

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



# Diplomová práce

Virtuální zprovoznění obráběcího stroje

2020

Bc. Vojtěch Šustr

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šustr** Jméno: **Vojtěch** Osobní číslo: **459639**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav výrobních strojů a zařízení**  
Studijní program: **Průmysl 4.0**  
Studijní obor: **bez oboru**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:  
**Virtuální zprovoznění obráběcího stroje**

Název diplomové práce anglicky:  
**Virtual commissioning of a machine tool**

Pokyny pro vypracování:  
Popis tématu: Příprava virtuálního modelu zjednodušeného obráběcího stroje (3D model, základní stavové funkce, vybrané procesy) pro virtuální zprovoznění řídicího systému Siemens Sinumerik; Osnova práce: 1) Rešerše v oblasti nástrojů pro virtuální zprovoznění a virtuálních modelů strojů, 2) Vytvoření zjednodušeného 3D modelu vybraného stroje včetně snímačů a vybraného procesu, 3) Vytvoření PLC projektu vybrané části stroje, 4) Propojení s řídicím systémem Siemens Sinumerik, 5) Testování; Rozsah grafické části: schémata propojení, 3D model zjednodušeného stroje; Rozsah textové části: 60-80 stran;

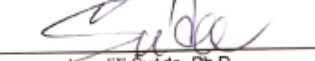
Seznam doporučené literatury:  
HOUŠA, Jaromír. Stavba výrobních strojů II. Dot. Praha: České vysoké učení technické, 1994.; Firemní dokumentace: Siemens [online]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/start?lc=en-CZ>;


Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:  
**Ing. Jiří Švéda, Ph.D., ústav výrobních strojů a zařízení FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:  
**Ing. Tomáš Kozlok, TOS VARNSDORF**

Datum zadání diplomové práce: **28.04.2020** Termín odevzdání diplomové práce: **19.07.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2020**

  
Ing. Jiří Švéda, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

  
Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

  
\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl v příloženém seznamu veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 17.7.2020

.....  
podpis

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi pomohli při tvorbě této práce, zejména vedoucímu mé práce Ing. Jiřímu Švédovi, Ph.D., dále bych chtěl poděkovat pánům Ing. Jaroslavu Kutíkovi a Ing. Jiřímu Heřmánkovi ze společnosti SIEMENS, za proškolení v práci se softwary SIMIT, respektive Create MyVirtual Machine, a konečně bych chtěl poděkovat mým rodičům, kteří mě podporovali během celého studia.

## Anotace

Autor:	Bc. Vojtěch Šustr
Název DP:	Virtuální zprovoznění obráběcího stroje
Rozsah práce:	79 stran
Akademický rok vyhotovení:	2019/2020
Škola:	ČVUT v Praze – FAKULTA STROJNÍ
Ústav:	Ú12135 – Ústav výrobních strojů a zařízení
Vedoucí DP:	Ing. Jiří Švéda Ph.D.
Konzultant:	
Zadavatel:	ČVUT – FS
Využití:	Pochopení základních konceptů a možností nástrojů pro virtuální zprovoznění. Potenciál pro budoucí rozšíření.
Klíčová slova:	Průmysl 4.0, Digitální dvojče, Virtuální zprovoznění, CNC, SINUMERIK ONE, SIMIT, Create MyVirtual Machine, TIA Portal, Mechatronics Concept Designer
Anotace:	Tato diplomová práce se zabývá virtuálním zprovozněním obráběcího stroje WHT 110 C pomocí softwarových nástrojů firmy SIEMENS. Virtuální kinematický model stroje je propojen s virtuálním řídicím systémem SINUMERIK ONE. Po vytvoření jednoduchého PLC programu je vyzkoušena jeho funkčnost na virtuálně zprovozněném stroji.

## Annotation

Author:	Bc. Vojtěch Šustr
Name of master's thesis:	Virtual commissioning of a machine tool
Extent:	79 p.
Academic year:	2019/2020
University:	CTU in Prague– FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
Department:	Department of production machines and equipment
Supervisor:	Ing. Jiří Švéda Ph.D.
Consultant:	
Submitter of the Theme:	ČVUT – FS
Application:	Understanding of basic concepts and possibilities of tools for virtual commissioning. Potential for future development.
Key words:	Industry 4.0, Digital twin, Virtual commissioning, CNC, SINUMERIK ONE, SIMIT, Create MyVirtual Machine, TIA Portal, Mechatronics Concept Designer
Annotation:	This thesis deals with the virtual commissioning of the WHT 110 C machine tool using SIEMENS software tools. The virtual kinematic model of the machine is connected to the virtual control system SINUMERIK ONE. After creating a simple PLC program, it's functionality is tested on a virtually commissioned machine.



## Obsah

Přehled použitých zkratk	10
1 Úvod	11
2 Cíl práce	12
3 Současný stav problematiky	13
3.1 CNC	13
3.1.1 Stručná historie	13
3.1.2 Struktura řídicího systému	15
3.2 Průmysl 4.0	16
3.2.1 Digitální dvojče	16
3.3 Virtuální zprovoznění	17
3.3.1 HIL	18
3.3.2 SIL	19
3.4 Softwarové nástroje společnosti Siemens	19
3.4.1 Varianty virtuálního zprovoznění řídicích systémů SINUMERIK	19
3.4.2 Create MyVirtual Machine	19
3.4.3 Run MyVirtual Machine	22
3.4.4 SIMIT	23
3.4.5 Mechatronics concept designer (MCD)	23
3.4.6 TIA Portal	23
3.5 Další hráči	25
3.5.1 FANUC	25
3.5.2 ModuleWorks	25
3.5.3 DMG MORI	26
3.5.4 IGS Virtuos	26
3.6 SINUMERIK ONE	27
3.6.1 Některé pojmy	27
4 Koncepční návrh virtuálního modelu stroje	28
4.1 Stroj WHT 110 C	28



4.2	Diagramy informačních toků .....	30
4.2.1	Celkový pohled .....	30
4.2.2	Hydraulický agregát .....	30
4.2.3	Kinematika a pohony .....	30
4.2.4	Automatická výměna palet.....	32
5	Tvorba virtuálního modelu .....	33
5.1	Příprava zjednodušeného kinematického modelu v MCD.....	33
5.1.1	Kinematické vazby a kolizní tělesa .....	34
5.1.2	Pohony, snímače a signály .....	36
5.2	Create MyVirtual Machine .....	39
5.2.1	Instalace a licencování .....	39
5.2.2	Uživatelské rozhraní .....	39
5.3	Tia Portal .....	40
5.3.1	Příprava a nastavení komunikace.....	40
5.3.2	Hardwarová konfigurace .....	41
5.3.3	Základní PLC program .....	43
5.3.4	Uživatelský PLC program .....	44
5.3.5	Nahrání HW konfigurace a programu do PLC.....	45
5.4	SIMIT.....	47
5.4.1	Licencování .....	47
5.4.2	Spojení SIMIT – MCD .....	47
5.4.3	Spojení SIMIT – CMVM .....	49
5.4.4	Přenos údajů mezi MCD a CMVM .....	51
5.5	Konfigurace strojních parametrů řídicího systému.....	52
5.5.1	Změna úrovně přístupových práv.....	52
5.5.2	Strojní parametry os .....	53
5.5.3	Aktivace softwarových opcí.....	55
6	Simulační modely příslušenství .....	56
6.1	Simulace HW koncových spínačů .....	56





6.2	Simulace hydraulického agregátu .....	56
6.2.1	Tvorba PLC programu .....	56
6.2.2	Tvorba modelu chování systému v prostředí SIMIT .....	57
6.3	Systém výměny palet .....	58
6.3.1	Kinematický model .....	60
6.3.2	Model chování v SIMITu .....	60
6.3.3	Programování NC a PLC .....	64
7	Testování systému .....	68
7.1	Chování hydraulického agregátu.....	68
7.2	Hardwarové koncové spínače os.....	68
7.3	Automatická výměna palet .....	69
7.4	Interní simulace pohonů .....	70
8	Závěr .....	72
	Seznam použité literatury .....	73
	Seznam obrázků .....	76
	Seznam tabulek .....	78
	Seznam použitého softwaru.....	79
	Seznam elektronických příloh .....	80
	Seznam textových příloh .....	81

## Přehled použitých zkratk

3D	trojrozměrný, v geometrickém významu
AVP	Automatická výměna palet
BAG	Betriebsarten Gruppe, Mode group (německy)
CAD	Computer aided design, druh softwaru
CAM	Computer aided manufacturing, druh softwaru
CMVM	Create MyVirtual Machine, software
CNC	číslicové řízení realizované počítačem
COM	Součást řídicího systému obstarávající komunikaci
DB	Datový blok, část programu PLC
FB	Funkční blok, část programu PLC
FC	Funkce, část programu PLC
HIL	Hardware-in-the-loop, druh kosimulace
HMI	Human-machine interface, uživatelské rozhraní
IoT	Internet of things
I/O	Vstup/výstup
JOG	Provozní režim řídicího systému, seřizování
LAD	Ladder logic, programovací jazyk PLC
LPWAN	Low power wide area network, druh bezdrátové sítě
MDA	Manual Data Automatic, provozní režim řídicího systému
MIT	Massachusettský technologický institut
NCK	Jádro číslicového řízení
NCU	Centrální jednotka řídicího systému
OB	Organizační blok, část programu PLC
PC	Osobní počítač
PLC	Programovatelný logický automat
RMVM	Run MyVirtual Machine, software
SCL	Structured Control Language
SIL	Software-in-the-loop, druh kosimulace

## 1 Úvod

Vývoj nového obráběcího stroje, řízeného CNC řídicím systémem, prochází postupně několika fázemi, od prvotní volby parametrů stroje, přes návrh a konstrukci jednotlivých komponent, jejich výrobu, nákup dalších dílů, volbu řídicího systému, jeho nastavení, přizpůsobení a programování rozšířených funkcionalit, po montáž. Poté, co je stroj smontován následuje fáze zprovoznění, při které je ověřována správnost postupu v předchozích fázích vývoje, ověřuje se funkčnost konstrukce, zapojení všech zařízení, provádí se nahrání softwaru, nastavení strojních parametrů řídicího systému, a je nutné otestovat, zda byl software naprogramován správně a stroj se chová podle očekávání. Během fáze testování hrozí, že vinou špatně naprogramovaného software dojde k poškození stroje. Zjištěné nedostatky v softwaru vedou k opravám a opětovnému testování, což působí průtahy celého vývoje. Zjištěné nedostatky v konstrukci stroje mohou mít ještě horší dopad na termín dokončení a finanční náročnost projektu.

Dnešní doba a konkurenční prostředí vyvíjejí tlak na výrobce obráběcích strojů, aby přicházeli na trh co nejdříve s inovovanými výrobky anebo aby byly schopní dodat specializované stroje, upravené podle přání zákazníka v co nejkratším termínu.

V souladu s jedním z konceptů průmyslu 4.0, vytvářet reálným objektům jejich virtuální digitální dvojčata, se začínají na trhu objevovat produkty, které toto aplikují na vyvíjené obráběcí stroje. Výrobce by měl mít možnost vytvořit si virtuální model stroje, včetně řídicího systému a odzkoušet si na něm funkčnost konstrukce a připravovaný software dávno před tím, než postaví reálný exemplář stroje a osadí ho potřebným vybavením. Navíc při tom nehrozí riziko poškození stroje. Takový postup se označuje jako virtuální zprovoznění.

Vzniklé digitální dvojče stroje může v budoucnu najít i další využití pro účely demonstrace stroje potencionálním zákazníkům nebo jako nástroj pro školení obsluhy.

Tato diplomová práce se zabývá zkoušením jedné takové sady nástrojů pro virtuální zprovoznění strojů s řídicím systémem SINUMERIK od společnosti SIEMENS a demonstrací postupů při dílčích částech virtuálního zprovoznění.

## 2 Cíl práce

Cílem této práce je provést virtuální zprovoznění obráběcího stroje s řídicím systémem SINUMERIK.

K naplnění tohoto cíle povede řada navazujících kroků. Nejprve bude třeba provést rešerši řešené problematiky v oblasti nástrojů pro virtuální zprovoznění a virtuální modely strojů.

Dalším krokem je tvorba zjednodušeného 3D modelu stroje včetně snímačů a včetně všech komponent potřebných pro to, aby bylo možné simulovat vybraný proces.

Následuje etapa, ve které bude založen projekt v softwaru pro tvorbu PLC programu. V něm je třeba nejprve vytvořit hardwarovou konfiguraci PLC a jeho periférií. Dále bude do tohoto projektu vložen základní PLC program, který bude později doplněn o funkce, které budou ovládat vybraný simulovaný proces.

Poté je nutné založit projektu virtuálního řídicího systému a spustit ho. Vytvořený PLC program včetně hardwarové konfigurace je nutné nahrát do virtuálního řídicího systému. Zprovoznění řídicího systému zahrnuje zároveň modifikaci mnoha strojních parametrů.

Zjednodušený 3D model stroje a virtuální řídicí systém je třeba navzájem propojit tak, aby mohla proudit data oběma směry. K tomu bude sloužit simulační platforma, ve které bude možné doplnit logicko-matematický model dalšího systému, s nímž bude moci řídicí systém interagovat.

Posledním krokem bude testování vzájemné interakce virtuálního řídicího systému, 3D modelu a logicko-matematického modelu a testování připraveného PLC programu při vykonání vybrané procedury.

## 3 Současný stav problematiky

### 3.1 CNC

NC je zkratkou anglického výrazu *numerical control* – číslicové řízení. Tím se u obráběcích strojů rozumí zadávání požadavků na pohyb nástroje vůči obrobku formou číselných souřadnic. Kromě souřadnic je možné specifikovat další požadavky na pohyby nástroje, například tvar dráhy a rychlost pohybu.

Zkratka CNC (anglicky *Computer-based numerical control*) rozšiřuje původní termín na číslicové řízení realizované počítačem<sup>1</sup>. Rozvoj výpočetní techniky se kromě všech ostatních oblastí lidského života podepsal velkou měrou i na rozvoji řízení obráběcích strojů.

CNC řízení je na obráběcích strojích realizováno většinou *řídícím systémem*, což je ucelený soubor speciálního hardwaru vybaveného specializovaným softwarem. CNC přináší oproti původnímu NC mnoho rozšíření, zejména je možné operativně upravovat naprogramovanou dráhu zohledněním korekcí, kompenzací, anulací a různých transformací souřadných systémů. CNC také umožňuje připravovat naprogramovanou dráhu mnoho kroků dopředu a provádět s ní díky tomu další úpravy jako prokládání křivkami typu spline a zaoblování přechodů navazujících úseček. Tím je možné dosáhnout vyšších rychlostí pohybu a tím pádem i vyšší produktivity. [1]

#### 3.1.1 Stručná historie

- 1808 – Joseph Jacquard řídí výrobu vzorů látky na pletacím stroji pomocí děrovaných kovových karet.
- 2. světová válka – prudký rozvoj na poli teorie informatiky a stavba prvních elektronkových počítačů
- Z počátku jsou hlavním hybatelem ve vývoji NC Spojené státy, a to zejména jejich armáda
- 1949-1952 – americké letectvo zadává MIT výzkumný úkol k navržení systému automatického řízení pohybu frézovacího nástroje, John Parsons přichází se základními požadavky na takový systém.
  - Jednotlivé polohy trajektorie zaznamenány děrnými štítky
  - Automatické čtení požadavků
  - Plynulá interpolace pohonů mezi polohami
  - Řízení pohybů pomocí servopohonů
- 1952 – první číslicově řízený stroj na MIT, lineární interpolace ve 3 osách, řízení využívá elektronky

---

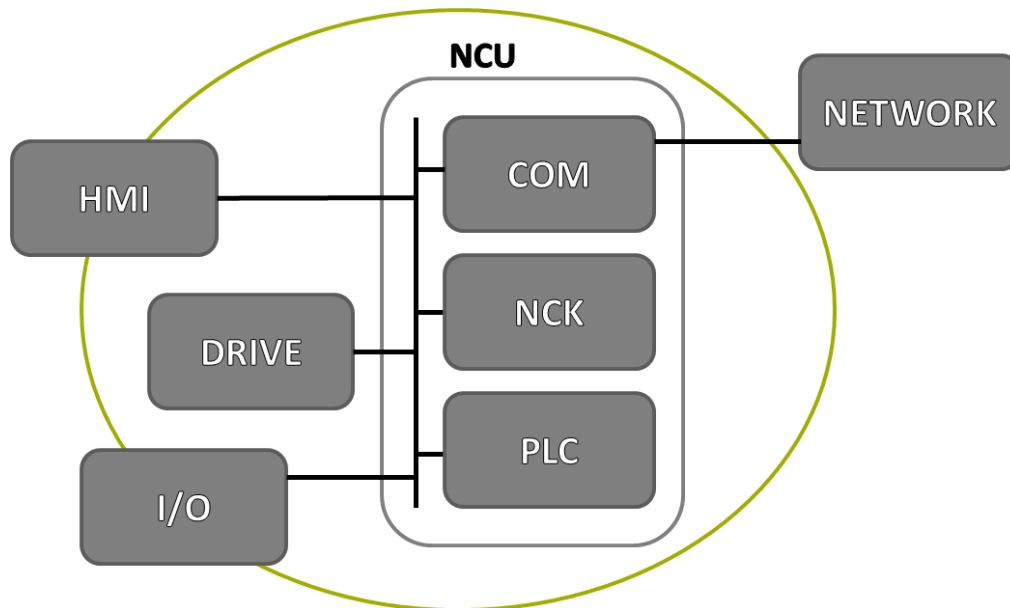
<sup>1</sup> počítačem v tomto případě není myšlen explicitně osobní počítač – PC, je jím myšleno spíše obecné zařízení obsahující: procesor, paměť a vstupy/výstupy [29]



- 1957 – americké letectvo nasazuje svůj první NC stroj
- 1960 – elektronky a mechanická relé jsou nahrazovány tranzistory
- 1964 – první stroj vybavený NC řídicím systémem společnosti SIEMENS, prodáváným pod obchodním názvem SINUMERIK [2]
- 1965 – nástup automatické výměny nástrojů
- 1968 – první integrované obvody se začínají objevovat v řídicích systémech
- 1969 – DNC (*direct numerical control*) – skupina obráběcích strojů je řízena zároveň nadřazeným systémem
- 1972 – úsvit CNC, první řídicí systémy vybavené sériově vyráběnými minipočítači
- 1976 – mikroprocesory působí revoluci, masivní rozvoj CNC systémů
- Díky nástupu mikroprocesorů a růstu jejich rychlosti mohou být dříve specializované obvody postupně nahrazovány univerzálnějším, sériově vyráběnými a specifickou funkcionalitu postupně přebírá software
- 1978 – První implementace pružných výrobních systémů
- V 70. letech přestávají Spojené státy postupně hrát dominantní roli, němečtí producenti uspokojují poptávku po levných CNC systémech, zároveň s tím se rozvíjí výroba levných, velkosériových numericky řízených obráběcích strojů v Japonsku. [3]
- Východní blok zaostává v rozvoji informačních technologií, na přelomu 70. a 80. let je v Československu zahájena licenční výroba prvního použitelného západního mikroprocesoru a je zahájen vývoj na něm založených, vlastních CNC systémů. Pro řízení nejsložitějších strojů se využívají řídicí systémy dovážené ze západu. [4]
- 1979 – první CAD/CAM
- 1984 – dílenské programování CNC v grafickém uživatelském rozhraní
- 1990 – digitální komunikace: řídicí systém – servopohony, zvýšení přesnosti
- 1993 – lineárních pohony
- 2000 – CNC systémy, které lze připojit k internetu
- 2003 – rozvoj kompenzací chyb mechanické struktury, odměřování a chyb vznikajících tepelnou roztažností, další zvýšení přesnosti a opakovatelnosti
- 2004 – nástroje pro externí simulace procesu obrábění na PC, včasné odhalení kolizí a optimalizace procesu
- 2008 – rozvoj bezpečnostních funkcí řídicích systémů
- 2010 – implementace multijádrových procesorů
- 2012 – úsvit hybridních strojů, aditivní technologie, rapid prototyping

V roce 2020 uplynulo již přibližně 70 let rozvoje číslicově, elektronicky řízených strojů.

## 3.1.2 Struktura řídicího systému



Obr. 3.1 – Schéma struktury řídicího systému a jeho okolí

Na Obr. 3.1 je schematicky znázorněn řídicí systém. Srdcem řídicího systému je **NCU** (centrální jednotka), která v sobě integruje 3 části:

- **NCK** – NC jádro se stará o čtení, interpretaci a odbavení NC programu. NCK sestavuje, modifikuje a interpoluje požadovanou dráhu vzájemného pohybu nástroje a obrobku. NCK provádí polohové řízení jednotlivých pohonů ve zpětné vazbě. NC program obsahuje kromě žádaných poloh i pomocné příkazy a další technologické informace.
- **PLC** – jeho hlavním úkolem je ovládání a kontrola příslušenství stroje, jako jsou pomocné agregáty, zásobníky nástrojů a dveře.
- **COM** – obstarává komunikaci po různých druzích informačních sítí (**NETWORK**) například s nadřazeným podnikovým systémem řízení výroby.

Centrální jednotka komunikuje s pohony (**DRIVE** na Obr. 3.1), konkrétně s jejich ovládacími členy. V souvislosti s požadavkem na vysokou dynamiku pohonů se dnes ve většině případů používají elektrické pohony se synchronními motory, a to buď přímými, anebo nepřímými, které obsahují mechanické transformační bloky, většinou ve formě kuličkových šroubů. Ovládacím členem takového pohonu každé osy je zařízení, označované jako motorový modul, jehož součástí je frekvenční měnič. [1] [5]

Řídicí systém musí komunikovat i se svým bezprostředním okolím. S obsluhou komunikuje prostřednictvím **HMI**, s periferiemi prostřednictvím vstupů a výstupů (**I/O**).

### 3.2 Průmysl 4.0

Pojem Průmysl 4.0 má označovat čtvrtou průmyslovou revoluci, ovšem spíše než o revoluci jde o postupnou evoluci, jak dokládá například dříve uvedený historický průřez vývojem CNC, kdy leckteré použité technologie existují již řadu desetiletí. Nárůst výpočetního výkonu umožňuje pracovat s obrovským množstvím dat, umožňuje aplikovat prvky umělé inteligence ve formě neuronových sítí a proto je dostatečná výpočetní kapacita jedním z předpokladů průmyslu 4.0. [6]

Průmysl 4.0 zastřešuje řadu dílčích konceptů. Mezi ně patří například:

- Široká digitalizace – vytváření digitálních dvojčat jednotlivých výrobků, výrobních strojů i celých výrobních závodů.
- Big data – sběr obrovského množství dat z velkého počtu zařízení propojených informační sítí v reálném čase a jejich automatizované zpracování
- IoT – internet věcí. Zařízení jsou navzájem propojena prostřednictvím internetu, mohou k tomu být využity například specializované technologie typu LPWAN, které mají velký dosah, nízkou přenosovou kapacitu a jsou energeticky úsporné. Také lze využít mobilní datové sítě. [7]
- Automatizace – náhrada lidí nejen v oblasti fyzické práce, ale díky nasazení umělé inteligence i v oblasti práce duševní
- Automatizovaná optimalizace výrobních procesů
- Zvyšování a kontrolování kvality výrobků
- Možnost výroby vysoce kustomizovaných výrobků za cenu výrobků vyráběných sériově

#### 3.2.1 Digitální dvojče

Digitální dvojče je v souvislosti s průmyslem 4.0 velmi frekventovaný pojem, který může zároveň pojmenovávat dosti odlišné věci. Digitálním dvojčetem může být například záznam v databázi, reprezentující výrobek procházející výrobní linkou. Nebo to může být velmi komplikovaný matematický model, reprezentující například přenos tepla a teplotní chování struktury stroje. Důležité je, že digitální dvojče je digitální, existuje pouze jako počítačová reprezentace něčeho fyzického.

Digitální dvojče může reprezentovat různě rozsáhlé objekty, od výrobku, přes jednotlivý stroj až po celou halu nebo dokonce výrobní závod.

Využití digitálních dvojčat je široké, mělo by doprovázet výrobek po celou dobu jeho životního cyklu. Může sloužit například k vývoji nového výrobku, jako marketingově-demonstrativní nebo výukový nástroj, k plánování výroby, ke sledování výkonnosti výrobních systémů nebo pro prediktivní údržbu strojů a zařízení.





Digitální dvojče je takový model, který reprezentuje reálnou entitu účelným způsobem. I pro virtuální zprovoznění může být použito digitální dvojče různě složité s ohledem na to, co všechno má být odzkoušeno. Může na něm být pouze testován software. Složitější dvojče obsahující přesný 3D model včetně hmotností a momentů setrvačnosti může sloužit k dimenzování pohonů a předběžnému hodnocení silových poměrů a dynamických vlastností. [8] [9]

#### *Digitální dvojče pro účely této diplomové práce*

Tato práce se zaměřuje na ověření softwaru a nastavení řídicího systému. Pro účely virtuálního zprovoznění v rámci této práce je třeba, aby digitální dvojče obsahovalo:

- 3D model reprezentující základní kinematické části stroje a jeho příslušenství účastnícího se virtuálního zprovoznění
- Modely snímačů a pohonů pracujících s 3D modelem
- Modely dalších systémů, simulující jejich chování a interakci se vstupy a výstupy řídicího systému.

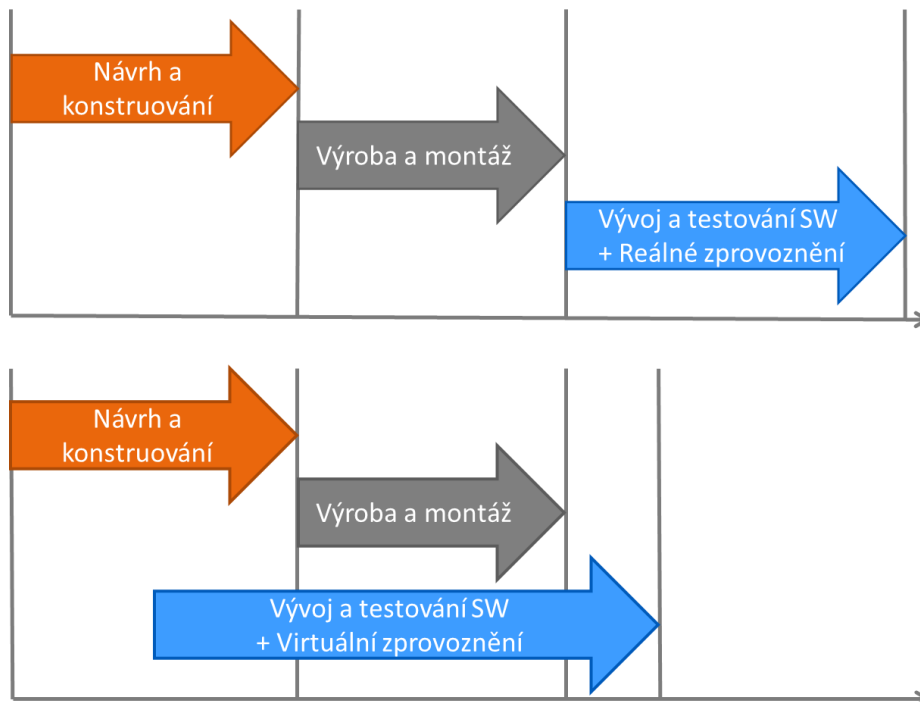
### 3.3 Virtuální zprovoznění

Pro provedení virtuálního zprovoznění je třeba dvou částí: ovládajícího systému a modelu ovládaného zařízení/stroje, jeho digitálního dvojčete. U obráběcích strojů je ovládajícím systémem řídicí systém, ale virtuální zprovozňování lze provádět i u jiných mechatronických systémů jako jsou průmyslové roboty, kde můžeme jmenovat například software Robotstudio od společnosti ABB, nebo jednodušší stroje řízené pomocí PLC. Řídicí systém je propojen s digitálním dvojčetem stroje, díky čemuž je možné provádět testování jeho softwaru a sledovat při tom chování modelu stroje. Je možné použít jak fyzický řídicí systém, tak virtuální řídicí systém. [8] [9] [10]

Jak již bylo řečeno v úvodu této práce, proces vývoje nového stroje prochází řadou fází, které na sebe navazují. Virtuální zprovoznění umožňuje zkrátit proces vývoje. K tomuto zkrácení nedochází tím, že by virtuální zprovoznění snížilo pracnost procesu, ale díky němu je možné původně sériovou strukturu vývoje částečně paralelizovat, což je vidět na Obr. 3.2.

Další velkou výhodou virtuálního zprovoznění je možnost odhalovat problémy ve všech fázích vývoje mnohem dříve. Nápravná opatření takovýchto včas odhalených problémů bývají mnohem levnější.

Virtuální dvojče vytvořené během vývoje může posloužit nejen výrobcí, ale i zákazníkovi. Obzvláště zajímavé je využití jako výukový nástroj pro zaučení obsluhy, nebo jako nástroj pro zkoušení NC programů.



Obr. 3.2 – Proces vývoje bez a s virtuálním zprovozněním

### 3.3.1 HIL

Zkratka HIL znamená *hardware-in-the-loop*: hardware ve zpětné vazbě. Obecně jde o druh kosimulace, kdy je jedna část celého simulovaného systému zastoupena reálným hardwarem. U virtuálního zprovoznění obráběcích strojů to je kombinace reálného řídicího systému a digitálního dvojčete stroje. [11]

Hardwarové zařízení je třeba propojit s počítačem, na kterém běží zbytek simulace. Produkty firmy Siemens disponující komunikací přes PROFINET se připojují pomocí SIMIT UNIT, která je na Obr. 3.3.



Obr. 3.3 – SIMIT UNIT

### 3.3.2 SIL

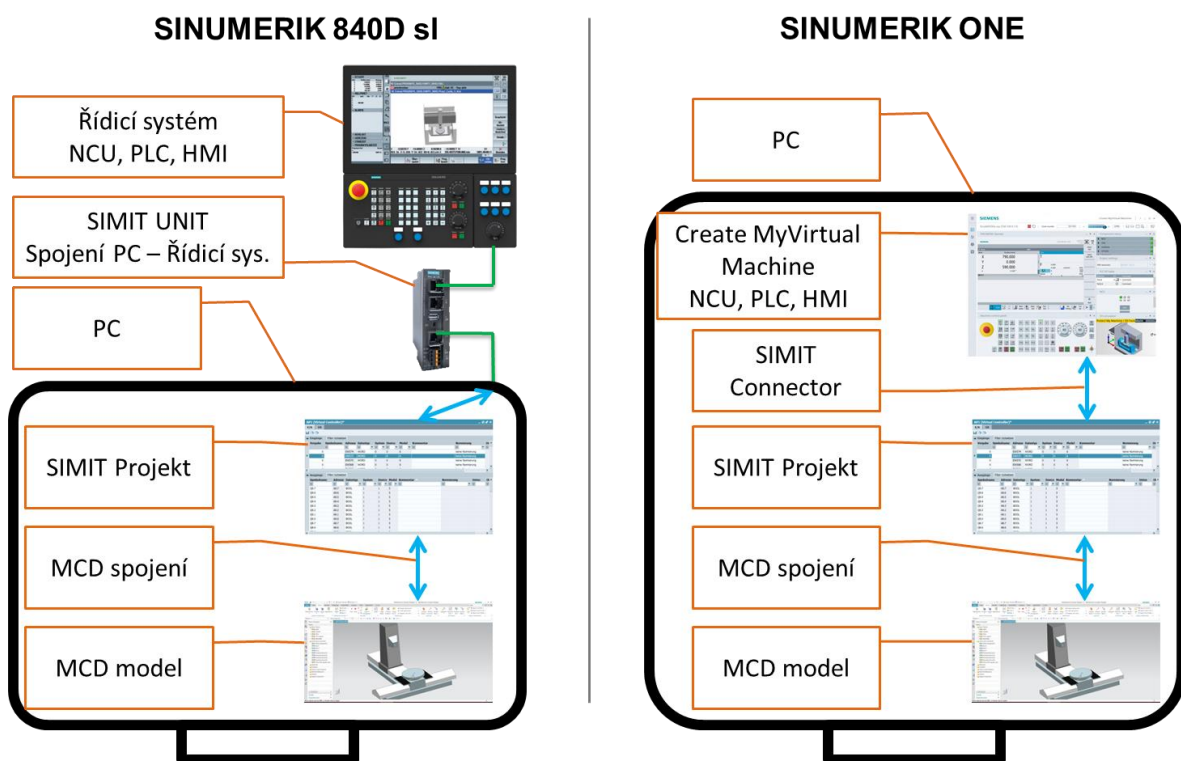
Zkratka SIL znamená *software-in-the-loop*: software ve zpětné vazbě. Obecně jde o druh kosimulace, kdy je jedna část celého simulovaného systému zastoupena produkční verzí testovaného softwaru. U virtuálního zprovoznění obráběcích strojů to je kombinace virtuálního řídicího systému ve formě samostatného počítačového programu a digitálního dvojčete stroje. [12]

### 3.4 Softwarové nástroje společnosti Siemens

Firma Siemens se snaží prosazovat principy průmyslu 4.0 a to i v oblasti řídicích systémů. V tomto duchu uvedla na trh nový řídicí systém pod obchodním názvem SINUMERIK ONE, o kterém tvrdí, že nativně podporuje digitalizaci. Implementace tohoto řídicího systému by měla probíhat v pořadí: virtuální, reálný. [13]

#### 3.4.1 Varianty virtuálního zprovoznění řídicích systémů SINUMERIK

Na Obr. 3.4 je vidět porovnání variant virtuálního zprovoznění řídicích systémů SINUMERIK. Starší SINUMERIK 840D sl je možné virtuálně zprovozňovat metodou HIL, kdežto pro nový SINUMERIK ONE existuje jeho virtuální podoba, díky čemuž je možné ho zprovozňovat metodou SIL kompletně virtuálně na PC.



Obr. 3.4 – Varianty virtuálního zprovoznění řídicích systémů SINUMERIK

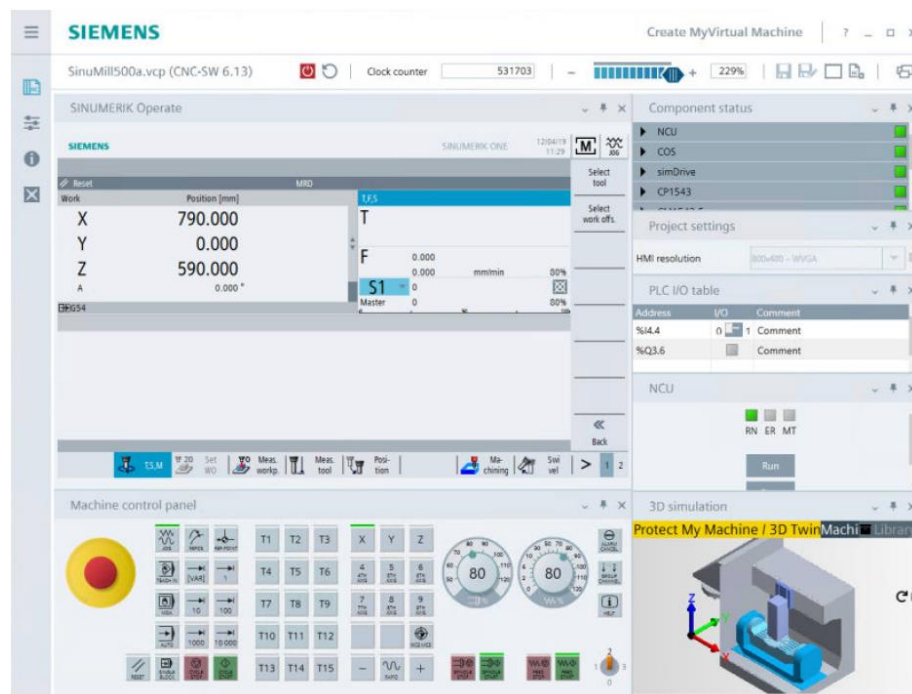
#### 3.4.2 Create MyVirtual Machine

Create MyVirtual Machine (zkráceně CMVM) je virtuální CNC řídicí systém, který simuluje reálný systém tím, že modeluje komponenty reálného systému pomocí

softwarových komponent. S jeho pomocí je možné testovat NCK, PLC a HMI software a připravit tak zprovoznění stroje. Zprovoznění na reálném stroji je tak výrazně zkráceno. [14]

CMVM se skládá z následujících softwarových komponent:

- simNCK: simulace NC jádra
- SIMATIC S7-PLCSIM Advanced: simulace PLC typu S7-1500
- HMI: SINUMERIK Operate s virtuálním ovládacím panelem
- simDrive (simulace pohonů): SINAMICS S120 substitute drive component
- Open Interface: rozhraní pro integraci externích simulačních nástrojů
- Integrovaná simulace periférií



Obr. 3.5 – Uživatelské rozhraní Create MyVirtual Machine [14]

CMVM a jeho uživatelské rozhraní, viz Obr. 3.5, slouží pro vytváření a správu projektů strojů (\*.vcp; **V**irtual **C**ommissioning **P**roject). Tyto projekty mohou uchovávat různé stroje s různými konfiguracemi. Pro fungování CMVM je nutné nainstalovat *SINUMERIK Virtual CNC SW* v určité verzi, která reprezentuje softwarovou verzi řídicího systému. Projekt stroje je vytvářen pro určitou verzi a nemůže být použit s jinou verzí CNC SW.

Uživatelské rozhraní CMVM dále umí zobrazovat status jednotlivých komponent, měnit rychlost simulace, která může být i větší než 100%, zobrazovat virtuální HMI panel a ovládací panel.

CMVM neposkytuje úplně kompletní funkcionalitu reálného řídicího systému, ale mělo by obsahovat části podstatné pro virtuální zprovoznění. Mezi omezení patří například to, že po spuštění jsou všechny osy ve výchozích pozicích. Na virtuálním SINUMERIKu není

možné spouštět simulace v editoru NC kódu, diagnostické nástroje jsou omezeny a odhady využití hardwaru reálného řídicího systému jsou jen velmi přibližné.

#### *simDrive*

Simulace pohonů je v CMVM velmi zjednodušená. Jsou zahrnuty jen ty funkce, které mají význam pro zprovoznění Safety Integrated.

Každý pohon může mít 2 odměrování, jeden rotační enkodér na motoru a volitelně druhý rotační nebo lineární enkodér.

Každý pohon je simulován jako jednohmotový mechanický systém. Lineární osy poháněné rotačními motory jsou simulovány pouze bez vloženého převodu a se stoupáním kuličkového šroubu 10 mm/ot. Parametry regulátorů rychlostní a proudové smyčky jsou automaticky přizpůsobeny tak, aby odpovídaly redukované hmotnosti a nedají se měnit. Zpětnovazební smyčky jsou uzavřeny přes enkodér na motoru.

#### *Simulace periférií*

Simulace periférií je možná dvěma způsoby. Zaprvé pomocí integrované simulace periférií, která je ovšem poměrně primitivní. Tvoří jí tabulka, do které je možné vkládat vstupy a výstupy. Vstupy jsou reprezentovány pomocí přepínačů a výstupy pomocí LED indikátorů, viz Obr. 3.5. Obsluha CMVM má možnost za chodu simulace přepínat jednotlivé vstupy a sledovat stav výstupů. Druhou možností je pro simulaci složitějšího chování periférií využití externího softwaru připojeného přes open interface.

#### *Open interface*

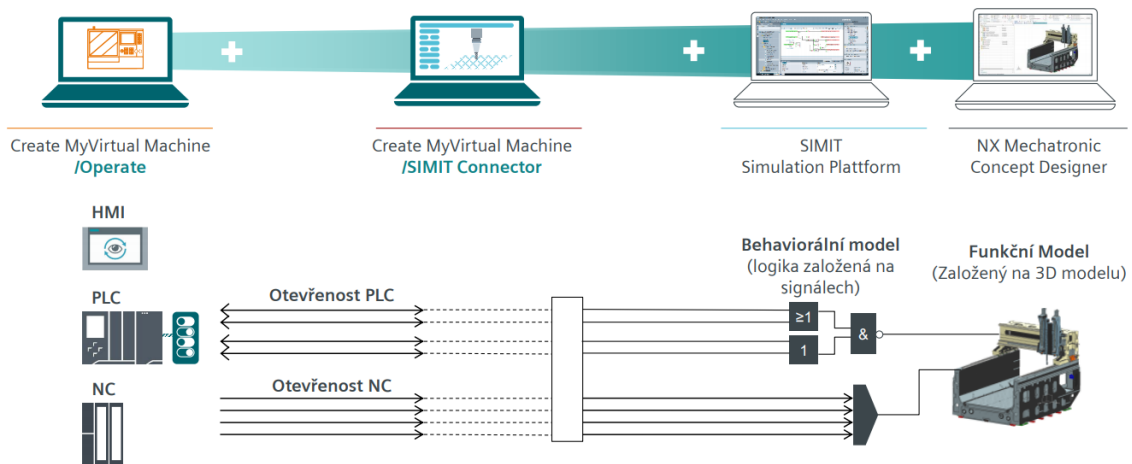
Open Interface umožňuje z externí aplikace ovládat prostředí CMVM: spouštět a ukončovat CMVM, nakládat s projekty strojů, spouštět, měnit rychlost a zastavovat simulaci. Dále je přes Open Interface možné nastavovat vstupy PLC, číst PLC výstupy a NC data.

#### *SIMIT Connector*

Externím softwarem může být také simulační platforma SIMIT, kde je možné simulovat složité chování a procesy probíhající v perifériích. Platforma SIMIT se připojuje pomocí softwarové komponenty *Create MyVirtual Machine /SIMIT Connector*. SIMIT také umožňuje vytvářet propojení s dalšími softwary. Díky tomu je možné předávat polohová data do softwaru NX která mohou v aplikaci Mechatronic Concept Designer ovládat model stroje, viz Obr. 3.6.

**SINUMERIK ONE**  
CMVM /SIMIT Connector se SIMITem a MCD

**SIEMENS**  
*Ingenueity for Life*



Obr. 3.6 – Propojení CMVM + SIMIT + NX-MCD [15]

### 3D vizualizace v CMVM

CMVM umožňuje sledovat výrobní proces ve 3D. Je možné sledovat pohyby stroje, zobrazovat nástroje, včetně držáků, přidat model polotovaru a upínek. U vrtání a frézování je možné simulovat úběr materiálu, ale pouze pro jeden kanál a lze používat jeden nástroj najednou. Také je možné kontrolovat kolize mezi vybranými skupinami objektů. Tvůrcem této komponenty je společnost *ModuleWorks*.

### 3.4.3 Run MyVirtual Machine

Run MyVirtual Machine (zkráceně RMVM) je softwarový nástroj, který umožňuje spouštět projekty strojů (\*.vcp; **V**irtual **C**ommissioning **P**roject) vytvořené v Create MyVirtual Machine, které představují digitální dvojče reálného stroje. Základní součástí je RMVM/Operate, který je možné doplnit rozšířeními: RMVM/Open a RMVM/3D. [16]

#### Run MyVirtual Machine /Operate

RMVM/Operate je NC programovací stanice, která by měla mít identické ovládání a chování jako reálný stroj. Nabízí věrohodné ověřování NC programů a to jak testování proveditelnosti, tak odhady strojních časů s vysokou přesností. RMVM/Operate lze dále použít ke školení obsluhy bez reálného stroje. Obsahuje jednoduchou ruční simulaci periférií stroje.

#### Run MyVirtual Machine /Open

RMVM/Open disponuje otevřeným rozhraním, které dokáže komunikovat s dalším softwarem na počítači. Skrze něj je možné přenášet vstupy a výstupy PLC, a propojit tak virtuální systém se složitějším modelem periférií, a dále je možné vyčítat data z NC části



virtuálního řídicího systému. RMVM/Open lze také integrovat jako modul do simulačního softwaru třetí strany.

#### *Run MyVirtual Machine /3D*

RMVM/3D rozšiřuje RMVM/Operate o 3D vizualizaci stroje, nástroje a obrobku s jeho upnutím. Rozšiřuje možnosti přípravy NC programů, dokáže detekovat kolize a rozšiřuje možnosti tréninku obsluhy. Další možné použití je jako demonstrátor stroje, na kterém by potenciální zákazníci mohli vyzkoušet jeho možnosti před nákupem.

#### 3.4.4 SIMIT

SIMIT je software, který umožňuje plnění těchto funkcí:

- Simulace celých průmyslových závodů, (zejména v oblasti technologických procesů, například v chemickém a petrochemickém průmyslu).
- Simulátor vstupů a výstupů automatizačních ovládacích systémů, jako jsou CNC řídicí systémy nebo PLC.
- Testování a zprovoznování softwaru automatizačních ovládacích systémů.

V softwaru SIMIT se pracuje se třemi hlavními nástroji:

- Chart - schéma - Grafický editor, do kterého je možné vkládat komponenty z knihovny, jednotlivé komponenty se propojí a tvoří tak simulační model.
- Vizualizace - grafické rozhraní pro vizualizaci simulačního modelu.
- Coupling - spojení - Komunikační rozhraní pro výměnu signálů s dalšími simulačními softwary nebo s fyzickým hardwarem prostřednictvím SIMIT UNIT. [17]

#### 3.4.5 Mechatronics concept designer (MCD)

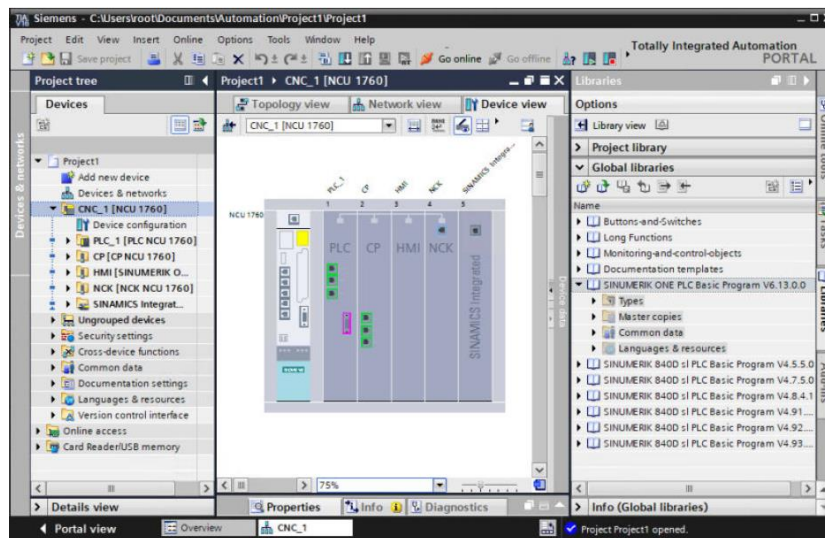
*„Konstruktér mechatronických konceptů je modul, který se používá k interaktivnímu navrhování a simulaci složitých pohybů elektromechanických systémů. Nabízí úvodní fázi návrhu základní koncepce stroje a aspektů v oblasti mechaniky, elektrického vedení, proudění tekutin a automatizace. Je to řešení, které transformuje proces tvorby stroje do efektivního přístupu k návrhu mechatroniky.“ [18]*

MCD je modulem softwaru NX, který dokáže využít 3D geometrii z NX a doplnit jí o fyzikální vlastnosti (tuhá tělesa, kolizní tělesa), dále je možné vytvářet vzájemné silové vazby mezi tělesy formou spojů. Výsledkem je simulace dynamického chování soustavy tuhých těles.

#### 3.4.6 TIA Portal

TIA Portal je vývojové prostředí pro automatizační nástroje od společnosti Siemens. Používá se pro tvorbu hardwarové konfigurace a softwaru pro PLC řady S7-1500, které je součástí SINUMERIK ONE, viz Obr. 3.7. Aby byla práce s ním v TIA Portálu možná, je třeba

nainstalovat nejprve *SINUMERIK 840D sl STEP 7 Toolbox V16* a poté *SINUMERIK ONE STEP 7 Toolbox V16*.



*Obr. 3.7 – Uživatelské rozhraní TIA Portal [14]*

Toolbox obsahuje například hardwarové komponenty, základní PLC program, dokáže pracovat s NC proměnnými a obsahuje podporu pro SINUMERIK Safety Integrated řešení.

### *Programovací jazyky PLC*

Norma IEC 61131-3 se zabývá základní softwarovou architekturou a stanovuje pět programovacích jazyků pro PLC. [19] Společnost SIEMENS používá stejné jazyky, ale dává jim jiná jména. Tučně zobrazená písmena v Tab. 3.1 tvoří zkratku jazyků.

*Tab. 3.1 – porovnání názvů programovacích jazyků*

IEC 61131-3	SIEMENS
Instruction List	<b>S</b> tatement <b>L</b> ist
Structured Text	<b>S</b> tructured <b>C</b> ontrol <b>L</b> anguage
Ladder Diagram	<b>L</b> ADder logic
Function Block Diagram	<b>F</b> unction <b>B</b> lock <b>D</b> iagram

### *Struktura PLC programů*

Simulační software PLC Siemens je složen z různých bloků:

- **OB** – Organizační blok, definuje strukturu uživatelského programu, tvoří rozhraní mezi uživatelským programem a operačním systémem
- **FC** – Funkce, program pro vykonání opakujících se činností, nemá paměť, musí vrátit odpověď v rámci jednoho volání (jednoho cyklu).



- **FB** – Funkční blok, podobný funkci, ale dokáže uchovávat data (má paměť) uvnitř instančního datového bloku.
- **DB** – Datový blok, uspořádaná data, neobsahuje žádný program

### 3.5 Další hráči

#### 3.5.1 FANUC

FANUC nabízí digitální dvojče stroje, a to jak s reálným, tak virtuálním řídicím systémem. Toto řešení je určeno ke školení obsluhy stroje. Nabízeno je několik variant připravených strojů: soustruh, tří a pětiosá frézka. [20]

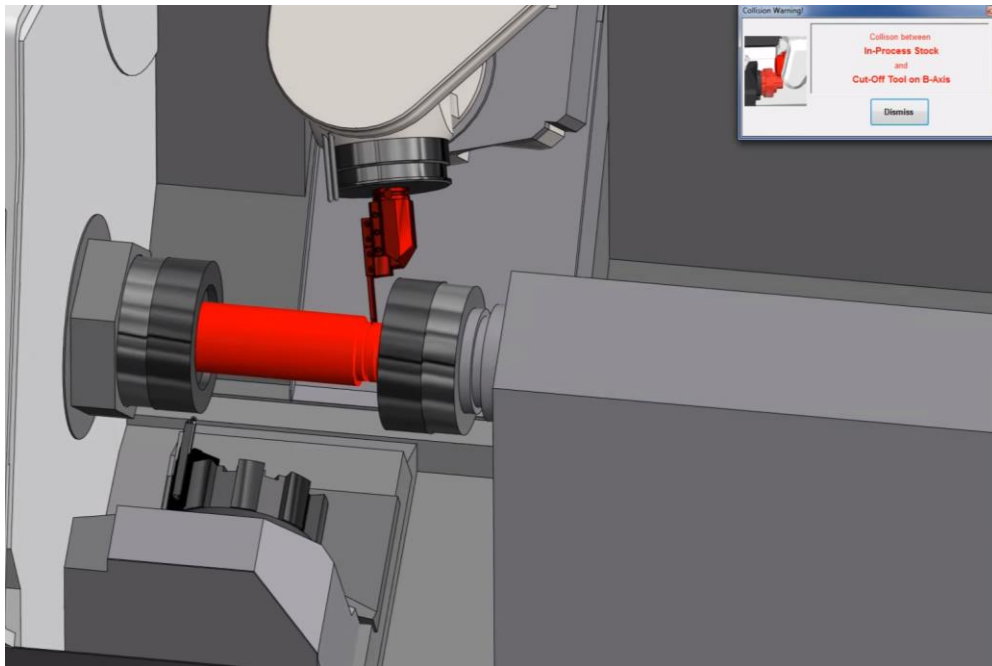


Obr. 3.8 – FANUC CNC GUIDE [20]

V softwaru CNC GUIDE, viz Obr. 3.8, mohou výrobci obráběcích strojů testovat na PC vlastní obrazovky pro HMI, programy psané v jazyce C, a programy pro PLC. FANUC se nezmiňuje o tom, že by šlo tento software propojit s vlastním modelem stroje. [21]

#### 3.5.2 ModuleWorks

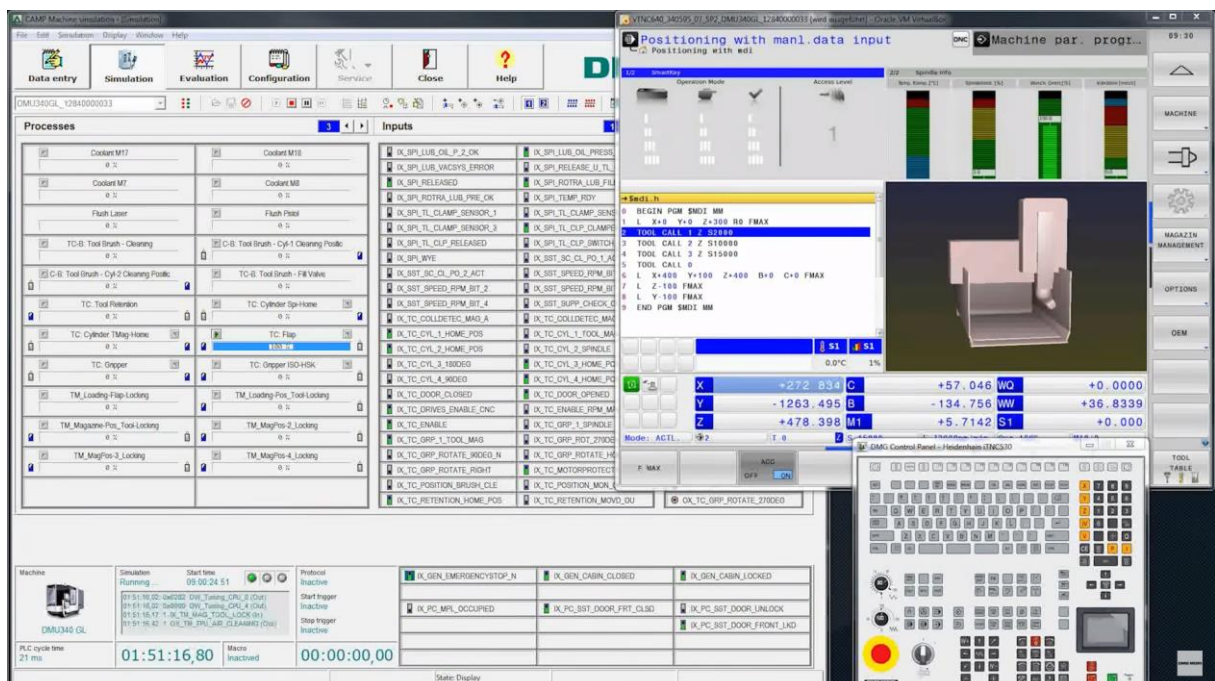
Společnost *ModuleWorks* se zabývá vývojem softwaru především pro uživatele CNC strojů, zejména CAM softwarem. Pro výrobce obráběcích strojů nabízí softwarové nástroje pro 3D vizualizaci strojů a technologických operací, viz Obr. 3.9. Tyto nástroje umí detekovat kolize jednotlivých částí a simulovat úběr materiálu. Jak FANUC, tak Siemens využívají tyto nástroje ve svých produktech, konkrétně Siemens v CMVM, jako modul 3D. [22]



Obr. 3.9 – Vizualizace od ModuleWorks [23]

### 3.5.3 DMG MORI

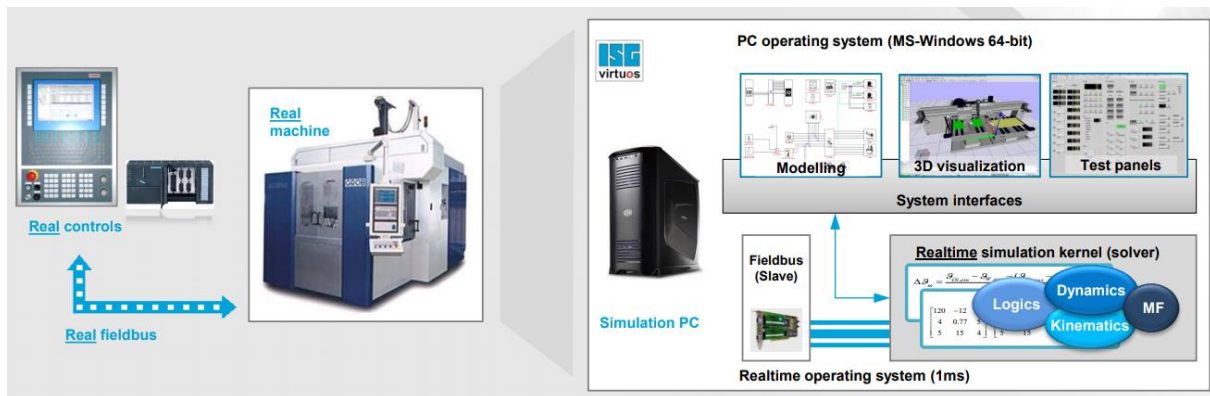
DMG MORI si pro vlastní potřebu vyvinula vlastní sadu nástrojů. Obsahují virtuální řídicí systém HEIDENHAIN, viz Obr. 3.10, takže se jedná o kosimulaci typu SIL, a dále obsahují 3D simulaci stroje včetně detekce kolíží a úběru materiálu při obrábění. [24]



Obr. 3.10 – DMG MORI, virtuální zprovoznění [24]

### 3.5.4 IGS Virtuos

Společnost *ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH* nabízí produkt pro virtuální zprovoznění metodou HIL – IGS Virtuos. [25]



Obr. 3.11 – IGS Virtuos [25]

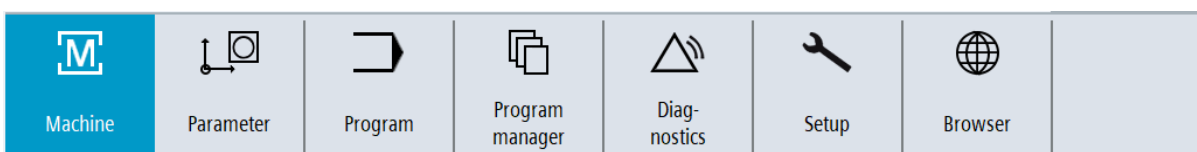
V jejích materiálech je uvedeno, že díky tomuto virtuálnímu zprovoznění je možné dosáhnout při vývoji nového stroje až 20 % úspory času projektu a 30 % úspory nákladů na projekt.

### 3.6 SINUMERIK ONE

#### 3.6.1 Některé pojmy

Následuje výčet a stručný popis některých pojmů vázících se k řídicímu systému SINUMERIK, které mohou přispět k pochopení vlastního řešení práce.

- *Mode group* – Skupiny provozních režimů, někdy označeno jako BAG, skupina kanálů se stejným provozním režimem (provozní režimy jsou: Auto, MDA, JOG)
- *Chanel* – Kanál – Zpracovává jeden NC program nezávisle na dalších kanálech, ovládá přiřazené osy/vřetena
- *Machine data* – Strojní parametry, upravují chování řídicího systému, dělí se do dvou skupin (machine data, setting data) a několika kategorií (v práci jsou použity zejména: General, Channel-specific, Axis-specific)
- *Auxiliary function* – pomocné funkce, většinou slouží k přenosu požadavků z NC do PLC na ovládání zařízení spadajících do pole působnosti PLC. Příklad zápisu v NC kódu:  $H20=488$ . Pomocné funkce se skládají ze adresy/typu ( $H$ ), hodnoty ( $488$ ) a rozšířené adresy ( $20$ )
- *Systémová oblast* – V grafickém uživatelském rozhraní stroje lze přepínat mezi systémovými oblastmi. Každá systémová oblast má vlastní grafické ztvárnění a je určena k jinému případu použití stroje, viz Obr. 3.12. [26]



Obr. 3.12 – Systémové oblasti

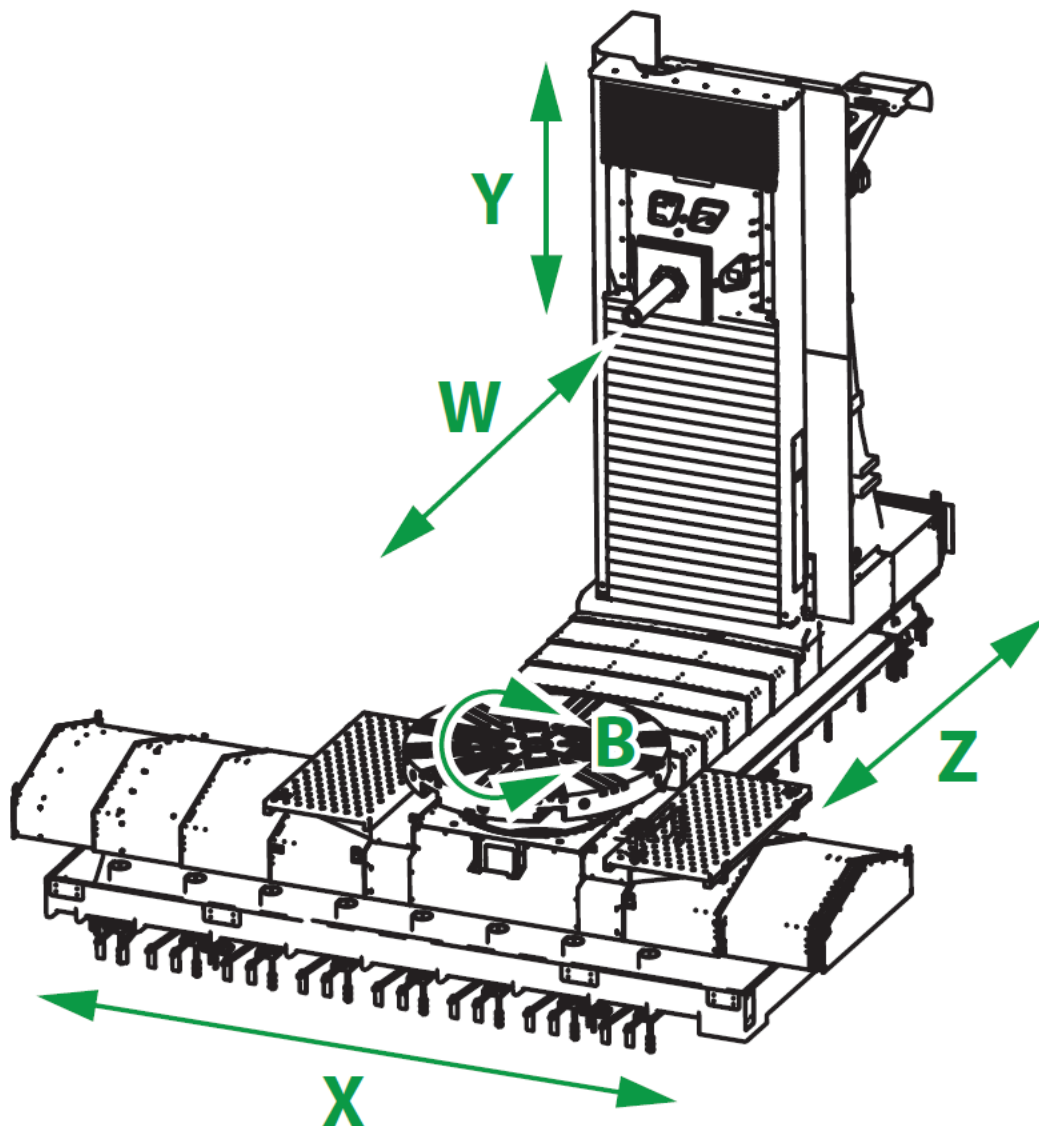
## 4 Koncepční návrh virtuálního modelu stroje

### 4.1 Stroj WHT 110 C

Tato práce si neklade za cíl vytvořit virtuální dvojče stroje WHT 110 C, které by bylo v budoucnu skutečně využito výrobcem stroje k přípravě zprovoznění reálného stroje. Účelem této práce je spíše demonstrovat nástroje virtuálního zprovoznění, jejich možnosti a způsoby použití. Stroj WHT 110 C slouží v této práci jen jako demonstrační příklad.

*„Nový, vysoce výkonný stroj s názvem WHT 110 z produkce TOS VARNSDORF a.s. je horizontální, vyvrtávací, obráběcí stroj vhodný pro nejnáročnější operace, které vyžadují přesné vrtání, řezání závitů, karuselování nebo frézování.“ [27]*

Na Obr. 4.1 je vidět kinematika stroje, který má 4 osy + výsuvné vřeteno (W) a v Tab. 3.1 jsou uvedeny některé parametry.



Obr. 4.1 – Kinematika WHT 110 C [28]

*Tab. 4.1 – Parametry stroje WHT 110 C*

Výsuv pracovního vřetena W	650 mm
Svislé přestavení vřeteníku Y	1 600 mm
Podélné přestavení stojanu Z	2 500 mm
Příčné přestavení stolu X	2 500 mm
Rozsah otáček pracovního vřetena	10 – 6 000/min
Rozsah posuvů – X, Y, Z	40 000 mm/min
Rozsah posuvů – W	20 000 mm/min
Rozsah posuvů – B	3/min
Rozměry upínací plochy stolu	1 250 x 1 250 mm
Max. hmotnost obrobku	4 000 kg

Stroj WHT 110 C může volitelně disponovat automatickou výměnou 2-4 palet. Na Obr. 4.2 jsou vidět před strojem 4 stojany na odkládání palet a manipulátor palet, který právě jednu z nich zakládá na stůl stroje. Mezi další volitelné příslušenství, které v této práci není řešeno, patří automatická výměna nástrojů, nebo automatická výměna nástrojových hlav.


*Obr. 4.2 – WHT 110 C s automatickou výměnou palet [27]*

## 4.2 Diagramy informačních toků

Virtuální zprovoznění bude provedeno podle schématu na Obr. 3.6. Bude se skládat ze tří částí:

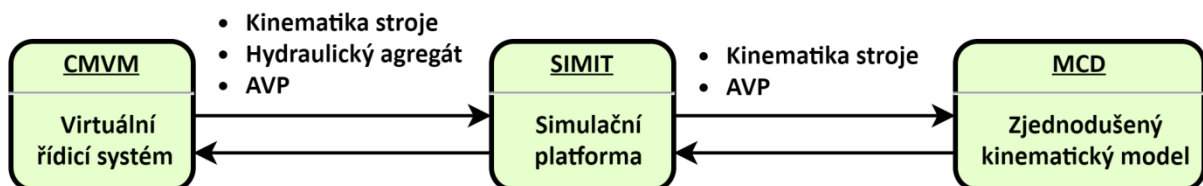
- CMVM – Virtuální řídicí systém
- SIMIT – Simulační platforma
- MCD – Zjednodušený kinematický model

### 4.2.1 Celkový pohled

V rámci této práce bude virtuální zprovoznění obsahovat tři systémy:

- Kinematika samotného stroje
- Hydraulický agregát
- Systém automatické výměny palet (zkratka AVP)

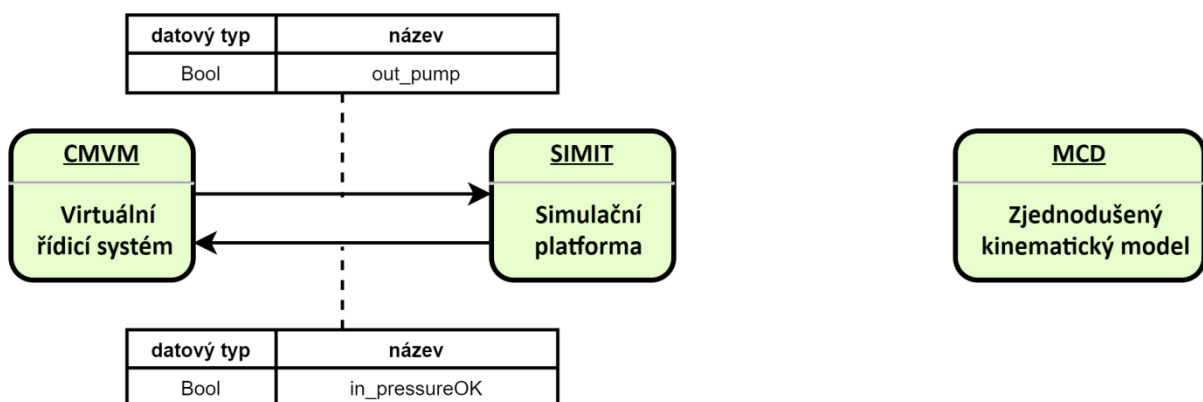
Na Obr. 4.3 je vidět, jaké informace si navzájem vyměňují jednotlivé části virtuálního zprovoznění.



Obr. 4.3 – Celkový diagram informačních toků

### 4.2.2 Hydraulický agregát

Z Obr. 4.4 je patrné, že celý model chování hydraulického agregátu bude vytvořen pouze v prostředí SIMIT.

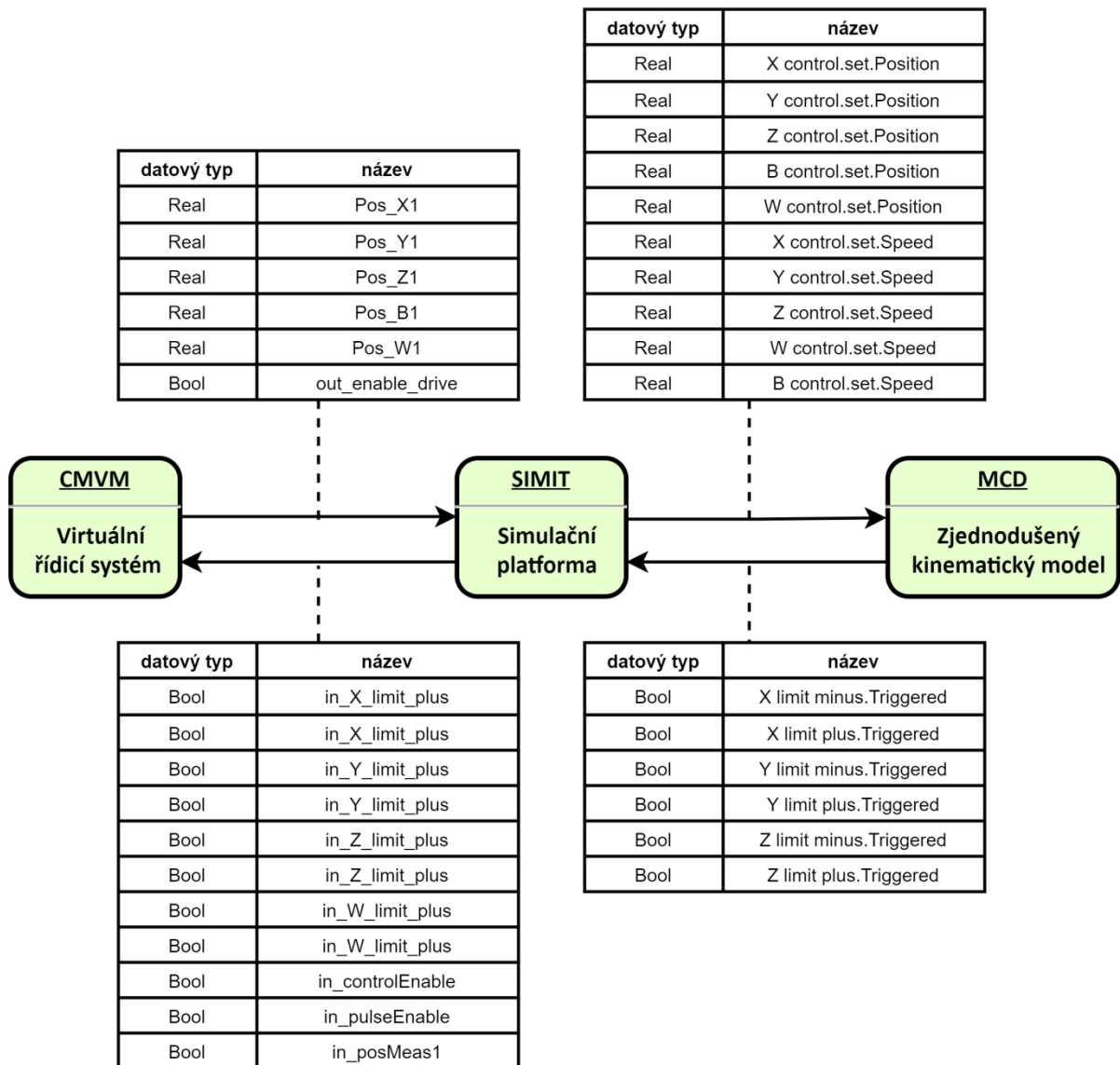


Obr. 4.4 – Informační toky – hydraulický agregát

### 4.2.3 Kinematika a pohony

Informace o poloze jednotlivých částí stroje jsou předávány z řídicího systému přes SIMIT do MCD, viz Obr. 4.5, zpět putují informace z koncových snímačů. Výstup CMVM

*out\_enable\_drive* a tři poslední vstupy simulují stavovou komunikaci s pohony a odměřovacím systémem.

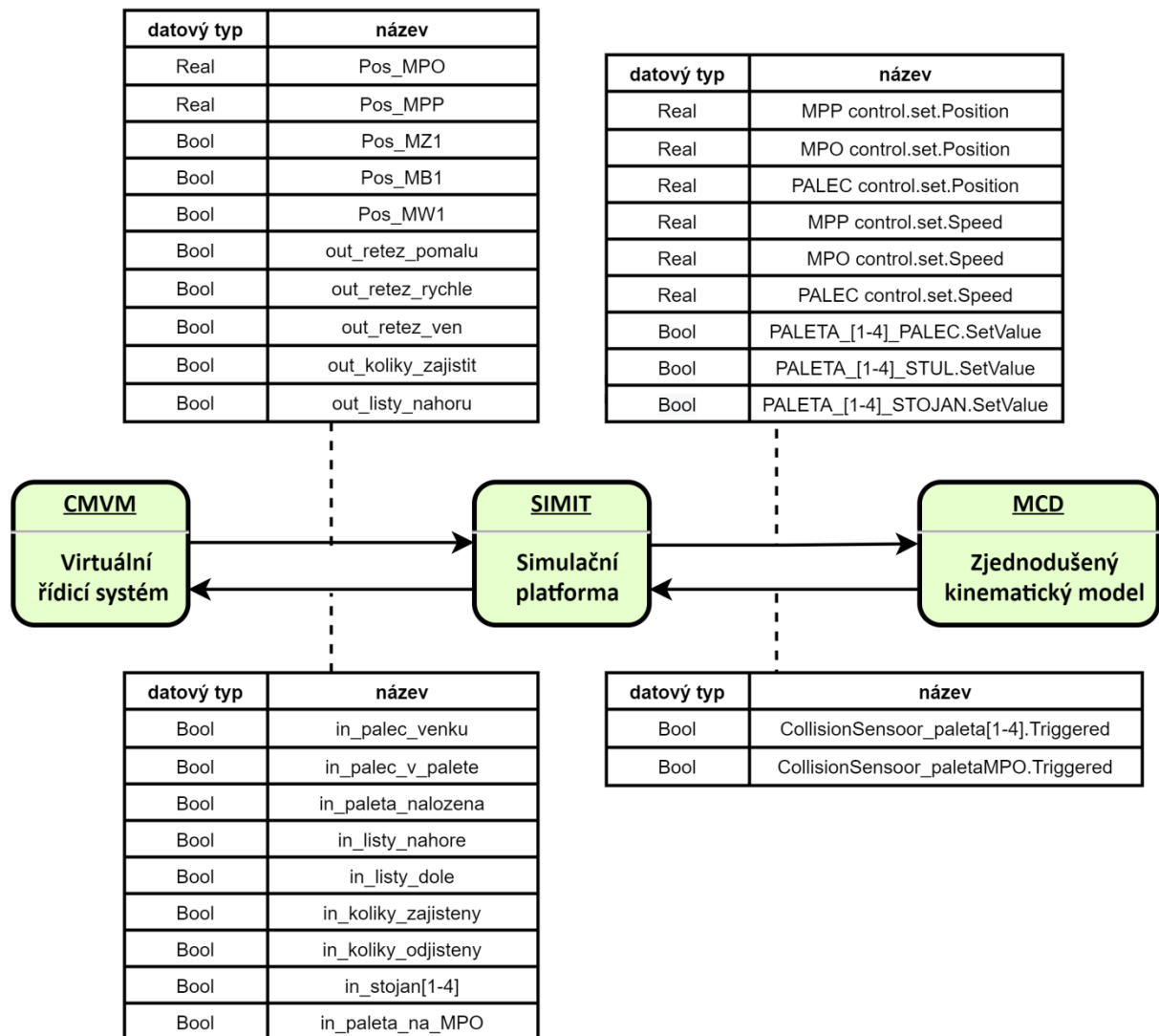


Obr. 4.5 – Informační toky – Kinematika a pohony

#### 4.2.4 Automatická výměna palet

Na Obr. 4.6 je schéma informačních toků systému automatické výměny palet. Celý systém bude popsán v kapitole 6.3. Z řídicího systému jsou přenášeny polohy dvou os ovládajících manipulátor palet, ovládání řetězu a systému pro uchycení palety na stole.

Zpět do řídicího systému jsou přenášeny informace o poloze řetězu a o přítomnosti palet na stojanech nebo na manipulátoru.



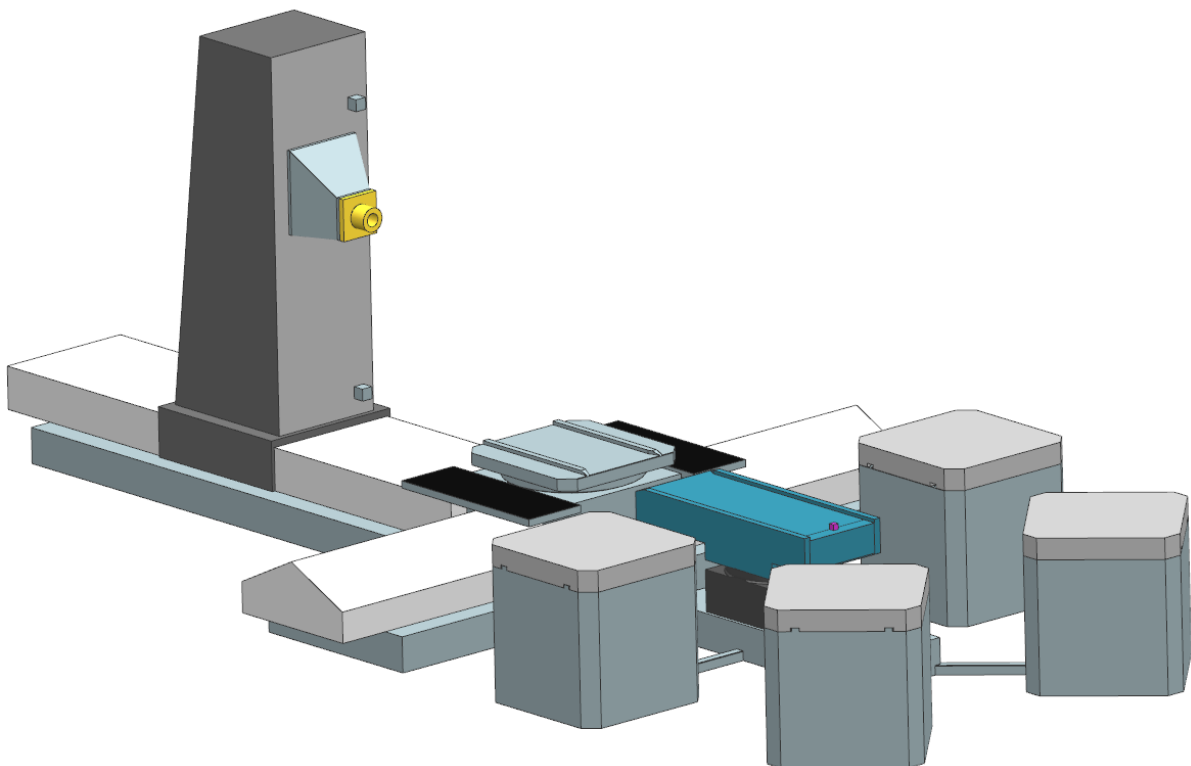
Obr. 4.6 – Informační toky – Automatická výměna palet



## 5 Tvorba virtuálního modelu

### 5.1 Příprava zjednodušeného kinematického modelu v MCD

Software MCD řeší nejen kinematiku ale i dynamiku pohybu tuhých těles. Pro účely tohoto zprovoznění, kdy data týkající se mechaniky těles (poloha a případně její derivace) proudí pouze jednosměrně do MCD, nemají informace o dynamice jednotlivých částí stroje pro zbytek simulace význam. Proto je model v MCD označen pouze jako kinematický model, a proto není ani věnována pozornost hmotnostem a momentům setrvačnosti jednotlivých dílů.

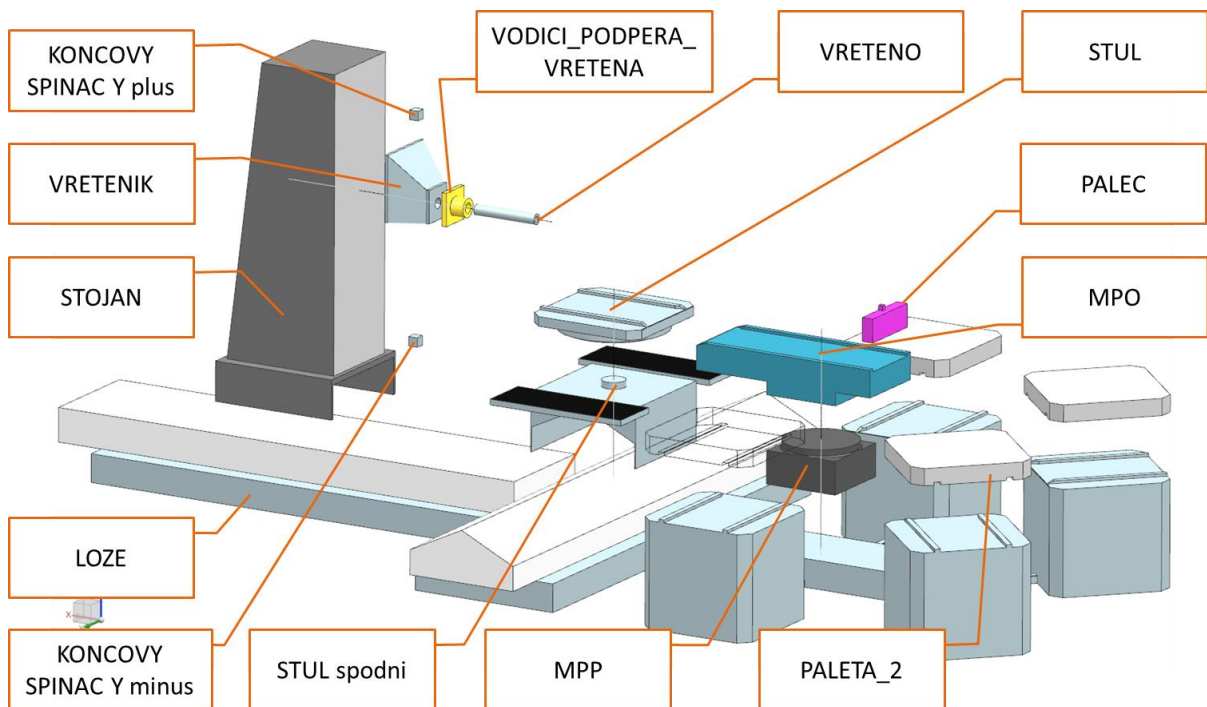


Obr. 5.1 – Zjednodušený model stroje WHT 110 C

Pro účely této práce není ani třeba, aby model přesně reprezentoval geometrii stroje. Některé rozměry se nemusí přesně shodovat s realitou a složitě tvarované prvky jsou nahrazeny jednoduchými geometrickými tvary. Proto je model na Obr. 5.1 označen jako zjednodušený.

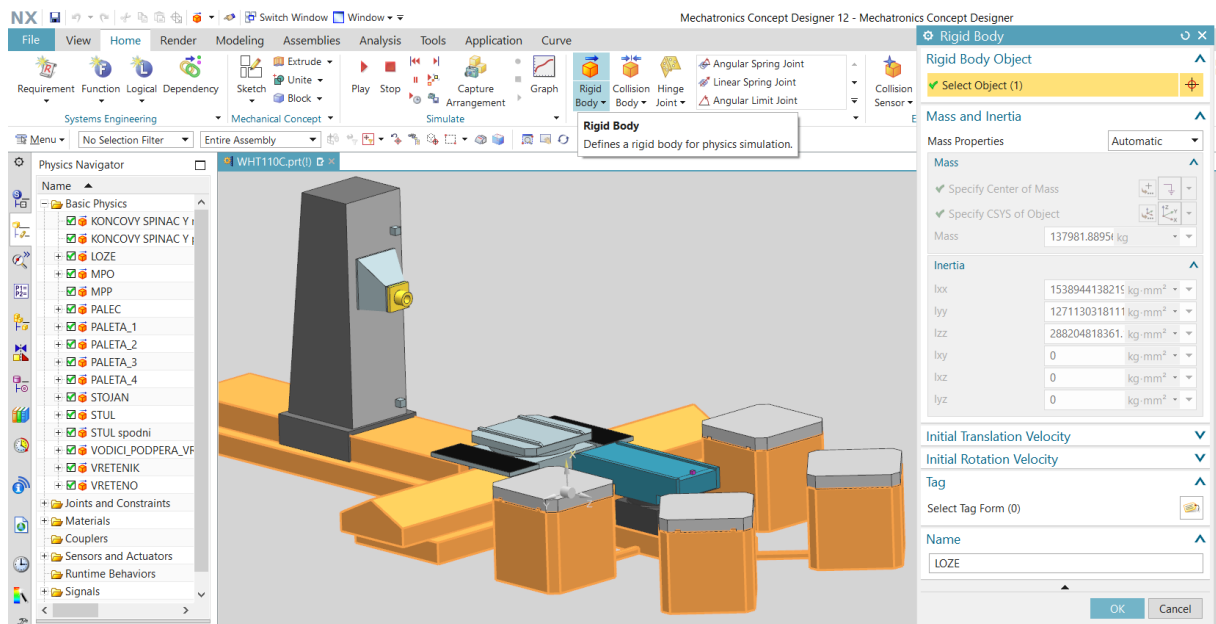
Na Obr. 5.2 je vidět rozpad modelu na jednotlivé komponenty, kterým byla později přiřazena jednotlivá tuhá tělesa. Označení *MPP* je zkratkou pro manipulátor palet – posuvná část a *MPO* je zkratkou pro manipulátor palet – otočná část.

Model *palce* je doplněn o velkou hmotu, která je umístěna uvnitř MPO. Tuto hmotu bylo nutné doplnit proto, aby kinematické vazby, kterých se *palec* účastní, měly dostatečnou tuhost. V MCD je tuhost některých vazeb vypočtena na základě velikosti účastnících se těles.



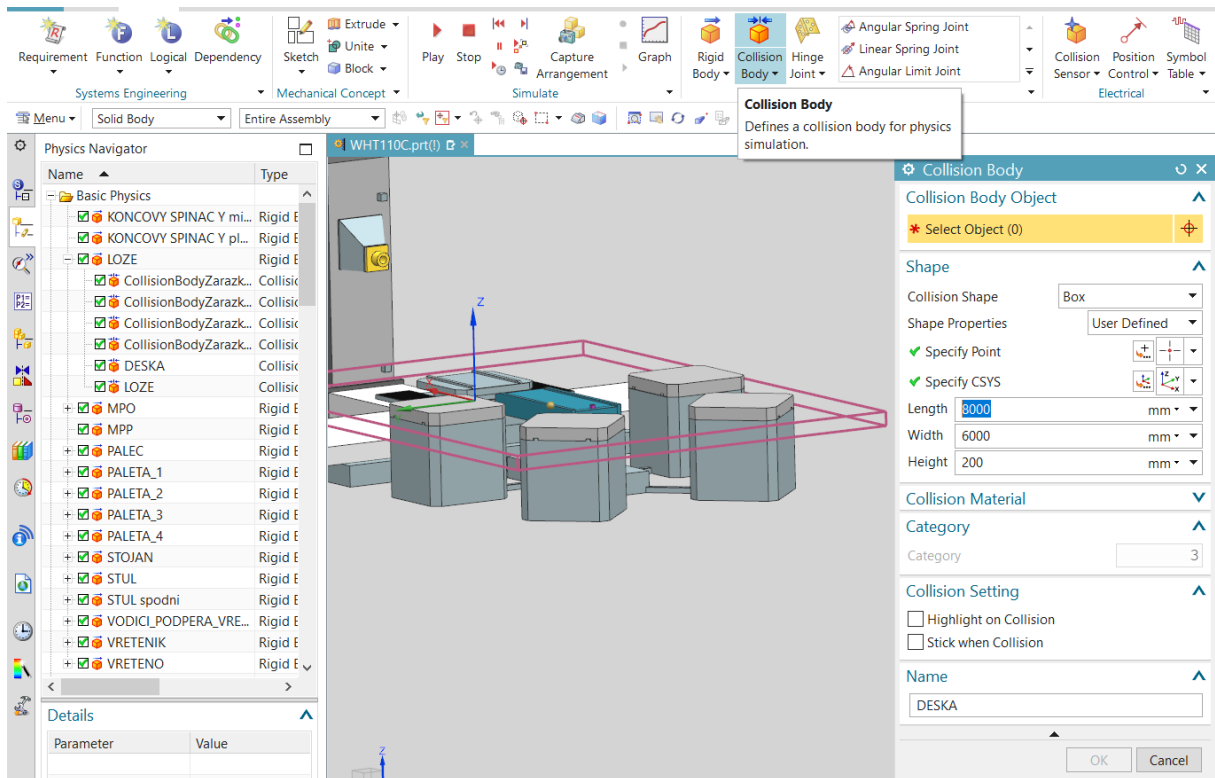
Obr. 5.2 – Názvy jednotlivých tuhých těles v MCD

### 5.1.1 Kinematické vazby a kolizní tělesa



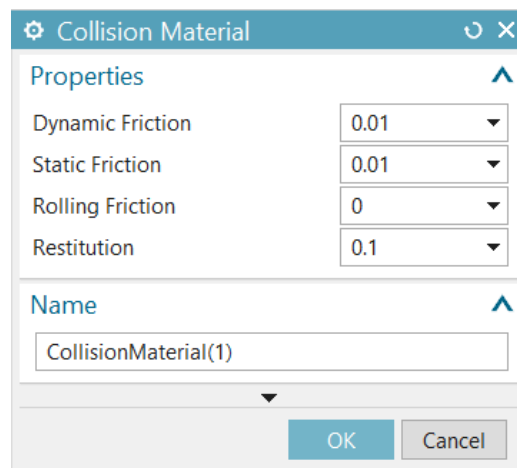
Obr. 5.3 – Definice Rigid Body v MCD

MCD pracuje s modely tuhých těles, vytvoření jednotlivých tuhých těles se provede příkazem *rigid body*, viz Obr. 5.3. Tuhé těleso je charakterizováno fyzikálními vlastnostmi – hmotností a momenty setrvačnosti, které lze manuálně přiřadit v dialogovém okně, nebo mohou být automaticky vypočítány na základě geometrického modelu.



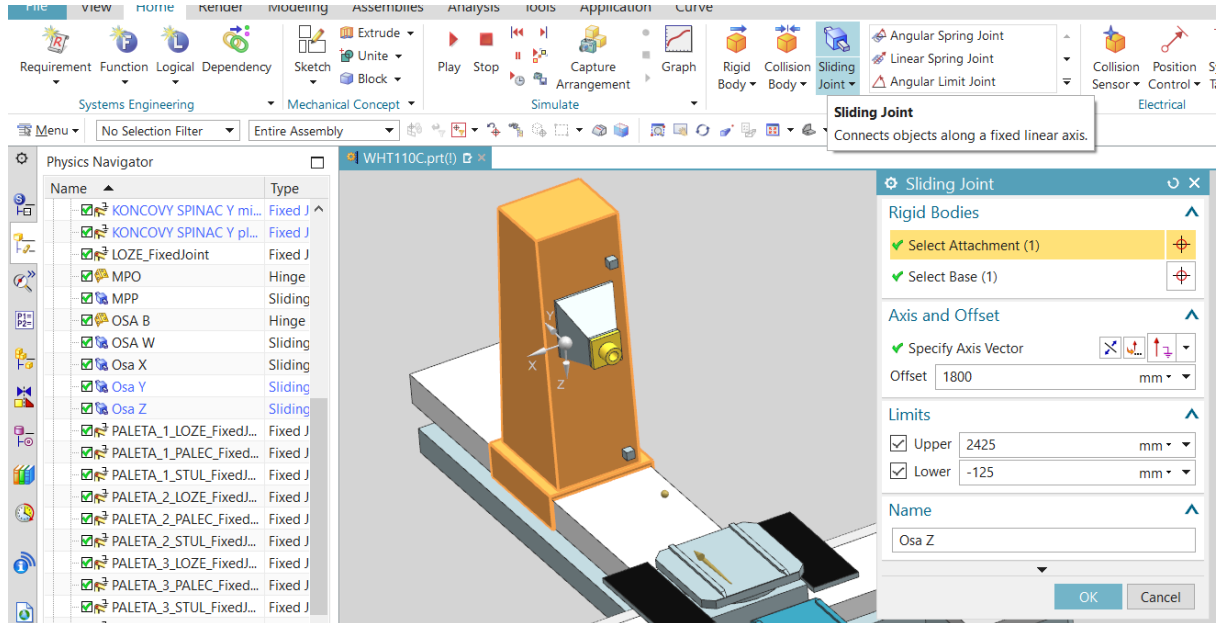
Obr. 5.4 – Definice Collision Body v MCD

Další entitou vystupující v MCD je kolizní těleso. Kolizní těleso může být vázáno na tuhé těleso nebo může existovat samostatně. V takovém případě tvoří pevnou překážku v prostoru a nemůže se pohybovat. Fyzikálními vlastnostmi, které se vážou ke koliznímu tělesu, jsou vlastnosti kolizního materiálu, konkrétně statický a dynamický součinitel smykového tření, součinitel valivého odporu a koeficient restituce, viz Obr. 5.5. Každému koliznímu tělesu lze přiřadit speciální kolizní materiál, nebo lze v nastavení MCD upravit vlastnosti obecného materiálu. Na Obr. 5.4 je pomocné kolizní těleso typu Box, které zabraňuje propadnutí palet skrze základní kolizní těleso lože typu Mesh. Tělesa typu Mesh mají v MCD občas tendenci sebou navzájem pronikat.



Obr. 5.5 – Kolizní materiál

Dalším zajímavým parametrem je *Category*. Tělesa kategorie 0 kolidují se všemi ostatními, tělesa kategorie > 0 kolidují pouze s tělesy stejné kategorie, nebo tělesy kategorie 0. Dalším způsobem, jak vyloučit kolizi mezi dvěma tělesy je použití funkce *Prevent Collision*.

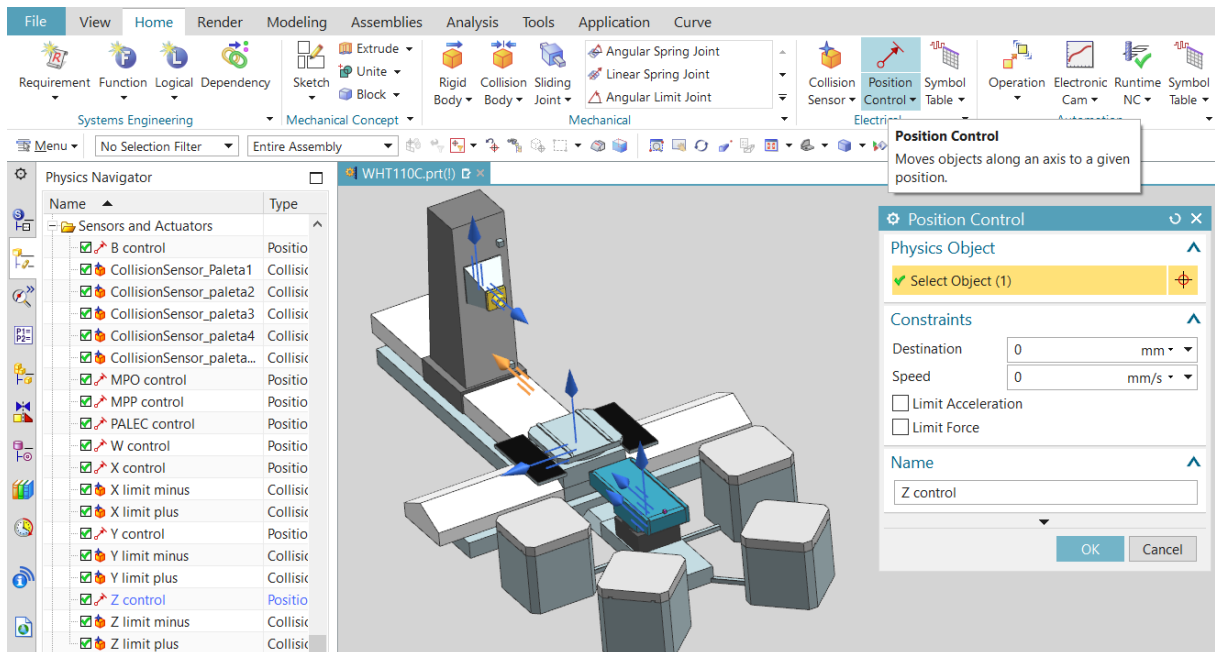


Obr. 5.6 – Definice kinematické vazby v MCD

MCD nerespektuje vazby vytvořené v CAD modelu sestavy, je nutné vytvořit vlastní vazby. MCD umožňuje vytvářet různé druhy vazeb. V této práci je použita vazba posuvná, rotační a pevná, viz Obr. 5.6. V každé vazbě je možné definovat členy *base* a *attachment*, které určují hierarchii v kinematickém řetězci. Dále je možné nastavit limity pohybu vazeb. Tyto vazby se později stávají základem pro umístění pohonů. Vazby nejsou dokonale tuhé a kromě vazeb typu *Spring Joint* nelze tuhost nastavit. Je určena automaticky na základě velikosti tuhých těles, což působilo problémy například u vazeb mezi palcem a paletou.

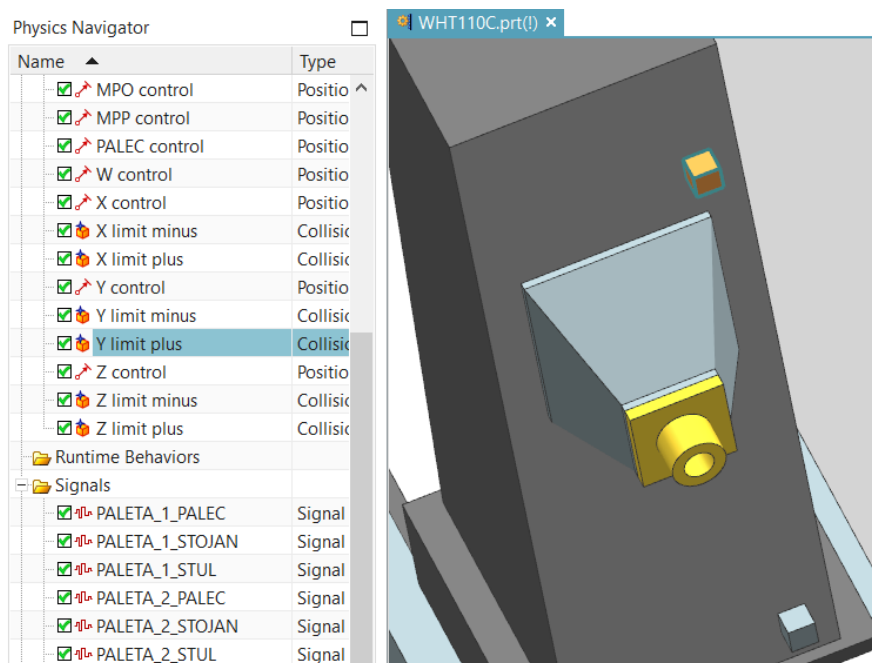
### 5.1.2 Pohon, snímače a signály

K docílení pohybu jednotlivých částí stroje je nutné osadit kinematické vazby pohony. MCD nabízí několik druhů pohonů. Vzhledem k tomu, že z řídicího systému známe polohy všech os, byl použit pohon typu *position control*, viz Obr. 5.7.

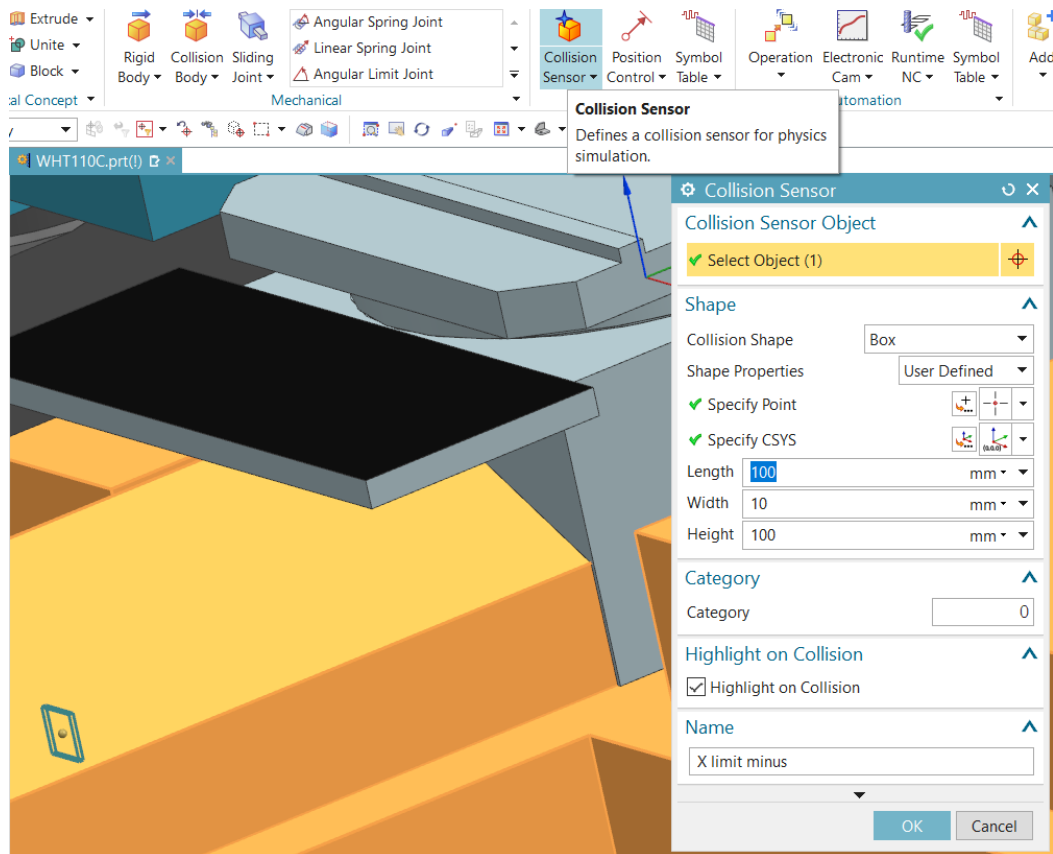


Obr. 5.7 – Definice pohonu v MCD

Osy X, Y a Z jsou vybaveny hardwarovými koncovými snímači. V MCD jsou tyto koncové snímače reprezentovány kolizními čidly, která reagují na kontakt s kolizním tělesem příslušné osy. U os X a Z jsou kolizní snímače vytvořeny jako kvádry, viz Obr. 5.9, umístěné v krajních polohách pohybu osy, snímače osy Y využívají připravený 3D model, viz Obr. 5.8.

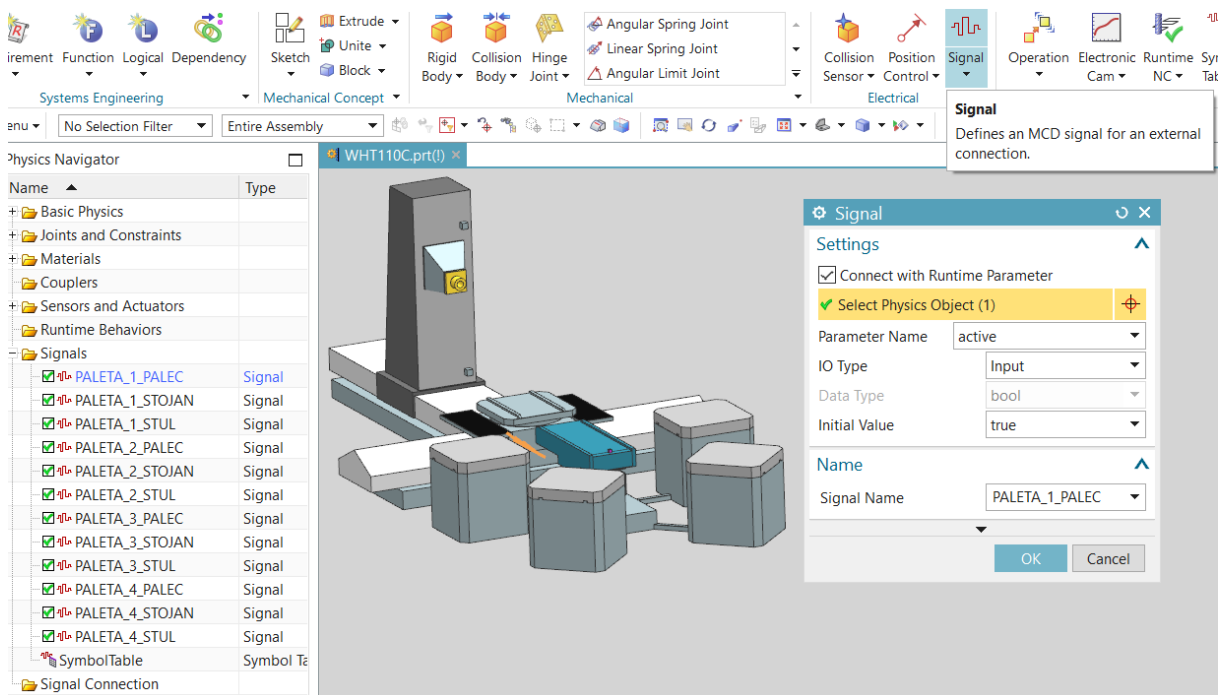


Obr. 5.8 – Kolizní senzor osy Y



Obr. 5.9 – Kolizní senzor osy X

K ovládání vlastností prvků modelu lze použít signály. V této práci signály zapínají a vypínají vazby mezi paletami a palcem, stolem, ložem, viz Obr. 5.10.



Obr. 5.10 – Nastavení signálu v MCD

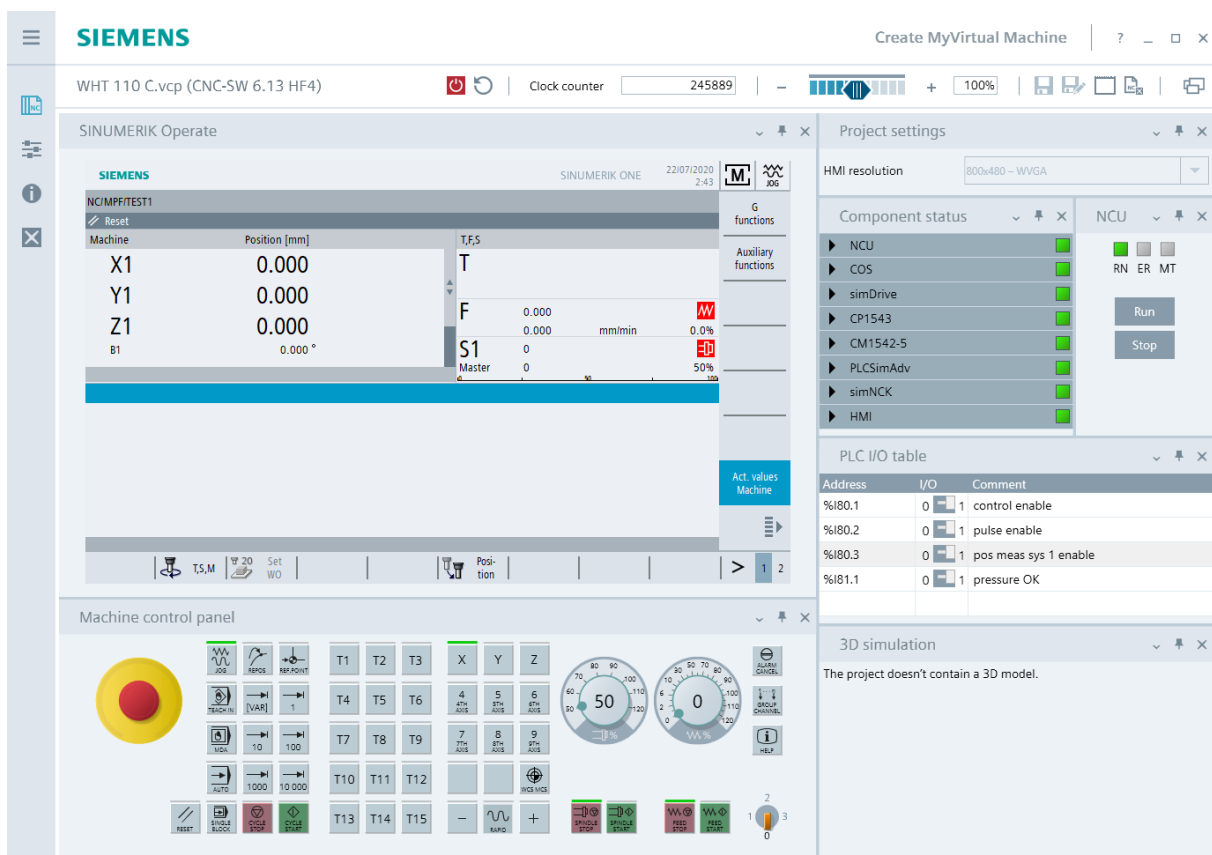
## 5.2 Create MyVirtual Machine

### 5.2.1 Instalace a licencování

Společně se softwarem Create MyVirtual Machine je nutné nainstalovat SINUMERIK CNC-SW, který reprezentuje určitou verzi softwaru řídicího systému. Projekty vytvořené v různých verzích CNC-SW nejsou vzájemně kompatibilní. V této práci byla použita verze 6.13 HF4.

Licencování je provedeno pomocí licenčního souboru, který může být umístěn buďto lokálně, anebo na licenčním serveru, ze kterého si tento soubor mohou půjčovat různí uživatelé. Systém je obdobný jako u softwaru NX.

### 5.2.2 Uživatelské rozhraní



Obr. 5.11 – Uživatelské rozhraní CMVM

Po založení nového projektu a jeho otevření se zobrazí uživatelské rozhraní, které je na Obr. 5.11.

- Horní lišta obsahuje tlačítka pro spuštění a vypnutí řídicího systému, tlačítko pro restartování, počítadlo cyklů NCK a posuvný jezdec, kterým lze zvolit jednu ze tří rychlostí simulace:
  - 0 %
  - 100 %
  - Maximální rychlost dle dostupného výpočetního výkonu



- Project settings – před spuštěním řídicího systému je zde možné zvolit rozlišení HMI panelu
- SINUMERIC Operate - HMI (strojní panel)
- Component status – indikace stavu jednotlivých komponent simulovaného řídicího systému
- NCU – simulovaný panel centrální jednotky NCU
- PLC I/O Table – jednoduché rozhraní pro manuální ovládání vstupů a indikaci výstupů PLC
- Machine control panel – ovládací panel včetně otočných voličů *feedrate override* a *spindle override*
- 3D simulation – vestavěná vizualizace stroje. V rámci této práce nebyla využita.

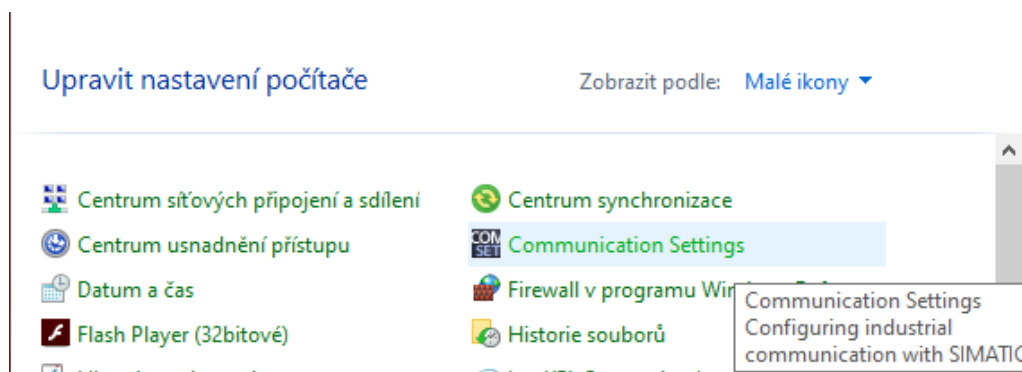
## 5.3 Tia Portal

### 5.3.1 Příprava a nastavení komunikace

Aby bylo možné provádět nastavení a programování řídicího systému SINUMERIC ONE, je třeba do TIA Portalu doinstalovat 2 ToolBoxy ve stejné verzi jako je TIA Portal:

- SINUMERIC 840D sl STEP 7 Toolbox
- SINUMERIC ONE STEP 7 Toolbox

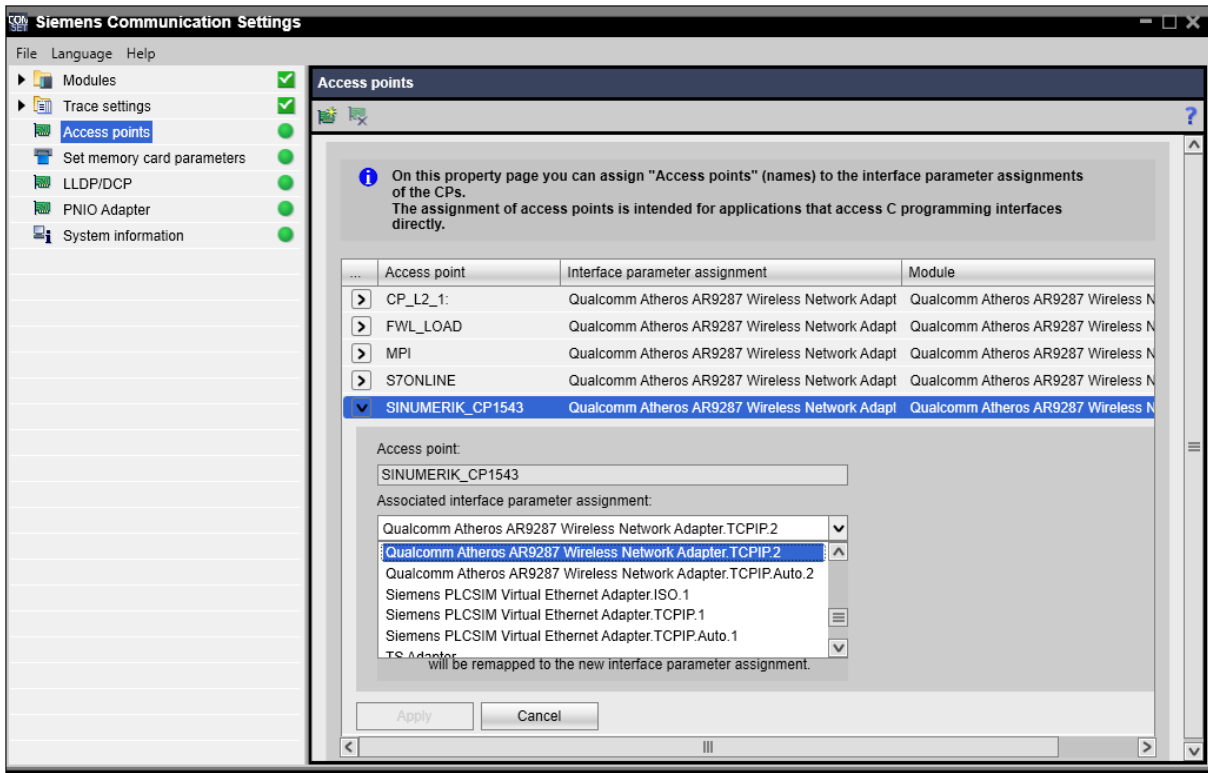
TIA Portal může, ale také nemusí být nainstalován na stejném PC jako CVMV a lze se k němu připojovat přes síť. V obou případech je třeba nastavit síťovou komunikaci aplikací. V ovládacích panelech, viz Obr. 5.12, se po instalaci TIA Portalu nachází konfigurační aplikace *Communication Settings*.



Obr. 5.12 – Ovládací panely

Uvnitř této aplikace je třeba na záložce *Access points* položkám *S7ONLINE* a *SINUMERIK\_CP1543* v kolonce *Associated interface parameter assignment* přiřadit aktivní síťovou kartu, zakončenou: *.TCPIP. "číslo"*, viz Obr. 5.13.

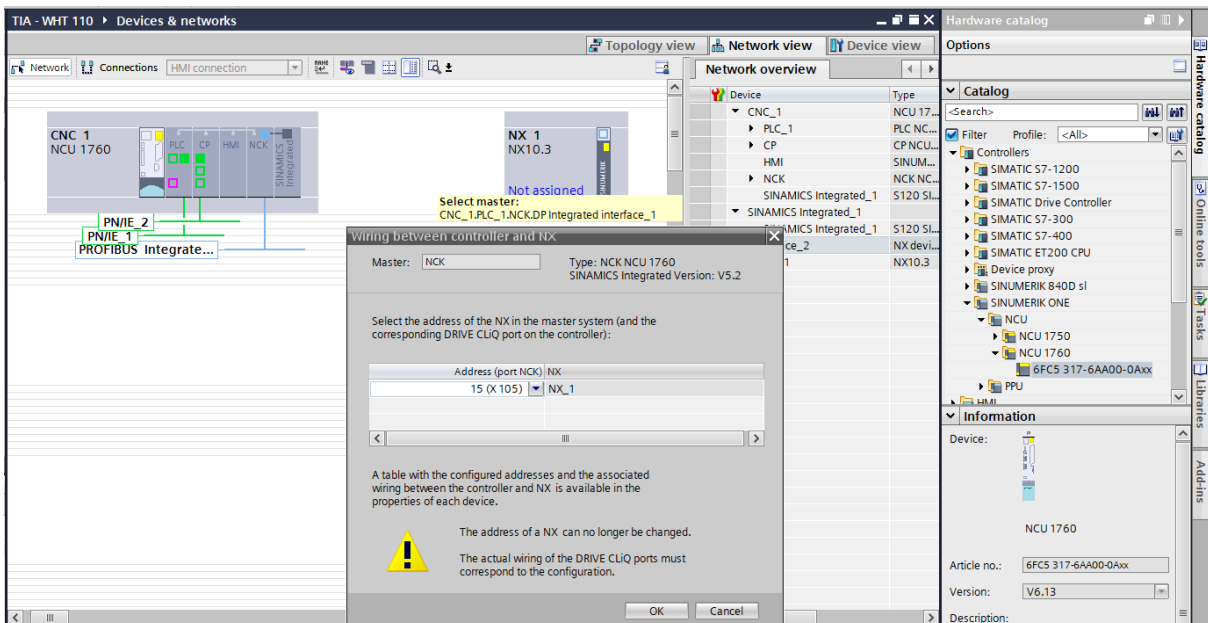




Obr. 5.13 – Siemens Communication Settings

Pokud se chceme připojit k CMVM na jiném počítači, je třeba ještě povolit pro CMVM příchozí a odchozí připojení v *bráně firewall* systému Windows.

### 5.3.2 Hardwarová konfigurace

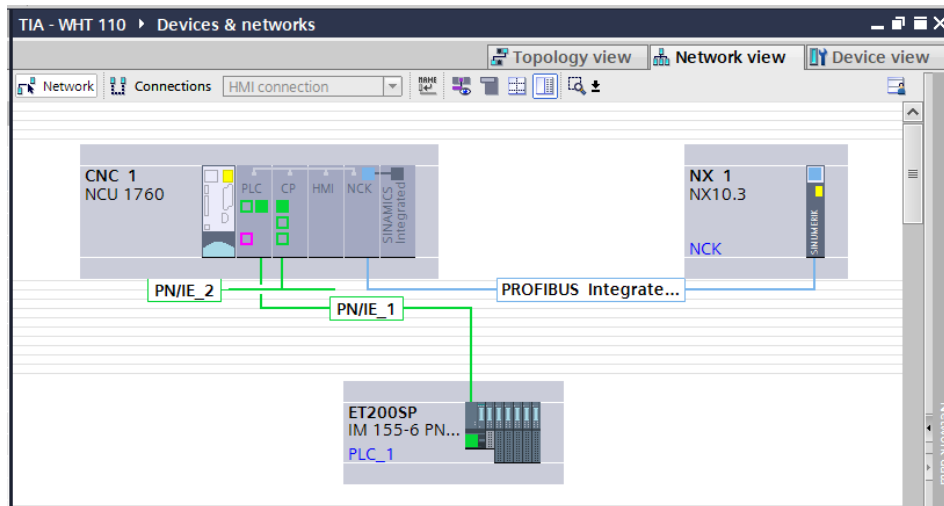


Obr. 5.14 – Propojení NCK a modulu NX v HW konfiguraci

Prvním krokem po vytvoření projektu v TIA Portalu je tvorba hardwarové konfigurace. Po instalaci potřebných Toolboxů se v katalogu hardwaru (*Hardware catalog*)

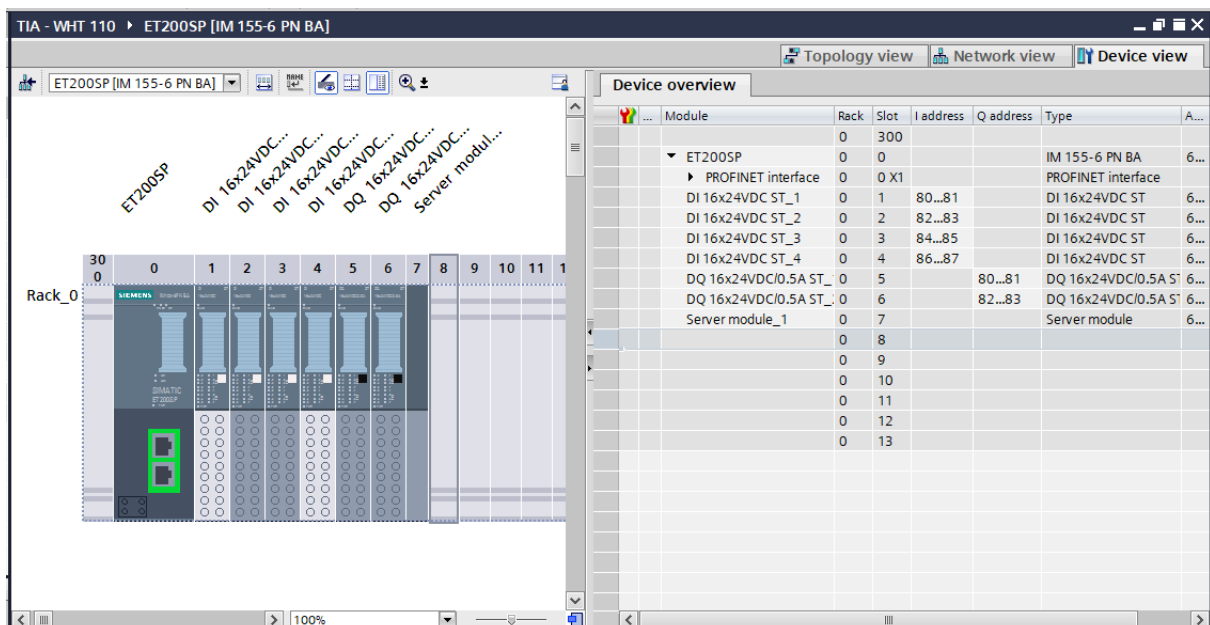
objeví NCU jednotky řídicího systému SINUMERIK ONE, viz Obr. 5.14. Vybrána byla jednotka NCU 1760, kterou do projektu přidáme přetažením z katalogu do pracovního prostoru.

Dalším zařízením přidaným do projektu je jednotka NX10.3. Jedná se o rozšiřující modul pro připojení až tří dalších NC os. Po kliknutí na tlačítko Not assigned se objeví dialogové okno, ve kterém provedeme propojení jednotky NX s centrálou sítí DP Integrated, viz Obr. 5.14.



Obr. 5.15 – HW konfigurace v TIA Portalu

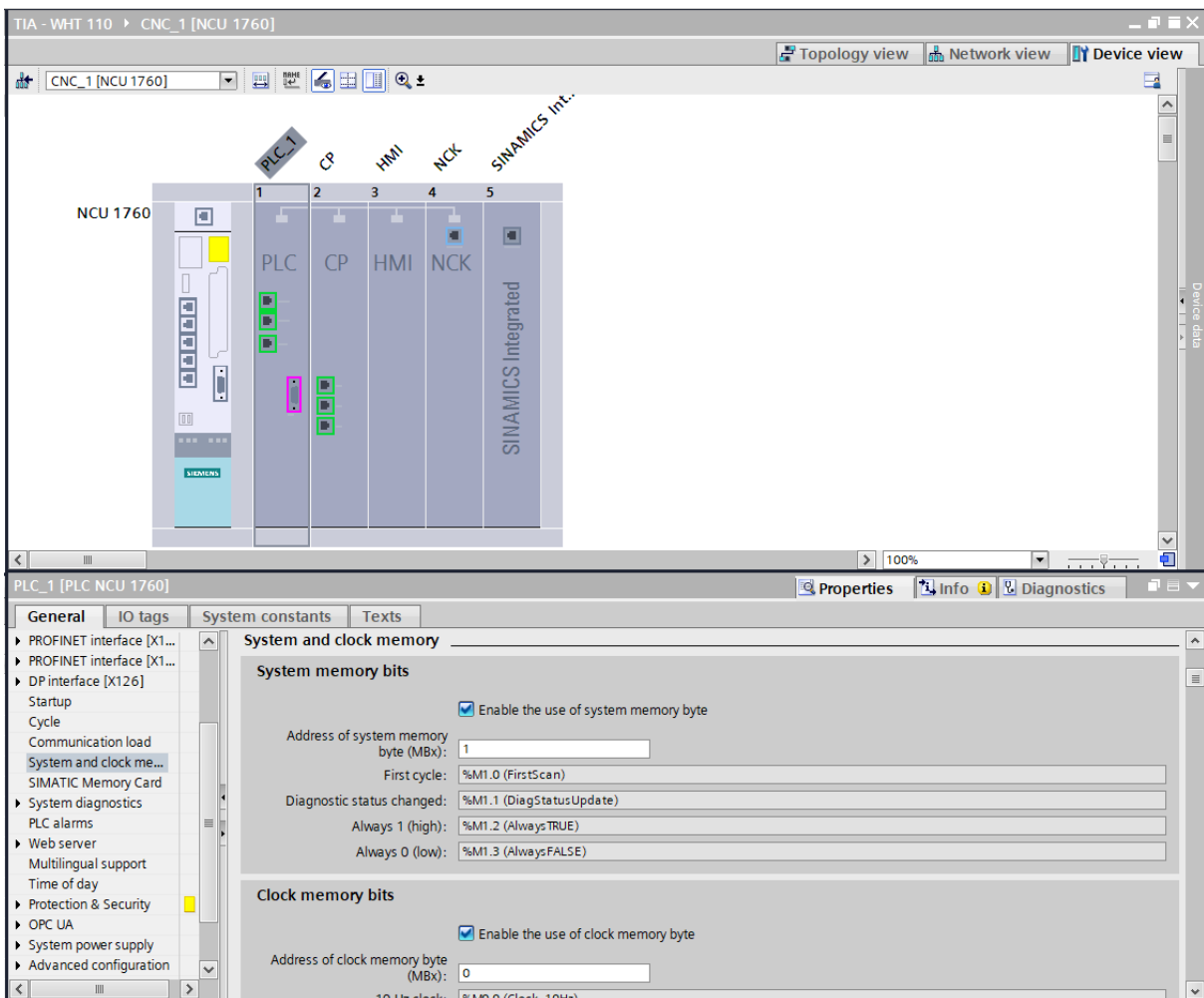
Jako poslední je přidána jednotka distribuovaných vstupů a výstupů ET200SP, konkrétně model IM 155-6 PN BA, viz Obr. 5.15.



Obr. 5.16 – Konfigurace modulů jednotky distribuovaných I/O

K jednotce je přidáno celkem šest modulů, z čehož jsou čtyři moduly digitálních vstupů (DI 16x24VDC) a dva moduly digitálních výstupů (DQ 16x24VDC). Řada je zakončena

server module, který slouží jako kryt kontaktů posledního modulu. V tabulce *Device overview* jsou jednotlivým vstupům a výstupům přiřazeny paměťové adresy, viz Obr. 5.16.



Obr. 5.17 – Aktivace systémových a hodinových bitů.

Ve vlastnostech PLC NCU 1760 byl zapnut byte systémových hodin. Jednotlivé bity se mění s různou frekvencí, lze je využít například k ovládání blikajících kontrolky na ovládacím panelu, viz Obr. 5.17. Ve vlastnostech NCK je nutno na záložce *Events* v kolonce *Hardware Interrupt* vytvořit organizační blok OB40.

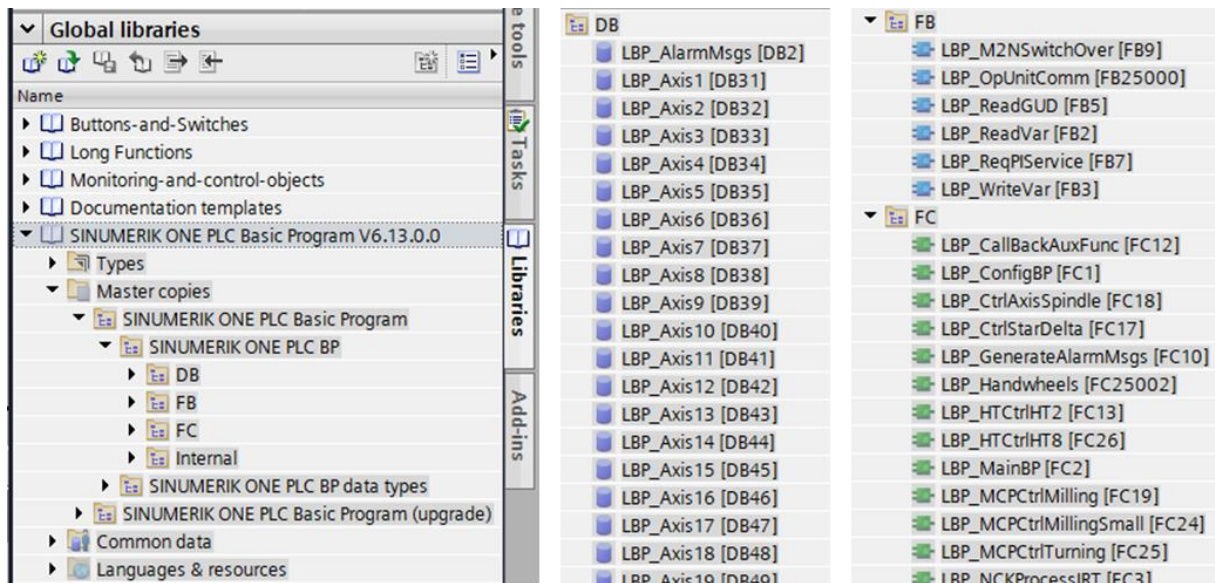
V okně *topology view* je propojena jednotka ET200SP s NCU 1760 přetažením kurzoru mezi porty X1.P1 a X150.P1. Tím je vytvořena síť PROFINET PN/IE\_1, viz Obr. 5.15.

Pro virtuální zprovoznění ovládacího a HMI panelu není třeba přidávat do hardwarové konfigurace žádné komponenty.

### 5.3.3 Základní PLC program

Základní PLC program je součástí Toolboxu SINUMERIK ONE STEP 7 Toolbox. Do projektu je vložen přetažením z knihovny, viz Obr. 5.18. Základní program obsahuje zejména datové bloky pro komunikaci mezi NC a PLC, dále obsahuje řadu funkcí a funkčních

bloků. Neobsahuje žádné organizační bloky, které je nutno doplnit jako součást uživatelského programu.

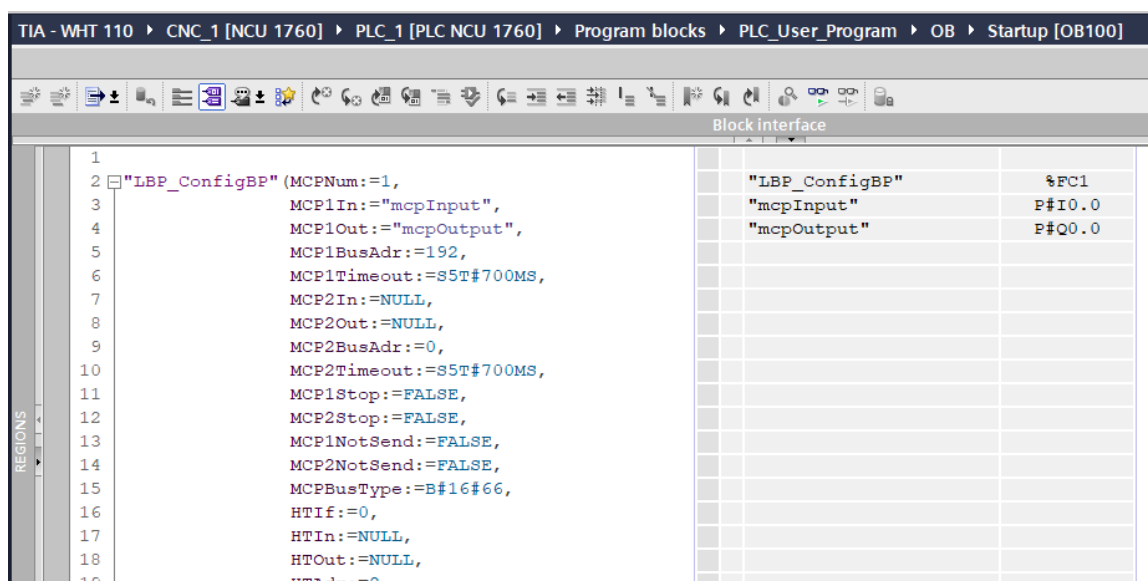


Obr. 5.18 – Základní PLC program v knihovně TIA Portalu

### 5.3.4 Uživatelský PLC program

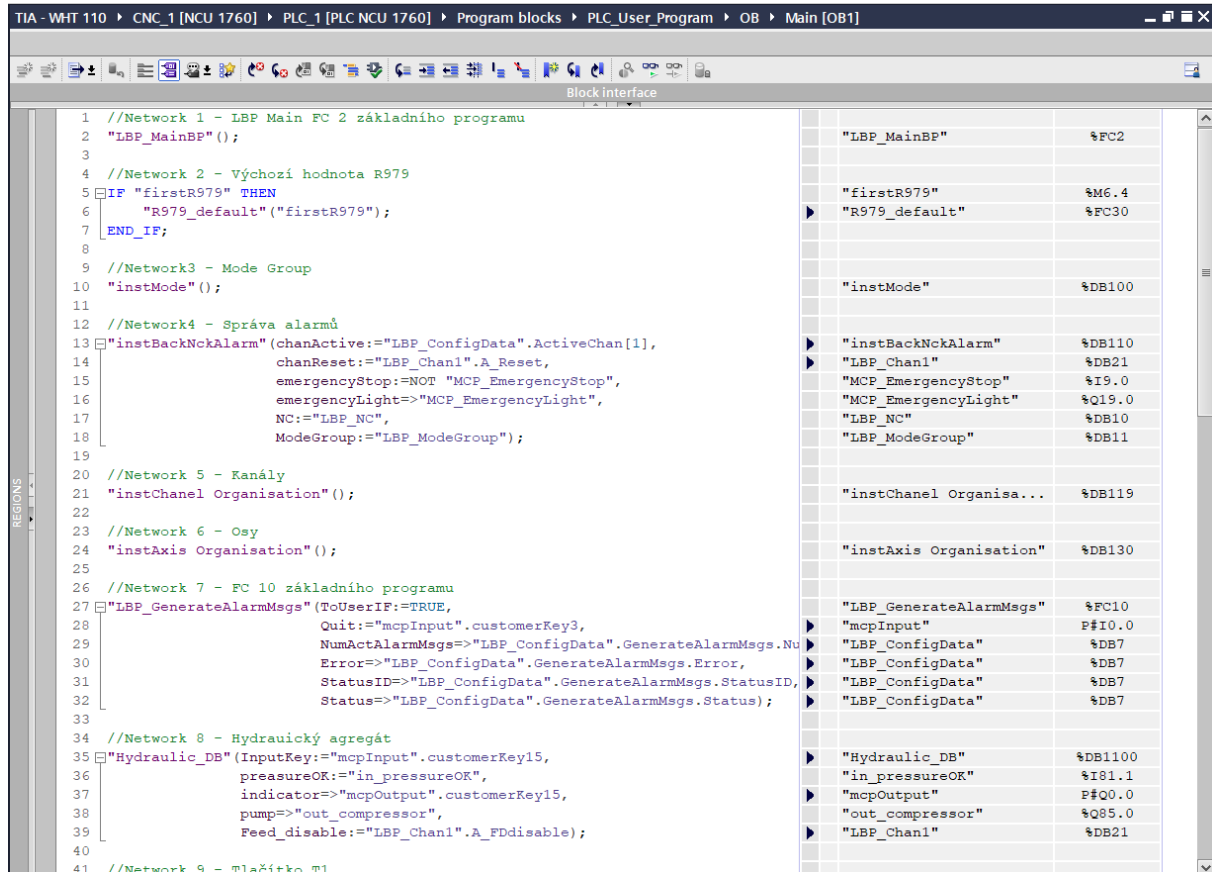
Jako programovací jazyk pro tvorbu uživatelského programu byl vybrán jazyk SCL. Během tvorby se ukázalo, že to nebylo vždy jen výhodou, protože tento jazyk někdy neposkytuje tak dobrou čitelnost, jako například jazyk LAD.

Jako první při spuštění PLC je volán organizační blok *Startup OB100*, který musí obsahovat volání funkce *LBP\_ConfigBP*[FC1], viz Obr. 5.19. Bylo nutné upravit některé vstupní argumenty této funkce, které například určují adresy ovládacího panelu.



Obr. 5.19 – Volání FC1 uvnitř OB100

Součástí uživatelského programu je organizační blok *Main OB1* obsahující hlavní cyklický program. *OB1* obsahuje volání součástí základního programu povinných pro chod řídicího systému a dále obsahuje rozšiřující program vytvořený výrobcem stroje.



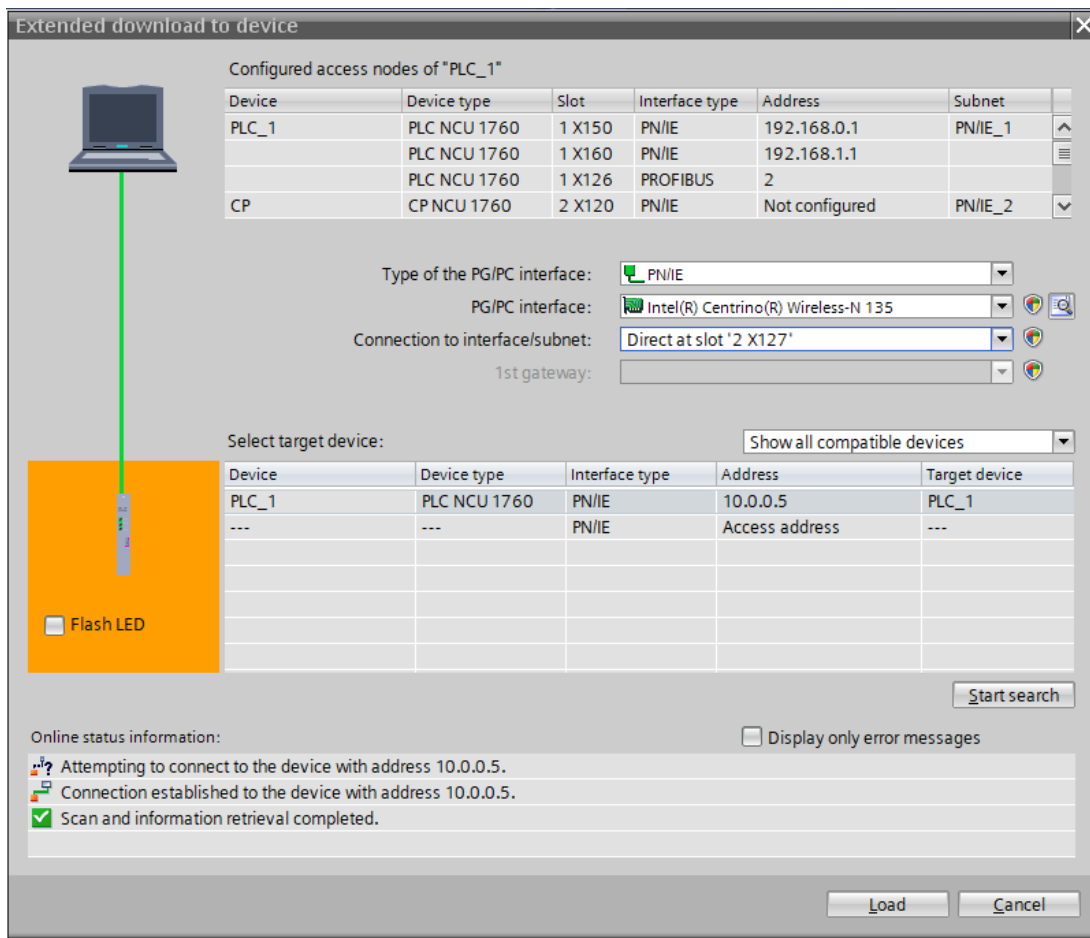
The screenshot displays the 'Block interface' of the TIA Portal software. On the left, the ladder logic code for Network 1 through Network 9 is visible. On the right, a table lists the variables used in the program, including their names and addresses.

"LBP_MainBP"	%FC2
"firstR979"	%M6.4
"R979_default"	%FC30
"instMode"	%DB100
"instBackNckAlarm"	%DB110
"LBP_Chan1"	%DB21
"MCP_EmergencyStop"	%I9.0
"MCP_EmergencyLight"	%Q19.0
"LBP_NC"	%DB10
"LBP_ModeGroup"	%DB11
"instChanel Organisation"	%DB119
"instAxis Organisation"	%DB130
"LBP_GenerateAlarmMsgs"	%FC10
"mcpInput"	P#I0.0
"LBP_ConfigData"	%DB7
"LBP_ConfigData"	%DB7
"LBP_ConfigData"	%DB7
"LBP_ConfigData"	%DB7
"Hydraulic_DB"	%DB1100
"in_pressureOK"	%I81.1
"mcpOutput"	P#Q0.0
"out_compressor"	%Q85.0
"LBP_Chan1"	%DB21

Obr. 5.20 – Main OB1

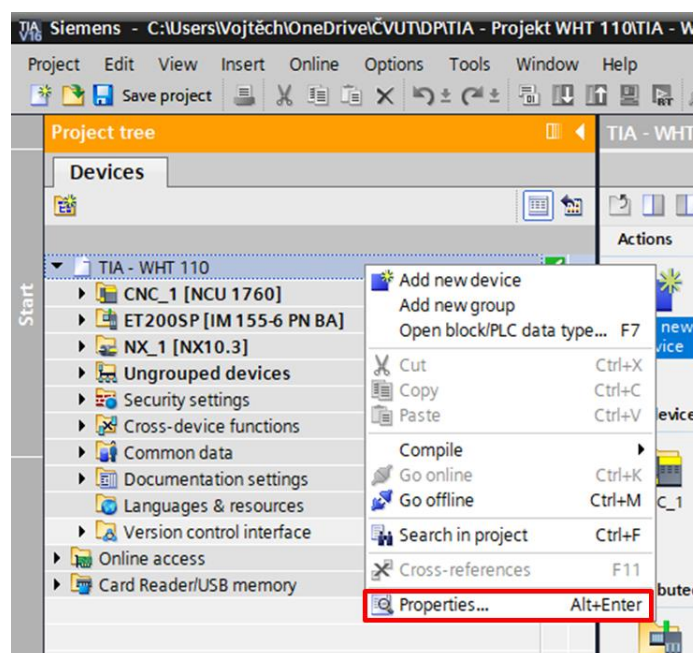
### 5.3.5 Nahrání HW konfigurace a programu do PLC

Po vytvoření programu je možné hardwarovou konfiguraci i program nahrát do virtuálního řídicího systému v CMVM, který musí být spuštěný. Kliknutím na tlačítko *Download to device* v horní liště TIA Portalu se zobrazí dialogové okno, ve kterém je nutno zvolit port zařízení a IP adresu, na které je tento port dostupný, viz Obr. 5.21. Mě se podařilo připojit k portu X127. IP adresou je adresa PC, na kterém je CMVM spuštěný. Po výběru portu se nejprve provede kompilace projektu, dojde k nahrání dat do zařízení a nakonec se zařízení restartuje, což můžeme sledovat na panelech Component status a NCU v CMVM.



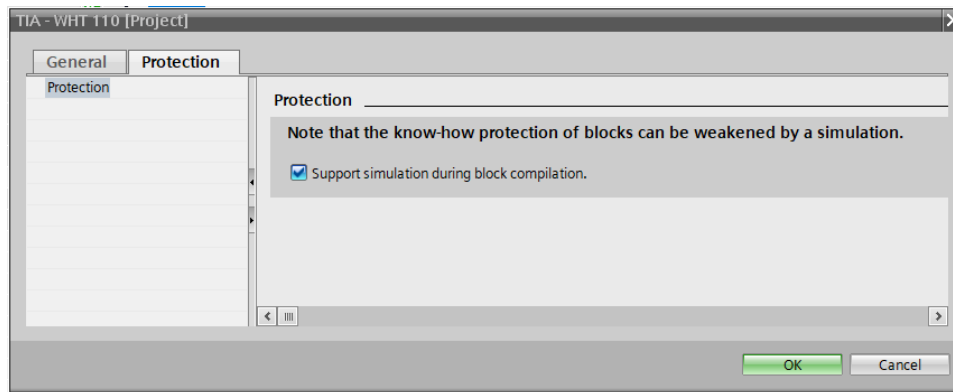
Obr. 5.21 – Download to device

Důležitou podmínkou pro úspěšné nahrání projektu do virtuálního řídicího systému je povolení simulace ve vlastnostech projektu, viz Obr. 5.22.



Obr. 5.22 – Vlastnosti projektu v TIA Portalu

Jedná se konkrétně o zaškrtnutí položky *Support simulation during block compilation* na kartě *Protection*, viz Obr. 5.23.



Obr. 5.23 – Povolení podpory simulace

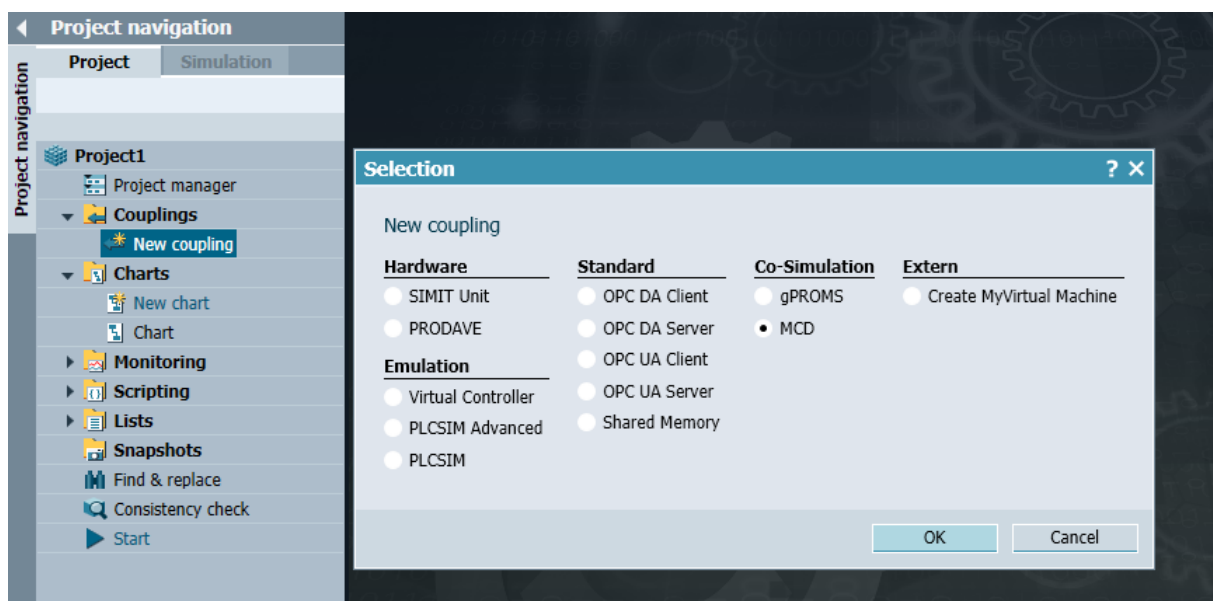
## 5.4 SIMIT

### 5.4.1 Licencování

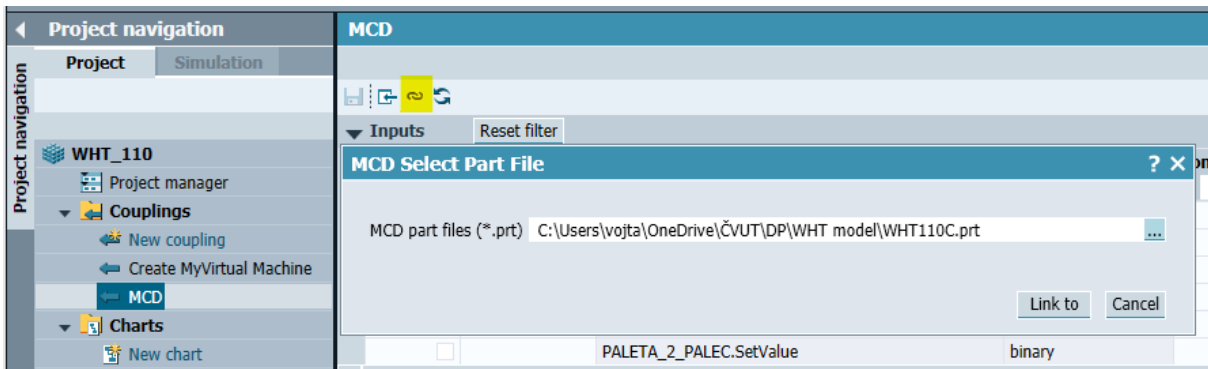
Na rozdíl od ostatního softwaru společnosti SIEMENS se licencování SIMITu provádí hardwarovým klíčem, který musí být po dobu práce s programem připojen do USB portu počítače. Bez tohoto klíče je možné vytvářet projekty v demo režimu, je zde ovšem omezen počet přenášených bytů a maximální počet propojení (*coupling*) je 1, což by bylo pro tuto práci nedostatečné.

### 5.4.2 Spojení SIMIT – MCD

Výběrem položky *New coupling* se otevře dialogové okno, ze kterého je možno zvolit některý z dostupných druhů spojení, viz Obr. 5.24. SIMIT nativně podporuje propojení s MCD.

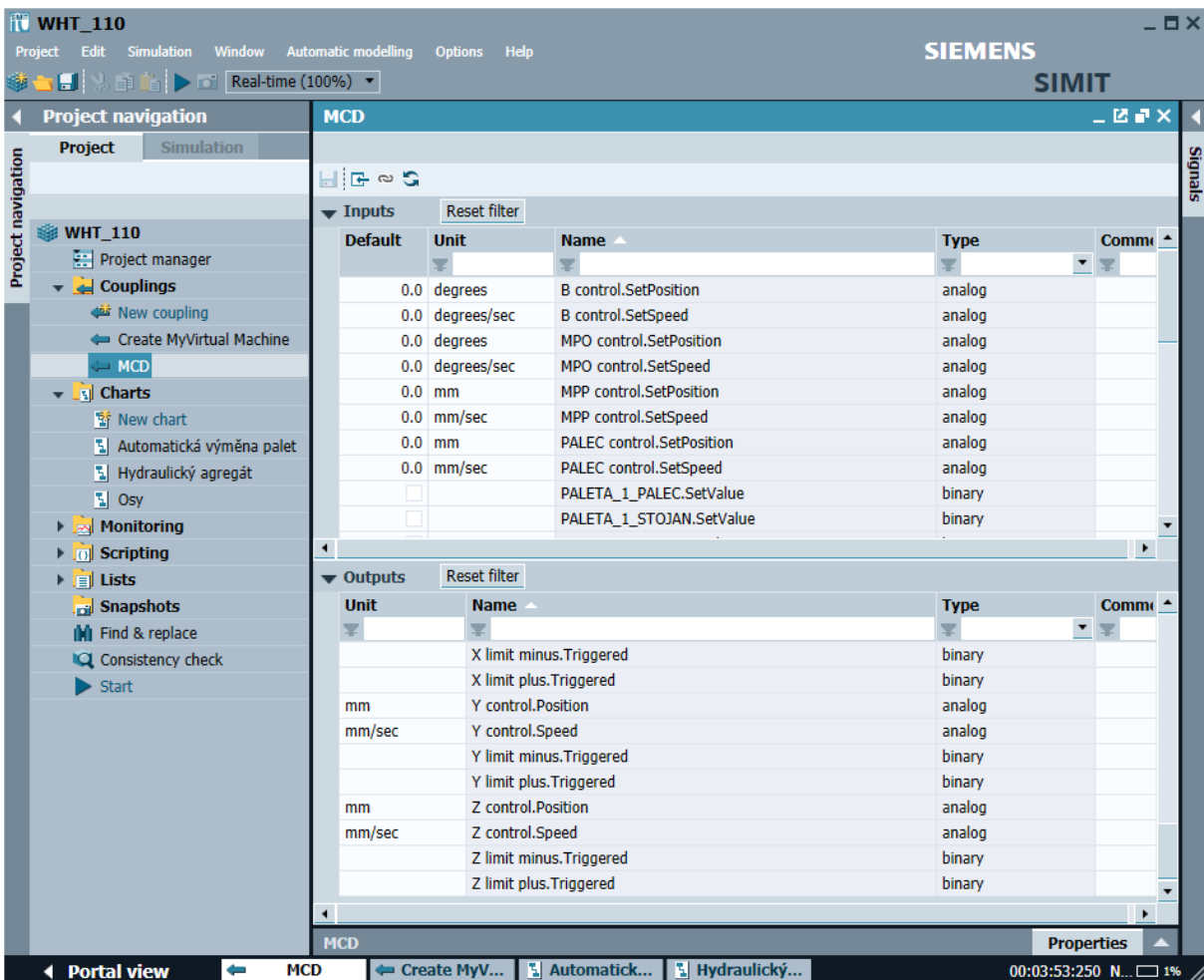


Obr. 5.24 – SIMIT – tvorba spojení



Obr. 5.25 – MCD Coupling – Propojení se souborem modelu MCD

V nastavení vytvořeného spojení je po kliknutí na tlačítko *Link to external file* proveden výběr souboru s příponou \*.prt, který obsahuje model MCD, viz Obr. 5.25. Automaticky jsou importovány některé komponenty a jejich vlastnosti, například pohony. K ovládání dalších vlastností modelu MCD je nutno použít signály, které jsou také automaticky importovány, viz Obr. 5.26.

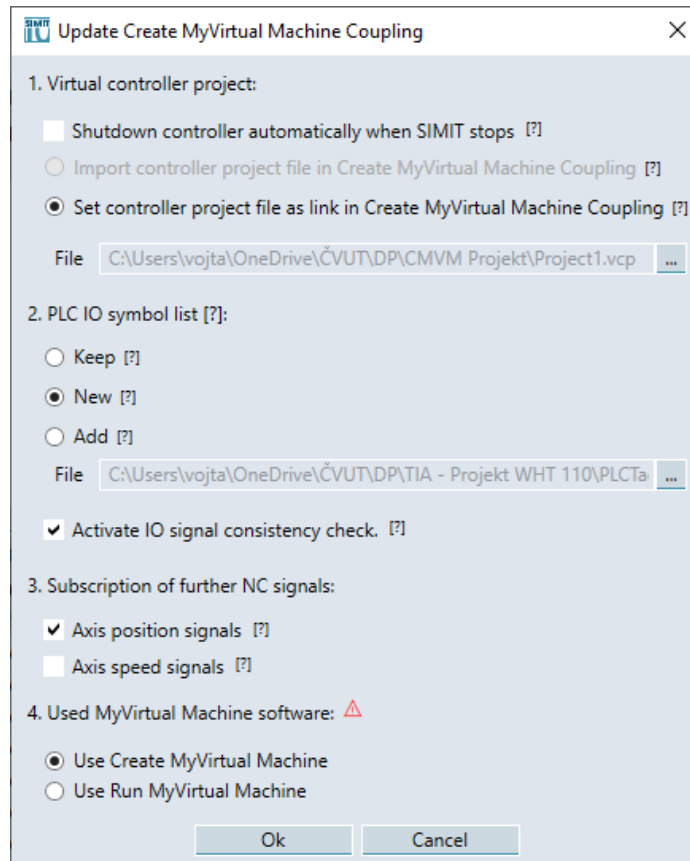


Obr. 5.26 – Importované vstupy a výstupy z MCD

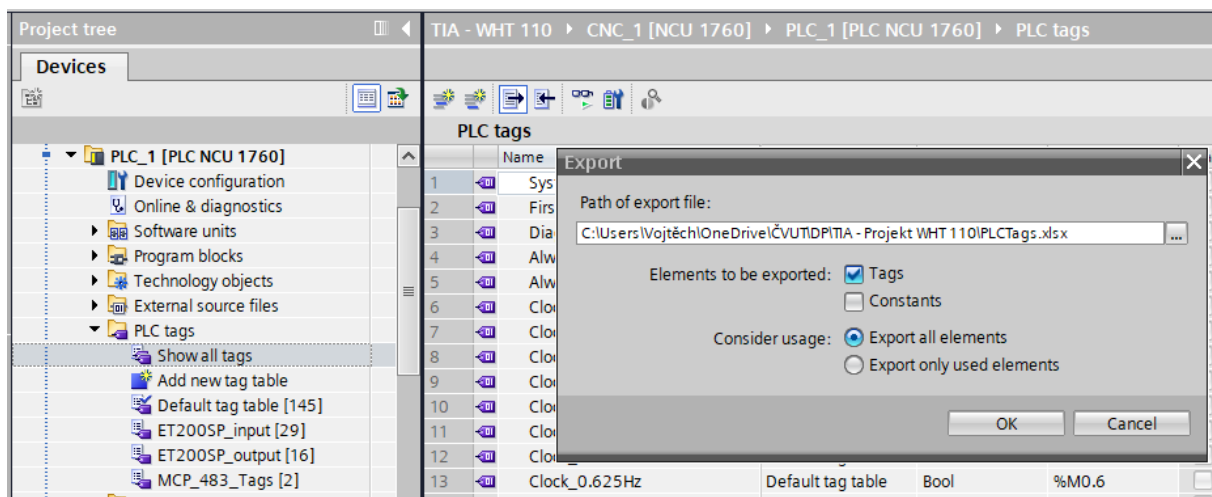


### 5.4.3 Spojení SIMIT – CMVM

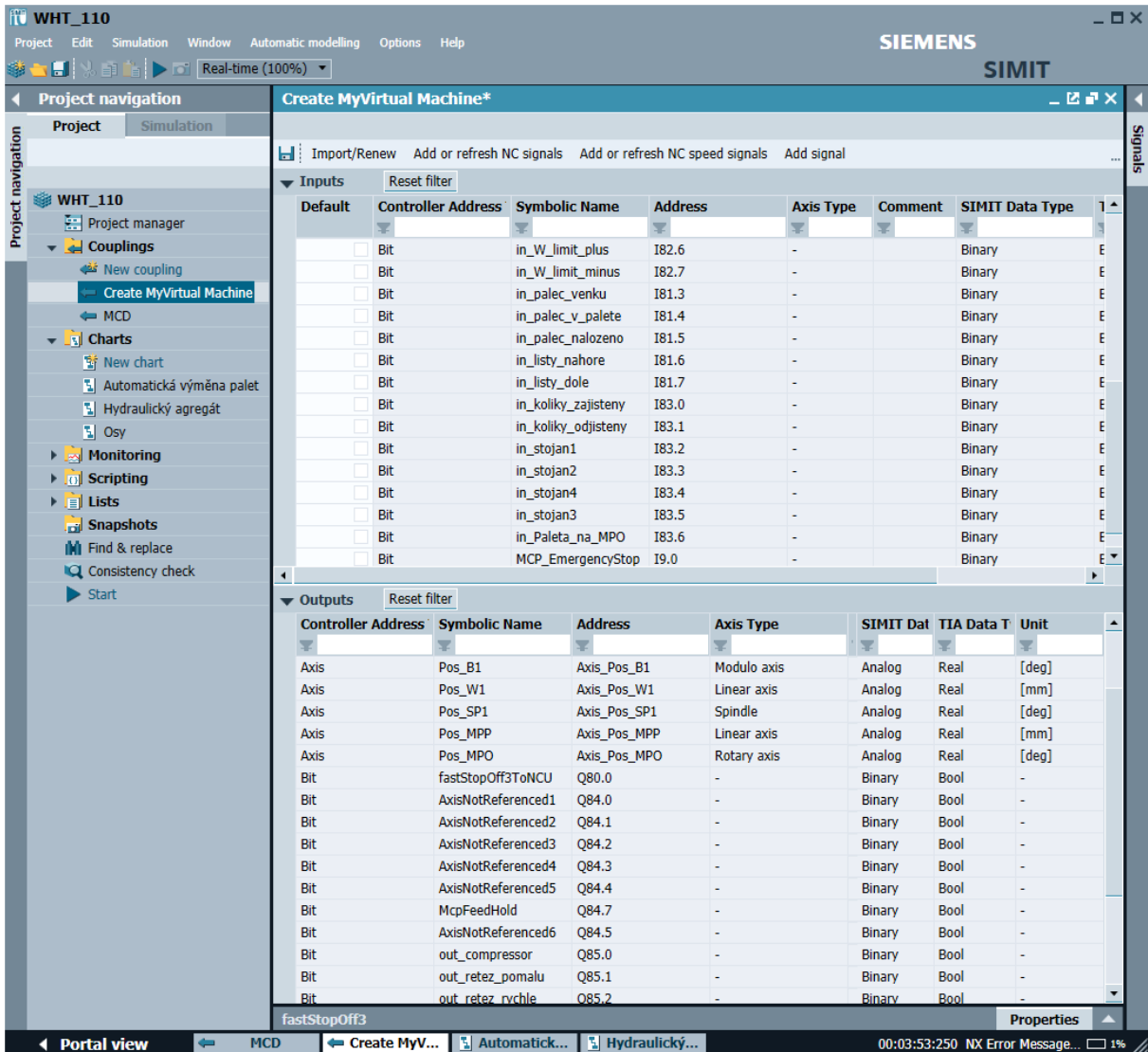
Spojení s CMVM je vytvořeno obdobným způsobem jako spojení s MCD popsané v přechodím odstavci, viz Obr. 5.24. Po vytvoření spojení se zobrazí dialogové okno, ve kterém je nutno odkázat na soubor projektu CMVM (\*.vcp), viz Obr. 5.27. Dále je nutné zvolit možnost *Axis position signals*, která přidá aktuální polohy os mezi výstupy z řídicího systému. Posledním krokem je nahrání tabulky se jmény PLC vstupů a výstupů, kterou lze vytvořit v TIA Portalu v sekci *PLC tags*, viz Obr. 5.28.



Obr. 5.27 – Konfigurace CMVM Coupling



Obr. 5.28 – Export PLC tagů z TIA Portalu



**WHT\_110** | Project | Edit | Simulation | Window | Automatic modelling | Options | Help | **SIEMENS** | **SIMIT**

Project navigation: Project | Simulation

**Create MyVirtual Machine\***

Import/Renew | Add or refresh NC signals | Add or refresh NC speed signals | Add signal

**Inputs** | Reset filter

Default	Controller Address	Symbolic Name	Address	Axis Type	Comment	SIMIT Data Type
<input type="checkbox"/>		in_W_limit_plus	I82.6	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_W_limit_minus	I82.7	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_palec_venku	I81.3	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_palec_v_palette	I81.4	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_palec_nalozeno	I81.5	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_listy_nahore	I81.6	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_listy_dole	I81.7	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_koliky_zajisteny	I83.0	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_koliky_odjisteny	I83.1	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_stojan1	I83.2	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_stojan2	I83.3	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_stojan4	I83.4	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_stojan3	I83.5	-		Binary
<input type="checkbox"/>		in_Paleta_na_MPO	I83.6	-		Binary
<input type="checkbox"/>		MCP_EmergencyStop	I9.0	-		Binary

**Outputs** | Reset filter

Controller Address	Symbolic Name	Address	Axis Type	SIMIT Dat	TIA Data T	Unit
	Pos_B1	Axis_Pos_B1	Modulo axis	Analog	Real	[deg]
	Pos_W1	Axis_Pos_W1	Linear axis	Analog	Real	[mm]
	Pos_SP1	Axis_Pos_SP1	Spindle	Analog	Real	[deg]
	Pos_MPP	Axis_Pos_MPP	Linear axis	Analog	Real	[mm]
	Pos_MPO	Axis_Pos_MPO	Rotary axis	Analog	Real	[deg]
	fastStopOff3ToNCU	Q80.0	-	Binary	Bool	-
	AxisNotReferenced1	Q84.0	-	Binary	Bool	-
	AxisNotReferenced2	Q84.1	-	Binary	Bool	-
	AxisNotReferenced3	Q84.2	-	Binary	Bool	-
	AxisNotReferenced4	Q84.3	-	Binary	Bool	-
	AxisNotReferenced5	Q84.4	-	Binary	Bool	-
	McpFeedHold	Q84.7	-	Binary	Bool	-
	AxisNotReferenced6	Q84.5	-	Binary	Bool	-
	out_compressor	Q85.0	-	Binary	Bool	-
	out_retez_pomalu	Q85.1	-	Binary	Bool	-
	out_retez_rychle	Q85.2	-	Binary	Bool	-

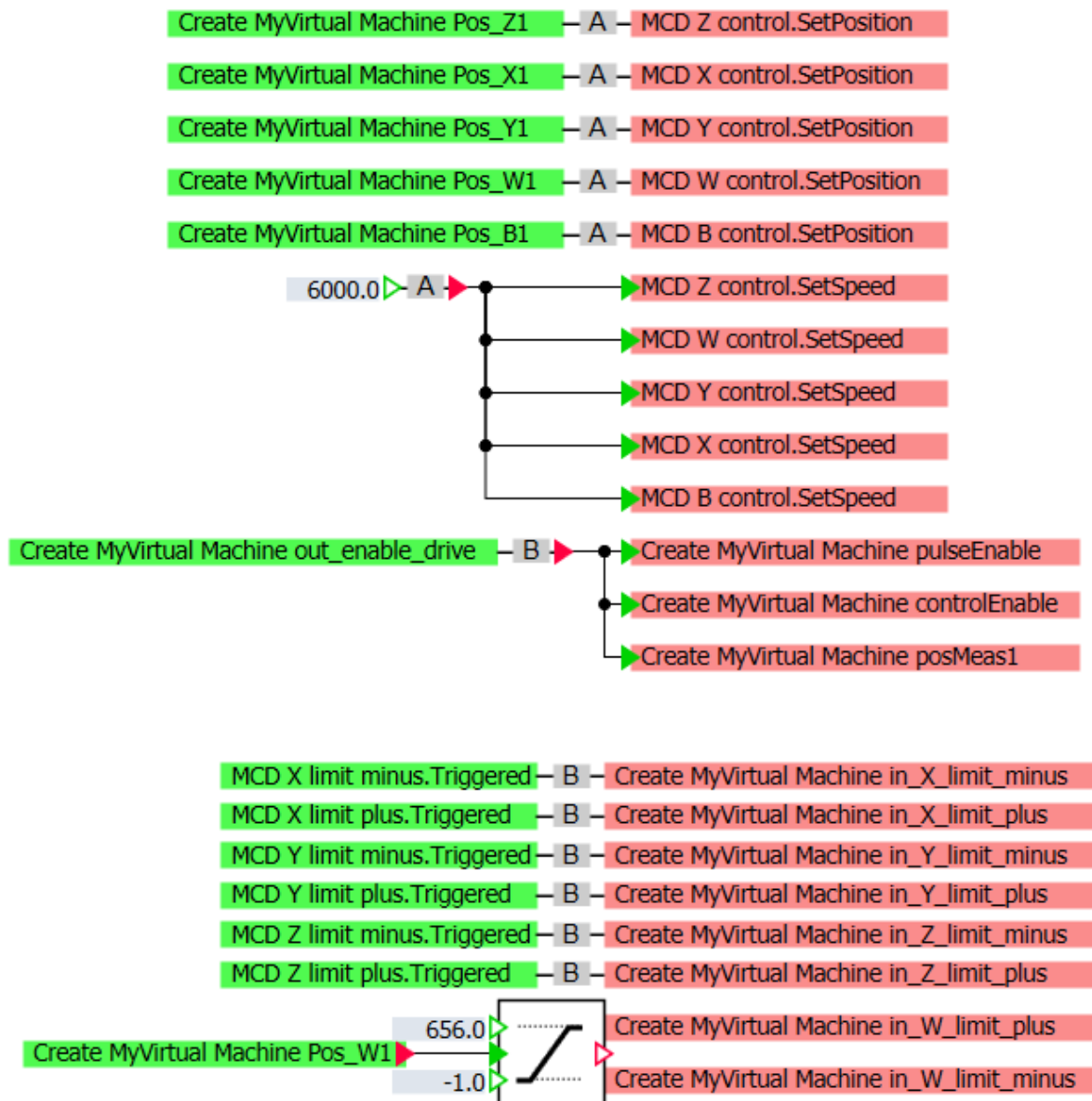
fastStopOff3 | Properties

Portal view | MCD | Create MyV... | Automatick... | Hydraulický... | 00:03:53:250 NX Error Message... | 1%

Obr. 5.29 – Importované vstupy a výstupy z CMVM

Na Obr. 5.29 jsou vidět importované vstupy a výstupy z Create MyVirtual Machine, které je nyní možné použít v SIMIT schématech.

5.4.4 Přenos údajů mezi MCD a CMVM



Obr. 5.30 – Model přenosu informací os v SIMITu

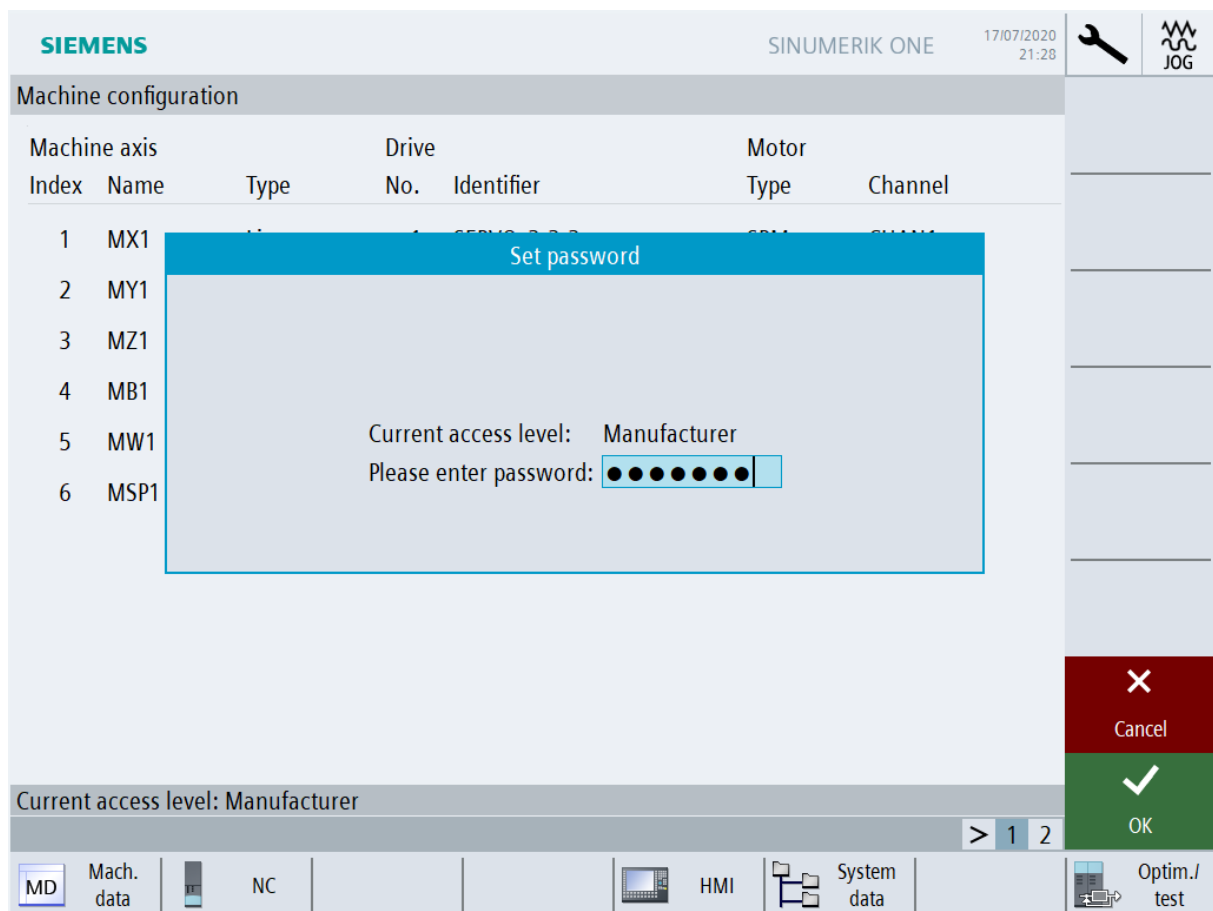
Obr. 4.5 z kapitoly 4.2.3 zobrazuje tok dat SIMITem. Obr. 5.30 zobrazuje model ve formě schématu, který přenáší data mezi MCD a CMVM, navíc je zde realizován model HW koncových spínačů osy W a signalizace stavu pohonů. Tagy z jednotlivých couplingů nelze spojit napřímo, musí být využit analogový nebo binární *Conector*.

## 5.5 Konfigurace strojních parametrů řídicího systému

Bylo nutné změnit množství strojních parametrů k tomu, aby byly nakonfigurovány osy stroje. Jejich konfigurace se provádí v systémové oblasti *Setup*.

### 5.5.1 Změna úrovně přístupových práv

Aby bylo možné měnit potřebné strojní parametry, byla změněna úroveň přístupových práv. V systémové oblasti *Setup*, klikneme na *Password* -> *Set Password*. Zadáním výchozího hesla „SUNRISE“ změníme úroveň přístupových práv na úroveň *Manufacturer*, viz Obr. 5.31.



Obr. 5.31 – Změna úrovně přístupových práv



### 5.5.2 Strojní parametry os

Bylo nutné změnit zejména tyto strojní parametry z kategorie *General MD* a *Channel MD*, x v čísle parametru zastupuje číslo osy (indexováno od nuly):

- 10010[1] \$MN\_ASSIGN\_CHAN\_TO\_MODE\_GROUP[1]
  - Přiřazení kanálu do Mode Group
- 20070[x] - \$MC\_AXCONF\_MACHAX\_USED
  - Přiřazení jednotlivých os do kanálu, viz Obr. 5.32

20070[0]	\$MC_AXCONF_MACHAX_USED	1
20070[1]	\$MC_AXCONF_MACHAX_USED	2
20070[2]	\$MC_AXCONF_MACHAX_USED	3
20070[3]	\$MC_AXCONF_MACHAX_USED	4
20070[4]	\$MC_AXCONF_MACHAX_USED	5
20070[5]	\$MC_AXCONF_MACHAX_USED	6
20070[6]	\$MC_AXCONF_MACHAX_USED	7
20070[7]	\$MC_AXCONF_MACHAX_USED	8

Obr. 5.32 - 20070[x]

- 10000[x] - \$MN\_AXCONF\_MACHAX\_NAME\_TAB
  - Jména os, která se zobrazí v systémové oblasti *Machine*, viz Obr. 5.33

General machine data		
10000[0]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	X1
10000[1]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	Y1
10000[2]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	Z1
10000[3]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	B1
10000[4]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	W1
10000[5]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	SP1
10000[6]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	MPP
10000[7]	\$MN_AXCONF_MACHAX_NAME_TAB	MPO

Obr. 5.33 – 10000[x]

- 20080[x] - \$MC\_AXCONF\_CHANAX\_NAME\_TAB
  - Jméno osy v NC partprogramu, viz Obr. 5.34

20080[0]	\$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB	X
20080[1]	\$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB	Y
20080[2]	\$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB	Z
20080[3]	\$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB	B
20080[4]	\$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB	W
20080[5]	\$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB	SP
20080[6]	\$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB	MPP
20080[7]	\$MC_AXCONF_CHANAX_NAME_TAB	MPO

Obr. 5.34 – 20080[x]

- 20090 - \$MC\_SPIND\_DEF\_MASTER\_SPIND
  - Číslo vřetene, které je *hlavním vřetenem*



Dále bylo nutné změnit zejména tyto strojní parametry z kategorie *Axis MD* a to pro každou osu zvlášť:

- 30130[0] - \$MA\_CTRLOUT\_TYPE
  - Typ výstupu žádaných parametrů
  - „1“ – přepnutí ze simulovaného režimu do normálního
- 30300 - \$MA\_IS\_ROT\_AX
  - Osa je rotační
- 30310 - \$MA\_ROT\_IS\_MODULO
  - Osa je nekonečně krát otočná
  - Použito pro osu B a vřeten
- 30320 - \$MA\_DISPLAY\_IS\_MODULO
  - Osa je indikována, jako nekonečně krát otočná
- 35000 - \$MA\_SPIND\_ASSIGN\_TO\_MACHAX
  - Osa je vřetenem

Další strojní parametry mají souvislost s enkodéry a referováním os. Z důvodu zjednodušení virtuálního zprovoznění byly všechny použité enkodéry nastaveny jako absolutní:

- 30240[0] - \$MA\_ENC\_TYPE
  - Typ enkodéru
  - „4“ – absolutní
- 34200[0] - \$MA\_ENC\_REFP\_MODE
  - Druh provádění reference osy po spuštění stroje
  - „0“ – absolutní enkodér, referencování se neprovádí
- 34210[0] - \$MA\_ENC\_REFP\_STATE
  - Stav kalibrace absolutního enkodéru
  - „2“ – enkodér kalibrován
- 34110 - \$MA\_REFP\_CYCLE\_NR
  - Pořadí referencování os
  - „-1“ referencování se neprovádí, lze spustit NC program bez dosažení reference

Poslední skupina strojních parametrů zahrnuje nastavení limitů rychlostí os:

- 32000 - \$MA\_MAX\_AX\_VELO
  - Maximální rychlost osy
- 32010 - \$MA\_JOG\_VELO\_RAPID
  - Maximální rychlost rychloposuvu osy v manuálním režimu
- 32020 - \$MA\_JOG\_VELO
  - Maximální rychlost osy v manuálním režimu



- - 35100 - \$MA\_SPIND\_VELO\_LIMIT
    - Maximální otáčky vřetena
  - 32300[0] - \$MA\_MAX\_AX\_ACCEL
    - Maximální zrychlení osy

### 5.5.3 Aktivace softwarových opcí

Option	Set	Licensed
Additional 1 axis/spindle 6FC5800-0BA00-0Yx0	5	255
Additional 1 positioning axis/auxiliary spindle 6FC5800-0BB00-0Yx0	0	255
Additional 1 operation mode modul (BAG) 6FC5800-0BC00-0Yx0	0	255
Additional 1 channel 6FC5800-0BC10-0Yx0	0	255
Add. 2 Mbyte CNC user memory 6FC5800-0BD00-0Yx0	0	255
Additional PLC user memory 6FC5800-0BD10-0Yx0	0	255
Cogging torque compensation for 1 axis/spindle 6FC5800-0BD50-0Yx0	0	255
Safety Integrated - axis/spindle 6FC5800-0BK00-0Yx0	0	255
Travel to a fixed stop with force control 6FC5800-0BM01-0Yx0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Synchronous axes pair (GANTRY) 6FC5800-0BM02-0Yx0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Master/slave for drives 6FC5800-0BM03-0Yx0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Obr. 5.35 – aktivace dodatečných opcí

Stroj VHT 110 C má v tomto projektu včetně manipulátoru palet 8 řízených NC os. Proto bylo nutné aktivovat 5 dodatečných opcí pro přidání dodatečné osy, viz Obr. 5.35.

Nastavení se provádí v systémové oblasti *Setup* pod možností *Licenses* -> *All options*.

## 6 Simulační modely příslušenství

### 6.1 Simulace HW koncových spínačů

Osy X, Y, Z jsou vybaveny koncovými spínači ve formě kolizních senzorů v modelu v MCD. Koncové snímače osy W jsou vytvořeny v modelu os v SIMITu, viz Obr. 5.30.

Informace z koncových snímačů jsou přenášeny na digitální vstupy řídicího systému. V PLC jsou tyto signály zpracovány ve funkčních blocích jednotlivých os, viz Obr. 6.1. Do NC jsou předány přes datové bloky os *LBP\_Axis[i]* pomocí proměnných *A\_HWLlimitPlus* a *A\_HWLlimitMinus*, viz Obr. 6.2.

```

1 //1 X
2 IF "LBP_ConfigData".ActiveAxis[1] THEN
3   #Axis_Instance_1(Controller_Enable:="controlEnable",
4                     Pulse_Enable:="pulseEnable",
5                     Position_Measuring_System1:="posMeas1",
6                     Position_Measuring_System2:="posMeas2",
7                     Override_Active:=TRUE,
8                     Delay_Reference_Point_Approach:="delayRef",
9                     Limit_Switch_Plus:="in_X_limit_plus",
10                    Limit_Switch_Minus:="in_X_limit_minus",
11                    Axis_Reference_State=>"AxisNotReferenced1",
12                    AxisDataBlock:="LBP_Axis1");
13 END_IF;

```

Obr. 6.1 – Volání funkčního bloku osy

```

21
22 #AxisDataBlock.A_HWLlimitPlus := #Limit_Switch_Plus;
23 #AxisDataBlock.A_HWLlimitMinus := #Limit_Switch_Minus;

```

Obr. 6.2 – HW koncové snímače ve funkčním bloku osy

### 6.2 Simulace hydraulického agregátu

#### 6.2.1 Tvorba PLC programu

Hydraulický agregát se ovládá tlačítkem T15 na ovládacím panelu stroje. Stiskem tlačítka se uvede v činnost čerpadlo, a dokud nevystoupá tlak oleje nad určitou mez, led indikátor u tlačítka T15 bliká. Po dosažení požadovaného tlaku svítí led indikátor trvale. Opětovným stisknutím tlačítka dojde k vypnutí čerpadla. Tuto funkcionalitu zajišťuje funkční blok hydraulického agregátu, viz Obr. 6.3. Funkce *R\_TRIG* detekuje náběžnou hranu signálu tlačítka T15.



TIA - WHT 110 ▶ CNC\_1 [NCU 1760] ▶ PLC\_1 [PLC NCU 1760] ▶ Program blocks ▶ PLC\_User\_Program ▶ FB ▶ Hydraulic [FB1100]

Hydraulic										
	Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supervis...	Comment
1	Input									
2	InputKey	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	pressureOK	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	Output									
5	indicator	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6	pump	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	InOut									
8	Feed_disable	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9	Static									
10	State	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11	R_TRIG_Instance	R_TRIG			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	Temp									
13	keyPressed	Bool			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

```

1 #R_TRIG_Instance (CLK:=#InputKey,
2   Q=>#keyPressed);
3 IF #keyPressed THEN
4   #State := NOT #State;
5 END_IF;
6
7 #pump := #State;
8
9 IF #State THEN
10  IF #pressureOK THEN
11    #indicator := TRUE;
12  ELSE
13    #indicator := "Clock_10Hz";
14  END_IF;
15 ELSE
16  #indicator := FALSE;
17 END_IF;
18
19 #Feed_disable := #Feed_disable OR NOT #pressureOK;

```

Obr. 6.3 – FB hydraulického agregátu

V případě nedostatečného tlaku oleje je aktivován PLC alarm v FB110 *BackNckAlarm*, viz Obr. 6.4. Dále je též znemožněn pohyb os aktivací proměnné *A\_FDdisable* v DB kanálu 1, viz Obr. 6.5.

```

21 //7 hydraulic
22 "LBP_AlarmMsgs".UserA[0].A70UUxx[0] := NOT "in_pressureOK";

```

Obr. 6.4 – Alarm nízkého tlaku oleje

```

34 //Network 8 - Hydraulický agregát
35 "Hydraulic_DB" (InputKey:="mcpInput".customerKey15,
36   pressureOK:="in_pressureOK",
37   indicator=>"mcpOutput".customerKey15,
38   pump=>"out_compressor",
39   Feed_disable:="LBP_Chan1".A_FDdisable);

```

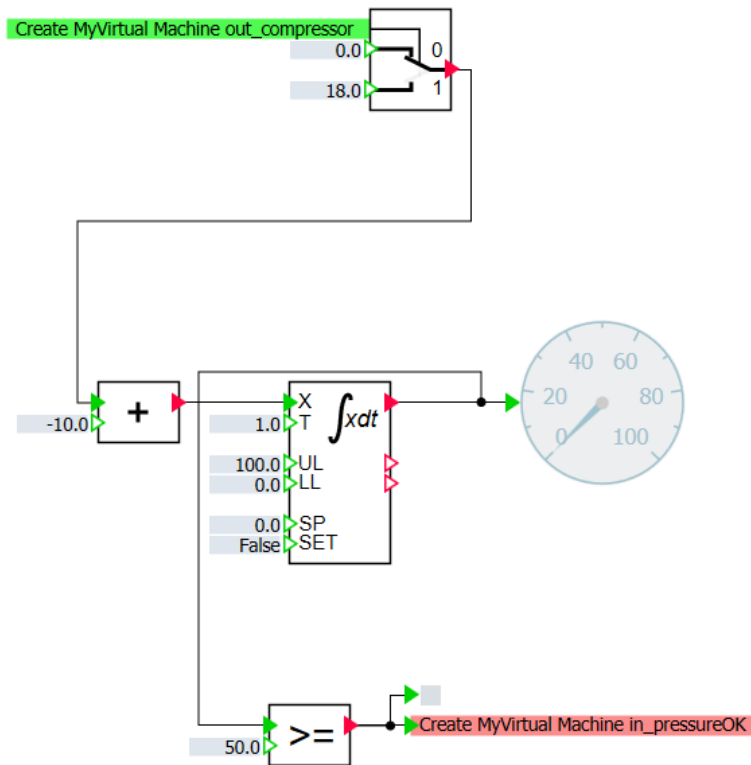
▶	"Hydraulic_DB"	%DB1100
▶	"in_pressureOK"	%I81.1
▶	"mcpOutput"	P#Q0.0
▶	"out_compressor"	%Q85.0
▶	"LBP_Chan1"	%DB21

Obr. 6.5 – Volání FB hydraulického agregátu v OB1

## 6.2.2 Tvorba modelu chování systému v prostředí SIMIT

Celý model hydraulického agregátu je vytvořen v SIMITu, viz Obr. 6.6. Digitální výstup z řídicího systému ovládá komponentu *selector*, která přivádí kladnou hodnotu změny tlaku na vstup integračního členu, od které se odečítá záporná hodnota reprezentující

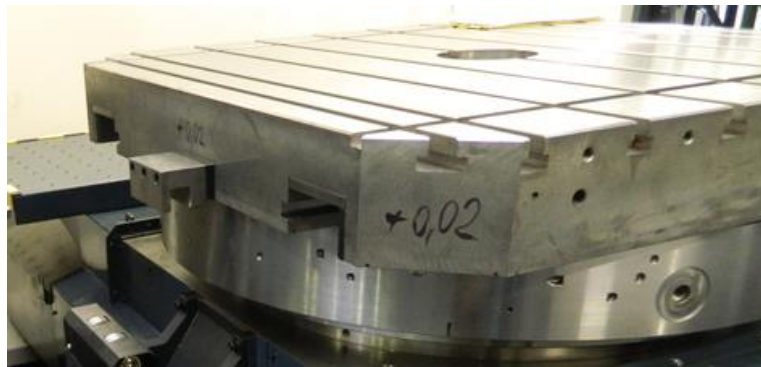
klesání taku vlivem odtékání oleje. Tlak mazacího oleje je reprezentován výstupem z integračního bloku. Tento tlak je přiveden na porovnávací člen a pokud je jeho hodnota vyšší než určitá mez, vrací se tato informace do řídicího systému.



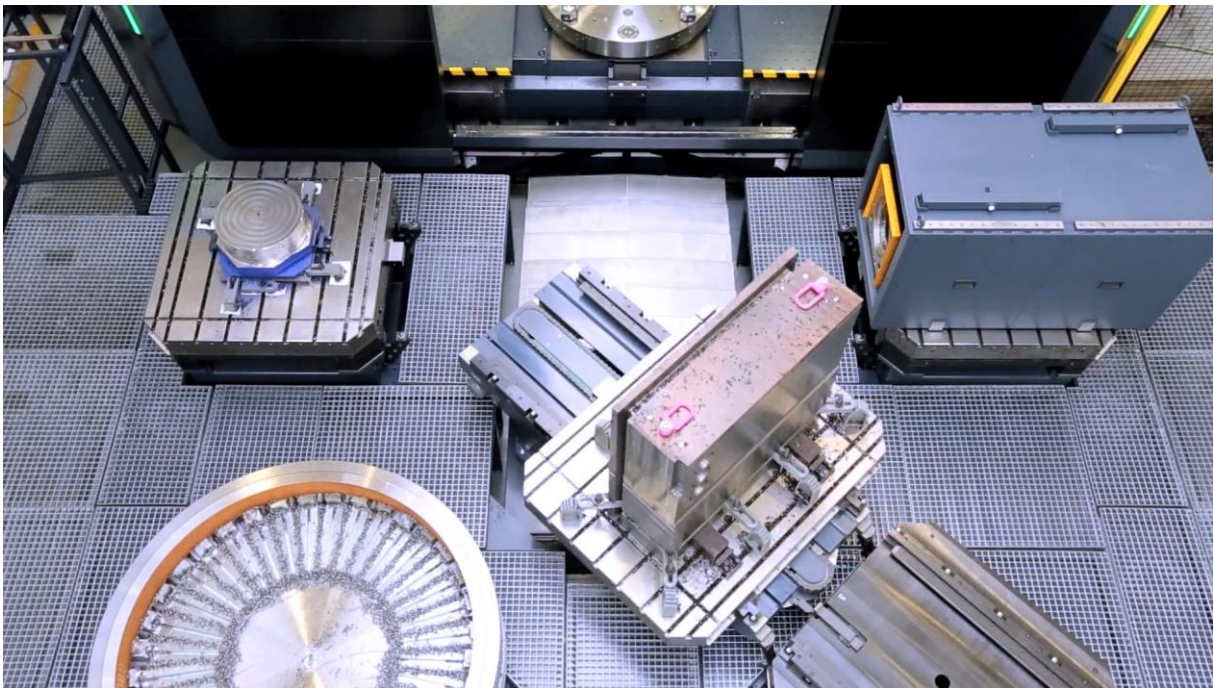
Obr. 6.6 – Model hydraulického agregátu v SIMITU

### 6.3 Systém výměny palet

Manipulátor palet je složen z posuvné a otočné části a může přijet ke kterémukoliv ze čtyř stojanů na odkládání palet nebo ke stolu stroje, viz Obr. 6.8. Přesun palet na a z manipulátoru je realizován pomocí palce, který je umístěn na oběžném řetězu. Palec zapadá do drážky v paletě, viz Obr. 6.7.



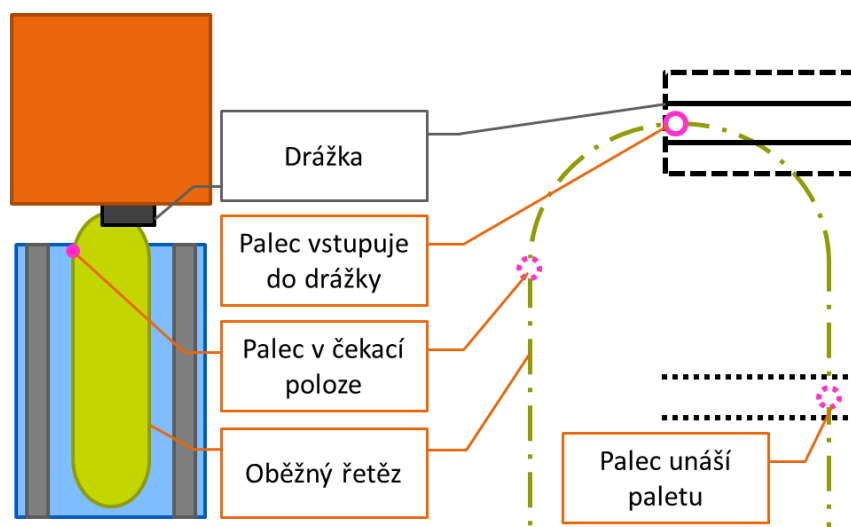
Obr. 6.7 – Drážka v paletě [27]



Obr. 6.8 – Probíhající výměna palet [27]

Při natahování palety na manipulátor začíná palec v čekací poloze. V oblouku oběžného řetězu vstupuje palec do drážky v paletě. Při pokračujícím pohybu řetězu unáší palec paletu, viz Obr. 6.9. Řetěz je vybaven třemi čidly indikující přítomnost palce v čekací poloze, v místě vstupu do drážky a v poloze, kdy je paleta plně naložena. Pohyb řetězu je ovládán třemi digitálními signály:

- Pohyb pomalu
- Pohyb rychle (má přednost při současné aktivaci s pomalým pohybem)
- Směr pohybu



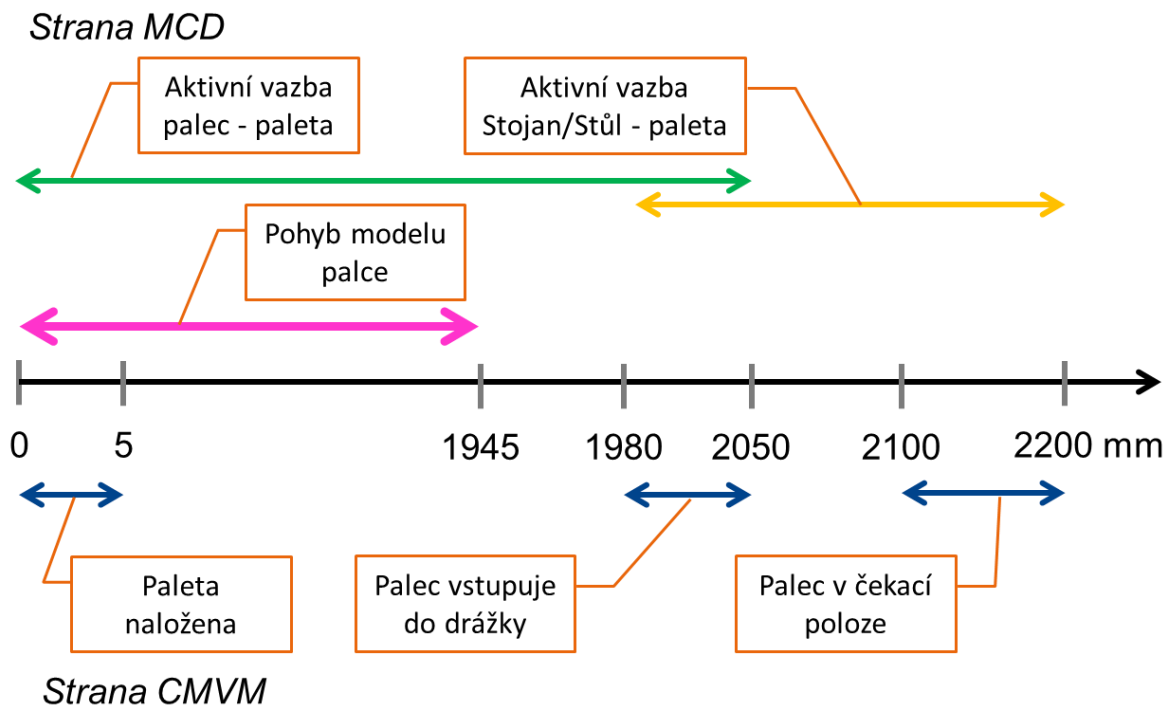
Obr. 6.9 – Schéma mechanismu pohybu palety

### 6.3.1 Kinematický model

Bylo rozhodnuto, že nebude modelována drážka v paletě a oběžný řetěz s palcem. Místo toho byl vytvořen zjednodušený palec, jako těleso, které se pohybuje pouze po přímce. Zachytávání palce do palet bylo v MCD realizováno pomocí pevných vazeb, které lze ovládat pomocí signálů, viz Obr. 4.6. Každá z palet je spojena vazbou se stojanem, s palcem a se stolem stroje. Ovládání těchto vazeb provádí speciální komponenta v SIMITu.

#### Rozsah pohybu

Aby byl dodržen princip, že se digitální dvojče svým chováním blíží reálnému stroji, je třeba, aby se i řetěz z pohledu řídicího systému choval jako na opravdovém stroji, proto je zjednodušený kinematický model doplněn v SIMITu. Obr. 6.10 ukazuje, jak se projevuje poloha řetězu v modelu v SIMITu na další části virtuálního zprovoznění.



Obr. 6.10 – Rozsah pohybu řetězu

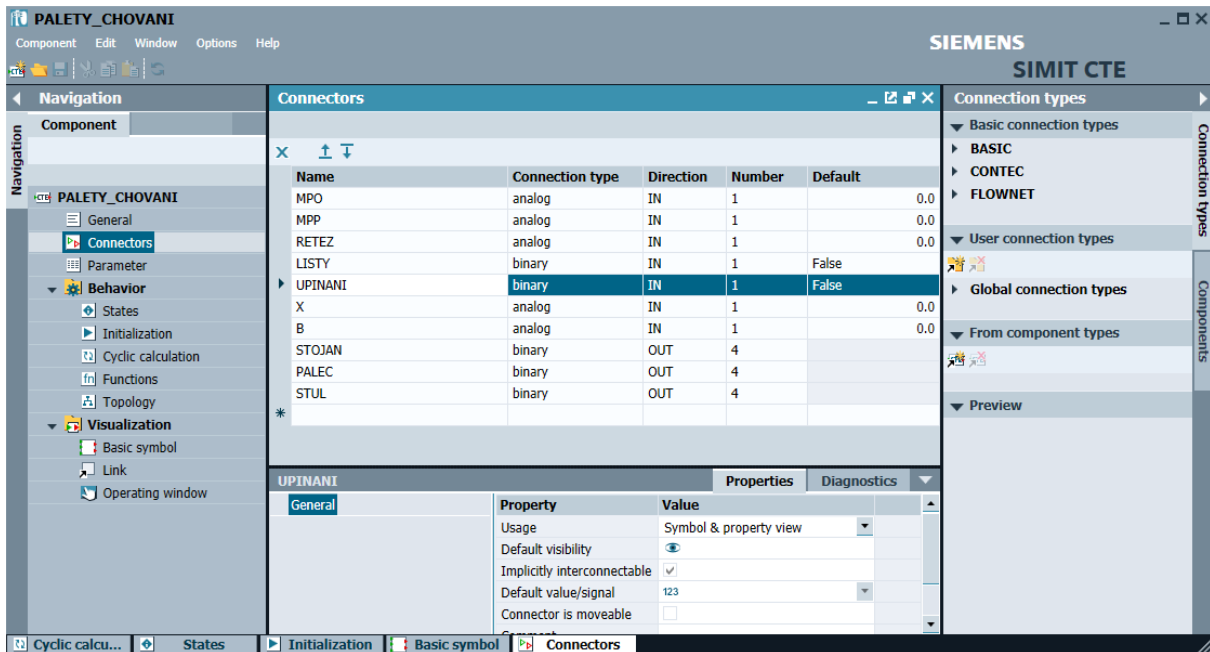
### 6.3.2 Model chování v SIMITu

#### Tvorba vlastní komponenty

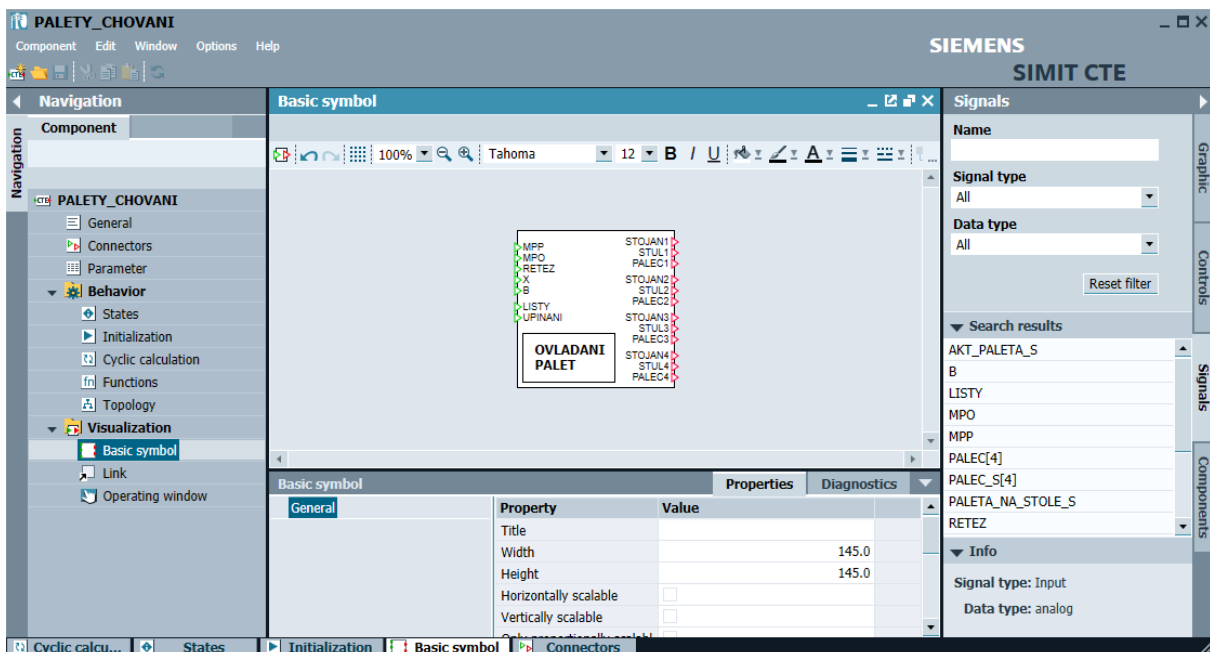
K tvorbě vlastních uživatelských komponent slouží aplikace SIMIT CTE (Component type editor). Prvním krokem při vytváření vlastní komponenty je založení a pojmenování souboru s komponentou. Dalším krokem je definice vstupů a výstupů komponenty v záložce *Connectors* v navigačním menu, příslušná obrazovka je vidět na Obr. 6.11. Nastavení je provedeno v tabulce s následujícími sloupečky:

- *Name* – jméno
- *Connection type* – datový typ

- *Analog* – číslo s plovoucí desetinnou čárkou
- *Integer* – celé číslo
- *Binary* – dvoustavová veličina ( true / false )
- *Direction* – směr ( vstup / výstup )
- *Number* – počet, pokud je > 1, tak je vytvořen vektor veličin se stejným názvem
- *Default* – výchozí hodnota vstupu



Obr. 6.11 – Vstupy a výstupy vlastní komponenty



Obr. 6.12 – Vizuální podoba vlastní komponenty

Dalším krokem je tvorba vizuální podoby komponenty na kartě *Visualization/Basic symbol*. Je možné uspořádat vstupy a výstupy kolem komponenty, popřípadě komponentu doplnit o text a geometrické obrazce, jak je vidět na Obr. 6.12.

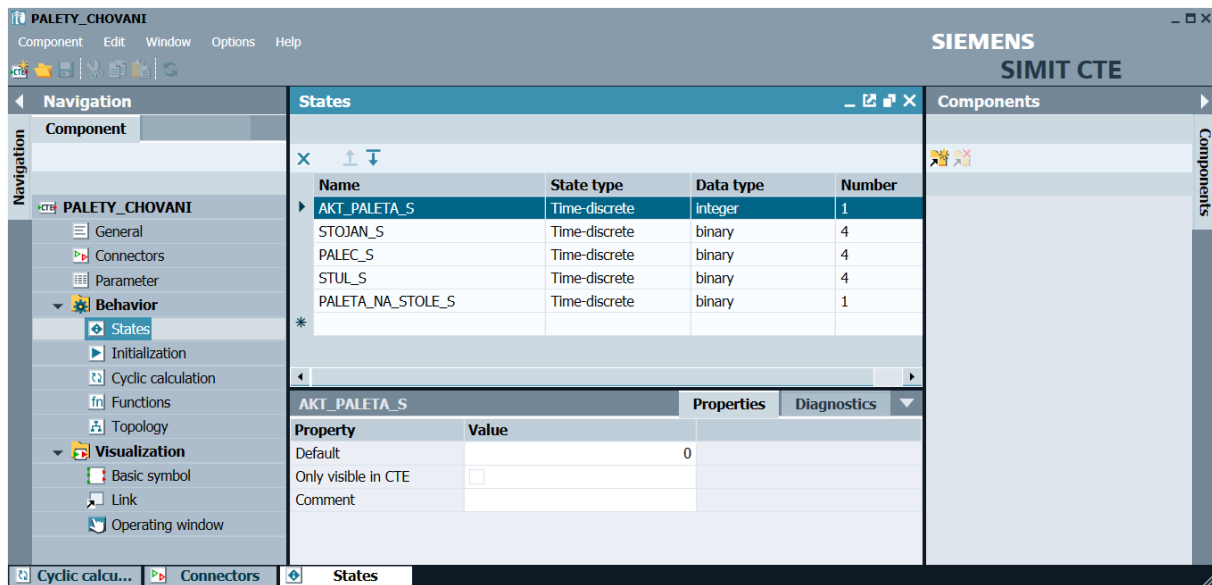
Posledním krokem je tvorba vlastního chování komponenty. SIMIT nabízí 2 možnosti zápisu chování:

- Formou algebraických a diferenciálních rovnic
- Formou instrukcí psaných kódem

Oba druhy lze vzájemně kombinovat. Vzhledem k tomu, že tento blok řeší logické ovládání binárních výstupů, byl vytvořen pomocí psaného kódu.

Způsob programování komponenty připomíná programování PLC, protože i zde dochází k načtení vstupů, provedení výpočtu a nastavení výstupů v každém kroku simulace.

Pokud hodnota výstupů nezávisí pouze na aktuální hodnotě vstupů a je závislá také na hodnotách vstupů v minulosti, je třeba doplnit komponentu o paměť. Paměť ve formě stavových proměnných je možné definovat na kartě *Behavior/States*, což je vidět na Obr. 6.13.



Name	State type	Data type	Number
AKT_PALETA_S	Time-discrete	integer	1
STOJAN_S	Time-discrete	binary	4
PALEC_S	Time-discrete	binary	4
STUL_S	Time-discrete	binary	4
PALETA_NA_STOLE_S	Time-discrete	binary	1

Property	Value
Default	0
Only visible in CTE	<input type="checkbox"/>
Comment	

Obr. 6.13 – Paměť vlastního bloku

Stavové proměnné se definují podobně, jako vstupy a výstupy, rozdíl je ve sloupci *State type*:

- *Time-discrete* – používá se v instrukčně orientovaném programování
- *Continuous* – používá se v rovnicově orientovaném programování

```
1 BLOCK
2 //je u stojanu(pozice)
3 integer u_pozice;
4 u_pozice = 0;
5 if(MPP < 10 && MPP > -10)
6 {
7     if(MPO < 92 && MPO > 88)
8         u_pozice = 1;
9
10    if(MPO < -88 && MPO > -92)
11        u_pozice = 4;
12    }
13
14 else if(MPP < -998)
15 {
16     if(MPO < 137 && MPO > 133)
17         u_pozice = 2;
18
19     if(MPO < -133 && MPO > -137)
20         u_pozice = 3;
21    }
22
23 //je u stolu stroje
24 binary u_stolu;
25 u_stolu = False;
26 if( MPP > 488 && MPO < 2 && MPO > -2 && X > -2 && X < 2 && (B < 2 || B > 358) )
27     u_stolu = True;
28
```

Obr. 6.14 – Vstupy v kódu bloku

Obr. 6.14 a Obr. 6.15 ukazují části kódu popisujícího chování komponenty. Na základě informací o poloze manipulátoru je zjišťováno, zda se nachází u stolu nebo u některého ze stojanů, poté jsou podle polohy palce vypínány nebo zapínány jednotlivé vazby pro každou z palet.

```
91
92 integer i;
93 for (i = 0; i < 4; i++)
94 {
95     STOJAN[i] = STOJAN_S[i];
96     STUL[i] = STUL_S[i];
97     PALEC[i] = PALEC_S[i];
98 }
99
100 END_BLOCK
```

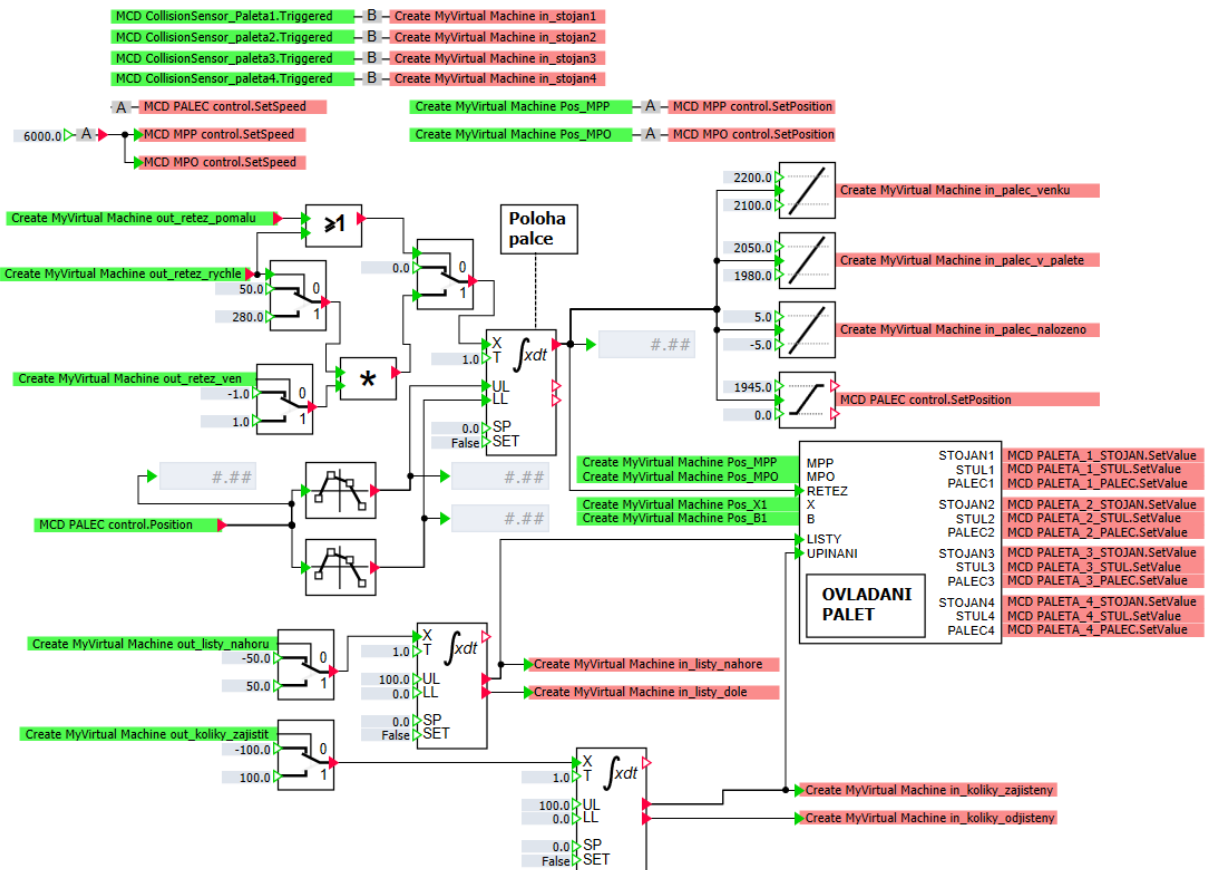
Obr. 6.15 – Přiřazení výstupů

### Graf s chováním systému

Vlastní vytvořená komponenta je poté užita ve schématu automatické výměny palet na Obr. 6.16. Poloha řetězu je vyjádřena integrační komponentou s označením „poloha palce“. Vstupem integrační komponenty je rychlost řetězu určená na základě tří digitálních výstupů řídicího systému. Dalšími vstupy jsou limity, kam je pomocí charakteristiky posílána hodnota v rozmezí pohybu palce v MCD zvětšená / zmenšená o 10, v rozsahu, kdy se palec v MCD již nepohybuje, jsou limity konstantní: 2200 respektive 1935, viz Obr. 6.10.

Integrační komponenty u ovládání lišt a upínání palety na stole slouží k vytvoření zpoždění reakce na změnu vstupu.

Dále jsou přenášeny informace z kolizních snímačů přítomnosti palet na stojanech a na manipulátoru a polohy os ovládající manipulátor.



Obr. 6.16 – SIMIT Schéma – Model výměny palet

### 6.3.3 Programování NC a PLC

#### NC

Od výrobce stroje byly dodány podprogramy v G-kódu, které obsluhují výměnu palet. Podprogramy byly částečně zjednodušeny. V pod programech se nachází řada přídatných funkcí typu H, viz Tab. 6.1, kterými jsou předávány pokyny do PLC. Bylo třeba definovat skupinu H funkcí ve strojních parametrech NC části a doplnit uživatelský PLC program tak, aby na tyto funkce řídicí systém správně reagoval.

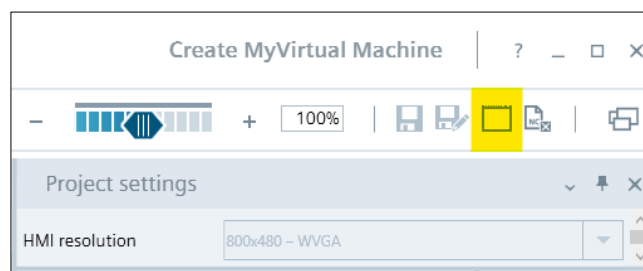


*Tab. 6.1 – Pomocné funkce výměny palet*

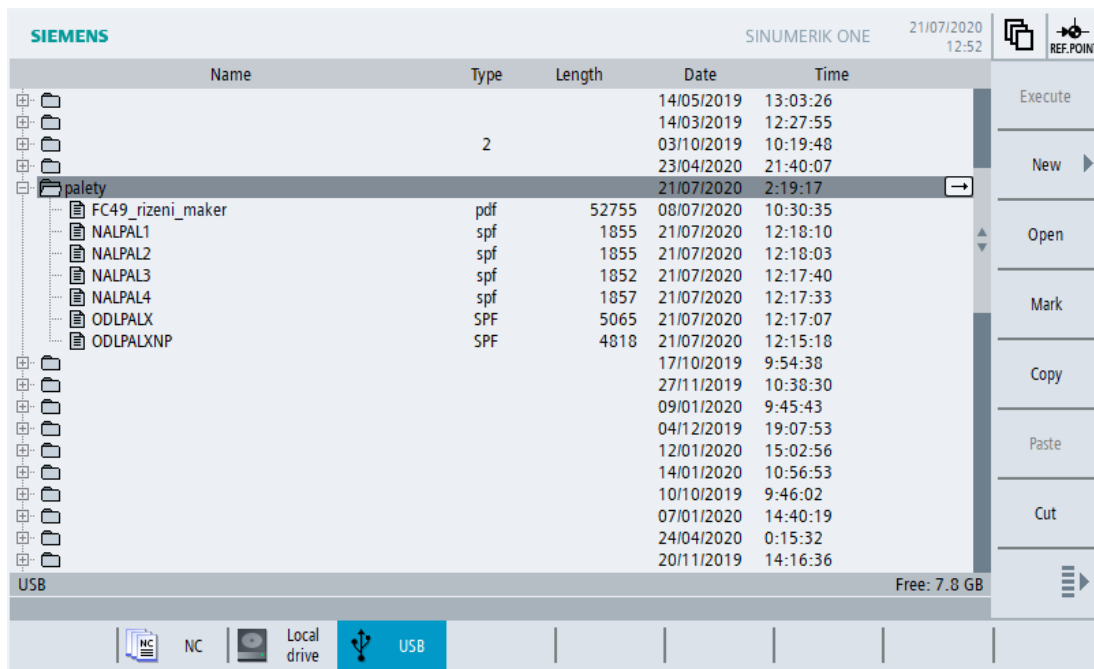
H20=482	Paletu uvolnit
H20=483	Paletu upnout
H20=484	Lišty nahoru
H20=485	Lišty dolů
H20=486	Řetěz poloha 1 (v paletě)
H20=487	Řetěz poloha 2 (venku)
H20=488	Řetěz poloha 3 (na manipulátoru)
H20=489	Kontrola potvrzení palety 1
H20=490	Kontrola potvrzení palety 2
H20=491	Kontrola potvrzení palety 3
H20=492	Kontrola potvrzení palety 4
H20=493	Kontrola výchozích podmínek

#### *Nahrání podprogramů do řídicího systému*

Soubory lze nahrát do virtuální paměťové karty řídicího systému, která je přístupná v průběhu simulace z průzkumníku souborů počítače. Příslušnou složku lze otevřít stisknutím tlačítka v horní liště CMVM, viz Obr. 6.17. Podprogramy lze poté vkládat do podsložky: `user\sinumerik\data\prog`.


*Obr. 6.17 – Přístup k paměťové kartě*

V případě této práce by využit druhý způsob. Virtuální SINUMERIK ONE zobrazuje USB disky připojené k počítači, na kterém běží CMVM, jako kdyby byly fyzicky připojeny k řídicímu systému, viz Obr. 6.18. Soubory byly přesunuty z PC na USB disk a z něj do virtuálního řídicího systému.



Obr. 6.18 – USB disk v SINUMERIKU ONE

## PLC

Pomocné funkce vyhodnocuje a ovládá funkční blok *H20*, viz Obr. 6.19. Vyhodnocení je prováděno na základě signálů z NC v databloku DB21 LBP\_Chan1. Konkrétně se jedná o proměnné:

- *H1Change, H2Change, H3Change*
  - Signalizuje výstup H funkce
- *ExtH1, ExtH1, ExtH1*
  - Rozšířená adresa
- *H1\_DInt, H2\_DInt, H3\_DInt*
  - Hodnota funkce

Po vyhodnocení hodnoty pomocné funkce je tato vykonána. Kód jednotlivých funkcí je uspořádán do struktury typu CASE. V průběhu vykonávání pomocné funkce je blokováno odbavování dalších bloků NC kódu řídicím systémem pomocí proměnné *A\_RIdisable* databloku DB21.

Funkce *Retez* FC1104, určuje polohu palce i mimo snímače polohy a zapisuje ji do databloku *RetezDB*. Zároveň určuje, zda je v příslušném úseku řetězu přípustný pohyb vysokou rychlostí.

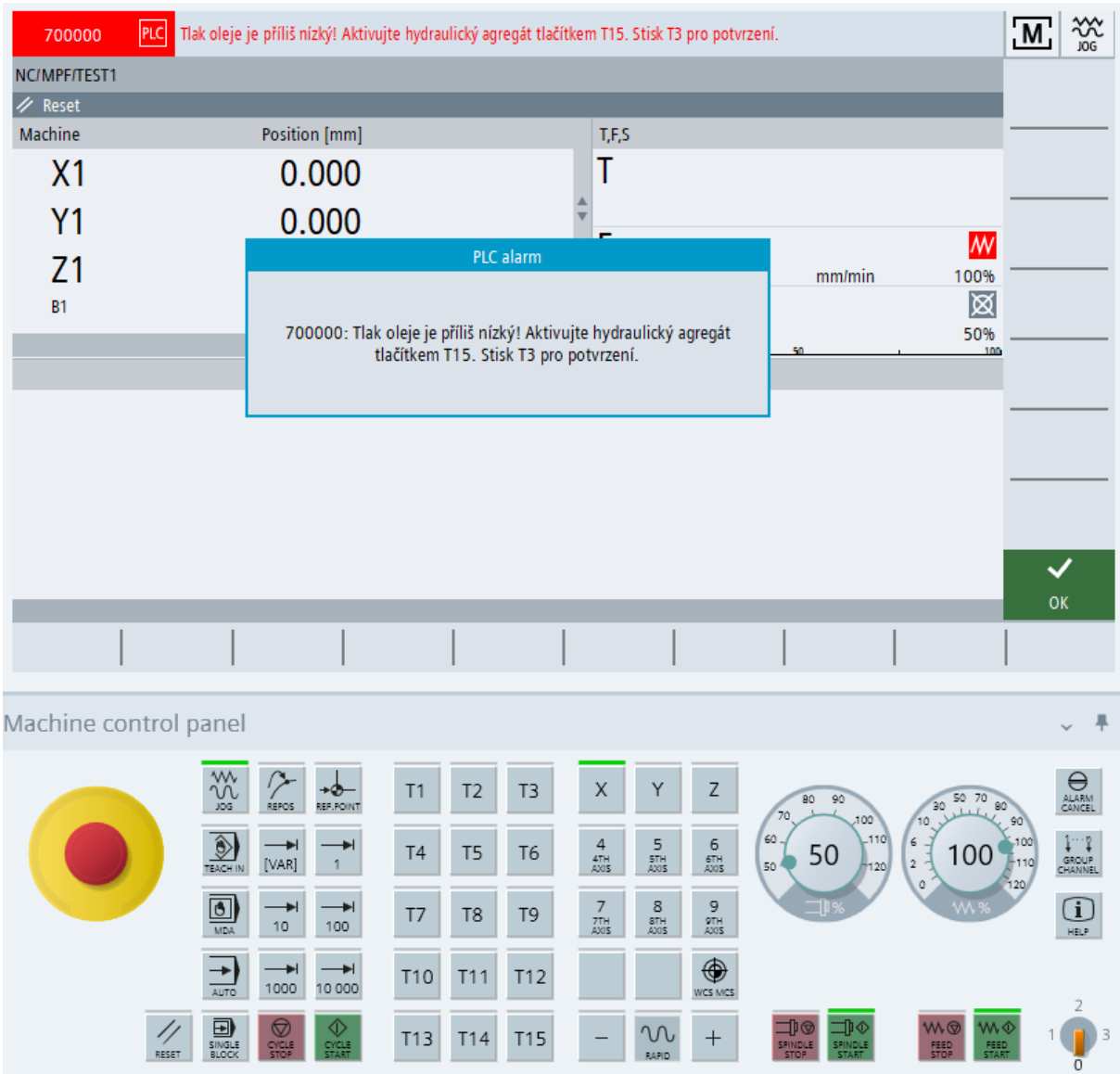
Jak FB *H20*, tak FC *Retez* jsou součástí textové přílohy práce.

```
TIA - WHT 110 ▶ CNC_1 [NCU 1760] ▶ PLC_1 [PLC NCU 1760] ▶ Program blocks ▶ PLC_User_Program ▶ FB ▶ H20 [FB1102]
Block interface
1 #AVP_ERROR := FALSE;
2
3 IF #CHANEL.H1Change OR #CHANEL.H2Change OR #CHANEL.H2Change THEN
4     #active := TRUE;
5
6     IF #CHANEL.H1Change AND #CHANEL.ExtH1 = 20 THEN
7         #H_HODNOTA := DINT_TO_INT(#CHANEL.H1_Dint);
8
9     ELSIF #CHANEL.H2Change AND #CHANEL.ExtH2 = 20 THEN
10        #H_HODNOTA := DINT_TO_INT(#CHANEL.H2_Dint);
11
12    ELSIF #CHANEL.H3Change AND #CHANEL.ExtH3 = 20 THEN
13        #H_HODNOTA := DINT_TO_INT(#CHANEL.H3_Dint);
14
15    ELSIF #H_HODNOTA = 0 THEN
16        #active := FALSE;
17    END_IF;
18 END_IF;
19
20 IF #active THEN
21     CASE #H_HODNOTA OF
22     0: // exit
23         #active := FALSE;
24     482: // Paletu uvolnit
25         #kolidy := FALSE;
26         IF #kolidy_venku THEN
27             #H_HODNOTA := 0;
28         END_IF;
29     483: // paletu upnout
30         #kolidy := TRUE;
31         IF #kolidy_uvnitr THEN
32             #H_HODNOTA := 0;
33         END_IF;
34     484: // lišty nahoru
35         #listy := TRUE;
36         IF #listy_nahore THEN
37             #H_HODNOTA := 0;
38         END_IF;
39     485: // lišty dolu
40         #listy := FALSE;
41         IF #listy_dole THEN
42             #H_HODNOTA := 0;
43         END_IF;
44     486: // řetěz poloha 1 (v paletě)
45         IF #retez_status = 1 THEN
46             #retez_pomalou := FALSE;
47             #retez_rychle := FALSE;
48             #H_HODNOTA := 0;
49         ELSIF #retez_status = -1 THEN
50             #retez_pomalou := TRUE;
51             #retez_rychle := FALSE;
52             #retez_smer_ven := FALSE;
53         ELSIF #retez_status = 2 OR #retez_status = 4 THEN
54             #retez_smer_ven := FALSE;
55             #retez_rychle := #retez_FAST;
56             #retez_pomalou := NOT #retez_FAST;
57         ELSIF #retez_status = 3 OR #retez_status = 6 THEN
58             #retez_smer_ven := TRUE;
59             #retez_rychle := #retez_FAST;
60             #retez_pomalou := NOT #retez_FAST;
61         END_IF;
62     487: // řetěz poloha 2 (venku)
63         IF #retez_status = 2 THEN
64             #retez_pomalou := FALSE;
65             #retez_rychle := FALSE;
66             #H_HODNOTA := 0;
67         ELSIF #retez_status = -1 THEN
68             #retez_pomalou := TRUE;
69             #retez_rychle := FALSE;
70             #retez_smer_ven := TRUE;
```

Obr. 6.19 – Funkční blok H20 pro vykonávání pomocných funkcí

## 7 Testování systému

### 7.1 Chování hydraulického agregátu

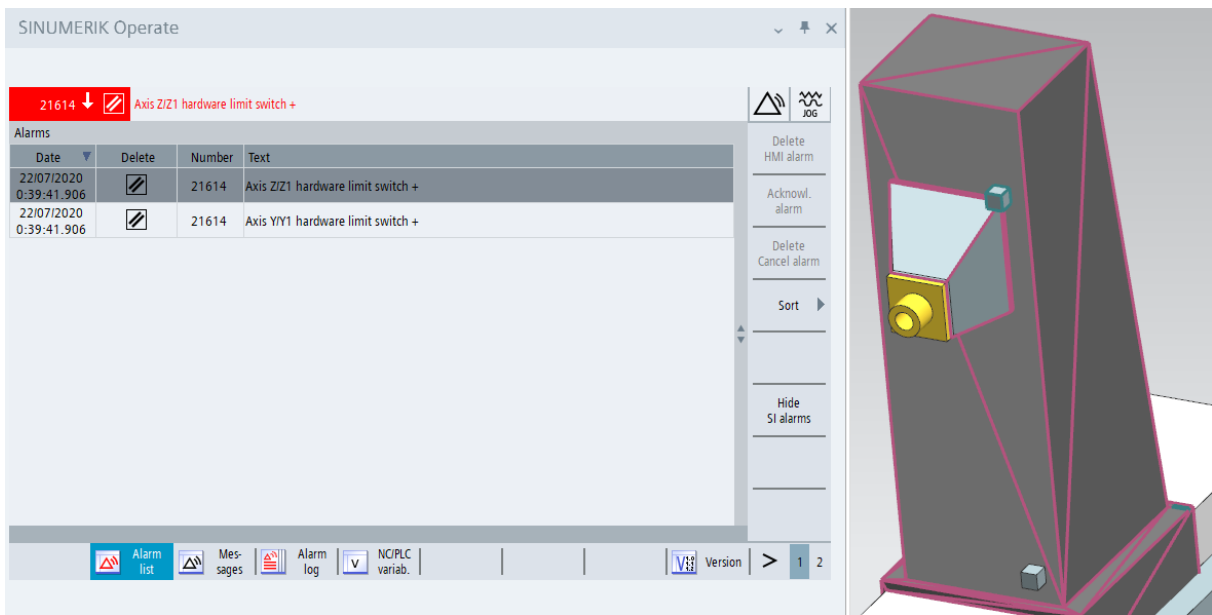


Obr. 7.1 – Reakce řídicího systému na nízký tlak oleje

Reakcí systému na nízký tlak oleje byl PLC Alarm. Také došlo k zablokování posuvu os, viz Obr. 7.1, v části displeje zobracují posuvovou rychlost, ačkoli na ovládacím panelu je pohyb os aktivní.

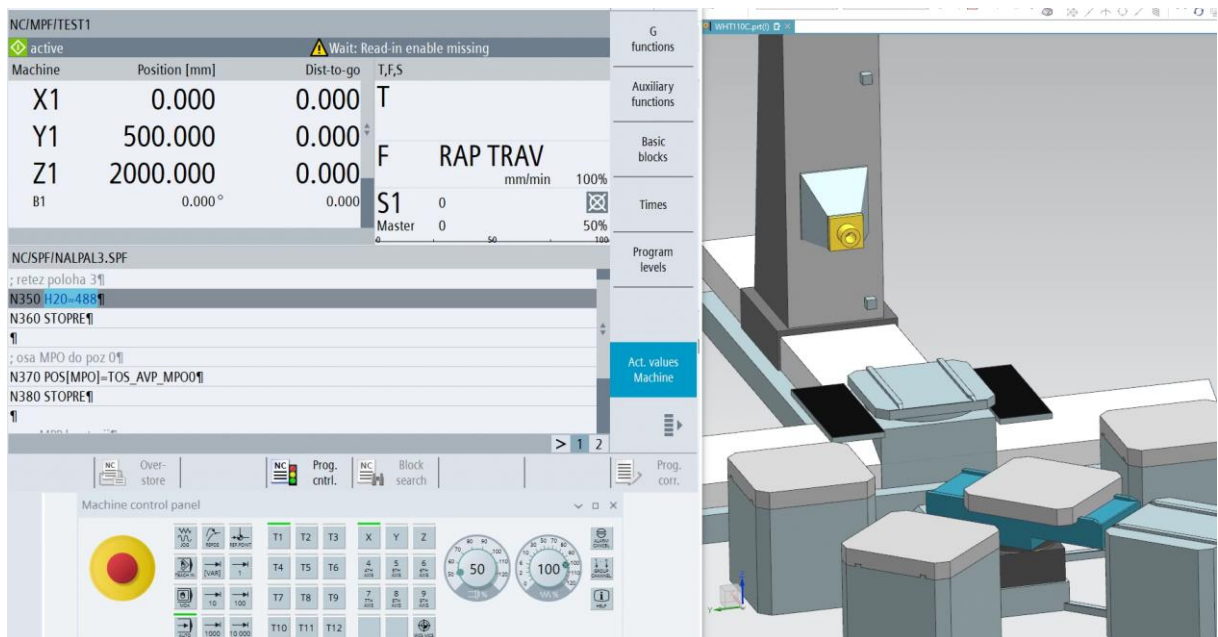
### 7.2 Hardwarové koncové spínače os

Na Obr. 7.2 jsou vidět zeleně zvýrazněné kolizní senzory os Y a Z, což indikuje, že došlo ke kolizi. V řídicím systému se to projevilo dvěma alarmy a nemožností pohybu os ve směru aktivního koncového spínače.



Obr. 7.2 – Najetí na koncové spínače

### 7.3 Automatická výměna palet



Obr. 7.3 – Testování automatické výměny palet

Na Obr. 7.3 je vidět manipulátor přemísťující jednu z palet. Na strojním panelu je indikováno provádění pomocné funkce H20=488. Nápis *Wait: read-in enable missing* značí, že řídicí systém nemůže odbavovat NC program, dokud neskončí provádění pomocné funkce.

Přílohou této práce je video zachycující celou výměnu palet.

## 7.4 Interní simulace pohonů

V rámci diplomové práce bylo zkoumáno, jak vypadá simulace pohonů uvnitř CMVM. K tomu byla využita funkce *Trace* v systémové oblasti *Diagnostics*. Byla vybrána sada parametrů pohonu první osy, viz Obr. 7.4:

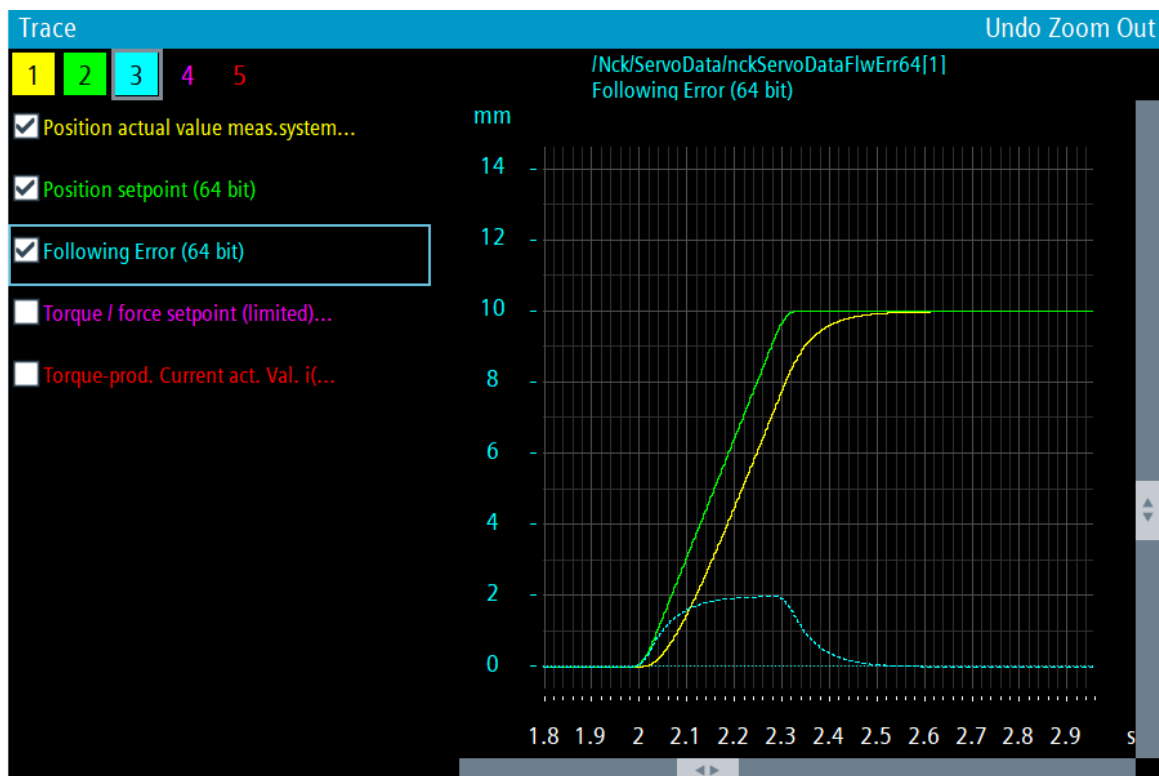
- Skutečná poloha
- Žádaná poloha
- Rozdíl skutečné a žádané polohy
- Žádaný moment
- Skutečný proud generující moment motoru

Variable	Comment	Color	Pen
nckServoDataActPos1stEnc64[1]	Position actual value meas.system 1 (64 bit)	Yellow	—
kServoDataCmdPos2ndEnc64[1]	Position setpoint (64 bit)	Green	—
oData/nckServoDataFlwErr64[1]	Following Error (64 bit)	Cyan	---
a/nckServoDataCmdTorque64[1]	Torque / force setpoint (limited) (64 bit)	Magenta	—
Data/nckServoDataActCurr64[1]	Torque-prod. Current act. Val. i(q) (64 bit)	Red	—

Obr. 7.4 – Sledované parametry pohonů

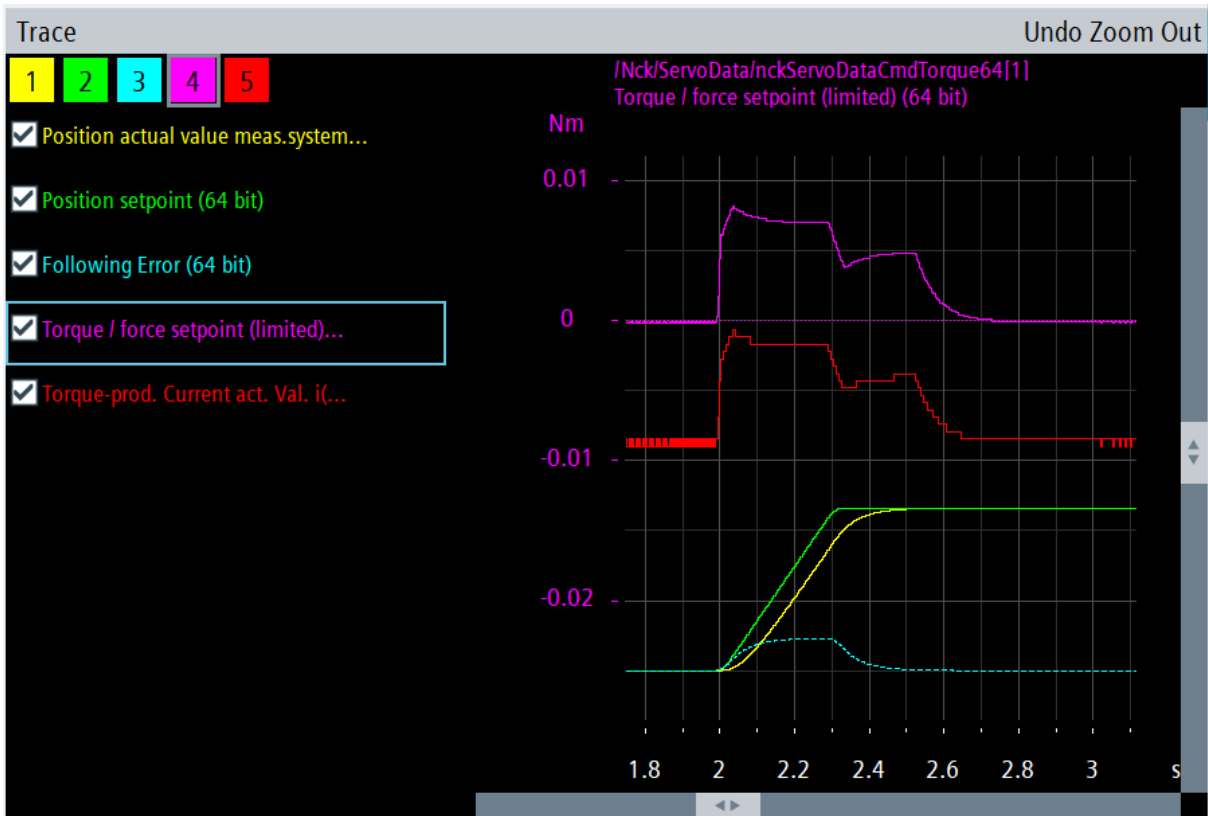
Jako testovací procedura byla zvolena rampa polohy, viz Obr. 7.5. Zesílení polohového regulátoru je na výchozí hodnotě:  $K_p = 1 \text{ m/min/mm}$ , rychlost pohybu byla nastavena na hodnotu  $f = 2000 \text{ mm/min}$ .

Zobrazené průběhy odpovídají jednohmotovému systému, což souhlasí s tím, co SIEMENS popisuje v dostupných dokumentech.



Obr. 7.5 – Rampa polohy

Na Obr. 7.6 je vidět průběh žádaného a skutečného momentu motoru, který naznačuje, že součástí simulace pohonu je i rychlostní smyčka, což opět odpovídá stavu popsanému v dokumentaci SIEMENS. Ačkoliv je simulace pohonů poměrně propracovaná, je škoda, že do ní nelze zvenčí zasáhnout.



Obr. 7.6 – Vykreslení průběhu momentů

## 8 Závěr

V této práci bylo provedeno virtuální zprovoznění řídicího systému SINUMERIK ONE od společnosti Siemens.

Nejprve byla provedena rešerše v oblasti nástrojů pro virtuální provozňování a virtuální modely strojů s důrazem na nástroje společnosti Siemens.

Byl vytvořen zjednodušený 3D model stroje v softwaru NX, který byl doplněn o tuhá tělesa, kolizní tělesa, vazby, pohony a snímače v modulu Mechatronics Concept Designer softwaru NX.

Automatická výměna palet byla zvolena jako proces vhodný k simulaci. Dále byl simulován hydraulický agregát jakožto periferní systém stroje.

V softwaru TIA Portal byla vytvořena hardwarová konfigurace řídicího systému. Poté byl importován základní PLC program, který byl doplněn o uživatelský PLC program, schopný ovládat hydraulický agregát a automatickou výměnu palet.

Řídicí systém byl zprovozněn metodou SIL. Virtuální řídicí systém byl reprezentován softwarem Create MyVirtual Machine, do kterého byla nahrána hardwarová konfigurace a PLC program z TIA Portalu. Následně byly nastaveny potřebné strojní parametry.

O propojení 3D modelu a řídicího systému se postaral software SIMIT SP, ve kterém byly doplněny další části modelu chování stroje. SIMIT společně s 3D modelem v MCD vytvořily digitální dvojče obráběcího stroje.

Posledním krokem bylo testování vzájemné interakce virtuálního řídicího systému a digitálního dvojčete stroje. Bylo vyzkoušeno předávání informací o polohách os 3D modelu, byly otestovány koncové snímače os, ovládání a chování hydraulického agregátu. Bylo otestováno chování řídicího systému během výměny palet.

Vytváření digitálního dvojčete stroje bylo poměrně náročné, obzvláště pak práce s MCD, ve kterém se kinematické vazby a kolizní tělesa někdy chovají neočekávatelným způsobem. Nicméně se ve výsledku digitální dvojče společně s virtuálním řídicím systémem stalo užitečným nástrojem, který přispěl k odhalení několika chyb v PLC programu i použitých podprogramech automatické výměny palet.

Po absolvování celého procesu spatřuji v nástrojích pro virtuální zprovoznění velký potenciál do budoucna nejen pro výrobce obráběcích strojů, ale i pro jejich budoucí uživatele.



## Seznam použité literatury

- [1] KIEF, Hans a Helmut ROSCHI WAL. *CNC handbook*. New York: McGraw-Hill, 2013. ISBN 978-007-1799-485.
- [2] KLOCOVÁ, Eva. Řídicí systém – 50letá historie. *MM Průmyslové spektrum*. 2010, **2010(9)**, 30. ISSN 1212-2572. 100941. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/ridici-system-50leta-historie.html>. V rubrice Trendy / IMT 2010.
- [3] Japanese industry | Japan | TV EYE | 1982. *YouTube* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://youtu.be/LMu1-2SlGk>
- [4] ŠMEJKAL, Ladislav. *Elektronika číslicově řízených obráběcích strojů II*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit., 1984.
- [5] SOUČEK, Pavel. *Servomechanismy ve výrobních strojích*. Vydání první. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2902-6.
- [6] What is Industry 4.0?. *Siemens Industry Software* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/industry-4-0/29278>
- [7] EMILIO, Paolo. Low-Power WAN (LPWAN) for IoT long-range communication. *EDN Asia* [online]. 2019 [cit. 2020-07-14]. Dostupné z: <https://www.ednasia.com/low-power-wan-lpwan-for-iot-long-range-communication/>
- [8] KALINA, Daniel. *Simulace výukových sestav strojů s využitím NX Mechatronics Concept Designer*. Praha, 2018. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/80534>. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. Lukáš Novotný, Ph.D.
- [9] STANĚK, Václav. *NÁVRH DIGITÁLNÍHO DVOJČETE CNC OBRÁBĚCÍHO STROJE*. Brno, 2019. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=193433](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=193433). Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing., Dipl.-Ing Michal Holub, Ph.D.
- [10] RobotStudio®: Nejrozšířenější nástroj na offline programování robotů na světě. *ABB* [online]. 2020 [cit. 2020-07-21]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/cs/robotstudio>

- [11] What Is Hardware-in-the-Loop?. *NI* [online]. 2020 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/white-papers/17/what-is-hardware-in-the-loop.html>
- [12] Code Verification Through Software-in-the-Loop and Processor-in-the-Loop Execution. *Mathlab & Simulink* [online]. [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/help/ecoder/ug/code-verification-through-software-in-the-loop-and-processor-in-the-loop-execution.html>
- [13] SINUMERIK ONE: CNC řídicí systémy SINUMERIK. *Siemens Czech Republic* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/systems/cnc-sinumerik/sinumerik-one.html>
- [14] *SINUMERIK ONE Create MyVirtual Machine: System Manual* [online]. 12/2019. NÜRNBERG: Siemens, 2019 [cit. 2020-02-19]. A5E47496012B AB. Dostupné z: [https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109777371/ONE\\_cmvm\\_sys\\_man\\_1219\\_en-US.pdf?download=true](https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109777371/ONE_cmvm_sys_man_1219_en-US.pdf?download=true)
- [15] SINUMERIK ONE Virtuální. In: *TIA na dosah* [online]. Siemens [cit. 2020-02-19]. Dostupné z: <https://www.tianadosah.cz/upload/07-sinumerik-one-virtuell-2019-final-cz-md.pdf>
- [16] *SINUMERIK ONE Run MyVirtual Machine: System Manual*. NÜRNBERG GERMANY: Siemens AG Digital Industries, 2019. A5E48105802B AB. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109778272/sinumerik-one-run-myvirtual-machine?dti=0&lc=en-WW>
- [17] *SIMIT Simulation Platform (V10.1): Operating Manual* [online]. NÜRNBERG GERMANY: Siemens AG, 2019 [cit. 22.7.2020]. A5E44876249-AB. Dostupné z: [https://support.industry.siemens.com/cs/document/109772278/simatic-simit-simulation-platform-\(v10-1\)?dti=0&lc=en-US](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109772278/simatic-simit-simulation-platform-(v10-1)?dti=0&lc=en-US)
- [18] Úvod k modulu Konstruktor mechatronických konceptů. *Dokumentace Siemens* [online]. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2018 [cit. 2020-07-22]. Dostupné z: [https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/12.0.2/nx\\_help#uid:index\\_mechatronics:xid832667:id1101745](https://docs.plm.automation.siemens.com/tdoc/nx/12.0.2/nx_help#uid:index_mechatronics:xid832667:id1101745)
- [19] IEC 61131-3. *PLCopen* [online]. [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: <https://plcopen.org/iec-61131-3>
- [20] FANUC CNC Guide - Intelligent CNC Simulation Software. *Fanuc America* [online]. [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://www.fanucamerica.com/products/cnc/software/cnc-guide>

- [21] *FANUC CNC GUIDE CNC Simulator*. Japan: FANUC CORPORATION, 2016. Dostupné z: [https://www.fanuc.co.jp/en/product/catalog/pdf/cnc/CNCGUIDE\(E\)-02.pdf](https://www.fanuc.co.jp/en/product/catalog/pdf/cnc/CNCGUIDE(E)-02.pdf)
- [22] Simulation Software Components: State-of-the-art simulation technology. *ModuleWorks* [online]. 2020 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://www.moduleworks.com/software-components/simulation/>
- [23] ModuleWorks Machine Simulation. *YouTube* [online]. 2014 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=PoWW3W230gA&list=PLWuH90RzsBAQcQsPmDpuSvpTkdVLFpMdm&index=2>
- [24] DMG MORI Digital Twin Development / Virtual Commissioning. *YouTube* [online]. 2018 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=pSk8rajm4hc>
- [25] 2017-11 ISG-virtuos-Präsentation-2017engl.pptx. In: *IGS* [online]. Stuttgart, 2017 [cit. 2020-07-09]. Dostupné z: [https://www.isg-stuttgart.de/fileadmin/user\\_upload/virtuos/2017-11\\_ISG-virtuos-Praesentation-2017engl.pdf](https://www.isg-stuttgart.de/fileadmin/user_upload/virtuos/2017-11_ISG-virtuos-Praesentation-2017engl.pdf)
- [26] *Glossary SINUMERIK ONE: Functions and terms* [online]. Siemens, 2019 [cit. 15.7.2019]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109779543/sinumerik-one-glossary-functions-and-terms?dti=0&lc=en-US>
- [27] WHT 110 C. *TOS VARNSDORF: Výrobní program* [online]. 2020 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/horizontalni-obrabcicentra/wht-110-c/>
- [28] TOS VARNSDORF A.S. *VÝROBNÍ PROGRAM TOS VARNSDORF a.s.* 2020 [cit. 15.7.2020]. Dostupné z: <https://www.tosvarnsdorf.cz/files/machines/tos-varnsdorf-vyrobniprogram-cz.pdf>
- [29] PELIKÁN, Jaroslav. Von Neumannovo schéma. *Fakulta Informatiky Masarykovy Univerzity* [online]. Brno, 1999 [cit. 2020-07-14]. Dostupné z: <https://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/VNEUM.HTML>

## Seznam obrázků

Obr. 3.1 – Schéma struktury řídicího systému a jeho okolí.....	15
Obr. 3.2 – Proces vývoje bez a s virtuálním zprovozněním.....	18
Obr. 3.3 – SIMIT UNIT .....	18
Obr. 3.4 – Varianty virtuálního zprovoznění řídicích systémů SINUMERIK.....	19
Obr. 3.5 - Uživatelské rozhraní Create MyVirtual Machine [14] .....	20
Obr. 3.6 - Propojení CMVM + SIMIT + NX-MCD [15] .....	22
Obr. 3.7 - Uživatelské rozhraní TIA Portal [14] .....	24
Obr. 3.8 – FANUC CNC GUIDE [20] .....	25
Obr. 3.9 – Vizualizace od ModuleWorks [23] .....	26
Obr. 3.10 – DMG MORI, virtuální zprovoznění [24] .....	26
Obr. 3.11 – IGS Virtuos [25] .....	27
Obr. 3.12 – Systémové oblasti.....	27
Obr. 4.1 – Kinematika WHT 110 C [28].....	28
Obr. 4.2 – WHT 110 C s automatickou výměnou palet [27].....	29
Obr. 4.3 – Celkový diagram informačních toků .....	30
Obr. 4.4 – Informační toky – hydraulický agregát .....	30
Obr. 4.5 – Informační toky – Kinematika a pohony.....	31
Obr. 4.6 – Informační toky – Automatická výměna palet .....	32
Obr. 5.1 – Zjednodušený model stroje WHT 110 C .....	33
Obr. 5.2 – Názvy jednotlivých tuhých těles v MCD .....	34
Obr. 5.3 – Definice Rigid Body v MCD .....	34
Obr. 5.4 – Definice Collision Body v MCD.....	35
Obr. 5.5 – Kolizní materiál .....	35
Obr. 5.6 – Definice kinematické vazby v MCD.....	36
Obr. 5.7 – Definice pohonu v MCD .....	37
Obr. 5.8 – Kolizní senzor osy Y .....	37
Obr. 5.9 – Kolizní senzor osy X.....	38
Obr. 5.10 – Nastavení signálu v MCD .....	38
Obr. 5.11 – Uživatelské rozhraní CMVM .....	39
Obr. 5.12 – Ovládací panely.....	40
Obr. 5.13 – Siemens Communication Settings .....	41
Obr. 5.14 – Propojení NCK a modulu NX v HW konfiguraci .....	41
Obr. 5.15 – HW konfigurace v TIA Portalu .....	42
Obr. 5.16 – Konfigurace modulů jednotky distribuovaných I/O .....	42
Obr. 5.17 – Aktivace systémových a hodinových bitů.....	43
Obr. 5.18 – Základní PLC program v knihovně TIA Portalu .....	44
Obr. 5.19 – Volání FC1 uvnitř OB100.....	44
Obr. 5.20 – Main OB1 .....	45



Obr. 5.21 – Download to device .....	46
Obr. 5.22 – Vlastnosti projektu v TIA Portalu .....	46
Obr. 5.23 – Povolení podpory simulace .....	47
Obr. 5.24 – SIMIT – tvorba spojení .....	47
Obr. 5.25 – MCD Coupling – Propojení se souborem modelu MCD .....	48
Obr. 5.26 – Importované vstupy a výstupy z MCD .....	48
Obr. 5.27 – Konfigurace CMVM Coupling .....	49
Obr. 5.28 – Export PLC tagů z TIA Portalu .....	49
Obr. 5.29 – Importované vstupy a výstupy z CMVM .....	50
Obr. 5.30 – Model přenosu informací os v SIMITu .....	51
Obr. 5.31 – Změna úrovně přístupových práv .....	52
Obr. 5.32 - 20070[x] .....	53
Obr. 5.33 – 10000[x] .....	53
Obr. 5.34 – 20080[x] .....	53
Obr. 5.35 – aktivace dodatečných opcí .....	55
Obr. 6.1 – Volání funkčního bloku osy .....	56
Obr. 6.2 – HW koncové snímače ve funkčním bloku osy .....	56
Obr. 6.3 – FB hydraulického agregátu .....	57
Obr. 6.4 – Alarm nízkého tlaku oleje .....	57
Obr. 6.5 – Volání FB hydraulického agregátu v OB1 .....	57
Obr. 6.6 – Model hydraulického agregátu v SIMITU .....	58
Obr. 6.7 – Drážka v paletě [27] .....	58
Obr. 6.8 – Probíhající výměna palet [27] .....	59
Obr. 6.9 – Schéma mechanismu pohybu palety .....	59
Obr. 6.10 – Rozsah pohybu řetězu .....	60
Obr. 6.11 – Vstupy a výstupy vlastní komponenty .....	61
Obr. 6.12 – Vizuální podoba vlastní komponenty .....	61
Obr. 6.13 – Paměť vlastního bloku .....	62
Obr. 6.14 – Vstupy v kódu bloku .....	63
Obr. 6.15 – Přiřazení výstupů .....	63
Obr. 6.16 – SIMIT Schéma – Model výměny palet .....	64
Obr. 6.17 – Přístup k paměťové kartě .....	65
Obr. 6.18 – USB disk v SINUMERIKU ONE .....	66
Obr. 6.19 – Funkční blok H20 pro vykonávání pomocných funkcí .....	67
Obr. 7.1 – Reakce řídicího systému na nízký tlak oleje .....	68
Obr. 7.2 – Najetí na koncové spínače .....	69
Obr. 7.3 – Testování automatické výměny palet .....	69
Obr. 7.4 – Sledované parametry pohonů .....	70
Obr. 7.5 – Rampa polohy .....	70
Obr. 7.6 – Vykreslení průběhu momentů .....	71



## Seznam tabulek

Tab. 3.1 - porovnání názvů programovacích jazyků .....	24
Tab. 4.1 - Parametry stroje WHT 110 C .....	29
Tab. 6.1 – Pomocné funkce výměny palet.....	65



## Seznam použitého softwaru

- 1) Create MyVirtual Machine (verze 1.1)
- 2) SINUMERIK CNC-SW (verze 6.13 HF4)
- 3) Mechatronics Concept Designer (verze 12.0.2.9)  
(jako součást Siemens NX 12.0)
- 4) SIMIT – Simulation platform (verze V10.1 + Upd2)
- 5) Create MyVirtual Machine /SIMIT Connector (verze V1.1.0.10)
- 6) Siemens Totally Integrated Automation Portal V16 (verze V16.0 Upd1)
- 7) SINUMERIK 840D sl STEP 7 Toolbox (verze V16.0)
- 8) SINUMERIK ONE STEP 7 Toolbox (verze V16.0)
- 9) Windows 10 Pro (verze 1909)



## Seznam elektronických příloh

<i>Název souboru:</i>	<i>Popis:</i>
1) PALETY_CHOVANI.simcmp	Komprimovaný SIMIT project
2) TESTOVANI.mkv	Video zachycující testování virtuálního zprovoznění
3) TIA - WHT 110 C.zap16	Komprimovaný projekt TIA Portalu
4) WHT 110 C.vcp	Soubor virtuálního řídicího systému
5) WHT model.zip	Komprimovaná složka obsahující MCD model
6) WHT_110.simarc	Vlastní SIMIT komponenta ovládání palet





## Seznam textových příloh

<i>Název přílohy:</i>	<i>Popis:</i>
1) Vlastní Komponenta	SIMIT komponenta ovládání palet
2) Main OB1	Hlavní cyklický program PLC
3) Startup OB100	PLC program spouštěný při startu
4) Retez FC1104	Určování polohy palce na řetězu manipulátoru palet
5) H2O FB1102	Pomocné funkce výměny palet
6) Hydraulic FB1100	Ovládání hydraulického agregátu
7) OvlPohony FB1101	Ovládání pohonů
8) BackNckAlarm FB110	Aktivace PLC alarmů

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



# Diplomová práce

Virtuální zprovoznění obráběcího stroje

## TEXTOVÉ PŘÍLOHY

2020

Bc. Vojtěch Šustr

## Vlastní komponenta

```
BLOCK
//je u stojanu(pozice)
integer u_pozice;
u_pozice = 0;
if(MPP < 10 && MPP > -10)
    {
        if(MPO < 92 && MPO > 88)
            u_pozice = 1;

        if(MPO < -88 && MPO > -92)
            u_pozice = 4;
    }

else if(MPP < -998)
    {
        if(MPO < 137 && MPO > 133)
            u_pozice = 2;

        if(MPO < -133 && MPO > -137)
            u_pozice = 3;
    }

//je u stolu stroje
binary u_stolu;
u_stolu = False;
if( MPP > 488 && MPO < 2 && MPO > -2 && X > -2 && X < 2 && (B < 2 || B > 358) )
    u_stolu = True;

//poloha palce
integer faze_retez;
if(RETEZ < 1980)
    faze_retez = 1;

else if(RETEZ > 2050)
    faze_retez = 3;
else
    faze_retez = 2;

//aktivace palety
if (AKT_PALETA_S == 0)
    {
    if (u_pozice != 0 && RETEZ > 2050 && RETEZ < 2100)
        @AKT_PALETA_S = u_pozice;
    }
//deaktivace palety
if (RETEZ > 2100 && RETEZ < 2200 && u_pozice > 0)
    @AKT_PALETA_S = 0;

integer sw_paleta;
```

```

sw_paleta = 0;
if(AKT_PALETA_S != 0)
sw_paleta = AKT_PALETA_S;
else if (u_pozice != 0)
sw_paleta = u_pozice;
sw_paleta = sw_paleta - 1;
if (sw_paleta != -1)
{
    switch (faze_retez)
    {
    case 1: // kontakt s palcem
    @PALEC_S[sw_paleta]=True;
    @STOJAN_S[sw_paleta]=False;
    if (u_stolu && !UPINANI && LISTY)
        {
        @STUL_S[sw_paleta]=False;
        @PALETA_NA_STOLE_S=False;
        }
    break;

    case 2: // kontakt s palcem + stolem/stojanem
    @PALEC_S[sw_paleta]=True;
    if (u_pozice != 0)
    @STOJAN_S[sw_paleta]=True;
    if (u_stolu && UPINANI && !LISTY)
        @STUL_S[sw_paleta]=True;
    break;

    case 3: //kontakt se stolem/stojanem
    @PALEC_S[sw_paleta]=False;
    if (u_pozice != 0)
    @STOJAN_S[sw_paleta]=True;
    if (u_stolu && UPINANI && !LISTY)
        {
        @STUL_S[sw_paleta]=True;
        @PALETA_NA_STOLE_S=True;
        }
    break;
    }
}

integer i;
for (i = 0; i < 4; i++)
{
STOJAN[i] = STOJAN_S[i];
STUL[i] = STUL_S[i];
PALEC[i] = PALEC_S[i];
}

END_BLOCK

```

# Main OB1

Totally Integrated Automation Portal					
TIA - WHT 110 / CNC_1 [NCU 1760] / PLC_1 [PLC NCU 1760] / Program blocks / PLC_User_Program / OB					
Main [OB1]					
<b>Main Properties</b>					
<b>General</b>					
Name	Main	Number	1	Type	OB
Numbering	Automatic			Language	SCL
<b>Information</b>					
Title	'Main Program Sweep (Cycle)'	Author		Comment	
Version	0.1	User-defined ID			
<b>Main</b>					
Name		Data type		Default value	
▼ Input					
Initial_Call		Bool			
Remanence		Bool			
Temp					
Constant					
<pre> 0001 //Network 1 - LBP Main 0002 "LBP_MainBP" (); 0003 0004 //Network 2 - Default R979 0005 IF "firstR979" THEN 0006   "R979_default"("firstR979"); 0007 END_IF; 0008 0009 //Network3 - Mode 0010 "instMode" (); 0011 0012 //Network4 - Správa alarmů 0013 "instBackNckAlarm"(chanActive:="LBP_ConfigData".ActiveChan[1], 0014   chanReset:="LBP_Chan1".A_Reset, 0015   emergencyStop:="NOT "MCP_EmergencyStop", 0016   emergencyLight=&gt;"MCP_EmergencyLight", 0017   NC:="LBP_NC", 0018   ModeGroup:="LBP_ModeGroup"); 0019 0020 //Network 5 - Kanály 0021 "instChanel Organisation" (); 0022 0023 //Network 6 - Osy 0024 "instAxis Organisation" (); 0025 0026 //Network 7 - 0027 "LBP_GenerateAlarmMsgs"(ToUserIF:=TRUE, 0028   Quit:="mcpInput".customerKey3, 0029   NumActAlarmMsgs=&gt;"LBP_ConfigData".GenerateAlarmMsgs.NumActAlarmMsgs, 0030   Error=&gt;"LBP_ConfigData".GenerateAlarmMsgs.Error, 0031   StatusID=&gt;"LBP_ConfigData".GenerateAlarmMsgs.StatusID, 0032   Status=&gt;"LBP_ConfigData".GenerateAlarmMsgs.Status); 0033 0034 //Network 8 - Hydraulický agregát 0035 "Hydraulic_DB"(InputKey:="mcpInput".customerKey15, 0036   pressureOK:="in_pressureOK", 0037   indicator=&gt;"mcpOutput".customerKey15, 0038   pump=&gt;"out_compressor", 0039   Feed_disable:="LBP_Chan1".A_FDdisable); 0040 0041 //Network 9 - Tlačítko T1 0042 "OvlPohony_DB"(Button:="mcpInput".customerKey1, 0043   Output_drive=&gt;"out_enable_drive"); 0044 "mcpOutput".customerKey1 := "out_enable_drive"; 0045 0046 //Network 10 - řetěz 0047 "Retez"(palec_nalozeno:="in_palec_nalozeno", 0048   palec_v_palete:="in_palec_v_palete", 0049   palec_venku:="in_palec_venku", 0050   smer_ven:="out_retez_ven", 0051   Status:="RetezDB".Status, 0052   Fast:="RetezDB".FAST); 0053 0054 //Network 11 - H20=X 0055 "H20_DB"(koliky_venku:="in_koliky_odjisteny", 0056   koliky_uvnitr:="in_koliky_zajisteny", 0057   listy_nahore:="in_listy_nahore", 0058   listy_dole:="in_listy_dole", 0059   retez_FAST:="RetezDB".FAST, 0060   retez_status:="RetezDB".Status, 0061   stojan_1:="in_stojan1", 0062   stojan_2:="in_stojan2", 0063   stojan_3:="in_stojan3", 0064   stojan_4:="in_stojan4", 0065   paleta_na_manip:="in_Paleta_na_MPO", </pre>					

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0066     koliky=&gt;"out_koliky_zajistit", 0067     listy=&gt;"out_listy_nahoru", 0068     retez_pomalu=&gt;"out_retez_pomalu", 0069     retez_rychle=&gt;"out_retez_rychle", 0070     retez_smer_ven=&gt;"out_retez_ven", 0071     AVP_ERROR=&gt;"AVP_ERROR", 0072     AVP_ERROR_MISSING=&gt;"AVP_ERROR_MISSING", 0073     CHANNEL:="LBP_Chan1"); 0074 0075 0076 0077 0078 //Network 10 - test read NC data 0079 "LBP_ReadVar_DB"(Req:="mcpInput".customerKey10, 0080     NumVar:=1, 0081     Addr1:"DB1200".C1_SEMA_vaIm0_143, 0082     Column1:=0, 0083     Line1:=1, 0084     Addr2:=NULL, 0085     Addr3:=NULL, 0086     Addr4:=NULL, 0087     Addr5:=NULL, 0088     Addr6:=NULL, 0089     Addr7:=NULL, 0090     Addr8:=NULL, 0091     Error=&gt;"readererror", 0092     NDR=&gt;"readNDR", 0093     State=&gt;"readState", 0094     RD1:="rreaded", 0095     RD2:=NULL, 0096     RD3:=NULL, 0097     RD4:=NULL, 0098     RD5:=NULL, 0099     RD6:=NULL, 0100     RD7:=NULL, 0101     RD8:=NULL); 0102 0103 </pre>		

# Startup OB100

Totally Integrated Automation Portal							
TIA - WHT 110 / CNC_1 [NCU 1760] / PLC_1 [PLC NCU 1760] / Program blocks / PLC_User_Program / OB							
Startup [OB100]							
<b>Startup Properties</b>							
<b>General</b>							
Name	Startup	Number	100	Type	OB	Language	SCL
Numbering	Automatic						
<b>Information</b>							
Title	"Complete Restart"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					
<b>Startup</b>							
Name		Data type		Default value			
▼ Input							
LostRetentive		Bool					
LostRTC		Bool					
Temp							
Constant							
<pre> 0001 0002 "LBP_ConfigBP"(MCPNum:=1, 0003     MCP1In:="mcpInput", 0004     MCP1Out:="mcpOutput", 0005     MCP1BusAdr:=192, 0006     MCP1Timeout:=S5T#700MS, 0007     MCP2In:=NULL, 0008     MCP2Out:=NULL, 0009     MCP2BusAdr:=0, 0010     MCP2Timeout:=S5T#700MS, 0011     MCP1Stop:=FALSE, 0012     MCP2Stop:=FALSE, 0013     MCP1NotSend:=FALSE, 0014     MCP2NotSend:=FALSE, 0015     MCPBusType:=B#16#66, 0016     HTIf:=0, 0017     HTIn:=NULL, 0018     HTOut:=NULL, 0019     HTAdr:=2, 0020     HTStop:=FALSE, 0021     HTNotSend:=FALSE, 0022     NCCyclTimeout:=S5T#200MS, 0023     NCRunupTimeout:=S5T#50S, 0024     ListMDecGrp:=0, 0025     MMCToIF:=TRUE, 0026     HWheelMNC:=TRUE, 0027     MCP_IF_TCS:=FALSE, 0028     ExtendChanAxMsg:=FALSE, 0029     HMIAxisSel:=FALSE, 0030     MsgUser:=10, 0031     IRAuxfuT:=FALSE, 0032     IRAuxfuH:=FALSE, 0033     IRAuxfuE:=FALSE, 0034     UserVersion:="LBP_ConfigData".UserVersionInfo, 0035     OpKeyNum:=0, 0036     Op1KeyIn:=NULL, 0037     Op1KeyOut:=NULL, 0038     Op1KeyBusAdr:=0, 0039     Op2KeyIn:=NULL, 0040     Op2KeyOut:=NULL, 0041     Op2KeyBusAdr:=0, 0042     Op1KeyStop:=FALSE, 0043     Op2KeyStop:=FALSE, 0044     Op1KeyNotSend:=FALSE, 0045     Op2KeyNotSend:=FALSE, 0046     OpUnitCommId:=1, 0047     OpUnitInterfaceId:=262, 0048     MCP1ConnectionId:=1001, 0049     MCP2ConnectionId:=1002, 0050     HTConnectionId:=1003, 0051     Op1KeyConnectionId:=1004, 0052     Op2KeyConnectionId:=1005, 0053     IdentConnectionId:=1006, 0054     MCP1LocalUdpPort:=16001, 0055     MCP2LocalUdpPort:=16002, 0056     HTLocalUdpPort:=16003, 0057     Op1KeyLocalUdpPort:=16004, 0058     Op2KeyLocalUdpPort:=16005, 0059     IdentLocalUdpPort:=16006, 0060     MaxModeGroup=&gt;"LBP_ConfigData".MaxModeGroup, 0061     MaxChan=&gt;"LBP_ConfigData".MaxChan, 0062     MaxAxis=&gt;"LBP_ConfigData".MaxAxis, 0063     ActiveChan=&gt;"LBP_ConfigData".ActiveChan, 0064     ActiveAxis=&gt;"LBP_ConfigData".ActiveAxis, 0065     MaxNumUserDataInt=&gt;"LBP_ConfigData".MaxNumUserDataInt, 0066     MaxNumUserDataHex=&gt;"LBP_ConfigData".MaxNumUserDataHex, </pre>							

Totally Integrated Automation Portal	
0067	MaxNumUserDataReal=>"IBP_ConfigData".MaxNumUserDataReal,
0068	UserDataIntArray=>"UserDataInt".MD14510,
0069	UserDataHexArray=>"UserDataHex".MD14512,
0070	UserDataRealArray=>"UserDataFloat".MD14514,
0071	TMMagazines=>NULL);
0072	
0073	"UserDataHex".MD14512[0] := 1;
0074	"UserDataHex".MD14512[1] := 1;
0075	"UserDataHex".MD14512[2] := 6;
0076	
0077	"R979" := 0;
0078	"firstR979" := 1;
0079	"RetezDB".FAST := 0;
0080	"RetezDB".Status := -1;

## Retez FC1104

Totally Integrated Automation Portal	
TIA - WHT 110 / CNC_1 [NCU 1760] / PLC_1 [PLC NCU 1760] / Program blocks / PLC_User_Program / FC	
Retez [FC1104]	
<b>Retez Properties</b>	
<b>General</b>	
Name	Retez
Number	1104
Type	FC
Language	SCL
Numbering	Manual
<b>Information</b>	
Title	
Author	
Comment	
Family	
Version	0.1
User-defined ID	
<b>Retez</b>	
<b>Name</b>	
<b>Data type</b>	
<b>Default value</b>	
▼ Input	
palec_nalozeno	Bool
palec_v_palete	Bool
palec_venku	Bool
smer_ven	Bool
Output	
▼ InOut	
Status	Int
Fast	Bool
Temp	
Constant	
▼ Return	
Retez	Void
<pre> 0001 IF #palec_nalozeno THEN // na spinači na vnitřním konci 0002 #Status := 3; 0003 ELSIF #palec_v_palete THEN // na spinači, uprostřed 0004 #Status := 1; 0005 ELSIF #palec_venku THEN // na spinači na vnějším konci 0006 #Status := 2; 0007 ELSIF #Status &lt;&gt; -1 THEN // už víme, kde jsme (-1 znamená neznámá poloha) 0008 IF #smer_ven THEN // jedeme ven 0009 IF #Status = 3 THEN // pozice v minulém cyklu 0010 #Status := 6; // 6 = mezi 1 a 3 0011 ELSIF #Status = 1 THEN 0012 #Status := 4; // 4 = mezi 1 a 2 0013 END_IF; 0014 ELSE // jedeme dovnitř 0015 IF #Status = 2 THEN 0016 #Status := 4; 0017 ELSIF #Status = 1 THEN 0018 #Status := 6; 0019 END_IF; 0020 END_IF; 0021 END_IF; 0022 0023 IF #Status = 1 OR #Status = 6 THEN 0024 #Fast := TRUE; 0025 ELSE 0026 #Fast := FALSE; 0027 END_IF; </pre>	



## H20 FB1102

Totally Integrated Automation Portal							
TIA - WHT 110 / CNC_1 [NCU 1760] / PLC_1 [PLC NCU 1760] / Program blocks / PLC_User_Program / FB							
H20 [FB1102]							
<b>H20 Properties</b>							
<b>General</b>							
Name	H20	Number	1102	Type	FB	Language	SCL
Numbering	Manual						
<b>Information</b>							
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					
<b>H20</b>							
Name		Data type		Default value		Retain	
▼ Input							
koliky_venku		Bool		false		Non-retain	
koliky_uvnitř		Bool		false		Non-retain	
listy_nahore		Bool		false		Non-retain	
listy_dole		Bool		false		Non-retain	
retez_FAST		Bool		false		Non-retain	
retez_status		Int		0		Non-retain	
stojan_1		Bool		false		Non-retain	
stojan_2		Bool		false		Non-retain	
stojan_3		Bool		false		Non-retain	
stojan_4		Bool		false		Non-retain	
paleta_na_manip		Bool		false		Non-retain	
▼ Output							
koliky		Bool		false		Non-retain	
listy		Bool		false		Non-retain	
retez_pomalu		Bool		false		Non-retain	
retez_rychle		Bool		false		Non-retain	
retez_smer_ven		Bool		false		Non-retain	
AVP_ERROR		Bool		false		Non-retain	
AVP_ERROR_MISSING		Bool		false		Non-retain	
▼ InOut							
CHANEL				"LBP_typeCharX"			
▼ Static							
H_HODNOTA		Int		0		Non-retain	
active		Bool		false		Non-retain	
kontrola		Int		1		Non-retain	
LBP_ReadVar_Instance				"LBP_ReadVar"			
R979_value		Real		0.0		Non-retain	
X_act		LReal		0.0		Non-retain	
Z_act		LReal		0.0		Non-retain	
B_act		LReal		0.0		Non-retain	
▼ Temp							
read_error		Bool					
read_finish		Bool					
read_state		Word					
Constant							
<pre> 0001 #AVP_ERROR := FALSE; 0002 0003 IF #CHANEL.H1Change OR #CHANEL.H2Change OR #CHANEL.H2Change THEN 0004   #active := TRUE; 0005 0006   IF #CHANEL.H1Change AND #CHANEL.ExtH1 = 20 THEN 0007     #H_HODNOTA := DINT_TO_INT(#CHANEL.H1_Dint); 0008 0009   ELSIF #CHANEL.H2Change AND #CHANEL.ExtH2 = 20 THEN 0010     #H_HODNOTA := DINT_TO_INT(#CHANEL.H2_Dint); 0011 0012   ELSIF #CHANEL.H3Change AND #CHANEL.ExtH3 = 20 THEN 0013     #H_HODNOTA := DINT_TO_INT(#CHANEL.H3_Dint); 0014 0015   ELSIF #H_HODNOTA = 0 THEN 0016     #active := FALSE; 0017   END_IF; 0018 END_IF; 0019 0020 IF #active THEN 0021   CASE #H_HODNOTA OF 0022     0: // exit 0023       #active := FALSE; 0024       482: // Paletu uvolnit 0025         #koliky := FALSE; 0026         IF #koliky_venku THEN 0027           #H_HODNOTA := 0; 0028         END_IF; 0029       483: // paletu upnout 0030         #koliky := TRUE; 0031         IF #koliky_uvnitř THEN </pre>							

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0032     #H_HODNOTA := 0; 0033     END IF; 0034 484: // lišty nahoru 0035     #listy := TRUE; 0036     IF #listy nahore THEN 0037         #H_HODNOTA := 0; 0038     END IF; 0039 485: // lišty dolů 0040     #listy := FALSE; 0041     IF #listy dole THEN 0042         #H_HODNOTA := 0; 0043     END IF; 0044 486: // řetěz poloha 1 (v paletě) 0045     IF #retez_status = 1 THEN 0046         #retez_pomalů := FALSE; 0047         #retez_rychle := FALSE; 0048         #H_HODNOTA := 0; 0049     ELSIF #retez_status = -1 THEN 0050         #retez_pomalů := TRUE; 0051         #retez_rychle := FALSE; 0052         #retez_smer_ven := FALSE; 0053     ELSIF #retez_status = 2 OR #retez_status = 4 THEN 0054         #retez_smer_ven := FALSE; 0055         #retez_rychle := #retez_FAST; 0056         #retez_pomalů := NOT #retez_FAST; 0057     ELSIF #retez_status = 3 OR #retez_status = 6 THEN 0058         #retez_smer_ven := TRUE; 0059         #retez_rychle := #retez_FAST; 0060         #retez_pomalů := NOT #retez_FAST; 0061     END IF; 0062 487: // řetěz poloha 2 (venku) 0063     IF #retez_status = 2 THEN 0064         #retez_pomalů := FALSE; 0065         #retez_rychle := FALSE; 0066         #H_HODNOTA := 0; 0067     ELSIF #retez_status = -1 THEN 0068         #retez_pomalů := TRUE; 0069         #retez_rychle := FALSE; 0070         #retez_smer_ven := TRUE; 0071     ELSIF #retez_status = 1 OR #retez_status = 4 OR #retez_status = 3 OR #retez_status = 6 THEN 0072         #retez_smer_ven := TRUE; 0073         #retez_rychle := #retez_FAST; 0074         #retez_pomalů := NOT #retez_FAST; 0075     END IF; 0076 488: // řetěz poloha 3 (na manipulátoru) 0077     IF #retez_status = 3 THEN 0078         #retez_pomalů := FALSE; 0079         #retez_rychle := FALSE; 0080         #H_HODNOTA := 0; 0081     ELSIF #retez_status = -1 THEN 0082         #retez_pomalů := TRUE; 0083         #retez_rychle := FALSE; 0084         #retez_smer_ven := FALSE; 0085     ELSIF #retez_status = 2 OR #retez_status = 4 OR #retez_status = 1 OR #retez_status = 6 THEN 0086         #retez_smer_ven := FALSE; 0087         #retez_rychle := #retez_FAST; 0088         #retez_pomalů := NOT #retez_FAST; 0089     END IF; 0090 489: // kontrola potvrzení palety 1 0091     IF NOT #stojan_1 THEN 0092         #CHANNEL.A_NCStop := TRUE; 0093         #AVP_ERROR_MISSING := TRUE; 0094     END IF; 0095     #H_HODNOTA := 0; 0096 490: // kontrola potvrzení palety 2 0097     IF NOT #stojan_2 THEN 0098         #CHANNEL.A_NCStop := TRUE; 0099         #AVP_ERROR := TRUE; 0100     END IF; 0101     #H_HODNOTA := 0; 0102 491: // kontrola potvrzení palety 3 0103     IF NOT #stojan_3 THEN 0104         #CHANNEL.A_NCStop := TRUE; 0105         #AVP_ERROR := TRUE; 0106     END IF; 0107     #H_HODNOTA := 0; 0108 492: // kontrola potvrzení palety 4 0109     IF NOT #stojan_4 THEN 0110         #CHANNEL.A_NCStop := TRUE; 0111         #AVP_ERROR := TRUE; 0112     END IF; 0113     #H_HODNOTA := 0; 0114 493: // kontrola výchozích podmínek 0115     CASE #kontrola OF 0116     1: // Načtení dat 0117         #LBP_ReadVar_Instance(Req := TRUE, 0118         NumVar := 4, 0119         Addr1 := "DB1200".C1_RP_rpa0_1, </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre> 0120 Unit1 := 16#0, 0121 Column1 := 0, 0122 Line1 := 980, 0123 Addr2 := "DB1200".C1_SEMA_vaIm0_143, 0124 Unit2 := 16#0, 0125 Column2 := 16#0, 0126 Line2 := 1, 0127 Addr3 := "DB1200".C1_SEMA_vaIm0_143, 0128 Unit3 := 16#0, 0129 Column3 := 16#0, 0130 Line3 := 3, 0131 Addr4 := "DB1200".C1_SEMA_vaIm0_143, 0132 Unit4 := 16#0, 0133 Column4 := 16#0, 0134 Line4 := 4, 0135 Addr5 := NULL, 0136 Unit5 := 16#0, 0137 Column5 := 16#0, 0138 Line5 := 16#0, 0139 Addr6 := NULL, 0140 Unit6 := 16#0, 0141 Column6 := 16#0, 0142 Line6 := 16#0, 0143 Addr7 := NULL, 0144 Unit7 := 16#0, 0145 Column7 := 16#0, 0146 Line7 := 16#0, 0147 Addr8 := NULL, 0148 Unit8 := 16#0, 0149 Column8 := 16#0, 0150 Line8 := 16#0, 0151 Error =&gt; #read_error, 0152 NDR =&gt; #read_finish, 0153 State =&gt; #read_state, 0154 RD1 := #R979_value, 0155 RD2 := #X_act, 0156 RD3 := #Z_act, 0157 RD4 := #B_act, 0158 RD5 := NULL, 0159 RD6 := NULL, 0160 RD7 := NULL, 0161 RD8 := NULL); 0162 IF #read_error THEN 0163     #CHANNEL.A NCStop := TRUE; 0164     #H_HODNOTA := 0; 0165     #AVP_ERROR := TRUE; 0166 END_IF; 0167 IF #read_finish THEN 0168     #kontrola := 2; 0169 END_IF; 0170 2: //Vyhodnoceni 0171 //Pokud je manipulátor obsazen s řetězem v poloze 3 -&gt; chyba 0172 IF #retez_status = 3 AND #paleta_na_manip THEN 0173 0174     #CHANNEL.A NCStop := TRUE; 0175     #H_HODNOTA := 0; 0176     #AVP_ERROR := TRUE; 0177     #kontrola := 1; 0178 END_IF; 0179 0180 // kontrola souřadnic X,Z,B 0181 IF ROUND_LREAL(#X_act) &lt;&gt; 0 OR #Z_act &lt; 1900 OR 0182     LREAL_TO_INT(ROUND_LREAL(#X_act)) MOD 360 &lt;&gt; 0 THEN 0183 0184     #CHANNEL.A NCStop := TRUE; 0185     #H_HODNOTA := 0; 0186     #AVP_ERROR := TRUE; 0187     #kontrola := 1; 0188 END_IF; 0189 0190 //R979=&lt;1,2,3,4&gt; a příslušný stojan je plný -&gt; chyba 0191 IF #R979_value = 1 AND #stojan_1 OR #R979_value = 2 AND #stojan_2 OR 0192     #R979_value = 3 AND #stojan_3 OR #R979_value = 4 AND #stojan_4 THEN 0193 0194     #CHANNEL.A NCStop := TRUE; 0195     #H_HODNOTA := 0; 0196     #AVP_ERROR := TRUE; 0197     #kontrola := 1; 0198     ; 0199 END_IF; 0200 #kontrola := 1; 0201 #H_HODNOTA := 0; 0202 ELSE 0203     #kontrola := 1; 0204 END_CASE; 0205 0206 ELSE // Pokud je číslo H funkce jiné 0207     #H_HODNOTA := 0; </pre>		

Totally Integrated Automation Portal		
<pre>0208 END_CASE; 0209 END_IF; 0210 0211 IF "mcpInput".reset THEN 0212   #H_HODNOTA := 0; 0213   #kontrola := 1; 0214 END_IF; 0215 0216 #CHANEL.A_Risable := #active;</pre>		

## Hydraulic FB1100

TIA - WHT 110 / CNC\_1 [NCU 1760] / PLC\_1 [PLC NCU 1760] / Program blocks / PLC\_User\_Program / FB

### Hydraulic [FB1100]

Hydraulic Properties							
General							
Name	Hydraulic	Number	1100	Type	FB	Language	SCL
Numbering	Automatic						
Information							
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					
Hydraulic							
Name	Data type	Default value	Retain				
▼ Input							
InputKey	Bool	false	Non-retain				
pressureOK	Bool	false	Non-retain				
▼ Output							
indicator	Bool	false	Non-retain				
pump	Bool	false	Non-retain				
▼ InOut							
Feed_disable	Bool	false	Non-retain				
▼ Static							
State	Bool	false	Non-retain				
R_TRIG_Instance	R_TRIG						
▼ Temp							
keyPressed	Bool						
Constant							

```

0001 #R_TRIG_Instance(CLK:=#InputKey,
0002                    Q=>#keyPressed);
0003 IF #keyPressed THEN
0004    #State := NOT #State;
0005 END_IF;
0006
0007 #pump := #State;
0008
0009 IF #State THEN
0010    IF #pressureOK THEN
0011      #indicator := TRUE;
0012    ELSE
0013      #indicator := "Clock_10Hz";
0014    END_IF;
0015    ELSE
0016      #indicator := FALSE;
0017    END_IF;
0018
0019 #Feed_disable := #Feed_disable OR NOT #pressureOK;

```

## OvIPohony FB1101

TIA - WHT 110 / CNC\_1 [NCU 1760] / PLC\_1 [PLC NCU 1760] / Program blocks / PLC\_User\_Program / FB

### OvIPohony [FB1101]

OvIPohony Properties							
General							
Name	OvIPohony	Number	1101	Type	FB	Language	SCL
Numbering	Manual						
Information							
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					
OvIPohony							
Name	Data type	Default value	Retain				
▼ Input							
Button	Bool	false	Non-retain				
▼ Output							
Output_drive	Bool	false	Non-retain				
▼ InOut							
▼ Static							
state	Bool	false	Non-retain				
R_TRIG_Instance	R_TRIG						
▼ Temp							
puls	Bool						
Constant							

```

0001 #R_TRIG_Instance(CLK:=#Button,
0002                    Q=>#puls);
0003 IF #puls THEN
0004    #state := NOT #state;
0005 END_IF;
0006 #Output_drive := #state;

```

# BackNckAlarm FB110

Totally Integrated Automation Portal					
TIA - WHT 110 / CNC_1 [NCU 1760] / PLC_1 [PLC NCU 1760] / Program blocks / PLC_User_Program / FB					
<b>BackNckAlarm [FB110]</b>					
<b>BackNckAlarm Properties</b>					
<b>General</b>					
Name	BackNckAlarm	Number	110	Type	FB
Language	SCL				
Numbering	Manual				
<b>Information</b>					
Title		Author		Comment	
Version	0.1	User-defined ID			
<b>BackNckAlarm</b>					
Name		Data type		Default value	Retain
▼ Input					
chanActive		Bool		false	Non-retain
chanReset		Bool		false	Non-retain
emergencyStop		Bool		false	Non-retain
▼ Output					
emergencyLight		Bool		false	Non-retain
▼ InOut					
NC		"LBP_typeNC"			
ModeGroup		"LBP_typeModeGroup"			
Static					
Temp					
Constant					
<pre> 0001 //1 0002 #ModeGroup.A_MGReset := #chanActive AND #chanReset; 0003 //2 0004 #NC.A_EMERGENCY_Ackn := #ModeGroup.A_MGReset AND NOT #emergencyStop; 0005 //3 0006 #NC.A_EMERGENCY := #emergencyStop; 0007 IF #NC.E_EMERGENCY THEN 0008     #emergencyLight := "Clock_10Hz"; 0009 ELSE 0010     #emergencyLight := FALSE; 0011 END_IF; 0012 0013 //4 reff 0014 0015 "LBP_AlarmMsgs".ChanA[1].RID_5C02xx[0] := NOT "pulseEnable"; 0016 0017 //5 0018 "LBP_AlarmMsgs".Chan[1].FDD[0] := "McpFeedHold"; 0019 //6 0020 "LBP_AlarmMsgs".Axis[6].FdStop[0] := "mcpOutput".spindleStop; 0021 //7 hydraulic 0022 "LBP_AlarmMsgs".UserA[0].A70UUxx[0] := NOT "in_pressureOK"; 0023 //8 0024 "LBP_AlarmMsgs".UserA[0].A70UUxx[1] := "AVP_ERROR"; 0025 "LBP_AlarmMsgs".UserA[0].A70UUxx[2] := "AVP_ERROR_MISSING"; </pre>					