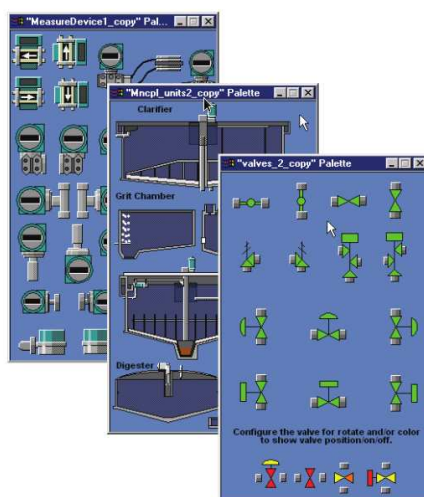
Typy objektov:

- Bitmapa – displej môže obsahovať jeden alebo viac obrázkov
- Graf (Trend) – displej môže obsahovať jeden alebo aj viac objektov typu graf za účelom zobrazenia procesných veličín v čase. Vykreslenie pomocou X/Y grafu umožňuje monitorovať reláciu medzi dvomi meranými procesnými veličinami.
- Faceplate – objekt, ktorý ukazuje na displeji parametre riadiacich blokov
- Základný (primitívny) objekt – primitívne sú základné grafické objekty (entity) ako čiara, obdĺžnik, lomená čiara, krivka, uzavretá krivka, výsek, výsek vytvorený z troch bodov, text, atď.

Knižnica objektov – knižničné objekty (.m1 súbor) sú objekty, ktoré rozoznáva aplikácia FoxDraw. Tieto objekty sú umiestnené v súborovej štruktúre nasledovne:

- \opt\fox\displib
- \opt\customer\displib

Uložené knižničné objekty sú preddefinované objekty, ktoré sa skladajú zo základných grafických objektov a sú rozdelené do skupín. Každá skupina má v adresárovej štruktúre svoj vlastný adresár: bitmaps, buttons, faceplates, faceplates_1, grids, markers, palettes, Profile Plots, symbols, templates, trends a X/Y plots. Aplikácia FoxDraw obsahuje v knižnici viac ako 1000 objektov a je možné vytvárať vlastné komplexné objekty.



Obrázok č. 28: Paleta objektov v aplikácii FoxDraw [9]

4.2.1.1 Základné typy okien v aplikácii FoxDraw

Podľa použitia a vlastností rozdeľujeme okná v aplikácii FoxDraw do nasledujúcich skupín:

- Základné okno (Base display) – zobrazená je plocha celého okna (100 svetových súradnicových jednotiek na 75 svetových súradnicových jednotiek). V aplikácii FoxView pri otvorení takéhoto typu displeja sa predchádzajúci displej zavrie. Pri otvorení overlaya sa tento typ displeja nezavára. Základné okno/displej je možné prekresliť celooobrazkovým overlayom. Tieto typy okien/displejov majú súborovú príponu fdf.
- Overlay okno (Overlay display) – overlay sa otvára nad základným oknom – nezavára ho, neprekresľuje. Základné veľkosti overlaya sú celá okno, pol okno (horizontálne alebo vertikálne), štvrt' okno, osmina okna alebo užívateľom definovaná veľkosť.
- Objekt grafickej knižnice (Library object) – súbor prilinkovaný k základnému displeju. Objekty grafickej knižnice zahŕňa faceplaty, grafy, symboly, markery a tlačidlá.
- Paleta – okno obsahujúce grafické objekty, ktoré je možné skopírovať do displeja. Urýchľuje prístup k frekventovane používaným grafickým objektom z grafickej knižnice.

4.2.1.2 Typy súborov využívaných aplikáciou FoxDraw a ich konverzia

V aplikácii FoxDraw je možné využívať nasledujúce typy súborových formátov:

- .fdf – súbory displejov. V súboroch sú uložené informácie v binárnej podobe, ktoré sa vzťahujú na základné okná a overlaye. Tieto súbory vytvára aplikácia FoxDraw a sú zobrazované pomocou aplikácie FoxView.
- .pdf – starší binárny formát displejov používaných na staniciach série 50 (50 series workstation). Tieto typy súborov je možné konvertovať pomocou aplikácie Display Converter na súbory fdf.
- .m1 – knižničné objekty. Tieto binárne súbory obsahujú objekty aplikácie FoxDraw ako faceplaty, grafy, symboly, palety, markery a tlačidlá.
- markery série 50 – tieto typy súborov je možné prekonvertovať pomocou aplikácie Display Converter na knižničné objekty - súbory .m1. Konvertované súbory sú uložené v adresároch \opt\fox\displib\Markers alebo \opt\customer\displib\Markers.
- .dxf – binárne súbory aplikácie AutoCAD. Súbory .dxf sa konvertujú do formátu aplikácie FoxDraw .fdf pomocou aplikácie Display Converter. Momentálne FoxDraw podporuje súbory aplikácie AutoCAD 12.0.
- Bitmapové súbory (.i alebo .bmp) – bitmapové súbory môžu byť prilinkované do základných displejov (base display), overlayov alebo knižničných objektov. Bitmapy nie sú konvertované a zároveň nie sú

uložené priamo v súbore .fdf alebo .m1. Aplikácia FoxDraw ukladá v súboroch .fdf, .m1 iba referenciu. Súbory sa nachádzajú v adresároch \opt\fox\displib\Bitmaps alebo \opt\customer\displib\Bitmaps.

- ASCII súbory .g – tieto súbory sú nezávislé na platforme, na ktorej je aplikácia FoxDraw nainštalovaná. Pokiaľ chceme súbor .g otvoriť, aplikácia FoxDraw ho automaticky prekonvertuje na súbor .fdf. Údaje o objektoch sú v súboroch .g uložené v textovom formáte, a preto sú vhodné na programové spracovanie a hromadné úpravy.

Súborová štruktúra, ktorú využíva aplikácia FoxDraw pre ukladanie súborov:

Tabuľka č. 4: Adresárová štruktúra aplikácie FoxDraw

Element	Adresár	Prípona súboru
Bitmaps	\opt\fox\displib\Bitmaps	.bmp (.i when moved to a Solaris workstation)
Buttons	\opt\fox\displib\Buttons	.m1
Faceplates	\opt\fox\displib\Faceplates and \opt\fox\displib\Faceplates_1	.m1
Grids	\opt\fox\displib\Grids	.grd
Markers (converted 50 Series Foxboro graphic symbols)	\opt\fox\displib\Markers	.m1
Palettes	\opt\fox\displib\Palettes	.m1
Profile plots	\opt\fox\displib\ProfilePlots	.m1
Symbols (tanks, valves, and so on)	\opt\fox\displib\Symbols - and - \opt\fox\displib\Symbols_1	.m1
Templates	\opt\fox\displib\Templates	.m1
Trends	\opt\fox\displib\Trends	.m1
Temporary storage of unsaved user files	\opt\fox\displib\Work	.m1
X/Y plots	\opt\fox\displib\XYplots	.m1

Veľmi dôležitá časť štruktúry súborov je aj súbor colordef.dat, ktorý definuje paletu farieb použitú pri tvorbe vizualizácie. Tento súbor sa nachádza v \usr\fox\wp\data\colordef.dat.

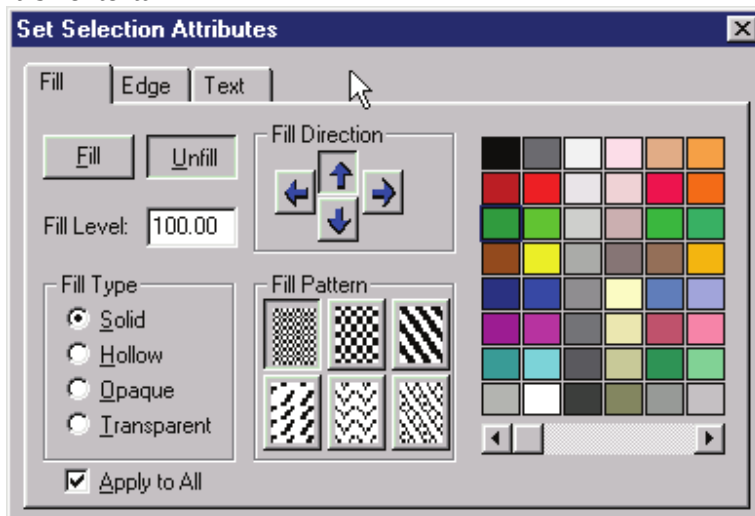
4.2.1.3 Vytvorenie a konfigurácia objektov

Grafické objekty sa vytvárajú buď priamo nakreslením objektu zo základných grafických objektov, ako sú obdĺžnik, krivka, čiara, text, lomená čiara, kopírovaním alebo prilinkovaním z knižnice grafických objektov. S vytvorenými objektami je možné manipulovať a meniť ich grafické vlastnosti. Vlastnosti objektov podľa ich prezentácie rozdelíme na statické a dynamické. Aplikácia FoxDraw ponúka niekoľko nástrojov, ako manipulovať s vytvorenými objektami:

- vystrihnutie, kopírovanie a vkladanie
- zarovnanie a zmenu veľkosti
- posun a rotáciu
- definovanie osi rotácie
- prilnutie na grid

Aplikácia FoxDraw umožňuje meniť statické grafické vlastnosti objektov ako:

- farba, štýl, smer a podklad výplne
- farba, hrúbka a štýl ohraničujúcej čiary
- farba, font, štýl a smer textu



Obrázok č. 29: Menu pre nastavenie grafických vlastností objektov v aplikácii FoxDraw [9]

Akýkoľvek objekt môže byť nakonfigurovaný zobrazovať hodnotu procesnej premennej (hodnota z pol'a), alebo vytvárať interakciu medzi operátorom a systémom pomocou dynamických grafických vlastností objektov [9]:

- výška, farba, štýl alebo podklad výplne
- farba, štýl a hrúbka čiary hrany
- farba, font, štýl, obsah alebo smer textu
- zmena polohy objektu na obrazovke
- viditeľnosť
- veľkosť a orientácia
- blikanie

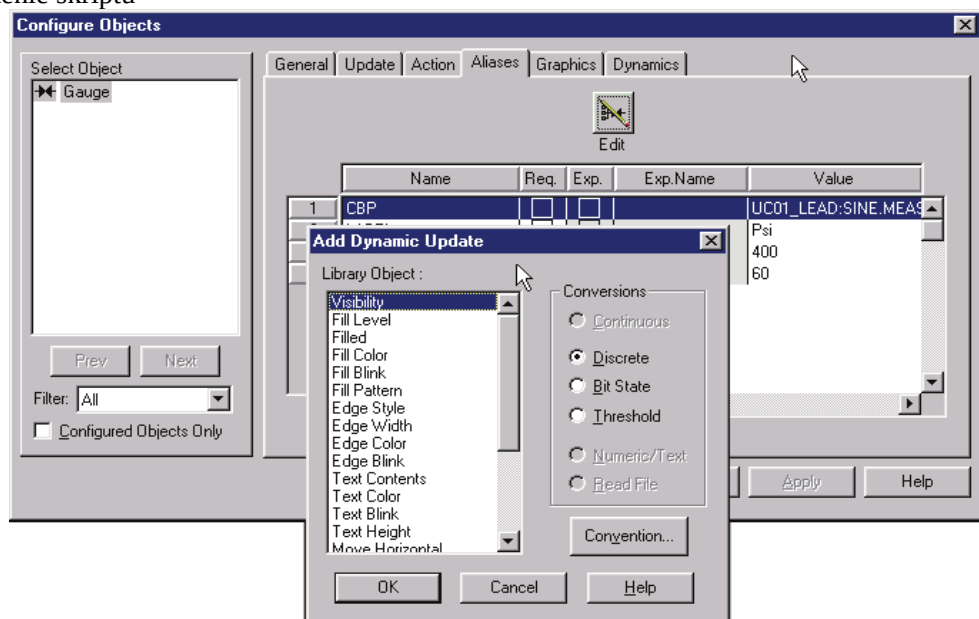
Všetko tieto vlastnosti môžu byť modifikované na základe zmeny spojitej, diskkrétnej premennej, bitovej mapy, nábežnej hodnoty alebo zmeny obsahu súboru – tabuľka č.5.

Tabuľka č. 5: Tabuľka možností konfigurácie dynamických vlastností pre grafické objekty

Dynamické vlastnosti	Priamka	Nadväzujúce úsečky Krivka	Mnohouh, olník, Uzavretá krivka	Kruh, Výsek kruhu	Text	Text pozadia	Bitová mapa	Skupina	Objekt knižnice
Visibility	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fill Level		X	X	X		X			X
Filled		X	X	X		X		X	X
Fill Color		X	X	X		X		X	X
Fill Blink		X	X	X		X		X	X
Fill Pattern		X	X	X		X		X	X
Edge Style	X	X	X	X		X		X	X
Edge Width	X	X	X	X		X		X	X
Edge Color	X	X	X	X		X		X	X
Edge Blink	X	X	X	X		X		X	X
Text Contents					X	X			X
Text Color					X	X		X	X
Text Blink					X	X		X	X
Text Height					X	X		X	X
Move	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Radius				X					
Arc Length				X					
Rotate	X	X	X	X	X	X		X	X
Scale	X	X	X	X		X	X	X	X

Zároveň každý objekt môže byť nakonfigurovaný vykonať určitú činnosť. Tieto činnosti zahŕňajú:

- otvorenie, zatvorenie displeja alebo overlaya
- nastavenie procesnej premennej
- spustenie skriptu



Obrázok č. 30: Menu pre konfiguráciu dynamických vlastností objektov aplikácie FoxDraw

4.2.1.4 Konvencie

Grafické objekty je možné konfigurovať buď individuálne alebo pomocou konvencií. Konvencia je zoskupenie nakonfigurovaných dynamických vlastností. Používanie konvencií rapídne znižuje čas potrebný na konfiguráciu HMI displeja.

Pre inžiniera sú dostupné konvencie definované spoločnosťou Invensys, alebo je možné definovať vlastné.

Konvencie umožňujú:

- aplikovať skupinu dynamických nastavení na grafický objekt
- vytvorenú konvenciu je možné použiť na rôzne grafické objekty
- použitie konvencií znižuje chyby spôsobené ľudským faktorom pri konfigurácii
- pokiaľ inžinier zmení konvenciu, táto zmena sa automaticky prejaví vo všetkých objektoch, ktoré ju používajú [9]

4.2.1.5 Linkovaný objekt vs. kopírovaný objekt

Pokiaľ sa rozhodneme vytvoriť nový objekt z knižnice, je potrebné sa rozhodnúť, aký prístup pre daný objekt použijeme. Obidva prístupy majú svoje výhody aj nevýhody.

4.2.1.5.1 Linkovaný objekt

Z knižnice objektov je možné objekt prilinkovať do základného okna (base display), overlayu alebo do iného knižničného objektu.

Prilinkovanie objektu má tieto výhody:

- pokiaľ sa zmení definícia linkovaného objektu, zmenia sa aj všetky linky daného objektu – jednoduché upravovanie vytvorených displejov
- okno, ktoré používa linkované objekty, má uniformný vzhľad
- displej zaberá na disku menej miesta

Prilinkovanie objektu má tieto nevýhody:

- nie je možné meniť statické a dynamické vlastnosti objektov – možnosť ich zmeniť až v knižnici objektov
- pokiaľ je prilinkovaný objekt vymazaný alebo poškodený, ovplyvní to všetky linky daného objektu v displejoch

4.2.1.5.2 Kopírovaný objekt

Kopírovaný objekt (inštancia objektu) na rozdiel od linkovaného objektu je samostatná inštancia. Môže to byť kópia existujúceho objektu, ale zmeny vlastností pôvodného objektu jeho vlastnosti nezmenia.

4.2.2 Prístup k procesným premenným v I/A DCS

FoxDraw pre prístup k procesným premenným v I/A DCS používa AIM*API alebo FoxAPI. Získava nasledujúce procesné premenné:

- Compound Summary Access (CSA) – prístup k údajom v tvare Compound/Block
- Procesné informácie uložené v AIM*Historian
- Parametre z CP (control processor) databázy
- Aplikácia FoxDraw pre získanie dát využíva klient/server architektúru. Pokiaľ je server iná stanica na sieti, FoxDraw vytvorí spojenie pomocou protokolu TCP/IP pre pripojenie k AIM*API alebo FoxAPI serveru.

FoxDraw využíva dve metódy na zistenie, ktorý server je možné použiť na zber údajov:

- Vytvorenie konfiguračného zoznamu dostupných serverov – pri tejto metóde je potrebné vytvoriť inicializačný súbor pre klientskú aplikáciu (súbor `an_init.cfg`), ktorý bude obsahovať meno serveru, IP adresu serveru, port pre všetky stanice pripojené k aplikácii FoxDraw.
- Broadcast – pri štarte aplikácie je vyslaná broadcastová správa ku všetkým staniciam na sieti a je vytvorené spojenie s každým z API serverov

Pri načítaní údajov je možné používať procesné premenné alebo zdieľané premenné. V nasledujúcej tabuľke je vysvetlený syntax zápisu premenných.

Syntax	Popis
Compound:Block.Parameter	Získanie parametra bloku.
.Parameter	Tento zápis je podporovaný iba v knižničných objektoch. Compound:Block je potrebné definovať.
Compound.Parameter	Získanie parametra compoundu.
Shared_variable	Zdieľaná premenná
\$NAME	Táto premená bude nahradená premenou NAME. Premenná NAME musí byť typu string a musí byť premenná prostredia, alebo zdieľaná premenná

Tabuľka č. 6: Syntax zápisu premenných v aplikácii FoxDraw

4.2.3 Kreslenie objektov

4.2.3.1 Objekty FoxDraw

Do displeju je možné pridať tieto typy objektov:

- primitívne objekty
- bitmapy
- knižničné objekty – tlačidlá, symboly, faceplaty, grafy, X/Y grafy, markery

Pre vytvorenie primitívnych objektov sa využíva menu kresliacich nástrojov. Z primitívnych objektov je možné ďalej vytvárať komplexné objekty a z nich ďalej vytvárať knižnicu objektov.

4.2.3.1.1 Referenčné body

Referenčný bod objektu alebo zoskupenia objektov je bod:

- okolo ktorého objekt/objekty rotujú
- z ktorého sa objekt zmenšuje/zväčšuje
- podľa ktorého sa zarovnáva do gridu
- podľa ktorého sa objekt/objekty zarovnávajú/pripájajú k iným objektom

Objekt môže byť asociovaný až s tromi módmi práce s použitím bodov: mód bodov (point mode), mód stredového bodu (center mode), mód referenčného bodu (reference mode).

- Mód bodov – základný mód, v ktorom sa pracuje. Ukotvený je opačný bod ako ten, s ktorým sa pracuje. Napríklad pri zmene veľkosti objektu ťaháme pravý horný roh a ľavý horný roh je ukotvený.
- Stredový bod – ukotvenie je v stredovom bod
- Referenčný bod – ukotvenie je v referenčnom bode

4.2.4 Optimalizácia displejov

Pre nakreslenie displeja, ktorý sa bude optimálne zobrazovať pomocou aplikácie FoxView je vhodné dodržať niektoré návyky práce s aplikáciou FoxDraw:

- Pokiaľ je možné, je vhodné používať viditeľné hrany objektov.
- Namiesto obdĺžnikov používať polygóny – obdĺžniky sú vytvorené iba pomocou dvoch bodov. Aplikácie FoxDraw a FoxView zostávajúce dva body dopočítavajú. Čas potrebný pre tento výpočet môže byť ďalej predĺžený napríklad rotáciou obdĺžnika. Polygón je uložený so všetkými bodmi a nie je potrebné dopočítanie súradníc.
- Namiesto kružníc a oblúkov používať polygóny – vykreslenie kružníc trvá tri krát dlhšie ako vykreslenie polygónov. Toto nahradenie je potrebné urobiť iba v prípade, že veľké množstvo kružníc na displeji rapídne zvyšuje čas potrebný na vykreslenie displeja.
- Používať bitmapy v rozumnom množstve – bitmapy môžu nahrádzať niektoré časti grafiky, ale ich použitie znižuje výkon.
- Používať linkované knižničné objekty – pokiaľ je to možné, je vhodné používať linkované grafické objekty na rozdiel od viacnásobného použitia symbolov. Táto optimalizácia zabráni opakovanému nahratiu symbolov pri načítaní displeja. Použitie linkovaných objektov zároveň znižuje potrebný priestor na disku a zvyšuje možnosť rýchlych zmien v grafických objektoch.
- Izolovať dynamické objekty od statických – pri tvorbe displejov je vhodné sa vyhnúť prekrytiu dynamického a statického objektu. V niektorých prípadoch toto prekrytie môže spôsobiť blikanie objektov.

5 Príklady vizualizácie technologických procesov pomocou SCADA/HMI systémov spoločnosti Invensys

V tejto časti mojej bakalárskej práce sa budem zaoberať tvorbou príkladov vizualizácie pomocou HMI systému InTouch a HMI aplikácie FoxDraw. V oboch systémoch som vytvorila ukážky najpoužívanejších typov operátorských displejov a to: procesný displej, graf, overlay na zobrazenie a nastavenie parametrov riadiacich blokov, trip displej, sekvenčný displej a zoznam alarmov.

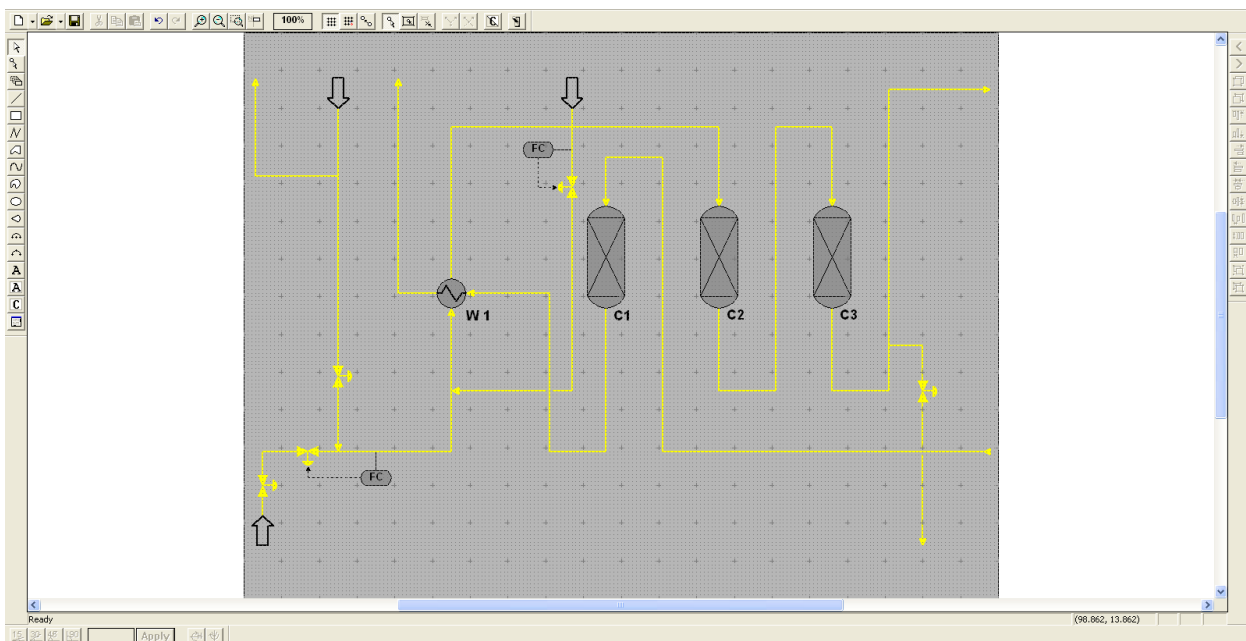
Po porovnaní produktov InTouch a FoxDraw a analýze štruktúry tvorby vizualizácie technologických procesov som sa rozhodla nevytvárať tie isté typy operátorských displejov v oboch SCADA/HMI produktoch. Základný postup štruktúry tvorby týchto displejov je vo svojej podstate identický pre obidva produkty. Nebudem sa zároveň zaoberať popisovaním tvorby základných grafických objektov, keďže táto činnosť je vo svojej podstate veľmi intuitívna a do veľkej hĺbky popísaná v dokumentácii k spomínaným SCADA/HMI produktom. Ako som už písala v predošlých kapitolách základné grafické objekty sa tvoria spôsobom drag & drop – tento spôsob vytvárania základných grafických objektov je rovnako používaný v CAD aplikáciach, ako aj grafických editoroch.

5.1 Príklady vizualizácie vytvorené v aplikácii FoxDraw

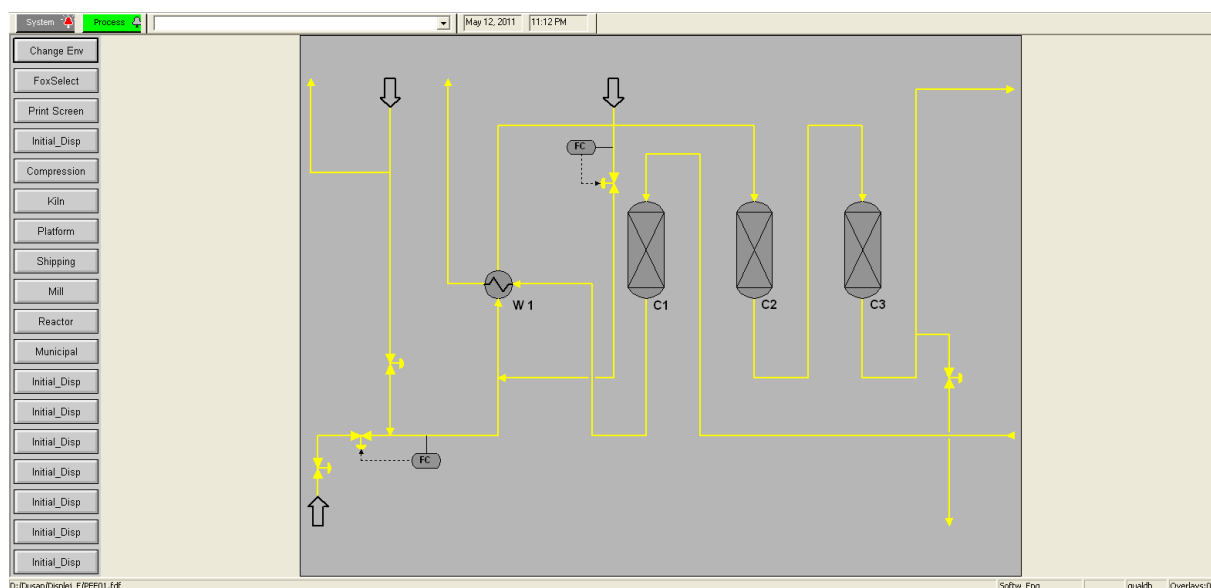
V aplikácii FoxDraw som vytvorila príklady pre statickú vizualizáciu technologického procesu a dynamickú vizualizáciu jednoduchej spätnoväzbovej regulácie výmenníka tepla. Objekty pre dynamickú vizualizáciu som nakonfigurovala podľa poskytnutých špecifikácií. Spätnoväzbová regulačná slučka vytvorená v DCS I/A mi bola poskytnutá mojim konzultantom za účelom verifikácie a otestovania správneho fungovania grafických objektov.

5.1.1 Statická vizualizácia technologického procesu

V prvom prípade išlo o jednoduché prekreslenie časti P&ID diagramu do operátorského displeja. Principiálne išlo o vytvorenie jednoduchých grafických symbolov, ktoré som následne použila pri kreslení operátorského displeja. Tieto symboly som vytvorila z jednoduchých grafických objektov. Symboly, ktoré som vytvorila, som iba priamo kopírovala – nelinkovala som ich z knižnice objektov.



Obrázok č. 31: Statická vizualizácia technologického procesu - rozhranie FoxDraw



Obrázok č. 32: Statická vizualizácia technologického procesu - rozhranie FoxView

Po dokreslení displeja mi bola položená otázka, ako by som vytvorený displej nakonfigurovala. Keďže grafické objekty som nelinkovala z knižnice objektov, musela by som nakonfigurovať každý objekt samostatne. Po tejto skúsenosti som si uvedomila, prečo je vhodnejšie najskôr vytvoriť generické symboly – symboly obsahujúce predkonfigurovanú dynamickú grafiku, ktoré sú neskôr použité pri tvorbe displeja. Na začiatku vývoja operátorského displeja je činnosť tvorby generických symbolov, grafov a overlayov časovo náročná, ale v priebehu tvorby sa niekoľkonásobne vráti. Môj konzultant ma upozornil, že bežný projekt obsahuje niekoľko stoviek, až tisícov displejov.

5.1.2 Dynamická vizualizácia jednoduchkej spätnoväzbovej regulácie výmenníka tepla

Pri tvorbe jednoduchkej spätnoväzbovej regulácie výmenníka tepla som sa rozhodla po predchádzajúcich skúsenostiach vytvoriť najprv generické objekty, ktoré použijem pri vývoji displeja.

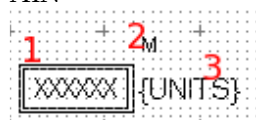
Generické objekty som konfigurovala podľa špecifikácie, ktorá mi bola poskytnutá, aby som mohla využiť vytvorenú testovaciu riadiacu databázu pre I/A. Použité boli základné objekty tvoriace riadiacu slučku AIN, AOUT, PIDA. Tieto bloky a informácie získané pomocou ich parametrov zobrazujem pomocou nasledujúcich typov objektov:

- procesné objekty – vizualizácia blokov AIN, AOUT, PIDA – poskytujúca operátorovi informácie o procese
- overlaye – overlay displeje som použila pre detailnejší nadhľad na procesné objekty
- grafy – pre vykreslenie procesných hodnôt v čase
- zobrazenie alarmových stavov – vytvorila som grafické objekty pre zobrazenie alarmových stavov procesných veličín

5.1.2.1 Procesné objekty

Procesné objekty sú vytvorené za účelom základného prehľadu stavu procesu a poskytujú základné ukazovatele pre operátora. Vizualizáciu objektov AIN, AOUT a PIDA som navrhla nasledovne.

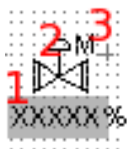
AIN



Obrázok č. 33: Generický symbol bloku AIN

1. Zobrazenie parametra PNT bloku AIN riadiaceho systému I/A vo forme numerického displeja. Zmena podkladovej farby podľa parametra ALMSTA bloku AIN riadiaceho systému I/A. Otvorenie overlaya pre blok AIN riadiaceho systému I/A.
2. Zobrazenie parametra MA bloku AIN riadiaceho systému I/A – prepínanie medzi módom auto a manual.
3. Zobrazenie inžinierskych jednotiek bloku AIN riadiaceho systému I/A.

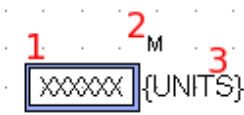
AOUT



Obrázok č. 34: Generický symbol bloku AOUT

1. Zobrazenie parametra OUT bloku AOUT riadiaceho systému I/A vo forme numerického displeja.
2. Zmena farby symbolu pri hodnote parametra OUT väčšej ako 1.0 bloku AOUT riadiaceho systému I/A. Otvorenie overlaya pre blok AOUT riadiaceho systému I/A.
3. Zobrazenie parametra MA bloku AOUT riadiaceho systému I/A – prepínanie medzi módom auto a manual.

PIDA



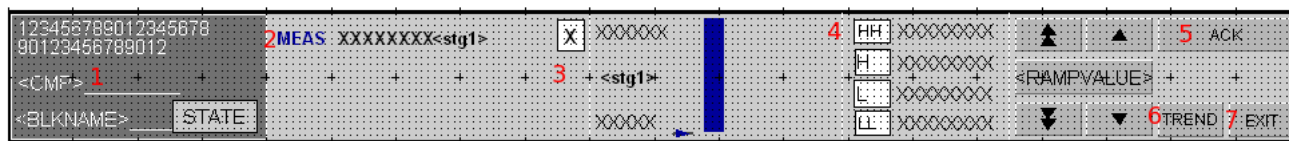
Obrázok č. 35: Generický symbol bloku PIDA

1. Zobrazenie parametra MEAS bloku PIDA riadiaceho systému I/A vo forme numerického displeja. Zmena podkladovej farby podľa parametra ALMSTA bloku PIDA riadiaceho systému I/A. Otvorenie overlaya pre blok PIDA riadiaceho systému I/A.
2. Zobrazenie parametra MA bloku PIDA riadiaceho systému I/A – prepínanie medzi módom auto a manual.
3. Zobrazenie inžinierskych jednotiek bloku PIDA riadiaceho systému I/A.

5.1.2.2 Overlaye

Overlaye som použila pre detailnejšie zobrazenie údajov o blokoch AIN, AOUT a PIDA. Pre každý z týchto blokov som vytvorila samostatný overlay. Na overlayi sa nachádzajú základné informácie o procesných premenných, tlačidlá pre potvrdzovanie alarmov a prepínanie režimu AUTO/MANUAL. Z overlayu je zároveň možné otvoriť ďalšie grafické objekty ako grafy a faceplaty.

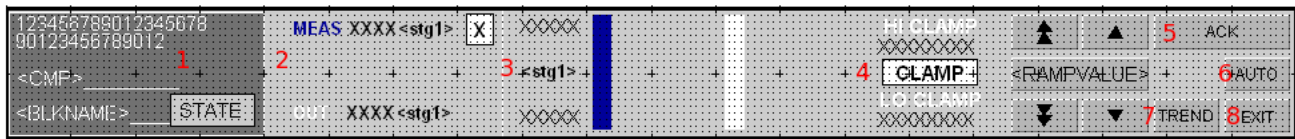
AIN



Obrázok č. 36: Overlay pre blok AIN

1. Zobrazenie informácií o bloku AIN riadiaceho systému I/A . Otvorenie faceplatu pre blok AIN riadiaceho systému I/A.
2. Zobrazenie parametra PNT bloku AIN riadiaceho systému I/A a inžinierskych jednotiek – parameter EO1.
3. Zobrazenie hornej a dolnej hranice – parametre HSCO1 a LSCO1 bloku AIN riadiaceho systému I/A. Zobrazenie inžinierskych jednotiek – parameter EO1.
4. Zobrazenie alarmových limitov a alarmov – parametre HHALIM, HHAOPT, HAL, HLOP, LAL, HLOP, LLALIM, HHAOPT bloku AIN riadiaceho systému I/A.
5. Potvrdenie alarmov bloku AIN riadiaceho systému I/A.
6. Otvorenie overlaya s grafom pre blok AIN riadiaceho systému I/A.
7. Zatvorenie overlaya pre blok AIN riadiaceho systému I/A.

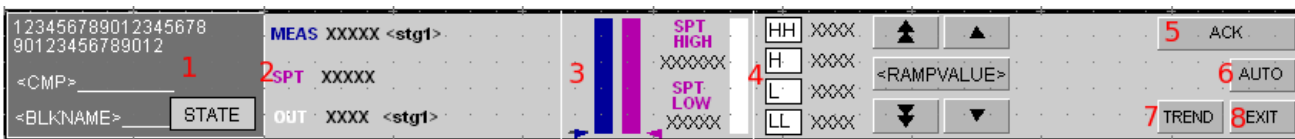
AOUT



Obrázok č. 37: Overlay bloku AOUT

1. Zobrazenie informácií o bloku AOUT riadiaceho systému I/A . Otvorenie faceplatu pre blok AOUT riadiaceho systému I/A.
2. Zobrazenie parametra MEAS bloku AOUT riadiaceho systému I/A a inžinierskych jednotiek – parameter EI1. Zobrazenie parametra OUT bloku AOUT riadiaceho systému I/A a inžinierskych jednotiek – parameter EO1.
3. Zobrazenie hornej a dolnej hranice – parametre HSCO1 a LSCO1 bloku AOUT riadiaceho systému I/A. Zobrazenie inžinierskych jednotiek – parameter EO1. Zobrazenie parametrov MEAS a OUT bloku AOUT riadiaceho systému I/A vo forme indikátorov.
4. Zobrazenie horného a dolného výstupného limitu bloku AOUT riadiaceho systému I/A. Indikácia úplného otvorenia ventilu.
5. Potvrdenie alarmov bloku AOUT riadiaceho systému I/A.
6. Prepnutie módu z auto na manuál pre blok AOUT riadiaceho systému I/A.
7. Otvorenie overlaya s grafom pre blok AOUT riadiaceho systému I/A.
8. Zatvorenie overlaya pre blok AOUT riadiaceho systému I/A.

PIDA



Obrázok č. 38: Overlay bloku PIDA

1. Zobrazenie informácií o bloku PIDA riadiaceho systému I/A . Otvorenie faceplatu pre blok PIDA riadiaceho systému I/A.
2. Zobrazenie parametra MEAS bloku PIDA riadiaceho systému I/A a inžinierskych jednotiek – parameter EI1. Zobrazenie parametra OUT bloku PIDA riadiaceho systému I/A a inžinierskych jednotiek – parameter EO1. Zobrazenie set pointu – parameter SPT bloku PIDA riadiaceho systému I/A.
3. Zobrazenie hodnoty parametrov MEAS a SPT bloku PIDA riadiaceho systému I/A formou indikátorov. Zobrazenie parametrov SPLIM a SPHLIM parametrov bloku PIDA riadiaceho systému I/A.
4. Zobrazenie alarmových limitov a alarmov – parametre HHALIM, HHAOPT, HAL, HLOP, LAL, HLOP, LLALIM, HHAOPT bloku PIDA riadiaceho systému I/A.
5. Potvrdenie alarmov bloku PIDA riadiaceho systému I/A.
6. Prepnutie módu z auto na manuál pre blok PIDA riadiaceho systému I/A.
7. Otvorenie overlaya s grafom pre blok PIDA riadiaceho systému I/A.
8. Zatvorenie overlaya pre blok PIDA riadiaceho systému I/A.

5.1.2.3 Grafy

Grafy som použila pre vykreslenie procesných premenných v čase. Grafy sa otvárajú z overlayov a sú vo formáte ďalšieho overlaya. Pre každý z blokov AIN, AOUT a PIDA bol vytvorený samostatný graf.

AIN



Obrázok č. 39: Graf bloku AIN

1. Zobrazenie základných informácií o bloku AIN riadiaceho systému I/A.
2. Zobrazenie hodnoty parametra PNT bloku AIN riadiaceho systému I/A v čase.
3. Posun po časovej osi.
4. Zatvorenie overlayu s grafom.

AOUT



Obrázok č. 40: Graf bloku AOUT

1. Zobrazenie základných informácií o bloku PIDA riadiaceho systému I/A.
2. Zobrazenie hodnoty parametrov MEAS a OUT bloku PIDA riadiaceho systému I/A v čase.
3. Posun po časovej osi.
4. Zatvorenie overlayu s grafom.

PIDA



Obrázok č. 41: Graf bloku PIDA

1. Zobrazenie základných informácií o bloku PIDA riadiaceho systému I/A.
2. Zobrazenie hodnoty parametra MEAS, OUT a SPT bloku PIDA riadiaceho systému I/A v čase.
3. Posun po časovej osi.
4. Zatvorenie overlayu s grafom.

5.1.2.4 Zobrazenie alarmových stavov

Pre zobrazenie alarmových stavov som vytvorila samostatné generické symboly. Tieto symboly slúžia pre zobrazenie HH a LL alarmových stavov objektov AIN, PIDA.

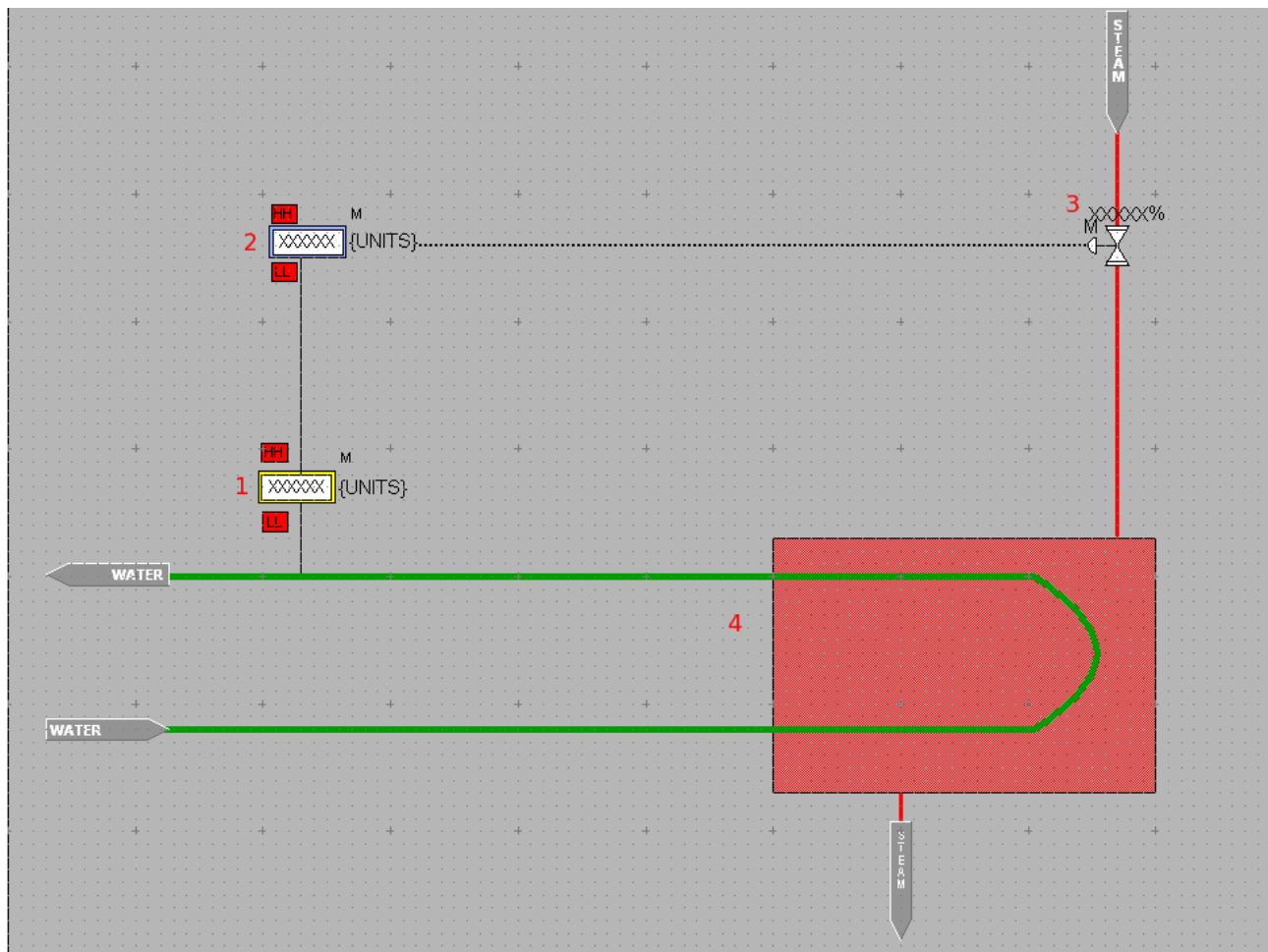
Generický symbol pre LL alarmovanie



Generický symbol pre HH alarmovanie



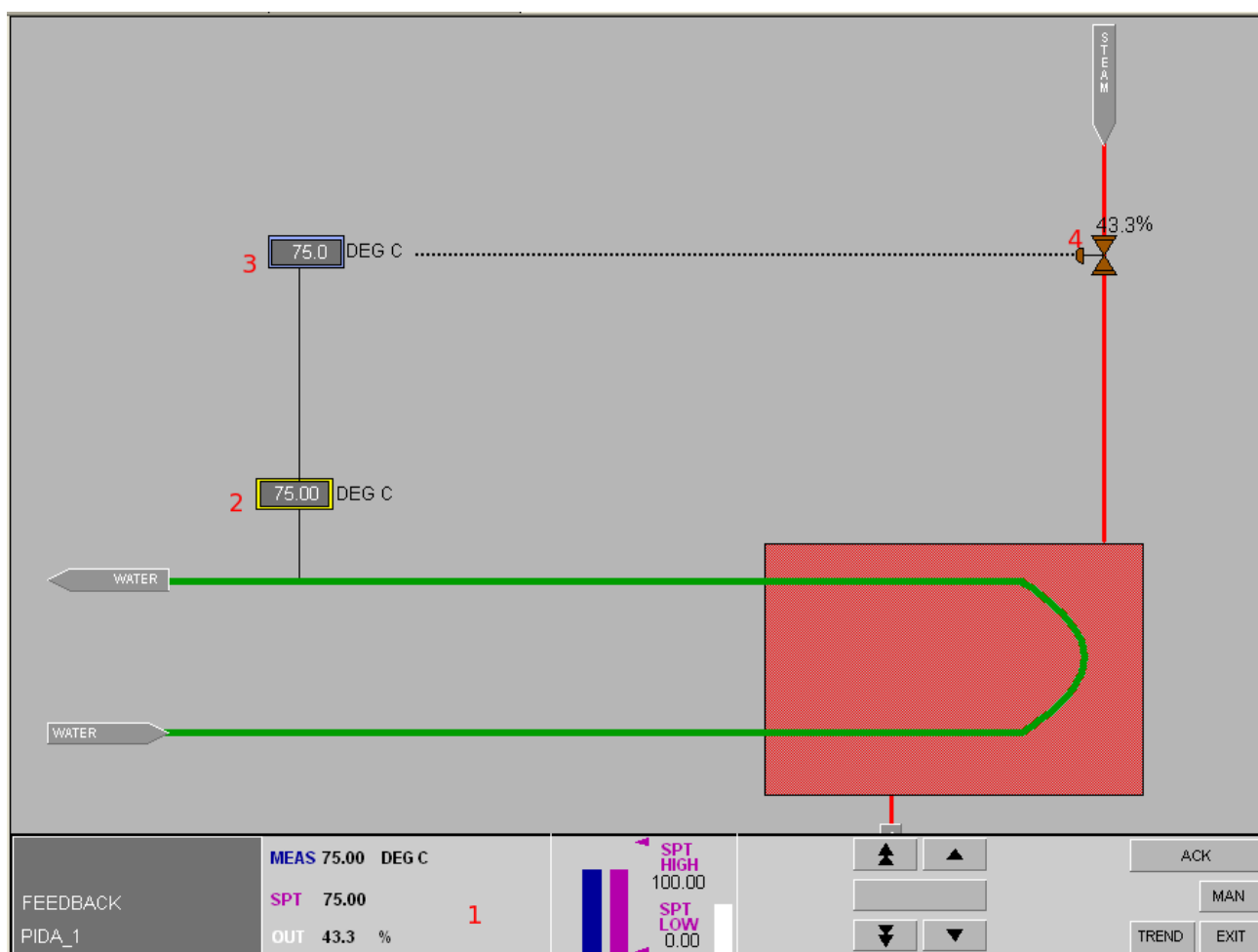
5.1.2.5 Vytvorený operátorský displej



Obrázok č. 42: Operátorský displej v prostredí FoxDraw

Vytvorenie operátorského displeja pomocou generických symbolov v prostredí FoxDraw.

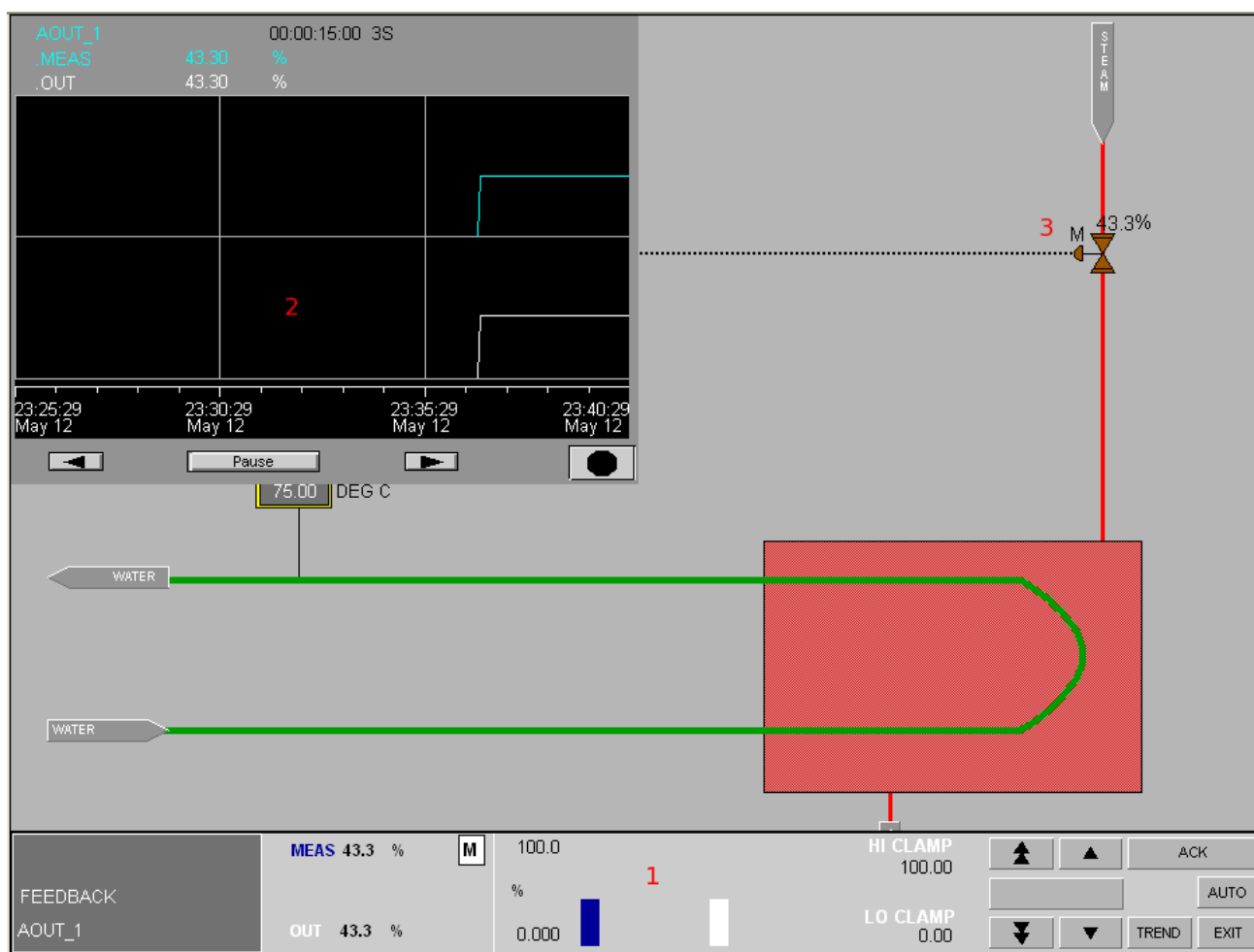
1. Generický symbol pre blok AIN a symboly pre alarmy.
2. Generický symbol pre blok PIDA a symboly pre alarmy.
3. Generický symbol pre blok AOUT.
4. Statické grafické objekty reprezentujúce výmenník tepla a popisné objekty.



Obrázok č. 43: Operátorský displej zobrazený v aplikácii FoxView – overlay bloku PIDA

Displej zobrazený v aplikácii FoxView. Vizualizácia zobrazuje simuláciu spätnoväzbového riadenia výmenníka tepla. Pre detailnejšie zobrazenie je otvorený overlay pre blok PIDA.

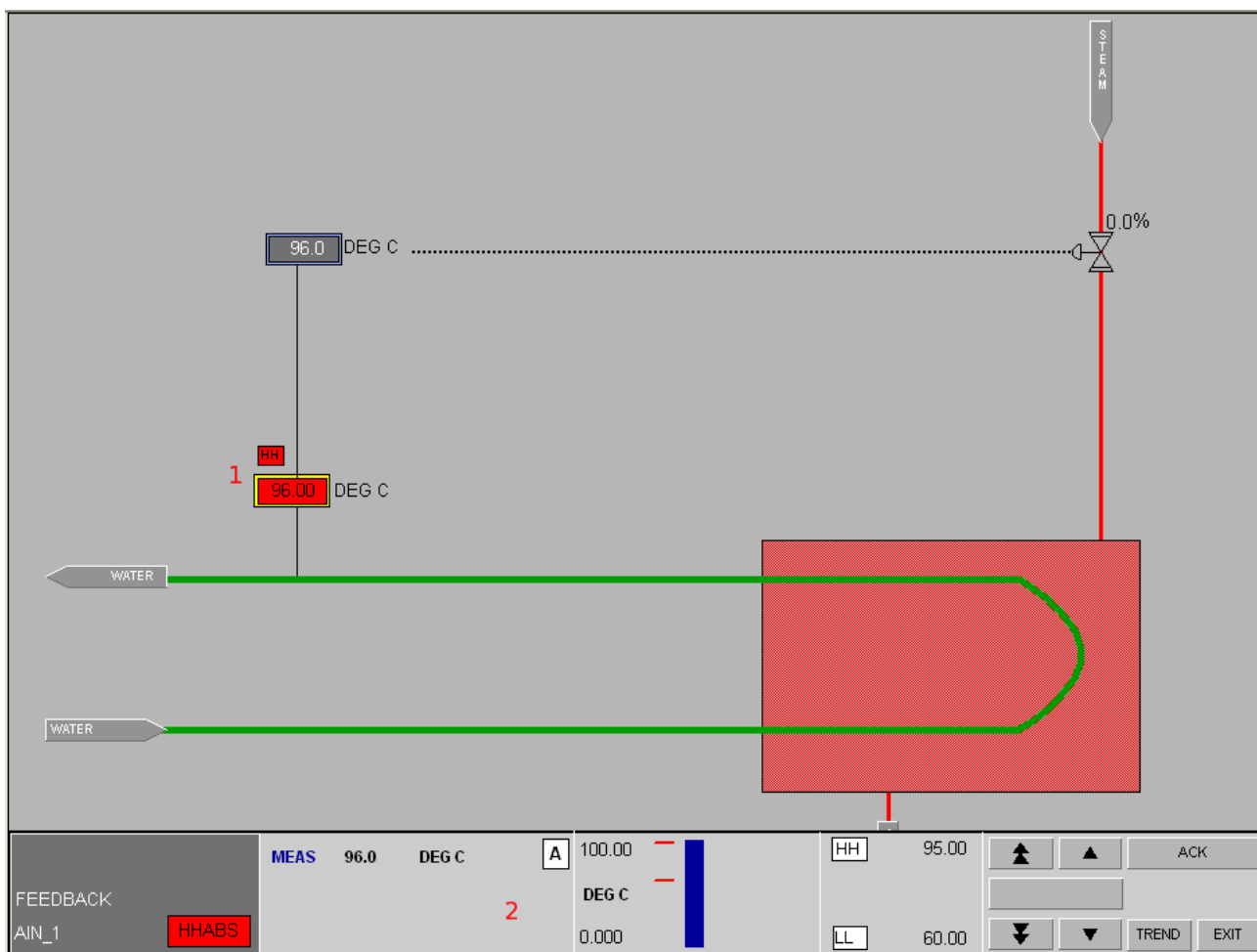
1. Overlay bloku PIDA – zobrazenie nastavenia set pointu regulátora a generovaný akčný zásah.
2. Symbol bloku AIN – meranie výstupnej teploty.
3. Symbol bloku PIDA – zobrazenie parametra MEAS.
4. Symbol bloku AOUP – zobrazenie percentuálneho otvorenia ventilu.



Obrázok č. 44: Operátorský displej zobrazený v aplikácii FoxView – overlay bloku AOUT, graf bloku AOUT

Displej zobrazený v aplikácii FoxView. Pre detailnejšie zobrazenie je otvorený overlay bloku AOUT. Zobrazenie ukazuje graf zmeny hodnôt MEAS a OUT v čase.

1. Indikátory hodnôt parametrov MEAS a OUT.
2. Graf zobrazujúci hodnoty parametrov MEAS a OUT v čase.
3. Symbol bloku AOUT – blok je v manuálnom móde, preto je zobrazené písmeno M.



Obrázok č. 45: Operátorský displej zobrazený v aplikácii FoxView – overlay bloku AIN, alarmy bloku AIN

Displej zobrazený v aplikácii FoxView. Pre detailnejšie zobrazenie je otvorený overlay bloku AIN. Zobrazený je symbol HH alarmu z dôvodu jeho prekročenia.

1. Zmena farby symbolu bloku AIN a zobrazenia symbolu pre HH alarm – prekročenie limitu pre HH alarm. Hodnota pre alarmovanie je nastavená na hodnotu 95 °C a meraná hodnota je 96 °C.
2. Overlay bloku AIN – zobrazenie alarmového stavu.

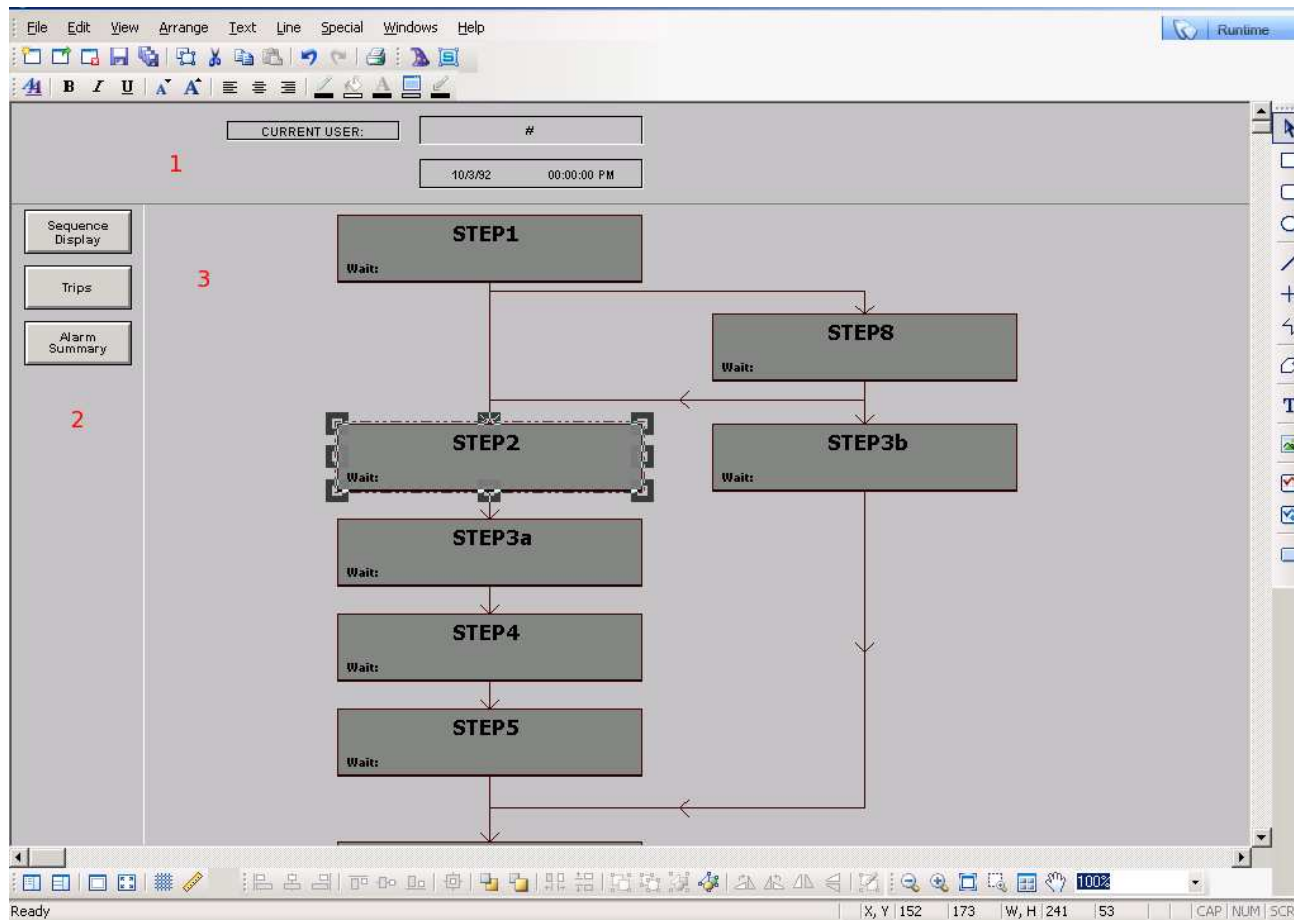
5.2 Príklady vizualizácie vytvorené v systéme InTouch

V aplikácii InTouch Window Maker som vytvorila príklady pre dynamickú vizualizáciu trip a sekvenčných displejov. Objekty pre dynamickú vizualizáciu som nakonfigurovala podľa poskytnutých špecifikácií. Testovanie vytvorených displejov som vykonala zmenou hodnôt vytvorených lokálnych tagov, ale je možné použiť aj protokol DDE a aplikáciu Excel.

Postupovala som rovnako ako pri tvorení operátorských displejov v aplikácii FoxDraw. Vytvorila som najprv generické objekty použité v displejoch. Ďalší čas som venovala štúdiu rozsiahlych možností použitia komplexných preddefinovaných objektov v operátorských displejoch.

Celkovo som vytvorila tri typy displejov – trip displeje, sekvenčné displeje a zoznam alarmov. Tieto displeje boli vytvorené v základných oknách, pre doplňujúce informácie v sekvenčných displejoch som použila overlay okná.

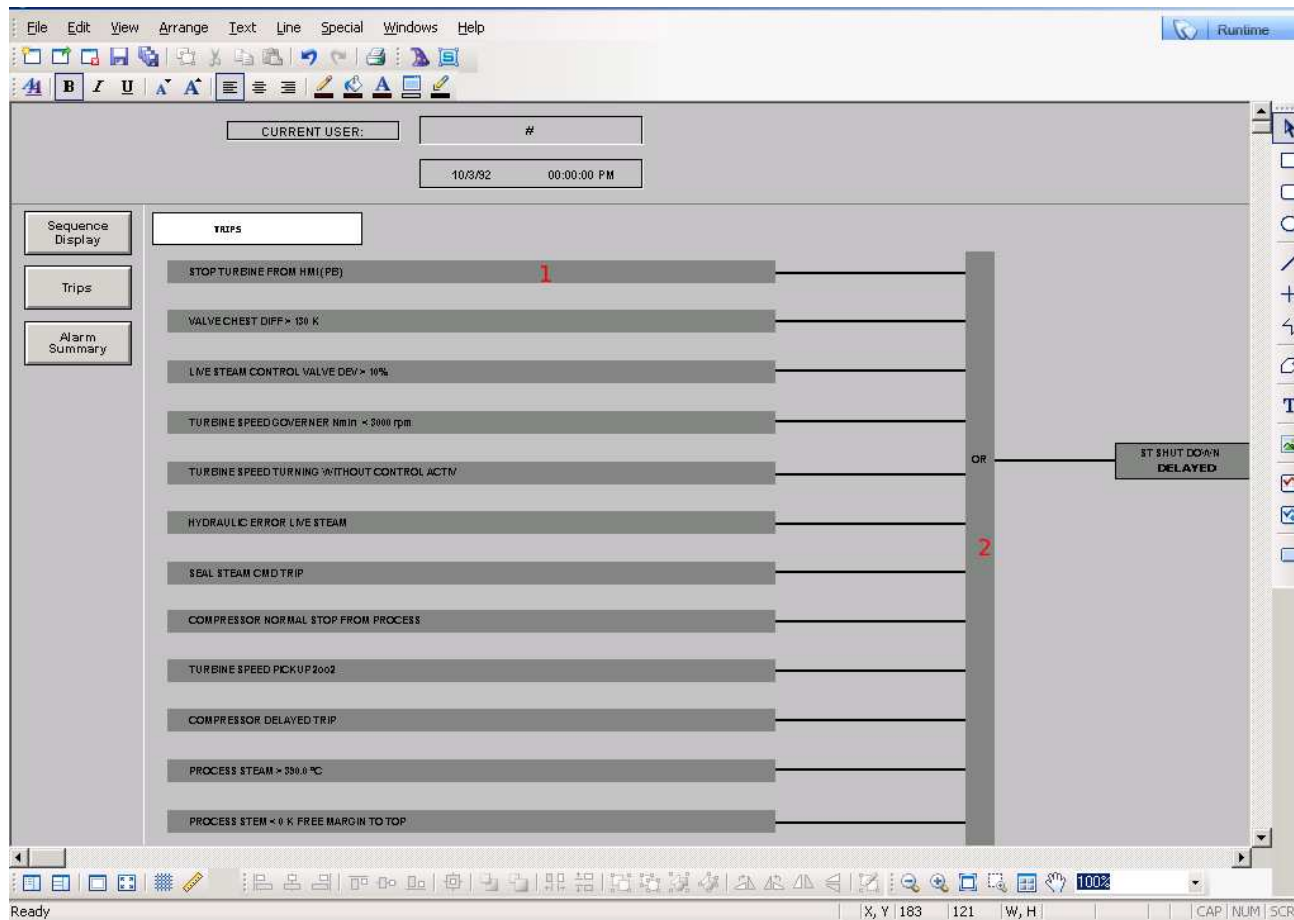
5.2.1 Rozloženie obrazovky



Obrázok č. 46: Rozloženie obrazovky operátorského displeja

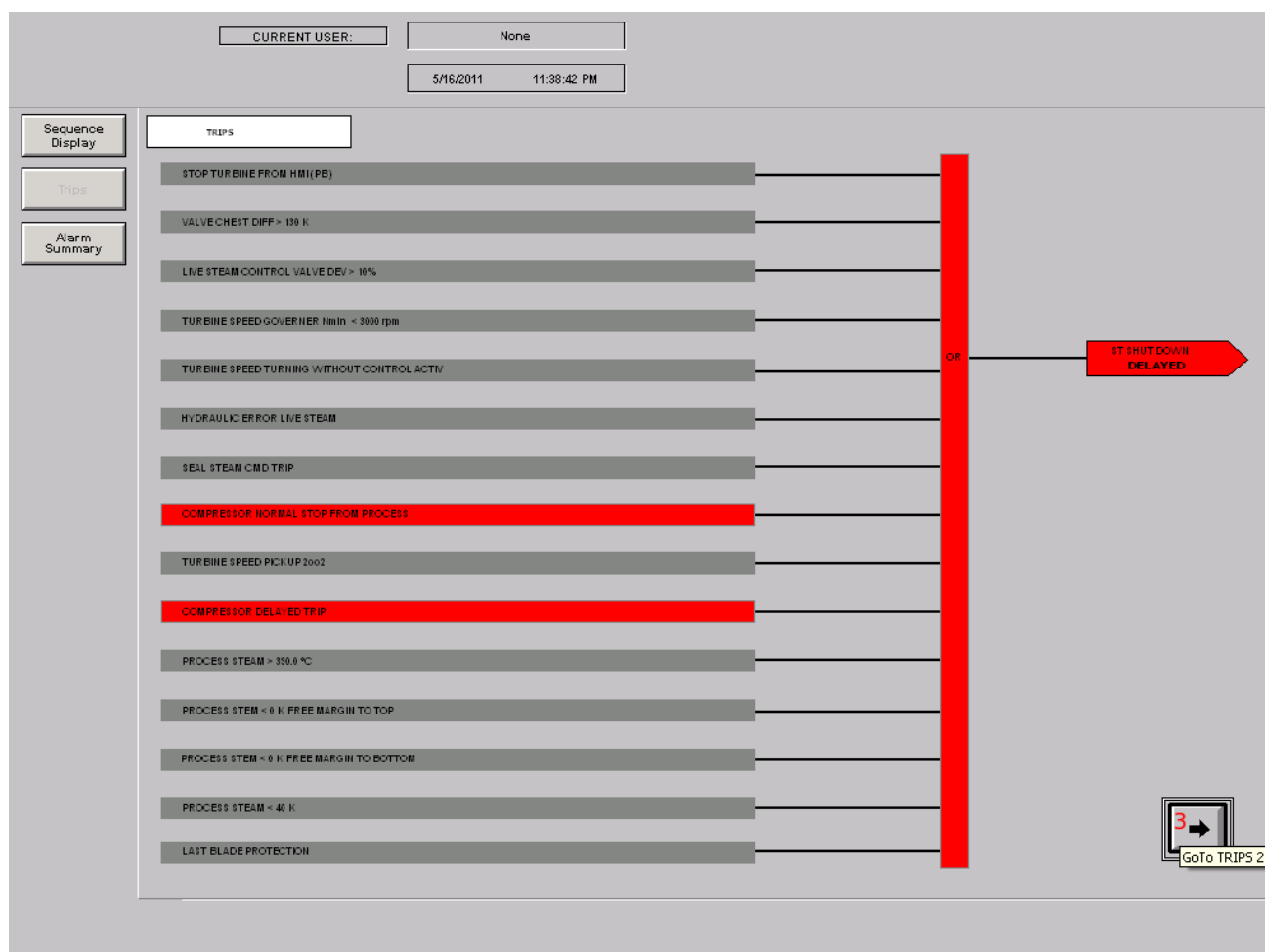
1. Horná časť obrazovky je rovnaká pre všetky displeje – zobrazuje používateľa, dátum a čas – pre tieto údaje sa používajú systémové tagy.
2. Ľavá časť je rovnaká pre všetky displeje a tvorí menu.
3. Stredná, prehľadová časť je miesto pre zobrazenie konkrétneho displeja.

5.2.2 Trip displeje



Obrázok č. 47: Trip displej

1. Prehľadová časť displeja je tvorená grafickými objektami, ktoré pri zmene binárnej hodnoty z 0 na 1 menia svoju farbu zo šedej na červenú.
2. Objekt simuluje logickú operáciu binárneho OR - pokiaľ sú všetky vstupné signály 0, má šedú farbu a pokiaľ je jeden zo signálov 1, mení farbu na červenú.
3. Generický objekt tlačidlo je vytvorený z jednoduchých grafických objektov a nakonfigurovaný, aby otvoril ďalší trip displej.



Obrázok č. 48: Trip displej

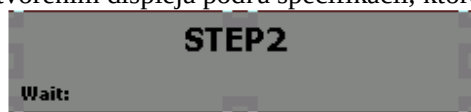


Obrázok č. 49: Trip displej - binárna operácia AND

1. Objekt simuluje logickú operáciu binárneho AND - pokiaľ je jeden z vstupných signálov 0, má šedú farbu a pokiaľ sú všetky signály 1, mení farbu na červenú.
2. Tlačidlá pre presun medzi trip displejmi.

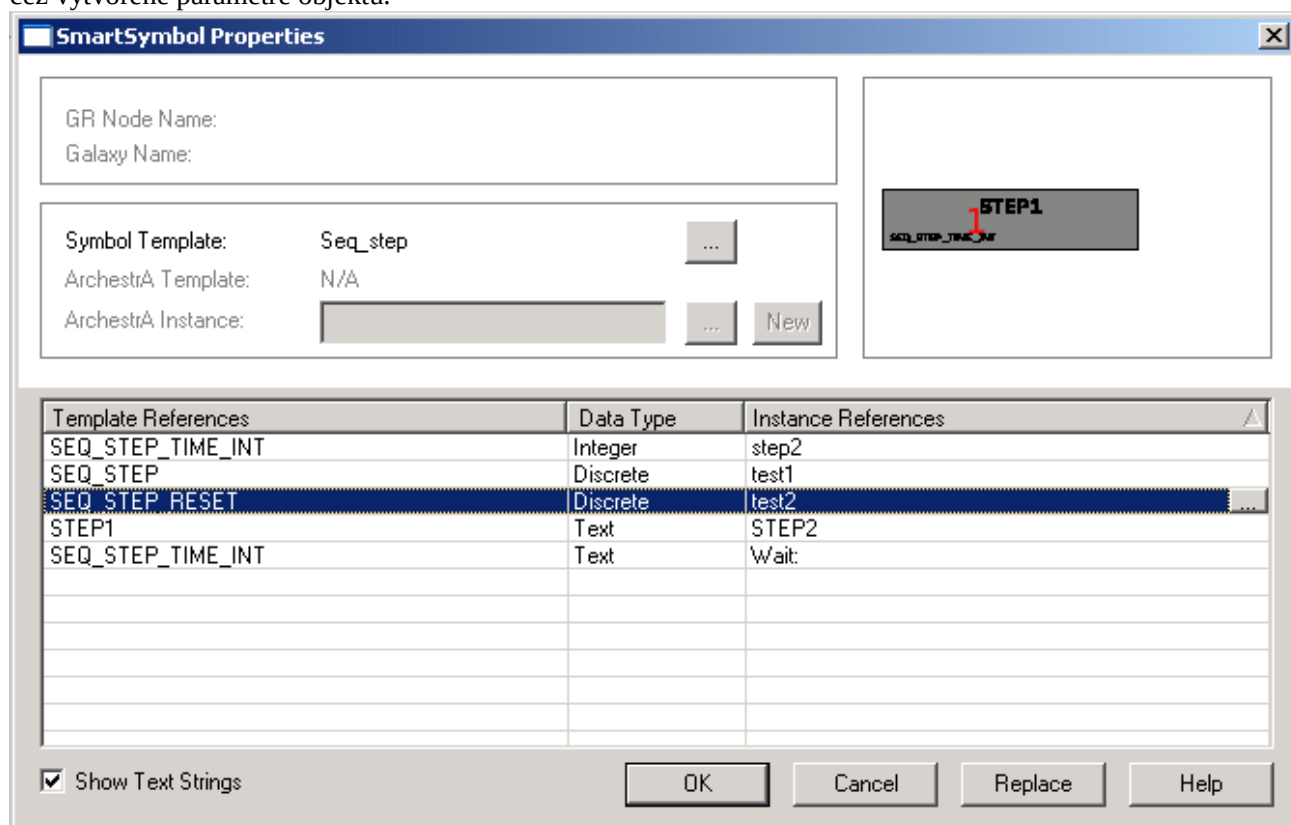
5.2.3 Sekvenčný displej

Sekvenčný displej je tvorený užívateľom vytvorenými komplexnými objektami – smart symbolmi. Smart symbol som navrhla pred vytvorením displeja podľa špecifikácií, ktoré som dostala od môjho konzultanta.



Obrázok č. 50: Generický symbol pre krok v sekvencii

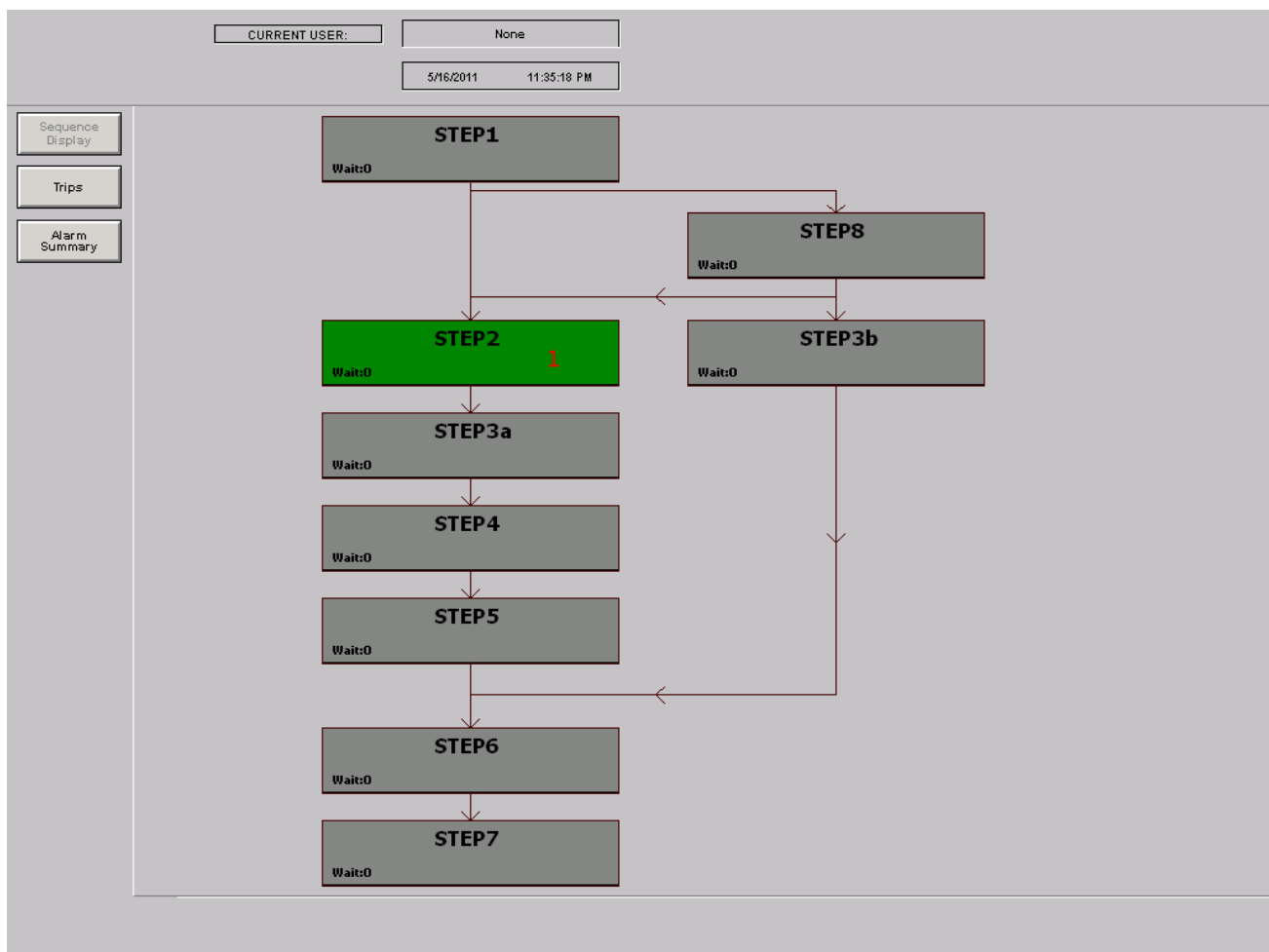
Smart symbol sa skladá z troch základných grafických objektov – obdĺžnikov šedej, bielej a modrej farby. Tieto obdĺžniky sa skrývajú a zviditeľňujú na základe vstupnej logiky. Nápis je možné rovnako meniť cez vytvorené parametre objektu.



Obrázok č. 51: Nastavenie parametrov kroku sekvencie

Pre tento objekt som vytvorila parametre:

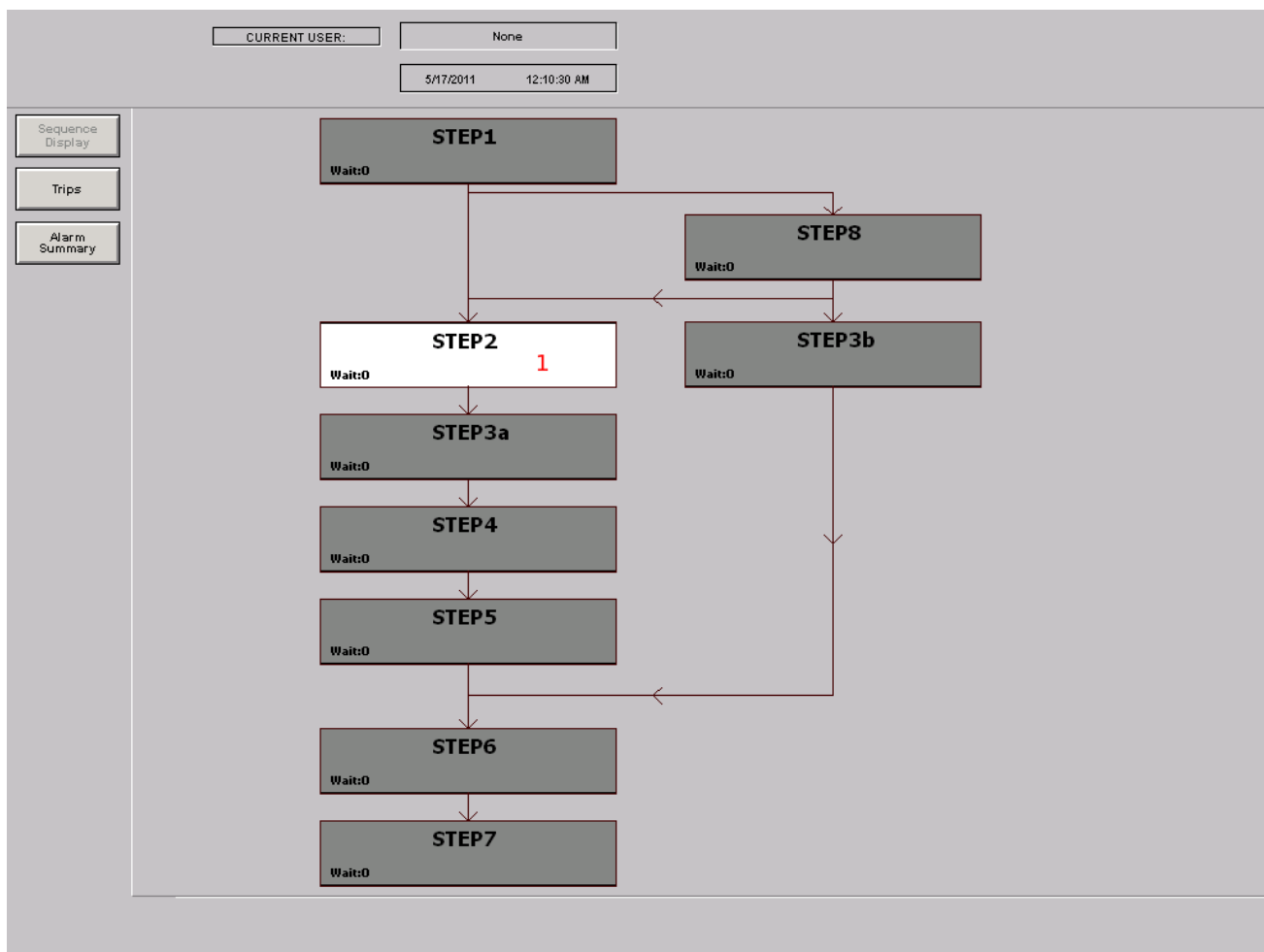
- SEQ_STEP_TIME_INT – typ integer – čas potrebný na vykonanie kroku
- SEQ_STEP – typ discrete – binárna hodnota povolenia kroku
- SEQ_STEP_RESET – typ discrete – binárna hodnota resetu kroku
- STEP1 – typ text – text, ktorým bude nahradený text STEP1 – obrázok č. 50
- SEQ_STEP_TIME_INT – typ text – text, ktorým bude nahradený text SEQ_STEP_TIME_INT



Obrázok č. 52: Sekvenčný displej zobrazený v rozhraní Window Viewer

Displej je vytvorený z generických objektov seq_step, ktoré som navrhla podľa špecifikácie.

1. Zmena farby objektu pri zmene stavu parametra SEQ_STEP z 0 na 1, zároveň parameter SEQ_STEP_RESET musí mať hodnotu 0.

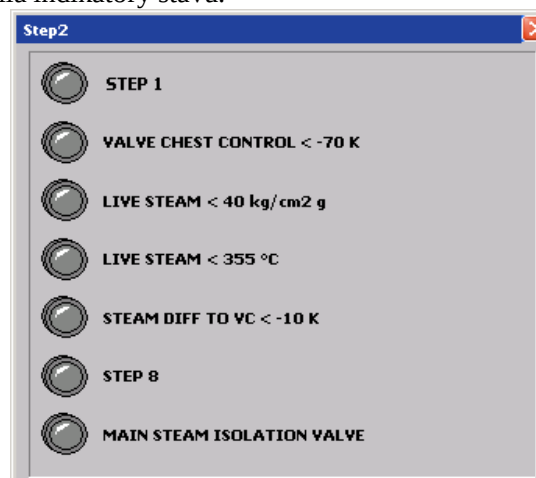


Obrázok č. 53: Sekvenčný displej zobrazený v rozhraní Window Viewer - reset

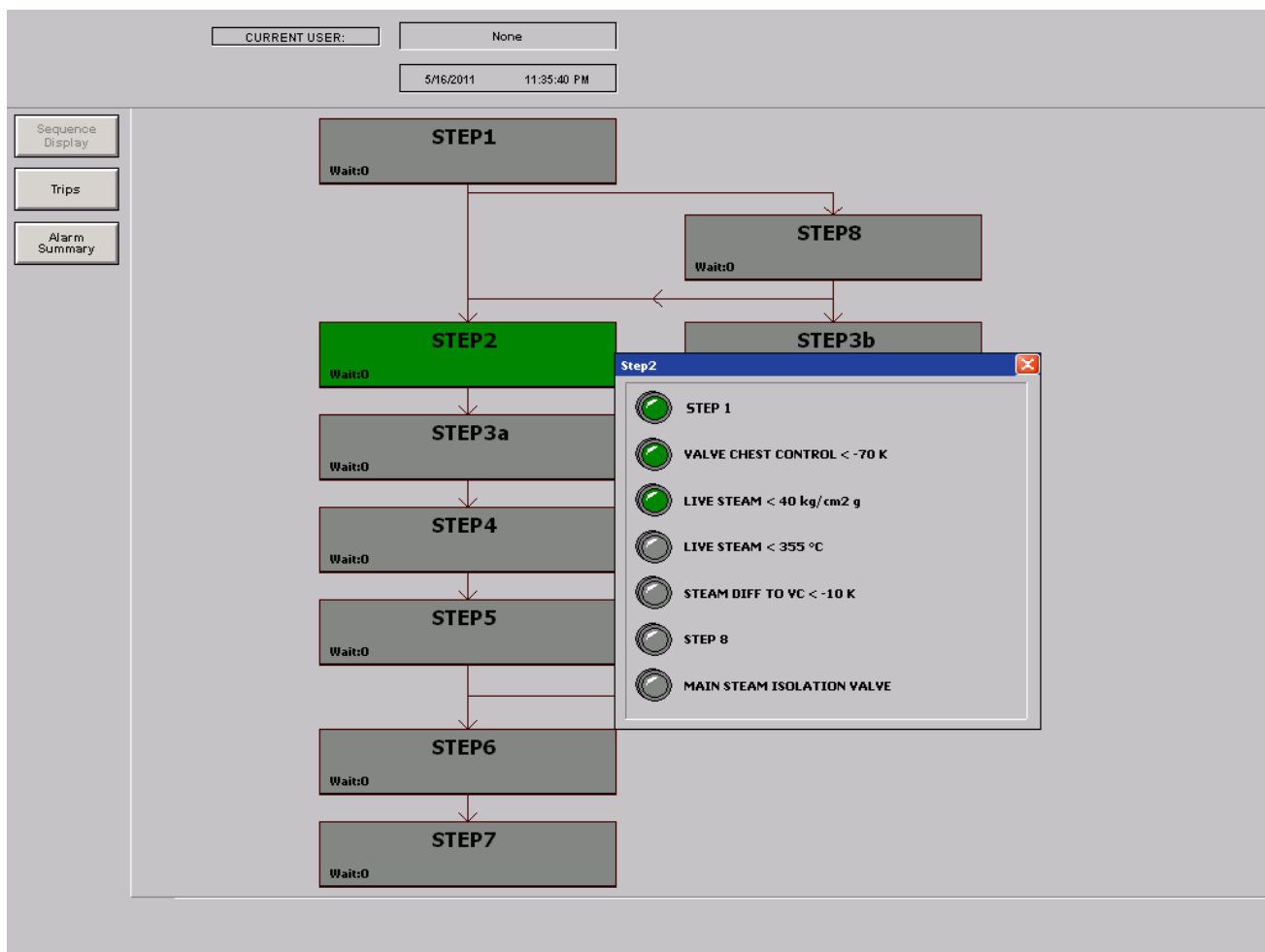
Zmena farby objektu pri zmene stavu parametra SEQ_STEP_RESET z 0 na 1.

Pre detailnejší nadhľad podkrokov kroku boli vytvorené pre každý krok overlaye. Overlay je zobrazený kliknutím na príslušný krok – bola pridaná animačná linka za účelom zobrazenia overlaya.

Overlay je tvorený komplexnými preddefinovanými objektami - wizardami. Pre účel indikácie príslušného podkroku som použila indikátory stavu.

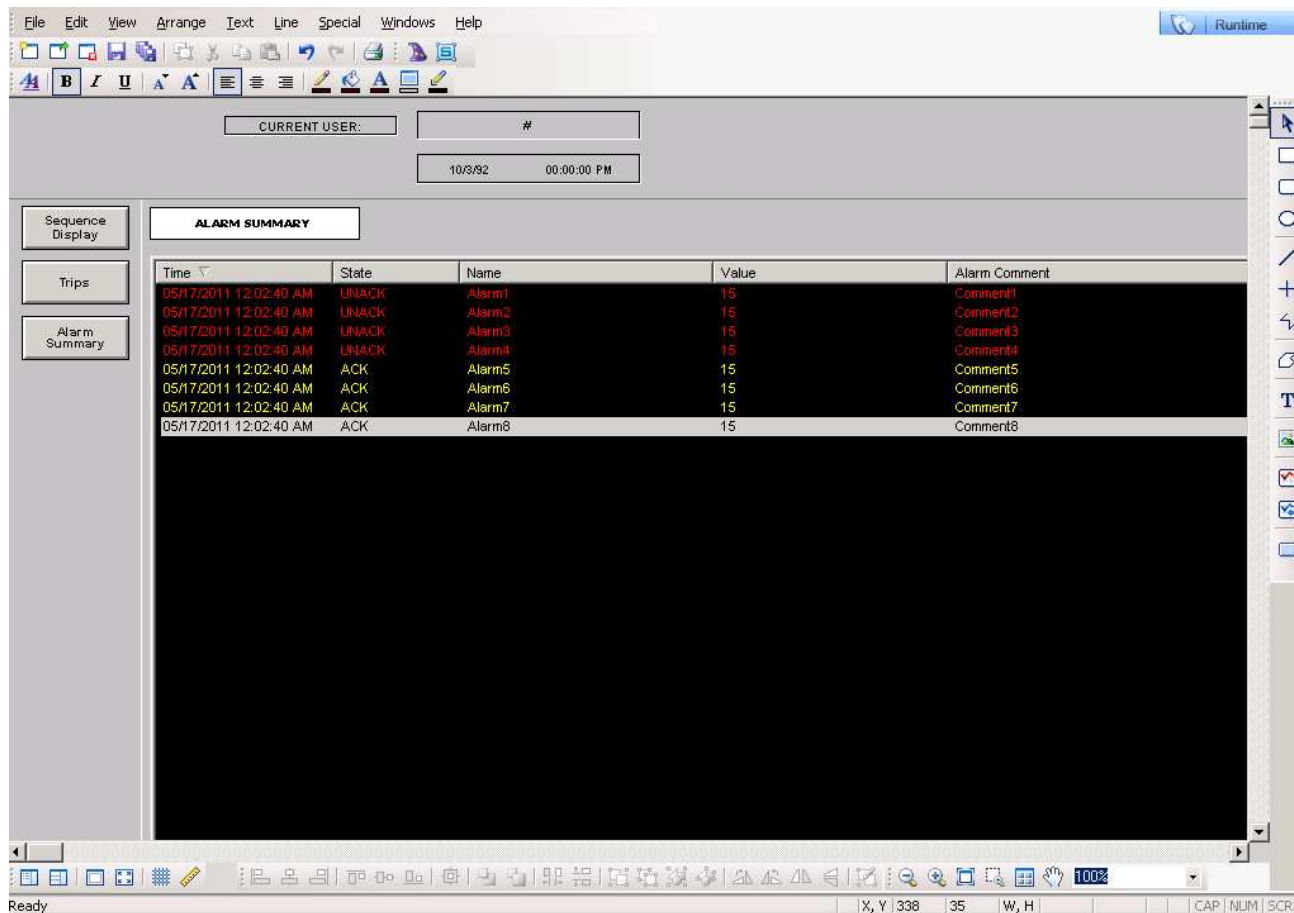


Obrázok č. 54: Overlay pre krok 2



Obrázok č. 55: Zobrazenie sekvenčného displeja spolu s overlayom v prostredí Window Viewer

5.2.4 Zoznam alarmov



Obrázok č. 56: Zoznam alarmov v prostredí Window Maker

Zoznam alarmov som vytvorila pomocou ActiveX objektu AlarmViewerCtrl. Tento objekt ponúka rôzne možnosti konfigurácie:

- zmenu vzhľadu - farba, fonty, rozloženie
- filtrovanie alarmov/dotazovanie alarmov - získanie alarmov podľa rôznych parametrov, ako sú priorita, stav, historické/realtime alarmy
- zoradenia alarmov podľa kľúča
- možnosť priradiť alarmom udalosti v podobe skriptov
- interakciu s operátorom

6 Záver

V mojej bakalárskej práci som sa zaoberala súčasným stavom SCADA/HMI systémov a štruktúrou tvorby vizualizácie technologických procesov. Podrobne som opísala hlavné rysy produktov spoločnosti Invensys - Wonderware InTouch a Foxboro FoxView/FoxDraw. Analyzovala som vývojové prostredia InTouch Window Maker a Foxboro FoxDraw, knižnice objektov, komunikáciu, topológiu a komunikáciu s riadiacim systémom spomínaných produktov a možnosti ich nasadenia.

V prvej časti práce som sa zaoberala štúdiom priemyselných štandardov a štruktúrou tvorby vizualizácie technologických procesov. V tejto časti som popísala a charakterizovala SCADA/HMI systémy, základné časti systémov a ergonómiu vizualizovaných technologických procesov.

V ďalšej časti práce som analyzovala SCADA/HMI systémy spoločnosti Invensys. Popísala som hlavne možnosti vývojového prostredia, grafických objektov, tvorbu vizualizácie, komunikáciu a možnosti ich nasadenia.

V poslednej časti predkladanej práce som získané poznatky aplikovala pri tvorbe ukážok vizualizácie technologických procesov. Počas tvorby práce som vytvorila ukážky hlavných typov operátorských displejov - procesný displej, graf, overlay, trip displej, sekvenčný displej a zoznam alarmov. Získala som prax pri práci s produktami spoločnosti Invensys a zistila som, že veľmi podobným spôsobom je možné tvoriť vizualizáciu aj v produktoch iných spoločností, pretože základná štruktúra tvorby vizualizácie je vo svojej podstate identická.

Použitá literatúra

- [1] Kachaňák, A.: Projektovanie meracích a regulačných systémov, STU, 1990
- [2] Bakošová, M., Fikar, M.: Riadenie procesov, STU, 2008
- [3] Dobročáni, J.: Analýza dispečerského monitorovacieho a riadiaceho systému reálneho času D/2000, DP, STU SjF 2003
- [4] SCADA systém je viac ako len softvérová aplikácia, AT&P journal, 2010
- [5] Körösi, L.: Softvér riadiacich systémov – prednášky, FEI, 2007/2008
- [6] Mrafko, L.: Softvér riadiacich systémov – prednášky, FEI, 2007/2008
- [7] Od telemetrie k podniku: Evolúcia systému SCADA v 21. storočí, AT&P journal, 2008
- [8] HMI sa musí prispôbiť myšlienkovým pochodom obsluhy, AT&P journal, 2010
- [9] FoxDraw™ Display Builder and Configurator - PSS 21S-2B3 B4, Invensys
- [10] InTouch príklady architektúr, Pantek
- [11] Wonderware InTouch brochure, Wonderware