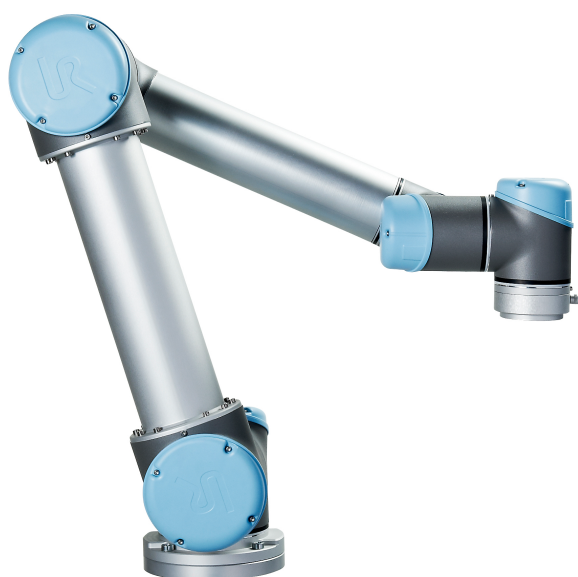




UNIVERSAL ROBOTS

Universal Robots



UR5 / CE3

Překlad originálního návodu (cs)



UNIVERSAL ROBOTS

Universal Robots

UR5/CB3

Verze 3.7.0

Překlad originálního návodu (cs)

Informace obsažené v tomto dokumentu jsou majetkem společnosti Universal Robots A/S a bez jejího předchozího písemného souhlasu nesmí být reprodukovány jako celek ani zčásti. Zde obsažené informace podléhají změnám bez upozornění a nelze je vykládat jako závazek společnosti Universal Robots A/S. Tento návod je pravidelně přezkoumáván a revidován.

Společnost Universal Robots A/S nezodpovídá za chyby a chybějící informace v tomto dokumentu.

Copyright © 2009–2018 Universal Robots A/S

Logo Universal Robots je registrovaná ochranná známka společnosti Universal Robots A/S.

Obsah

Úvod	ix
Co je obsahem balení	ix
Důležité bezpečnostní upozornění	ix
Jak číst tuto příručku	x
Vyhledání dalších informací	x
UR+	x
 I Instalční příručka k hardwaru	 I-1
1 Bezpečnost	I-3
1.1 Úvod	I-3
1.2 Platnost a odpovědnost	I-3
1.3 Omezení odpovědnosti	I-4
1.4 Varovné symboly použité v tomto návodu	I-4
1.5 Všeobecná upozornění a varování	I-5
1.6 Účel použití	I-7
1.7 Hodnocení rizik	I-8
1.8 Nouzové zastavení	I-10
1.9 Pohyb při zapnutém a vypnutém pohonu	I-10
 2 Bezpečnostní prvky a rozhraní	 I-11
2.1 Úvod	I-11
2.2 Doby zastavení bezpečnostním systémem	I-12
2.3 Ohraničující bezpečnostní funkce	I-12
2.4 Bezpečnostní režimy	I-13
2.5 Bezpečnostní elektrická rozhraní	I-15
2.5.1 Bezpečnostní elektrické vstupy	I-15
2.5.2 Bezpečnostní elektrické výstupy	I-17
 3 Přeprava	 I-19
 4 Mechanické rozhraní	 I-21
4.1 Úvod	I-21
4.2 Pracovní prostor robota	I-21
4.3 Montáž	I-21
4.4 Maximální náklad	I-25
 5 Elektrické rozhraní	 I-27
5.1 Úvod	I-27
5.2 Upozornění a varování ve vztahu k elektrickému zařízení	I-27
5.3 V/V rozhraní ovladače	I-29
5.3.1 Běžné specifikace všech digitálních vstupů/výstupů	I-29

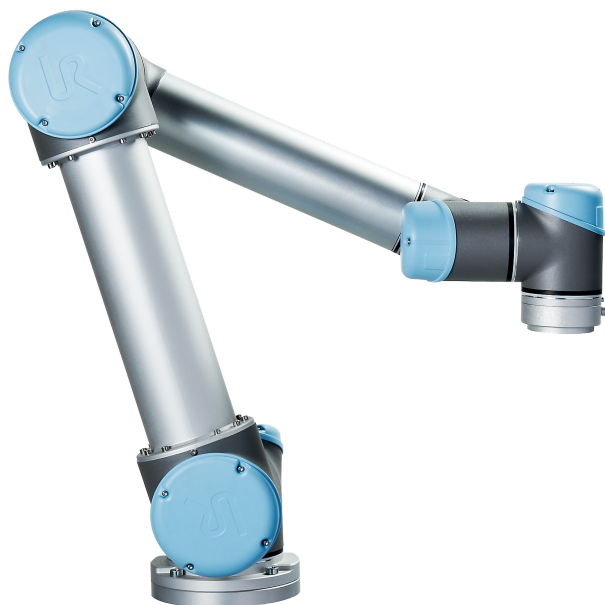
5.3.2	Bezpečnostní vstupy/výstupy	I-31
5.3.3	Víceúčelové digitální vstupy/výstupy	I-34
5.3.4	Digitální vstup z tlačítka	I-35
5.3.5	Komunikace s jinými stroji či automaty PLC	I-35
5.3.6	Víceúčelový analogový vstup/výstup	I-35
5.3.7	Vzdálené ovládání zapnutí/vypnutí	I-37
5.4	Vstupy/výstupy nástroje	I-38
5.4.1	Digitální výstupy nástroje	I-39
5.4.2	Digitální vstupy nástroje	I-40
5.4.3	Analogové vstupy nástrojů	I-40
5.5	Ethernet	I-41
5.6	Připojení k síti	I-42
5.7	Připojení robota	I-43
6	Údržba a opravy	I-45
6.1	Bezpečnostní pokyny	I-45
7	Likvidace a životní prostředí	I-47
8	Certifikáty	I-49
8.1	Certifikace třetích stran	I-49
8.2	Certifikace dodavatelů třetích stran	I-49
8.3	Certifikace zkoušení u výrobce	I-50
8.4	Prohlášení v souladu se směrnicemi EU	I-50
9	Záruky	I-51
9.1	Záruka na výrobek	I-51
9.2	Prohlášení	I-51
A	Brzdná doba a brzdná dráha	I-53
A.1	Brzdné dráhy a doby zastavení kategorie 0	I-53
B	Prohlášení a certifikáty	I-55
B.1	CE/EU Declaration of Incorporation (original)	I-55
B.2	CE/EU Prohlášení o zabudování (překlad originálu)	I-56
B.3	Certifikát pro bezpečnostní systém	I-57
B.4	Čína RoHS	I-58
B.5	Certifikát zkoušky na životní prostředí	I-59
B.6	Certifikát zkoušky EMC	I-60
B.7	Certifikáty zkoušek ekologické šetrnosti	I-61
C	Použité normy	I-63
D	Technické specifikace	I-71
E	Tabulky s bezpečnostními funkcemi	I-73
E.1	Tabulka 1	I-73
E.2	Tabulka 2	I-76

II Příručka k rozhraní PolyScope	II-1
10 Bezpečnostní konfigurace	II-3
10.1 Úvod	II-3
10.2 Změna bezpečnostní konfigurace	II-4
10.3 Bezpečnostní synchronizace a chyby	II-5
10.4 Tolerance	II-6
10.5 Bezpečnostní kontrolní součet	II-6
10.6 Bezpečnostní režimy	II-6
10.7 Režim Freedrive	II-7
10.7.1 Zpětné řízení	II-7
10.8 Ochrana heslem	II-8
10.9 Použít	II-8
10.10 Všeobecná omezení	II-9
10.11 Mezní hodnoty kloubu	II-11
10.12 Hranice	II-12
10.12.1 Výběr hranice pro konfiguraci	II-13
10.12.2 3D znázornění	II-13
10.12.3 Konfigurace bezpečnostní roviny	II-14
10.12.4 Konfigurace hranice nástroje	II-17
10.13 Bezpečnostní vstupy/výstupy	II-18
10.13.1 Vstupní signály	II-19
10.13.2 Výstupní signály	II-20
11 Zahájení programování	II-23
11.1 Úvod	II-23
11.2 Začínáme	II-23
11.2.1 Instalace ramene robota a ovládací jednotky	II-24
11.2.2 Zapnutí a vypnutí ovládací jednotky.	II-24
11.2.3 Zapnutí a vypnutí ramene robota	II-24
11.2.4 Rychlé spuštění	II-24
11.2.5 První program	II-25
11.3 Programovací rozhraní PolyScope	II-26
11.4 Úvodní obrazovka	II-28
11.5 Obrazovka Inicializace	II-29
12 Editory na obrazovce	II-31
12.1 Editor výrazů na obrazovce	II-31
12.2 Obrazovka úprav poloh	II-31
13 Ovládání robota	II-35
13.1 Karta Pohyb	II-35
13.1.1 Robot	II-35
13.1.2 Poloha prvku a nástroje	II-36
13.1.3 Pohyb nástroje	II-36
13.1.4 Pohyb kloubů	II-36
13.1.5 Freedrive	II-36
13.2 Karta V/V	II-37

13.3	V/V MODBUS klient	II-38
13.4	Karta Automatický pohyb	II-38
13.5	Instalace → Načíst/Uložit	II-40
13.6	Instalace → Konfigurace TCP	II-41
13.6.1	Přidávání, úpravy a odstraňování bodů TCP	II-41
13.6.2	Výchozí a aktivní TCP	II-41
13.6.3	Výuka polohy TCP	II-42
13.6.4	Výuka orientace TCP	II-43
13.6.5	Náklad	II-43
13.6.6	Těžiště	II-43
13.7	Instalace → Montáž	II-44
13.8	Instalace → Nastavení V/V	II-45
13.8.1	Typ signálu v/v	II-45
13.8.2	Přiřazování uživatelem definovaných názvů	II-45
13.8.3	Akce V/V a ovládání karty V/V	II-46
13.9	Instalace → Bezpečnost	II-46
13.10	Instalační → Proměnné	II-47
13.11	Instalace → Nastavení V/V MODBUS klient	II-48
13.12	Instalace → Prvky	II-51
13.12.1	Použití prvku	II-52
13.12.2	Nový bod	II-53
13.12.3	Nová přímka	II-53
13.12.4	Prvek roviny	II-54
13.12.5	Příklad: Manuální aktualizace prvku pro nastavení programu	II-55
13.12.6	Příklad: Dynamická aktualizace polohy prvku	II-56
13.13	Nastavení sledování dopravníku	II-57
13.13.1	Hladký přechod mezi bezpečnostními režimy	II-58
13.14	Instalace → Výchozí program	II-59
13.15	Karta Protokol	II-60
13.15.1	Ukládání chybových zpráv	II-61
13.16	Obrazovka načtení	II-61
13.17	Karta Spustit	II-63
14	Programování	II-65
14.1	Nový program	II-65
14.2	Karta Program	II-66
14.2.1	Programový strom	II-66
14.2.2	Signalizace běhu programu	II-67
14.2.3	Tlačítko Hledat	II-67
14.2.4	Tlačítko Zpět/Znovu	II-67
14.2.5	Ovládací panel programu	II-68
14.3	Proměnné	II-68
14.4	Příkaz: Prázdný	II-69
14.5	Příkaz: Pohyb	II-70
14.6	Příkaz: Pevný bod trasy	II-73
14.7	Příkaz: Relativní bod trasy	II-78
14.8	Příkaz: Proměnný bod trasy	II-79

14.9	Příkaz: Čekat	II-80
14.10	Příkaz: Nastavit	II-80
14.11	Příkaz: Samostatné okno	II-81
14.12	Příkaz: Zastavit	II-82
14.13	Příkaz: Komentář	II-82
14.14	Příkaz: Složka	II-83
14.15	Příkaz: Cyklus	II-83
14.16	Příkaz: Podprogram	II-84
14.17	Příkaz: Zadání	II-85
14.18	Příkaz: If	II-86
14.19	Příkaz: Skript	II-87
14.20	Příkaz: Událost	II-88
14.21	Příkaz: Vlákno	II-89
14.22	Příkaz: Přepínač	II-89
14.22.1	Časovač	II-90
14.23	Příkaz: Tvar	II-91
14.24	Příkaz: Síla	II-92
14.25	Příkaz: Paleta	II-95
14.26	Příkaz: Hledat	II-96
14.27	Příkaz: Sledování dopravníku	II-99
14.28	Příkaz: Potlačit	II-100
14.29	Karta Grafika	II-100
14.30	Karta Struktura	II-101
14.31	Karta Proměnné	II-102
14.32	Příkaz: Inicializace proměnných	II-103
15	Obrazovka Nastavení	II-105
15.1	Jazyk a jednotky	II-106
15.2	Aktualizace robota	II-107
15.3	Nastavit heslo	II-108
15.4	Kalibrovat obrazovku	II-109
15.5	Nastavení sítě	II-109
15.6	Nastavit čas	II-110
15.7	Nastavení URCaps	II-111
	Slovník	II-113
	Rejstřík	II-115

Úvod



Gratulujeme vám k zakoupení nového robota od společnosti Universal Robots UR5.

Robota lze naprogramovat tak, aby pohyboval nástrojem a komunikoval s jinými stroji pomocí elektrických signálů. Jedná se o rameno složené z trubic a kloubů z extrudovaného hliníku. Pomocí našeho patentovaného programovacího rozhraní PolyScope lze robota snadno naprogramovat tak, aby pohyboval nástrojem po požadované trajektorii.

Co je obsahem balení

Zásilka robota se dodává ve dvou baleních. Jedno obsahuje rameno robota, druhé obsahuje následující:

- Ovládací jednotku s ručním ovládacím panelem
- Montážní držák pro ovládací jednotku
- Montážní držák pro ruční ovládací panel
- Klíč k otevření ovládací jednotky
- Síťový kabel nebo napájecí kabel kompatibilní s vaším regionem
- Stylus s laserem
- Tento návod

Důležité bezpečnostní upozornění

Robot je **částečně zkompletované strojní zařízení** (viz 8.4) a každá instalace robota tedy vyžaduje posouzení rizik. Vaší povinností je dodržovat všechny bezpečnostní pokyny uvedené v kapitole 1.

Jak číst tuto příručku

Tato příručka obsahuje pokyny k instalaci a programování robota. Tato příručka je rozdělena do dvou částí:

Instalační příručka k hardwaru: Mechanická a elektrická instalace robota.

Příručka k rozhraní PolyScope: Programování robota.

Příručka je určena osobám provádějícím instalaci, jejichž povinností je absolvovat základní školení v oblasti mechaniky a elektřiny, stejně jako obeznámení se základy programování.

Vyhledání dalších informací

Obrazovka podpory (<http://www.universal-robots.com/support>) informace obsahuje následující:

- Další jazykové verze této příručky
- **Příručka k rozhraní PolyScope**
- **Servisní příručka** s pokyny k odstraňování potíží, údržbu a opravy
- **Příručku pro skriptování** určenou pokročilým uživatelům

UR+

Pracoviště UR+ (<http://www.universal-robots.com/plus/>) je online showroom, poskytující nejmodernější výrobky určené k přizpůsobení uživatelské aplikace robota UR. Na jednom místě najdete vše, co potřebujete - od koncových efektorů až po příslušenství ke kamerám a softwaru. Veškeré výrobky jsou testovány a schváleny pro integraci s roboty UR, což zajišťuje jednoduché nastavení, spolehlivou obsluhu, bezproblémový uživatelský zážitek a snadné programování. Uživatel může také využít webové stránky k zapojení se do programu UR+ Developer Program tak, aby měl přístup k nové softwarové platformě, umožňující navrhnout více uživatelsky přívětivých výrobků pro roboty UR.

Část I

Instalační příručka k hardwaru

1 Bezpečnost

1.1 Úvod

Tato kapitola obsahuje důležité bezpečnostní informace, které je osoba zajišťující instalaci robotů UR před prvním zapnutím robota povinna prostudovat a porozumět jim.

První části této kapitoly jsou všeobecné. Další části obsahují konkrétní technické údaje relevantní pro nastavení a naprogramování robota. Kapitola 2 popisuje a definuje bezpečnostní funkce obzvláště důležité pro společné aplikace.

Pokyny a postupy popsané v této kapitole 2 a části 1.7 jsou obzvláště důležité.

Je důležité dodržovat také veškeré pokyny k montáži uvedené v dalších kapitolách a částech této příručky.

Zvláště je třeba věnovat pozornost textům s výstražnými symboly.



POZNÁMKA:

Společnost Universal Robots se zříká veškeré odpovědnosti, pokud bude robot (ovládací jednotka ramene a/nebo přenosný ovládací terminál) jakýmkoliv způsobem poškozen, změněn či upraven. Společnost Universal Robots nenes odpovědnost za žádné poškození robota nebo jiného vybavení způsobené programovacími chybami nebo poruchami robota.

1.2 Platnost a odpovědnost

Informace v tomto návodu nepokrývají možnosti konstrukce, instalace a provozu celé aplikace robota ani periferní zařízení, která by mohla ovlivnit bezpečnost celého systému. Celý systém je třeba zkonstruovat a nainstalovat v souladu s bezpečnostními požadavky stanovenými v normách a předpisech země, ve které se robot instaluje.

Osoby provádějící instalaci robotů UR nesou odpovědnost za dodržení platných bezpečnostních zákonů a předpisů v dané zemi a za vyloučení jakýchkoliv závažných rizik v celé aplikaci robota.

Patří sem například (výčet není vyčerpávající):

- Provést pro celý robotický systém
- Připojit další stroje a dodatečná bezpečnostní zařízení, pokud to vyplývá z výsledků posouzení rizik
- Nakonfigurovat správné v softwaru
- Zajistit, aby uživatelé neupravovali bezpečnostní opatření
- Ověřit, zda je celý robotický systém zkonstruován a nainstalován správně
- Specifikovat návod k obsluze

- Označit instalaci robota relevantními značkami a umístit kontaktní údaje na osobu provádějící instalaci
- Shromáždit veškerou dokumentaci v technickém souboru; včetně posouzení rizik a této příručky

1.3 Omezení odpovědnosti

Žádné informace v této příručce týkající se bezpečnosti nesmí být vykládány jako záruka společnosti UR, že průmyslový manipulátor nezpůsobí zranění či poškození, a to ani v případě, že budou dodrženy všechny bezpečnostní pokyny.

1.4 Varovné symboly použité v tomto návodu

V níže uvedené tabulce se nachází popisky specifikující úroveň nebezpečí používané této příručce. Stejně bezpečnostní a varovné symboly se používají na výrobku.

**NEBEZPEČÍ:**

Označují bezprostředně nebezpečnou situaci ve vztahu k elektroinstalaci, která (pokud nastane) by mohla vést k usmrcení nebo těžkému zranění.

**NEBEZPEČÍ:**

Označují bezprostředně nebezpečnou situaci, která (pokud nastane) by mohla vést k usmrcení nebo těžkému zranění.

**UPOZORNĚNÍ:**

Označují potenciálně nebezpečnou situaci ve vztahu k elektroinstalaci, která (pokud nastane) by mohla vést ke zranění osob nebo poškození zařízení.

**UPOZORNĚNÍ:**

Označují potenciálně nebezpečnou situaci, která (pokud nastane) by mohla vést ke zranění osob nebo poškození zařízení.

**UPOZORNĚNÍ:**

Označuje potenciálně nebezpečný horký povrch, který při dotyku může způsobit zranění.

**VÝSTRAHA:**

Označují situaci, která (pokud nastane) by mohla vést ke zranění osob nebo poškození zařízení.

1.5 Všeobecná upozornění a varování

Tato kapitola obsahuje několik všeobecných varování a výstrah, které lze opakovat nebo vysvětlit v různých částech této příručky. Ostatní upozornění a varování se nachází v různých částech příručky.

**NEBEZPEČÍ:**

Robota a veškeré elektrické vybavení instalujte v souladu se specifikacemi a upozorněními v kapitolách 4 a 5.


UPOZORNĚNÍ:

1. Zkontrolujte, zda jsou rameno a nástroj/koncový efektor robota správně a bezpečně přišroubovány.
2. Zajistěte, aby rameno robota mělo dostatek prostoru a mohlo volně pracovat.
3. Bezpečnostní opatření a/nebo parametry bezpečnostní konfigurace robota musí být aplikovány tak, aby byla zajištěna ochrana programátorů, pracovníků obsluhy a v blízkosti se nacházejících osob, jak je definováno v posouzení rizik.
4. Při práci s robotem nenoste volné oblečení ani šperky. Dlouhé vlasy mějte při práci s robotem stažené dozadu.
5. Robota nikdy nepoužívejte, pokud je poškozený. Například pokud jsou kryty uvolněné, rozbité nebo odstraněné.
6. Pokud software nahlásí kritickou chybu, okamžitě aktivujte nouzové zastavení, запиšte si podmínky, které chybu vyvolaly, vyhledejte odpovídající chybové kódy na obrazovce protokolu a kontaktujte dodavatele.
7. Žádné bezpečnostní vybavení nepřipojujte ke standardnímu vstupu/výstupu. Používejte pouze bezpečnostní vstupy/výstupy.
8. Použijte správná nastavení instalace (např. montážní úhel robota, hmotnost TCP, posun TCP, bezpečnostní konfigurace). Soubor instalace ukládejte a načítejte spolu s programem.
9. Funkci Freedrive (impedance/zpětné řízení) lze použít pouze v instalacích, ve kterých to posouzení rizik umožňuje. Nástroje/koncové efekторы ani překážky nesmí mít ostré okraje či místa, na kterých může dojít ke skřípnutí.
10. Zajistěte, aby osoby byly mimo dosah spuštěného robota nebo robota, který se bude spouštět.
11. Při používání programovacího panelu dejte pozor na pohyb robota.
12. Pokud se tak stanoví dle posouzení rizik, nevstupujte do bezpečnostního dosahu robota ani se robota nedotýkejte, je-li systém v provozu.

13. V případě kolize se může uvolnit velké množství kinetické energie, která je výrazně vyšší při vyšších rychlostech a velkých nákladech. (Kinetická energie = $\frac{1}{2}$ hmotnost · rychlost²)
14. Kombinace různých strojů může zvyšovat rizika nebo vytvářet nová. Vždy provádějte celkové posouzení rizik pro kompletní instalaci. V závislosti na výsledcích posouzení rizik mohou platit různé úrovně funkční bezpečnosti; pokud je například nutné nastavit různé úrovně bezpečnosti a nouzového zastavení, vždy zvolte nejvyšší úroveň výkonu. Vždy si přečtěte příručky k veškerému vybavení používanému v instalaci.
15. Robota nikdy neupravujte. Úpravy mohou vytvořit rizika, které osoba provádějící instalaci nemůže předpokládat. Veškerou autorizovanou montáž je třeba provádět podle nejnovější verze všech relevantních servisních příruček.
16. Pokud robota zakoupíte s dalším modulem (např. s rozhraním euromap67), vyhledejte modul v příslušné příručce.

**UPOZORNĚNÍ:**

1. Robot i ovládací jednotka generují během provozu teplo. S robotem při provozu nebo bezprostředně po ukončení provozu nemanipulujte ani se jej nedotýkejte, neboť dlouhodobější kontakt může být nepohodlný. Chcete-li robota zchladit, vypněte jej a hodinu počkejte.
2. Nikdy nestrkejte prsty za vnitřní kryt ovládací jednotky.

**VÝSTRAHA:**

1. Pokud je robot zkombinován se stroji (nebo pracuje se stroji), které by jej mohly poškodit, důrazně doporučujeme otestovat všechny funkce a program robota samostatně. Program robota dále doporučujeme otestovat pomocí dočasných bodů trasy mimo pracovní prostředí ostatních strojů.
2. Robota nevystavujte stálým magnetickým polím. Velmi silná magnetická pole jej mohou poškodit.

1.6 Účel použití

Roboti společnosti UR jsou průmysloví a slouží jako manipulační nástroje/koncové efekторы a přípravky nebo jako nástroje ke zpracování či přenášení součástí nebo výrobků. Podrobnosti o

podmínkách, za jakých by měl robot pracovat, naleznete v přílohách B a D.

Roboti společnosti UR jsou vybaveni speciálními bezpečnostními funkcemi, které jsou primárně určeny k provozní spolupráci, kdy robotický systém pracuje mimo oplocení a/nebo s člověkem.

Spolupráce s člověkem je určena pouze pro nerizikové aplikace, ve kterých celková aplikace, včetně nástrojů/koncových efektorů, pracovních dílů, překážek a dalších strojů, v souladu s výsledky posouzení rizik konkrétní aplikace neobsahuje žádná významná rizika.

Jakékoliv použití nebo aplikace, které se odchýlí od určeného použití, bude považováno za nepřípustné zneužití. Patří sem například (výčet není vyčerpávající):

- Použití v potenciálně výbušných prostředích
- Použití ve zdravotnických aplikacích a aplikacích s vysokými požadavky na bezpečnost
- Použití před posouzením rizik
- Použití mimo stanovené specifikace
- Použití jako pomůcka k lezení
- Provoz mimo přípustné provozní parametry

1.7 Hodnocení rizik

Jednou z nejdůležitějších věcí, které musí provést, je . V mnoha zemích to vyžaduje zákon. Samotný robot je neúplné strojní zařízení, bezpečnost instalace robota tedy závisí na tom, jak je robot integrován (např. s nástrojem/koncovým efektozem, překážkami a dalšími stroji).

Osobám provádějícím instalaci doporučujeme provést posouzení rizik pomocí norem ISO 12100 a ISO 10218-2. Osoba zajišťující instalaci může navíc použít technické specifikace ISO/TS 15066 jako dodatečné pokyny.

V posouzení rizik, provedeném osobou zajišťující instalaci, se musí zvážit veškeré pracovní úkoly po celou dobu životnosti robota, včetně například následujících:

- Výuka robota během sestavení a vývoje instalace robota
- Řešení případných problémů a údržba
- Běžný provoz instalace robota

Posouzení rizik je nutno provést **před** prvním zapnutím robotického ramene. Součástí posouzení rizik osobou zajišťující instalaci je identifikace správného nastavení bezpečnostní konfigurace, jakož i potřeby dalších tlačítek nouzového zastavení a/nebo dalších ochranných opatření požadovaných pro konkrétní aplikaci robota.

Určení správného bezpečnostního nastavení je obzvláště důležitou součástí vývoje společných robotických aplikací (tzv. spolupráce). Podrobnosti naleznete v kapitole 2 a část II.

Některé bezpečnostní funkce jsou záměrně navrženy pro aplikace vyžadující spolupráci člověka s robotem (kolaborativní úlohy) Tyto funkce jsou konfigurovatelné prostřednictvím nastavení a jsou obzvláště důležité při řešení specifických rizik v rámci posouzení rizik, provedeného osobou zajišťující instalaci:

- **Omezování síly a výkonu:** Využívá se ke snížení upínací síly a tlaků, jimiž působí robot ve směru pohybu v případě kolize mezi robotem a obsluhou.

- **Omezení hybnosti:** Využívá se ke snížení vysoké přechodné energie a rázových sil v případě kolize mezi robotem a obsluhou snížením rychlosti robota.
- **Omezení polohování nástrojových/koncových efektorů a TCP:** Využívá se zejména ke snížení rizik spojených s určitými částmi těla. Např. aby se zabránilo pohybu směrem k oblasti hlavy a krku.
- **Omezení orientace nástrojových/koncových efektorů a TCP:** Využívá se zejména ke snížení rizik spojených s určitými oblastmi a vlastnostmi nástroje/koncového efektoru a robku. Např. aby se zabránilo přiblížení ostrých hran směrem k obsluze.
- **Omezení rychlosti:** Využívá se zejména ke snížení rychlosti robotického ramene.

Osoba zajišťující instalaci musí zabránit neoprávněnému přístupu k bezpečnostní konfiguraci pomocí ochrany heslem.

V případě společné aplikace robota je u kontaktů, které jsou záměrné, a/nebo z důvodu rozumně předvídatelného zneužití nutné provést posouzení rizik, které musí řešit následující:

- Závažnost jednotlivých potenciálních kolizí
- Pravděpodobnost výskytu jednotlivých potenciálních kolizí
- Možnost zabránění jednotlivým potenciálním kolizím

Pokud je robot instalován v aplikaci robota bez spolupráce, kde rizika nelze přiměřeně odstranit nebo uspokojivě omezit pomocí vestavěné bezpečnostní funkce (např. při použití nebezpečných nástrojů/koncových efektorů), pak musí posouzení rizik provedené osobou zajišťující instalaci obsahovat závěr, že nutné doplnit další ochranná opatření (např. aktivací zařízení k ochraně obsluhy během nastavování a programování).

Společnost Universal Robots posuzuje možná významná rizika uvedená v následujícím seznamu jako rizika, která musí osoba provádějící instalaci zohlednit.

Poznámka: Konkrétní instalace robota však může představovat další významná rizika.

1. Zachycení prstů mezi konektor kabelu ramena robota a základnu (kloub 0).
2. Zachycení prstů mezi podstavcem a základnou robota (kloub 0).
3. Zachycení prstů mezi zápěstím robota 1 a zápěstím robota 2 (kloubem 3 a kloubem 4).
4. Probodnutí pokožky ostrými okraji a ostrými hroty nástroje/koncového efektoru či konektoru nástroje/koncového efektoru.
5. Probodnutí pokožky ostrými okraji a ostrými hroty na překážkách v blízkosti trasy robota.
6. Pohmožděníiny způsobené kontaktem s robotem.
7. Vymknutí nebo zlomenina kosti z důvodu nárazu těžkého nákladu na tvrdý povrch.
8. Následky způsobené uvolněním upevňovacích šroubů ramene robota nebo nástroje/koncového efektoru.
9. Předměty padající z nástroje/koncového efektoru, např. z důvodu nevyhovujícího upnutí nebo výpadku napájení.
10. Chyby z důvodu různých tlačítek nouzového zastavení pro různé stroje.
11. Chyby v důsledku neoprávněných změn parametrů bezpečnostní konfigurace.

Informace o brzdných dobách a brzdných drahách naleznete v kapitole 2 a příloze A.

1.8 Nouzové zastavení

Veškerý pohyb robota lze okamžitě zastavit tlačítkem nouzového zastavení.

Poznámka: V souladu s normami IEC 60204-1 a ISO 13850 nouzová zařízení nepředstavují bezpečnostní zařízení. Jedná se o doplňková ochranná opatření, která nejsou určena k prevenci zranění.

Na základě posouzení rizik používání robota je nutné stanovit potřebu případných dalších nouzových vypínačů. Nouzové vypínače musí být v souladu s IEC 60947-5-5 (viz část 5.3.2).

1.9 Pohyb při zapnutém a vypnutém pohonu

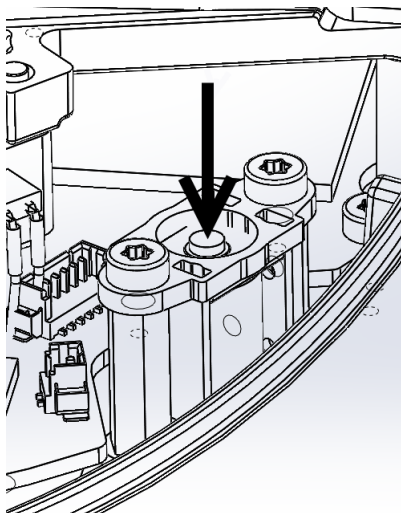
Výskyt nouzových situací je nepravděpodobný, dojde-li však k situaci, kdy je nutné pohnout jedním či více klouby robota či je nutné nebo naopak nežádoucí napájení robota, existují dva různé způsoby, jak vynutit pohyb kloubů robota: Poznámka: V provozní situaci může být brzda kloubu uvolněna bez připojeného napájení.

1. Vynucené zpětné řízení: Zatlačením nebo zatažením za rameno robota silou. Každá z brzd kloubů je vybavena třecí spojkou, která umožňuje pohyb při vysokém krouticím momentu.
2. Ruční uvolnění brzdy: Vyšroubujte šrouby M3, které upevňují kryt kloubu, a kryt kloubu sejměte. Uvolněte brzdu zatlačením pístu na malém elektromagnetu podle následujícího znázornění.



UPOZORNĚNÍ:

1. Ruční manipulace s ramenem robota je přípustná pouze v případech naléhavé nouze, neboť tím může dojít k poškození kloubů.
2. Pokud se brzda uvolní ručně, gravitace může způsobit pád ramene robota. Při uvolnění brzdy vždy podepřete robotické rameno, nástroj/koncový efektor a obrobek.



2 Bezpečnostní prvky a rozhraní

2.1 Úvod

Roboti společnosti UR jsou vybaveni řadou integrovaných bezpečnostních funkcí a také bezpečnostních elektrických rozhraní, která slouží k připojení dalších strojů a dodatečných ochranných zařízení. Veškeré funkce a rozhraní jsou sledovány v souladu s normou EN ISO13849-1:2008 (certifikáty naleznete v kapitole 8) s úrovní výkonu d (PLd).



NEBEZPEČÍ:

Použití jiných parametrů bezpečnostní konfigurace než těch, které jsou definovány na základě posouzení rizik osobou zajišťující instalaci, může mít za následek nebezpečí, která nejsou přiměřeně odstraněna, nebo rizika, která nejsou dostatečně omezena.

Konfigurace bezpečnostních funkcí, vstupů a výstupů v uživatelském rozhraní je popsána v kapitole 10 v části II. V kapitole 5 naleznete popis způsobu připojení bezpečnostních zařízení k elektrickému rozhraní.



POZNÁMKA:

1. Použití a konfigurace bezpečnostních funkcí a rozhraní musí být provedeno na základě posouzení rizik osobou zajišťující instalaci pro konkrétní aplikaci robota, viz část 1.7 v kapitole 1.
2. Pokud robot odhalí poruchu nebo narušení bezpečnostního systému, např. jeden z kabelů v okruhu nouzového zastavení je přerušen nebo byl poškozen snímač, případně bylo narušeno omezení bezpečnostní funkce, zahájí se zastavení kategorie 0. Maximální doba zastavení (v nejhorším případě) od výskytu chyby do zastavení robota je uveden na konci této kapitoly. Tato doba by měla být brána v úvahu v rámci posouzení rizik osobou zajišťující instalaci.

Robot obsahuje řadu bezpečnostních funkcí, které lze použít k omezení pohybu kloubů a *středového bodu nástroje* (TCP). TCP je středový bod výstupní patky doplněný posunem TCP.

Mezi omezující bezpečnostní funkce patří:

Ohraničující bezpečnostní funkce	Popis
Poloha kloubu	Min. a max. úhlová poloha kloubu
Rychlost kloubu	Max. úhlová rychlost kloubu
Poloha TCP	Roviny v kartézském prostoru omezující polohu TCP robota
Rychlost TCP	Max. rychlost TCP robota
Síla TCP	Max. tlačná síla TCP robota
Hybnost	Max. hybnost ramene robota
Výkon	Max. mechanický výkon ramene robota

2.2 Doby zastavení bezpečnostním systémem

Doba zastavení bezpečnostním systémem je doba od vzniku závady nebo narušení bezpečnostních funkcí do úplného zastavení robota a zapnutí mechanické brzdy.

Je-li bezpečnostní aplikace závislá na době zastavení robota, je třeba vzít v úvahu maximální dobu zastavení uvedenou v tabulce. Např. pokud závada robotu vede k zastavení kompletní výrobní linky, kdy je třeba okamžitě po zastavení provést určitá opatření, musí se zohlednit maximální doba zastavení.

Tato měření se provádějí s následující konfigurací robota:

- Vysunutí: 100% (rameno robota je plně vysunuto vodorovně).
- Rychlost: Omezení rychlosti TCP bezpečnostním systémem se nastavuje na uvedený limit.
- Náklad: maximální zatížení robota připojeného k TCP (5 kg).

Maximální doba zastavení (v nejhorším případě) pro kategorii zastavení¹ 0 v případě narušení bezpečnostních limitů nebo rozhraní je uvedena v následující tabulce.

Omezení rychlosti TCP	Maximální čas zastavení
1.0 m/s	450 ms
1.5 m/s	500 ms
2.0 m/s	550 ms
1.5 m/s	600 ms
3.0 m/s	650 ms

2.3 Ohraničující bezpečnostní funkce

Pokud se rameno robota přiblíží k bezpečnostní mezní hodnotě, software pro pokročilé ovládání trasy sníží rychlost a/nebo spustí nouzové zastavení. K narušení mezních hodnot tedy dojde jen ve výjimečných případech. Pokud se však mezní hodnota naruší, bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0.

¹Kategorie zastavení jsou v souladu s normou IEC 60204-1, více podrobností viz slovník.

Ohraničující bezpečnostní funkce	Přesnost	Detekční čas	Nejhorší	
			Čas na odstranění energie	Reakční čas
Poloha kloubu	1.15 °	100 ms	1000 ms	1100 ms
Rychlost kloubu	1.15 °/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
Poloha TCP	20 mm	100 ms	1000 ms	1100 ms
Orientace TCP	1.15 °	100 ms	1000 ms	1100 ms
Rychlost TCP	50 mm/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
Síla TCP	25 N	250 ms	1000 ms	1250 ms
Hybnost	3 kg m/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
Výkon	10 W	250 ms	1000 ms	1250 ms

Systém je považován za *odpojený od zdroje napětí* pokud napětí 48 V sběrnice dosáhne nižšího elektrického potenciálu než 7,3 V. Doba odpojení od napětí je dobou od zjištění události do odpojení systému od napětí.

**UPOZORNĚNÍ:**

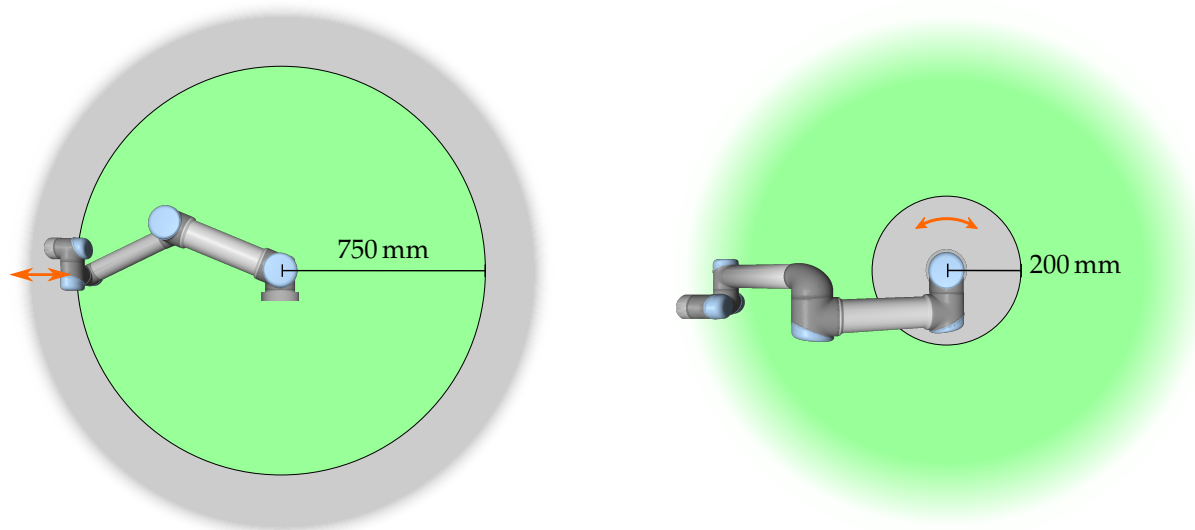
Funkce omezující sílu má dvě výjimky, které je třeba při navrhování pracovní buňky robota brát v úvahu. Jsou znázorněny na obrázku 2.1. Když se robot natahuje, může kolenní kloub vyvinout velkou sílu v radiálním směru (pryč od základny), zároveň však při pomalé rychlosti. A podobně je tomu i u krátkého zvedacího ramene. Pokud je nástroj blízko základny a pohybuje se tangenciálně (kolem) základny, může vyvinout velkou sílu, avšak rovněž při malé rychlosti. Rizikům skřípnutí se lze vyhnout například tím, že se odstraní v těchto oblastech překážky, robot se umístí jiným způsobem nebo se použije kombinace bezpečnostních rovin a mezních hodnot kloubů, čímž dojde k odstranění rizik tím, že se zamezí pohyb robota do této oblasti pracovního prostoru.

**UPOZORNĚNÍ:**

Pokud se robot používá v manuálních aplikacích s lineárními pohyby, musí být mezní rychlost kloubu pro základnu a ramenní klouby nastavena na maximálně 40 stupňů za sekundu, pokud na základě posouzení rizik není přijatelná rychlost nad 40 stupňů za sekundu. Tímto se zabrání rychlým pohybům lokte robota v blízkosti singularit.

2.4 Bezpečnostní režimy

Běžný a Omezený režim Bezpečnostní systém obsahuje dva konfigurovatelné bezpečnostní režimy: *Běžný* a *Omezený*. Bezpečnostní mezní hodnoty lze nakonfigurovat pro každý z těchto režimů. Omezený režim je aktivní, pokud poloha TCP robota překročila *spouštěcí rovinu Omezeného režimu* nebo pokud je spuštěn pomocí bezpečnostního vstupu. Omezený režim lze spustit buď pomocí roviny, nebo pomocí vstupu.



Obrázek 2.1: Určitým oblastem pracovního prostoru je třeba věnovat pozornost v souvislosti s riziky skřípnutí z důvodu fyzických vlastností ramene robota. Jedna oblast je definována pro radiální pohyb, kdy se zápěstí 1. kloubu nachází ve vzdálenosti alespoň 750 mm od základny robota. Druhá vzdálenost je v rámci 200 mm od základny robota při pohybu tangenciálním směrem.

Použití roviny ke spuštění Omezeného režimu: Když se robot pohybuje ze strany omezeného režimu spouštěcí roviny zpět na stranu běžného režimu, kolem spouštěcí roviny je prostor 20 mm, kde jsou povoleny mezní polohy běžného i omezeného režimu. Tímto se zabraňuje spuštění bezpečnostního režimu, pokud je robot právě v mezní poloze.

Použití vstupu ke spuštění Omezeného režimu: Pokud se použije vstup (ke spuštění nebo zastavení omezeného režimu), před použitím nových mezních hodnot režimu může uplynout až 500 ms. K tomu může dojít buď při změně omezeného režimu na běžný, NEBO při změně běžného režimu na omezený režim. Umožňuje robotu přizpůsobit např. rychlost novým bezpečnostním limitům.

Režim Obnovy Pokud je narušena bezpečnostní mezní hodnota, je třeba bezpečnostní systém restartovat. Pokud se systém nachází mimo bezpečnostní mezní hodnotu již při spuštění (např. mimo mezní hodnotu polohy kloubu), aktivuje se speciální režim *Obnovy*. V režimu *Obnovy* není možné spouštět programy pro robota, ale lze ručně přesunovat rameno robota zpět do rozsahu mezních hodnot buď pomocí režimu *Freedrive* nebo pomocí karty Pohyb v rozhraní PolyScope (viz část II „Příručka k rozhraní PolyScope“). Bezpečnostní mezní hodnoty režimu *Obnovy* jsou:

Ohraničující bezpečnostní funkce	Limit
Rychlost kloubu	30 °/s
Rychlost TCP	250 mm/s
Síla TCP	100 N
Hybnost	10 kg m/s
Výkon	80 W

V případě narušení těchto mezních hodnot bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0.

**UPOZORNĚNÍ:**

Mezní hodnoty pro *polohu kloubu*, *polohu TCP* a *orientaci TCP* jsou v režimu Obnovy vypnuty. Při přesunu ramene robota zpět do rozsahu mezních hodnot buďte opatrní.

2.5 Bezpečnostní elektrická rozhraní

Robot je vybaven řadou bezpečnostních elektrických vstupů a výstupů. Veškeré bezpečnostní elektrické vstupy a výstupy jsou dvoukanálové. Jsou bezpečné při nízkém signálu, např. nouzové zastavení není aktivní, pokud jsou signály vysoké (+24 V).

2.5.1 Bezpečnostní elektrické vstupy

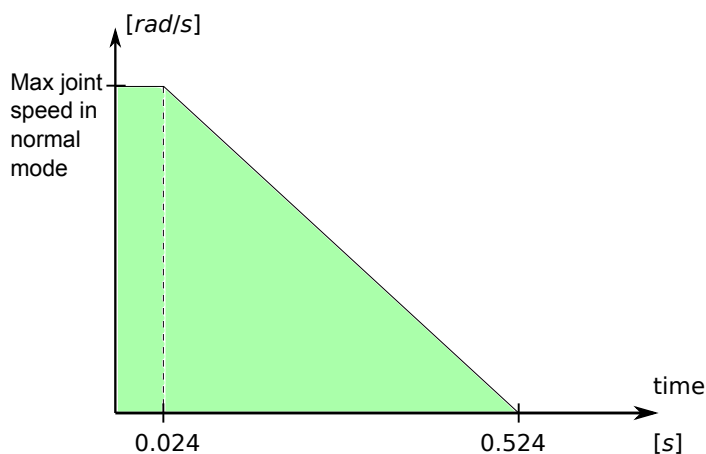
Níže uvedená tabulka podává přehled o elektrických vstupech souvisejících s bezpečností.

Bezpečnostní vstup	Popis
Nouzové zastavení robota	(Vyhrazený vstup). Proveďte zastavení kategorie 1, což lze přenést na ostatní stroje pomocí výstupu <i>systémového nouzového zastavení</i> při konfiguraci.
Tlačítko nouzového zastavení	(Tlačítko přenosného ovládacího terminálu). Proveďte zastavení kategorie 1, což lze přenést na ostatní stroje pomocí výstupu <i>systémového nouzového zastavení</i> při konfiguraci.
Nouzové zastavení systému	(Konfigurovatelný vstup). Proveďte se zastavení kategorie 1. Aby nedošlo k zablokování, tento signál nebude přenesen na jiné stroje pomocí výstupu <i>systémového nouzového zastavení</i> .
Bezpečné zastavení	(Vyhrazený vstup). Proveďte se zastavení kategorie 2.
Reset bezpečného zastavení	(Konfigurovatelný vstup). Robot opustí stav <i>ochranně zastaven</i> při hraně na vstupu resetování ochranného zastavení.
Omezený režim	(Konfigurovatelný vstup). Bezpečnostní systém přejde do mezních hodnot <i>Omezeného režimu</i> .
3polohové zařízení	(Konfigurovatelný vstup). Funguje jako vstup bezpečnostního zastavení v případě vysoké úrovně vstupu provozního režimu.
Provozní režim	(Konfigurovatelný vstup). Provozní režim se využívá při konfiguraci třípolohového aktivačního zařízení.

Zastavení kategorie 1 a 2 zpomalí robota při zapnutém pohonu, což robotovi umožní se zastavit bez odchýlení se z aktuální trasy.

Sledování bezpečnostních vstupů Zastavení kategorie 1 a 2 jsou monitorována bezpečnostním systémem následujícím způsobem:

1. Bezpečnostní systém monitoruje, že brzdění začne do 24 ms, viz obrázek 2.2.
2. Pokud se kloub pohybuje, je jeho rychlost monitorována, aby nikdy nebyla vyšší, než je rychlost dosažená konstantním zpomalováním z maximální mezní hodnoty rychlosti kloubu pro *Běžný* režim na 0 rad/s za 500 ms.



Obrázek 2.2: Zelená oblast pod rampou představuje povolené rychlosti pro kloub během brzdění. V době 0 je událost (nouzové nebo bezpečnostní zastavení) detekována na bezpečnostním procesoru. Ke zpomalení dochází za 24 ms.

3. Pokud je kloub neaktivní (jeho rychlost je nižší než $0,2\text{ rad/s}$), monitoruje se, zda se nepohybuje vyšší rychlostí než $0,05\text{ rad}$ od polohy, ve které se nacházel, když byla naměřena rychlost nižší než $0,2\text{ rad/s}$.

Kromě toho bezpečnostní systém u zastavení kategorie 1 monitoruje, zda je robotické rameno v klidu, vypnutí proběhne do 600 ms. Po přijetí vstupního signálu bezpečnostního zastavení je robotickému rameni navíc dovoleno se začít znovu pohybovat až za kladnou hranou vstupního signálu resetování bezpečného zastavení. Pokud není splněna některá z výše uvedených podmínek, bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0.

Přechod na *Omezený* režim vyvolaný vstupním signálem omezeného režimu je monitorován následovně:

1. Bezpečnostní systém přijme sady mezních hodnot jak pro *Běžný*, tak pro *Omezený* režim po dobu 500 ms po vyslání vstupního signálu omezeného režimu.
2. Po uplynutí 500 ms jsou platné již jen mezní hodnoty *Omezeného* režimu.

Pokud není splněna některá z výše uvedených podmínek, bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0.

Bezpečnostní systém provádí zastavení kategorie 0 v souladu s následující tabulkou. Krajní reakční doba je doba potřebná k zastavení robota a jeho *odpojení od napětí* (vybití na elektrický potenciál nižší než $7,3\text{ V}$), pokud je spuštěn při nejvyšší rychlosti a při plném zatížení.

Funkce bezpečnostního vstupu	Nejhorší		
	Detekční čas	Čas na odstranění energie	Reakční čas
Nouzové zastavení robota	250 ms	1000 ms	1250 ms
Tlačítko nouzového zastavení	250 ms	1000 ms	1250 ms
Nouzové zastavení systému	250 ms	1000 ms	1250 ms
Bezpečné zastavení	250 ms	1000 ms	1250 ms

2.5.2 Bezpečnostní elektrické výstupy

Níže uvedená tabulka podává přehled o elektrických výstupech souvisejících s bezpečností.

Bezpečnostní výstup	Popis
Nouzové zastavení systému	Nízká hodnota logického signálu nastává v případě nízkého logického vstupního signálu <i>Nouzové zastavení robota</i> nebo v případě stisku tlačítka nouzového zastavení.
Pohyb robota	Pokud je tento logický signál vysoký, žádný kloub ramene robota se nepohne o více než 0,1 rad.
Robot se nezastavuje	Vysoká logická hodnota logického signálu nastává v případě zastavení robota z důvodu nouzového nebo bezpečnostního zastavení. Jinak je logická hodnota nízká.
Omezený režim	Logická hodnota je nízká, pokud je bezpečnostní systém v <i>Omezeném režimu</i> .
Mimo Omezený režim	Výstup <i>Omezeného režimu</i> negovaný.

Pokud bezpečnostní výstup není správně nastaven, bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0 s následujícími reakčními časy (pro nejhorší případ):

Bezpečnostní výstup	Nejhorší reakční čas
Nouzové zastavení systému	1100 ms
Pohyb robota	1100 ms
Robot se nezastavuje	1100 ms
Omezený režim	1100 ms
Mimo Omezený režim	1100 ms

3 Přeprava

Robota přepravujte v původním obalu. Balicí materiály uchovávejte na suchém místě; později možná bude nutné robota zabalit a přesunout.

Při přesunu trubic ramene robota z balení na místo instalace zvedněte obě trubice současně. Robota přidržte na místě, dokud nebudou bezpečně utaženy všechny montážní šrouby v základně robota.

Ovládací jednotku je třeba zvedat pomocí držadla.



UPOZORNĚNÍ:

1. Při zvedání vybavení nepřetěžujte svá záda nebo jiné části těla. Používejte vhodné zdvihací zařízení. Je třeba dodržovat veškeré regionální i národní pokyny pro zvedání. Společnost Universal Robots nemůže být zodpovědná za jakékoliv škody způsobené během přepravy.
2. Montáž robota provádějte v souladu s pokyny k montáži v kapitole 4.

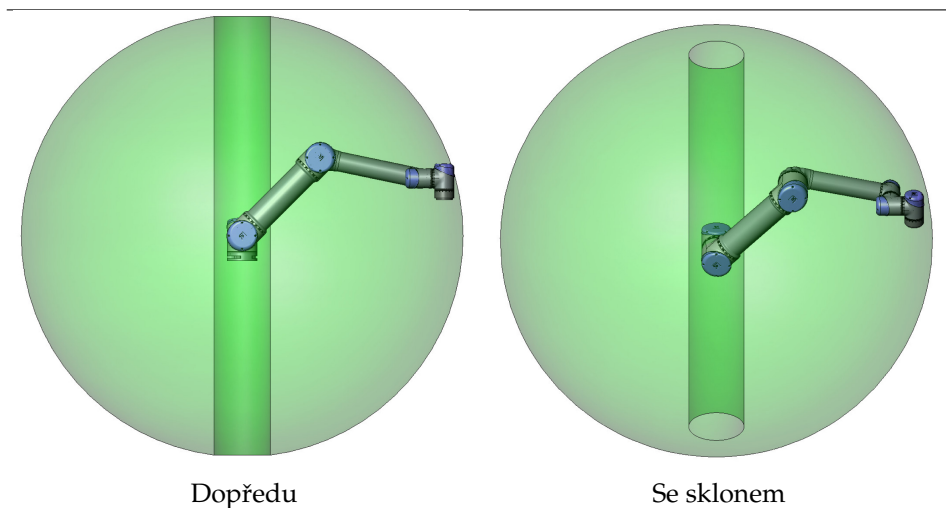
4 Mechanické rozhraní

4.1 Úvod

Tato kapitola obsahuje základní informace potřebné k montáži různých součástí systému robota. Je třeba dodržovat pokyny k elektrické instalaci v kapitole 5.

4.2 Pracovní prostor robota

Pracovní prostor UR5 robota má dosah 850 mm od kloubu základny. Při výběru místa pro montáž robota je nezbytné dbát na válcový prostor bezprostředně nad a pod základnou robota. Není-li to nutné, nepoužívejte nástroj v blízkosti válcového prostoru, protože v takovém případě dochází k velmi rychlému pohybu kloubů u robota i při pomalém pohybu nástroje. To způsobí, že robot pracuje neefektivně a je složité provést posouzení rizik.



4.3 Montáž

Rameno robota K montáži ramene robota slouží čtyři šrouby M8 a čtyři otvory 8.5 mm v základně. Doporučený utahovací moment pro tyto šrouby je 20 N m. Pro potřebu velmi přesného nastavení polohy ramene robota jsou k dispozici dva otvory Ø8 s čepy. Jako příslušenství lze rovněž zakoupit přesný protilehlý kus k základně. Místa vyvrtání otvorů a montáže šroubů jsou znázorněna na obrázku 4.1.

Konektorový kabel robota lze vést přes bok nebo spodní stranu základny. Robota postavte na dostatečně pevný povrch, který vydrží alespoň desetinásobek plné síly točivého momentu kloubu základny a unese alespoň pětinašobek hmotnosti ramene robota. Povrch také nesmí vibrovat.

Pokud je robot namontován na lineární ose nebo na pohyblivé plošině, musí být zrychlení pohyblivé montážní základny velmi nízká. Vysoké zrychlení může způsobit, že se robot zastaví, protože bude zrychlení považovat za náraz.


NEBEZPEČÍ:

- Zkontrolujte, zda je rameno robota správně a bezpečně přišroubováno. Montážní povrch musí být pevný.
- Nezapomeňte do všech montážních otvorů v základně robota vložit pryžové zátky tak, aby se zabránilo zachycení prstů.


VÝSTRAHA:

Pokud bude robot po delší dobu vystaven vodě, může se poškodit. Robot nesmí být umístěn ve vodě nebo ve vlhkém prostředí.

Nástroj Příruba nástroje robota je vybavena čtyřmi závitovými otvory M6, které slouží k upevnění nástroje k robotovi. Šrouby M6 je nutné utáhnout na 9 N m. Pro potřebu velmi přesného nastavení polohy nástroje je k dispozici otvor Ø6 s čepem. Místa vyvrtání otvorů a montáže šroubů jsou znázorněna na obrázku 4.2.


NEBEZPEČÍ:

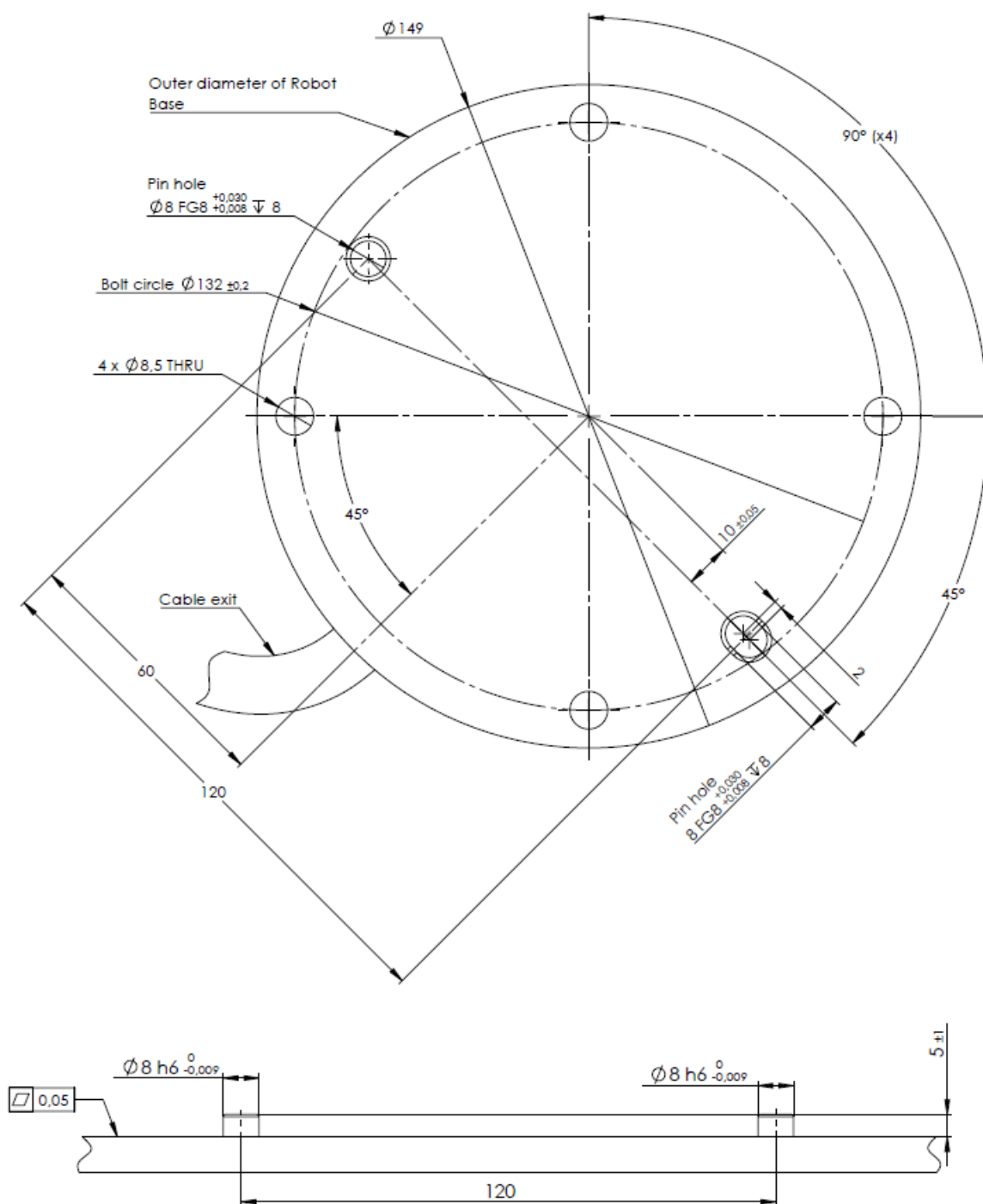
1. Zkontrolujte, zda je nástroj správně a bezpečně přišroubován.
2. Zkontrolujte, zda je nástroj sestaven tak, aby nemohlo dojít k nebezpečné situaci z důvodu padajících součástí.

Ovládací jednotka Ovládací jednotku lze zavěsit na zeď nebo umístit na zem. K zajištění dostatečného průtoku vzduchu je nutný volný prostor 50 mm na všech stranách. Zakoupit lze držáky pro montáž navíc.

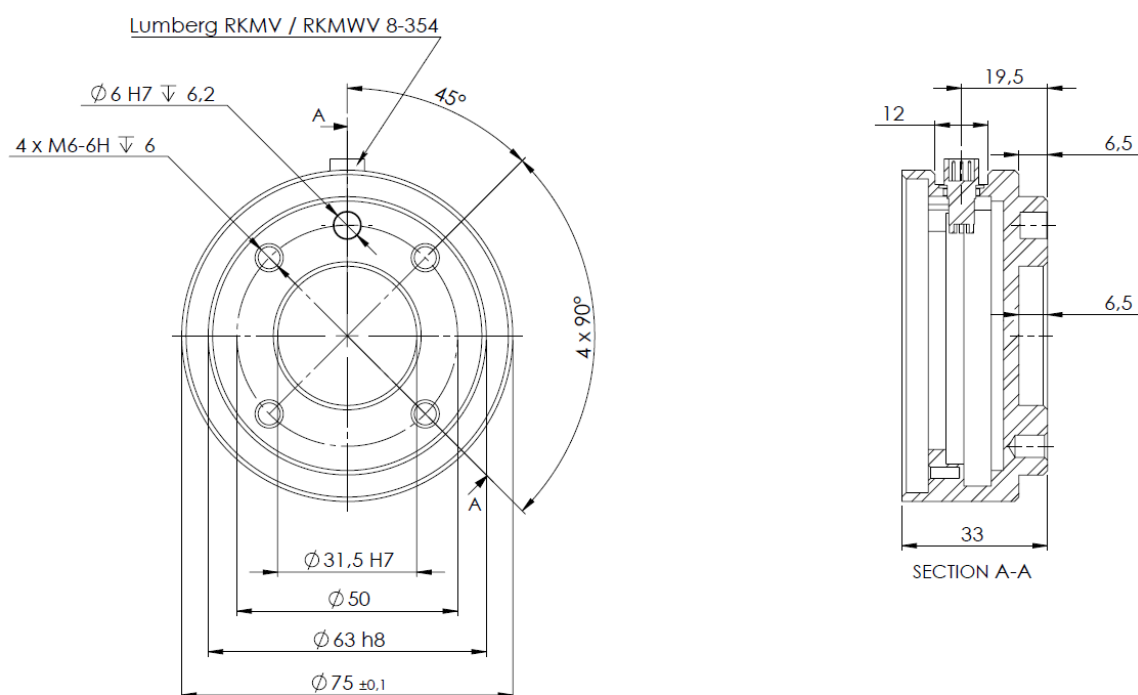
Přenosný ovládací terminál/panel Přenosný ovládací terminál lze zavěsit na zeď nebo na ovládací jednotku. Pro montáž přenosného ovládacího terminálu lze zakoupit držáky navíc. Zajistěte, aby nikdo nemohl zakopnout o kabel.


NEBEZPEČÍ:

1. Zajistěte, aby se ovládací jednotka, přenosný ovládací terminál a kabely nedostaly do kontaktu s tekutinami. Vlhká ovládací jednotka může způsobit smrt.
2. Ovládací jednotka ani přenosný ovládací terminál nesmí být vystaveny prašnému nebo vlhkému prostředí, ve kterém by hrozilo překročení hodnoty ochranného krytí IP20. Zvláštní pozornost věnujte prostředí s vodivým prachem.



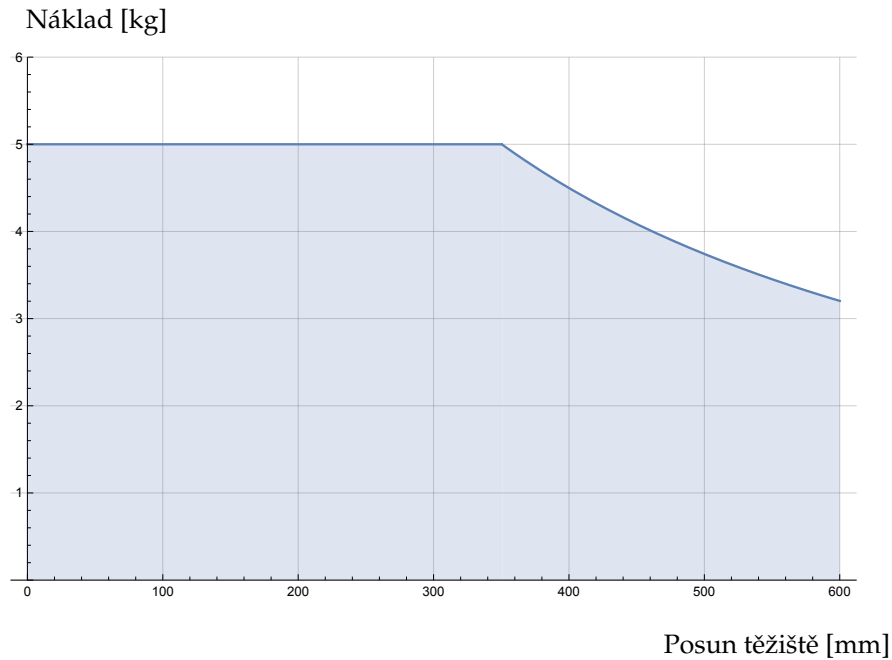
Obrázek 4.1: Otvory pro montáž robota. Použijte čtyři šrouby M8. Všechny míry jsou uvedeny v mm.



Obrázek 4.2: Vnější příruba nástroje, ISO 9409-1-50-4-M6. Na tomto místě je upevněn nástroj na konci robota. Všechny míry jsou uvedeny v mm.

4.4 Maximální náklad

Maximální povolený náklad ramene robota závisí na *posunu těžiště*, viz obrázek 4.3. Posun těžiště se definuje jako vzdálenost mezi středem výstupní patky a těžištěm.



Obrázek 4.3: Vztah mezi maximálním povoleným nákladem a posunem těžiště.

5 Elektrické rozhraní

5.1 Úvod

Tato kapitola obsahuje popis veškerého elektrického rozhraní ramene robota a ovládací jednotky.

Různá rozhraní jsou rozdělena do pěti skupin s různými účely a vlastnostmi:

- V/V rozhraní ovladače
- V/V rozhraní nástroje
- Ethernet
- Připojení k síti
- Připojení robota

Termín **vstupy/výstupy** odkazuje na digitální i analogové ovládací signály přicházející z rozhraní nebo odcházející do rozhraní.

Těchto pět skupin je popsáno v následujících částech. U většiny typů vstupů/výstupů jsou uvedeny příklady.

Varování a upozornění v následující části jsou relevantní pro všech pět skupin a je nutné je dodržovat.

5.2 Upozornění a varování ve vztahu k elektrickému zařízení

Po vytvoření a nainstalování robotické aplikace je nutné dodržovat následující varování a upozornění. Varování a upozornění platí i pro servisní zásahy.



NEBEZPEČÍ:

1. Nikdy nepřipojujte bezpečnostní signály k programovatelnému logickému automatu (PLC), který není v rámci správné bezpečnostní úrovně bezpečnostním PLC. Neuposlechnutí tohoto varování může mít za následek závažné poranění nebo úmrtí osob, neboť může dojít k přemostění bezpečnostní funkce. Je důležité oddělit signály bezpečnostního rozhraní od signálů normálního V/V rozhraní.
2. Veškeré bezpečnostní signály jsou vytvořeny jako redundantní (dva nezávislé kanály). Udržujte oba kanály nezávislé, aby jediná chyba nemohla vést ke ztrátě funkce bezpečnosti.
3. Některé vstupy/výstupy uvnitř ovládací jednotky je možné nakonfigurovat buď na normální, nebo bezpečné vstupy/výstupy. Prostudujte celou část 5.3.

**NEBEZPEČÍ:**

1. Ujistěte se, že veškeré zařízení, které se nesmí dostat do kontaktu s vodou, zůstane suché. Dostane-li se do výrobku voda, zastavte jeho chod, odpojte veškeré napájení a kontaktujte svého dodavatele.
2. Používejte pouze originální kabely dodávané s robotem. Nepoužívejte robota k aplikacím, při kterých dochází k ohýbání kabelů. V případě potřeby delších nebo pružnějších kabelů kontaktujte svého dodavatele.
3. Záporné přípojky jsou označeny zkratkou **GND** (kostra) a jsou připojeny ke štítu robota a ovládací jednotky. Veškeré uvedené přípojky **GND** slouží pouze k napájení a signalizaci. Na PE (ochranné uzemnění) použijte šroubové spoje velikosti M6 v ovládací jednotce, které jsou označeny symboly uzemnění. Jmenovitý proud zemnicího vodiče bude minimálně roven nejvyššímu proudu v systému.
4. Při instalaci kabelů rozhraní do vstupů/výstupů robota dbejte zvýšené opatrnosti. Kovová deska v dolní části je určena pro kabely rozhraní a konektory. Než začnete vrtat díry, desku odmontujte. Před zpětnou montáží desky důkladně odstraňte všechny špony. Nezapomeňte použít těsnění správné velikosti.

**VÝSTRAHA:**

1. Robot má atestaci v souladu s mezinárodními normami IEC pro oblast EMC (elektromagnetické kompatibility). Rušivé signály, které překračují mez definovanou ve specifických normách IEC, mohou u robota způsobit neočekávané chování. Velmi vysoké meze signálů či nadměrná expozice mohou robota trvale poškodit. K problémům v oblasti EMC dochází obvykle při svařování a běžně jsou uvedeny v protokolu chybovou zprávou. Společnost Universal Robots nemůže být zodpovědná za všechny škody způsobené problémy v oblasti elektromagnetické kompatibility.
2. V/V kabely vedoucí od ovládací jednotky k jinému stroji nebo továrnímu vybavení nesmí být delší než 30 m, pokud nebyly provedeny rozšířené testy.

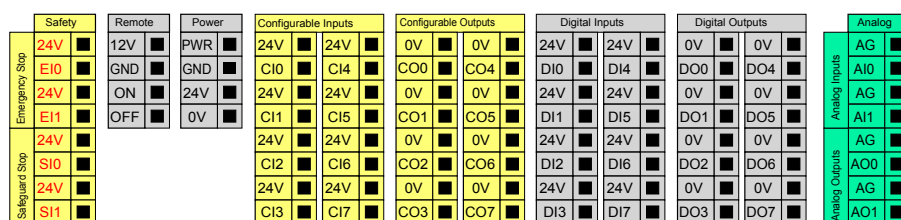
**POZNÁMKA:**

Veškerá napětí a proudy jsou DC (stejnoseměrné), pokud není specifikováno jinak.

5.3 V/V rozhraní ovladače

V této kapitole je vysvětleno, jak připojit zařízení ke vstupům/výstupům uvnitř ovládací jednotky. Tyto vstupy/výstupy jsou extrémně flexibilní a je možné je použít pro širokou škálu různých zařízení; včetně pneumatických relé, PLC a tlačítek nouzového zastavení.

Ilustrace níže ukazuje uspořádání elektrického rozhraní uvnitř ovládací jednotky.



Nutné je dodržovat význam jednotlivých barev, viz níže.

Žlutá s červeným textem	Vyhrazené bezpečnostní signály
Žlutá s černým textem	Konfigurovatelné pro účely bezpečnosti
Šedá s černým textem	Víceúčelové digitální vstupy/výstupy
Zelená s černým textem	Víceúčelové analogové vstupy/výstupy

Konfigurovatelné vstupy/výstupy lze v rozhraní GUI nakonfigurovat buď jako bezpečnostní vstupy/výstupy, nebo všeobecné vstupy/výstupy. Více informací naleznete v kapitole II.

Používání digitálních vstupů/výstupů je popsáno v následujících dílčích částech. Dbejte na dodržování pokynů uvedených v části popisující společné specifikace.

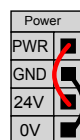
5.3.1 Běžné specifikace všech digitálních vstupů/výstupů

Tato část obsahuje definici elektrických specifikací následujících 24V digitálních vstupů/výstupů ovládací jednotky.

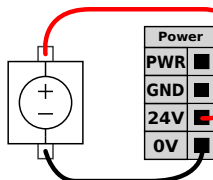
- Bezpečnostní vstupy/výstupy.
- Konfigurovatelné vstupy/výstupy.
- Univerzální vstupy/výstupy.

Je velmi důležité, aby byli roboti značky UR nainstalováni podle elektrických specifikací, které jsou stejné pro všechny tři různé druhy vstupů.

Digitální vstupy/výstupy lze napájet z vnitřního 24V zdroje napájení nebo z externího zdroje napájení nakonfigurováním svorkovnice označené **Power**. Tento blok sestává ze čtyř terminálů/svork. Horní dvě (PWR a GND) jsou 24V a jsou uzemněné z vnitřního 24V zdroje napájení. Spodní dvě svorky (24V a 0V) v bloku slouží jako 24V vstup pro napájení vstupů/výstupů. Výchozí konfigurace je použití vnitřního zdroje napájení, jak je popsáno níže.



Pokud je zapotřebí více proudu, lze připojit externí zdroj napájení podle znázornění níže.



Elektrické specifikace pro vnitřní i externí zdroj napájení jsou znázorněny níže.

Svorky	Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
<i>Vnitřní 24V napájení</i>					
[PWR – GND]	Napětí	23	24	25	V
[PWR – GND]	Proud	0	-	2	A
<i>Požadavky na externí 24V vstup</i>					
[24V – 0V]	Napětí	20	24	29	V
[24V – 0V]	Proud	0	-	6	A

Digitální vstupy/výstupy jsou navrženy v souladu s IEC 61131-2. Elektrické specifikace jsou uvedeny níže.

Svorky	Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
<i>Digitální výstupy</i>					
[COx / DOx]	Proud*	0	-	1	A
[COx / DOx]	Pokles napětí	0	-	0,5	V
[COx / DOx]	Zbytkový proud	0	-	0,1	mA
[COx / DOx]	Funkce	-	PNP	-	Typ
[COx / DOx]	IEC 61131-2	-	1A	-	Typ
<i>Digitální vstupy</i>					
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Napětí	-3	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Oblast OFF (vyp)	-3	-	5	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Oblast ON (zap)	11	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Proud (11–30 V)	2	-	15	mA
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Funkce	-	PNP	-	Typ
[EIx/SIx/CIx/DIx]	IEC 61131-2	-	3	-	Typ

Poznámka: *Pro odporové zatížení nebo indukční zatížení max. 1H.



POZNÁMKA:

Pojem **konfigurovatelný** se používá pro vstupy/výstupy, které lze nakonfigurovat buď jako bezpečné vstupy/výstupy, nebo normální vstupy/výstupy. Jedná se o žluté svorky s černým textem.

5.3.2 Bezpečnostní vstupy/výstupy

Tato část obsahuje popis vyhrazené bezpečnostní vstupy (žlutá svorka s červeným textem) a konfigurovatelné vstupy/výstupy (žluté svorky s černým textem), když jsou konfigurované jako bezpečnostní vstupy/výstupy. Je nutné dodržet všeobecné parametry uvedené v části 5.3.1.

Bezpečnostní přístroje a zařízení musí být nainstalována podle bezpečnostních pokynů a posouzení rizik (viz kapitola 1).

Veškeré bezpečnostní vstupy/výstupy jsou párové (redundantní) a je nutné je udržovat jako dvě samostatné větve. Jediná chyba nesmí způsobit ztrátu funkce bezpečnosti.

Dva stálé bezpečnostní vstupy jsou Nouzové zastavení robota a Bezpečné zastavení. Vstup Nouzové zastavení robota je určen pouze pro zařízení nouzového zastavení. Vstup Bezpečné zastavení je určen pro všechny druhy bezpečnostně dimenzovaných ochranných zařízení. Funkční rozdíl je znázorněn níže.

	Nouzové zastavení	Bezpečné zastavení
Robot ukončí pohyb.	Ano	Ano
Vykonávání programu	Ukončeno	Pozastaveno
Napájení robota	VYP	Zap
Reset	Ručně	Automaticky nebo ručně
Četnost použití	Zřídka	V každém cyklu až zřídka
Vyžaduje opětovnou inicializaci	Pouze uvolnění brzd	Ne
Kategorie zastavení (IEC 60204-1)	1	2
Úroveň výkonnosti monitorovací funkce (ISO 13849-1)	PLd	PLd

Je možné používat konfigurovatelné vstupy/výstupy k nastavení dalších bezpečnostních funkcí vstupů/výstupů, např. výstup nouzového zastavení. Konfigurace řady konfigurovatelných vstupů/výstupů na bezpečnostní funkce se provádí prostřednictvím rozhraní GUI, další informace se nachází v části II.

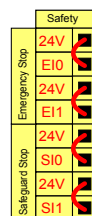
Některé příklady použití bezpečnostních vstupů/výstupů jsou uvedeny v následujících podkapitolách.


NEBEZPEČÍ:

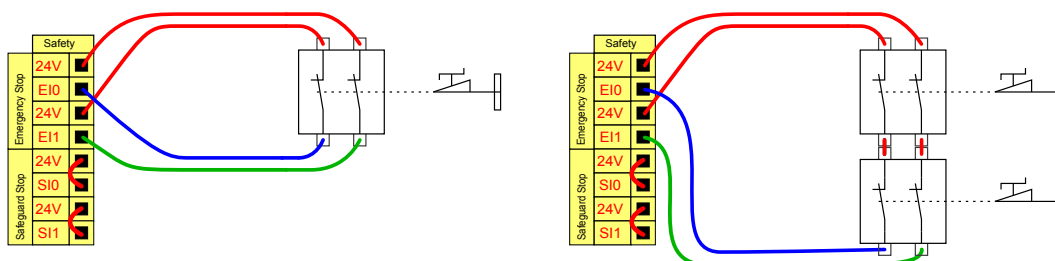
1. Nikdy nepřipojujte bezpečnostní signály k programovatelnému logickému automatu (PLC), který není v rámci správné bezpečnostní úrovně bezpečnostním PLC. Neuposlechnutí tohoto varování může mít za následek závažné poranění nebo úmrtí osob, neboť může dojít k přemostění bezpečnostní funkce. Je důležité oddělit signály bezpečnostního rozhraní od signálů normálního V/V rozhraní.
2. Veškeré bezpečné vstupy/výstupy jsou vytvořeny jako redundantní (dva nezávislé kanály). Udržujte oba kanály nezávislé, aby jediná chyba nemohla vést ke ztrátě funkce bezpečnosti.
3. Před uvedením robota do provozu je nutné zkontrolovat bezpečnostní funkce. Je nutné pravidelně testovat bezpečnostní funkce.
4. Při instalaci robota je nutné dodržovat tyto specifikace. Jejich nedodržení může mít za následek vážné zranění či úmrtí osob, jelikož by mohlo dojít k přemostění bezpečnostní funkce.

5.3.2.1 Výchozí bezpečnostní konfigurace

Robot je dodáván s výchozí konfigurací, která umožňuje provoz bez dalšího bezpečnostního vybavení, jak je vidět na ilustraci níže.


5.3.2.2 Připojení tlačítka nouzového zastavení

Téměř u všech použití robota je vyžadováno připojení jednoho či více externích tlačítek nouzového zastavení. Ilustrace níže znázorňuje způsob připojení jednoho nebo dvou tlačítek nouzového zastavení.



5.3.2.3 Sdílení nouzového zastavení s jinými stroji

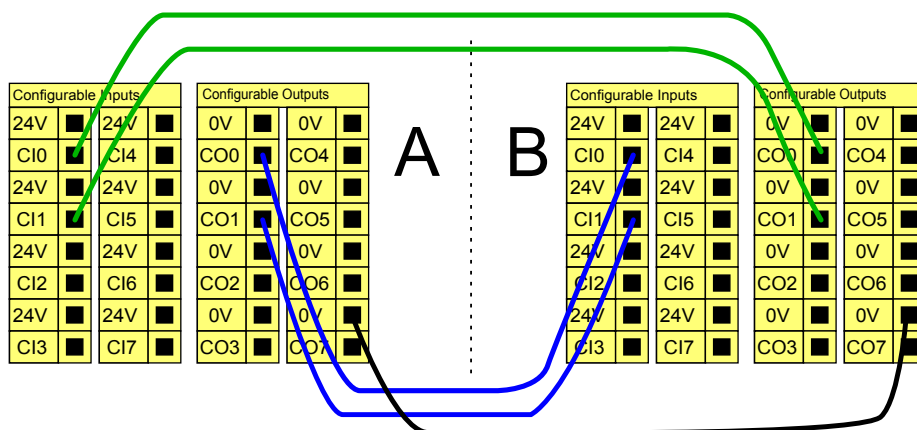
Často se požaduje nastavení společného obvodu nouzového zastavení, když je robot používán s jinými stroji. Díky tomu nemusí obsluha přemýšlet o tom, které tlačítko nouzového zastavení je nutné použít.

Vstup Nouzové zastavení robota nelze používat pro účely sdílení, neboť oba stroje budou čekat, až druhý z nich opustí stav nouzového zastavení.

Aby bylo možné sdílet funkci nouzového zastavení s jinými stroji, je nutné nakonfigurovat následující konfigurovatelné funkce vstupů/výstupů prostřednictvím rozhraní GUI.

- Konfigurovatelný pár vstupů: Externí nouzové zastavení.
- Konfigurovatelný pár výstupů: Nouzové zastavení systému.

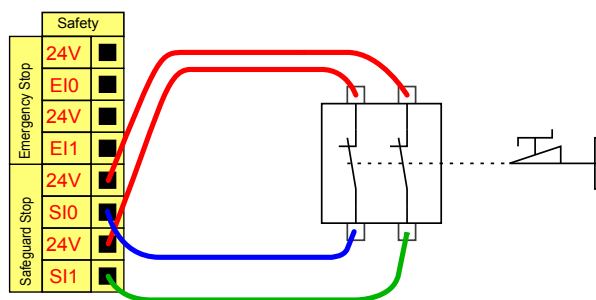
Ilustrace níže znázorňuje sdílení funkce nouzového zastavení dvěma roboty UR. V tomto příkladu jsou použitými konfigurovanými vstupy/výstupy „CI0-CI1“ a „CO0-CO1“.



Pokud je nutné spojit více než dva roboty UR nebo jiné stroje, vyžaduje se bezpečnostní PLC automat k ovládání signálů nouzového zastavení.

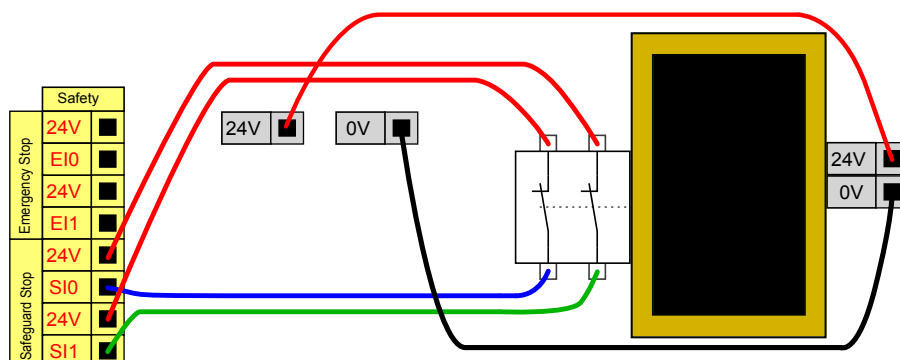
5.3.2.4 Bezpečnostní zastavení s automatickým pokračováním

Příkladem základního zařízení bezpečnostního zastavení je dveřní spínač, u kterého se robot zastaví v případě otevření dveří, viz ilustrace níže.



Tato konfigurace se používá pouze v případech, kde obsluha nemůže projít dveřmi a zavřít je za sebou. Konfigurovatelné vstupy / výstupy lze použít k nastavení resetovacího tlačítka vně dveří k reaktivaci pohybu robota.

Dalším příkladem, kdy může být vhodné použít funkci automatického pokračování, je použití bezpečnostní podložky nebo bezpečnostního laserového scanneru, viz níže.

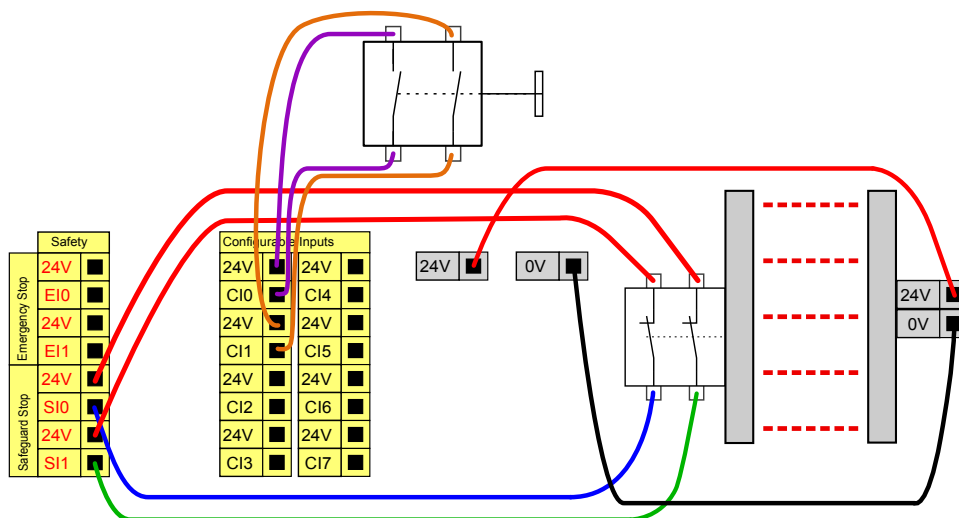


NEBEZPEČÍ:

1. Robot automaticky pokračuje v pohybu poté, co je znovu zajištěn bezpečnostní signál. Tuto konfiguraci nepoužívejte, pokud lze signál zajistit z vnitřní strany bezpečnostního obvodu.

5.3.2.5 Bezpečnostní zastavení s resetovacím tlačítkem

Pokud je bezpečnostní rozhraní použito jako rozhraní pro světelný závěs, vyžaduje se reset mimo bezpečnostní obvod. Resetovací tlačítko musí být dvoukanálového typu. V tomto příkladu je vstup/výstup konfigurovaný jako reset „CI0-CI1“, viz níže.



5.3.3 Víceúčelové digitální vstupy/výstupy

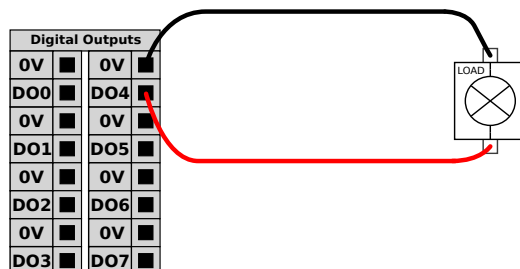
V této části se popisuje všeobecný účel 24V vstupů/výstupů (šedé svorky) a konfigurovatelných vstupů/výstupů (žluté svorky s černým textem), když nejsou konfigurované jako bezpečnostní vstupy/výstupy. Je nutné dodržet běžné specifikace uvedené v části 5.3.1.

Všeobecným účelem vstupů/výstupů může být přímé ovládání zařízení, jako jsou pneumatická relé, nebo komunikace s jinými PLC systémy. Veškeré digitální výstupy lze deaktivovat automaticky, když je zastaveno provádění programu, další informace se nachází v části II. V tomto režimu je výstup vždy nízký, když není program spuštěný. Příklady jsou uvedeny v následujících podkapitolách. Tyto příklady využívají běžné digitální výstupy, ale je možné použít i

jakékoliv konfigurovatelné výstupy, pokud nejsou nakonfigurovány k provádění bezpečnostní funkce.

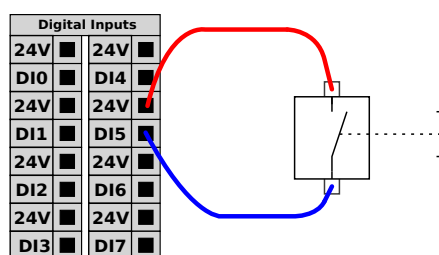
5.3.3.1 Zatížení ovládané digitálním výstupem

Tento příklad znázorňuje zapojení zátěže, která je ovládána digitálním výstupem, viz níže.



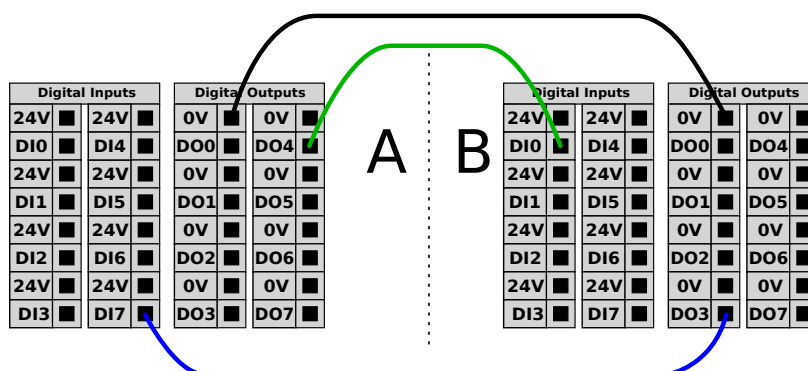
5.3.4 Digitální vstup z tlačítka

Příklad níže znázorňuje zapojení jednoduchého tlačítka k digitálnímu vstupu.



5.3.5 Komunikace s jinými stroji či automaty PLC

Digitální vstupy / výstupy lze použít ke komunikaci s jiným zařízením, pokud je zajištěn běžný GND (0V) a pokud stroj používá PNP technologii, jak je popsáno níže.



5.3.6 Víceúčelový analogový vstup/výstup

Rozhraní analogových vstupů/výstupů představuje zelená svorka. Je možné ho používat k nastavení nebo měření napětí (0-10V) nebo proudu (4-20mA) z a do jiného zařízení.

K dosažení co nejvyšší přesnosti se doporučuje provést následující opatření.

- Použijte svorku AG, která je nejbližší ke vstupům/výstupům. Pár sdílí stejný CMF obvod.
- Použijte stejné uzemnění (0V) pro zařízení i ovládací jednotku. Analogový vstup/výstup není galvanicky izolovaný od ovládací jednotky.

- Použijte stíněný kabel nebo kroucené dvojlinky. Zapojte stíněný kabel do svorky „GND“ ve svorce označené „Power“.
- Použijte zařízení, které pracuje v proudovém režimu. Proudové signály jsou méně citlivé na rušení.

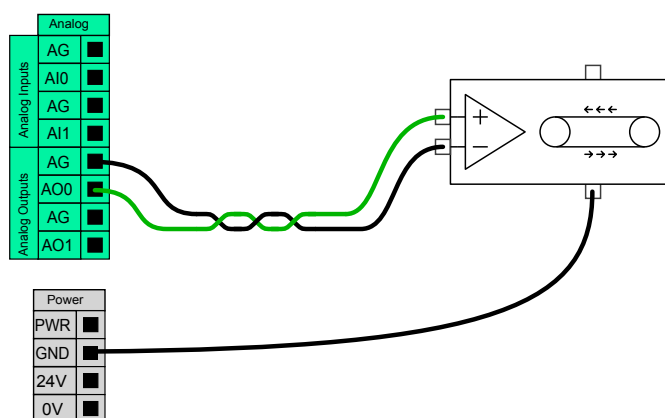
Vstupní režimy lze volit v rozhraní GUI, viz část II. Elektrické specifikace jsou uvedeny níže.

Svorky	Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
<i>Analogový vstup v proudovém režimu</i>					
[AIx – AG]	Proud	4	-	20	mA
[AIx – AG]	Odpor	-	20	-	ohm
[AIx – AG]	Rozlišení	-	12	-	bit
<i>Analogový vstup v napěťovém režimu</i>					
[AIx – AG]	Napětí	0	-	10	V
[AIx – AG]	Odpor	-	10	-	kOhm
[AIx – AG]	Rozlišení	-	12	-	bit
<i>Analogový výstup v proudovém režimu</i>					
[AOx – AG]	Proud	4	-	20	mA
[AOx – AG]	Napětí	0	-	24	V
[AOx – AG]	Rozlišení	-	12	-	bit
<i>Analogový výstup v napěťovém režimu</i>					
[AOx – AG]	Napětí	0	-	10	V
[AOx – AG]	Proud	-20	-	20	mA
[AOx – AG]	Odpor	-	1	-	ohm
[AOx – AG]	Rozlišení	-	12	-	bit

Způsob použití analogových vstupů/výstupů znázorňují následující příklady.

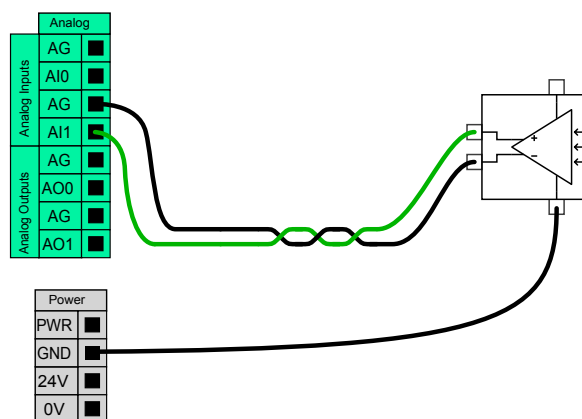
5.3.6.1 Použití analogového výstupu

Příklad níže ukazuje, jak ovládat pás dopravníku analogovým vstupem pro regulaci rychlosti.



5.3.6.2 Použití analogového vstupu

Příklad níže znázorňuje zapojení analogového snímače.



5.3.7 Vzdálené ovládání zapnutí/vypnutí

Dálkový vypínač ON/OFF (zapnuto/vypnuto) lze použít k zapínání a vypínání ovládací jednotky bez použití přenosného ovládacího panelu. Obvykle se používá v následujících aplikacích:

- Když není přístupný přenosný ovládací panel.
- Když PLC systém vyžaduje plné ovládání.
- Když je nutné zapnout nebo vypnout několik robotů současně.

Dálkový vypínač ON/OFF (zapnuto/vypnuto) poskytuje malé vedlejší 12V napájení, které je udržováno aktivní, když je ovládací jednotka vypnutá. Vstupy „on“ (zapnuto) a „off“ (vypnuto) jsou určeny pouze pro krátkodobou aktivaci. Vstup „on“ funguje stejným způsobem jako tlačítka napájení. K vypínání dálkového „“ vypínače vždy používejte vstup „off“ (vypnuto), neboť tento signál umožňuje správné vypnutí bezpečnostních souborů ovládací jednotky.

Elektrické specifikace jsou uvedeny níže.

Svorky	Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
[12V – GND]	Napětí	10	12	13	V
[12V – GND]	Proud	-	-	100	mA
[ON / OFF]	Neaktivní napětí	0	-	0,5	V
[ON / OFF]	Aktivní napětí	5	-	12	V
[ON / OFF]	Vstupní proud	-	1	-	mA
[ON]	Doba aktivace	200	-	600	ms

Následující příklady znázorňují používání dálkového vypínače ON/OFF (zap/vyp).



POZNÁMKA:

V softwaru lze použít speciální funkci k automatickému načtení a spuštění programů, další informace v části II

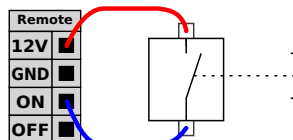


VÝSTRAHA:

1. Vstup „on“ (zapnuto) ani tlačítko napájení nikdy nepoužívejte k vypínání ovládací jednotky.

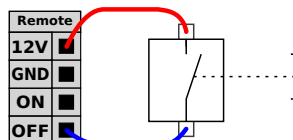
5.3.7.1 Vzdálené tlačítko Zapnout

Na obrázku níže je znázorněn způsob připojení vzdáleného tlačítka Zapnout.



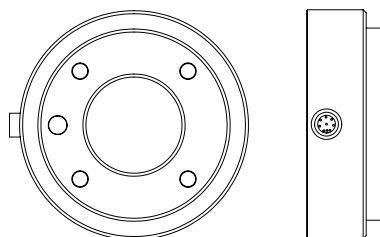
5.3.7.2 Vzdálené tlačítko Vypnout

Na obrázku níže je znázorněn způsob připojení vzdáleného tlačítka Vypnout.



5.4 Vstupy/výstupy nástroje

Na konci robota pro připojení nástroje se nachází konektor s osmi kontakty, viz obrázek níže.



Tento konektor zajišťuje napájení a ovládací signály pro chapadla a senzory, použité na konkrétním nástroji robota. Vhodné jsou následující průmyslové kabely:

- Lumberg RKMV 8-354.

Osm vodičů uvnitř kabelu má různou barvu. Různé barvy označují různé funkce, jak lze vidět v tabulce níže:

Barva	Signál
Červená	0V (GND)
Šedá	0V / +12V / +24V (POWER)
Modrá	Výstup nástroje 0 (TO0)
Růžová	Výstup nástroje 1 (TO1)
Žlutá	Vstup nástroje 0 (TI0)
Zelená	Vstup nástroje 1 (TI1)
Bílá	Analogový vstup 2 (AI2)
Hnědá	Analogový vstup 3 (AI3)

5.4 Vstupy/výstupy nástroje

Vnitřní zdroj napájení lze na kartě V/V uživatelského rozhraní GUI nastavit na 0 V, 12 V nebo 24 V, viz část II. Elektrické specifikace jsou uvedeny níže:

Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
Napájecí napětí ve 24V režimu	-	24	-	V
Napájecí napětí ve 12V režimu	-	12	-	V
Napájecí zdroj v obou režimech*	-	-	600	mA

Poznámka: *Velmi se doporučuje použít ochrannou diodu pro indukční zátěž

V následujících částech jsou popsány různé vstupy a výstupy nástroje.



NEBEZPEČÍ:

1. Nástroje a chapadla připojte tak, aby v případě výpadku napájení nemohlo vzniknout žádné nebezpečí, například vypadnutí obrobku z nástroje.
2. Buďte opatrní při použití napětí 12 V, protože chyba způsobená programátorem může způsobit změnu napětí na 24 V, což může vést k poškození zařízení a případnému požáru.



POZNÁMKA:

Příruba nástroje je připojena ke kontaktu GND (stejně jako červený vodič).

5.4.1 Digitální výstupy nástroje

Digitální výstupy jsou implementovány jako NPN. Když je digitální výstup aktivován, je odpovídající spojení vedeno na kontakt GND, když je deaktivován, je odpovídající spojení rozpojeno (otevřený kolektor / otevřený odvaděč). Elektrické specifikace jsou uvedeny níže:

Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
Napětí při rozpojení	-0,5	-	26	V
Napětí při sepnutí a proudu 1 A	-	0,05	0,20	V
Proud při sepnutí	0	-	600	mA
Proud přes GND	0	-	600	mA

Příklad použití digitálního výstupu se nachází v následující podkapitole.

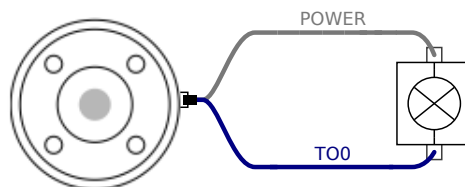


VÝSTRAHA:

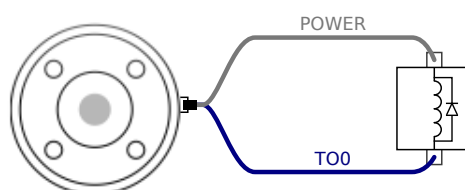
1. Digitální výstupy nástroje nemají omezen proud a překročení specifikací může způsobit trvalé poškození.

5.4.1.1 Použití digitální výstupů nástroje

Příklad níže znázorňuje, jak aktivovat zatížení při použití vnitřního zdroje napájení 12 V nebo 24 V. Nezapomeňte, že je nutné definovat výstupní napětí na kartě V/V. Dbejte na to, že mezi kontaktem POWER a stíněním / kostrou je napětí, a to i v případě, že je zatížení vypnuto.



Poznámka: Velmi se doporučuje použít ochrannou diodu pro indukční zátěž dle popisu níže.



5.4.2 Digitální vstupy nástroje

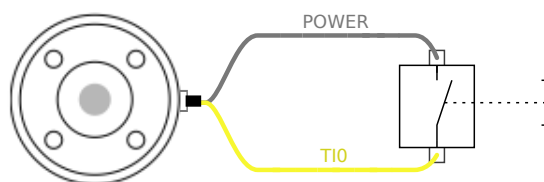
Digitální vstupy jsou zapojeny jako PNP se slabými snižovacími odpory. To znamená, že plovoucí vstup bude mít vždy nízkou hodnotu. Elektrické specifikace jsou uvedeny níže.

Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
Vstupní napětí	-0,5	-	26	V
Logické nízké napětí	-	-	2,0	V
Logické vysoké napětí	5,5	-	-	V
Vstupní odpor	-	47 k	-	Ω

Příklad použití digitálního vstupu je uveden v následující podkapitole.

5.4.2.1 Použití digitálních vstupů nástroje

Na příkladu níže je znázorněn způsob připojení jednoduchého tlačítka.



5.4.3 Analogové vstupy nástrojů

Analogové vstupy nástroje jsou nediferenciální a lze je nastavit buď na napětí, nebo proud na kartě vstupů/výstupů, viz část II. Elektrické specifikace jsou uvedeny níže.

Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
Vstupní napětí v napěťovém režimu	-0,5	-	26	V
Vstupní odpor při rozsahu 0V až 10V	-	15	-	kΩ
Rozlišení	-	12	-	bit
Vstupní napětí v proudovém režimu	-0,5	-	5,0	V
Vstupní proud v proudovém režimu	-2,5	-	25	mA
Vstupní odpor při rozsahu 4mA až 20mA	-	200	-	Ω
Rozlišení	-	12	-	bit

V následujících podkapitolách jsou uvedeny dva příklady použití analogových vstupů.

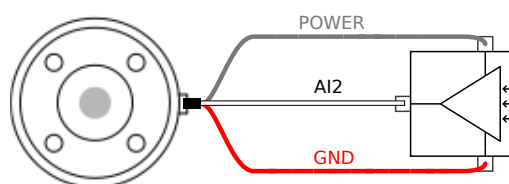


VÝSTRAHA:

1. V proudovém režimu nejsou analogové vstupy chráněny proti přepětí. Nadhodnocení mezní hodnoty v elektrické specifikaci může způsobit trvalé poškození vstupu.

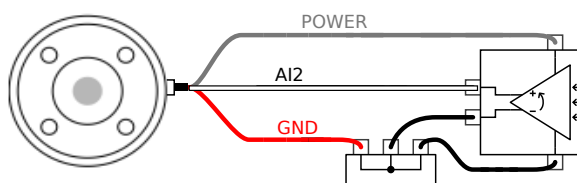
5.4.3.1 Použití analogových vstupů nástroje, nediferenciální

V příkladu níže je uveden způsob zapojení analogového snímače s nediferenciálním výstupem. Výstup senzoru může být buď proudový, nebo napěťový, pokud je vstupní režim analogového vstupu nastaven stejně na kartě V/V. Nezapomeňte zkontrolovat, zda může senzor s napěťovým výstupem ovládat vnitřní odpor nástroje, jinak může být naměřená hodnota neplatná.



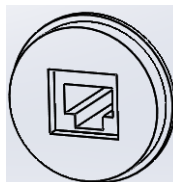
5.4.3.2 Použití analogových vstupů nástroje, diferenciální

V příkladu níže je uveden způsob zapojení analogového snímače s diferenciálním výstupem. Připojte zápornou část výstupu ke kontaktu GND (0 V), který bude fungovat stejně jako nediferenciální senzor.



5.5 Ethernet

Ethernetové připojení se nachází ve spodní části ovládací jednotky, viz níže uvedená ilustrace.



Ethernetové rozhraní slouží pro následující účely:

- Rozšiřující moduly vstupu/výstupu sběrnice MODBUS. Více informací naleznete v kapitole II.
- Vzdálený přístup a ovládání.

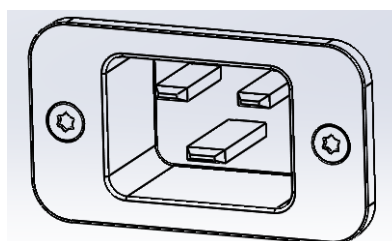
Elektrické specifikace jsou uvedeny níže.

Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
Rychlost komunikace	10	-	1000	Mb/s

5.6 Připojení k síti

Kabel síťového napájení z ovládací jednotky je na konci vybaven standardní zástrčkou IEC. Na zástrčku IEC lze připojit zástrčku či kabel odpovídající standardu sítě v dané zemi.

Aby bylo možné uvést robota pod napětí, musí být ovládací jednotka připojena k síti. Připojení musí být provedeno prostřednictvím standardní zástrčky IEC C20 na spodní straně ovládací jednotky a odpovídajícího kabelu IEC C19, viz níže uvedená ilustrace.



Síťový zdroj napájení musí být vybaven minimálně následujícími prvky:

- ukostřením.
- pojistkou síťového napájení,
- zařízením pro zbytkový proud,

Jako jednoduchý prostředek za účelem uzamčení a označení v případě servisu doporučujeme nainstalovat hlavní spínač, kterým se vypne veškeré zařízení v aplikaci robota.

Elektrické specifikace jsou zobrazeny v níže uvedené tabulce.

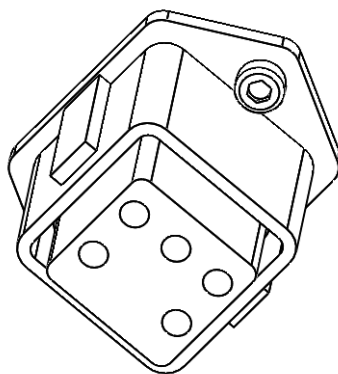
Parametr	Min.	Typ.	Max.	Jednotka
Vstupní napětí	100	-	265	V AC
Externí pojistka (při 100-200V)	8	-	16	A
Externí pojistka (při 200-265V)	8	-	16	A
Vstupní kmitočet	47	-	63	Hz
Napájení v pohotovostním stavu	-	-	0,5	W
Nominální provozní příkon	90	150	325	W

**NEBEZPEČÍ:**

1. Ujistěte se, že je robot správně uzemněn (elektrické spojení se zemí). Ke klasickému uzemnění veškerých zařízení v systému použijte nevyužité šrouby v ovládací jednotce označené symboly uzemnění. Jmenovitý proud zemnicího vodiče bude minimálně roven nejvyššímu proudu v systému.
2. Ujistěte se, že je vstupní napájení do ovládací jednotky opatřeno proudovým chráničem (RCD) a správnou pojistkou.
3. Budete-li chtít během revize provést kompletní instalaci robota, zastavte provoz a vypněte veškeré napájení. Při odstávce systému by neměly být vstupy/výstupy robota napájeny z jiných zařízení.
4. Před zahájením napájení ovládací jednotky se ujistěte, že máte všechny kabely správně zapojené. Vždy používejte originální a správnou napájecí šňůru.

5.7 Připojení robota

Kabel z robota je třeba zapojit do konektoru ve spodní části ovládací jednotky, viz níže uvedená ilustrace. Před spuštěním ramene robota se ujistěte, zda je konektor správně zapojen. Kabel lze odpojit pouze tehdy, když je napájení robota vypnuto.

**VÝSTRAHA:**

1. Kabel robota neodpojujte, pokud je rameno robota spuštěno.
2. Původní kabel neprodlužujte ani neupravujte.

6 Údržba a opravy

Vaší povinností je provádět údržbu a opravy v souladu s veškerými bezpečnostními pokyny uvedenými v tomto návodu.

Vaší povinností je provádět údržbu, kalibraci a opravy podle nejnovějších verzí servisních příruček na webových stránkách podpory <http://www.universal-robots.com/support>.

Opravy mohou provádět pouze autorizovaní systémoví integrátoři nebo zástupci společnosti Universal Robots.

Všechny součásti, které se vrací zpět společnosti Universal Robots, je nutné vracet v souladu se servisní příručkou.

6.1 Bezpečnostní pokyny

Po údržbě nebo opravě je třeba provést kontrolu a zajistit požadovanou úroveň bezpečnosti. Při kontrolách je nutné dodržovat platné národní nebo regionální bezpečnostní předpisy. Je třeba zkontrolovat i správné fungování všech bezpečnostních funkcí.

Údržba a opravy mají zajistit provozuschopnost systému nebo, v případě selhání, návrat systému do provozuschopného stavu. Opravárenské práce zahrnují kromě vlastní opravy i analýzu a řešení problémů.

Při práci na robotu nebo ovládací jednotce je nutné dodržovat níže uvedené postupy a upozornění.



NEBEZPEČÍ:

1. Neměňte bezpečnostní konfiguraci systému (např. mezní hodnotu síly). Bezpečnostní konfigurace je popsána v příručce PolyScope. Pokud se některý bezpečnostní parametr změní, bude celý systém robota považován za nový, což znamená, že bude potřeba aktualizovat celý proces schvalování bezpečnosti včetně posouzení rizik.
2. Vadné součásti vyměňte za nové se stejným číslem zboží nebo za ekvivalentní součásti schválené za tímto účelem společností Universal Robots.
3. Ihned po dokončení práce znovu aktivujte jakákoliv deaktivovaná bezpečnostní opatření.
4. Veškeré opravy zdokumentujte a dokument uložte do příslušného souboru technické dokumentace pro kompletní systém robota.



NEBEZPEČÍ:

1. Z dolní části ovládací jednotky vyjměte kabel pro napájení ze sítě a zajistěte, aby byl zcela odpojen od napájení. Odpojte od napájení jakýkoliv zdroj energie připojený k ramenu robota nebo ovládací jednotce. Přijměte nezbytná opatření, která zabrání tomu, aby ostatní osoby během opravy uvedly systém pod napětí.
2. Před opětovným uvedením systému pod napětí zkontrolujte uzemnění.
3. Při demontáži ramene robota nebo ovládací jednotky dodržujte předpisy ESD.
4. Neprovádějte demontáž zdroje napájení uvnitř ovládací jednotky. Ve zdrojích napájení může být po dobu několika hodin od vypnutí ovládací jednotky přítomno vysoké napětí (až 600 V).
5. Dbejte na to, aby se do ramene robota nebo ovládací skříňky nedostala voda nebo prach.

7 Likvidace a životní prostředí

S roboty společnosti UR musí být nakládáno v souladu s platnými vnitrostátními zákony, nařízeními a normami.

Roboti společnosti UR jsou vyráběni s ohledem na omezené používání nebezpečných látek kvůli ochraně životního prostředí, které definuje směrnice RoHS 2011/65/EU. Mezi tyto látky patří rtuť, kadmium, olovo, chrom VI, polybromované bifenyly a polybromované difenylethery.

Poplatek orgánu DPA-System za nakládání s elektronickým odpadem z robotů společnosti UR, prodáváných na dánském trhu, uhradila společnost Universal Robots A/S předem. Dovozci ze zemí uvedených v Evropské směrnici 2012/19/EU o odpadních elektrických a elektronických zařízeních (WEEE) jsou povinni k zápisu do příslušného vnitrostátního registru WEEE ve své zemi. Poplatek je obvykle nižší než 1€/robot. Seznam vnitrostátních registrů najdete zde: <https://www.ewrn.org/national-registers>.

Robot je opatřen následujícími symboly, které označují shodu s výše uvedenými předpisy:



8 Certifikáty

V této kapitole jsou popsány certifikáty a prohlášení zpracované pro výrobek.

8.1 Certifikace třetích stran

Certifikace třetích stran jsou dobrovolné. V rámci zajištění co nejlepších služeb pro integrátory robotů se společnost UR rozhodla své roboty certifikovat v následujících uznávaných zkušebních ústavech:



TÜV NORD

Roboti společnosti UR mají osvědčení TÜV NORD, notifikovaného orgánu dle směrnice o strojních zařízeních 2006/42/ES. Kopii homologačního certifikátu schválení typu TÜV NORD naleznete v příloze B.



DELTA

Průmyslové roboty společnosti UR jsou testovány z hlediska výkonnosti certifikací DELTA. Certifikáty zkoušek elektromagnetické kompatibility (EMC) a nezávadnosti vůči životnímu prostředí naleznete v příloze B.



TÜV SÜD

Roboty UR jsou testovány z hlediska ekologické šetrnosti společností TÜV SÜD. Certifikát o čistotě prostor a navazujícího prostředí naleznete v příloze B.



CHINA RoHS

Roboti UR vyhovují metodám řízení CHINA RoHS pro regulaci znečištění elektronickými informačními produkty.

8.2 Certifikace dodavatelů třetích stran



Prostředí

Přepravní palety pro roboty UR zajišťované dodavateli splňují požadavky dánské normy ISMPM-15 pro výrobu dřevěného obalového materiálu a jsou značeny v souladu s tímto systémem.

8.3 Certifikace zkoušení u výrobce



UR

Roboti UR jsou podrobováni průběžným interním testům a zkoušení v rámci výstupní kontroly. Procesy zkoušení UR jsou průběžně přezkoumávány a zlepšovány.

8.4 Prohlášení v souladu se směrnicemi EU

Přestože se vztahují především pro Evropu, **prohlášení EU** vyžadují a/nebo uznávají i některé země mimo Evropu. Evropské směrnice jsou k dispozici na oficiálních webových stránkách: <http://eur-lex.europa.eu>.

Roboti společnosti UR mají certifikaci dle níže uvedených směrnic.

2006/42/ES o strojních zařízeních (MD)

V souladu se směrnicí o strojních zařízeních 2006/42/ES jsou roboti UR **neúplným strojním zařízením**, a jako takové nemají značku CE.

Poznámka: Je-li robot společnosti UR určen k použití v oblasti pesticidů, pak je nutné se řídit směrnicí 2009/127/ES. Prohlášení o začlenění dle přílohy II 1.B. směrnice 2006/42/ES najdete v příloze B.

2006/95/ES — Směrnice o nízkém napětí (LVD)

2004/108/ES — Směrnice o elektromagnetické kompatibilitě (EMC)

2011/65/EU — Směrnice o omezeném používání nebezpečných látek (RoHS)

2012/19/EU — Směrnice o odpadu z elektrických a elektronických zařízení (WEEE)

Prohlášení o shodě jsou obsažena v Prohlášení o zabudování v příloze B.

Označení CE se připojuje v souladu s výše uvedenými směrnicemi o označení CE. Informace o odpadu z elektrických a elektronických zařízení obsahuje kapitola 7.

Informace o normách aplikovaných během vývoje robota se nachází v příloze C.

9 Záruky

9.1 Záruka na výrobek

Aniž by byly dotčeny veškeré nároky uživatele (zákazníka), které mohou existovat ve vztahu k obchodnímu zástupci nebo prodejci, výrobce zákazníkovi poskytuje záruku za níže uvedených podmínek:

V případě nových zařízení a jejich součástí vykazujících závady vzniklé v důsledku výroby nebo materiálové vady do 12 měsíců od uvedení do provozu (maximálně 15 měsíců od odeslání) poskytne společnost Universal Robots požadované náhradní díly, přičemž uživatel (zákazník) poskytne pracovní dobu na výměnu náhradních dílů, a to buď nahrazením součásti jinou součástí podle aktuálně dostupných technologií, nebo opravením předmětné součásti. Tato záruka se stává neplatnou, pokud je závada na zařízení způsobena nesprávným zacházením nebo nedodržením pokynů v uživatelských příručkách. Tato záruka se nevztahuje na služby prováděné autorizovaným prodejcem či zákazníky samotnými (např. instalaci, konfiguraci, stahování softwaru) a nelze ji na ně rozšířit. Jako doklad pro uplatnění záruky je vyžadován doklad o koupi s uvedeným datem koupě. Reklamace v rámci záruky musí být podány do dvou měsíců od zjištění závady, na kterou se záruka vztahuje. Vlastnictví zařízení nebo součástí, které byly vyměněny a vráceny společnosti Universal Robots, přechází na společnost Universal Robots. Jakékoli další reklamace vzniklé na zařízení nebo v souvislosti s ním této záruce nepodléhají. Žádná část této záruky nevede k omezení či vyloučení zákonných práv zákazníka ani zodpovědnosti výrobce za zranění osob či úmrtí v důsledku jeho nedbalosti. Doba trvání záruky se službami poskytnutými podle záruky neprodlužuje. Společnost Universal Robots si vyhrazuje právo zpoplatnit zákazníka za výměnu či opravu, pakliže závada na základě záruky nebude prokázána. Výše uvedená ustanovení nepředstavují změnu důkazního břemene v neprospěch zákazníka. V případě, že zařízení bude vykazovat vady, společnost Universal Robots nebude zodpovědná za jakékoliv nepřímé, náhodné, zvláštní nebo následné škody, včetně například ušlého zisku, ztráty možnosti užívání, výrobních ztrát nebo poškození dalšího výrobního zařízení.

V případě, že zařízení vykazuje závady, společnost Universal Robots nebude zodpovědná za následné škody nebo ztráty, jako je ztráta výroby nebo poškození jiného výrobního zařízení.

9.2 Prohlášení

Společnost Universal Robots neustále zlepšuje spolehlivost a výkon svých produktů a v této souvislosti si vyhrazuje právo vylepšit produkt bez předchozího upozornění. Společnost Universal Robots věnuje veškerou péči přesnosti a správnosti obsahu této příručky, není však zodpovědná za chyby ani chybějící informace.

A Brzdná doba a brzdná dráha

Informace o brzdných dobách a drahách jsou k dispozici pro zastavení kategorie 0 i kategorie¹ 1. V dodatku se nachází informace o zastavení kategorie 0. Informace o zastavení kategorie 1 jsou dostupné na <http://universal-robots.com/support/>.

A.1 Brzdné dráhy a doby zastavení kategorie 0

V níže uvedené tabulce jsou obsaženy brzdné dráhy a doby naměřené při spuštění zastavení kategorie 0. Tyto naměřené hodnoty odpovídají následující konfiguraci robota:

- Vysunutí: 100% (rameno robota je plně vysunuto vodorovně).
- Rychlost: 100% (obecná rychlost robota je nastavena na 100% a pohyb se provádí při rychlosti kloubu 183 °/s).
- Náklad: maximální zatížení robota připojeného k TCP (5 kg).

Na kloubu 0 byl proveden test pomocí vodorovného pohybu, tj. osa otáčení byla kolmá k zemi. Během testů kloubu 1 a 2 sledoval robot svislou dráhu, tj. osa otáčení byla paralelní k zemi, a ve chvíli, kdy se robot pohyboval směrem dolů, bylo provedeno zastavení.

	Brzdná dráha (rad)	Čas zastavení (ms)
Kloub 0 (ZÁKLADNA)	0.31	244
Kloub 1 (RAMENO)	0.70	530
Kloub 2 (LOKET)	0.22	164

¹V souladu s normou IEC 60204-1, více podrobností viz slovník.

B Prohlášení a certifikáty

B.1 CE/EU Declaration of Incorporation (original)

According to European Directive 2006/42/EC annex II 1.B.

The manufacturer Universal Robots A/S
 Energivej 25
 5260 Odense S
 Denmark

hereby declares that the product described below

Industrial robot UR5/CB3

may not be put into service before the machinery in which it will be incorporated is declared in conformity with the provisions of Directive 2006/42/EC, as amended by Directive 2009/127/EC, and with the regulations transposing it into national law.

The safety features of the product are prepared for compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC under the correct incorporation conditions, see product manual. Compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC relies on the specific robot installation and the final risk assessment.

Relevant technical documentation is compiled according to Directive 2006/42/EC annex VII part B and available in electronic form to national authorities upon legitimate request. Undersigned is based on the manufacturer address and authorised to compile this documentation.

Additionally the product declares in conformity with the following directives, according to which the product is CE marked:

- 2014/35/EU — Low Voltage Directive (LVD)
- 2014/30/EU — Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)
- 2011/65/EU — Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)

A complete list of applied harmonized standards, including associated specifications, is provided in the product manual.

Odense, April 20th, 2016

R&D

David Brandt
Technology Officer

B.2 CE/EU Prohlášení o zabudování (překlad originálu)

V souladu s přílohou II 1.B Evropské směrnice 2006/42/ES.

Výrobce Universal Robots A/S
 Energivej 25
 5260 Odense S
 Dánsko

tímto prohlašuje, že níže popsany výrobek

Průmyslový robot UR5/CB3

nesmí být uveden do provozu, dokud pro to strojní zařízení, do něhož má být začleněn, nebude vydáno prohlášení o shodě s ustanoveními směrnice 2006/42/ES ve znění směrnice 2009/127/ES a nařízeními prováděnými na vnitrostátní úrovni.

Bezpečnostní prvky výrobku jsou připraveny tak, aby vyhovovaly všem zásadním požadavkům směrnice 2006/42/ES ohledně podmínek správného začlenění, viz příručka k výrobku. Shoda se všemi zásadními požadavky směrnice 2006/42/ES závisí na konkrétní montáži robota a výsledném posouzení rizik.

V souladu se směrnicí 2006/42/ES, příloha VII, část B byla zpracována příslušná technická dokumentace, která je k dispozici v elektronické podobě vnitrostátním orgánům na základě oprávněné žádosti. Níže podepsaná osoba má sídlo na adrese výrobce a byla pověřena zpracováním této dokumentace.

Výrobce dále prohlašuje, že výrobek je ve shodě s následujícími směrnicemi, na základě kterých nese označení CE:

- 2014/35/EU — Směrnice o nízkém napětí (LVD)
- 2014/30/EU — Směrnice o elektromagnetické kompatibilitě (EMC)
- 2011/65/EU — Směrnice o omezeném používání nebezpečných látek (RoHS)

Úplný seznam použitých harmonizovaných norem, včetně doprovodných specifikací, najdete v příručce k výrobku.

Odense, 20. dubna 2016

R&D

 David Brandt
 Technology Officer

B.3 Certifikát pro bezpečnostní systém



ZERTIFIKAT CERTIFICATE

Hiermit wird bescheinigt, dass die Firma / *This certifies, that the company*

Universal Robots A/S
Energivej 25
DK-5260 Odense S
Denmark

berechtigt ist, das unten genannte Produkt mit dem abgebildeten Zeichen zu kennzeichnen.
is authorized to provide the product mentioned below with the mark as illustrated.

Fertigungsstätte:
Manufacturing plant:

Universal Robots A/S
Energivej 25
DK-5260 Odense S
Denmark

Beschreibung des Produktes:
(Details s. Anlage 1)
Description of product:
(Details see Annex 1)

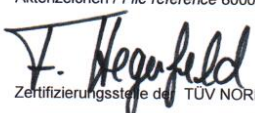
Universal Robots Safety System URSafety 3.1
for UR10, UR5 and UR3 robots

Geprüft nach:
Tested in accordance with:

EN ISO 13849-1:2008, PL d

Registrier-Nr. / *Registration No.* 44 207 14097602
Prüfbericht Nr. / *Test Report No.* 3515 4327
Aktenzeichen / *File reference* 8000443298

Gültigkeit / *Validity*
von / *from* 2015-06-02
bis / *until* 2020-06-01


Zertifizierungsstelle der TÜV NORD CERT GmbH

Essen, 2015-06-02

TÜV NORD CERT GmbH Langemarckstraße 20 45141 Essen www.tuev-nord-cert.de technology@tuev-nord.de

Bitte beachten Sie auch die umseitigen Hinweise
Please also pay attention to the information stated overleaf



B.4 Čína RoHS

**Management Methods for Controlling Pollution
by Electronic Information Products
Product Declaration Table
For Toxic or Hazardous Substances**
表1 有毒有害物质或元素名称及含量标识格式



Product/Part Name 产品/部件名称	Toxic and Hazardous Substances and Elements 有毒有害物质或元素					
	铅 Lead (Pb)	汞 Mercury (Hg)	镉 Cadmium (Cd)	六价 Hexavalent Chromium (Cr+6)	多溴联苯 Polybrominated biphenyls (PBB)	多溴二苯醚 Polybrominated diphenyl ethers (PBDE)
UR Robots UR3 / UR5 / UR10 UR机器人 UR3/UR5/UR10	X	O	X	O	X	X
O: Indicates that this toxic or hazardous substance contained in all of the homogeneous materials for this part is below the limit requirement in SJ/T11363-2006. O: 表示该有毒有害物质在该部件所有均质材料中的含量均在SJ/T 11363-2006规定的限量要求以下。 X: Indicates that this toxic or hazardous substance contained in at least one of the homogeneous materials used for this part is above the limit requirement in SJ/T11363-2006. X: 表示该有毒有害物质至少在该部件的某一均质材料中的含量超出SJ/T 11363-2006规定的限量要求。 (企业可在此处，根据实际情况对上表中打“X”的技术原因进行进一步说明。) Items below are wear-out items and therefore can have useful lives less than environmental use period: 下列项目是损耗品,因而它们的使用寿命可能短于环境使用时间: Drives, Gaskets, Probes, Filters, Pins, Cables, Stiffener, Interfaces 驱动器, 垫圈, 探针, 过滤器, 别针, 缆绳, 加强筋, 接口 Refer to product manual for detailed conditions of use. 详细使用情况请阅读产品手册。 Universal Robots encourages that all Electronic Information Products be recycled but does not assume responsibility or liability. Universal Robots 鼓励回收再利用所有的电子信息产品, 但 Universal Robots 不承担任何责任或义务						

To the maximum extent permitted by law, Customer shall be solely responsible for complying with, and shall otherwise assume all liabilities that may be imposed in connection with, any legal requirements adopted by any governmental authority related to the Management Methods for Controlling Pollution by Electronic Information Products (Ministry of Information Industry Order #39) of the Peoples Republic of China otherwise encouraging the recycle and use of electronic information products. Customer shall defend, indemnify and hold Universal Robots harmless from any damage, claim or liability relating thereto. At the time Customer desires to dispose of the Products, Customer shall refer to and comply with the specific waste management instructions and options set forth at <http://www.teradyne.com/about-teradyne/corporate-social-responsibility>, as the same may be amended by Teradyne or Universal Robots.

B.5 Certifikát zkoušky na životní prostředí



Climatic and mechanical assessment sheet no. 1275

DELTA client Universal Robots A/S Energivej 25 5260 Odense S Denmark	DELTA project no. T207415-1
Product identification UR5 robot arm: UR5 AE/CB3, 0A-series UR5 control box: AE/CB3, 0A-series UR5 teach pendant: AE/CB3, 0A-series UR10 robot arm: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 control box: UR10 AE/CB3, 0A-series UR10 teach pendant: AE/CB3, 0A-series	
DELTA report(s) DELTA project no. T207415-1, DANAK-19/13752 Revision 1	
Other document(s)	
Conclusion The two robot arms UR5 and UR10 including their control box and teach pendant have been tested according to the below listed standards. The test results are given in the DELTA report listed above. The tests were carried out as specified and the test criteria for environmental tests as specified in Annex 1 of the report were fulfilled. IEC 60068-2-1, Test Ae; -5 °C, 16 h IEC 60068-2-2, Test Be; +50 °C, 16 h IEC 60068-2-64, Test Fh; 5 – 20 Hz: 0.05 g ² /Hz, 20 – 150 Hz: -3 dB/octave, 1.66 grms, 3 x 1½ h IEC 60068-2-27, Test Ea, Shock; 160 g, 1 ms, 3 x 6 shocks	
Date Hørsholm, 14 March 2014	Assessor  Susanne Otto B.Sc.E.E., B.Com (Org)

20ass-sheet-j

B.6 Certifikát zkoušky EMC



We help ideas meet the real world

Attestation of Conformity

EMC assessment - Certificate no. 1549

DELTA has been designated as Notified Body by the notified authority National Telecom Administration part of the Energy Agency in Denmark to carry out tasks referred to in Annex III of the European Council EMC Directive. The attestation of conformity is in accordance with the essential requirements set out in Annex I.

DELTA client

Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

Product identification (type(s), serial no(s).)

UR robot generation 3, G3, including CB3/AE for models UR3, UR5 and UR10

Manufacturer

Universal Robots A/S

Technical report(s)

DELTA Project T207371, EMC Test of UR5 and UR10 - DANAK-19/13884, dated 26 March 2014
DELTA Project T209172, EMC Test of UR3 - DANAK-19/14667, dated 05 November 2014
UR EMC Test Specification G3 rev 3, dated 30 October 2014
EMC Assessment Sheet 1351

Standards/Normative documents

EMC Directive 2014/30/EU, Article 6
EN/(IEC) 61326-3-1:2008, Industrial locations, SIL 2 applications
EN/(IEC) 61000-6-2:2005
EN/(IEC) 61000-6-4:2007+A1

DELTA

Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Denmark

The product identified above has been assessed and complies with the specified standards/normative documents. The attestation does not include any market surveillance. It is the responsibility of the manufacturer that mass-produced apparatus have the same EMC quality. The attestation does not contain any statements pertaining to the EMC protection requirements pursuant to other laws and/or directives other than the above mentioned if any.

Tel. +45 72 19 40 00
Fax +45 72 19 40 01
www.delta.dk
VAT No. 12275110

Hørsholm, 08 August 2016



Knud A. Baltsen
Senior Consultant

20aocass-uk-j

B.7 Certifikáty zkoušek ekologické šetrnosti

ZERTIFIKAT ♦ CERTIFICATE ♦ CERTIFICADO ♦ CERTIFICAT



Industrie Service

CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260 Odense S; Denmark, that the product

Roboter, Model: UR5 / Typ INDUSTRIAL

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO Class 5 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August 2016.

The implementation of the testing and certification is carried out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 2589737-02

Report-Nr.: 203195-2

Valid till: August 2018



Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz
Berlin, 25. August 2016
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin



Industrie Service

CERTIFICATE

TÜV SÜD Industrie Service GmbH hereby confirms UNIVERSAL ROBOTS A/S situated at Energivej 25, 5260 Odense S; Dänemark, that the product

Controller for UR 3 & UR 5 & UR 10

the cleanroom compatibility of the equipment for the ISO Class 6 according ISO 14644-1.

The certificate is limited to the particulate cleanliness. The product was tested according to VDI 2083 Part 9.1 in August 2016.

The implementation of the testing and certification is carried out by TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Certificate Nr.: 2589737-04
Report-Nr.: 203195
Valid till: August 2018

Dipl.-Ing. (FH) Walter Ritz
Berlin, 25. August 2016
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Wittestraße 30, Haus L, 13509 Berlin

ZERTIFIKAT ♦ CERTIFICATE ♦ CERTIFICADO ♦ CERTIFICAT

C Použité normy

V této části se popisují příslušné normy, použité při vývoji ramene robota a ovládací jednotky. Je-li v závorkách uvedeno číslo evropské směrnice, znamená to, že je norma harmonizována v souladu s uvedenou směrnicí.

Norma není totéž, co zákon. Norma je dokument zpracovaný zúčastněnými stranami v rámci určitého odvětví, definující běžné bezpečnostní a výkonové požadavky na výrobek nebo skupinu výrobků.

Zkratky mají následující význam:

ISO	International Standardization Organization
IEC	International Electrotechnical Commission
EN	European Norm
TS	Technical Specification
TR	Technical Report
ANSI	American National Standards Institute
RIA	Robotic Industries Association
CSA	Canadian Standards Association

Shoda s těmito normami je zaručena pouze tehdy, jsou-li dodržovány veškeré montážní pokyny, bezpečnostní pokyny a provozní pokyny uvedené v tomto návodu.

ISO 13849-1:2006 [PLd]

ISO 13849-1:2015 [PLd]

ISO 13849-2:2012

EN ISO 13849-1:2008 (E) [PLd – 2006/42/ES]

EN ISO 13849-2:2012 (E) (2006/42/ES)

Safety of machinery – Safety-related parts of control systems

Part 1: General principles for design

Part 2: Validation

U bezpečnostního řídicího systému je navržena výkonnostní úroveň d (PLd) v souladu s požadavky těchto norem.

ISO 13850:2006 [Kategorie zastavení 1]

ISO 13850:2015 [Kategorie zastavení 1]

EN ISO 13850:2008 (E) [Kategorie zastavení 1 - 2006/42/ES]

EN ISO 13850:2015 [Kategorie zastavení 1 - 2006/42/ES]

Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design

Funkce nouzového zastavení je navržena jako vypnutí kategorie 1 v souladu s touto normou. Zastavení

kategorie 1 je regulované zastavení, když je pohon napájen, a po zastavení se robot odpojí od zdroje napájení.

ISO 12100:2010**EN ISO 12100:2010 (E) [2006/42/ES]**

Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction

UR roboty jsou hodnoceny podle zásad této normy.

ISO 10218-1:2011**EN ISO 10218-1:2011(E) [2006/42/ES]**

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots

Part 1: Robots

Tato norma je určena pro výrobce robotů, nikoliv integrátory. Druhá část (ISO 10218-2) je určena pro integrátory robotů, neboť se zabývá instalací a návrhem aplikace robotů.

Autoři normy implicitně předpokládali tradiční průmyslové roboty, které jsou tradičně zajištěny oplocením a lehkými závěsy. UR roboty jsou navrhovány s trvale aktivovaným omezením síly a výkonu. Proto jsou některé pojmy objasněny a vysvětleny níže.

Pokud se UR robot používá v nebezpečné aplikaci, mohou být nutná dodatečná bezpečnostní opatření, viz kapitola 1 tohoto návodu.

Upřesnění:

- „3.24.3 Zabezpečený prostor“ je definován obvodovou ochranou. Zabezpečeným prostorem se běžně rozumí prostor za plotem, který chrání osoby před nebezpečnými tradičními roboty. Roboty UR jsou navrženy pro práci bez oplocení pomocí vestavěné bezpečnostní kolaborativní funkce omezení síly a výkonu, kde není nebezpečný prostor vymezen obvodem oplocení.
- „5.4.2 Výkonové požadavky“. Veškeré bezpečnostní funkce jsou konstruovány v bezpečnostní kategorii PLd v souladu s ISO 13849-1:2006. Robot je konstruován s redundantními systémy kódování v každém kloubu a bezpečnostně dimenzované vstupy/výstupy tak, aby byla vytvořena struktura kategorie¹ Struktura 3. Bezpečnostně dimenzované hodnocené vstupy/výstupy musí být připojeny v souladu s tímto návodem k bezpečnostně dimenzovanému zařízení kategorie 3 tak, aby se vytvořila struktura bezpečnostní funkce PLd.
- „5.7 Provozní režimy“. UR roboty nemají různé provozní režimy, a proto nemají volič režimu.
- „5.8 Ovládací prvky přenosného ovládacího panelu.“ Tato část obsahuje popis ochranných funkcí pro přenosný ovládací terminál/panel pro případ použití v rizikovém chráněném prostoru. Vzhledem k tomu, že roboty značky UR jsou navrženy ke kolaborativnímu provozu, neexistuje žádný rizikový chráněný prostor jako u tradičních robotů. Roboty značky UR je bezpečnější učit než tradiční roboty. Místo nutnosti uvolnit pojistné zařízení se třemi možnostmi polohování může obsluha robota jednoduše zastavit rukou. Je-li robot UR instalován v rizikové chráněné aplikaci, lze připojit třípolohové aktivační zařízení, jak je popsáno v tomto návodu. Dále viz vysvětlení v ISO/TS 15066 klauzule 5.4.5.
- „5.10 Požadavky na kolaborativní provoz“. Kolaborativní bezpečnostní funkce omezení výkonu a

¹v souladu s normou ISO 13849-1, podrobnosti viz slovník.

síly robotů UR jsou vždy aktivní. Vizuální design robotů značky UR naznačuje, že roboty je možné používat pro kolaborativní operace. Funkce omezení výkonu a síly jsou navrženy v souladu s ustanovením 5.10.5. normy ISO 10218-1. Dále viz vysvětlení v ISO/TS 15066 klauzule 5.5.4.

- „5.12.3 Měkká osa schválená k použití v rizikových prostorech a omezení prostoru.“ Tato bezpečnostní funkce je jednou z více bezpečnostních funkcí konfigurovatelných prostřednictvím softwaru. Tzv. hash kód je generován z nastavení všech těchto bezpečnostních funkcí a je znázorněn jako identifikátor kontroly bezpečnosti na rozhraní GUI.

ISO/TS 15066:2016

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Collaborative operation

Jedná se o technické specifikace (TS), **nikoliv** o normu. Účelem TS je představit řadu nerozvinutých požadavků, aby se zjistilo, zda jsou pro dané odvětví užitečné. Podle definice nejsou TS dostatečně vyzrálé na to, aby mohly být harmonizovány v rámci evropských směrnic.

Tato TS je určena pro výrobce robotů a osoby provádějící jejich instalaci. Roboty UR z hlediska technických parametrů odpovídají dílům, které jsou relevantní pro klasické roboty (tzv. raw robots) a osoba provádějící instalaci si může vybrat, zda při instalaci TS využívat.

Tyto TS představují dobrovolné požadavky a pokyny, které jsou doplňující k normám ISO 10218 v oblasti kolaborativních robotů. Kromě hlavního textu TS obsahuje přílohu A s tabulkou, ve které jsou uvedeny navrhované hodnoty mezních sil a tlaků, které vycházejí z pocitu bolesti, **nikoliv** zranění. Je důležité prostudovat a pochopit poznámky pod touto tabulkou, neboť mnohé z mezních hodnot vycházejí pouze z konzervativních odhadů a studia literatury. Veškeré údaje se mohou v budoucnu měnit, neboť jsou k dispozici nové výsledky vědeckého výzkumu. Příloha A je neformální a dobrovolnou součástí TS, a proto osoba provádějící instalaci může konstatovat plnění TS bez použití mezních hodnot uvedených v příloze A.

ANSI/RIA R15.06-2012

Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements

Tato americká norma představuje sloučení dvou ISO norem ISO 10218-1 a ISO 10218-2 do jednoho dokumentu. Jazyk je změněn z britské angličtiny na americkou angličtinu, obsah je však stejný.

Upozorňujeme, že část dvě (ISO 10218-2) této normy je určena pro osoby provádějící instalaci robotického systému, **nikoliv** pro společnost Universal Robots.

CAN/CSA-Z434-14

Industrial Robots and Robot Systems – General Safety Requirements

Tato kanadská norma je ISO norem ISO 10218-1 (jak je zmíněno výše) a -2 sloučených do jednoho dokumentu. Společnost CSA doplnila další požadavky pro uživatele robotického systému. Možná bude nutné, aby osoba provádějící instalaci robota některé z těchto požadavků řešil.

Upozorňujeme, že část dvě (ISO 10218-2) této normy je určena pro osoby provádějící instalaci robotického systému, **nikoliv** pro společnost Universal Robots.

IEC 61000-6-2:2005**IEC 61000-6-4/A1:2010****EN 61000-6-2:2005 [2004/108/EC]****EN 61000-6-4/A1:2011 [2004/108/EC]**

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments

Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments

Tyto normy definují požadavky pro elektrické a elektromagnetické rušení. Shoda s těmito normami zajistí, že roboti značky UR budou správně fungovat v různém průmyslovém prostředí a že nebudou rušit ostatní zařízení.

IEC 61326-3-1:2008**EN 61326-3-1:2008**

Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements

Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) - General industrial applications

V této normě se definují rozšířené požadavky EMC imunity pro funkce související s bezpečností. Shoda s touto normou zajistí, že bezpečnostní funkce robotů UR zaručí bezpečnost i v případě, kdy ostatní zařízení překročí limity EMC emise definované v normách IEC 61000.

IEC 61131-2:2007 (E)**EN 61131-2:2007 [2004/108/EC]**

Programmable controllers

Part 2: Equipment requirements and tests

Podle požadavků této normy jsou zkonstruovány jak normální, tak bezpečnostně dimenzované 24V vstupy/výstupy, vše v zájmu zajištění spolehlivé komunikace s ostatními PLC systémy.

ISO 14118:2000 (E)**EN 1037/A1:2008 [2006/42/EC]**

Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up

Tyto dvě normy jsou velmi podobné. Definují se zde bezpečnostní zásady, jak zabránit neočekávanému spuštění, které by mohlo nastat následkem neúmyslného zapnutí během údržby a opravy nebo následkem neúmyslných spouštěcích příkazů z perspektivy ovládání.

IEC 60947-5-5/A1:2005**EN 60947-5-5/A11:2013 [2006/42/EC]**

Low-voltage switchgear and controlgear

Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function

Operace přímého otevření a bezpečnostní uzamykací mechanismus tlačítka nouzového zastavení jsou v souladu s požadavky této normy.

IEC 60529:2013**EN 60529/A2:2013**

Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

V této normě se definují hodnoty krytí týkající se ochrany proti prachu a vodě. Roboti UR jsou vyrobeni a klasifikováni s IP kódem podle této normy, další informace se nacházejí na štítku robota.

IEC 60320-1/A1:2007**IEC 60320-1:2015****EN 60320-1/A1:2007 [2006/95/EC]****EN 60320-1:2015**

Appliance couplers for household and similar general purposes

Part 1: General requirements

Hlavní vstupní kabel je v souladu s touto normou.

ISO 9409-1:2004 [Typ 50-4-M6]

Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces

Part 1: Plates

Příruba nástroje na robotech UR je shodná s typem 50-4-M6 této normy. Nástroje robotů by také měly být zkonstruovány v souladu s touto normou, aby bylo zajištěno správné dosednutí.

ISO 13732-1:2006**EN ISO 13732-1:2008 [2006/42/EC]**

Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces

Part 1: Hot surfaces

Roboti UR jsou vyrobeni tak, aby byla povrchová teplota udržována pod ergonomickými limity definovanými v této normě.

IEC 61140/A1:2004**EN 61140/A1:2006 [2006/95/EC]**

Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment

Roboti UR jsou vyrobeni v souladu s touto normou tak, aby poskytovali ochranu před zásahem elektrickým proudem. Ochranné uzemnění je povinné, jak je definováno v Instalační příručka k hardwaru.

IEC 60068-2-1:2007
IEC 60068-2-2:2007
IEC 60068-2-27:2008
IEC 60068-2-64:2008
EN 60068-2-1:2007
EN 60068-2-2:2007
EN 60068-2-27:2009
EN 60068-2-64:2008

Environmental testing

Part 2-1: Tests - Test A: Cold

Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat

Part 2-27: Tests - Test Ea and guidance: Shock

Part 2-64: Tests - Test Fh: Vibration, broadband random and guidance

Roboti UR jsou testováni podle zkušebních metod uvedených v těchto normách.

IEC 61784-3:2010
EN 61784-3:2010 [SIL 2]

Industrial communication networks – Profiles

Part 3: Functional safety fieldbuses – General rules and profile definitions

V této normě jsou definovány požadavky pro bezpečné komunikační sběrnice.

IEC 60204-1/A1:2008
EN 60204-1/A1:2009 [2006/42/EC]

Safety of machinery – Electrical equipment of machines

Part 1: General requirements

Jsou aplikovány všeobecné zásady této normy.

IEC 60664-1:2007
IEC 60664-5:2007
EN 60664-1:2007 [2006/95/EC]
EN 60664-5:2007

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems

Part 1: Principles, requirements and tests

Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm

Elektrický obvod robotů UR je v souladu s touto normou.

EUROMAP 67:2015, V1.11

Electrical Interface between Injection Molding Machine and Handling Device / Robot

Roboti UR vybavení modulem příslušenstvím rozhraní E67 pro komunikaci se vstřikovacími lisami jsou v souladu s touto normou.

D Technické specifikace

Typ robota	UR5
Hmotnost	18.4 kg / 40.6 lb
Maximální náklad (viz část 4.4)	5 kg / 11 lb
Dosah	850 mm / 33.5 in
Rozsah kloubů	± 360 ° pro všechny klouby
Rychlost	Klouby: Max 180 %s. Nástroj: Přibl. 1 m/s / Přibl. 39.4 in/s.
Opakovatelnost polohy	± 0.1 mm / ± 0.0039 in (4 mils)
Připojovací rozměr příruby	Ø149 mm / 5.9 in
Počet stupňů volnosti	6 otočných kloubů
Velikost ovládací jednotky (Č × V × H)	475 mm × 423 mm × 268 mm / 18.7 in × 16.7 in × 10.6 in
V/V porty ovládací jednotky	16 digitálních vstupů, 16 digitálních výstupů, 2 analogové vstupy, 2 analogové výstupy
V/V porty nástroje	2 digitální vstupy, 2 digitální výstupy, 2 analogové vstupy
Zdroj napájení vstupů a výstupů	24 V 2 A v ovládací jednotce a 12 V/24 V 600 mA v nástroji
Komunikace	TCP/IP 1000 Mbit: IEEE 802.3u, 100BASE-T Ethernetová zásuvka, Modbus TCP & EtherNet/IP adaptér, Profinet
Programování	Grafické uživatelské rozhraní PolyScope na 12"dotykové obrazovce
Hluk	72 dB(A)
Klasifikace IP	IP54
Klasifikace pro čisté prostředí	Rameno robota: ISO třídy 5 Ovládací skříň: ISO třídy 6
Spotřeba energie	Přibl. 200 W při používání typického programu
Provozní spolupráce	15 pokročilých bezpečnostních funkcí. V souladu s: EN ISO 13849-1:2008, PLd a EN ISO 10218-1:2011, odstavec 5.10.5
Materiály	Hliník, plast PP
Teplota	Robot může pracovat při teplotách okolí v rozsahu 0-50 °C
Zdroj energie	100-240 VAC, 50-60 Hz
Kabeláž	Kabel mezi robotem a ovládací jednotkou (6 m / 236 in) Kabel mezi dotykovou obrazovkou a ovládací jednotkou (4.5 m / 177 in)

E Tabulky s bezpečnostními funkcemi

E.1 Tabulka 1

Table 1: Safety Function (SF) Descriptions NOTE: all safety functions are individual safety functions

TUV NORD Certified SF	Internal?	Safety Function	Description	What is controlled?
SF0	Internal	Emergency Stop 1, 2, 3, 4 <i>There are two Emergency Stop safety functions</i>	Pressing Estop on the Teach Pendant ¹ or the External Estop (if using the Estop Safety Input configured for Estop) results in both a Cat 0 & a Cat 1 stop according to IEC 60204-1 (NFPA79) ³ . These are SF0 and SF1, respectively. • SF0: 524ms timer setting in each safety controller's microprocessor. At the end of the 524ms, Cat 0 stop³ (IEC 60204-1) is initiated by each microprocessor. • SF1: Command¹ all joints and power to stop. This is a Cat 1 stop³ per IEC 60204-1. • The stopping times⁴ of the SF0 and SF1 Estop safety functions differ. • SF0 has a functional safety rating of PLd Cat3 which stops power immediately with a worst-case scenario stopping time of 1250ms, even if all joint monitoring failed at the same time and the robot is at maximum speed after 524ms. • SF1 has a safety rating of PLd Cat2 (see page 6) with a maximum stop time of 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10. See the User Manual for more information. The stop time can be reduced by the application's safety limit (SF3, 4, 6, 7, 8, 9) settings and the stop times provided in the User Manual.	Robot Arm
SF1				
SF2	Logic and outputs INTERNAL	Safeguard Stop (Protective Stop)	This safety function is initiated by an external protective device using safety inputs which initiates a Cat 2 stop ³ per IEC 60204-1. <i>For the safety rating of the completely integrated safety function, add the PFHd of the external protective device to the PFHd of SF2. If a PLd Cat3 stop is needed for protective devices, connect the protective device and configure the input as if it were an external Estop input (See SF0).</i>	Robot Arm
SF3	Internal	Joint Position Limit (soft axis limiting)	Exceeding the Joint Position limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). Each joint can have its own limit. <i>Limits the set of allowed Joint Positions that the joints can move to. It is set directly in the safety setup part of the UI where you can enter values. It is a means of safety-rated soft axis limiting and space limiting, according to ISO 10218-1:2011, 5.12.3.</i>	Joint (each)
SF4	Internal	Joint Speed Limit	Exceeding a Joint Speed limit results in a Cat 0 stop ⁵ per IEC 60204-1. Each joint can have its own limit.	Joint (each)

¹ **Communications between the Teach Pendant, controller, & the robot arm (between joints) are SIL 2**, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. See [NOTES](#)

² **Estop validation:** The Estop button is evaluated within the Teach Pendant, then communicated¹ to the safety controller by SIL2. To validate the Teach Pendant Estop functions, press the Estop button and verify an Estop results. See Estop Output for information about Estop I/O.

³ **Stop Categories** according to IEC 60204-1 (NFPA79)

- **Category 0 and 1** result in the removal of drive power, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop (decelerate, then power removal). Estop is either Cat 0 or Cat 1. As an exception, Estop can result in a Cat 2 stop.
- **Category 2** is a stop where drive power is NOT removed. Category 2 stop specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.

⁴ **Emergency Stop response time:** Selecting Estop results in having both PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estops. It is an integration decision whether the PLd Cat2 or PLd Cat3 response time is used for calculating the stopping distance. Typically, the protective stop stopping time is intended for protective purposes.

⁵ **Stop Categories** according to IEC 60204-1 (NFPA79)

- **Category 0 and 1** The drive power is removed, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop (decelerate, then power removal). Estop must be either Cat 0 or Cat 1.
- **Category 2** The drive power is NOT removed. Category 2 stop specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.

TUV NORD Certified SF	Internal?	Safety Function	Description	What is controlled?
			Limits the set of allowed Joint Speeds. It is in the Teach Pendant's safety setup where you can enter values. It can be used to limit fast joint movements, for instance to limit risks related to singularities.	
SF5	Internal	Joint Torque Limit	Exceeding the joint torque limit results in a Cat 0 stop ⁵ (per IEC 60204-1). This is not accessible to the user as it is a factory setting, part of the force limiting safety function.	Joint (each)
SF6	Internal	TCP Pose Limit	Monitors the TCP position and orientation. Any violation of a safety plane or TCP Pose Limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). This safety function consists of two parts: (1) The safety planes which limit the possible TCP positions by providing TCP inclusion/exclusion zones, and (2) The TCP orientation limit, which has an allowed direction and a tolerance. When a limit (plane or TCP pose) is violated, a Cat 0 stop is initiated.	TCP
SF7	Internal	TCP Speed Limit	Exceeding the TCP speed limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1).	TCP
SF8	Internal	TCP Force Limit	Exceeding the TCP force limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). Limits the external clamping force exerted by the robot. See also Joint Torque Limit (SF5).	TCP
SF9	Internal	Momentum Limit	Exceeding the Momentum Limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). The Momentum Limit is useful for limiting transient impacts and affects the entire robot arm.	Robot Arm
SF10	Internal	Power Limit	Exceeding the Power Limit results in a Cat 0 stop ⁵ (IEC 60204-1). This function monitors the mechanical work (sum of joint torques times joint angular speeds) performed by the robot. This affects the current to, and the speed of, the robot arm. This function dynamically limits the current/torque but maintain the speed.	Robot Arm
SF11	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Estop Output	When configured for Estop output and there is an Estop condition (see SF1), the dual outputs are LOW. If there is no Estop condition, dual outputs are HIGH. Pulses are not used but are tolerated. For the integrated functional safety rating with an external Estop device, add the PFHd of the UR Estop function (SF0 or SF1) to the PFHd of the external logic (if any) and its components (e.g. Estop pushbutton). ⁶	External connection to logic &/or equipment
SF12	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Moving: Digital Output	Whenever the robot is moving, the dual Digital Outputs are LOW. Outputs are HIGH when the robot is not moving. The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.	External connection to logic &/or equipment
SF13	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Not stopping: Digital Output	Whenever the robot is STOPPING (i.e., in the process of stopping or in a stand-still condition) the dual Digital Outputs are HIGH. When outputs are LOW, robot is NOT in the process or stopping and NOT in a stand-still condition. The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.	External connection to logic &/or equipment
SF14	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Reduced Mode: Digital Output	Whenever the robot is in Reduced Mode , the dual Digital Outputs are LOW. See Robot Reduced Mode below. The functional safety rating is for inside the robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.	External connection to logic &/or equipment
SF15	Internal as a function with dual outputs	UR Robot Not Reduced Mode:	Whenever the robot is NOT in Reduced Mode, the dual Digital Outputs are LOW. The functional safety rating is for what is within the UR robot. The integrated functional safety performance requires adding this PFHd to the PFHd of the external logic (if any) and its components.	External connection to logic &/or equipment

⁶ **Estop validation:** The Estop button is evaluated in the Teach Pendant, then communicated¹ to the safety controller by SIL2 communications. See Communications and Safety Functions on page 10. To validate the Estop function, press the Teach Pendant Estop button and verify an Estop results. See footnote 13. The connection from the Teach Pendant to the safety controller is by safety communications according to SIL 2 (See page 10). See Estop Output for information about Estop I/O.

TUV NORD Certified SF	Internal?	Safety Function	Description	What is controlled?
		Digital Output		
Robot Reduced Mode	Internal Logic and Outputs, with Dual Inputs (1 through 4)	Reduced Mode Input	Reduced Mode is initiated by a safety plane/boundary (starting at 2cm of the plane) or by use of an input to initiate (will achieve reduced settings within 500ms). When the external connections are LOW, Reduced Mode is initiated. Reduced Mode means that ALL Reduced Mode limits are ACTIVE. <i>Reduced Mode is not a safety function, rather it is a state affecting the settings of the following safety function limits: SF3 Joint Position, SF4 Joint Speed, SF6 TCP pose limit, SF7 TCP speed, SF8 TCP force, SF9 Momentum, and SF10 power.</i>	Robot Arm
Safeguard Reset	Internal Logic and Outputs, with Dual Inputs (1 through 4)	Safeguard Reset Input	When configured for Safeguard Reset and the external connections transition from LOW to HIGH, the safeguard stop RESETS. Safety input to initiate a reset of safeguard stop safety function SF2.	Robot
Enabling Device	External Enabling Device as input to UR Robot logic	Three- Position Enabling Device INPUT	When the external Enabling Device connections are LOW, a Safeguard Stop (SF2) is initiated. Recommendation: Use with a mode switch as a safety input. If a mode switch is not used and connected to the safety inputs, then the robot mode will be determined by the Teach Pendant. If the Teach Pendant is in Run Mode—the enabling device will not be active. Programming Mode—the enabling device will be active. Password protection is available to change modes.	Robot
Mode Selection	External Mode Switch using dual Inputs (1 through 4) and internal logic	Mode Switch INPUT	When the external connections are LOW, Operation Mode (running) is in effect. When HIGH, it is Programming or Teach Mode. Must be used with an Enabling Device as a safety input. When in Teach/Program Mode, the switch inputs are HIGH, and enabling device is required. When in Teach/Program Mode, the TCP Speed is limited to 250mm/s. The speed can be increased using the Teach Pendant “speed-slider,” but upon activating the enabling device, the speed limit resets to 250mm/s.	Robot

E.2 Tabulka 2

Table 2: Compliance and ISO 13849-1 Functional Safety Information ^{7, 8}

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Limits or USER configuration or Factory Setting	Stop Category per IEC 60204-1 ⁹	IEC 61800-5-2 Stop: power to switching devices retained for Category 2 Stop	PL	Cat	PFHd UR 3/5/10
SF0	Emergency Stop ^{8, 9, 10, 11, 12, 13, 14} <i>There are two separate Emergency Stop safety functions: SF0 and SF1</i>	No	Cat 1 Stop 524ms time-delay before Cat 0 Stop is initiated	NA	d	3	4.38E-8 See ¹⁰
SF1	Emergency Stop ^{11, 13, 14} <i>There are two safety functions: SF0 & SF1</i>	No	Cat 1 Stop when at SS1 standstill, Cat 0 Stop initiated	SS1 ¹⁵ when at SS1 standstill, Cat 0 Stop initiated	d	2	3.16E-07 See ¹⁰
SF2	Safeguard Stop (Protective Stop)	No	Cat 2	SS2 ¹⁶	d	2	3.15E-07

⁷ All safety functions are individual safety functions.

⁸ **MTTFd is limited to 100 years by ISO 13849-1.** The actual MTTFd values are greater than 100 years. **For all safety functions, the DCavg is 90%.**

⁹ **Stop Categories according to IEC 60204-1 (NFPA79).**

- **Category 0 and 1** result in the removal of drive power, with Cat 0 being IMMEDIATE and Cat 1 being a controlled stop before removal of power. Estop is either Cat 0 or Cat 1.
- **Category 2** is a stop where drive power is NOT removed. For Category 2 stops, specifications are defined in IEC 60204-1, while SS1 and SS2 are defined IEC 61800-5-2.

¹⁰ **Emergency stop safety functions:** MTTFd, DCavg and PFHd uses fault exclusion in accordance with ISO 13849-1 due to use of direct acting contacts. If fault exclusion were **not** used, then the PFHd values would be: **SF0:** 1.60E-07; **SF1:** 4.27E-07; **SF11:** 1.56E-07.

¹¹ **Emergency stop components and safety function** complies with IEC 60204-1, IEC 60947-5-1 (direct acting contacts), ISO 13850 and ISO 13849-1.

¹² **Communications between the Teach Pendant and the controller, as well as within the robot arm & between joints are SIL 2** for safety data, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. See Communications and Safety Functions on page [10](#).

¹³ **Estop validation:** The Teach Pendant Estop button is evaluated in the Teach Pendant, then communicated¹ to the safety controller by SIL2 communications. To validate the Teach Pendant Estop function, press the Teach Pendant Estop button and verify an Estop results. See Estop Output for information about Estop I/O.

¹⁴ **Emergency Stop response time:** From a Teach Pendant standpoint, selecting Estop results in having both the PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estop. It is an integration decision whether the PLd Cat2 or PLd Cat3 response time is used to calculate the stopping distance.

¹⁵ **SS1 (Safe Stop 1)** according to IEC 615800-5-2

- a) Initiates and controls the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the STO function when the motor speed is below a specified limit; or
- b) Initiates and monitors the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the STO function when the motor speed is below a specified limit; or
- c) Initiates the motor deceleration and initiates the STO function after an application specific time delay.

NOTE: This safety function corresponds to a controlled stop in accordance with stop category 1 of IEC 60204-1.

¹⁶ **SS2 (Safe Stop 2)** according to IEC 615800-5-2

- a) Initiates and controls the motor deceleration rate within set limits to stop the motor and initiates the safe operating stop function when the motor speed is below a specified limit; OR

TUV NORD Certified SF	Safety Function	Limits or USER configuration or Factory Setting	Stop Category per IEC 60204-1 ⁹	IEC 61800-5-2 Stop: power to switching devices retained for Category 2 Stop	PL	Cat	PFHd UR 3/5/10
Mode Selection	Mode switch INPUT	Input & I/O Configuration	Cat 2	SS2 ¹⁸	d	2	3.15E-07

NOTES:

All safety functions are individual safety functions. The UR safety controller has two microprocessors for monitoring incoming inputs, logic, and communications.

Stopping times of the SF0 and SF1 Emergency Stop safety functions:

SF0 has a functional safety rating of PLd Cat3. This means the worst-case stopping time is 1250ms, even if all joint safety monitoring failed at the same time, at full speed, and after 524ms.

SF1 has a functional safety rating of PLd Cat2 with a maximum stop time of approximately 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10 (see the User Manual for information). The application stop time can be reduced depending on the application's safety limits (SF3, 4, 6, 7, 8, 9, 10) settings and the use of the stop time information provided in the manual. *From a Teach Pendant standpoint, selecting Estop results in having both a PLd Cat 2 and PLd Cat 3 Estop.*

SF2 has a functional safety rating of PLd Cat2 with a reliable (see functional safety information) and realistic maximum stop time of approximately 300ms for UR3 and 400ms for UR5/UR10. See the User Manual for specific information. The application stop time can be reduced depending on the application's safety limits (SF3, 4, 6, 7, 8, 9, 10) settings and the use of the stop time information provided in the manual.

It is an integration decision whether the Protective Stop (PLd Cat2) or the Emergency Stop (PLd Cat3) response time is to be used for the calculation of the stopping distance. Since the Emergency Stop is not considered a safeguard, it is typically recommended to use the Safeguard Stop (Protective Stop) stopping time.

Communications and Safety Functions:

Communications between the Teach Pendant and the controller, as well as within the robot arm & between joints are SIL 2 for safety data, according to IEC 61784-3. Any failure will be detected within 16ms. Some diagnostics require filtering of data to avoid false positives. In these cases, the detection of a fault can range from 8 to 25ms. Depending on the safety function and its diagnostics, fault detection is between 16ms and 33ms. It is recommended to use 33ms, due to the detection variability.

Část II

Příručka k rozhraní PolyScope

10 Bezpečnostní konfigurace

10.1 Úvod

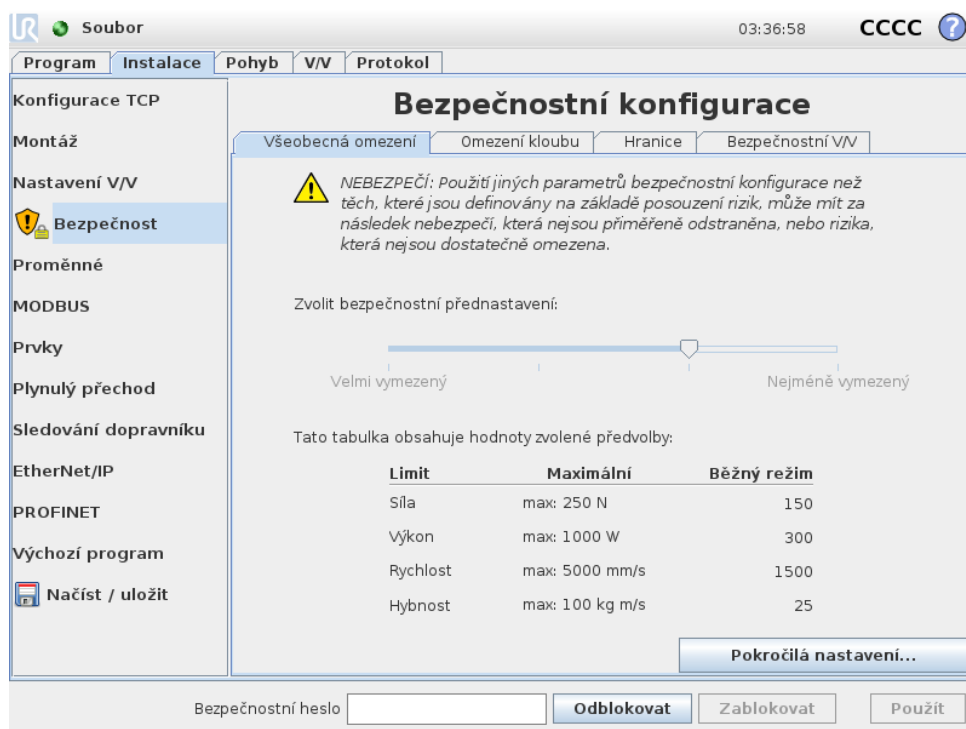
Robot je vybaven vyspělým bezpečnostním systémem. V závislosti na konkrétních charakteristikách pracovního prostředí robota je nutné bezpečnostní systém nastavit tak, aby zaručil bezpečnost veškerého personálu i obsluhy v blízkosti robota. První věc, kterou musí osoba provádějící instalaci udělat, je použít nastavení definovaná na základě posouzení rizik. Podrobné informace o bezpečnostním systému viz Instalační příručka k hardwaru.



NEBEZPEČÍ:

1. Použití a konfigurace bezpečnostních funkcí a rozhraní musí být provedeno na základě posouzení rizik osobou zajišťující instalaci pro konkrétní aplikaci robota, viz. Instalační příručka k hardwaru.
2. Nastavení bezpečnostní konfigurace pro instalaci a učení je nutno aplikovat na základě posouzení rizik osobou zajišťující instalaci a před prvním zapnutím robotického ramena.
3. Veškerá bezpečnostní nastavení konfigurace přístupná na této obrazovce a jejích podkartách je nutné nastavit v souladu s výsledky posouzení rizik osobou zajišťující instalaci.
4. Obsluha odpovědná za instalaci musí zajistit, aby byly veškeré změny nastavení prováděny v souladu s výsledky posouzení rizik.
5. Osoba zajišťující instalaci musí zabránit změnám bezpečnostní konfigurace neoprávněnými osobami, např. použitím ochrany heslem.

Na obrazovku Bezpečnostní konfigurace se dostanete z Uvítací obrazovky (viz 11.4) stisknutím tlačítka Programovat robota, výběrem karty Instalace a klepnutím na možnost Bezpečnost. Bezpečnostní konfigurace je chráněna heslem, viz 10.8.



Bezpečnostní nastavení se skládají z množství mezních hodnot, které slouží k omezení pohybů ramene robota, a z nastavení bezpečnostních funkcí pro konfigurovatelné vstupy a výstupy. Definují se na bezpečnostní obrazovce na následujících podkartách:

- Na kartě *Obecná omezení* se definuje maximální *síla*, *výkon*, *rychlost* a *hybnost* ramene robota. V případě velmi vysokého rizika zásahu člověka nebo kolize se součástí prostředí je třeba v těchto nastaveních zadat nízké hodnoty. Pokud je riziko nízké, lze pomocí vyšších obecných mezních hodnot umožnit robotovi pohybovat se rychleji a vyvíjet větší sílu na prostředí. Další podrobnosti viz 10.10.
- Podkarta *Mezní hodnoty kloubů* obsahuje mezní hodnoty *rychlosti* a *polohy* kloubů. Mezní *hodnoty rychlosti kloubů* definují maximální úhlovou rychlost jednotlivých kloubů a slouží jako další omezení rychlosti ramene robota. Mezní *hodnoty polohy kloubů* definují povolený rozsah poloh jednotlivých kloubů (v prostoru kloubu). Další podrobnosti viz 10.11.
- Na podkartě *Hranice* se definují bezpečnostní roviny (v kartézském prostoru) a hranice orientace nástroje pro TCP robota. Bezpečnostní roviny lze konfigurovat jako pevné mezní hodnoty pro polohu TCP robota nebo jako aktivační impulzy bezpečnostních mezí *Běžného* režimu (viz 10.6). Hranice orientace nástroje tvoří pevnou mezní hodnotu orientace TCP robota. Další podrobnosti viz 10.12.
- Na podkartě *Bezpečnostní vstupy/výstupy* se definují bezpečnostní funkce pro konfigurovatelné vstupy a výstupy (viz 13.2). *Nouzové zastavení* lze například konfigurovat jako vstup. Další podrobnosti viz 10.13.

10.2 Změna bezpečnostní konfigurace

Nastavení bezpečnostní konfigurace lze měnit pouze v souladu s posouzením rizik provedeným osobou zajišťující instalaci.

Doporučený postup změny bezpečnostní konfigurace je následující:

1. Změny musí být v souladu s posouzením rizik provedeným osobou zajišťující instalaci.
2. Upravte bezpečnostní nastavení na odpovídající úroveň definovanou na základě posouzení rizik provedeným osobou zajišťující instalaci.
3. Zkontrolujte, zda jsou aplikována bezpečnostní nastavení.
4. Do příruček pro obsluhu zadejte následující text: „Před zahájením práce v blízkosti robota se ujistěte, že je bezpečnostní konfigurace nastavena očekávaným způsobem. Lze ji ověřit například pomocí kontrolního součtu v pravém horním rohu rozhraní PolyScope (viz 10.5 v Příručka k rozhraní PolyScope).“

10.3 Bezpečnostní synchronizace a chyby

Stav aplikované bezpečnostní konfigurace ve srovnání s instalací robota, kterou načtlo rozhraní GUI, je znázorněn ikonou štítu vedle textu *Bezpečnost* na levé straně obrazovky. Tyto ikony poskytují rychlé informace o aktuálním stavu. Jejich definice je uvedena níže:

-  *Konfigurace synchronizována:* Zobrazuje, že je instalace rozhraní GUI stejná jako aktuálně použitá bezpečnostní konfigurace. Nebyly provedeny žádné změny.
-  *Konfigurace změněna:* Zobrazuje, že je instalace rozhraní GUI odlišná od aktuálně použité bezpečnostní konfigurace.

Při úpravě bezpečnostní konfigurace vás bude ikona štítu informovat, zda je nebo není použito aktuální nastavení.

Pokud jakékoliv textové pole na kartě *Bezpečnost* obsahuje neplatný vstup, bude se bezpečnostní konfigurace nacházet v chybovém stavu. Tato situace se označuje několika způsoby:

1. Vedle textu *Bezpečnost* na levé straně obrazovky se zobrazí červená ikona chyby.
2. Podkarty s chybami jsou v horní části označeny červenou ikonou chyby.
3. Textová pole obsahující chyby jsou označena červeným pozadím.

Pokud dojde k chybě a vy se pokusíte kartu *Instalace* zavřít, zobrazí se dialogové okno s následujícími možnostmi:

1. Vyřešte problém, tak aby byly všechny chyby odstraněny. Toto je viditelné tehdy, když se vedle textu *Bezpečnost* na levé straně obrazovky již nezobrazuje červená ikona chyby.
2. Vraťte zpět předchozí bezpečnostní konfiguraci. Tím se zruší veškeré změny a vy budete moci pokračovat do požadovaného umístění.

Pokud k žádné chybě nedojde a vy se pokusíte kartu *Instalace* zavřít, zobrazí se odlišné dialogové okno s následujícími možnostmi:

1. Použijte změny a restartujte systém. Tím se úpravy bezpečnostní konfigurace aplikují v systému, který se poté restartuje. Poznámka: To neznamená, že změny budou uloženy; pokud robota v tuto chvíli vypnete, ztratí se veškeré změny provedené v instalaci robota včetně bezpečnostní konfigurace.
2. Vraťte zpět předchozí bezpečnostní konfiguraci. Tím se zruší veškeré změny a vy budete moci pokračovat do požadovaného vybraného umístění.

10.4 Tolerance

Rameno robota využívá vestavěné tolerance, které brání narušení bezpečnosti. Bezpečnostní tolerance je rozdíl mezi bezpečnostním limitem a maximální provozní hodnotou. Například obecná tolerance rychlosti je -150mm/s . To znamená, že pokud uživatel nastaví rychlostní limit 250mm/s , maximální provozní rychlost pak bude $250 - 150 = 100\text{mm/s}$. Bezpečnostní tolerance brání narušení bezpečnosti, a zároveň umožňují přiměřené kolísání v chování programu. Například při manipulaci s těžkým břemenem může dojít k situacím, kdy musí *Rameno robota* krátce pracovat nad normální maximální provozní rychlostí, aby dodrželo naprogramovanou trajektorii. Příklad takové situace je zobrazen na obrázku 10.1.



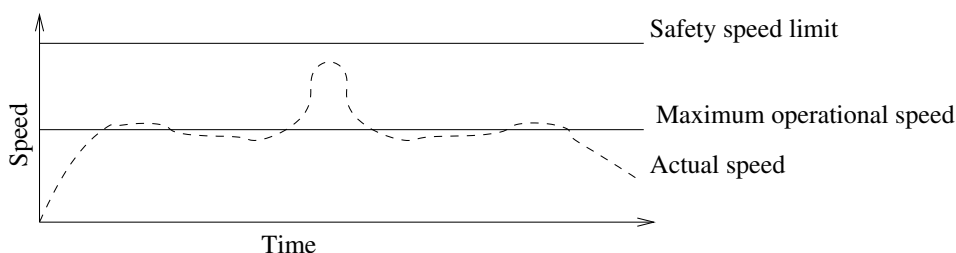
UPOZORNĚNÍ:

Vždy je třeba provést posouzení rizik pomocí mezních hodnot bez tolerancí.



UPOZORNĚNÍ:

Tolerance jsou specifické pro verzi softwaru. Aktualizací softwaru může dojít ke změně tolerancí. Informace o změnách mezi verzemi naleznete v poznámkách k vydání.



Obrázek 10.1: Příklad bezpečnostní tolerance.

10.5 Bezpečnostní kontrolní součet

Text v pravém horním rohu obrazovky v krátkosti představuje bezpečnostní konfiguraci, kterou robot aktuálně používá. Pokud se text změní, znamená to, že se změnila aktuální bezpečnostní konfigurace. Kliknutím na kontrolní součet se zobrazí podrobnosti o aktuální bezpečnostní konfiguraci.

10.6 Bezpečnostní režimy

Za normálních podmínek (tj. když není aktivní ochranné zastavení) pracuje bezpečnostní systém v jednom z následujících *bezpečnostních režimů*, z nichž každý obsahuje sadu bezpečnostních mezních hodnot:

Běžný režim: Bezpečnostní režim je ve výchozím nastavení aktivní;

Omezený režim: Aktivní, pokud TCP robota překročilo spouštěcí rovinu *Omezeného režimu* (viz 10.12) nebo pokud je spuštěn pomocí konfigurovatelného vstupu (viz 10.13).

Režim Obnovy: Pokud rameno robota narušuje jeden z dalších režimů (tj. *Běžný* nebo *Omezený režim*) a dojde k zastavení kategorie 0,¹ spustí se rameno robota v režimu **Obnovy**. Tento režim umožňuje pomalý přesun robota zpět do povolené oblasti pomocí **karty Pohyb** nebo **Freedrive**. V tomto režimu není možné spouštět programy pro robota.



UPOZORNĚNÍ:

Mezní hodnoty pro *polohu kloubu*, *polohu TCP* a *orientaci TCP* jsou v režimu *Obnovy* deaktivovány, při přesunu ramene robota zpět do rozsahu mezních hodnot proto buďte opatrní.

Podkarty na obrazovce *Bezpečnostní konfigurace* uživateli umožňují definovat samostatné sady mezních hodnot pro *Běžný* a *Omezený* režim. Mezní hodnoty *Omezeného* režimu pro rychlost a hybnost nástroje a kloubů musí být restriktivnější, než jejich protějšky v *Běžném* režimu.

Pokud je narušena bezpečnostní mezní hodnota ze sady aktivních mezních hodnot, provede rameno robota zastavení kategorie 0. Pokud je aktivní bezpečnostní mezní hodnota, např. mezní poloha kloubu nebo bezpečnostní hranice, narušena již při zapnutí robota, spustí se robot v režimu *Obnovy*. To umožňuje přesunout rameno robota zpět do rozsahu bezpečnostních mezních hodnot. V režimu *Obnovy* je pohyb ramene robota omezen pevně stanovenou sadou mezních hodnot, kterou uživatel nemůže upravit. Informace o mezních hodnotách v režimu *Obnovy* naleznete v Instalační příručce k hardwaru.

10.7 Režim Freedrive

Pokud je aktivní režim *Freedrive* (viz 13.1.5) a pohyb ramene robota se dostane do blízkosti některé mezní hodnoty, ucítí uživatel odpudivou sílu. Tato síla se generuje pro mezní hodnoty polohy, orientace a rychlosti TCP robota a pro polohu a rychlost kloubů.

Odpudivá síla má uživatele informovat o tom, že se aktuální poloha nebo rychlost blíží mezní hodnotě, a zabránit tak robotovi v narušení této mezní hodnoty. Pokud však na rameno robota uživatel použije dostatečnou sílu, lze tuto mezní hodnotu překročit. Velikost síly se zvyšuje s tím, jak se rameno robota přibližuje mezní hodnotě.

10.7.1 Zpětné řízení

V režimu *Freedrive* lze díky odbrzdění klouby robotu pohybovat relativně nízkou silou. Během inicializace ramena robotu, lze při odbrzdění pozorovat menší vibrace. V některých situacích, například když je robot v blízkosti kolize, jsou tyto otřesy nežádoucí a k vynucenému pohybu konkrétních kloubů do požadované polohy bez uvolnění všech brzd v rameni robota lze použít funkci *Backdrive*.

Aktivace funkce *Backdrive*:

1. Stisknutím tlačítka ON zapnete napájení kloubů. Stav robotu je nastaven na „Idle“ (naprázdno). Neodbrzdíte brzdy (tj. nestisknete START).

¹V souladu s normou IEC 60204-1, více podrobností viz slovník.

2. Stiskněte a přidržte tlačítko *Freedrive*. Stav robotu se změní na „Backdrive“.
3. Odbrzdí se pouze klouby pod tlakem, a to po dobu stisknutí tlačítka *Freedrive*. Během používání funkce *Backdrive* je pohyb robotu ztížen.

10.8 Ochrana heslem

Veškerá nastavení na této obrazovce uzamčena do doby, než uživatel zadá do bílého textového pole ve spodní části obrazovky správné heslo (viz 15.3) a stlačí tlačítko *Odemknout*. Obrazovku lze opět zamknout kliknutím na tlačítko *Zamknout*. Při odchodu z obrazovky Bezpečnostní konfigurace se karta *Bezpečnost* automaticky uzamkne. Uzamčení nastavení signalizuje ikona zámku vedle textu *Bezpečnost* na levé straně obrazovky. Po odemčení nastavení se zobrazí ikona odemčení.



POZNÁMKA:

Po odemčení obrazovky Bezpečnostní konfigurace se rameno robotu vypne.

10.9 Použit

Po odemčení bezpečnostní konfigurace a během provádění změn bude rameno robotu vypnuté. Rameno robotu bude možné zapnout až poté, co budou použity či vráceny změny. Zapnutí se provádí ručně na obrazovce inicializace.

Veškeré změny bezpečnostní konfigurace je třeba před zavřením karty *Instalace* použít nebo vrátit. Tyto změny se projeví až po stisknutí tlačítka *Použit* a provedení potvrzení. Potvrzení vyžaduje vizuální kontrolu změn provedených u ramene robotu. Z bezpečnostních důvodů jsou informace zobrazeny v jednotkách SI. Příklad dialogového okna k potvrzení je zobrazen níže.

Potvrzení použité bezpečnostní konfigurace

Všeobecná omezení
Omezení kloubu
Hranice
Bezpečnostní V/V
Různé

Limit	Běžný režim	Omezený režim
Síla	150,00	120,00 N
Výkon	300,00	200,00 W
Rychlost	1,50	0,75 m/s
Hybnost	25,00	10,00 kg m/s

Potvrdit bezpečnostní konfiguraci

Zamítnout

Po potvrzení se změny automaticky uloží jako součást aktuální instalace robota. Další informace o ukládání instalace robota viz 13.5.

10.10 Všeobecná omezení

Všeobecná bezpečnostní omezení omezují lineární rychlost TCP robota a také sílu, kterou může vynaložit na okolní prostředí. Skládají ze z následujících hodnot:

Síla: Omezení maximální síly, kterou TCP robota vyvíjí na prostředí.

Výkon: Omezení maximální mechanické práce vyvíjené robotem na prostředí za předpokladu, že je náklad součástí robota, a nikoliv prostředí.

Rychlost: Mezní hodnota pro maximální lineární rychlost TCP robota.

Hybnost: Mezní hodnota maximální hybnosti ramene robota.

Všeobecná bezpečnostní omezení lze v rámci instalace nakonfigurovat dvěma způsoby; *Základní* nastavení a *Pokročilá* nastavení, která jsou podrobně popsána níže.

Definováním obecných bezpečnostních omezení se definují mezní hodnoty pouze pro nástroj, a nikoliv celkové mezní hodnoty pro rameno robota. To znamená, že ačkoliv je stanovena mezní hodnota rychlosti, *není* zaručeno, že ostatní součásti ramene robota budou dodržovat stejné omezení.

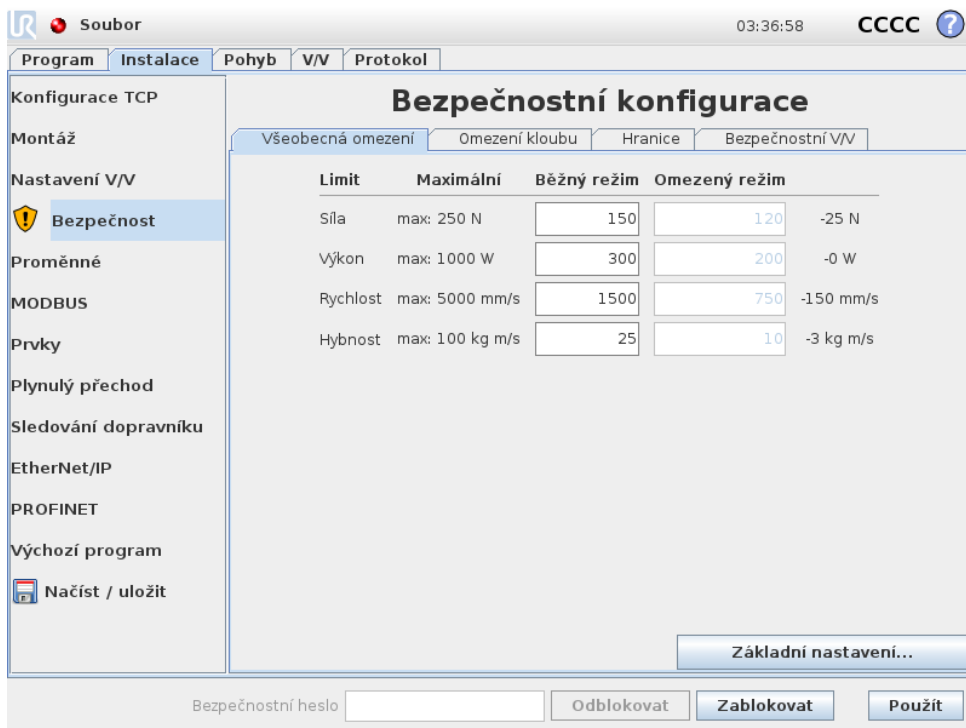
Pokud je nastaven režim *Freedrive* (viz 13.1.5) a aktuální rychlost TCP robota se blíží mezní hodnotě *rychlosti*, ucítí uživatel odpudivou sílu, která se bude zvyšovat s tím, jak se rychlost bude blížit mezní hodnotě. Síla se začne generovat v případě, že se aktuální rychlost pohybuje zhruba 250 mm/s kolem mezní hodnoty.

Základní nastavení Na úvodním podpanelu obecných omezení, zobrazeném jako výchozí obrazovka, se nachází posuvník se čtyřmi předdefinovanými sadami hodnot pro mezní sílu, výkon, rychlost a moment v *Běžném* i *Omezeném* režimu:

Konkrétní soubory hodnot jsou uvedeny v rozhraní GUI. Předdefinované soubory hodnot jsou pouze návrhy a nemohou nahradit řádné posouzení rizik.

Přepnutí na Pokročilá nastavení Pokud by *žádná* z předem definovaných sad hodnot nebyla postačující, lze stisknout tlačítko *Pokročilá nastavení...* a přejít tak na obrazovku pokročilých všeobecných omezení.

Pokročilá nastavení



Limit	Maximální	Běžný režim	Omezený režim	
Síla	max: 250 N	150	120	-25 N
Výkon	max: 1000 W	300	200	-0 W
Rychlost	max: 5000 mm/s	1500	750	-150 mm/s
Hybnost	max: 100 kg m/s	25	10	-3 kg m/s

Buttons: Základní nastavení..., Bezpečnostní heslo, Odblokovat, Zablokovat, Použít

Zde lze veškeré obecné mezní hodnoty popsané v 10.10 upravit nezávisle na ostatních. Hodnotu lze upravit klepnutím na odpovídající textové pole a zadáním nové hodnoty. Nejvyšší přijatelná hodnota pro každé omezení je uvedena ve sloupci s názvem *Maximum*. Mezní sílu lze nastavit na hodnotu mezi 100 N a 250 N, a mezní výkon lze nastavit na hodnotu mezi 80 W a 1000 W.

Poznámka: Pokud není nastavena bezpečnostní rovina ani konfigurovatelný vstup, který by ji spustil, jsou pole pro mezní hodnoty v *Omezeném* režimu neaktivní (další informace viz 10.12 a 10.13). Mezní hodnoty *Rychlost* a *Hybnost* dále nesmí být v *Omezeném* režimu vyšší než jejich protějšky v *Běžném* režimu.

Tolerance a jednotka pro jednotlivé mezní hodnoty jsou uvedeny na konci příslušného řádku. Pokud je program spuštěn, upraví se rychlost ramene robota automaticky tak, aby nepřekračovala žádnou zadanou hodnotu (po odečtení tolerance) (viz 10.4). Poznámka: záporné znaménko zobrazené u hodnoty tolerance pouze označuje, že se tato tolerance odečte ze skutečné zadané hodnoty. Pokud rameno robota překročí mezní hodnotu (bez tolerance), bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0.

**UPOZORNĚNÍ:**

Mezní hodnota rychlosti platí pouze pro TCP robota, ostatní součásti ramene robota se tedy mohou pohybovat rychleji, než je definovaná hodnota.

Přepnutí na Základní nastavení Stisknutím tlačítka Základní nastavení... přepnete zpět na základní obrazovku obecných omezení a u veškerých obecných omezení se obnoví výchozí nastavení. Pokud by to způsobilo ztrátu přizpůsobených hodnot, zobrazí se vyskakovací okno s žádostí o potvrzení akce.

10.11 Mezní hodnoty kloubu

Klouby	Rozsah	Běžný režim		Omezený režim		
		Minimální	Maximální	Minimální	Maximální	
Základna	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Rameno	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Locket	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Zápěstí 1	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Zápěstí 2	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °
Zápěstí 3	-363 — 363 °	-363	363	-363	363	+3 ° / -3 °

Mezní hodnoty kloubu omezují pohyb jednotlivých kloubů v prostoru kloubu, tj. nevztahují se na kartézský prostor, ale na interní (rotační) polohu kloubů a jejich rotační rychlost. Pomocí přepínačů v horní části podpanelu lze nezávisle nastavovat Maximální rychlost a Rozsah poloh pro klouby.

Pokud je nastaven režim *Freedrive* (viz 13.1.5) a aktuální rychlost kloubu se blíží mezní hodnotě, ucítí uživatel odpudivou sílu, která se bude zvyšovat s tím, jak se rychlost bude blížit mezní hodnotě. Síla se začne generovat v případě, že se rychlost kloubu přiblíží zhruba na 20 °/s k mezní hodnotě rychlosti nebo bude poloha kloubu asi 8 ° od mezní hodnoty polohy.

Maximální rychlost Pomocí této možnosti lze definovat maximální úhlovou rychlost pro jednotlivé klouby. Hodnotu lze upravit klepnutím na odpovídající textové pole a zadáním nové hodnoty. Nejvyšší přijatelná hodnota je uvedena ve sloupci s názvem *Maximum*. Žádnou hodnotu nelze nastavit na pod toleranční mez.

Poznámka: Pokud není nastavena bezpečnostní rovina ani konfigurovatelný vstup, který by ji spustil, jsou pole pro mezní hodnoty v *Omezeném* režimu neaktivní (další informace viz 10.12 a 10.13). Mezní hodnoty dále nesmí být v *Omezeném* režimu vyšší než jejich protějšky v *Běžném* režimu.

Tolerance a jednotka pro jednotlivé mezní hodnoty jsou uvedeny na konci příslušného řádku. Pokud je program spuštěn, upraví se rychlost ramene robota automaticky tak, aby nepřekračovala žádnou zadanou hodnotu (po odečtení tolerance) (viz 10.4). Poznámka: minusové znaménko zobrazené u hodnoty tolerance pouze označuje, že se tato tolerance odečte ze skutečné zadané hodnoty. Pokud však úhlová rychlost některého kloubu překročí zadanou hodnotu (bez tolerance), bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0.

Rozsah poloh Na této obrazovce lze definovat maximální rozsah poloh pro jednotlivé klouby. Hodnotu lze upravit klepnutím na odpovídající textové pole a zadáním nové hodnoty pro spodní a horní hranici polohy kloubu. Zadaný interval musí odpovídat hodnotám uvedeným ve sloupci s názvem *Rozsah* a spodní hranice nesmí překročit hodnotu horní hranice.

Poznámka: Pokud není nastavena bezpečnostní rovina ani konfigurovatelný vstup, který by ji spustil, jsou pole pro mezní hodnoty v *Omezeném* režimu neaktivní (další informace viz 10.12 a 10.13).

Tolerance a jednotka pro jednotlivé mezní hodnoty jsou uvedeny na konci příslušného řádku. První hodnota tolerance se použije na minimální hodnotu a druhá na maximální hodnotu. Pokud se poloha kloubu blíží k porušení rozsahu vyplývajícího z přičtení první tolerance k zadané minimální hodnotě a odečtení druhé tolerance od zadané maximální hodnoty a pokračuje po předpokládané trase, provádění programu se přeruší. Poznámka: minusové znaménko zobrazené u hodnoty tolerance pouze označuje, že se tato tolerance odečte ze skutečné zadané hodnoty. Pokud však poloha kloubu překročí zadaný rozsah, bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0.

10.12 Hranice

Na této kartě lze nakonfigurovat hraniční hodnoty, které se skládají z bezpečnostních rovin a hodnoty maximální povolené odchylky orientace nástroje robota. Lze také definovat roviny, které spustí přechod do *Omezeného* režimu.

Povolený pracovní prostor robota lze omezit pomocí bezpečnostních rovin, které TCP robota donutí zůstat na správné straně definovaných rovin a neprocházet jimi. Nakonfigurovat lze až osm bezpečnostních rovin. Pomocí omezení orientace nástroje lze zajistit, že se orientace nástroje robota neodchýlí od požadované orientace o víc, než je určité definované množství.



UPOZORNĚNÍ:

Definováním bezpečnostních rovin se omezí pouze TCP, a nikoliv celková mezní hodnota ramene robota. To znamená, že i přes stanovení bezpečnostní roviny *není* zaručeno, že ostatní součásti ramene robota budou dodržovat totéž omezení.

Konfigurace jednotlivých hraničních mezí je založena na jednom z prvků definovaných v aktuální instalaci robota (viz 13.12).

**POZNÁMKA:**

Důrazně doporučujeme, abyste před úpravou bezpečnostní konfigurace vytvořili veškeré funkce potřebné pro konfiguraci všech požadovaných hraničních mezí a přiřadili jim správné názvy. Poznámka: Jakmile se rameno robota po odemčení karty *Zabezpečení* vypne, bude funkce *Nástroj* (obsahující aktuální pozici a orientaci TCP robota) a režim *Freedrive* (viz 13.1.5) neaktivní.

Pokud je aktivní režim *Freedrive* (viz 13.1.5) a aktuální poloha TCP robota je blízko bezpečnostní roviny, nebo se odchylka orientace nástroje robota od požadované orientace blíží specifikované maximální odchylce, ucítí uživatel odpudivou sílu, která se bude zvyšovat spolu s tím, jak se TCP bude blížit mezní hodnotě. Síla se začne generovat v případě, že se TCP dostane do vzdálenosti přibližně 5 cm od bezpečnostní roviny, nebo se odchylka orientace nástroje přiblíží zhruba na 3° ke specifikované maximální odchylce.

Pokud je rovina definována jako *Aktivační impuls omezeného* režimu a bod TCP tuto hranici překročí, bezpečnostní systém přejde do *Omezeného* režimu, ve kterém se uplatňují bezpečnostní nastavení *Omezeného* režimu. Ve spouštěcích rovinách platí stejná pravidla jako v běžných bezpečnostních rovinách až na to, že jimi rameno robota může projít.

10.12.1 Výběr hranice pro konfiguraci

Panel *Bezpečnostní hranice* na levé straně karty slouží k výběru hraniční meze, která se bude konfigurovat.

Chcete-li nastavit bezpečnostní rovinu, klikněte na jednu z osmi položek uvedených v horní části panelu. Pokud již byla nakonfigurována vybraná bezpečnostní rovina, zvýrazní se odpovídající 3D znázornění roviny ve 3D zobrazení (viz 10.12.2) na pravé straně tohoto panelu. Bezpečnostní rovinu lze nastavit v části *Vlastnosti bezpečnostní roviny* (viz 10.12.3) v dolní části karty.

Chcete-li nakonfigurovat mezní hraniční mez pro nástroj robota, klikněte na položku *Hranice nástroje*. Konfiguraci mezní hodnoty lze nastavit v části *Vlastnosti hranice nástroje* (viz 10.12.4) v dolní části karty.

Kliknutím na tlačítko  /  zapnete nebo vypnete 3D znázornění hraniční meze. Pokud je hraniční mez aktivní, bude *bezpečnostní režim* (viz 10.12.3 a 10.12.4) označen jednou z následujících ikon  /  /  / .

10.12.2 3D znázornění

Ve 3D znázornění jsou zobrazeny nakonfigurované bezpečnostní roviny a hraniční hodnota orientace pro nástroj robota spolu s aktuální polohou ramene robota. Pokud je vybráno přepínání zobrazení (tj. zobrazuje se ikona ) , zobrazují se veškeré položky nakonfigurovaných hranic v části *Bezpečnostní hranice* spolu s aktuálně vybranou hraniční hodnotou.

(Aktivní) bezpečnostní roviny jsou znázorněny žlutě a černě spolu s malou šipkou, která představuje normálu roviny, což je strana roviny, na kterou lze TCP robota umístit. Spouštěcí roviny se zobrazují modře a zeleně. Malá šipka znázorňuje stranu roviny, která *nespouští* přechod do *Omezeného* režimu. Pokud je na panelu na levé straně karty vybrána bezpečnostní rovina, zvýrazní se odpovídající 3D znázornění.

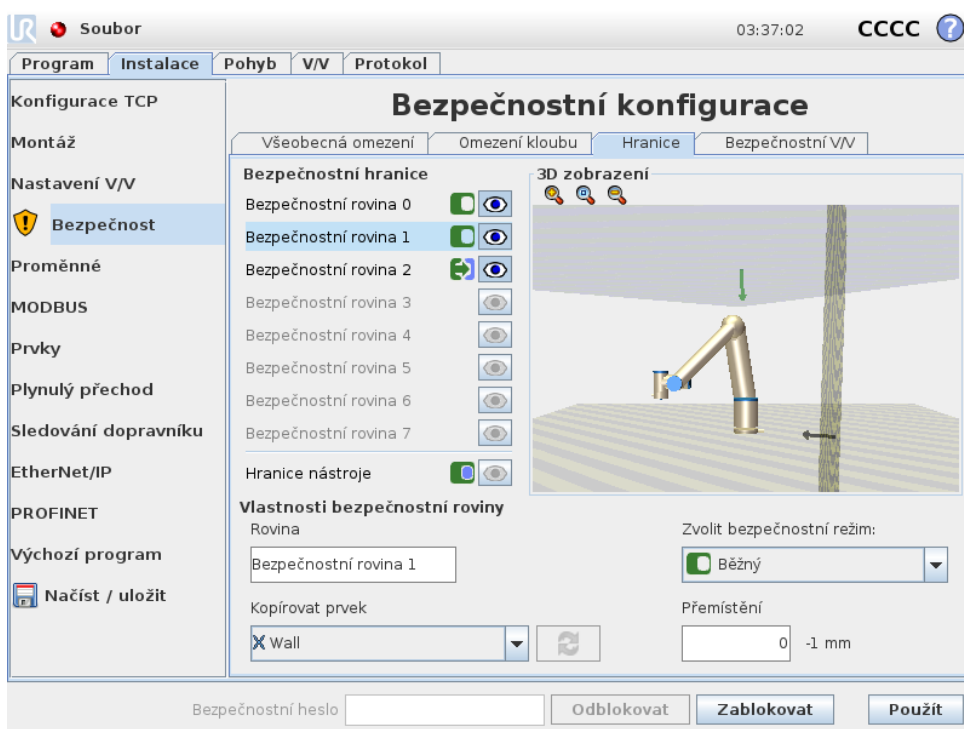
Hraniční hodnota orientace nástroje je znázorněna kuželem společně s vektorem označujícím aktuální orientaci nástroje robota. Vnitřek kužele znázorňuje povolenou oblast pro orientaci nástroje (vektor).

Pokud je rovina nebo hraniční hodnota orientace nástroje nakonfigurována, ale není aktivní, je znázornění zašedlé.

Stisknutím ikony lupy lze zobrazení zvětšit či zmenšit, přetažením prstu lze změnit úhel pohledu.

10.12.3 Konfigurace bezpečnostní roviny

V části *Vlastnosti bezpečnostní roviny* ve spodní části karty lze definovat konfiguraci vybrané bezpečnostní roviny na panelu *Bezpečnostní hranice* v levé horní části karty.



Jméno Textové pole *Název* umožňuje uživateli přiřadit vybrané bezpečnostní rovině název. Název lze změnit klepnutím na textovém pole a zadáním nového názvu.

Kopírovat prvek Poloha a normála bezpečnostní roviny se určuje pomocí prvku (viz 13.12) v aktuální instalaci robota. Prvek lze vybrat v rozbalovacím poli v levé spodní části sekce *Vlastnosti bezpečnostní roviny*. K dispozici jsou pouze prvky typu bod a rovina. Výběrem položky <Undefined> se konfigurace roviny smaže.

Osa Z vybraného prvku povede do nepovolené oblasti a normála roviny vede opačným směrem. Výjimkou je případ, kdy je vybrán prvek *Základna*. V takovém případě povede normála roviny stejným směrem. Je-li rovina nakonfigurována jako *Aktivační rovina Omezeného režimu* (viz 10.12.3), normála roviny označuje stranu roviny, která *nespouští* přechod do *Omezeného režimu*.

Je třeba poznamenat, že pokud se bezpečnostní rovina nakonfiguruje výběrem prvku, informace o poloze se do bezpečností roviny pouze *zkopírují*; rovina *nebude* s prvkem propojena. To

znamená, že v případě změn polohy nebo orientace prvku použité ke konfiguraci bezpečnostní roviny se bezpečnostní rovina nebude automaticky aktualizovat. Pokud se prvek změní, označí se změna ikonou  umístěnou nad nástrojem pro výběr prvků. Kliknutím na tlačítko  vedle nástroje pro výběr aktualizujete bezpečnostní rovinu pomocí aktuální polohy a orientace prvku. Ikona  se zobrazí také v případě, že byl vybraný prvek z instalace smazán.

Bezpečnostní režim Pomocí rozbalovací nabídky po pravé straně panelu *Vlastnosti Bezpečnostní roviny* lze pro bezpečnostní rovinu vybrat *bezpečnostní režim* s následujícími dostupnými režimy.

 Zakázáno	Bezpečnostní rovina není <i>nikdy aktivní</i> .
 Běžný	Pokud je bezpečnostní systém v <i>Běžném režimu</i> , je <i>aktivní</i> rovina Běžného režimu a chová se jako <i>striktní mezní hodnota</i> pro polohu TCP robota.
 Omezený	Pokud je bezpečnostní systém v <i>Omezeném režimu</i> , je <i>aktivní</i> rovina Omezeného režimu a chová se jako <i>striktní mezní hodnota</i> pro polohu TCP robota.
 Běžný a Omezený	Pokud je bezpečnostní systém v <i>Běžném</i> nebo <i>Omezeném</i> režimu, je <i>aktivní</i> rovina Běžného a Omezeného režimu a chová se jako <i>striktní mezní hodnota</i> pro polohu TCP robota.
 Aktivační impuls Omezeného režimu	Pokud je bezpečnostní systém v <i>Běžném</i> či <i>Omezeném</i> režimu, je <i>aktivní spouštěcí rovina</i> Omezeného režimu. V případě, že ji TCP robota překročí, způsobí, že se bezpečnostní systém přepne do <i>Omezeného</i> režimu.

Vybraný *bezpečnostní režim* je označen ikonou u odpovídající položky na panelu *Bezpečnostní hranice*. Pokud je *bezpečnostní režim* nastaven na možnost *Vypnuto*, ikona se nezobrazí.

Přemístění Pokud je v rozbalovacím poli v levé dolní části panelu *Vlastnosti bezpečnostní roviny* vybrán prvek, lze bezpečnostní rovinu přemístit klepnutím na textové pole *Přemístění* v pravé dolní části tohoto panelu a zadáním hodnoty. Zadáním kladné hodnoty se povolený pracovní prostor robota zvýší tím, že se rovina posune do opačného směru, než je normála roviny. Zadáním záporné hodnoty se povolená oblast zmenší tím, že se rovina posune ve směru normály roviny.

Tolerance a jednotka přemístění hraniční roviny se zobrazí po pravé straně textového pole.

Funkce rovin se *striktní mezní hodnotou* Pokud poloha TCP blíží překročení aktivní bezpečnostní roviny se striktní mezní hodnotou (po odečtení tolerance) (viz 10.4) a nadále pokračuje předpokládanou trasou, provádění programu se přeruší. Poznámka: minusové znaménko zobrazené u hodnoty tolerance pouze označuje, že se tato tolerance odečte ze skutečné zadané hodnoty. Bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0, pokud poloha TCP překročí bezpečnostní rovinu s danou mezní hodnotou (bez tolerance).

Funkce spouštěcích rovin Omezeného režimu Pokud není aktivní ochranné zastavení a bezpečnostní systém není ve speciálním režimu *Obnovy* (viz 10.6), funguje systém v *Běžném* nebo *Omezeném* režimu a pohyby ramene robota jsou omezeny příslušnou sadou mezních hodnot.

Ve výchozím nastavení je bezpečnostní systém v *Běžném* režimu. Do *Omezeného* režimu přechází vždy, když dojde k jedné z následujících situací:

- a) Poloha TCP robota překročila některou *spouštěcí rovinu Omezeného režimu*, tj. nachází se na straně roviny, která je *proti směru* malé šipky ve znázornění roviny.
- b) Je nakonfigurována funkce bezpečnostního vstupu *Omezeného režimu* a vstupní signály jsou nízké (další podrobnosti viz 10.13).

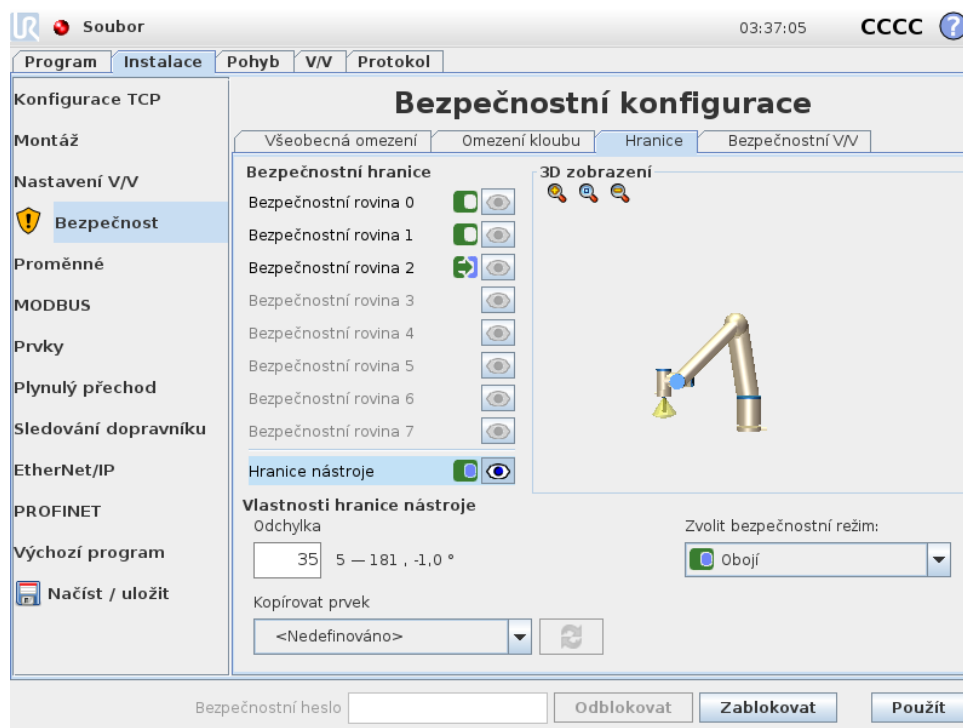
Pokud žádný z výše uvedených případů již neplatí, převede se bezpečnostní systém zpět do *Běžného* režimu.

Pokud je přechod z *Běžného* do *Omezeného* režimu způsoben průchodem přes *spouštěcí rovinu Omezeného režimu*, dojde k přechodu ze sady mezních hodnot *Běžného* režimu na sadu mezních hodnot *Omezeného* režimu. Jakmile se TCP robota nachází 20 mm od *spouštěcí roviny Omezeného režimu* nebo blíže (ale stále je na straně *Běžného* režimu), uplatní se pro každou mezní hodnotu tolerantnější mezní hodnoty *Běžného* nebo *Omezeného* režimu. Jakmile TCP robota projde přes *spouštěcí rovinu Omezeného režimu*, přestanou být aktivní sady mezních hodnot *Běžného* režimu a spustí se sady mezních hodnot *Omezeného* režimu.

Pokud je přechod z *Omezeného* do *Běžného* režimu způsoben průchodem přes *spouštěcí rovinu Omezeného režimu*, dojde k přechodu ze sady mezních hodnot *Omezeného* režimu na sadu mezních hodnot *Běžného* režimu. Jakmile TCP robota projde *spouštěcí rovinou Omezeného režimu*, uplatní se pro každou mezní hodnotu tolerantnější mezní hodnoty *Běžného* nebo *Omezeného* režimu. Jakmile se TCP robota nachází 20 mm od *spouštěcí roviny Omezeného režimu* nebo dále (na straně *Běžného* režimu), přestanou být aktivní sady mezních hodnot *Omezeného* režimu a spustí se sady mezních hodnot *Běžného* režimu.

Pokud předpokládaná trasa povede TCP robota přes *spouštěcí rovinu Omezeného režimu*, začne rameno robota zpomalovat ještě před průchodem rovinou, pokud by v nové sadě mezních hodnot jinak překročilo rychlost kloubu, rychlost nástroje nebo mezní hodnotu hybnosti. Jsou-li tyto mezní hodnoty restriktivnější v *Omezeném* režimu, dochází k tomuto předčasnému zpomalení pouze při přechodu z *Běžného* do *Omezeného* režimu.

10.12.4 Konfigurace hranice nástroje



Na panelu **Vlastnosti hranic nástroje** ve spodní části karty se definuje mezní hodnota orientace nástroje robota, která se skládá z požadované orientace nástroje a hodnoty pro maximální povolenou odchylku od této orientace.

Odchylka V textovém poli **Odchylka** je zobrazena hodnota maximální povolené odchylky od požadované orientace nástroje robota. Hodnotu lze upravit klepnutím na textové pole a zadáním nové hodnoty.

Přijatelný rozsah hodnot společně s tolerancí a jednotkou odchylky jsou uvedeny vedle textového pole.

Kopírovat prvek Požadovaná orientace nástroje robota se určuje pomocí prvku (viz 13.12) v aktuální instalaci robota. Osa Z vybraného prvku se použije jako vektor požadované orientace nástroje pro tuto mezní hodnotu.

V rozbalovacím poli v levé spodní části panelu **Vlastnosti hranic nástroje** lze vybrat prvek. K dispozici jsou pouze prvky typu bod a rovina. Výběrem položky **<Undefined>** se konfigurace roviny smaže.

Je třeba poznamenat, že pokud se mezní hodnota nakonfiguruje výběrem prvku, informace o orientaci se do mezní hodnoty pouze *zkopírují*; mezní hodnota *nebude* s prvkem propojena. To znamená, že v případě změn polohy nebo orientace prvku použité ke konfiguraci mezní hodnoty se mezní hodnota nebude aktualizovat automaticky. Pokud se prvek změní, označí se změna ikonou  umístěnou nad nástrojem pro výběr prvků. Kliknutím na tlačítko  vedle nástroje pro výběr aktualizujete mezní hodnotu pomocí aktuální orientace prvku. Ikona  se zobrazí také v případě, že byl vybraný prvek z instalace smazán.

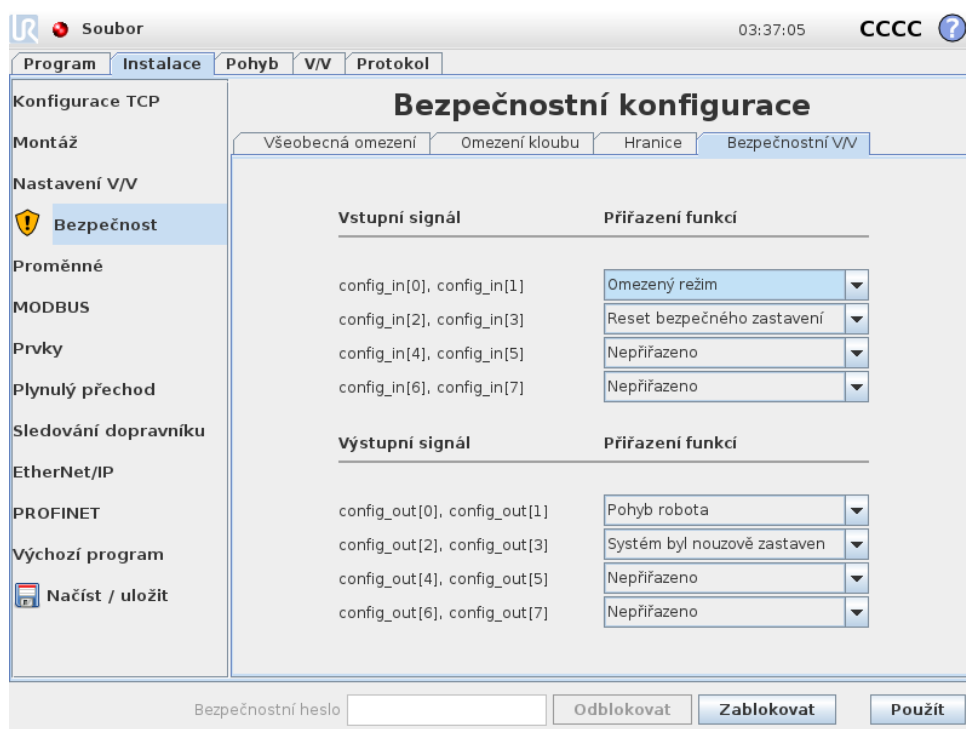
Bezpečnostní režim Pomocí rozbalovací nabídky po pravé straně panelu Vlastnosti hranice nástroje lze pro orientační hranici nástroje vybrat *bezpečnostní režim* s následujícími dostupnými režimy. K dispozici jsou následující možnosti:

 Zakázáno	Hraniční hodnota nástroje není nikdy aktivní.
 Běžný	Pokud je bezpečnostní systém v <i>Běžném</i> režimu, je aktivní hraniční hodnota nástroje.
 Omezený	Pokud je bezpečnostní systém v <i>Omezeném</i> režimu, je aktivní hraniční hodnota nástroje.
 Běžný a Omezený	Pokud je bezpečnostní systém v <i>Běžném</i> nebo <i>Omezeném</i> režimu, je aktivní hraniční hodnota nástroje.

Vybraný *bezpečnostní režim* je označen ikonou u odpovídající položky na panelu Bezpečnostní hranice. Pokud je *bezpečnostní režim* nastaven na možnost *Vypnuto*, ikona se nezobrazí.

Funkce Pokud odchylka orientace nástroje blíží překročení zadané maximální odchylky (po odečtení tolerance) (viz 10.4) a nadále pokračuje předpokládanou trasou, provádění programu se přeruší. Poznámka: minusové znaménko zobrazené u hodnoty tolerance pouze označuje, že se tato tolerance odečte ze skutečné zadané hodnoty. Pokud odchylka orientace nástroje překročí mezní hodnotu (bez tolerance), bezpečnostní systém provede zastavení kategorie 0.

10.13 Bezpečnostní vstupy/výstupy



Na této obrazovce se definují *bezpečnostní funkce* pro konfigurovatelné vstupy a výstupy. Vstupy / výstupy se dělí na vstupy a výstupy a jsou spárovány tak, aby každá funkce obsahovala kategorii² 3 a PLd I/O.

²v souladu s normou ISO 13849-1, více podrobností viz slovník.

Bezpečnostní funkce může ovládat pouze jeden pár vstupů/výstupů. Při pokusu o výběr stejné bezpečnostní funkce podruhé dojde k jejímu odstranění z prvního páru vstupu/výstupu definovaného předtím. K dispozici je 5 *bezpečnostních funkcí* pro vstupní signály a 5 pro výstupní.

Poznámka: Použitím bezpečnostní funkce na soubor vývodů se potlačí všechny V/V úkony určené pro vývody v nastavení V/V (viz 13.8).

10.13.1 Vstupní signály

V případě vstupních signálů lze vybrat následující *bezpečnostní funkce*: Nouzové zastavení systému, Omezený režim, Reset bezpečného zastavení, 3polohové zařízení a Provozní režim.

Nouzové zastavení systému Při konfiguraci umožňuje dostupnost dalších tlačítek Nouzového zastavení kromě Tlačítko nouzového zastavení přenosného ovládacího terminálu. U této funkce se vyžaduje použití zařízení kompatibilního dle ISO13850.

Omezený režim Bezpečnostní roviny lze použít ve třech režimech: *Běžný režim*, ve kterém je specifikována výchozí bezpečnostní konfigurace, a *Omezený režim*. (Více podrobností viz 10.6). Pokud je vybrána tato bezpečnostní funkce vstupu, nízký signál vysílaný do vstupů způsobí, že se bezpečnostní systém převede do *Omezeného režimu*. V případě potřeby se rychlost ramene robota zpomalí, aby tak vyhověla sadě mezních hodnot *Omezeného režimu*. Pokud rameno robota nadále porušuje mezní hodnoty *Omezeného režimu*, provede se zastavení kategorie 0. K přechodu zpět do *Běžného režimu* dochází stejným způsobem. Poznámka: Přechod do *Omezeného režimu* mohou také způsobit bezpečnostní roviny (další podrobnosti viz 10.12.3).

Reset bezpečného zastavení Je-li ovladač Bezpečné zastavení připojen k bezpečnostním vstupům/výstupům, použije se tento vstup, čímž se zajistí pokračování stavu bezpečného zastavení, dokud se nespustí vynulování. Pokud je rameno robota ve stavu bezpečného zastavení, nelze je uvést do provozu.



UPOZORNĚNÍ:

Ve výchozím nastavení je funkce Reset bezpečného zastavení nakonfigurována na vstupní kolíky 0 a 1. Pokud dojde k její deaktivaci, znamená to, že rameno robota přestane být ve stavu bezpečného zastavení v okamžiku, kdy vstup Bezpečné zastavení obdrží vysoký signál. Jinými slovy, bez Reset bezpečného zastavení určují aktivitu či nečinnost stavu Bezpečného zastavení pouze vstupy SI0 a SI1 Bezpečné zastavení (viz Instalační příručka k hardwaru).

3polohové zařízení a Provozní režim Tyto funkce umožňují využití 3polohového zařízení jako přídatného ochranného opatření během instalace a programování robota. S konfigurovaným vstupem 3polohové zařízení je robot buď v „režimu chodu“, nebo v „programovacím režimu“. V pravém horním rohu se objeví ikona zobrazující aktuální provozní režim:



Provozní režim: Robot může provádět pouze předdefinované úkoly. Karta Pohyb a režim Freedrive nejsou k dispozici.

 **Programovací režim:** Omezení týkající se *Režimu chodu* jsou uvolněna. Pokud však je hodnota vstupu 3polohové zařízení na nízké úrovni, robot provede bezpečné zastavení. Kromě toho je posuvník rychlosti nastaven na počáteční hodnotu, která odpovídá 250 mm/s a postupně se může zvyšovat. Pokud vstup 3polohové zařízení přejde z nízké úrovně na vysokou, posuvník rychlosti se resetuje na nízkou hodnotu.

Existují dva způsoby konfigurace výběru provozního režimu:

1. Má-li se zvolit provozní režim pomocí externího zařízení pro výběr režimu, je nutno nakonfigurovat vstup *Provozní režim*. Možnost konfigurace se objeví v rozbalovacích nabídkách, jakmile se nakonfiguruje vstup 3polohové zařízení. Je-li vstup *Provozního režimu* na nízké úrovni, robot bude v *Provozní režim* a je-li tento vstup na vysoké úrovni, robot bude v *Programovacím režimu*.
2. Chcete-li provozní režim navolit z rozhraní Polyscope, musí se nakonfigurovat pouze vstup 3polohové zařízení a aplikovat do bezpečnostní konfigurace. V tomto případě je výchozím režimem *Režim chodu*. K přepnutí do *Programovacího režimu* klepněte na tlačítko „Programovat robota“ na úvodní obrazovce. Chcete-li přepnout zpět do *Režimu chodu*, stačí odejít z obrazovky „Programovat robota“.



POZNÁMKA:

- Po potvrzení konfigurace bezpečnostních vstupů/výstupů se zapnutým 3polohové zařízení se automaticky zobrazí úvodní obrazovka. Úvodní obrazovka se automaticky zobrazí také tehdy, když se provozní režim změní z *Programování* na *Režim chodu*.
- Volič fyzického režimu, je-li použit, musí plně vyhovovat normě ISO 10218-1: článek 5.7.1 pro výběr.
- Třípolohový spínač, včetně jeho chování, výkonových charakteristik a provozu, musí důsledně odpovídat normě ISO 10218-1: článek 5.8.3 pro zapínací zařízení.

10.13.2 Výstupní signály

Na výstupní signály lze uplatnit následující *bezpečnostní funkce*. Jakmile skončí stav, který spustil vysoký signál, vrátí se veškeré signály na nízké hodnoty:

Nouzové zastavení systému Nízký signál se vysílá pouze v případě, že byl v bezpečnostním systému spuštěn stav nouzového zastavení vstupem *Nouzové zastavení robota* nebo *Tlačítko nouzového zastavení*. Aby nedošlo k zablokování, je-li spuštěn stav *Nouzového zastavení* vstupem *Nouzové zastavení systému*, nízký signál se nevyšle.

**POZNÁMKA:**

Externí zařízení ve stavu Nouzového zastavení od robotu prostřednictvím výstupu Systémového nouzového zastavení musí vyhovovat normě ISO 13850. Toto je obzvlášť důležité v sestavách, kde je vstup Nouzové zastavení robota připojen k externímu zařízení pro nouzové zastavení. V takových případech bude na výstupu Systémového nouzového zastavení při uvolnění externího zařízení pro nouzové zastavení vysoký signál. To znamená, že stav nouzového zastavení u externího zařízení bude resetován bez potřeby manuálního zásahu obsluhou robota. Dle bezpečnostních norem se u externího zařízení vyžaduje pro pokračování v chodu manuální zásah.

Pohyb robota Nízký signál se vysílá v případě, že je rameno robota v mobilním stavu. Pokud je rameno robota ve fixní poloze, vysílá se vysoký signál.

Robot se nezastavuje Pokud byl vyslán požadavek na zastavení ramene robota, uběhne nějaká doba, než se rameno zastaví. Během této doby je signál vysoký. Pokud se rameno robota pohybuje a nebyl vyslán požadavek na zastavení, nebo pokud je rameno robota zastaveno, bude signál nízký.

Omezený režim Odesílá nízký signál, pokud se rameno robota nachází v *Omezeném* režimu, nebo pokud je bezpečnostní vstup nakonfigurován pomocí vstupu omezeného režimu a signál je momentálně nízký. V ostatních případech je signál vysoký.

Mimo Omezený režim Jedná se o opak výše definovaného *Omezeného* režimu.

11 Zahájení programování

11.1 Úvod

Rameno robota společnosti Universal Robots se skládá z trubic a kloubů. Klouby s jejich obvyklými názvy jsou zobrazeny na obrázku 11.1. **Základna** představuje místo, na kterém je robot namontován. Na jeho opačném konci (**Zápěstí 3**) je upevněn nástroj. Koordinací pohybu jednotlivých kloubů je možné volně pohybovat robotem a jeho nástrojem s výjimkou oblasti bezprostředně nad a bezprostředně pod základnou.

PolyScope je grafické uživatelské rozhraní (GUI), které slouží k ovládání ramene robota, ovládací jednotky, spouštění existujících programů robota a snadnému vytváření nových programů.

V následující části se nachází úvod k zahájení práce s robotem. Poté jsou podrobněji vysvětleny obrazovky a funkce rozhraní PolyScope.

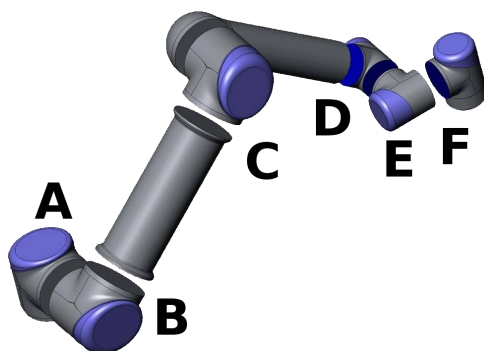


NEBEZPEČÍ:

1. Instalační příručka k hardwaru obsahuje důležité bezpečnostní informace, které je osoba zajišťující instalaci UR robotů před prvním zapnutím robota povinna prostudovat a porozumět jim.
2. Osoba zajišťující instalaci musí před prvním zapnutím ramene robota nastavit konfigurační bezpečnostní parametry definované na základě posouzení rizik, viz kapitola 10.

11.2 Začínáme

Před spuštěním rozhraní PolyScope musí být rameno robota a ovládací jednotka nainstalovány a ovládací jednotka musí být zapnuta.



Obrázek 11.1: Klouby robota. A: *Základna*, B: *Rameno*, C: *Loket* a D, E, F: *Zápěstí 1, 2, 3*

11.2.1 Instalace ramene robota a ovládací jednotky

Instalace ramene robota a ovládací jednotky se provádí následovně:

1. Vybalte rameno a ovládací jednotku robota.
2. Postavte rameno robota na pevný povrch bez vibrací.
3. Ovládací jednotku umístěte na podstavec.
4. Kabel robota zapojte mezi robota a ovládací jednotku.
5. Připojte konektor ovládací jednotky k síti.



UPOZORNĚNÍ:

Riziko překlopení. Pokud robot není bezpečně umístěn na pevném povrchu, může spadnout a způsobit zranění.

Podrobné pokyny k instalaci naleznete v Instalační příručce k hardwaru. Před používáním robota k práci je potřeba provést posouzení rizik.

11.2.2 Zapnutí a vypnutí ovládací jednotky.

Ovládací jednotka se zapíná stisknutím tlačítka napájení na přední straně dotykové obrazovky. Tento panel se obvykle nazývá *přenosný ovládací terminál*. Pokud je ovládací jednotka zapnuta, zobrazí se na dotykové obrazovce text základního operačního systému. Přibližně za 1 minutu se na obrazovce zobrazí několik tlačítek a v samostatném okně se zobrazí výzva uživateli k přechodu na obrazovku inicializace (viz 11.5).

Ovládací jednotku vypnete stisknutím zeleného tlačítka napájení na obrazovce nebo pomocí tlačítka *Vypnout* na úvodní obrazovce (viz 11.4).



UPOZORNĚNÍ:

Vypnutí vytažením napájecího kabelu ze síťové zásuvky může způsobit poškození souborového systému robota a vést k závadě robota.

11.2.3 Zapnutí a vypnutí ramene robota

Rameno robota lze zapnout, pokud je zapnuta ovládací jednotka a není aktivováno žádné z tlačítek nouzového zastavení. Zapnutí ramene robota se provádí stisknutím tlačítka *ZAPNOUT* na obrazovce inicializace (viz 11.5) a poté stisknutím tlačítka *Start*. Robot se po spuštění a při uvolňování brzd mírně pohybuje a vydává zvuk.

Napájení ramene robota lze vypnout stisknutím tlačítka *VYPNOUT* na obrazovce inicializace. Rameno robota se také automaticky vypne při vypnutí ovládací jednotky.

11.2.4 Rychlé spuštění

Chcete-li robota po instalaci rychle spustit, proveďte následující kroky:

1. Stiskněte tlačítko nouzového zastavení na přední straně přenosného ovládacího terminálu.

2. Stiskněte tlačítko napájení přenosného ovládacího terminálu.
3. Vyčkejte přibližně minutu na spuštění systému a zobrazení textu na obrazovce.
4. Když je systém připraven, zobrazí se na dotykové obrazovce samostatné okno s informací, že je zapotřebí provést inicializaci robota.
5. Stiskněte tlačítko v samostatném okně. Budete přesměrováni na obrazovku inicializace.
6. Vyčkejte na zobrazení dialogového okna Potvrzení použité bezpečnostní konfigurace a stiskněte tlačítko Potvrdit bezpečnostní konfiguraci. Tímto se aplikuje počáteční sada bezpečnostních parametrů, které je třeba upravit na základě posouzení rizik.
7. Uvolněte tlačítko nouzového zastavení. Stav robota se změní z Nouzového zastavení na Vypnutý.
8. Opusťte pracovní prostor robota.
9. Stiskněte tlačítko Zapnout na dotykové obrazovce. Vyčkejte několik sekund, než se stav robota změní na Nečinný.
10. Ověřte, zda jsou náklad a vybrané umístění správné. Pokud umístění na základě údajů ze snímače nebude odpovídat vybranému umístění, zobrazí se upozornění.
11. Stiskněte tlačítko Spustit na dotykové obrazovce. Robot nyní vydá zvuk a provede mírný pohyb při odbrzdění.
12. Po stisknutí tlačítka OK přejdete na Úvodní obrazovku.

11.2.5 První program

Program je seznam příkazů, které určují činnost robota. PolyScope umožňuje naprogramovat robota i osobám s omezenými znalostmi programování. Pro většinu úkolů lze při programování použít pouze dotykový panel bez nutnosti zadávání speciálních příkazů.

Pohyb nástroje je součástí programu robota, který učí rameno robota, jak se pohybovat. In PolyScope se pohyby nástroje nastavují s použitím série **bodů trasy**. Kombinované body trasy tvoří trasu, po níž se pohybuje rameno robota. Bod trasy je nastaven pomocí karty Pohyb, ručním přemístěním (učením) robota do určité polohy nebo jej lze vypočítat pomocí softwaru. Použijte kartu Pohyb (viz 13.1) k přesunutí ramena robota do požadované polohy nebo naučte polohu podržením tlačítka Freedrive vzadu na přenosném ovládacím terminálu a přetáhněte rameno robota na místo.

Kromě procházení bodů trasy může program odesílat V/V signály jiným strojům v určených bodech na trase robota a provádět příkazy jako **if...then** a **cyklus** na základě proměnných a V/V signálů.

Dále je uveden jednoduchý program, umožňující pohyb ramena robota, který byl spuštěn, mezi dvěma body trasy.

1. Stiskněte tlačítko Programovat robot a vyberte možnost Prázdný program.
2. Stisknutím tlačítka Další (vpravo dole) vyberte <prázdný> řádek ve stromové struktuře na levé straně obrazovky.
3. Přejděte na kartu Struktura.
4. Stiskněte tlačítko Pohyb.
5. Přejděte na kartu Příkaz.

6. Stiskněte tlačítko `Další` a přejděte do nastavení `Bod trasy`.
7. Stiskněte tlačítko `Nastavit tento bod trasy` vedle obrázku „?“.
8. Na obrazovce `Pohyb` přesuňte robota stisknutím různých modrých šipek nebo stiskněte tlačítko `Freedrive` na zadní straně přenosného ovládacího terminálu a pohybujte ramenem robota ručně.
9. Stiskněte `OK`.
10. Stiskněte `Přidat bod trasy před`.
11. Stiskněte tlačítko `Nastavit tento bod trasy` vedle obrázku „?“.
12. Na obrazovce `Pohyb` přesuňte robot stisknutím příslušných modrých šipek nebo stiskněte tlačítko `Freedrive` a pohybujte ramenem robota ručně.
13. Stiskněte `OK`.
14. Program je připraven. Robot se začne pohybovat mezi dvěma body po stisknutí symbolu „Přehrát“. Odstupte od robota, připravte si ruku poblíž tlačítka nouzového zastavení a stiskněte symbol „Přehrát“.
15. Blahopřejeme. Nyní jste vytvořili první program pro robota, který pohybuje robotem mezi dvěma danými body trasy.

**UPOZORNĚNÍ:**

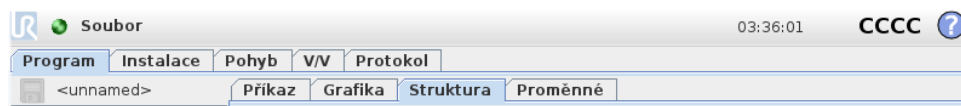
1. Dávejte pozor, aby robot nenarazil do sebe sama nebo do jiné překážky, protože by se mohl poškodit.
2. Hlavu i tělo udržujte mimo dosah (pracovní prostor) robota. Prsty nepokládejte na místa, kde by se mohly zachytit.
3. Toto je pouze stručný návod, jehož účelem je ukázat vám, jak je práce s robotem UR snadná. Předpokládá se, že prostředí bude bezpečné a uživatel bude jednat velmi opatrně. Nezvyšujte rychlost nebo zrychlení nad rámec výchozích hodnot. Před uvedením robota do provozu vždy proveďte posouzení rizik.

11.3 Programovací rozhraní PolyScope

Rozhraní PolyScope běží na dotykové obrazovce připojené k ovládací jednotce.



Na předchozím obrázku je znázorněna úvodní obrazovka. Modré plochy obrazovky představují tlačítka, která lze stisknout dotykem prstu nebo zadní strany pera na obrazovku. Obrazovky rozhraní PolyScope jsou uspořádány hierarchicky. V programovacím prostředí jsou obrazovky uspořádány na *kartách*, které umožňují snadný přístup.



V tomto příkladu je na nejvyšší úrovni vybrána karta **Program** a pod ní karta **Struktura**. Karta **Program** obsahuje informace týkající se aktuálně načteného programu. V případě výběru karty **Pohyb** se zobrazí obrazovka **Pohyb**, na které lze ovládat pohyb robota. Po vybrání karty **V/V** lze sledovat a měnit aktuální stav elektrických vstupů a výstupů.

K ovládací jednotce lze připojit myš a klávesnici nebo přenosný ovládací terminál, není to však nezbytné. Téměř všechna textová pole lze ovládat dotykem, ten zobrazí virtuální numerickou či alfanumerickou klávesnici na obrazovce.

Obrazovky rozhraní PolyScope jsou popsány v následujících částech.

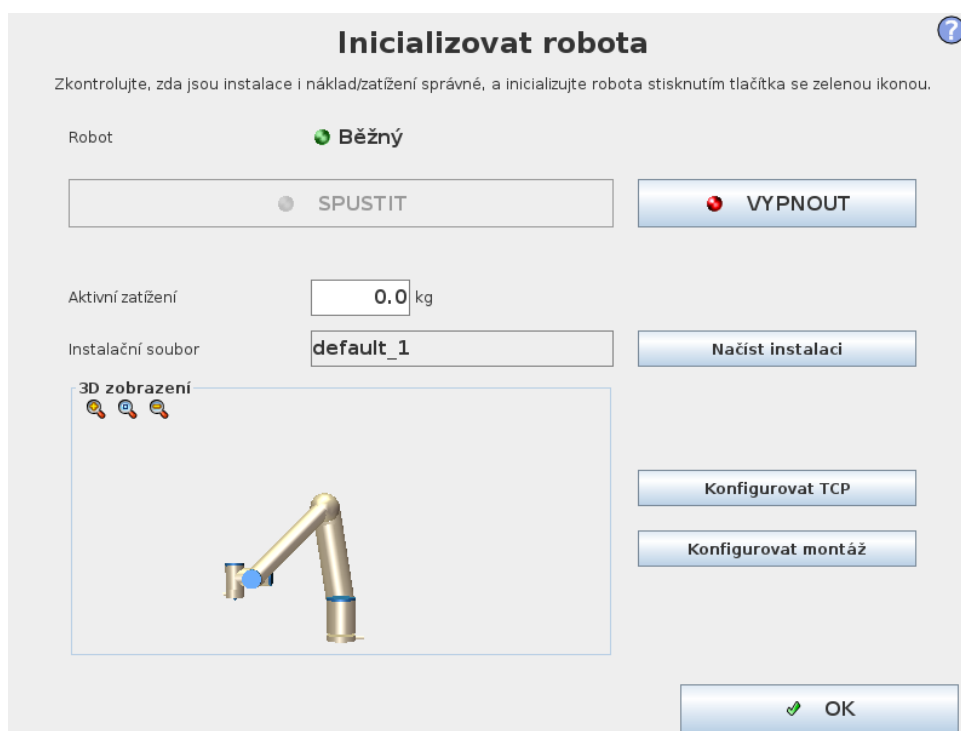
11.4 Úvodní obrazovka



Po spuštění ovládajícího počítače se zobrazí úvodní obrazovka. Na obrazovce jsou k dispozici následující možnosti:

- **Spustit program:** Výběr a spuštění existujícího programu. Jedná se o nejjednodušší způsob uvedení ramene robota a ovládací jednotky do provozu.
- **Naprogramovat robota:** Můžete změnit program nebo vytvořit nový.
- **Nastavit robota:** Změna jazyka, nastavení hesla, aktualizace softwaru atd.
- **Vypnout robota:** Vypne rameno robota a ovládací jednotku.
- **Popis:** Poskytuje podrobnosti týkající se verze softwaru, názvu hostitele, IP adresy, sériového čísla a právních informací.

11.5 Obrazovka Inicializace



Na této obrazovce lze ovládat inicializaci ramene robota.

Indikátor stavu ramene robota

Stavový indikátor označuje stav činnosti ramene robota:

- Jasně červený indikátor znamená, že je rameno aktuálně zastaveno, přičemž důvody mohou být různé.
- Jasně žlutý indikátor znamená, že je rameno robota zapnuto, avšak není připraveno na běžný provoz.
- A nakonec, zelený indikátor znamená, že je rameno robota zapnuto a připraveno na běžný provoz.

Text, který se zobrazuje vedle indikátoru, dále specifikuje aktuální stav ramene robota.

Aktivní zatížení a instalace

Pokud je rameno robota zapnuto, zobrazí se míra zatížení používaného ovladačem při provozu ramene robota v malém bílém textovém poli. Hodnotu lze upravit klepnutím na textové pole a zadáním nové hodnoty.

Poznámka: Nastavení této hodnoty nezmění zatížení v instalaci robota (viz 13.6), dojde pouze k nastavení míry zatížení používaného ovladačem.

A podobně, název aktuálně načteného instalačního souboru je zobrazen v šedém textovém poli. Jinou instalaci lze načíst klepnutím na textové pole nebo pomocí tlačítka **Načíst** vedle něj. Případně lze načtenou instalaci přizpůsobit pomocí tlačítek umístěných vedle 3D zobrazení ve spodní části obrazovky.

Před spuštěním ramene robota je velmi důležité ověřit, zda aktivní zatížení a aktivní instalace odpovídají skutečné situaci, ve které se rameno robota aktuálně nachází.

Inicializace ramene robota



NEBEZPEČÍ:

Před spuštěním ramene robota vždy ověřte, zda jsou skutečné zatížení i instalace nastaveny správně. Pokud jsou tato nastavení nesprávná, nebudou rameno robota ani ovládací jednotka fungovat správně a mohou představovat nebezpečí pro osoby i vybavení v jejich blízkosti.



VÝSTRAHA:

Dbejte zvýšené opatrnosti, pokud se robot dotýká překážky či stolu, jelikož náraz robota do překážky může poškodit převod kloubu.

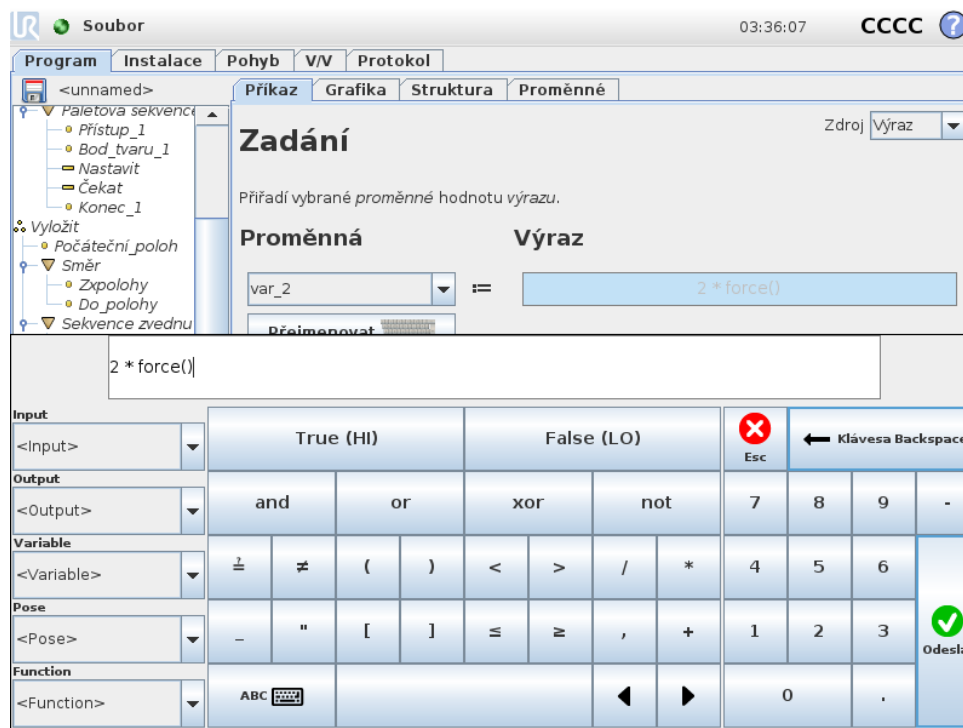
Velké tlačítko se zelenou ikonou slouží k vlastní inicializaci ramene robota. Text na tlačítku a akce, které provádí, se mění v závislosti na aktuálním stavu ramene robota.

- Po spuštění ovládacího počítače je třeba na tlačítko jednou klepnout, aby se rameno robota zapnulo. Stav ramene robota se poté změní na **Zapnuto** a následně na **Nečinné**. Poznámka: Je-li aktivní nouzové zastavení, nelze rameno robota zapnout a tlačítko bude neaktivní.
- Pokud je rameno robota ve stavu **Nečinné**, je třeba na tlačítko znovu klepnout a tím rameno robota spustit. V tomto bodě bude provedena kontrola, zda údaje ze snímače odpovídají nakonfigurovanému umístění ramene robota. Pokud se nalezne nesoulad (s tolerancí 30°), tlačítko se deaktivuje a pod ním se zobrazí chybové hlášení.
Pokud ověření umístění proběhne úspěšně, klepnutím na tlačítko uvolněte brzdy kloubu a rameno robota bude připraveno na běžný provoz. Poznámka: Robot při uvolňování brzd vydává zvuk a mírně se pohybuje.
- Pokud rameno robota naruší při spuštění některé bezpečnostní meze, bude v provozu ve speciálním **režimu obnovy** Režim. V tomto režimu lze klepnutím na tlačítko přepnout na obnovovací obrazovku Pohyb, na které lze rameno robota přesunout zpět do oblasti v rámci bezpečnostních mezí.
- Pokud dojde k chybě, lze ovladač tímto tlačítkem restartovat.
- Pokud ovladač není spuštěn, klepnutím na toto tlačítko jej spustíte.

A nakonec, menší tlačítko s červenou ikonou slouží k vypnutí ramene robota.

12 Editory na obrazovce

12.1 Editor výrazů na obrazovce



Vlastní výraz se upravuje jako text, editor výrazů je však vybaven řadou tlačítek, které slouží k vložení speciálních symbolů, například * pro násobení a $\leq$ pro menší nebo rovnou hodnotu. Tlačítko se symbolem klávesnice v pravém horním rohu obrazovky slouží k přepnutí na úpravy textu výrazu. Všechny definované proměnné jsou k dispozici v nástroji pro výběr Proměnné, názvy vstupních a výstupních portů jsou k dispozici v nástroji pro výběr Vstupů a Výstupů. Některé speciální funkce jsou k dispozici v nabídce Funkce.

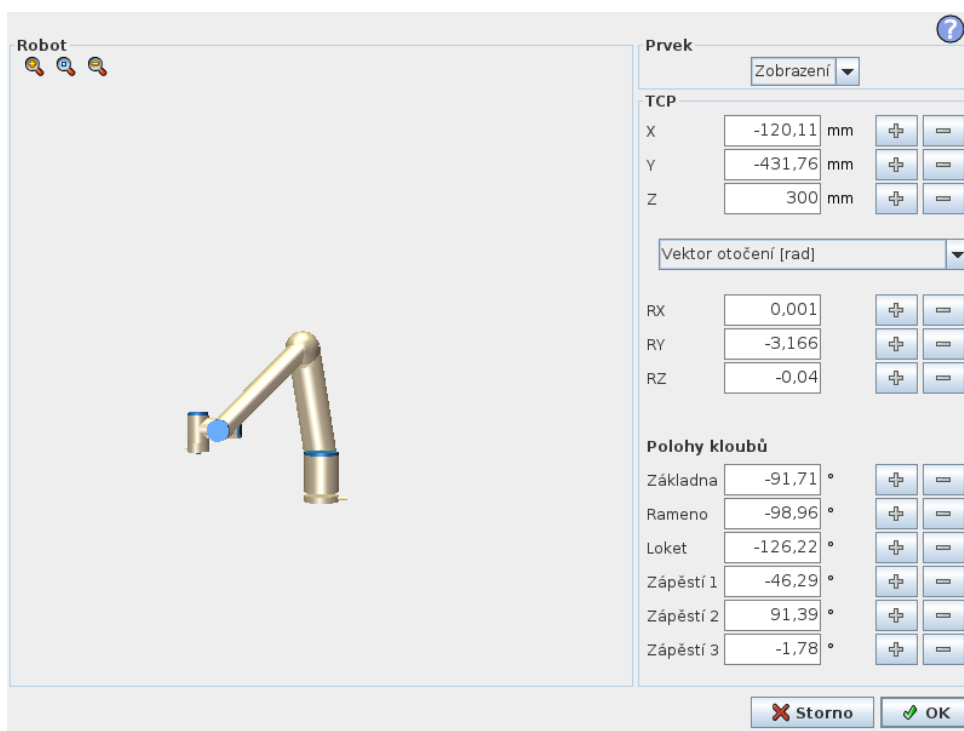
Po stisknutí tlačítka Ok proběhne kontrola výrazu, zda neobsahuje gramatické chyby. Po stisku tlačítka Storno se zavře obrazovka a zruší se všechny změny.

Výraz může mít následující podobu:

```
digital_in[1] = True and analog_in[0] < 0.5
```

12.2 Obrazovka úprav poloh

Na této obrazovce můžete uvést cílové polohy kloubů nebo cílovou polohu a orientaci nástroje robota. Tato obrazovka je v režimu „offline“ a fyzicky rameno robota přímo neovládá.



Robot

Aktuální pozice ramene robota a uvedená nová cílová poloha jsou zobrazeny ve 3D grafice. 3D náčrtek ramene robota znázorňuje aktuální polohu ramene robota a „stín“ ramene robota znázorňuje cílovou polohu ramene robota ovládanou hodnotami zadanými na pravé straně obrazovky. Stisknutím ikony lupy lze zobrazení zvětšit či zmenšit, přetažením prstu lze změnit úhel pohledu.

Pokud se předepsaná cílová poloha TCP robota dostane do blízkosti bezpečnostní nebo spouštěcí roviny, nebo je orientace nástroje robota v blízkosti hraniční hodnoty pro orientaci nástroje (viz 10.12), zobrazí se 3D znázornění přibližné hraniční hodnoty.

Bezpečnostní roviny jsou znázorněny žlutě a černě spolu s malou šipkou, která znázorňuje normálu roviny, což je strana roviny, na kterou lze TCP robota umístit. Spouštěcí roviny jsou zobrazeny modře a zeleně a malá šipka ukazuje na stranu roviny, kde jsou aktivní mezní hodnoty *Běžného* režimu (viz 10.6). Hraniční hodnota orientace nástroje je znázorněna kuzelem společně s vektorem označujícím aktuální orientaci nástroje robota. Vnitřek kužele znázorňuje povolenou oblast pro orientaci nástroje (vektor).

Pokud se cílová poloha TCP robota již nenachází v blízkosti mezní hodnoty, 3D znázornění zmizí. Pokud cíl TCP narušuje hraniční hodnotu (nebo se narušení velmi blíží), znázornění mezních hodnot zčervená.

Poloha prvku a nástroje

V pravém horním rohu obrazovky se nachází nástroj pro výběr prvků. Volič prvků definuje, ve vztahu ke kterému prvku se má rameno robota řídit.

Pod voličem prvků se zobrazí název právě aktivního středového bodu nástroje (TCP). Další informace o konfiguraci některých uvedených TCP viz 13.6. Textová pole udávají plné hodnoty souřadnic daného TCP vzhledem k vybranému prvku. X, Y a Z slouží k ovládání polohy nástroje, zatímco RX, RY a RZ slouží k ovládání jeho orientace.

K výběru orientace se používá rozevírací nabídka nad poli R_X , R_Y a R_Z . K dispozici jsou následující typy:

- **Vektor otočení [rad]** Orientace je daná *vektorem otočení*. Délka vektoru udává úhel otočení v radiánech a vlastní vektor představuje osu otáčení. Jedná se o výchozí nastavení.
- **Vektor otočení [°]** Orientace je daná *vektorem otočení*, kde délka vektoru udává úhel otočení ve stupních.
- **RPY [rad]** Úhly náklonu, sklonu a zatáčení ($RPY = Roll, pitch a yaw$), přičemž tyto úhly se zde udávají v radiánech. Rotační matice RPY (rotace X, Y', Z'') je dána:

$$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- **RPY [°]** Úhly náklonu, sklonu a zatáčení (RPY), přičemž tyto úhly se zde udávají ve stupních.

Hodnoty lze upravit kliknutím na příslušnou souřadnici. Kliknutím na tlačítko + nebo – hned napravo vedle pole lze přidat nebo odečíst určitou hodnotu od aktuální hodnoty. Stisknutím a přidržením tlačítka lze hodnotu přímo zvýšit/snížit. Čím déle je tlačítko stisknuto, tím větší je přírůstek/úbytek.

Polohy kloubů

Jednotlivé polohy klouby lze přímo zadávat. Každá poloha kloubu může mít hodnotu v rozmezí -360° až $+360^\circ$, což jsou *meze kloubu*. Hodnoty lze upravit kliknutím na příslušnou polohu kloubu. Kliknutím na tlačítko + nebo – hned napravo vedle pole lze přidat nebo odečíst určitou hodnotu od aktuální hodnoty. Stisknutím a přidržením tlačítka lze hodnotu přímo zvýšit/snížit. Čím déle je tlačítko stisknuto, tím větší je přírůstek/úbytek.

Tlačítko OK

Pokud byla tato obrazovka aktivována z karty *Pohyb* (viz 13.1), kliknutím na tlačítko OK se lze vrátit zpět do karty *Pohyb*, kde se bude robot pohybovat do zadaného cíle. Pokud poslední zadaná hodnota byla souřadnicí nástroje, rameno robota se bude pohybovat do cílové polohy pomocí typu pohybu *PohybL*, pokud však byla jako poslední zadaná poloha kloubu, rameno robota se bude pohybovat do cílové polohy pomocí pohybu *PohybJ*. Jednotlivé druhy pohybu jsou popsány v 14.5.

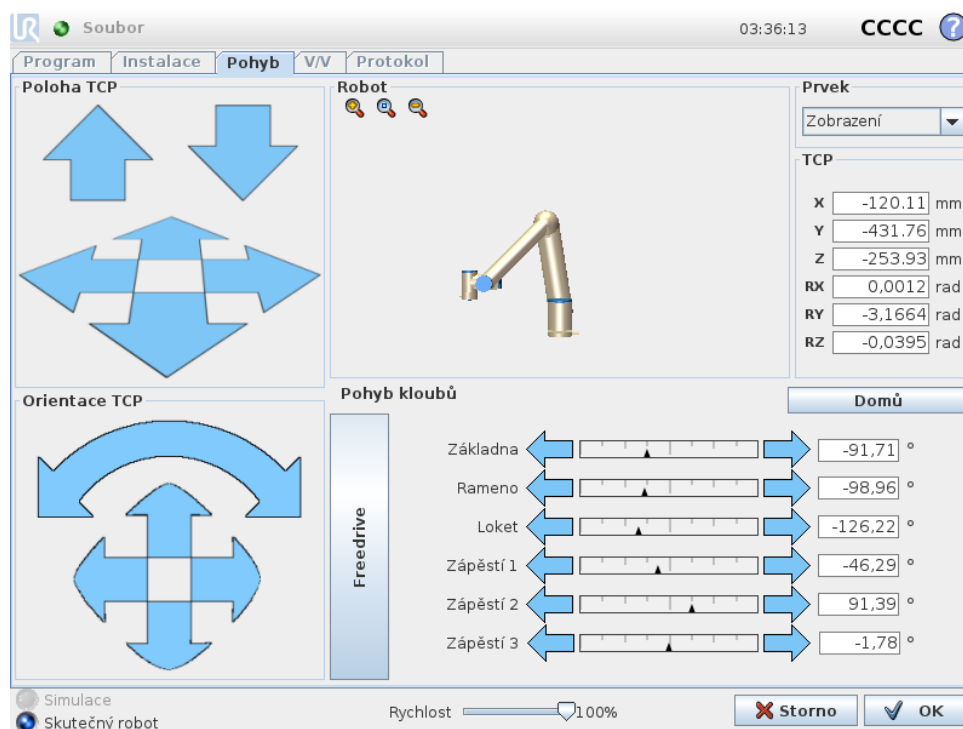
Tlačítko Storno

Po stisku tlačítka *Storno* se zavře obrazovka a zruší se všechny změny.

13 Ovládání robota

13.1 Karta Pohyb

Na této obrazovce můžete vždy pohnout (manipulovat) ramenem robota přímo, a to buď přemístěním/otočením nástroje robota, nebo ovládáním kloubů robota jednotlivě.



13.1.1 Robot

3D grafika znázorňuje aktuální polohu ramene robota. Stisknutím ikony lupy lze zobrazení zvětšit či zmenšit, přetažením prstu lze změnit úhel pohledu. Při řízení ramene robota doporučujeme vybrat funkci **Zobrazení** a otočit úhel zobrazení 3D nákresu tak, aby odpovídal vašemu pohledu na rameno robota.

Pokud se aktuální poloha TCP robota dostane do blízkosti bezpečnostní nebo spouštěcí roviny, nebo je orientace nástroje robota v blízkosti hraniční hodnoty pro orientaci nástroje (viz 10.12), zobrazí se 3D znázornění přibližné hraniční hodnoty. Poznámka: pokud je v robotovi spuštěn program, bude znázornění hraničních mezí vypnuto.

Bezpečnostní roviny jsou znázorněny žlutě a černě spolu s malou šipkou, která znázorňuje normálu roviny, což je strana roviny, na kterou lze TCP robota umístit. Spouštěcí roviny jsou zobrazeny modře a zeleně a malá šipka ukazuje na stranu roviny, kde jsou aktivní mezní hodnoty **Běžného** režimu (viz 10.6). Hraniční hodnota orientace nástroje je znázorněna kuzelem společně s vektorem označujícím aktuální orientaci nástroje robota. Vnitřek kužele znázorňuje povolenou oblast pro orientaci nástroje (vektor).

Pokud TCP robota již není v blízkosti mezní hodnoty, 3D znázornění zmizí. Pokud nástroj TCP narušuje hraniční hodnotu (nebo se narušení velmi blíží), znázornění mezních hodnot zčerveneá.

13.1.2 Poloha prvku a nástroje

V pravém horním rohu obrazovky se nachází nástroj pro výběr prvků. Definuje, ve vztahu ke kterému prvku se má rameno robota řídit.

Název právě aktivního středového bodu nástroje (TCP) je zobrazen pod voličem prvků. Textová pole udávají plné hodnoty souřadnic daného TCP vzhledem k vybranému prvku. Další informace o konfiguraci některých uvedených TCP (viz 13.6).

Hodnoty lze upravit ručně kliknutím na souřadnici nebo polohu kloubu. Tím se dostanete na obrazovku úprav poloh (viz 12.2), kde můžete zadat cílovou polohu a orientaci nástroje nebo cílové polohy kloubů.

13.1.3 Pohyb nástroje

- Přidržením šipky přemístění (nahore) se hrot nástroje robota přesune ve vyznačeném směru.
- Přidržením šipky otočení (dole) se změní orientace nástroje robota v označeném směru. Bodem otáčení je středový bod nástroje (TCP), tj. bod na konci ramene robota, který představuje charakteristický bod nástroje robota. Bod TCP má podobu malé modré kuličky.

Poznámka: Uvolněním tlačítka lze pohyb kdykoli přerušit

13.1.4 Pohyb kloubů

Jednotlivé klouby lze ovládat přímo. Každý kloub má rozsah pohybu od -360° do $+360^\circ$, což jsou výchozí *meze kloubu* znázorněné vodorovnými sloupci u jednotlivých kloubů. Pokud kloub dosáhne mezní polohy, nelze jím pohybovat dále. Pokud jsou mezní hodnoty rozsahu poloh kloubu nakonfigurovány odlišně od výchozích hodnot (viz 10.11), bude tento rozsah ve vodorovném sloupci označen červeně.

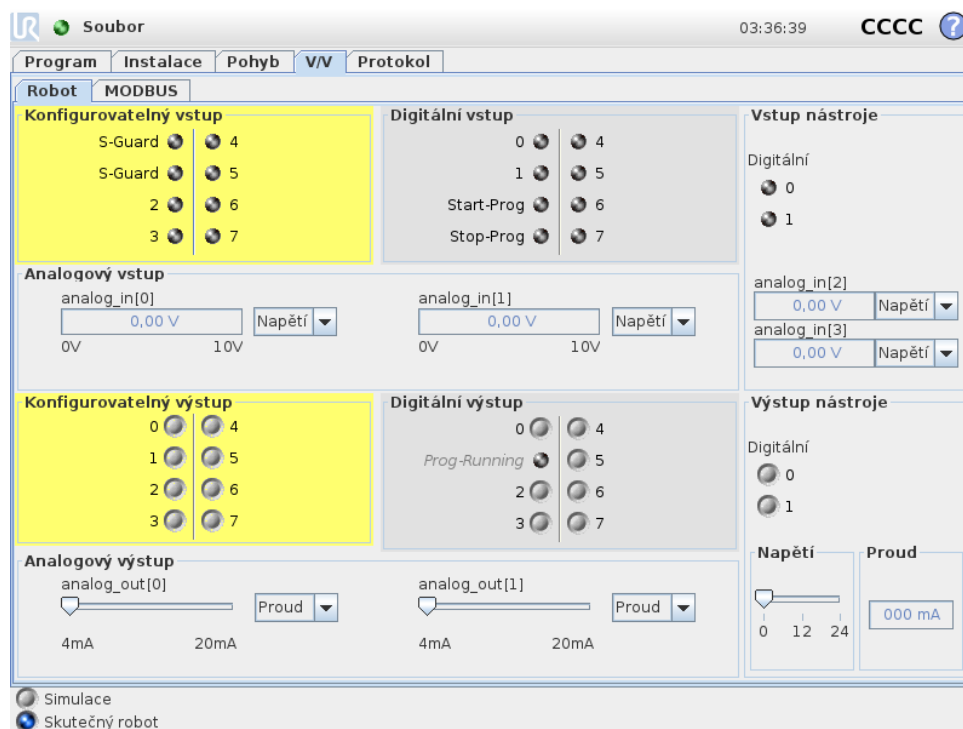
13.1.5 Freedrive

Při stisknutí tlačítka *Freedrive* lze robot fyzicky uchopit a přemístit do požadované polohy. Pokud není nastavení gravitační síly (viz 13.7) na kartě **Nastavení** správné nebo pokud robot přenáší těžký náklad, může se rameno robota po stisknutí tlačítka **Freedrive** začít pohybovat (padat). V takovém případě tlačítko **Freedrive** opět uvolněte.

**UPOZORNĚNÍ:**

1. Použijte správná nastavení instalace (např. montážní úhel robota, hmotnost TCP, posun TCP). Soubory instalace ukládejte a načítejte spolu s programem.
2. Před stisknutím tlačítka **Freedrive** se ujistěte, že je správně nastaven nástroj TCP a umístění robota. V případě nesprávného nastavení se rameno robota po aktivaci tlačítka **Freedrive** začne pohybovat.
3. Funkci Freedrive (**impedance/zpětné řízení**) lze použít pouze v instalacích, ve kterých to umožňuje posouzení rizik. Nástroje ani překážky nesmí mít ostré okraje či místa, na kterých může dojít ke skřípnutí. Zajistěte, aby veškerý personál zůstal mimo dosah ramene robota.

13.2 Karta V/V



Na této obrazovce lze průběžně sledovat a nastavovat aktuální V/V signály z ovládací jednotky robota a naopak. Na obrazovce se zobrazuje aktuální stav V/V včetně stavu v průběhu spuštění programu. Pokud během provádění programu dojde k nějaké změně, program se zastaví. Při zastavení programu si všechny výstupní signály zachovávají aktuální stav. Frekvence aktualizace obrazovky je pouze 10 Hz, takže velmi rychlý signál se nemusí správně zobrazit.

Konfigurovatelné vstupy/výstupy lze vyhradit pro speciální bezpečnostní nastavení definované v části Konfigurace bezpečnostních vstupů/výstupů (viz 10.13); vyhrazené vstupy/výstupy budou místo výchozího názvu nebo názvu definovaného uživatelem označeny názvem bez-

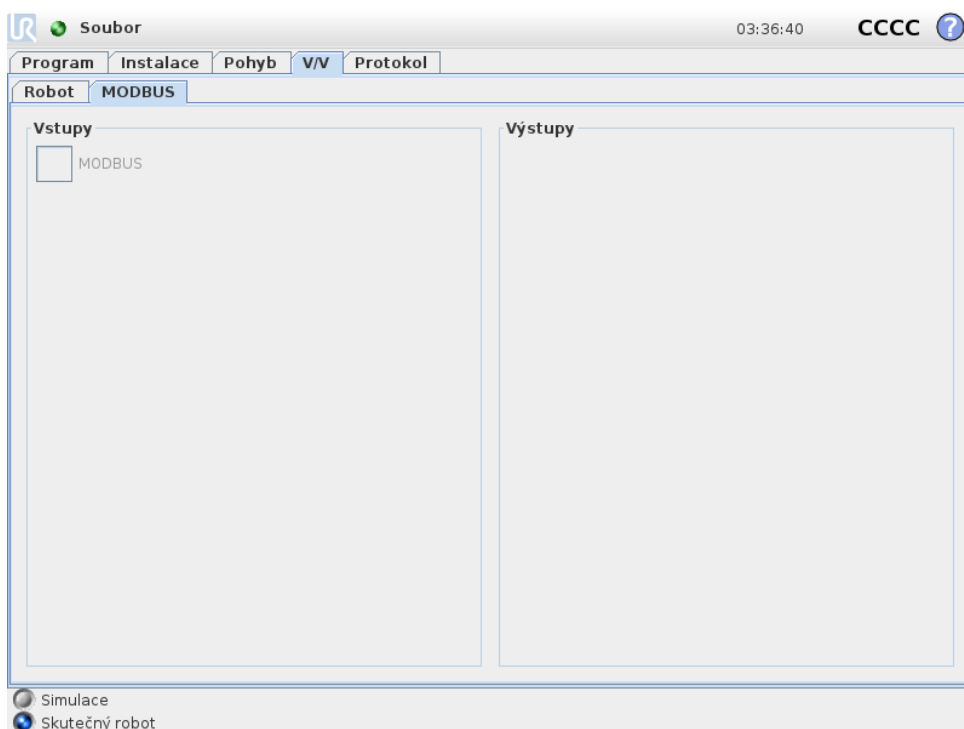
pečnostní funkce. Konfigurovatelné výstupy, které jsou vyhrazeny pro bezpečnostní nastavení, nelze přepínat a zobrazí se pouze jako stavové indikátory.

Elektrické detaily signálů jsou popsány v kapitole 5.3.

Nastavení analogové domény Analogové vstupy/výstupy lze nastavit buď jako proudové [4–20 mA], nebo jako napěťové [0–10 V]. Po uložení programu budou nastavení použita při případném pozdějším restartování ovladače robota.

13.3 V/V MODBUS klient

Zde se zobrazují digitální signály V/V MODBUS klient podle nastavení v instalaci. Pokud dojde k přerušení připojení signálu, bude příslušná položka na obrazovce neaktivní.



Vstupy

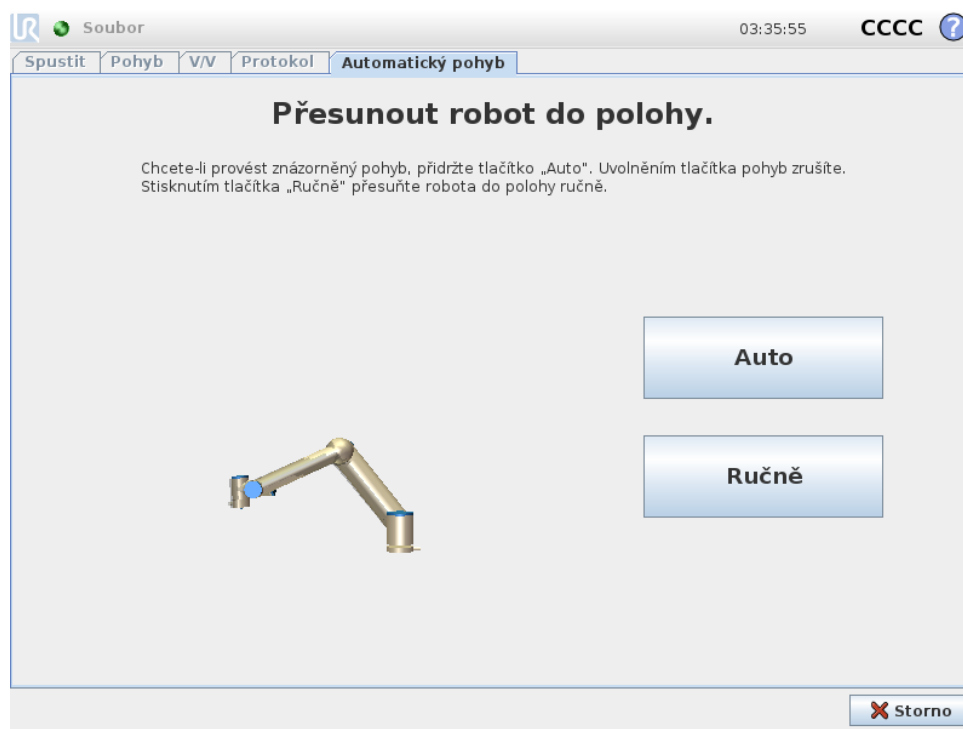
Zde se zobrazuje stav digitálních vstupů protokolu MODBUS klient.

Výstupy

Zde můžete zobrazit a přepínat stav digitálních výstupů protokolu MODBUS klient. Signál lze přepínat pouze v případě, že to umožňuje volba ovládání karty V/V (viz 13.8).

13.4 Karta Automatický pohyb

Karta Automatický pohyb slouží pro pohyb ramene robota do konkrétní polohy na pracovišti. Jako příklad lze uvést přesun ramene robota do počáteční polohy programu před spuštěním programu nebo přechod do bodu trasy během úpravy programu.



Animace

Animace znázorňuje pohyb, který se rameno robota chystá provést.



VÝSTRAHA:

Animaci můžete srovnat s polohou skutečného ramene robota a ujistit se, že rameno může pohyb bezpečně provést, aniž by narazilo na překážku.



VÝSTRAHA:

Funkce automatického pohybu sleduje pohyb robota stínovou trajektorií. Při kolizi by mohlo dojít k poškození robota nebo jiného zařízení.

Auto

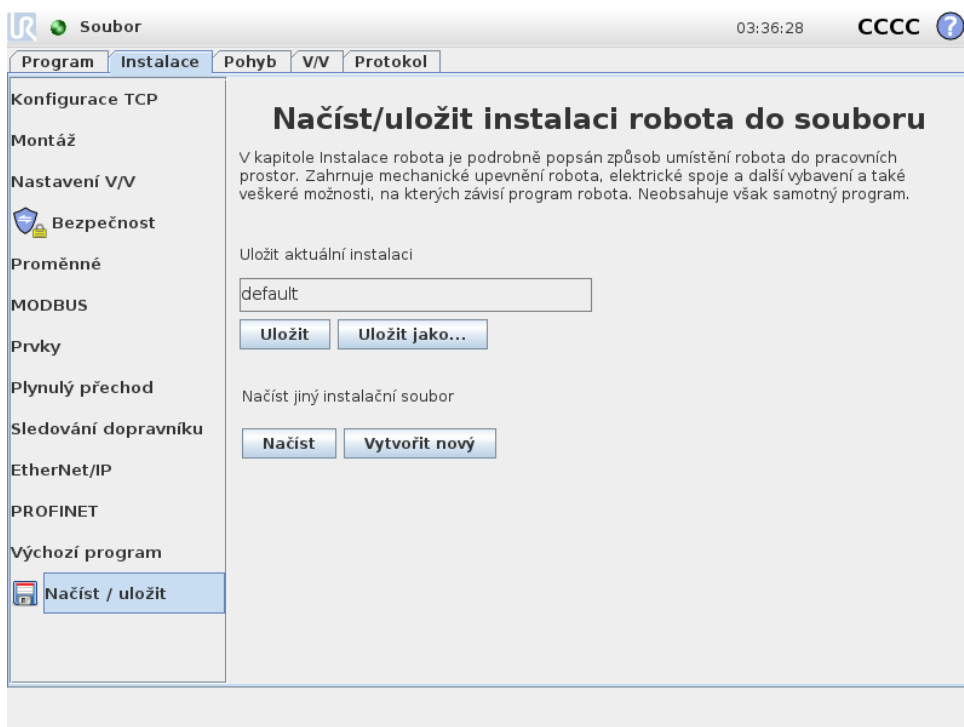
Přidržením tlačítka **Auto** se robot přesune podle animace.

Poznámka: Uvolněním tlačítka lze pohyb kdykoli přerušit.

Ručně

Stisknutím tlačítka **Manuální** přejdete na kartu **Pohyb**, kde lze ramenem robota pohybovat manuálně. To se používá v případech, kdy není pohyb v animaci vhodný.

13.5 Instalace → Načíst/Uložit



V kapitole Instalace robota je podrobně popsán způsob, jakým se rameno robota a ovládací jednotka umístí do pracovního prostředí. Zahrnuje mechanické upevnění ramene robota, elektrické spoje a další vybavení a také veškeré možnosti, na kterých závisí program robota. Neobsahuje však samotný program.

Tato nastavení lze nakonfigurovat na různých obrazovkách na kartě **Instalace**, kromě domén vstupů/výstupů, které se nastavují na kartě **Vstupy/výstupy** (viz 13.2).

Pro robota lze použít více instalačních souborů. Vytvořené programy budou používat aktivní instalaci a tato instalace bude při použití automaticky načtena.

Veškeré změny provedené v instalaci je nutno uložit, aby byly po vypnutí napájení zachovány. Pokud instalace obsahuje neuložené změny, zobrazí se vedle textu **Načíst/Uložit** po levé straně karty **Instalace** ikona diskety.

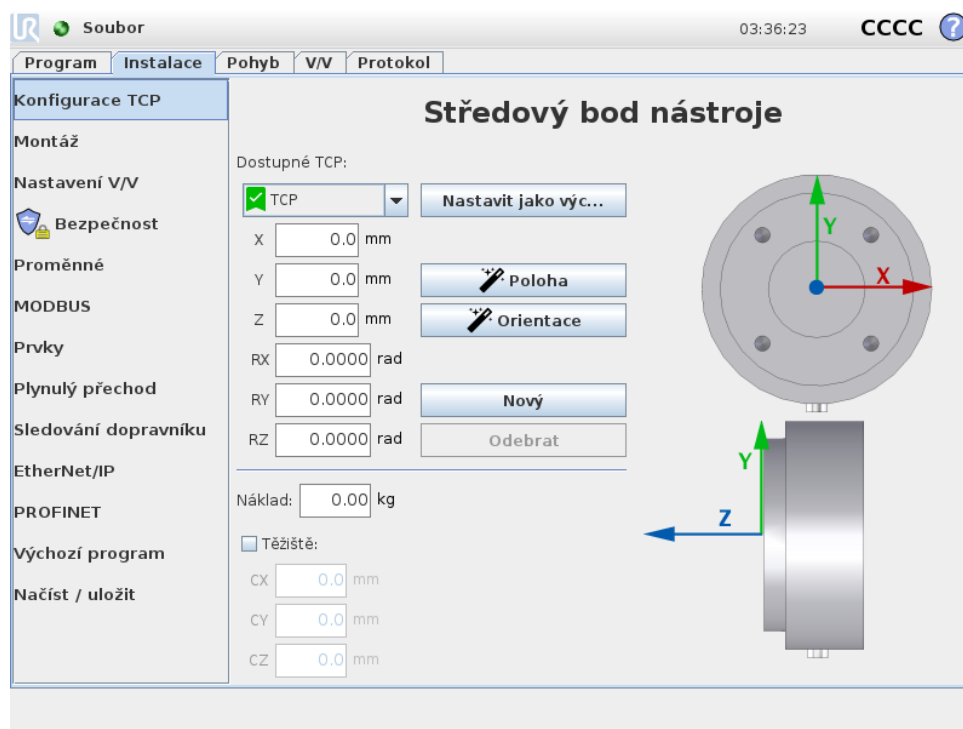
Instalaci uložíte stisknutím tlačítka **Uložit** nebo **Uložit jako...**. Případně můžete uložit program, čímž uložíte také aktivní instalaci. Chcete-li načíst jiný soubor instalace, použijte tlačítko **Načíst**. Tlačítkem **Vytvořit nový** se u všech nastavení v instalaci robota obnoví tovární nastavení.



VÝSTRAHA:

Nedoporučujeme používat v robotovi instalaci načtenou z disku USB. Chcete-li použít instalaci uloženou na disku USB, nejdříve ji načtete a poté uložte do místní složky **Programy** pomocí tlačítka **Uložit jako...**

13.6 Instalace → Konfigurace TCP



Středový bod nástroje (TCP) je bod na nástroji robota. TCP je definován a pojmenován na obrazovce karty instalace **Nastavení středového bodu nástroje** (na obrázku výše). Každý bod TCP obsahuje posuv a otáčení vzhledem ke středu vnější příruby nástroje.

Při naprogramování na návrat k dříve uloženému bodu trasy posune robot TCP do polohy a orientace uloženého v bodu trasy. Při naprogramování na lineární pohyb se TCP pohybuje lineárně.

Souřadnice X, Y a Z udávají polohu bodu TCP, zatímco souřadnice RX, RY a RZ určují jeho orientaci. Jakmile jsou všechny hodnoty nulové, bod TCP se shoduje se středem na výstupní přírubě nástroje a přejímá souřadný systém znázorněný na obrazovce.

13.6.1 Přidávání, úpravy a odstraňování bodů TCP

Chcete-li definovat nový bod TCP, klepněte na tlačítko **Nový**. Vytvořený bod TCP automaticky obdrží jedinečný název a bude jej možné vybrat v rozevírací nabídce. Posuv a otáčení vybraného TCP lze upravit klepnutím na příslušné bílé textová pole a zadáním nových hodnot. Chcete-li odstranit vybraný TCP, stačí klepnout na tlačítko **Odebrat**. Poslední zbývající TCP nelze odstranit.

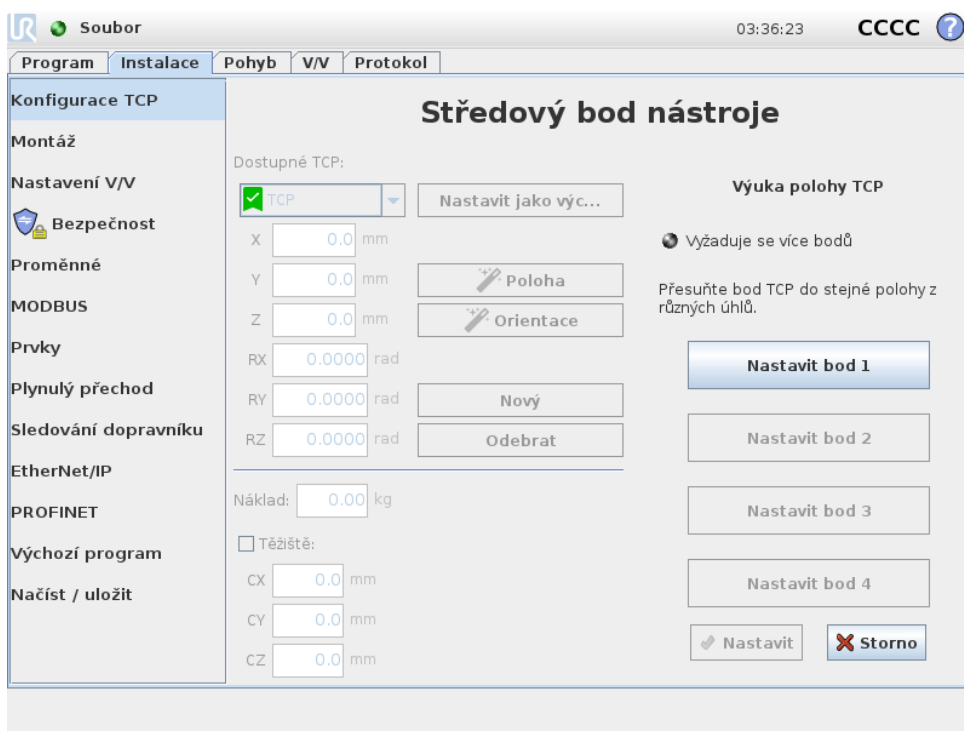
13.6.2 Výchozí a aktivní TCP

Existuje jeden výchozí konfigurovaný TCP, označený zelenou ikonou nalevo od jeho názvu v **rozevírací nabídce dostupných TCP**. Pro nastavení TCP jako výchozího zvolte požadovaný TCP a klepněte na **Nastavit jako výchozí**.

Posun bodu TCP označený jako *aktivní* za účelem určení všech lineárních pohybů v kartézském prostoru. Pohyb aktivního TCP znázorněn na kartě grafiky (viz 14.29). Před spuštěním pro-

gramu se výchozí TCP nastaví jako aktivní TCP. V rámci programu lze pro konkrétní pohyb robota jako *aktivní* nastavit jeden z uvedených TCP (viz 14.5 a 14.10).

13.6.3 Výuka polohy TCP

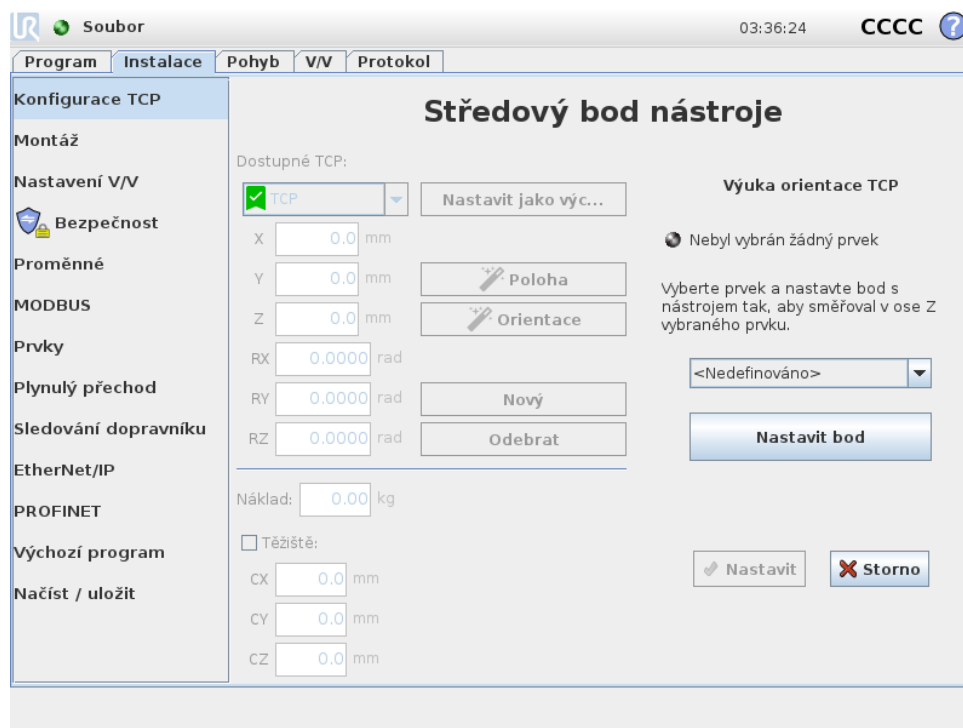


Souřadnice polohy TCP lze vypočítat automaticky následujícím způsobem:

1. Klepněte na **Průvodce polohou TCP**.
2. Vyberte si pevný bod v pracovním prostoru robota.
3. Pomocí polohovacích šipek na pravé straně obrazovky přesuňte bod TCP nejméně ze tří různých úhlů a uložte příslušné polohy vnější přírubby nástroje.
4. Použijte tlačítko **Nastavit** pro použití ověřených souřadnic pro příslušný TCP. Polohy musí být dostatečně odlišné, jinak výpočet nemusí být správný. Pokud nejsou dostatečně odlišné, stavová LED dioda nad tlačítky se rozsvítí červeně.

I když jsou tři polohy dostatečné pro určení TCP, pro ověření správnosti výpočtu lze použít i čtvrtou polohu. Kvalita každého uloženého bodu s ohledem na vypočtený bod TCP je signalizována zelenou, žlutou nebo červenou LED diodou na příslušném tlačítku.

13.6.4 Výuka orientace TCP



1. Klepněte na **Průvodce orientací TCP**.
2. Vyberte prvek z rozevíracího seznamu. (Viz 13.12) kde naleznete další informace o definování nových bodů
3. Klepněte na **Zvolit bod** a použijte **Šipky k pohybu nástroje** k přemístění do polohy, kde se orientace nástroje a příslušný TCP shoduje se zvolenými prvky souřadnicového systému.
4. Zkontrolujte vypočtenou orientaci TCP a použijte ji pro zvolený TCP klepnutím na **Nastavit**.

13.6.5 Náklad

Hmotnost nástroje robota je uvedena ve spodní části obrazovky. Chcete-li toto nastavení změnit, stačí kliknout na bílé textové pole a zadat novou hmotnost. Toto nastavení platí pro všechny definované body TCP. Více informací o maximálním povoleném zatížení (nákladu) naleznete v návodu k montáži zařízení.

13.6.6 Těžiště

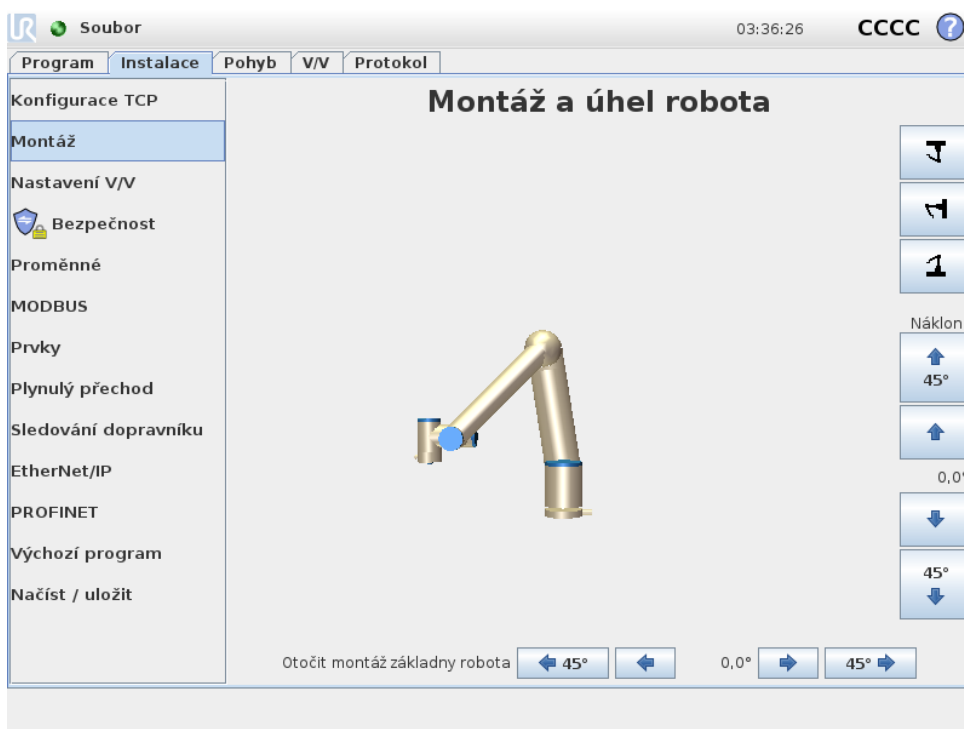
Těžiště nástroje je specifikováno pomocí polí CX, CY a CZ. Pokud není specifikováno, předpokládá se, že těžištěm nástroje je jeho středový bod (TCP). Nastavení platí pro všechny definované TCP.



UPOZORNĚNÍ:

Použijte správná nastavení instalace. Soubory instalace ukládejte a načítejte s programem.

13.7 Instalace → Montáž



Zadání údajů o umístění ramene robota slouží ke dvěma účelům:

1. Zajištění správného zobrazení ramene robota na obrazovce.
2. Ovladač bude mít správnou informaci o směru gravitační síly.

Pokročilý dynamický model zajišťuje plynulé a přesné pohyby ramene robota a zajišťuje stabilitu ramene robota v režimu **režimu Freedrive**. Z tohoto důvodu je důležité umístit rameno robota správně.



UPOZORNĚNÍ:

Pokud nebude montáž ramene robota správná, může následkem toho docházet k častým ochranným zastavením a/nebo se rameno robota po stisknutí tlačítka **Freedrive** začne pohybovat.

Rameno robota je umístěno na plochem stole nebo podlaze, není nutné provádět na této obrazovce žádnou změnu. Pokud je však rameno robota **upevněno ke stropu**, **upevněno ke stěně** nebo **namontováno pod určitým úhlem**, nastavení je zapotřebí upravit pomocí tlačítek.

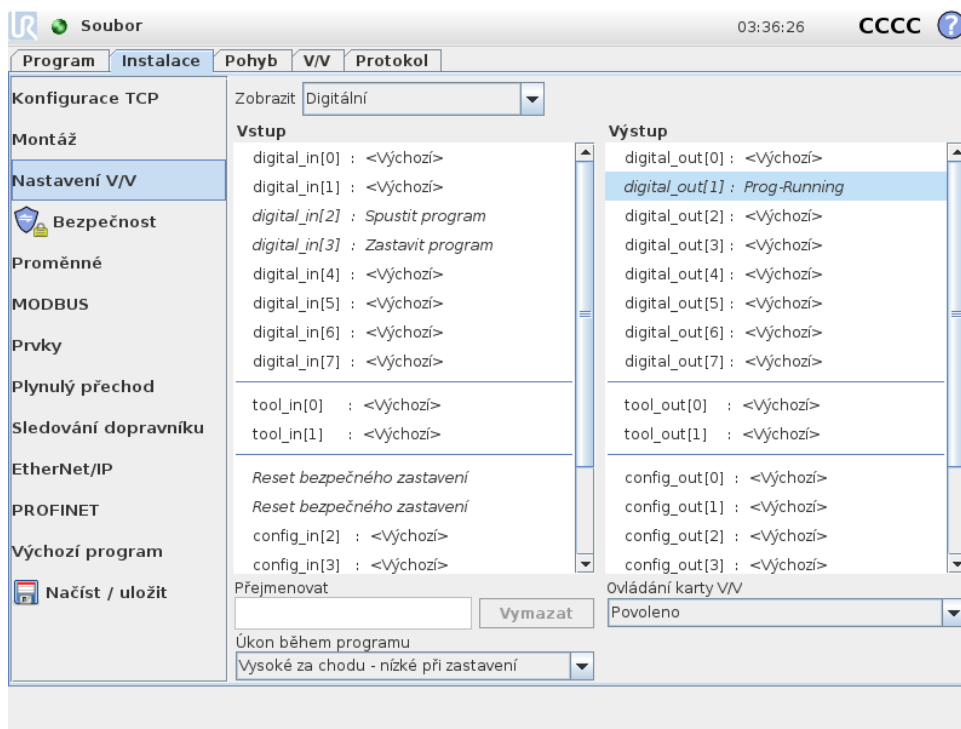
Tlačítka na pravé straně obrazovky slouží k nastavení úhlu montáže ramene robota. Tři tlačítka vpravo nahoře slouží k nastavení úhlu pro **strop** (180°), **stěnu** (90°), **podlahu** (0°). Tlačítka **Náklon** nastavují libovolný úhel.

Tlačítka ve spodní části obrazovky slouží k natočení umístění ramene robota tak, aby odpovídalo skutečné montáži robota.

**UPOZORNĚNÍ:**

Používejte správná nastavení instalace. Soubory instalace ukládejte a načítejte s programem.

13.8 Instalace → Nastavení V/V



Na obrazovce Nastavení V/V mohou uživatelé konfigurovat signály V/V a konfigurovat úkony V/V ovládání karty.

V sekcích **Vstup** a **Výstup** jsou uvedeny druhy V/V signálů, jako např.:

- Digitální (standardní univerzální, konfigurovatelný a nástrojový)
- Analogový (standardní univerzální a nástrojový)
- MODBUS
- Univerzální registry (boolean, integer a float) Přístup k univerzálním registrům lze získat např. pomocí sběrnice fieldbus (jako je Profinet a Ethernet/IP).

13.8.1 Typ signálu v/v

Chcete-li omezit počet signálů uvedených v sekcích **Vstup** a **Výstup**, pomocí rozbalovací nabídky **Zobrazit** v horní části obrazovky změňte zobrazený obsah v závislosti na typu signálu.

13.8.2 Přiřazování uživatelem definovaných názvů

Pro snadné zapamatování, co signály dělají při práci s robotem, mohou uživatelé spojit názvy se vstupními a výstupními signály.

1. Volba požadovaného signálu
2. Klepnutím na textové pole v dolní části obrazovky nastavte název signálu.
3. Pro vrácení názvy na výchozí název klepněte na **Vymazat**.

Má-li se univerzální registr zpřístupnit v rámci programu (např. pro příkaz **Čekat** nebo podmíněný výraz příkazu **Když**), musí mít registr uživatelem definované jméno. Příkazy **Čekat** a **Když** jsou popsány v (14.9) a (14.18). Pojmenované univerzální registry lze nalézt v přepínači **Vstup** nebo **Výstup** na obrazovce **Editor výrazů**.

13.8.3 Akce V/V a ovládání karty V/V

Vstup úkony: K aktivaci příslušného úkonu lze nastavit standardní univerzální digitální vstupy, dva vstupy pro digitální nástroje, univerzální vstupní registry booleovského typu a konfigurovatelné vstupy, které se nepoužívají pro bezpečnostní funkce. Dostupné úkony:

- Spustit aktuální program
- Zastavit aktuální program
- Pozastavit aktuální program

Kromě toho lze nakonfigurovat úkon, kterým se zapíná nebo ukončuje režim **Freedrive**, je-li vstup vysoký/nízký. (podobně jako použití tlačítka **Freedrive** na zadní části ručního ovládacího panelu).

Výstupní činnosti: Výstupy standardně zachovávají své hodnoty po zastavení chodu programu.

Výstupní činnosti lze přiřadit následujícím typům digitálních výstupů:

- Digitální výstup
- Výstup nástroje
- Konfigurovatelný výstup
- Univerzální booleovský výstup
- Digitální výstup MODBUS
- Analogový výstup (výstup dosahuje max. nebo min. hodnot)

Dostupné úkony:

Nízký v klidovém stavu : Výstup je nízký, když je stav programu „zastaven“ nebo „pozastaven“.

Vysoký v klidovém stavu : Výstup je vysoký, když je stav programu „zastaven“ nebo „pozastaven“.

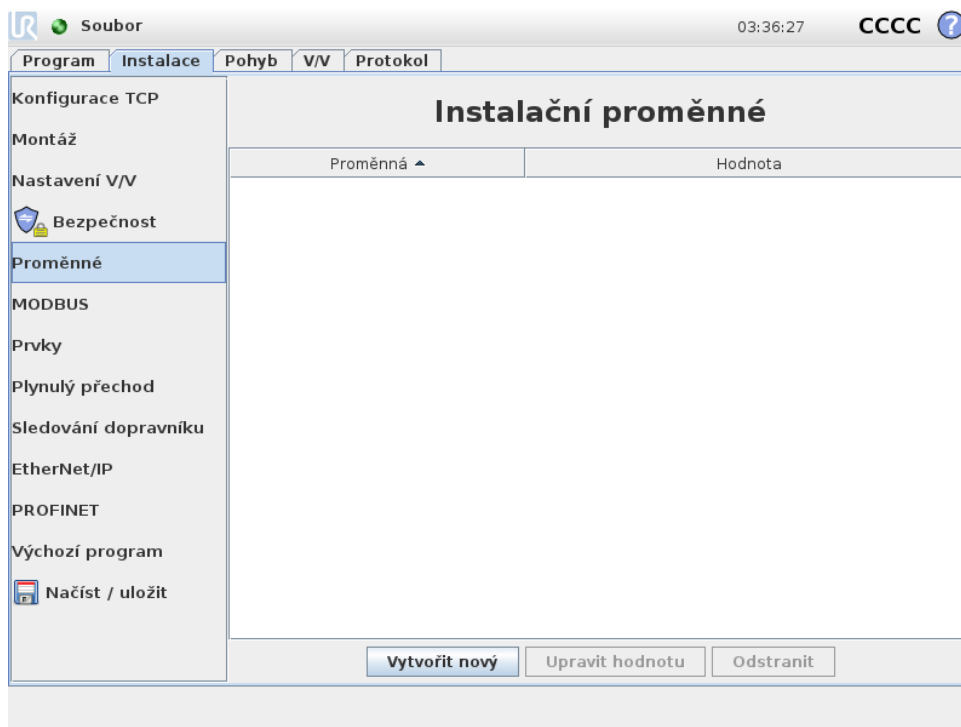
Vysoký v klidovém stavu - nízký při zastavení : Výstup je nízký, když je stav programu „zastaven“ nebo „pozastaven“ a vysoký v klidovém stavu.

Ovládání karty V/V: Lze rovněž nastavit, zda bude výstup ovládán prostřednictvím karty V/V (buď programátory, nebo programátory i obsluhou) nebo zda hodnotu výstupu budou moci měnit pouze programy robota.

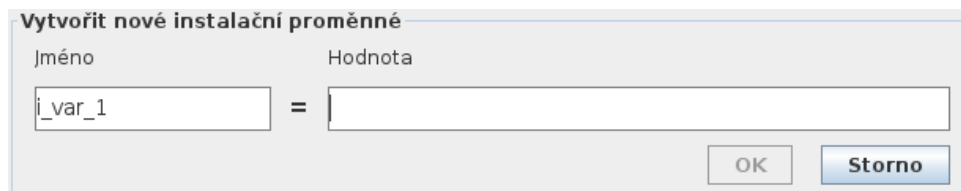
13.9 Instalace → Bezpečnost

Viz kapitola 10.

13.10 Instalační → Proměnné



Proměnné vytvořené na obrazovce Proměnné se nazývají instalační proměnné a používají se stejně jako běžné programové proměnné. Instalační proměnné jsou odlišné, protože si ponechávají svou hodnotu, i když se program zastaví a poté se znovu spustí, a také když se rameno robota a/nebo ovládací jednotka vypne a znovu zapne. Název a hodnoty se ukládají při instalaci, stejnou proměnnou lze tedy použít pro více programů.



Stiskem tlačítka **Vytvořit nový** se vyvolá panel s doporučeným názvem nové proměnné. Název lze změnit a hodnotu lze zadat dotykem některého z textových polí. Tlačítko **OK** lze na něj klepnout pouze v případě, že se nový název v této instalaci nepoužívá.

Hodnotu instalační proměnné je možné změnit zvýrazněním proměnné v seznamu a poté kliknutím na možnost **Upravit hodnotu**.

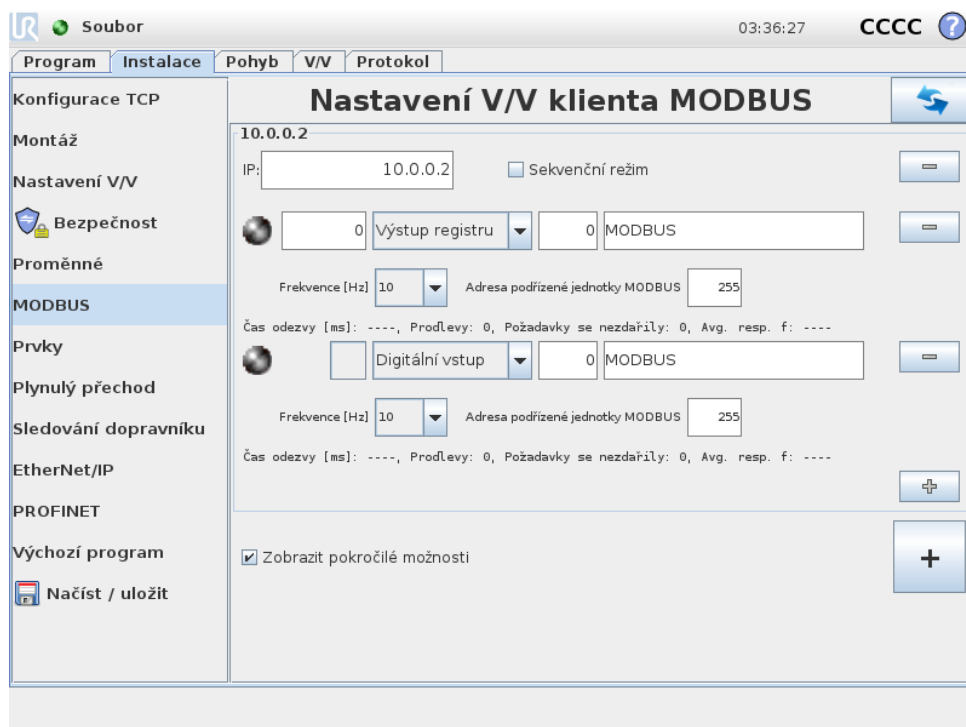
Chcete-li odstranit proměnnou, vyberte ji a poté klepněte na **Odstranit**.

Po nakonfigurování instalačních proměnných je nutné samotnou instalaci uložit, aby se konfigurace zachovala, (viz 13.5).

Instalační proměnné a jejich hodnoty se automaticky ukládají každých 10 minut.

Je-li načten program nebo instalace a jedna nebo více programových proměnných mají stejný název jako instalační proměnné, uživatel dostane na výběr možnosti buď vyřešit problém s použitím instalačních proměnných se stejným názvem namísto programových proměnných, anebo vyřešit problém automatickým přejmenováním proměnných.

13.11 Instalace → Nastavení V/V MODBUS klient



Zde lze nastavit signály MODBUS klient (nadřaz. jednotka). Připojení k serveru (nebo podřiz. jednotkám MODBUS) na zadaných IP adresách lze vytvořit pomocí vstupních/výstupních signálů (registry nebo digitální). Každý signál má jedinečný název, takže jej lze použít v programech.

Obnovit

Stisknutím tohoto tlačítka se obnoví všechna připojení MODBUS. Obnovením se odpojí všechny jednotky modbus a znovu se připojí. Všechny statistiky se vymažou.

Přidat jednotku

Stiskem tohoto tlačítka lze přidat novou jednotku MODBUS.

Odstranit jednotku

Stiskem tohoto tlačítka se odstraní jednotka MODBUS a společně s ní všechny přidávané signály.

Nastavit IP jednotky

Zde je uvedena IP adresa jednotky MODBUS. Chcete-li ji změnit, stiskněte tlačítko.

Sekvenční režim

K dispozici pouze v případě, že je vybrána možnost Zobrazit rozšířené možnosti (viz 13.11). Zaškrtnutím tohoto políčka vynutíte klienta Modbus, aby před odesláním další žádosti vyčkal na odpověď. Tento režim vyžadují některé jednotky sběrnice fieldbus. Zapnutí této možnosti může být užitečné v případě vyššího počtu signálů a zvýšením frekvence požadavků dochází k odpojení

signálu. Upozorňujeme, že skutečná frekvence signálu může být nižší, než je požadováno při definování vyššího počtu signálů v sekvenčním režimu. Skutečnou frekvenci signálu lze pozorovat ve statistice signálů (viz sekce 13.11). Indikátor signálu bude žlutý, pokud je skutečná frekvence signálu nižší než polovina hodnoty vybrané z rozevíracího seznamu Frekvence.

Přidat signál

Stiskem tohoto tlačítka lze přidat signál pro příslušnou jednotku MODBUS.

Odstranit signál

Stiskem tohoto tlačítka lze odstranit signál MODBUS z příslušné jednotky MODBUS.

Nastavit typ signálu

Z této rozevírací nabídky lze vybrat typ signálu. K dispozici jsou následující typy:

Digitální vstup: Digitální vstup (cívka) je jednobitová informace přečtená z jednotky MODBUS na výstupu určeném v poli adresy signálu. Používá se kód funkce 0x02 (čtení diskretních vstupů).

Digitální výstup: Digitální výstup (cívka) je jednobitový signál, který lze nastavit na vysokou nebo nízkou hodnotu. Dokud uživatel nenastaví hodnotu tohoto výstupu, tato hodnota bude čtena ze vzdálené jednotky MODBUS. To znamená, že se využívá kód funkce 0x01 (čtení výstupů). Jakmile bude výstup nastaven programem robota nebo stisknutím tlačítka **Nastavit hodnotu signálu**, bude používán kód funkce 0x05 (zápis jednoho výstupu).

Vstup registru: Vstup registru je 16bitová informace přečtená z adresy zadané v poli adresy. Používá se kód funkce 0x04 (čtení vstupních registrů).

Výstup registru: Výstup registru je 16bitová informace nastavitelná uživatelem. Dokud se nenastaví hodnota registru, jeho hodnota bude čtena ze vzdálené jednotky MODBUS. To znamená, že bude použit kód funkce 0x03 (čtení uživatelských registrů). Jakmile bude výstup nastaven programem robota nebo zadáním hodnoty signálu v poli **Nastavit hodnotu signálu**, pro nastavení hodnoty na vzdálené jednotce MODBUS bude používán kód funkce 0x06 (zápis jednoho registru).

Nastavit adresu signálu

V tomto poli je uvedena adresa na vzdáleném serveru MODBUS. Pomocí číselné klávesnice na obrazovce můžete zadat jinou adresu. Platné nastavení adresy závisí na výrobci a konfiguraci vzdálené jednotky MODBUS.

Nastavit název signálu

Pomocí klávesnice na obrazovce lze zadat název signálu. Tento název se používá, když je příslušný signál používán v programech.

Hodnota signálu

Zde je uvedena aktuální hodnota signálu. V případě signálů registru je hodnota vyjádřena jako kladné celé číslo. V případě výstupních signálů lze nastavit požadovanou hodnotu signálu pomocí tlačítka. Pro výstupy registru opět platí, že zapsaná hodnota musí být celé kladné číslo.

Stav připojení signálu

Tato ikona znázorňuje, zda lze signál správně přečíst/zapsat (zelená) nebo zda jednotka reaguje neočekávaně či není dostupná (šedá). V případě odezvy MODBUS s výjimkou se zobrazí kód odezvy. Existují následující odezvy protokolu MODBUS-TCP s výjimkou:

- E1: ILLEGAL FUNCTION (0x01) (NEPOVOLENÁ FUNKCE) Kód funkce získaný v dotazu není pro server (nebo podříz. jednotku) povolenou akci.
- E2: ILLEGAL DATA ADDRESS (0x02) (NEPOVOLENÁ ADRESA DAT) Kód funkce získaný v dotazu není pro server (nebo podříz. jednotku) povolenou akci, zkontrolujte, zda zadaná adresa signálu odpovídá nastavení vzdáleného serveru MODBUS.
- E3: ILLEGAL DATA VALUE (0x03) (NEPOVOLENÁ HODNOTA DAT) Hodnota obsažená v dotazovacím datovém poli není pro server (nebo podříz. jednotku) povolenou hodnotou, zkontrolujte, zda je zadaná hodnota signálu platná pro zadanou adresu na vzdáleném serveru MODBUS.
- E4: SLAVE DEVICE FAILURE (0x04) (PORUCHA PODŘÍZENÉHO ZAŘÍZENÍ) Při pokusu serveru (nebo podříz. jednotky) o provedení požadované akce došlo k neodstranitelné chybě.
- E5: ACKNOWLEDGE (0x05) (POTVRZENÍ) Specializované použití ve spojení s programovacími příkazy odesílanými do vzdálené jednotky MODBUS.
- E6: SLAVE DEVICE BUSY (0x06) (PODŘ.ZAŘ. ZANEPRÁZDNĚNO) Specializované použití ve spojení s programovacími příkazy odesílanými do vzdálené jednotky MODBUS, podříz. jednotka (server) nemůže hned reagovat.

Zobrazit pokročilé možnosti

Toto zaškrtnuté políčko slouží k zobrazení či skrytí pokročilých možností u jednotlivých signálů.

Pokročilé možnosti

Frekvence aktualizace: Tato nabídka umožňuje změnit frekvenci aktualizace signálu. Jedná se o frekvenci odesílání požadavků do vzdálené jednotky MODBUS buď pro čtení, nebo k zápisu hodnoty signálu. Je-li frekvence nastavena na hodnotu 0, pak se na vyžádání iniciují požadavky sběrnice modbus pomocí funkcí `modbus_get_signal_status`, `modbus_set_output_register`, a `modbus_set_output_signal` script functions.

Adresa podřízené jednotky: Toto textové pole lze použít k nastavení konkrétní adresy podřízené jednotky pro účely požadavků odpovídajících konkrétnímu signálu. Hodnota musí být v rozsahu 0–255 včetně, výchozí hodnota je 255. Pokud se změní tato hodnota, doporučujeme pomocí příručky ke vzdálenému zařízení MODBUS ověřit funkčnost při změně adresy podřízené jednotky.

Znovu připojit odpočet: Počet připojení a opakovaných připojení TCP.

Stav připojení: Stav připojení TCP.

Čas odezvy [ms]: Čas mezi odesláním požadavku na modbus a přijatou odpovědí - aktualizuje se pouze tehdy, když je aktivní komunikace.

Paketové chyby Modbus: Počet přijatých paketů, které obsahovaly chyby (např. neplatná délka, chybějící data, chyba socketu TCP).

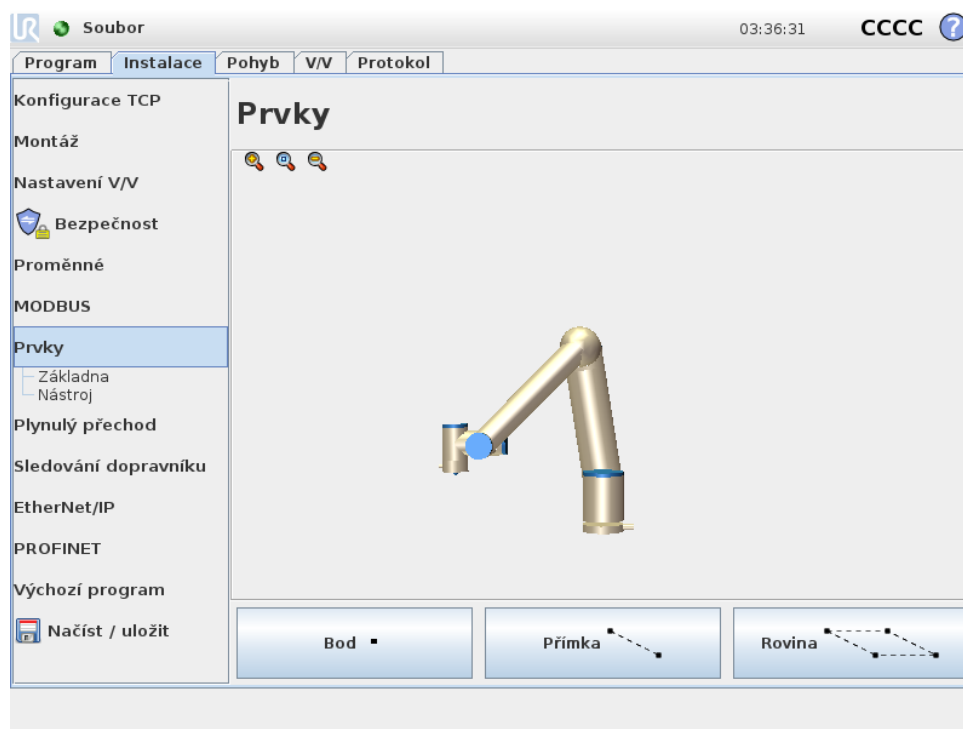
Prodlevy: Počet požadavků modbus bez odezvy.

Požadavky se nezdařily: Počet paketů, které nemohly být odeslány z důvodu neplatného stavu zásuvky.

Aktuální frekv.: Průměrná frekvence aktualizací stavu klienta (nadř.jedn.). Tato hodnota se přepočítává pokaždé, když signál obdrží odpověď ze serveru (nebo podř.jedn.).

Všechny čítače počítají do 65535 a pak se vrátí zpět na hodnotu 0.

13.12 Instalace → Prvky



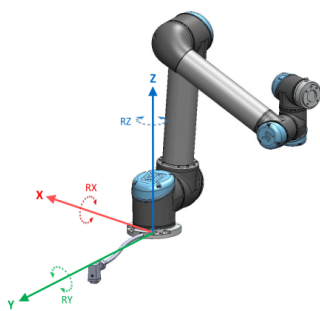
Prvek je zastoupením takového objektu, který je definován názvem k pozdějšímu použití a šestiřozměrnou pozicí (polohou a orientací) vzhledem k základně robota.

Některé dílčí části programu robota se skládají z pohybů, prováděných ve vztahu k jiným konkrétním objektům, než je základna ramene robota. Těmito objekty mohou být stoly, ostatní stroje, obrobky, dopravníky, palety, kamerové systémy, polotovary nebo hranice, které existují v okolí ramene robota. Pro robot vždy existují dva předdefinované prvky. Každý prvek má svou pozici definovanou konfigurací ramenem robota samotným:

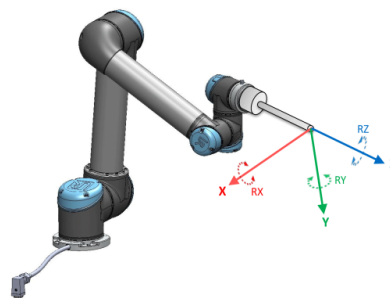
- **Základna:** prvek s počátkem ve středu základny robota (viz obrázek 13.1)
- **Nástroj:** prvek s počátkem ve středu aktuální TCP robota (viz obrázek 13.2)

Uživatelé definované prvky jsou umístěny metodou, která využívá aktuální pozici nástroje TCP v pracovním prostoru. To znamená, že uživatelé mohou k pohybu robota do požadované pozice naučit umístění prvků pomocí režimu Freedrive nebo krokování.

K definování pozice prvku existují tři různé strategie (**Bod**, **Přímka** a **Rovina**). Nejlepší strategie pro danou aplikaci závisí na typu objektu a požadavcích na přesnost. Obecně by měl být upřednostněn prvek založený na více vstupních bodech (**Přímka** a **Rovina**) - lze-li to pro konkrétní



Obrázek 13.1: Základní prvek



Obrázek 13.2: Prvek středového bodu nástroje (TCP)

objekt použít.

Pro přesné definování směru lineárního dopravníku definujte dva body prvku **Přímka** co nejvíce fyzicky vzdálených od sebe. Prvek **Bod** lze také použít k definování směru lineárního dopravníku, uživatel však musí TCP směřovat ve směru skutečného pohybu dopravníku.

Použití více bodů k definování polohy stolu znamená, že orientace je založena spíše na pozicích než na orientaci jednoho TCP. Jednoduchou orientaci TCP je těžší nakonfigurovat s vysokou přesností.

Pro poznání různých metod k definování prvků viz (v sekcích: 13.12.2), (13.12.3) a (13.12.4).

13.12.1 Použití prvku

Je-li v instalaci definován prvek, v programu robota může být obsažen na něj odkaz, tak aby byl zajištěn vztah mezi pohyby robota (např. příkazy **PohybL** nebo **PohybP**) a daným prvkem (viz část 14.5). To umožňuje snadné přizpůsobení programu robota (např. je-li více robotických stanic, nebo když se objekt pohybuje během chodu programu nebo se trvale pohybuje v pracovním prostoru. Pouhým nastavením prvku objektu se tedy příslušným způsobem upraví všechny pohyby v programu ve vztahu k danému objektu. Další příklady viz (části 13.12.5) a (13.12.6).

Prvky konfigurované jako krokovatelné jsou také užitečnými nástroji při ručním přesunu robota na kartě **Pohyb** (sekce 13.1) nebo na obrazovce **Úprava polohy** (viz 12.2). Je-li prvek vybrán jako referenční, pak budou tlačítka **Pohyb nástroje**, určená k posouvání a otáčení, fungovat ve zvoleném prostoru prvků (viz 13.1.2) a (13.1.3), odečet souřadnic TCP. Například pokud je stůl definován jako prvek a je vybrán jako reference v kartě **Pohyb**, pomocí tlačítek se šipkami pro posuv (tzn. nahoru/dolů, doleva/doprava, dopředu/dozadu) se bude robot pohybovat v těchto směrech ve vztahu ke stolu. Navíc budou souřadnice TCP v rámu stolu.

Přejmenovat

Tímto tlačítkem se přejmenuje prvek.

Odstranit

Tímto tlačítkem se odstraní zvolený prvek a veškeré jeho dílčí prvky.

Zobrazit osy

Zvolte, zda se budou v 3D grafice zobrazovat souřadnice vybraného prvku. Volba bude použita na této obrazovce a na obrazovce Pohyb.

Změna bodu

Tlačítko **Změnit tento bod** slouží k nastavení nebo změně vybraného prvku. Zobrazí se karta **Pohyb** (část 13.1) a bude možné nastavit novou polohu prvku.

Krokovatelný prvek

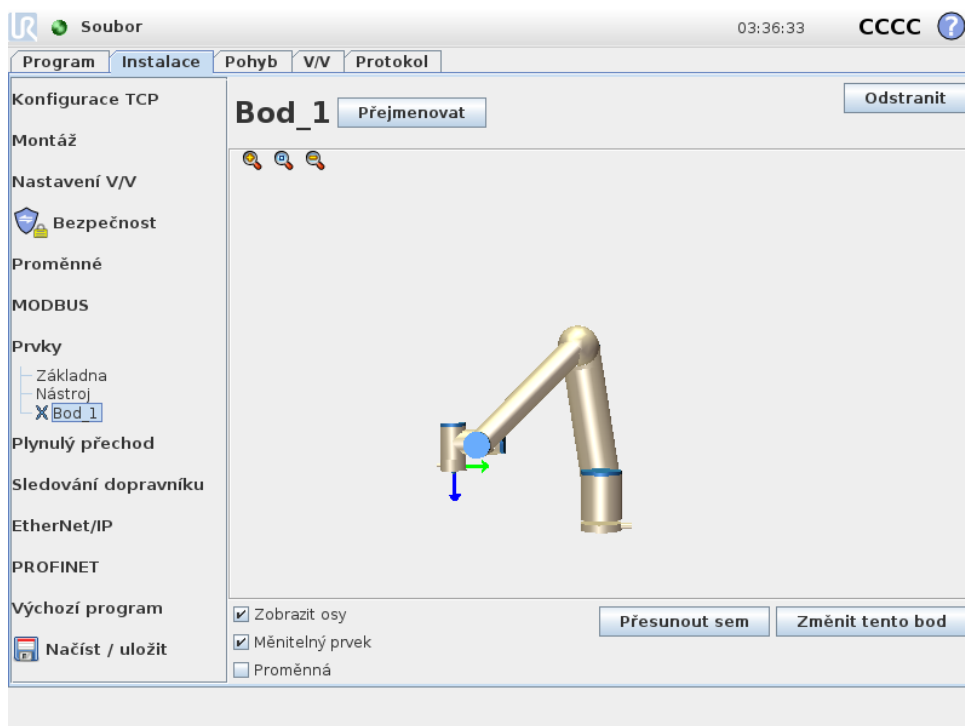
Zvolte, zda bude vybraný prvek krokovatelný. Určíte tak, zda se bude prvek zobrazovat v nabídce prvků na obrazovce Pohyb.

Použití příkazu Přesunout robota sem

Stiskněte tlačítko **Přesunout robota sem** pro přemístění ramena robota směrem k vybranému prvku. Na konci tohoto pohybu se budou souřadnicové systémy prvku a polohy TCP shodovat.

13.12.2 Nový bod

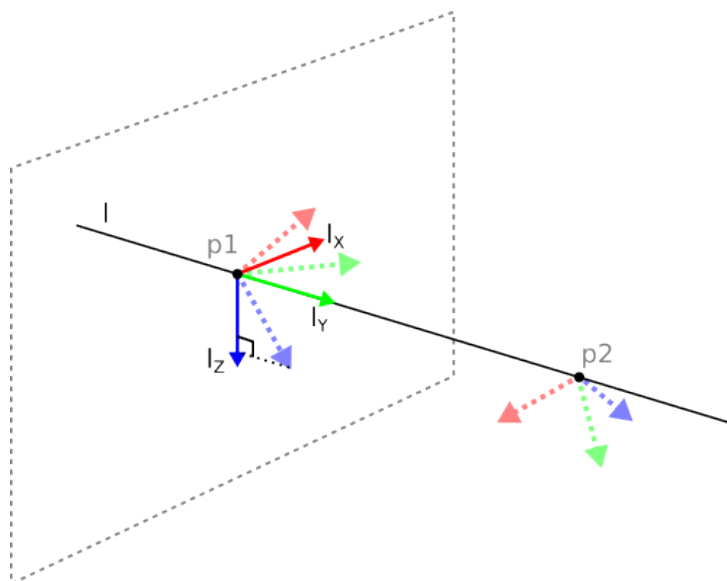
Stisknutím tlačítka **Bod** se přidá do instalace bod. Prvek ve formě bodu definuje bezpečnostní hranici nebo Při definování bezpečnostní hranice nebo globální základní konfiguraci ramena robota. Poloha bodu je definována jako poloha a orientace TCP.



13.12.3 Nová přímka

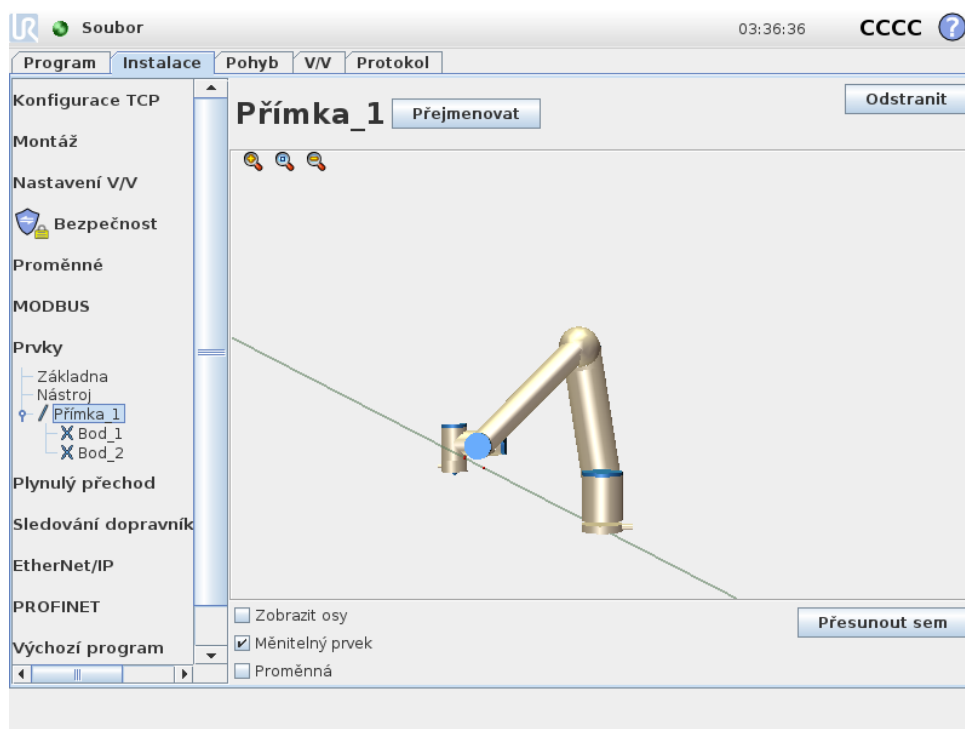
Stisknutím tlačítka **Přímka** se přidá do instalace přímka. Prvek přímky definuje přímky, po kterých má robot postupovat. (např. při použití sledování dopravníku). Přímka *l* je definována

jako osa mezi dvěma bodovými prvky $p1$ a $p2$, jak znázorňuje obr. 13.3.



Obrázek 13.3: Definice prvku přímky

Na obrázku 13.3 představuje osa vedená směrem od prvního bodu k druhému bodu osu Y souřadnicového systému přímky. Osa Z je definována průmětem osy Z z bodu $p1$ do roviny kolmé k této přímce. Poloha souřadnicového systému přímky je stejná s polohou bodu $p1$.



13.12.4 Prvek roviny

Zvolte prvek rovina, když potřebujete rámec s vysokou přesností, např. při práci s kamerovým systémem nebo u pohybů ve vztahu ke stolu.

Přidat rovinu

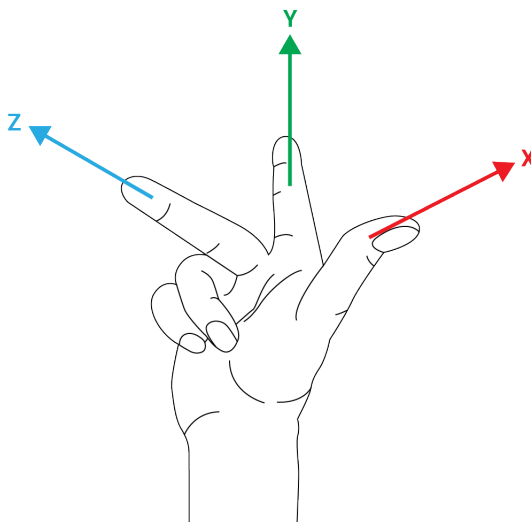
1. V položce Instalace zvolte možnost **Prvky**.
2. V položce Instalace zvolte možnost **Rovina**.

Výuka roviny

Když stisknete tlačítko k vytvoření nové roviny, průvodce na obrazovce vám pomůže vytvořit rovinu.

1. Zvolit počátek (origo)
2. Přesuňte robota k definování směru kladné osy X roviny
3. Přesuňte robota k definování směru kladné osy Y roviny

Rovina je definovaná s použitím pravidla pravé ruky, takže osa z je vektorový součin osy x a osy y, jak je znázorněno níže.



POZNÁMKA:

Můžete přeučít rovinu v protilehlém směru osy x, pokud chcete, aby byla rovina normálou v protilehlém směru.

Upravte stávající rovinu volbou možnosti Rovina a stisknutím Upravit rovinu. Pak použijete stejného průvodce jako pro výuku nové roviny.

13.12.5 Příklad: Manuální aktualizace prvku pro nastavení programu

Uvažujme aplikaci, kde se více dílů programu robota vztahuje ke stolu. Obrázek 13.4 ilustruje pohyb z bodů trasy wp1 až wp4.

Aplikace vyžaduje, že by se program měl použít znovu pro více instalací robotů, kde se mírně liší poloha stolu. Pohyb vzhledem ke stolu je totožný. Definováním polohy stolu jako prvku *P1* v instalaci lze program s příkazem *PohybL* nakonfigurovaný vzhledem k rovině snadno aplikovat u dalších robotů pouhou aktualizací instalace skutečnou polohou stolu.

Program robota

PohybJ

S1

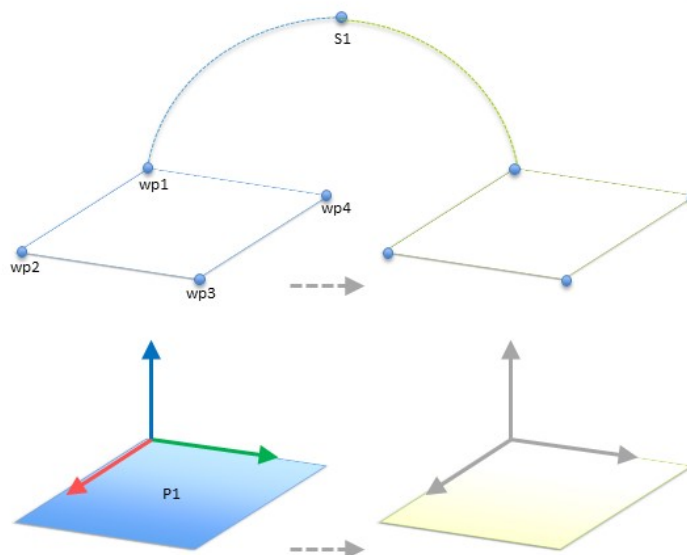
PohybL #: P1_var

wp1

wp2

wp3

wp4

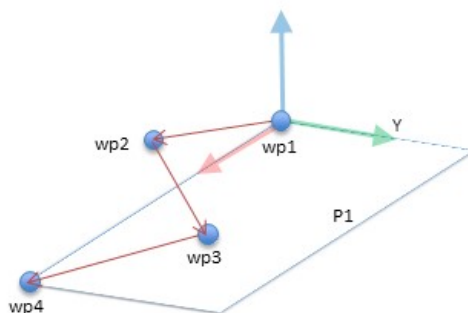


Obrázek 13.4: Jednoduchý program se čtyřmi body trasy ve vztahu k prvku roviny, aktualizovanému ručně změnou prvku

Tato koncepce se vztahuje na libovolný počet prvků v aplikaci tak, aby se dosáhlo flexibilního programu, který dokáže vyřešit stejný úkol pro mnoho robotů, a to i kdyby se mezi jednotlivými instalacemi lišila místa v pracovním prostoru.

13.12.6 Příklad: Dynamická aktualizace polohy prvku

Uvažujme podobnou aplikaci, ve které se robot musí rovněž pohybovat v určitém vzoru na stole s cílem vyřešit konkrétní úkol (viz 13.5).



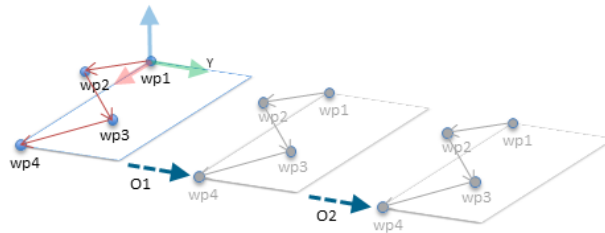
Obrázek 13.5: Příkaz *PohybL* se čtyřmi body trasy vzhledem k prvku roviny

Pohyb ve vztahu k *P1* se několikrát opakuje, pokaždé s posunem o přesazení *o*. V tomto příkladu je přesazení nastaveno na 10 cm ve směru osy Y (viz obr. 13.6, přesazení *O1* a *O2*). Toho se dosáhne pomocí skriptovacích funkcí *pose_add()* nebo *pose_trans()* pro manipulaci proměnného prvku.

Během chodu programu lze místo pouhého přidání přesazení přepnout na zcela jiný prvek. Toto je znázorněno na níže uvedeném příkladu (viz obrázek 13.7), kde lze referenční prvek pro příkaz *PohybL P1_var* přepínat mezi dvěma rovinami *P1* a *P2*.

Program robota

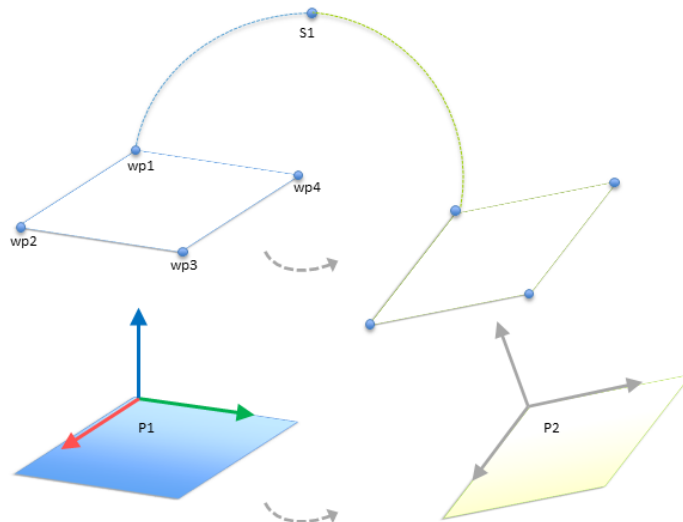
```
PohybJ
  wp1
  y = 0,01
  o = p[0,y,0,0,0,0]
  Pl_var = pose_trans(Pl_var, o)
  PohybL #: Pl_var
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4
```



Obrázek 13.6: Aplikování posunu na prvek roviny

Program robota

```
PohybJ
  S1
  if (digitální_vstup[0]) the
    Pl_var = P1
  jinak
    Pl_var = P2
  PohybL #: Pl_var
  wp1
  wp2
  wp3
  wp4
```



Obrázek 13.7: Přechod z jednoho prvku roviny na druhý

13.13 Nastavení sledování dopravníku

Při použití dopravníku lze robot nakonfigurovat tak, aby sledoval jeho pohyb. Nastavení Sledování dopravníku poskytuje možnosti konfigurace robota pro práci s absolutními i přírůstkovými kodéry, stejně jako s lineárními a kruhovými dopravníky.

Parametry dopravníku

Přírůstkové: kodéry lze připojit k digitálním vstupům 0 až 3. Dekódování digitálních signálů probíhá při frekvenci 40 kHz. S využitím **kvadrurního** kodéru (vyžadujícího dva vstupy) robot dokáže určit rychlost i směr dopravníku. Je-li směr dopravníku konstantní, stačí k určení rychlosti dopravníku použít jeden vstup, detekující buď Náběžnou, Sestupnou, nebo Náběžnou i Sestupnou hranu.

Absolutní: kodéry lze připojit prostřednictvím signálu MODBUS. Toto vyžaduje aby byla provedena předkonfigurace registru digitálního vstupu MODBUS v (části 13.11).

Lineární dopravníky

V případě výběru lineárního dopravníku je nutno k určení směru dopravníku nakonfigurovat lineární prvek v části **Prvky** instalace. Lineární prvek by měl být rovnoběžný se směrem do-

pravníku, a mezi dvěma body, které jej definují, by měla být dostatečně velká vzdálenost. Konfigurujete lineární prvek se doporučuje konfigurovat nastavením dvou bodů přesným umístěním nástroje ke straně dopravníku. Pokud je směr prvku přímky proti směru pohybu dopravníku, použijte tlačítko **Opačný směr**.

Toto pole **Impulzů na metr** se využívá k zadání počtu impulzů, které kodér vygeneruje během pohybu dopravníku o jeden metr.

$$\text{Impulzů na metr} = \frac{\text{impulzy na otáčku kodéru}}{2\pi \cdot \text{poloměr kotouče kodéru[m]}} \quad (13.1)$$

Kruhové dopravníky

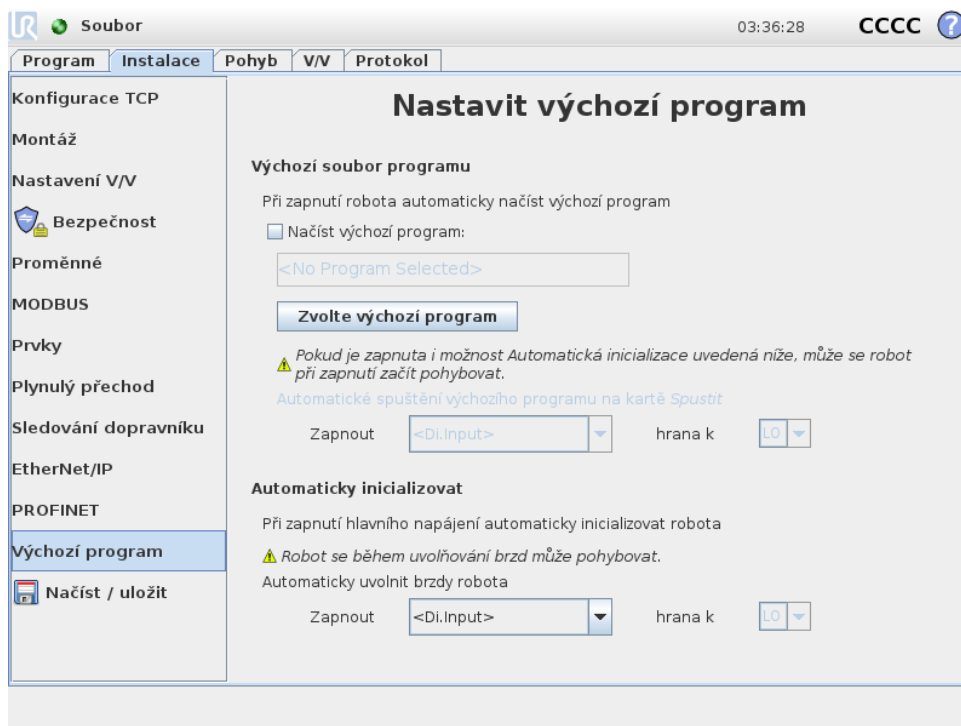
Při sledování kruhového dopravníku je nutno definovat střed dopravníku.

1. Definujte střed v instalaci v části **Prvky**. Hodnota **Impulzy na otáčku** musí být počet impulzů, které kodér vygeneruje během jednoho otočení dopravníku.
2. Pokud má orientace nástroje sledovat pohyb dopravníku (např. pokud je nástroj orientován kolmo na dopravník a má zůstat v kolmém směru i během jeho pohybu), zaškrtněte políčko **Otáčet nástroj podle dopravníku**.
3. Pokud se má orientace řídit trasou, zaškrtnutí políčka **Otáčet nástroj podle dopravníku** zrušte.

13.13.1 Hladký přechod mezi bezpečnostními režimy

Při přepínání mezi bezpečnostními režimy během událostí (tj. vstup omezeného režimu, spouštění roviny omezeného režimu, bezpečné zastavení a třípolohové aktivačního zařízení) má robotové rameno za úkol během 0,4s zajistit „měkký“ přechod. Stávající aplikace mají nezměněné chování, což odpovídá „tvrdému“ nastavení. Nové instalační soubory standardně přecházejí na „měkké“ nastavení.

13.14 Instalace → Výchozí program



Obrazovka Spuštění obsahuje nastavení pro automatické načtení a spuštění výchozího programu, a pro automatickou inicializaci ramene robota při zapnutí.



UPOZORNĚNÍ:

1. V případě současné aktivace automatického zatížení, automatického startu a automatické inicializace robot spustí program po zapnutí ovládací jednotky, pokud vstupní signál odpovídá vybrané úrovni signálu. Například přechod hrany na zvolenou úroveň signálu nebude v tomto případě nutný.
2. Použijte výstrahu, je úroveň signálu natavena na možnost NÍZKÁ. Vstupní signály standardně nízké, což vede k automatickému spuštění programu bez vnějšího signálu.

Načtení výchozího programu

Po zapnutí ovládací jednotky je načten výchozí program. Výchozí program se automaticky načte také v případě, že je aktivní obrazovka **Spuštění programu** (viz 11.4) a není načten žádný program.

Spuštění výchozího programu

Výchozí program se automaticky spustí na obrazovce **Spuštění programu**. Pokud je načten výchozí program a je detekován přechod hrany specifikovaného externího vstupního signálu, program se spustí automaticky.

Při spuštění není aktuální úroveň vstupního signálu definována. Výběrem přechodu, který odpovídá úrovni signálu při spuštění, se program spustí okamžitě. Po zavření obrazovky **Spustit program** nebo klepnutí na tlačítko Zastavit na Ovládacím panelu se funkce automatického spuštění vypne do doby, než se opět stiskne tlačítko Spustit.

Automatická inicializace

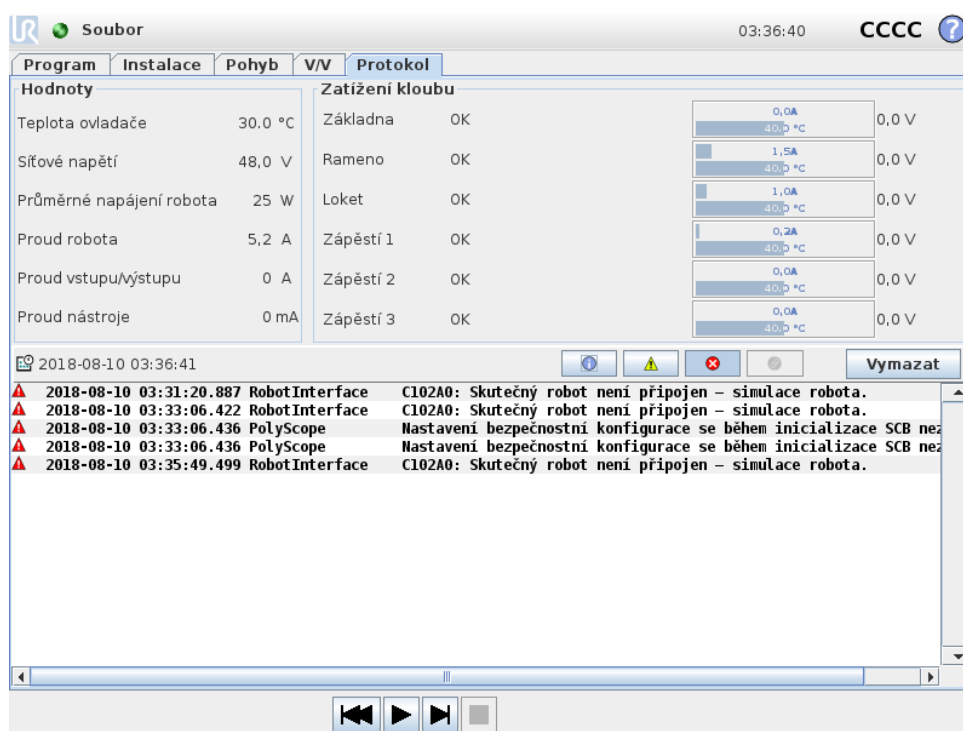
Rameno robota je automaticky inicializováno. Při specifikovaném přechodu hrany externího vstupního signálu se rameno robota bez ohledu na aktivní obrazovku zcela inicializuje.

Uvolnění brzdy je posledním stádiem inicializace. Při uvolnění brzdy provádí rameno robota malý pohyb a ozve se klapnutí. Brzdy také nelze automaticky uvolnit v případě, že nakonfigurované umístění neodpovídá umístění zjištěnému (na základě údajů ze snímače). V takovém případě je nutno robota inicializovat ručně na obrazovce inicializace (viz 11.5).

Při spuštění není aktuální úroveň vstupního signálu definována. Výběrem přechodu, který odpovídá úrovni signálu při spuštění, se okamžitě inicializuje rameno robota.

Funkce automatické inicializace funguje, když je vypnuto pouze rameno robota.

13.15 Karta Protokol



Technický stav robota V horní polovině obrazovky jsou uvedeny informace o stavu ramene robota a ovládací jednotky robota.

Na levé straně obrazovky se zobrazují informace týkající se ovládací jednotky robota, zatímco pravá strana obrazovky zobrazuje informace o kloubu robota. U každého kloubu robota se zobrazuje teplota motoru a elektroniky, zatížení kloubů a napětí.

Protokol robota Zprávy se zobrazují ve spodní části obrazovky. V prvním sloupci jsou uvedeny kategorie závažnosti jednotlivých záznamů a údajů v protokolu. Ve druhém sloupci je

uveden čas příchodu zpráv. Další sloupec obsahuje odesílatele zprávy. V posledním sloupci je vlastní text zprávy. Zprávy lze filtrovat výběrem přepínačů, které odpovídají závažnosti položky protokolu. Na obrázku výše je znázorněno, že během filtrování informačních a varovných zpráv se zobrazují chyby. Některé zprávy protokolu jsou navrženy tak, aby poskytovaly více informací. Toho lze docílit výběrem položky protokolu.

13.15.1 Ukládání chybových zpráv

Jakmile dojde k chybě v programu PolyScope, generuje se protokol chyby. V kartě Protokol můžete sledovat a/nebo exportovat generované sestavy do jednotky USB (viz 13.15). Sledovat a exportovat lze následující přehled chyb:

- Závada
- Interní výjimky PolyScope
- Ochranné zastavení
- Nezpracovaná výjimka v souboru URCap
- Narušení

Exportovaná zpráva obsahuje: uživatelský program, protokol historie, instalaci a seznam aktivních služeb.

Chybová zpráva Je-li v řádku protokolu zobrazena ikona papíru, k dispozici je podrobné stavové hlášení.

- Vyberte řádek protokolu a klepnutím na tlačítko Uložit zprávu uložíte zprávu na jednotku USB.
- Zprávu lze uložit během chodu programu.



POZNÁMKA:

Nejstarší zpráva se vymaže, jakmile se vygeneruje nová. Ukládá se pouze posledních pět zpráv.

13.16 Obrazovka načtení

Na této obrazovce zvolíte program, který chcete načíst. Existují dvě verze této obrazovky: jedna slouží pro načítání a provádění programu, druhá slouží k jeho úpravě.



POZNÁMKA:

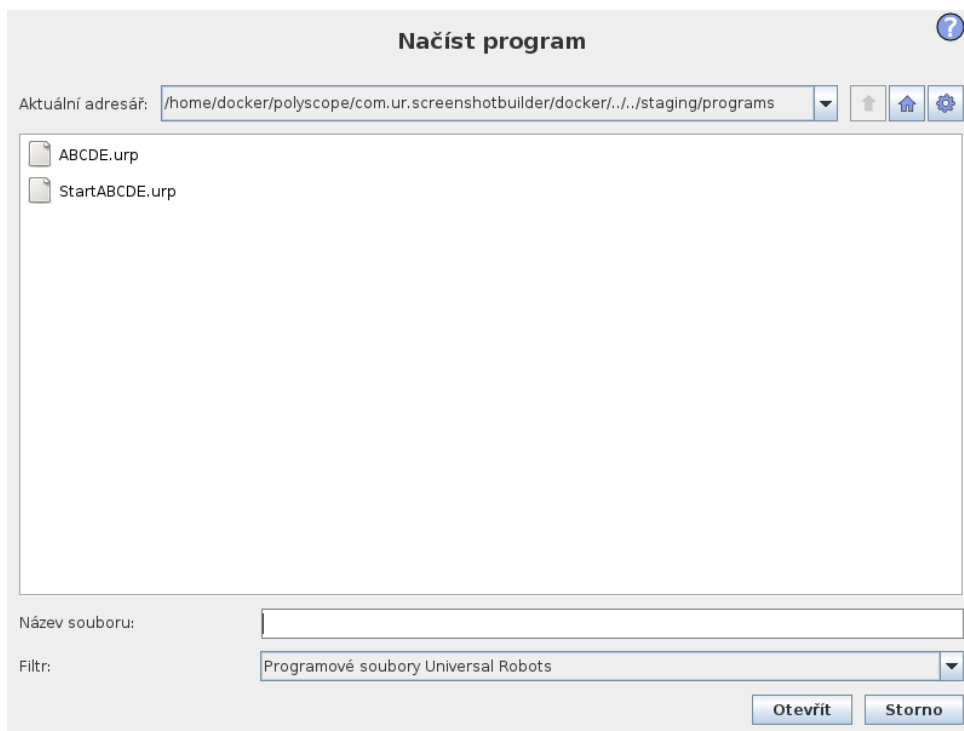
Nedoporučujeme spouštět program z disku USB. Chcete-li spustit program uložený na disku USB, nejdříve jej načtěte a poté uložte do místní složky programu pomocí tlačítka **Uložit jako...** v nabídce **Soubor**.

Hlavní rozdíl spočívá v akcích, které jsou dostupné uživateli. Na základní obrazovce načtení bude mít uživatel k souborům pouze přístup – nebude je moci upravovat ani mazat. Uživatel

dále nemůže opustit adresářovou strukturu složky programů. Uživatel může přejít do podadresáře, nejvyšší dostupnou úroveň však představuje složka programy.

Proto je nutné, aby všechny programy byly uloženy v programové složce či v podsložkách této složky.

Uspořádání obrazovky



Tento obrázek znázorňuje obrazovku pro načtení. Skládá se z následujících důležitých oblastí a tlačítek:

Historie tras Historie tras obsahuje seznam tras vedoucích až do stávajícího umístění. To znamená, že jsou uvedeny všechny nadřazené adresáře až po kořenový adresář počítače. Zde se může stát, že nebudete mít přístup ke všem adresářům nad složkou programu.

Po vybrání názvu složky v seznamu se dialogové okno načtení změní na příslušný adresář a zobrazí jej v oblasti výběru souborů (viz 13.16).

Oblast výběru souborů V této oblasti dialogu je zobrazen obsah aktuální oblasti. Uživatel může soubor vybrat jedním kliknutím nebo jej otevřít poklikáním na název souboru.

Adresáře lze vybrat dlouhým stiskem cca 0,5 s. Vstup do složky a prezentace jejího obsahu se provádí jediným kliknutím.

Filtr souborů Pomocí filtru souborů lze omezit zobrazené soubory a naopak zahrnout typ souborů dle vlastního přání. Vyberete-li možnost **Záložní soubory**, zobrazí se v oblasti výběru souborů posledních 10 uložených verzí každého programu, přičemž přípona `.old0` představuje nejnovější a `.old9` nejstarší verzi souboru.

Pole souboru Zde je uveden aktuálně zvolený soubor. Uživatel může zadat název souboru ručně nebo kliknout na ikonu klávesnice vpravo od pole. Klávesnice se poté zobrazí v samostatném okně, ve kterém uživatel může zadat název přímo na obrazovce.

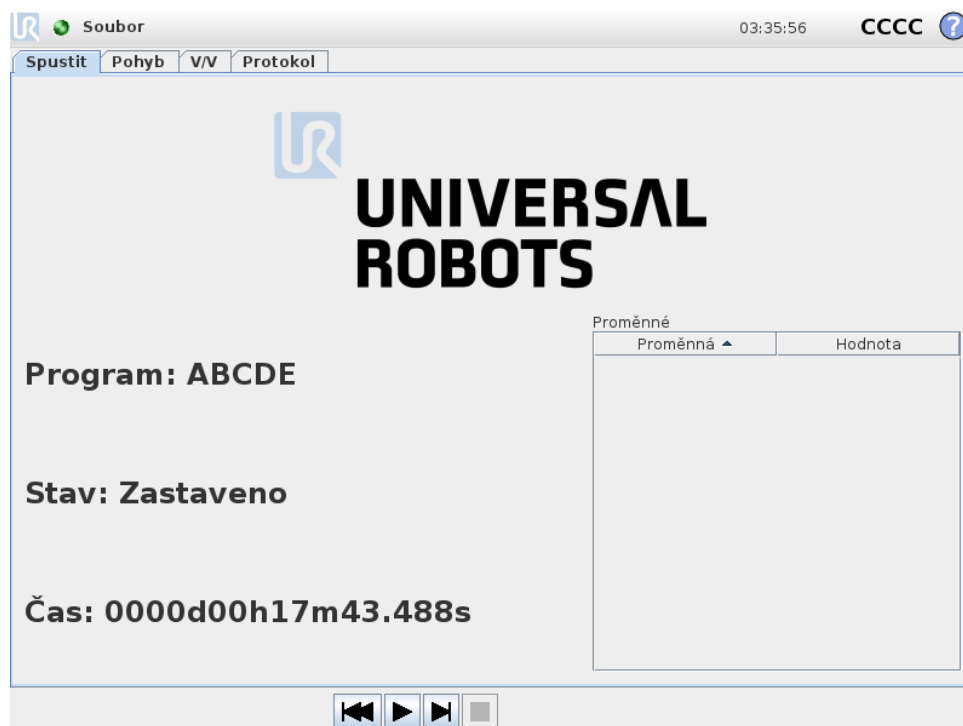
Tlačítko Otevřít Kliknutím na tlačítko Otevřít otevřete aktuálně zvolený soubor a vrátíte se na předchozí obrazovku.

Tlačítko Storno Kliknutím na tlačítko Storno přerušíte aktuální proces načítání a obrazovka se přepne na předchozí obrázek.

Tlačítka Akce Skupina tlačítek umožňuje uživateli provádět některé akce, které jsou jinak dostupné po kliknutí pravým tlačítkem na název souboru v běžném dialogovém okně souboru. Tyto funkce jsou rozšířeny o možnost přejít nahoru v adresářové struktuře a přímo na programovou složku.

- Nadřazená: Slouží k přechodu nahoru v adresářové struktuře. Tlačítko nebude aktivní ve dvou případech: pokud je aktuální adresář nejvyšším adresářem nebo pokud je obrazovka v omezeném režimu a aktuální adresář je programový adresář.
- Přejít do programové složky: Slouží k přechodu do výchozí složky.
- Akce: Slouží k provádění akcí, například vytvoření adresáře, odstranění souboru apod.

13.17 Karta Spustit

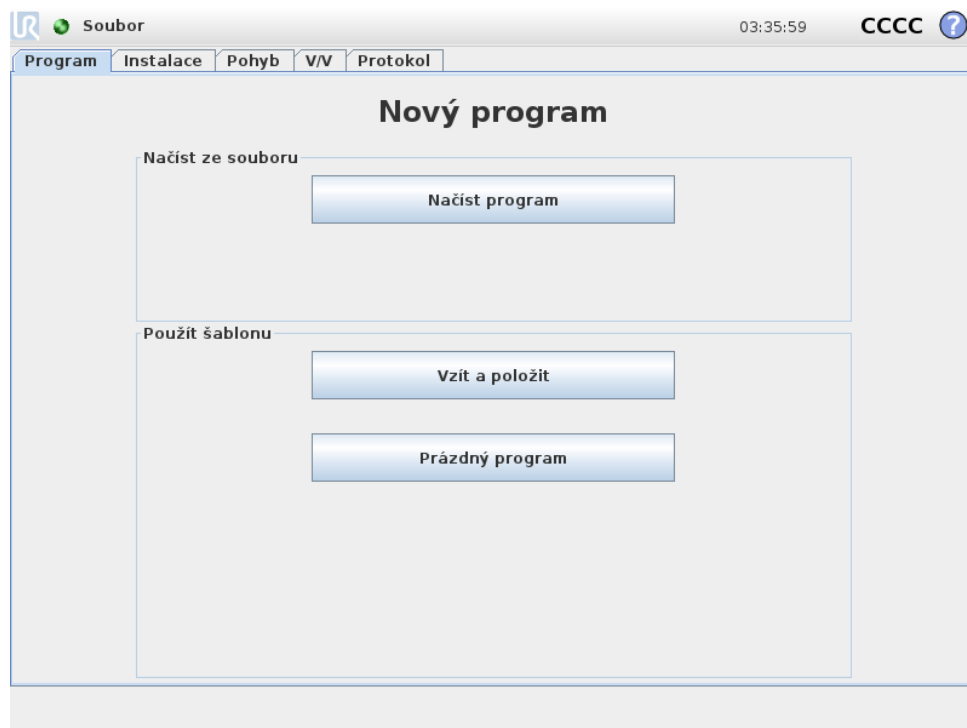


Tato karta poskytuje jednoduchý způsob ovládání ramene a ovládací jednotky robota pomocí nejmenšího nutného množství tlačítek a voleb. Tuto možnost lze využít společně s heslem chráněnou programovací částí rozhraní PolyScope (viz 15.3) k používání robota jako nástroje, který spouští výhradně předem připravené programy.

Dále lze na této kartě automaticky načíst a spustit výchozí program na základě přechodu hrany externího vstupního signálu (viz 13.14). Kombinaci automatického načtení a spuštění výchozího programu a automatické inicializace při zapnutí lze použít například při integraci ramene robota s jiným strojem.

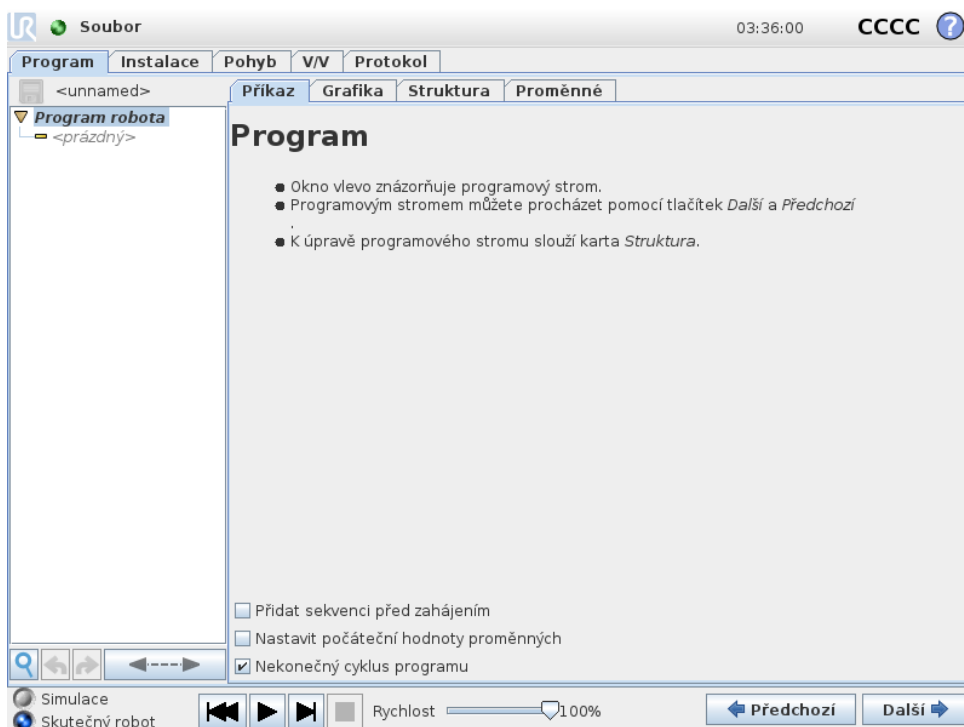
14 Programování

14.1 Nový program



Nový program robota lze vytvořit buď ze *šablony*, anebo z existujícího (uloženého) programu robota. *Šablona* poskytuje celkovou strukturu programu, je tedy nutné pouze doplnit podrobnosti programu.

14.2 Karta Program



Karta Program uvádí program, který aktuálně upravujete.

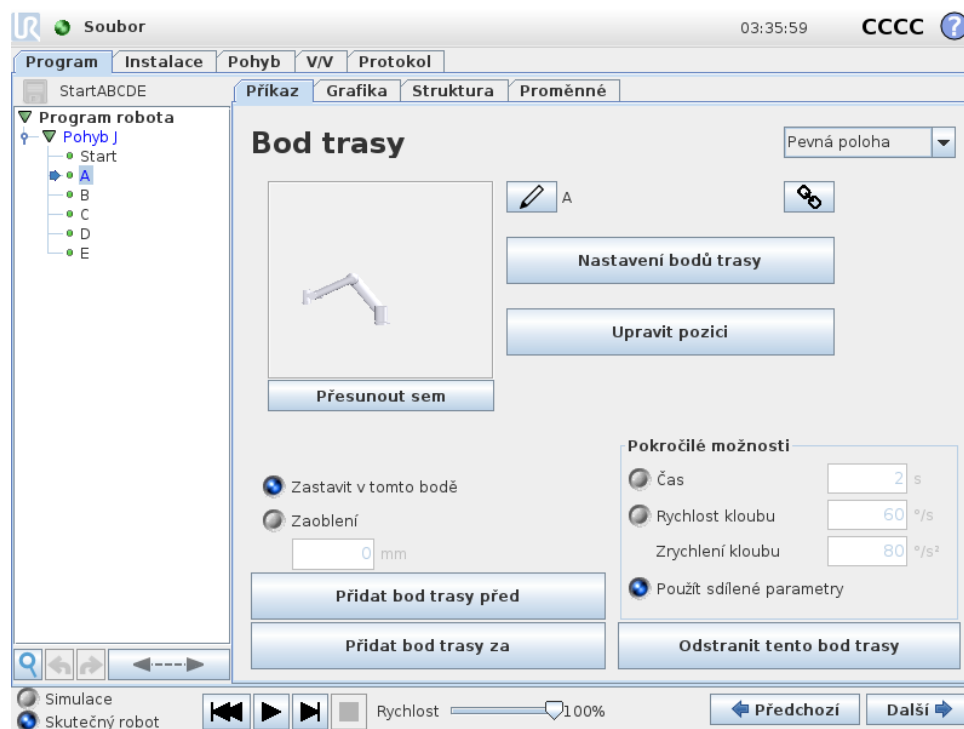
14.2.1 Programový strom

Programový strom na levé straně obrazovky zobrazuje program jako seznam příkazů, zatímco oblast na obrazovce vpravo zobrazuje informace týkající se aktuálního příkazu.

Aktuální příkaz vyberete kliknutím na seznam příkazů nebo pomocí tlačítek **Předchozí** a **Další** vpravo dole na obrazovce. Příkazy lze vkládat a odebírat pomocí karty **Struktura**. Název programu je uveden přímo nad seznamem příkazů s malou ikonou disku. Kliknutím na tuto ikonu můžete program rychle uložit.

V programovém stromě je příkaz, který se právě provádí, zvýrazněn, jak je popsáno v 14.2.2.

14.2.2 Signalizace běhu programu



Programový strom obsahuje vizuální informace o příkazu právě prováděném ovládací jednotkou robota. Nalevo od ikony příkazu se nachází malá ikona indikátoru , a název prováděcího příkazu a všech příkazů, kterým je tento příkaz podřízen (obvykle označeno ikonami příkazů  / ), je zvýrazněn modře. To pomáhá uživateli v nalezení prováděcího příkazu ve stromu.

Například, pokud se robotické rameno pohybuje směrem k bodu trasy, příslušný podřízený příkaz bodu trasy je označen ikonou  a jeho název, spolu s názvem příkazu Pohyb (viz 14.5), ke kterému patří, jsou zobrazeny modře.

Pokud je program pozastaven, ikona pro spuštění programu označuje poslední příkaz, který byl v procesu proveden.

Kliknutím na tlačítko s ikonou  pod programovým stromem lze přejít k právě prováděnému nebo poslednímu provedenému příkazu ve stromu. V případě kliknutí na příkaz během chodu programu se bude zobrazovat karta Příkaz s informacemi vztahujícími se k vybranému příkazu. Po stisku tlačítka  bude karta Příkaz znovu trvale zobrazovat informace o aktuálně prováděných příkazech.

14.2.3 Tlačítko Hledat

Klepněte na  k provedení vyhledávání textu v programovém stromu. Po kliknutí lze zadat text k vyhledávání a příslušné programové uzly budou zvýrazněny žlutě. Dále jsou zpřístupněna navigační tlačítka k navigaci po shodách. Režim vyhledávání lze opustit stisknutím ikony . Poznámka: Programový strom musí být rozšířen pro přístup dalších navigačních tlačítek.

14.2.4 Tlačítka Zpět/Znovu

Tlačítka s ikonami  a  v nástrojové liště na základně programového stromu slouží ke zrušení a opakovanému provedení změn provedených v programovém stromu a v příkazech, které

obsahuje.

14.2.5 Ovládací panel programu

Nejnižší částí obrazovky je *Ovládací panel*. *Ovládací panel* obsahuje řadu tlačítek podobných starému typu magnetofonu, jejichž pomocí lze program spustit a zastavit, postupovat po jednotlivých krocích nebo celý program restartovat. Pomocí *posuvníku rychlosti* můžete rychlost programu kdykoli upravit. Tím přímo ovlivníte rychlost, kterou se rameno robota pohybuje. *Posuvník rychlosti* navíc v reálném čase ukazuje relativní rychlost, kterou se rameno robota pohybuje, a to s ohledem na bezpečnostní nastavení. Uvedená procentuální hodnota představuje maximální dosažitelnou rychlost probíhajícího programu, aniž by došlo k narušení bezpečnostních limitů.

Vlevo od *ovládacího panelu* jsou tlačítka *Simulace* a *Skutečný robot*, která slouží k přepínání mezi spuštěním programu jako simulace a spuštěním skutečného robota. Při spuštění simulace se rameno robota nepohybuje, nemůže tedy dojít ke kolizi a k poškození robota ani okolního zařízení. Simulace umožňuje otestování programu, pokud si nejste jisti činností ramene robota.



NEBEZPEČÍ:

1. Při stisknutí tlačítka *Spustit* byste se měli nacházet mimo pracovní prostor robota. Naprogramovaný pohyb nemusí být takový, jaký jste očekávali.
2. Tlačítko *Krok* použijte pouze v absolutně nejnutnějších případech. Při stisknutí tlačítka *Krok* byste se měli nacházet mimo pracovní prostor robota.
3. Vždy svůj program otestujte snížením rychlosti pomocí *posuvníku rychlosti*. Logické chyby, které integrátor zanesl při programování, mohou způsobit nečekané pohyby ramene robota.
4. V případě nouzového nebo ochranného zastavení se program robota zastaví. V programu lze pokračovat, pokud se žádný kloub neposunul o více než 10°. Při stisknutí tlačítka pro chod programu se robot bude pohybovat pomalu zpět na trajektorii, a následně dále pokračovat v provádění programu.

Během sestavování programu jsou výsledné pohyby ramene robota znázorňovány pomocí 3D nákresu na kartě *Grafika*, která je popsána v 14.29.

Vedle každého příkazu programu se nachází malá ikona, která může mít červenou, žlutou nebo zelenou barvu. Červená ikona znamená chybu v příkazu, žlutá znamená, že příkaz není dokončen, a zelená znamená, že je vše v pořádku. Program lze spustit pouze tehdy, jsou-li všechny příkazy zelené.

14.3 Proměnné

Program robota může pomocí proměnných během provozu ukládat a aktualizovat různé hodnoty. K dispozici jsou dva druhy proměnných:

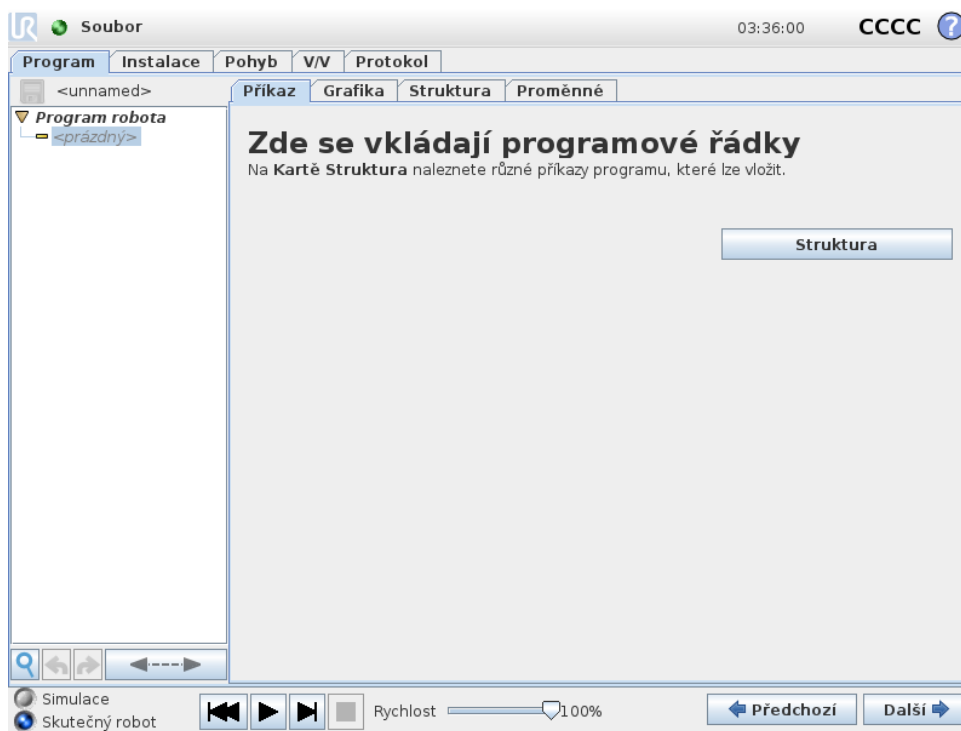
Instalační proměnné: Používat lze více programů a jejich názvy a hodnoty jsou spolu s instalací robota trvalé (viz 13.10). Hodnota proměnných instalace se uchovává i po restartování robota a ovládací skříně.

Běžné programové proměnné: Jsou dostupné pouze pro spuštěný program a jejich hodnoty se po ukončení programu odstraní.

Typy proměnných:

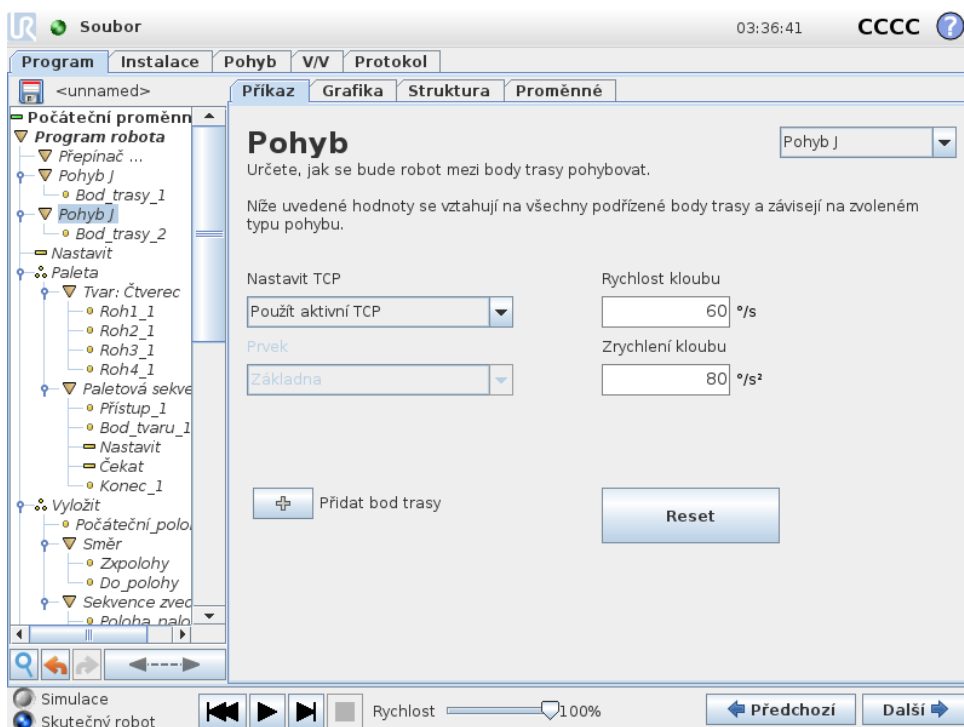
<i>bool</i>	Logická proměnná (boolean), která může nabývat buď hodnoty Pravda, nebo Nepravda.
<i>int</i>	Celočíselná hodnota v rozsahu od -2147483648 do 2147483647 (32 bitů).
<i>float</i>	Číslo s pohyblivou řádovou čárkou (desetinné) (32 bitů).
<i>řetězec</i>	Sekvence znaků.
<i>pozice</i>	Vektor popisující umístění a orientaci kartézského prostoru. Jedná se kombinaci vektoru polohy (x, y, z) a vektoru otočení (rx, ry, rz) které představují orientaci, zapsáno jako $p[x, y, z, rx, ry, rz]$.
<i>seznam</i>	Řada proměnných.

14.4 Příkaz: Prázdný



Zde je nutné vložit příkazy programu. Stisknutím tlačítka **Struktura** přejděte na kartu Struktura, zde můžete vybrat různé řádky programu. Program nelze spustit, dokud nejsou zadány a definovány všechny řádky.

14.5 Příkaz: Pohyb



Příkaz **Pohyb** ovládá pohyb robota přes základní body trasy. Body trasy musí být uvedeny pod příkazem Pohyb. Příkaz Pohyb definuje zrychlení a rychlost, kterou se rameno robota mezi body trasy pohybuje.

Typy pohybu

Můžete vybrat jeden ze tří typů pohybu: **PohybJ**, **PohybL** a **PohybP**. Jednotlivé typy pohybu jsou popsány níže.

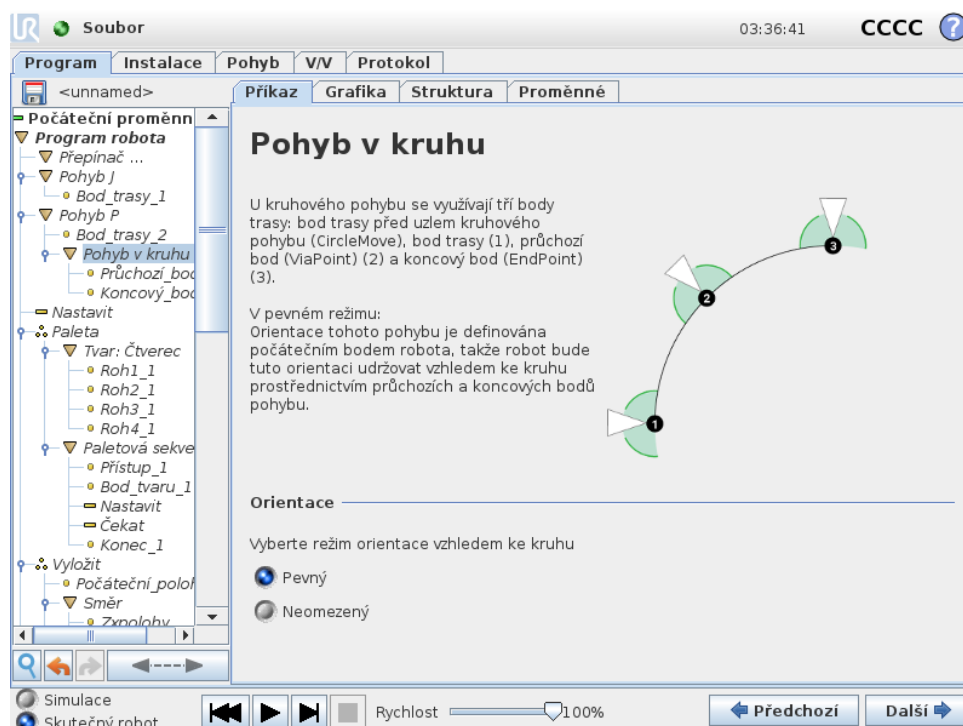
- Příkazem **PohybJ** se provádí pohyby, které jsou vypočítávány v **prostoru kloubu** ramene robota. Všechny klouby jsou řízeny tak, aby dosáhly požadované koncové polohy současně. Tento typ pohybu má za následek trasu nástroje ve tvaru křivky. Sdílenými parametry použitými pro tento typ pohybu jsou maximální rychlost kloubu a zrychlení kloubu, udávají se v jednotkách $stupn/s$ a $stupn/s^2$. Pokud se požaduje rychlejší pohyb ramene robota mezi body trasy bez ohledu na trasu nástroje mezi těmito body, je tento typ pohybu nejvhodnější volbou.
- **PohybL** pohybuje středovým bodem nástroje (TCP) lineárně mezi dvěma body trasy. To znamená, že každý kloub provede složitější pohyb tak, aby se nástroj pohyboval po přímé trase. Sdílené parametry, které lze nastavit pro tento typ pohybu, jsou požadovaná rychlost nástroje a zrychlení nástroje v jednotkách mm/s a mm/s^2 , a dále prvek.
- **PohybP** pohybuje nástrojem lineárně konstantní rychlostí s kruhovým zaoblením. Tento typ je určen pro některé speciální postupy, např. lepení nebo dávkování. Velikost zaoblení je ve výchozím nastavení sdílena pro všechny body trasy. Nižší hodnota bude znamenat ostřejší zatočení, vyšší hodnota bude znamenat plynulejší trasu. Protože se rameno robota pohybuje po trase konstantní rychlostí, nemůže ovládací panel robota čekat na operaci

V/V či akci obsluhy. Tyto akce povedou k přerušení pohybu ramene robota nebo k ochrannému zastavení.

- Přidáním příkazu **Pohyb v kruhu** k příkazu **PohybP** lze vytvořit kruhový pohyb. Robot zahájí pohyb z aktuální polohy nebo počátečního bodu, pohybuje se přes průchozí bod (**ViaPoint**), daný kruhovým obloukem, a koncový bod (**EndPoint**), který doplňuje kruhový pohyb.

Režim se využívá k výpočtu orientace nástroje v celém kruhovém oblouku. Režim může být:

- Pevný: k určení orientace nástroje se využívá pouze počáteční bod
- Neomezený: počáteční bod se převádí na koncový bod (**EndPoint**) a definuje tak orientaci nástroje



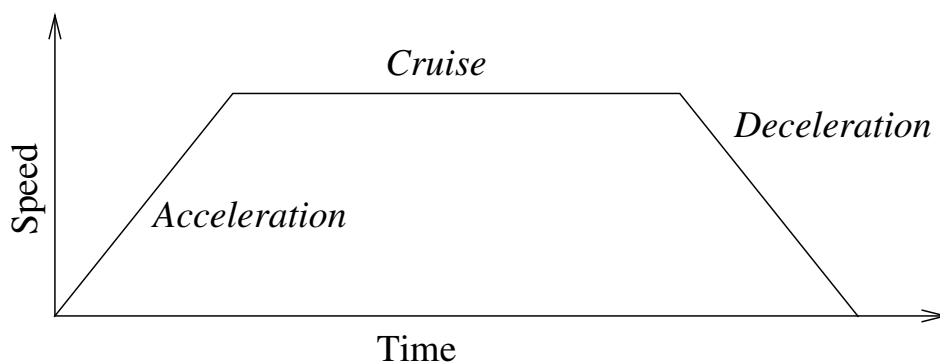
Sdílené parametry

Sdílené parametry v pravém dolním rohu obrazovky Pohyb se vztahují na pohyb z předchozí polohy ramene robota do prvního bodu trasy podle příkazu, a dále z tohoto bodu do každého následujícího bodu trasy. Nastavení příkazu Pohyb se netýká trasy *od* posledního bodu trasy podle příkazu Pohyb.

Výběr TCP

Bod TCP využívaný pro body trasy v rámci tohoto příkazu lze zvolit z rozbalovací nabídky. Lze vybírat z uživatelem definovaných TCP z instalace, aktivních TCP nebo jednoduše pomocí příruby nástroje. V případě výběru uživatelem definovaného TCP nebo aktivního TCP, pohyb v rámci tohoto příkazu Pohyb bude upraven s ohledem na tuto skutečnost. V případě výběru příkazu **Použít přírubu nástroje** se nepoužije žádný TCP a pohyb v rámci tohoto příkazu Pohyb bude ve vztahu k přírubě nástroje (tj. žádné úpravy pohybu).

Pokud je aktivní TCP tohoto pohybu určen při běhu programu, musí se nastavit dynamicky



Obrázek 14.1: Rychlostní profil pohybu. Křivka je rozdělena do tří segmentů: *zrychlení*, *plynulý pohyb* a *zpomalení*. Úroveň fáze *plynulého pohybu* je dána nastavením rychlosti pohybu, zatímco strmost fází *zrychlení* a *zpomalení* je dána parametrem zrychlení.

pomocí příkazu Set (Nastavit) (viz 14.10) nebo pomocí příkazů skriptu. Další informace o konfiguraci uvedených TCP (viz 13.6).

Volba prvků

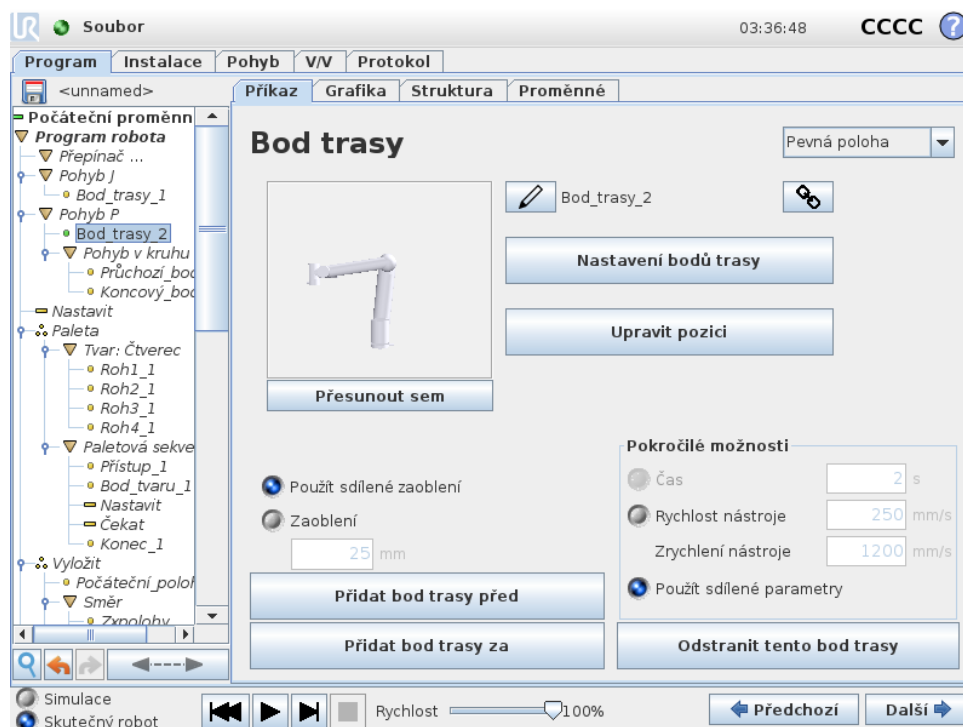
Prostory prvku, v nichž budou vyjádřeny příkazu Pohyb při zadávání těchto bodů (viz část 13.12). To znamená, že při nastavování bodu trasy si program zapamatuje souřadnice nástroje vzhledem k prostoru zvoleného prvku. Několik aspektů vyžaduje podrobné vysvětlení:

Relativní body trasy: Zvolený prvek nemá na relativní body trasy žádný vliv. Relativní pohyb je vždy prováděn ve vztahu k orientaci **základny**.

Proměnné body trasy: Když se rameno robota pohybuje do proměnného bodu trasy, středový bod nástroje (TCP) se vždy vypočítá jako souřadnice proměnné v prostoru zvoleného prvku. Pohyb ramene robota v proměnném bodě trasy se proto vždy změní, když vyberete jiný prvek.

Proměnný prvek: Pokud jsou některé z prvků v aktuálně načtené instalaci zvoleny jako proměnné, budou odpovídající proměnné rovněž k dispozici v nabídce pro volbu prvků. Pokud je zvolena proměnná prvku (označená názvem prvku a příponou „_var“), pohyby ramene robota (s výjimkou **relativních** bodů trasy) se vztahují ke skutečné hodnotě proměnné během spuštění programu. Počáteční hodnota proměnné prvku je hodnota vlastního prvku dle konfigurace při instalaci. V případě změny této hodnoty se změní také pohyby robota.

14.6 Příkaz: Pevný bod trasy



Bod na trase robota. Body trasy představují nejzákladnější součást programu robota, protože určují polohu ramene robota. Bod trasy s pevnou polohou lze zadat (naučit, naprogramovat) fyzickým přemístěním ramene robota do příslušné polohy.

Nastavení bodu trasy

Stisknutím tohoto tlačítka přejdete na obrazovku Pohyb, na níž můžete zadat polohu ramene robota pro tento bod trasy. Pokud se bod trasy nachází pod příkazem Pohyb v lineárním prostoru (**PohybL** nebo **PohybP**), je nutné zvolit platný prvek pro tento příkaz Pohyb, aby bylo tlačítko aktivní.

Názvy bodů trasy

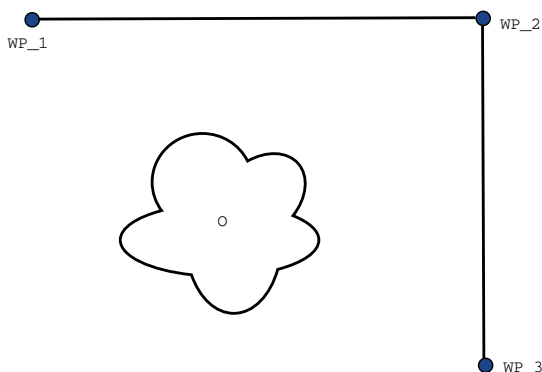
Bodům trasy je automaticky přiřazen jedinečný název. Uživatel může název změnit. Volbou ikony propojení jsou body trasy propojeny a sdílejí informace o pozici. U jednotlivých bodů trasy se zadávají další údaje, například rádius přechodu, rychlost nástroje/klobu či zrychlení nástroje/klobu, a to i když mohou být spojeny.

Přechody

Funkce přechodu umožňuje robotu plynulý přechod mezi dvěma trasami, aniž by se zastavil na bodě trasy mezi nimi.

Příklad Jako příklad vezmeme aplikaci zvedání a pokládání (viz obrázek 14.2), kde je robot aktuálně v bodě trasy 1 (WP_1), a potřebuje zvednout předmět v bodě trasy 3. (WP_3). Aby se robot vyhnul srážce s předmětem a dalšími překážkami (○), musí se k předmětu WP_3

přiblížit ve směru od bodu trasy 2 (WP_2). S cílem vytvořit trasu, která splňuje požadavky, se tedy zavedou tři body trasy.



Obrázek 14.2: WP_1: počáteční poloha, WP_2: přes bod, WP_3: poloha vyzvednutí, O: překážka.

Bez konfigurace dalších nastavení se robot v každém bodě trasy před pokračováním v pohybu zastaví. V případě této úlohy není zastávka v bodě WP_2 optimální, protože plynulá zatáčka vyžaduje méně času a energie a navíc se splní i požadavky úlohy. Je dokonce přijatelné, aby robot nedosáhl bodu WP_2 přesně, pokud přechod z první dráhy do druhé proběhne poblíž dané polohy.

Zastavení v bodu WP_2 lze zamezit tím, že se pro daný bod trasy nakonfiguruje přechod, který robotu umožní vypočítat plynulý přesun do další dráhy. Primárním parametrem přechodu je rádius. Když se robot nachází v rámci přechodového rádiusu bodu trasy, může se začít odchýlovat od původní trasy. To umožňuje rychlejší a plynulejší pohyby, protože robot nemusí zpomalovat a znovu zrychlovat.

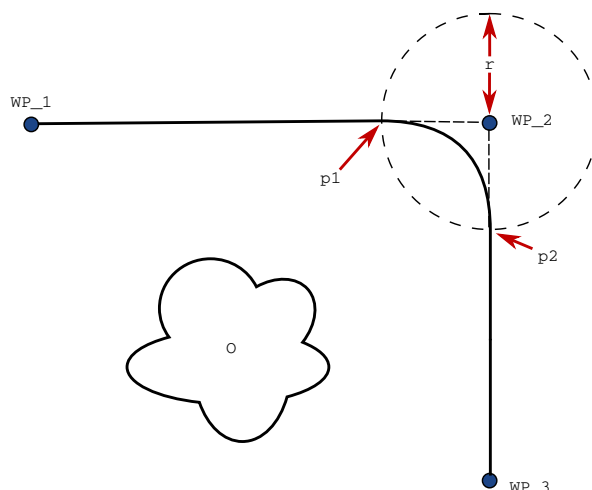
Parametry přechodu Kromě bodů trasy ovlivní dráhu přechodu řada dalších parametrů (viz obrázek 14.3):

- přechodový rádius (r)
- počáteční a finální rychlost robotu (v poloze p_1 a p_2 , v tomto pořadí)
- doba pohybu (např. nastavení konkrétní doby pro trasu ovlivní počáteční/finální rychlost robotu)
- Typy drah, ze kterých a na které se přechází (PohybL, PohybJ)

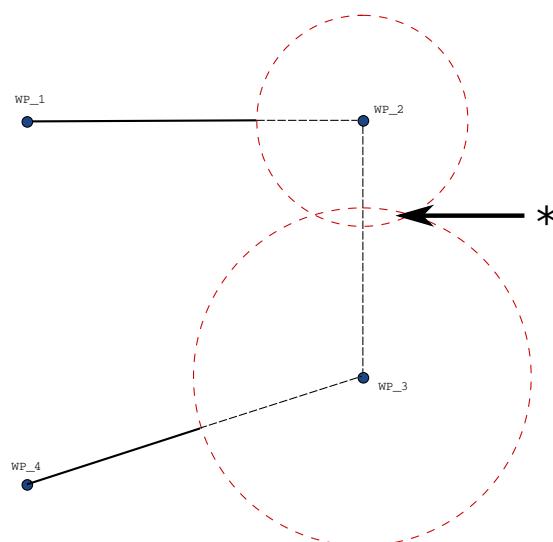
Když je nastaveno zaoblení, trajektorie ramene robota prochází kolem bodu trasy, což umožňuje, aby se rameno robota v tomto bodu nezastavilo.

Přechod se nesmí překrývat, a proto nelze zadat přechodový rádius, který se překrývá s přechodem pro předchozí nebo následující bod trasy, jak je znázorněno na 14.4.

Podmíněné dráhy přechodu Dráhu přechodu ovlivňuje bod trasy, na kterém je nastaven rádius přechodu, i následující bod v programovém stromu. V programu na obrázku 14.5 je tedy přechod kolem bodu WP_1 ovlivněn bodem WP_2. Důsledky jsou patrnější při přechodu kolem bodu WP_2 v tomto příkladu. Existují dvě možné koncové polohy, a aby robot dokázal



Obrázek 14.3: Přechod přes bod WP_2 s rádiem r , počáteční poloha přechodu v bodě p1 a finální poloha přechodu v bodě p2. O je překážka.

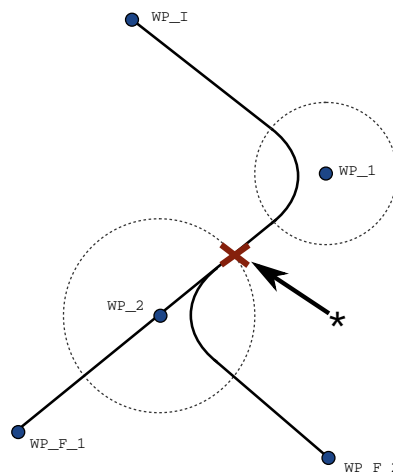


Obrázek 14.4: Překrytí rádia přechodu není povoleno (*).

určit, do kterého dalšího bodu trasy má přejít, musí vyhodnotit aktuální údaj `digitálního_vstupu[1]` již při zadávání přechodového rádiusu. To znamená, že je výraz **když...potom** (nebo jiný příkaz nezbytný k určení následujícího bodu trasy, např. proměnné body trasy) vyhodnocován před tím, než skutečně dosáhneme bodu WP_2, což při pohledu na programovou sekvenci vypadá nelogicky. Pokud je bod trasy bodem zastavení a následují podmíněčné výrazy s cílem určit další bod trasy (např. příkaz V/V), bude tento příkaz proveden, jakmile se rameno robota v tomto bodě trasy zastaví.

Kombinace typů drah Je možné přecházet mezi všemi čtyřmi kombinacemi typů drah – **PohybJ** a **PohybL**, konkrétní kombinace však ovlivní vypočítanou dráhu přechodu. Je možné provést 4 kombinace:

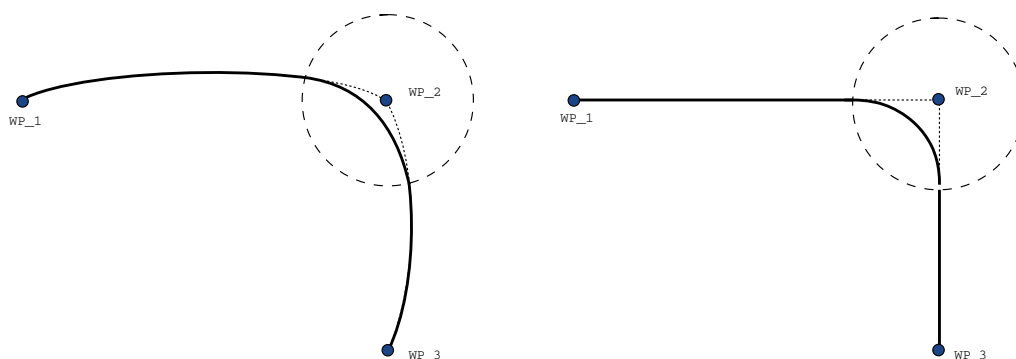
```
Pohyb L
  WP_I
  WP_1 (přechod)
  WP_2 (přechod)
  if (digitální_vstup[1]) then
    WP_F_1
  jinak
    WP_F_2
```



Obrázek 14.5: WP_I je počáteční bod a existují dva potenciální finální body trasy, WP_F_1 a WP_F_2, podle podmiňovacího výrazu. Podmiňovací výraz když se vyhodnocuje, když rameno robota dorazí k druhému přechodu (*).

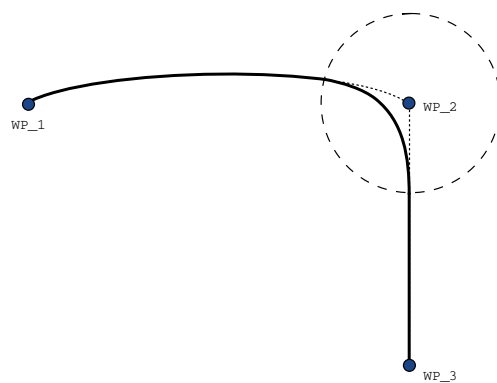
1. **PohybJ** do **PohybuJ** (Čistý přechod v prostoru kloubu)
2. **PohybJ** do **PohybuL**
3. **PohybL** do **PohybuL** (Čistý přechod v kartézském prostoru)
4. **PohybL** do **PohybuJ**

Porovnání čistého přechodu v prostoru kloubu (odrážka 1) oproti čistému přechodu v kartézském prostoru (odrážka 3) je uvedeno na obrázku 14.6. Jsou zde zobrazeny potenciální dráhy nástroje pro identické sady bodu drah.



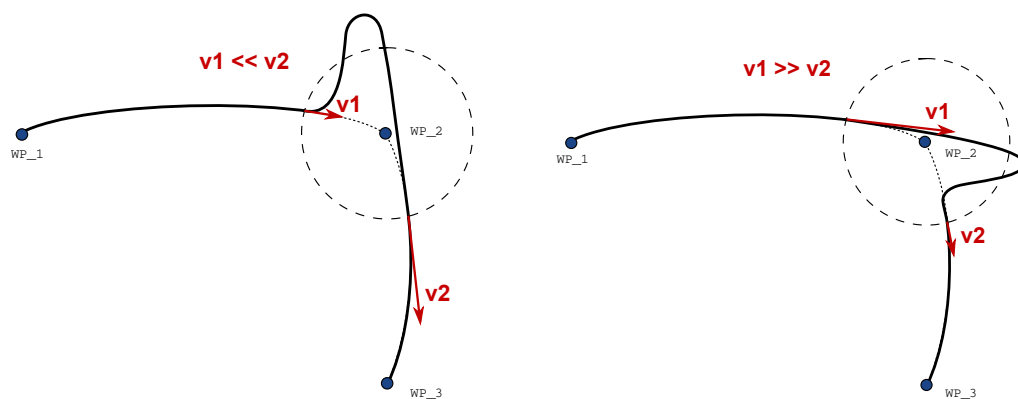
Obrázek 14.6: Pohyb a přechod v prostoru kloubu (PohybJ) oproti pohybu a přechodu v kartézském prostoru (PohybL).

V rámci různých kombinací budou mít kombinace uvedené pod odrážkami 2, 3 a 4 dráhy, které se drží v mezích původní dráhy v kartézském prostoru. Příklad přechodu mezi různými typy drah (odrážka 2) je uveden na obrázku 14.7.



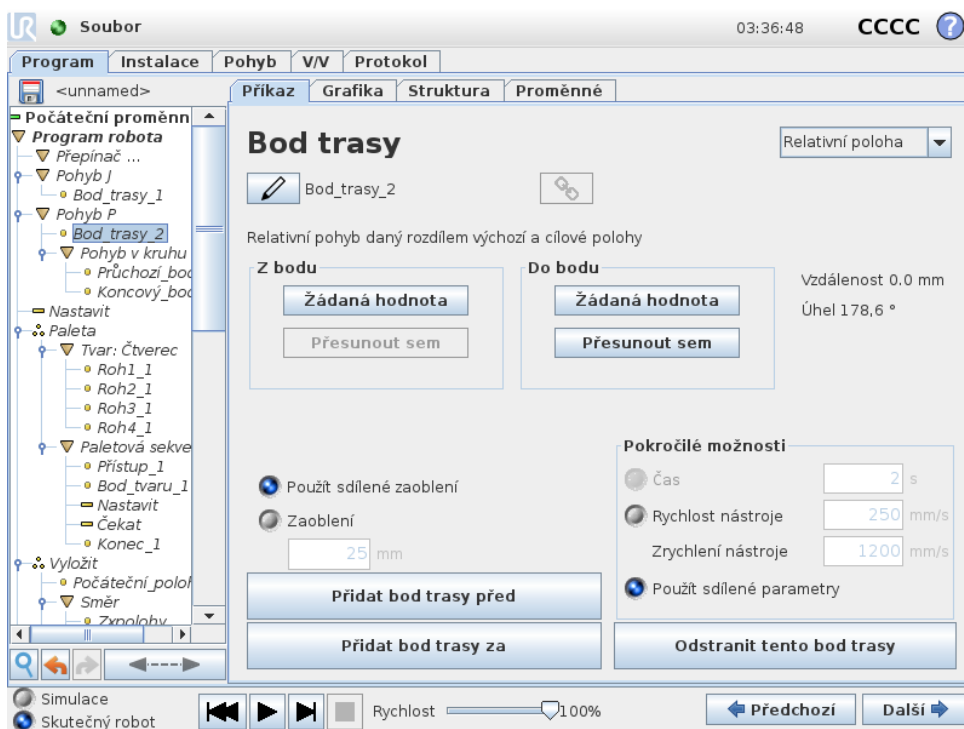
Obrázek 14.7: Přechod z pohybu v prostoru kloubu (PohybJ) k lineárnímu pohybu nástroje (PohybL).

Čisté přechody v prostoru kloubu (odrážka 1) se však mohou chovat méně logickým způsobem, protože se robot pokusí dosáhnout co nejplynulejší dráhy v prostoru kloubu a vezme v úvahu rychlost a požadavky na čas. Z tohoto důvodu se může odchýlit z kurzu daného body trasy. Jedná se zvláště o případ, kdy dochází k výraznému rozdílu rychlostí kloubu mezi dvěma drahami. *Výstraha:* pokud se rychlosti zásadně liší (např. po definici pokročilých nastavení – rychlosti nebo času – pro konkrétní body trasy), může to mít za následek velké odchylky od původní trasy, jak je znázorněno na obrázku 14.8. Pokud je nutné přejít mezi různými rychlostmi a nelze tuto odchylku přijmout, proveďte místo toho přechod v kartézském prostoru pomocí funkce **PohybL**.



Obrázek 14.8: Přechod v prostoru kloubu, když je počáteční rychlost v_1 výrazně nižší než finální v_2 (nebo obráceně).

14.7 Příkaz: Relativní bod trasy

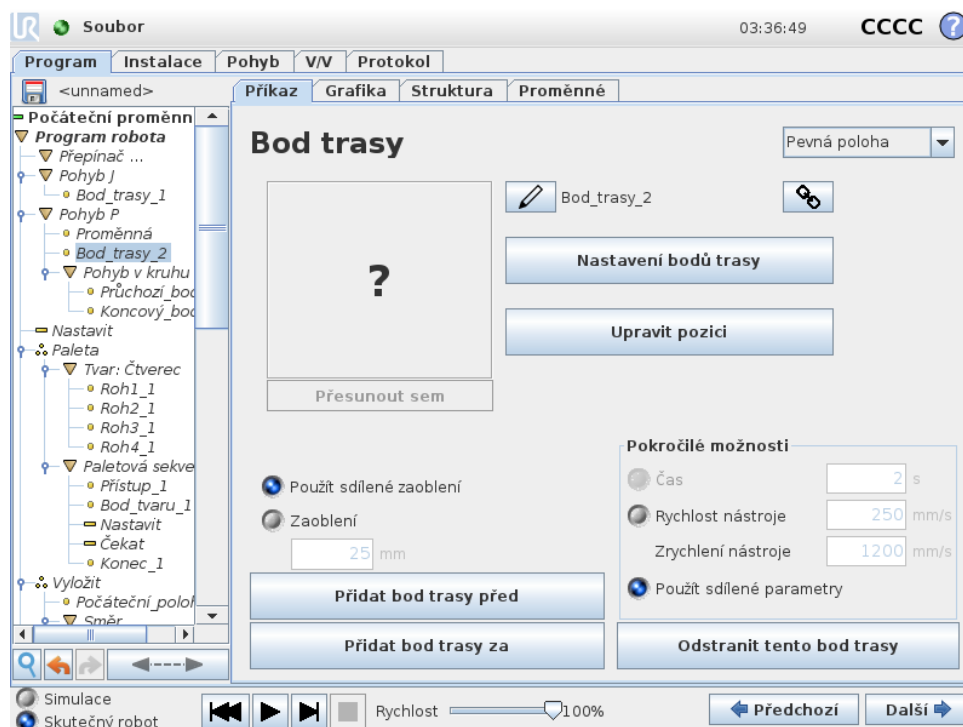


Jedná se o bod trasy udávající polohu vzhledem k předchozí poloze ramene robota, například „o 2 cm doleva“. Relativní poloha je definována jako rozdíl mezi dvěma danými polohami (vlevo a vpravo).

Poznámka: Opakované relativní polohy však mohou způsobit odchýlení ramene robota z pracovního prostoru.

Jedná se zde o kartézskou vzdálenost mezi TCP ve dvou polohách. Úhel uvádí, jak moc se změnila orientace TCP mezi dvěma polohami. Přesněji řečeno, délka vektoru rotace popisuje změnu v orientaci.

14.8 Příkaz: Proměnný bod trasy



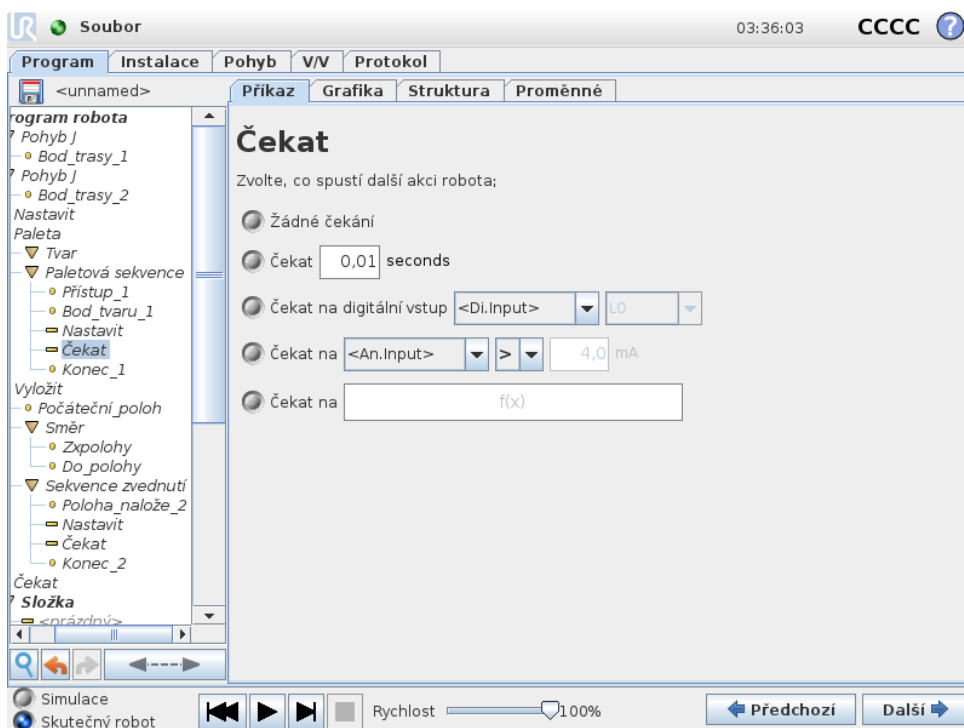
Jedná se o bod trasy určený proměnnou, v tomto případě `calculated_pos`. Proměnná musí být *police*, např.

`var=p[0.5,0.0,0.0,3.14,0.0,0.0]`. První tři hodnoty jsou souřadnice *x,y,z* a poslední tři jsou orientace dané jako *vektor rotace* určené vektorem *rx,ry,rz*. Délka vektoru udává úhel otočení v radiánech a vlastní vektor představuje osu otáčení. Pozice je vždy dána ve vztahu k referenčnímu rámci nebo souřadnicovému systému definovanému zvoleným prvkem. Je-li rádius zaoblení nastaven na pevný bod trasy, předcházející a následující body trasy jsou variabilní, nebo je-li rádius nastaven na variabilní bod trasy, pak pro daný rádius neproběhne kontrola přesahu/překrytí (viz 14.6). Pokud během chodu programu rádius překrývá bod, robot jej bude ignorovat a přesune se na další.

Má-li se robot např. přesunout o 20 mm v ose Z nástroje:

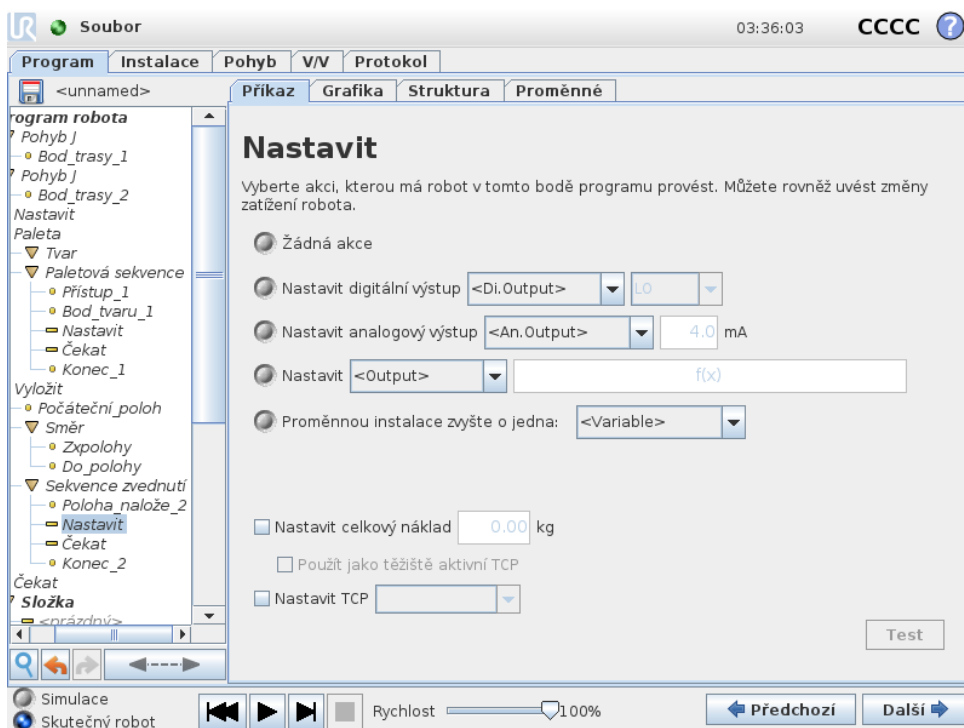
```
var_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
Pohyb L
  Bod trasy_1 (proměnná poloha):
    Použít proměnná=var_1, Prvek=Nástroj
```

14.9 Příkaz: Čekat



Příkaz **Čekat** slouží k pozastavení vstupních/výstupních signálů nebo výrazu pro dané časové období. V případě výběru **Žádné čekání** se neprovede nic.

14.10 Příkaz: Nastavit

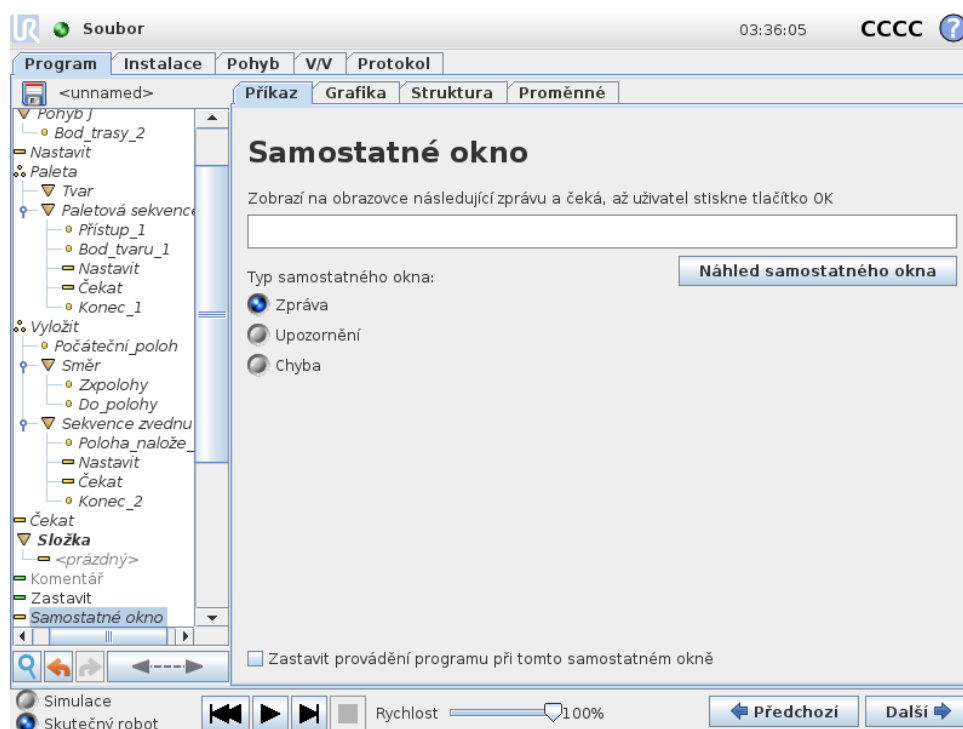


Slouží k nastavení digitálních nebo analogových výstupů na danou hodnotu.

Nastavení zatížení robotického ramene lze rovněž provést příkazem. Úprava zatížení/nákladu může být nutná, aby se zabránilo spuštění ochranného zastavení robota, pokud je hmotnost nástroje odlišná od očekávaného zatížení. Jako těžiště se ve výchozím nastavení také používá aktivní TCP. Pokud aktivní TCP nelze použít jako těžiště, lze zrušit zaškrtnutí políčka.

Aktivní TCP lze také upravit pomocí příkazu **Set**. Stačí jen zaškrtnout políčko a z nabídky vybrat jednu z kompenzací TCP. Pokud je pro konkrétní pohyb v době psaní programu známa aktivní poloha TCP, zvažte namísto toho použití výběru TCP v kartě **Pohyb** (viz 14.5). Další informace o konfiguraci uvedených TCP (viz 13.6).

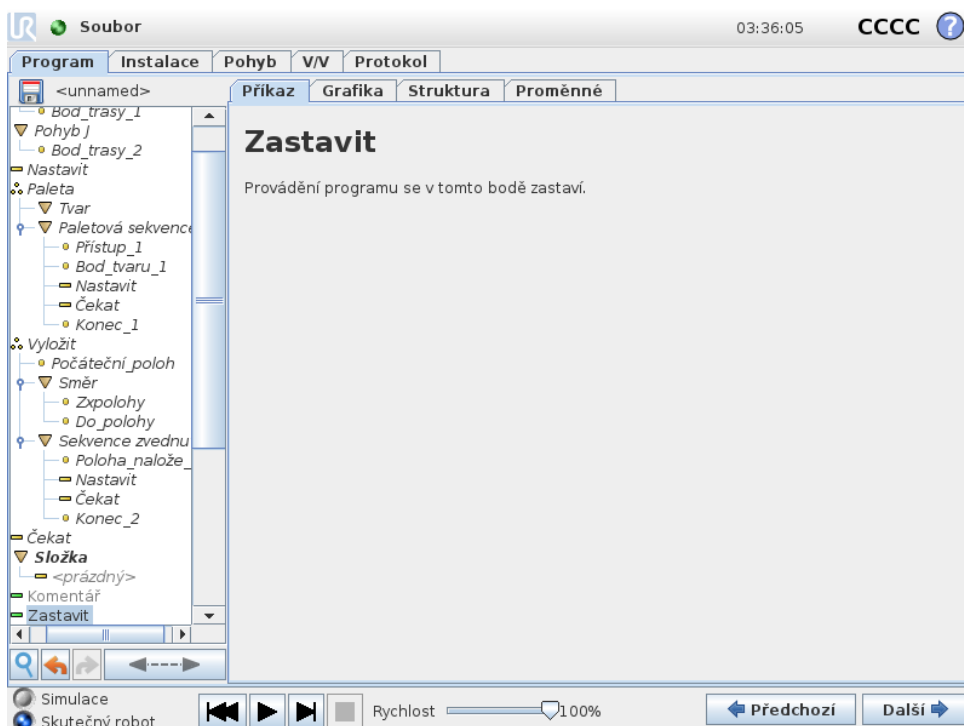
14.11 Příkaz: Samostatné okno



Samostatné okno představuje zprávu zobrazenou na obrazovce, když program dosáhne tohoto příkazu. Lze volit styl zprávy a zadat vlastní text pomocí klávesnice na obrazovce. Robot bude čekat, až uživatel/obsluha stiskne tlačítko „OK“ pod samostatným oknem, a poté bude pokračovat v provádění programu. Pokud je zvolena položka „Zastavit provádění programu“, program robota se v případě zobrazení tohoto samostatného okna zastaví.

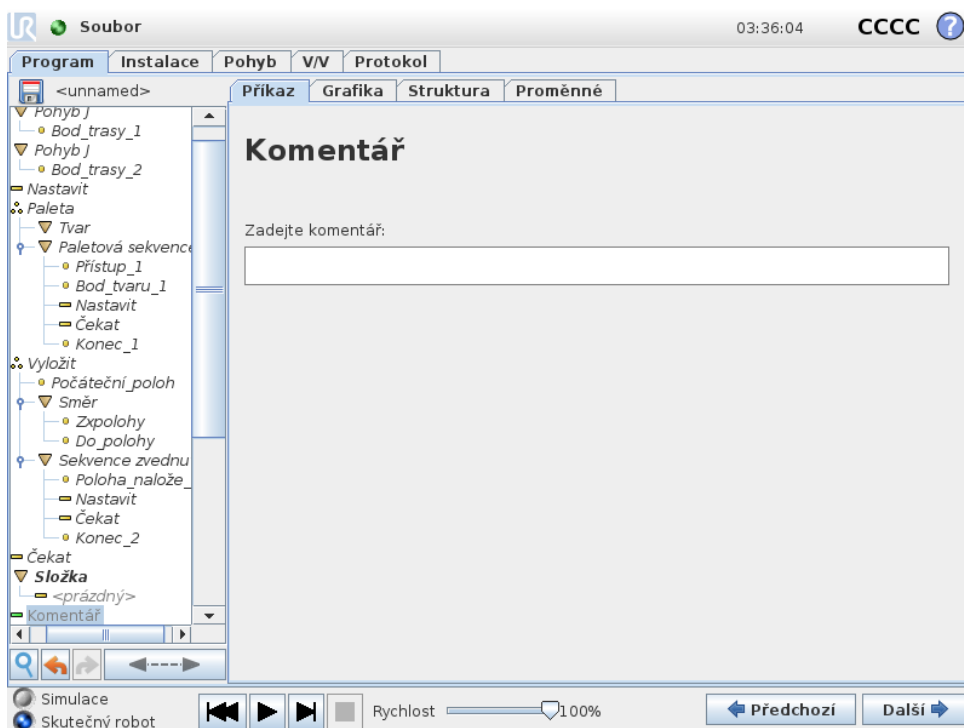
Poznámka: Zprávy jsou omezeny na maximálně 255 znaků.

14.12 Příkaz: Zastavit



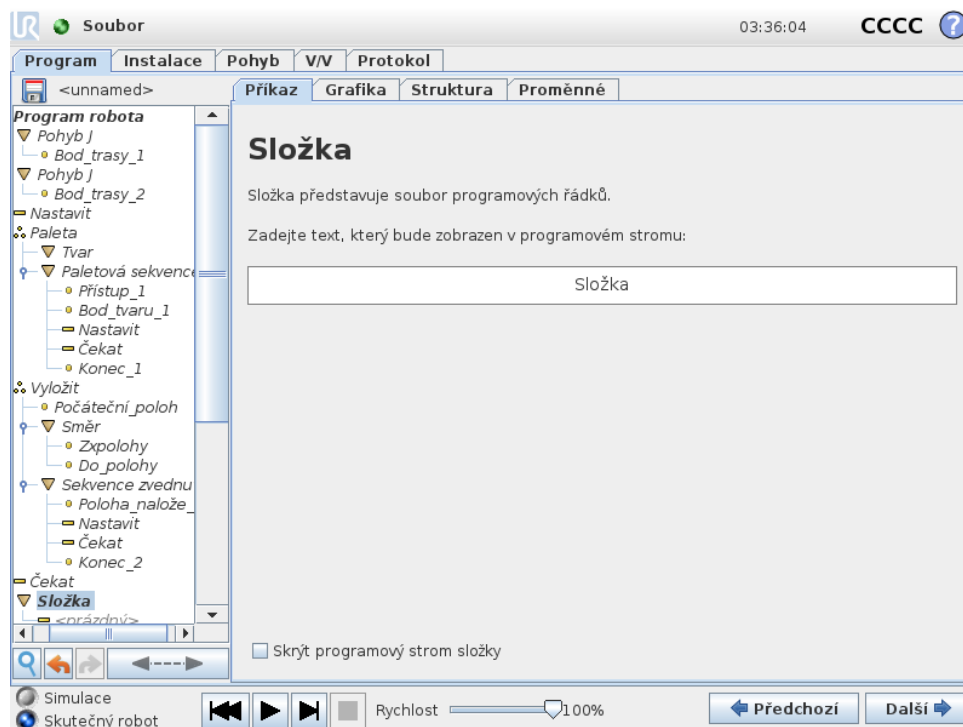
Provádění programu se v tomto bodě zastaví.

14.13 Příkaz: Komentář



Zde může programátor zadat řádek textu k programu. Tento řádek textu nebude mít žádný vliv na vykonání programu.

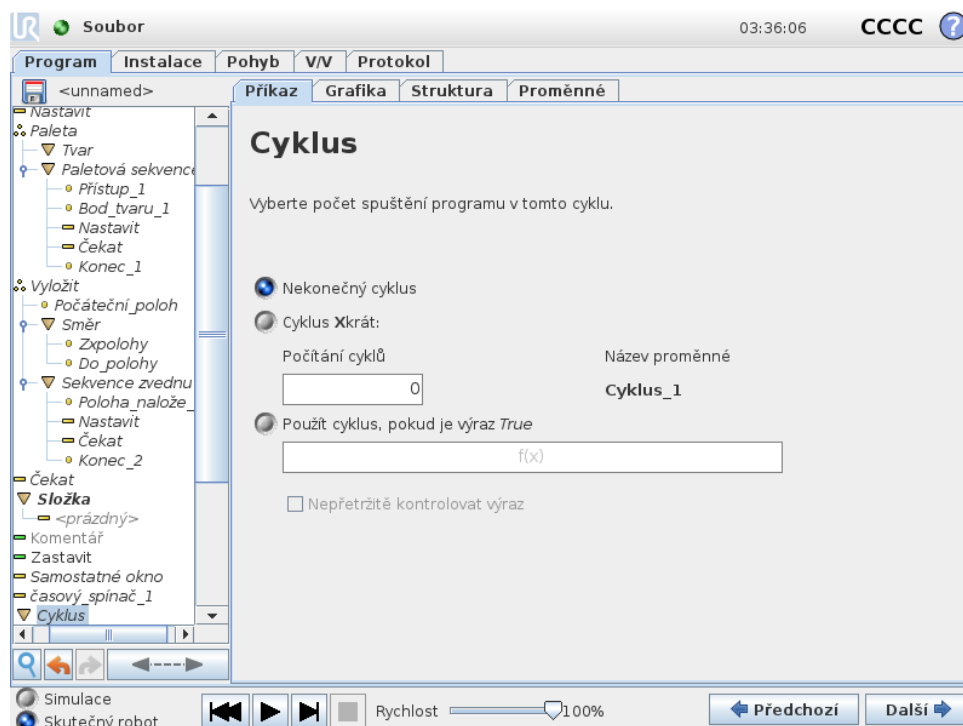
14.14 Příkaz: Složka



Složka slouží k uspořádání a označení určitých částí programu, vyčištění programového stromu a přehlednější navigaci a čtení programu.

Složky nemají žádný vliv na program a na jeho spuštění.

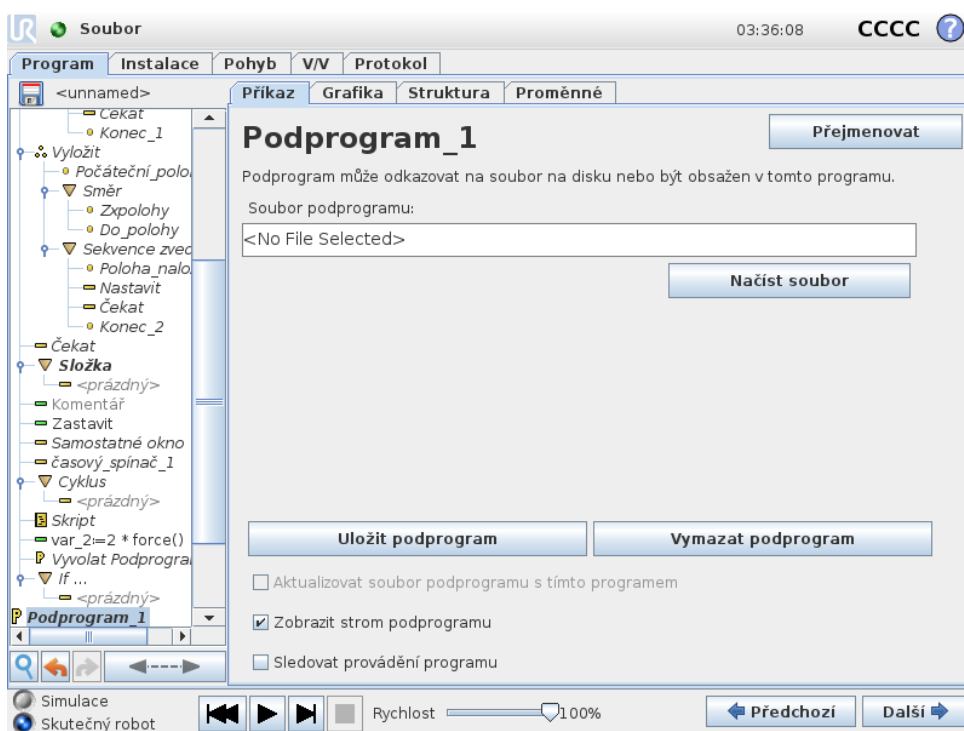
14.15 Příkaz: Cyklus



Základní příkazy programu se budou cyklicky opakovat. V závislosti na výběru jsou příkazy základního programu prováděny v nekonečném cyklu, v určitém počtu opakování, nebo dokud je daná podmínka pravdivá. Při provádění určitého počtu cyklů je vytvořena vyhrazená proměnná cyklu (označená jako `loop_1` na snímku obrazovky výše), kterou lze použít ve výrazech v rámci cyklu. Proměnná cyklu má hodnoty od 0 do $N - 1$.

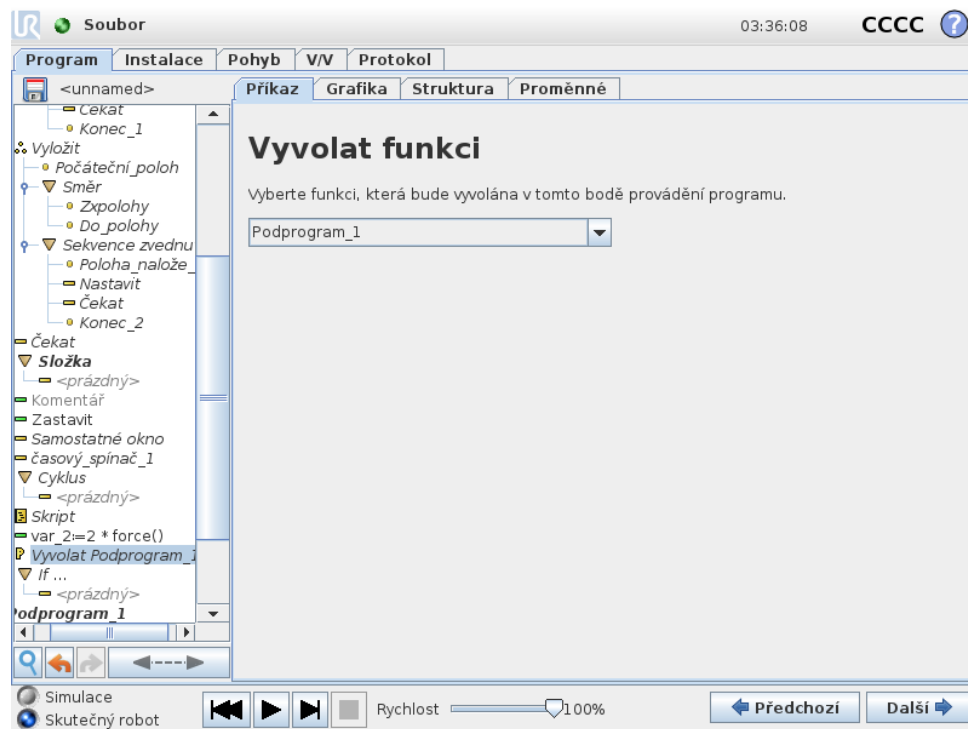
Pokud je použit cyklus s výrazem jako koncovou podmínkou, umožňuje rozhraní PolyScope nepřetržité vyhodnocování tohoto výrazu, takže „cyklus“ lze přerušit kdykoli během provádění, nikoli pouze po každém zopakování.

14.16 Příkaz: Podprogram



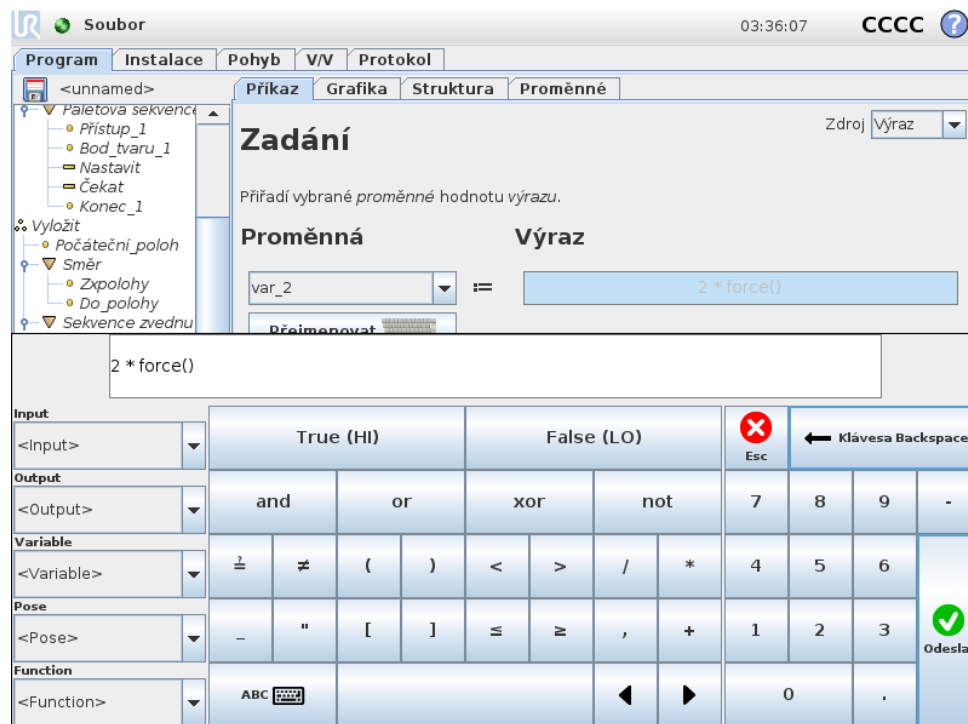
Podprogram může obsahovat části programu, které jsou nutné na několika místech. Podprogram může mít podobu samostatného souboru na disku a může být rovněž skrytý z důvodu ochrany před nežádoucími změnami.

Příkaz: Vyvolat Podprogram



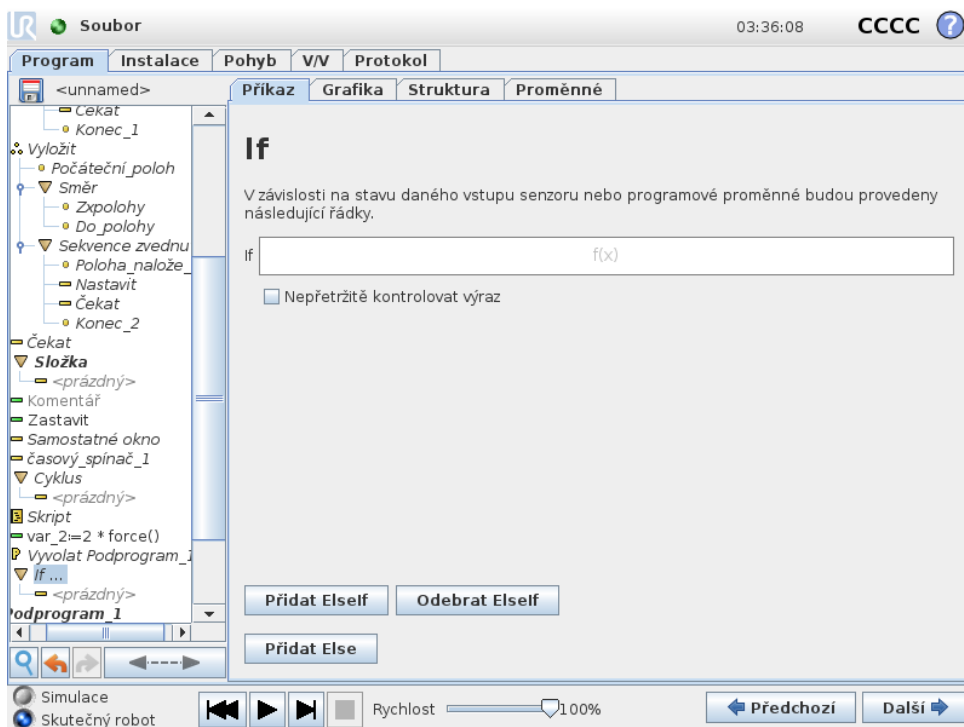
Vyvolání podprogramu vykoná programové řádky v podprogramu a poté se vrátí na následující řádek.

14.17 Příkaz: Zadání



Slouží k zadání hodnot proměnných. Po zadání bude vypočítaná hodnota uvedená vpravo použita pro proměnnou uvedenou vlevo. Toto nastavení může být užitečné u složitých programů.

14.18 Příkaz: If

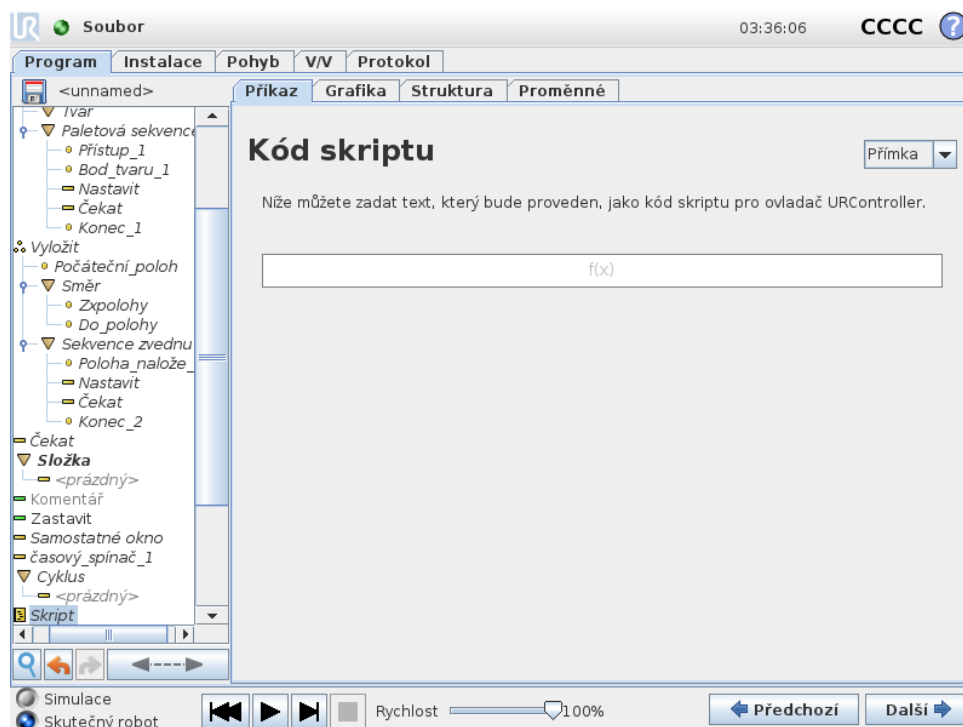


Struktura příkazu **if...else** změní chování robota na základě vstupů senzorů nebo hodnot proměnných. Pomocí editoru výrazů můžete určit podmínky, po jejichž splnění bude robot pokračovat k příkazům tohoto příkazu **If**. Pokud je podmínka vyhodnocena jako Pravda, budou provedeny příkazy v rámci tohoto příkazu **If**.

Příkaz **If** může mít několik příkazů **ElseIf**, které lze přidávat a odstraňovat s použitím tlačítek **Přidat (Add) ElseIf** a **Odebrat (Remove) ElseIf**. Příkaz **If** však může mít pouze jeden příkaz **Else**.

Poznámka: Můžete zaškrtnout políčko **Nepřetržitě kontrolovat výraz** pro umožnění vyhodnocování podmínek příkazů **If** a **ElseIf** během provádění obsažených řádků. Pokud je výraz v příkazu **If** vyhodnocen jako Nepravda, postupuje se podle příkazů **ElseIf** nebo **Else**.

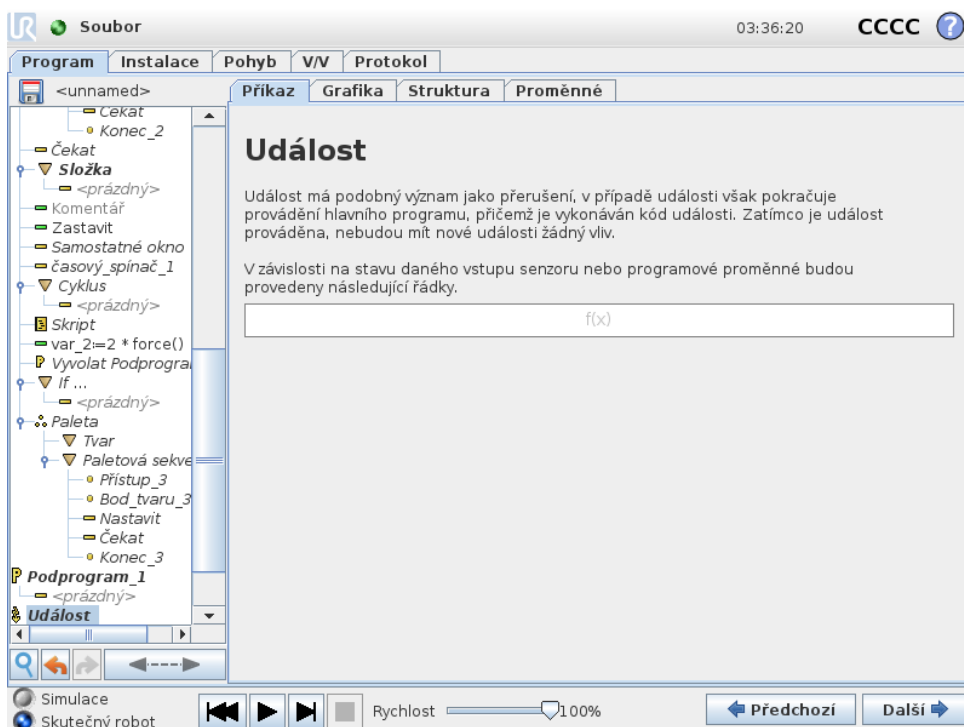
14.19 Příkaz: Skript



Tento příkaz umožňuje přístup k základnímu jazyku skriptu v reálném čase, který je prováděn ovladačem robota. Výrobek je určen pouze zkušeným uživatelům a návod k použití najdete v Příručce pro skriptování na webových stránkách podpory (<http://www.universal-robots.com/support>).

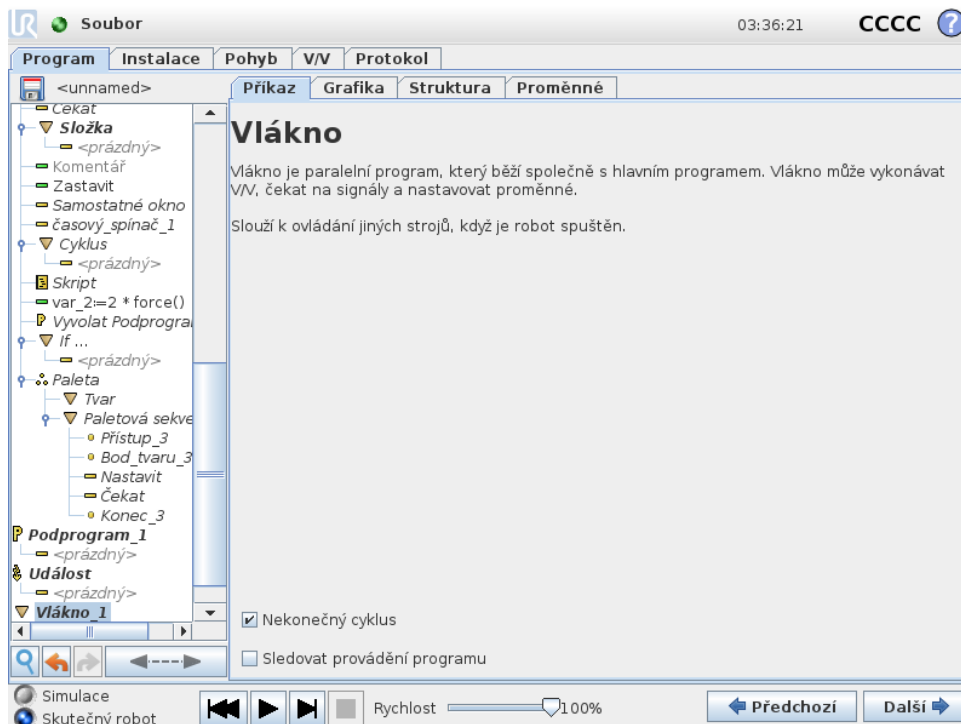
Pomocí volby „Soubor“ v levém horním rohu lze vytvářet a upravovat programové soubory skriptů. Tímto způsobem lze dlouhé a složité skripty používat společně s uživatelsky nenáročným programováním v rozhraní PolyScope.

14.20 Příkaz: Událost



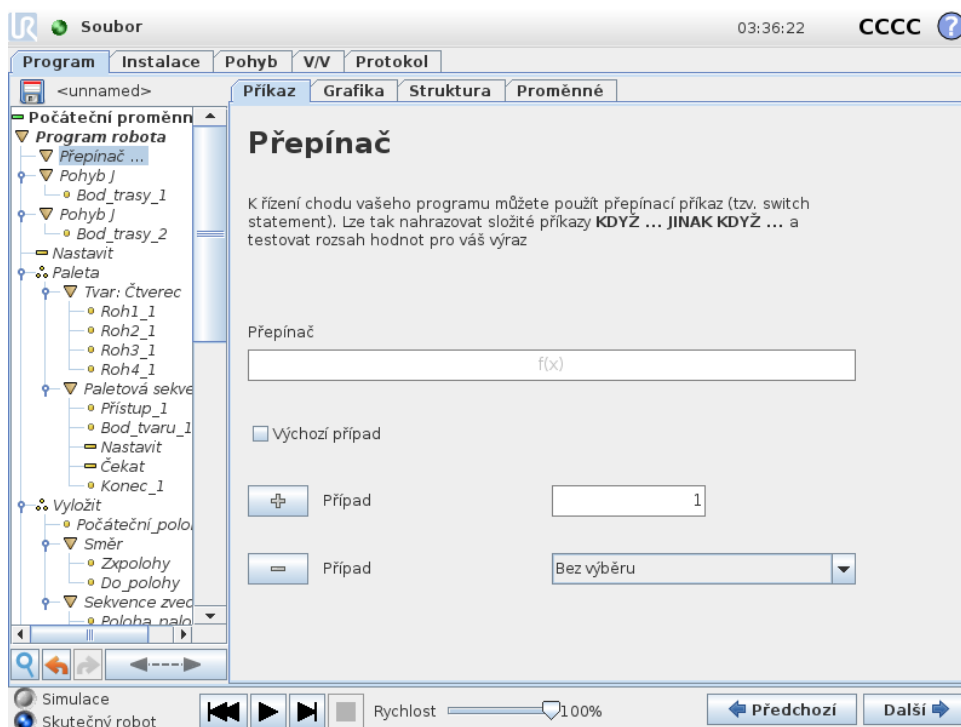
Událost lze použít k monitorování vstupního signálu a provedení akce či nastavení proměnné, když je vstupní signál vysoký. Například v případě, že výstupní signál přepne na vysokou hodnotu, vyčká program 200 ms a opět nastaví nízký signál. Tím je umožněno mnohem jednodušší kódování hlavního programu pro případ, kdy externí stroj aktivuje náběžnou hranu impulsu namísto vysoké úrovně vstupu. Události se kontrolují jednou za každý řídicí cyklus (8 ms).

14.21 Příkaz: Vlákno



Vlákno označuje paralelní proces programu robota. Vlákno lze využít k ovládání externího stroje nezávisle na ramenu robota. Vlákno může komunikovat s programem robota pomocí proměnných a výstupních signálů.

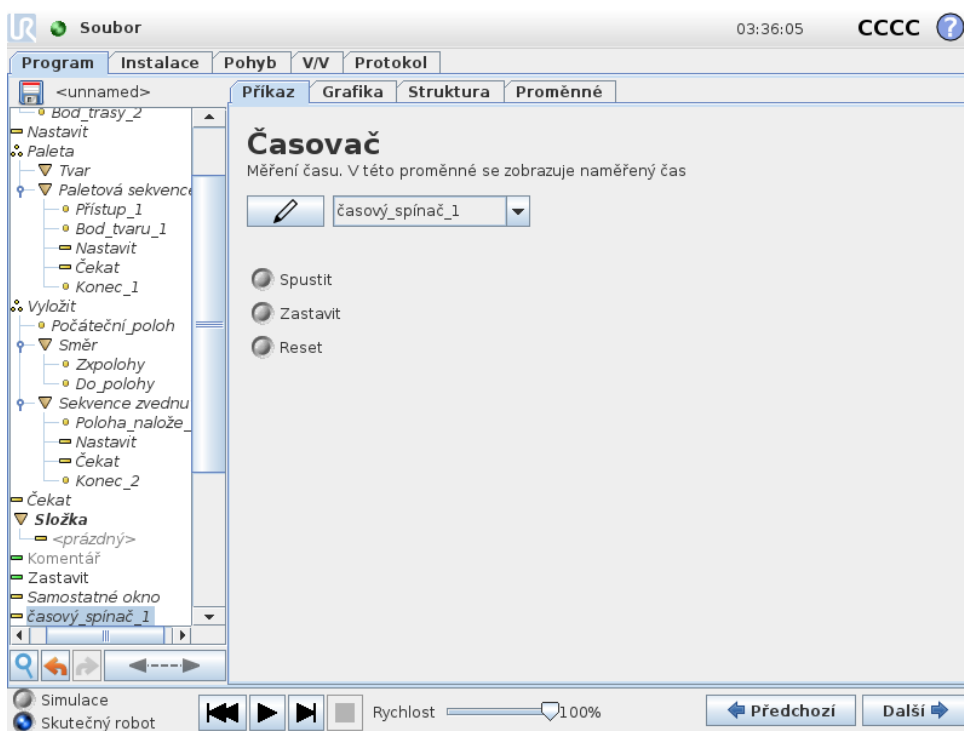
14.22 Příkaz: Přepínač



Struktura příkazu **Případ přepínače** může změnit chování robota na základě vstupů senzorů nebo hodnot proměnných. Pomocí **Editoru výrazů** lze popsat základní podmínku a definovat případy, kdy bude robot pokračovat k dílčím příkazům tohoto příkazu Přepínač. Pokud je podmínka vyhodnocena jako vyhovující pro jeden z případů, budou provedeny řádky v rámci tohoto Případu. Byl-li specifikován Výchozí případ, pak budou řádky provedeny pouze tehdy, když nebudou nalezeny žádné jiné odpovídající případy.

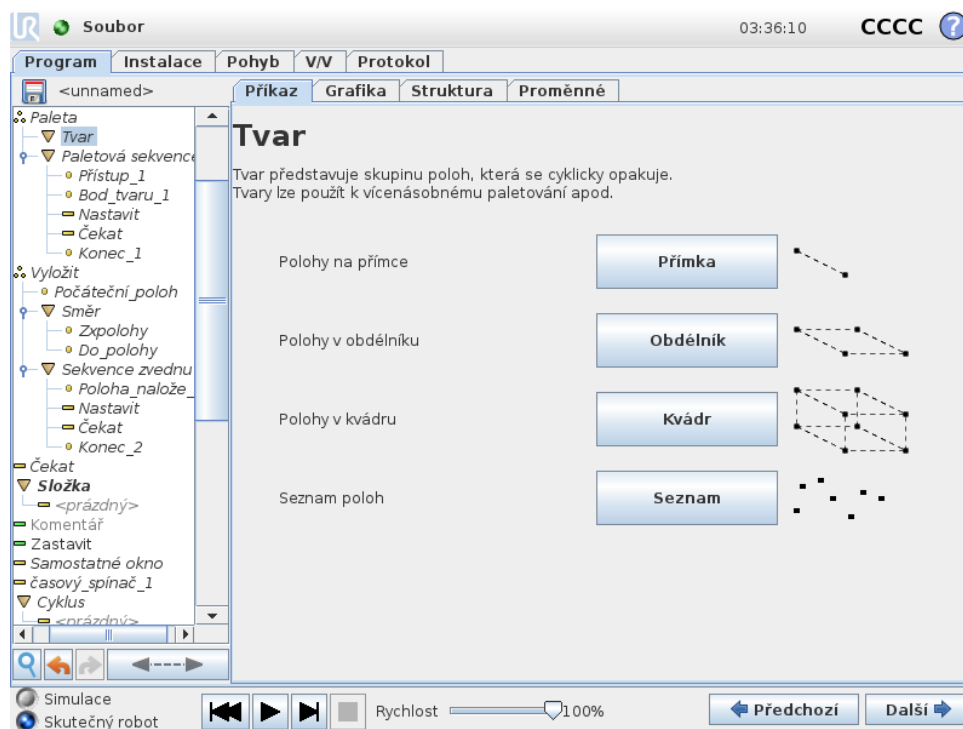
Každý Přepínač může mít několik Případů a jeden Výchozí případ. Přepínače mohou mít pouze jednu instanci jakýchkoliv definovaných hodnot Případu. K přidání Případů slouží tlačítka na obrazovce. Příkaz Případ pro daný přepínač lze z obrazovky odstranit.

14.22.1 Časovač



Časovač slouží k měření doby, po kterou běží konkrétní součásti robota. Proměnná programu

14.23 Příkaz: Tvar



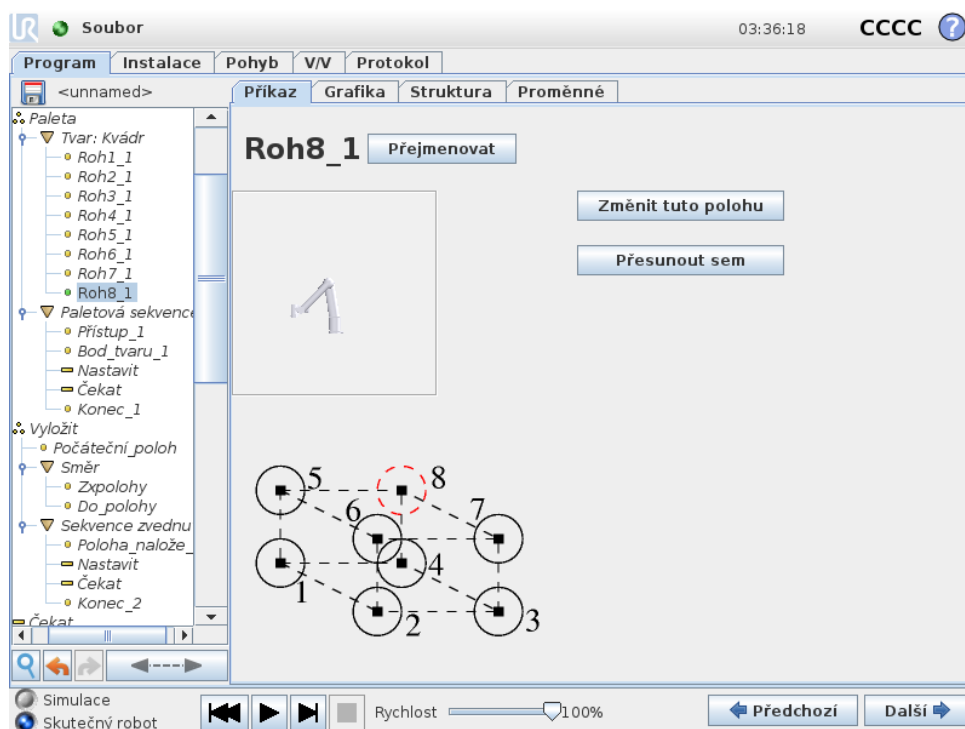
Příkaz **Tvar** lze použít k cyklickému procházení polohami v programu robota. Příkaz **Tvar** odpovídá jedné poloze při každém provedení.

Tvar lze zadat jako jeden ze čtyř typů. První tři možnosti, **Přímka**, **Čtverec** nebo **Kvadr**, lze použít pro polohy v pravidelném tvaru. Pravidelné tvary jsou definovány počtem charakteristických bodů, přičemž body definují hrany tvaru. **Přímka** je dána dvěma koncovými body, **Čtverec** je dán třemi ze čtyř vrcholů, **Kvadr** je dán čtyřmi z osmi vrcholů. Programátor zadá počet poloh na každé hraně tvaru. Ovladač robota poté vypočítá jednotlivé polohy tvaru poměrným sečtením vektorů hran.

Pokud polohy, jimiž je nutné projít, netvoří pravidelný tvar, lze vybrat možnost **Seznam**, pomocí které programátor může zadat seznam všech poloh. Tímto způsobem lze dosáhnout libovolného uspořádání poloh.

Definice tvaru

Při výběru tvaru **Kvadr** bude mít obrazovka následující podobu.



U tvaru **Kvádř** se k definování stran kvádru využívají tři vektory. Tyto tři vektory jsou určeny čtyřmi body, přičemž první vektor směřuje z prvního bodu do druhého, druhý vektor směřuje z druhého bodu do třetího a třetí vektor směřuje ze třetího bodu do čtvrtého. Každý vektor je rozdělen počtem intervalů. Konkrétní poloha v rámci tvaru je vypočtena jednoduchým poměrným přičtením intervalových vektorů.

Tvary **Přímka** a **Čtverec** fungují obdobně.

Při procházení poloh v rámci tvaru je používána proměnná počítadla. Název proměnné se zobrazuje na obrazovce příkazu **Tvar**. Proměnná cyklicky prochází hodnotami od 0 až $X * Y * Z - 1$, což je počet bodů tvaru. Touto proměnnou lze manipulovat pomocí zadání a také ji použít ve výrazech.

14.24 Příkaz: Síla

V pracovním prostoru robota umožňuje **Režim síly** zajištění souladu a síly ve volitelných osách. Všechny pohyby robota prováděné na základě příkazu **Síla** budou v **režimu síly**. Když se rameno robota pohybuje v **režimu síly**, je možné vybrat jednu nebo několik os, ve kterých se chová pružně v závislosti na vnějších silách, které na něj působí. Rameno robota je v souladu s okolím v osách s pružným chováním. To znamená, že rameno robota automaticky upraví svou polohu tak, aby dosáhlo požadované síly. Je rovněž možné nastavit, aby rameno robota samo vyvinulo sílu na své okolí, např. na obrobek.

Režim síly je vhodný pro aplikace, kde aktuální poloha TCP podél předem definované osy není důležitá, ale místo toho je požadováno působení síly podél této osy. Pokud by se měl středový bod nástroje TCP například odvalovat proti zakřivenému povrchu nebo při tlačení či tažení obrobku. **Režim síly** rovněž podporuje působení určitého krouticího momentu okolo předem definovaných os.

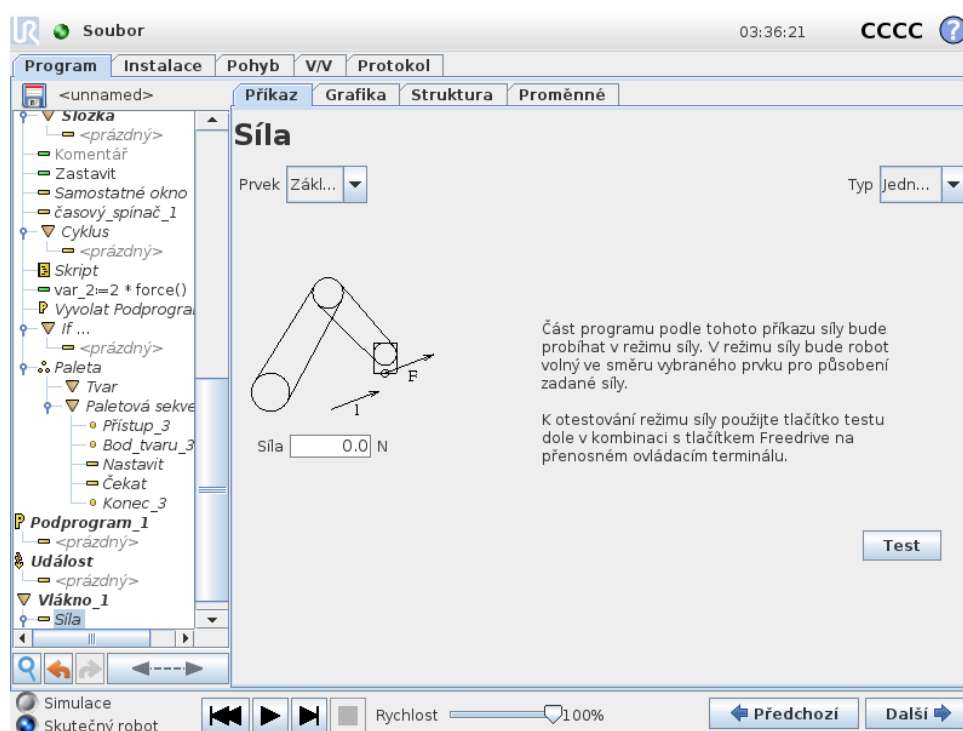
Pokud se rameno robota nesetká s žádnými překážkami v ose, kde je nastavena nenulová síla, bude mít tendenci v této ose zrychlit.

I když byla některá osa zvolena pro pružné chování, program robota se nadále bude snažit pohybovat robotem v této ose. Řízení síly však zajišťuje, že rameno robota bude nadále nabíhat na zadanou sílu.



UPOZORNĚNÍ:

1. Vyhněte se výraznému zpomalení těsně před vstupem do režimu síly.
2. Vyvarujte se vysoké akcelerace v režimu síly, neboť se tím snižuje přesnost regulace síly.
3. Před vstupem do režimu síly se vyvarujte rovnoběžnému pohybu s osami s pružným chováním.



Volba prvků

Nabídka prvků se používá k výběru souřadnicového systému (os), které bude robot používat během činnosti v režimu síly. Prvky v nabídce jsou ty, které byly definovány v instalaci, (viz 13.12).

Typ režimu síly

K dispozici jsou čtyři typy režimů síly. Každý z nich určuje způsob, jakým bude vybraný prvek interpretován.

- **Jednoduchý:** Pouze jedna osa v režimu síly bude s pružným chováním. Síla podél této osy je nastavitelná. Požadovaná síla bude vždy používána podél osy Z vybraného prvku. Nicméně pro přímkové prvky je to podél jejich osy Y.

- **Rámec:** Typ rámce umožňuje pokročilejší využívání. Zde je možné nezávisle vybírat pružné chování a síly ve všech šesti stupních volnosti.
- **Bod:** Když je vybrána funkce Bod, tak má souřadný systém osu Y směřující od středového bodu nástroje (TCP) robota směrem k počátku vybraného prvku. Vzdálenost mezi středovým bodem nástroje (TCP) robota a počátkem vybraného prvku musí být minimálně 10 mm. Souřadný systém se bude měnit v průběhu programu tak, jak se bude měnit poloha středového bodu nástroje (TCP) robota. Osa X a osa Z souřadného systému závisí na původní orientaci vybraného prvku.
- **Pohyb:** Funkce pohybu znamená, že se souřadný systém bude měnit podle směru pohybu středového bodu nástroje (TCP). Osa X souřadného systému bude projekcí směru pohybu TCP na rovině rozpínající se mezi osami X a Y vybraného prvku. Osa Y bude kolmá k pohybu robota a v rovině X-Y vybraného prvku. To lze využívat při odstraňování ořepů podél složité trajektorie, kde se vyžaduje síla kolmá k pohybu TCP.
Když se rameno robota nepohybuje: Je-li zadán režim síly, když je rameno robota v klidu, potom nebudou žádné osy s pružným chováním, dokud se TCP nezačne pohybovat. Pokud se později, stále v režimu síly, rameno robota opět zastaví, bude mít úkolový rámec stejnou orientaci, jako když se TCP naposledy pohyboval.

Pro poslední tři typy může být aktuální úkolový rámec zobrazen při běhu programu na kartě grafiky (viz 14.29), když robot pracuje v režimu síly.

Výběr hodnoty síly

- Hodnotu síly nebo točivého momentu lze nastavit pro osy s pružným chováním. Rameno robota nastaví svou polohu s cílem dosažení zvolené síly.
- U os bez pružného chování bude rameno robota sledovat trajektorii nastavenou programem.

Pro translační parametry je síla specifikovaná v Newtonech [N] a pro rotační parametry je kroučící moment specifikován v Newton-metrech [Nm].



POZNÁMKA:

Je nutné provést následující:

- Pomocí skriptovací funkce `get_tcp_force()` v samostatném vlákně načíst skutečnou sílu a točivý moment.
- Korigovat vektor klíče, pokud je skutečná síla a/nebo točivý moment nižší než požadovaná.

Výběr mezních hodnot

Mezní hodnotu je možné nastavit pro všechny osy, ale tyto hodnoty mají rozdílný význam podle toho, zda jsou to osy s pružným chováním nebo bez pružného chování.

- **Osa s pružným chováním:** Mezní hodnota je maximální dovolená rychlost TCP, kterou může dosáhnout podél nebo na této ose. Jednotkami jsou [mm/s] a [°/s].

- **Osa bez pružného chování:** Mezní hodnota je maximální odchylka od programové trajektorie, která je dovolená, než je robot z bezpečnostních důvodů zastaven. Jednotkami jsou [mm] a [°].

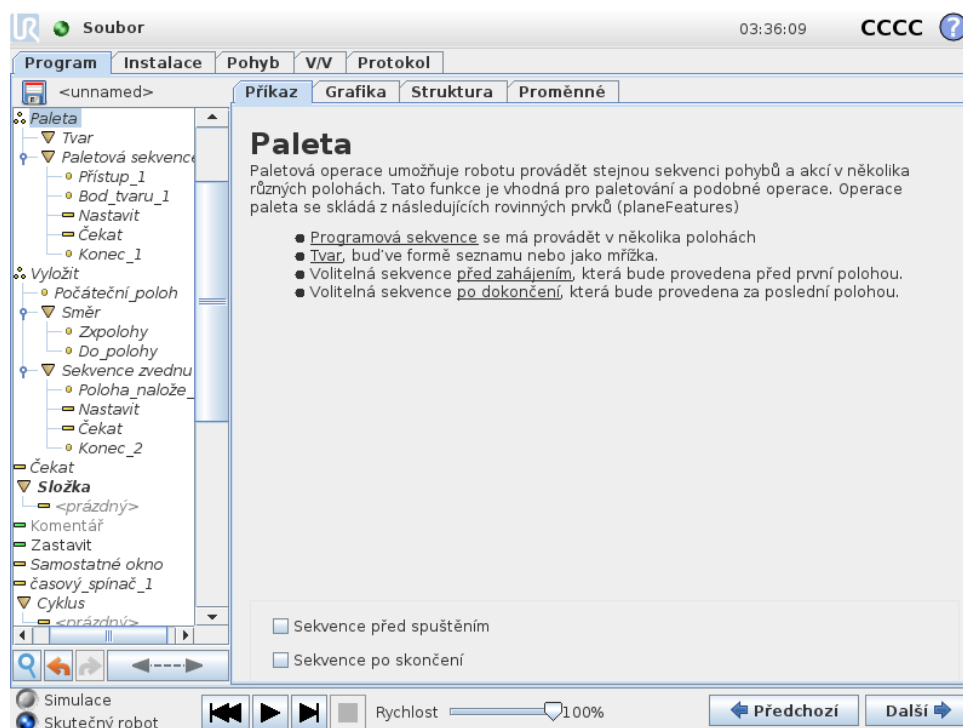
Nastavení testovací síly

Tlačítkem zapnutí a vypnutí, označeným **Test**, se přepíná chování tlačítka **Freedrive** na zadní straně přenosného ovládacího terminálu z normálního režimu Freedrive na test příkazu síly.

Když je zapnuto tlačítko **Test** a stiskne se tlačítko **Freedrive** na zadní straně přenosného ovládacího terminálu, robot bude provádět činnost, jako když program dosáhl tohoto příkazu síly. Tímto způsobem lze ověřit nastavení před skutečným spuštěním celého programu. Tato možnost je obzvláště užitečná pro ověření, že byly správně vybrány osy s pružným chováním a síly. Jednoduše jednou rukou přidržíte TCP robota a druhou rukou stisknete tlačítko **Freedrive** a povšimnete si, ve kterém směru se rameno robota může/nemůže pohybovat. Po odchodu z této obrazovky se tlačítko Test automaticky vypne, což znamená, že tlačítko **Freedrive** na zadní straně přenosného ovládacího terminálu je opět používáno pro běžný režim **Freedrive**.

Poznámka: Tlačítko **Freedrive** bude funkční pouze tehdy, když bude pro příkaz síly vybrán platný prvek.

14.25 Příkaz: Paleta



Paletová operace provádí sekvenci pohybů na skupině míst nastavených jako tvar (viz 14.23). V každé poloze v rámci tvaru bude provedena sekvence pohybů vzhledem k této poloze v rámci tvaru.

Naprogramování paletové operace

Proved'te následující kroky:

1. Definujte tvar.
2. Vytvořte **Paletovou sekvenci** zvednutí a položení pro jednotlivé body. Tato sekvence popisuje, co je nutné provést v jednotlivých polohách v rámci tvaru.
3. Pomocí voliče na obrazovce sekvenčního příkazu můžete definovat, které body trasy v rámci sekvence budou odpovídat polohám ve tvaru.

Paletová sekvence / ukotvená sekvence

V uzlu **Paletová sekvence** jsou pohyby ramene robota relativní k poloze palety. Chování sekvence je takové, že se rameno robota bude nacházet v poloze dané tvarem v nastavení **Ukotvená poloha/bod tvaru**. Všechny zbývající polohy budou přesunuty tak, aby vyhovovaly nastavení.

Příkaz **Pohyb** nepoužívejte v rámci sekvence, neboť pohyb se nebude vztahovat k ukotvené poloze.

„Před zahájením“

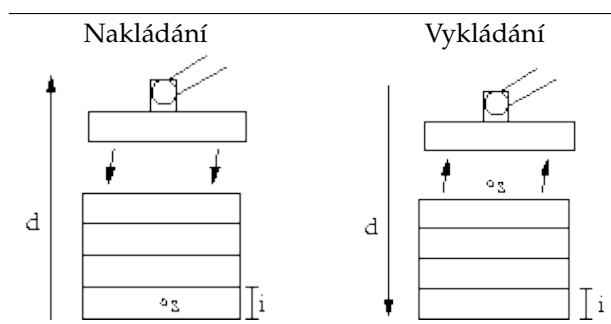
Volitelná sekvence **Před zahájením** proběhne bezprostředně před zahájením operace. Toto nastavení lze použít k čekání na připravený signál.

„Po dokončení“

Volitelná sekvence **Po dokončení** proběhne po dokončení operace. Takto lze dát signál ke spuštění pohybu dopravníku a přípravě na další paletu.

14.26 Příkaz: Hledat

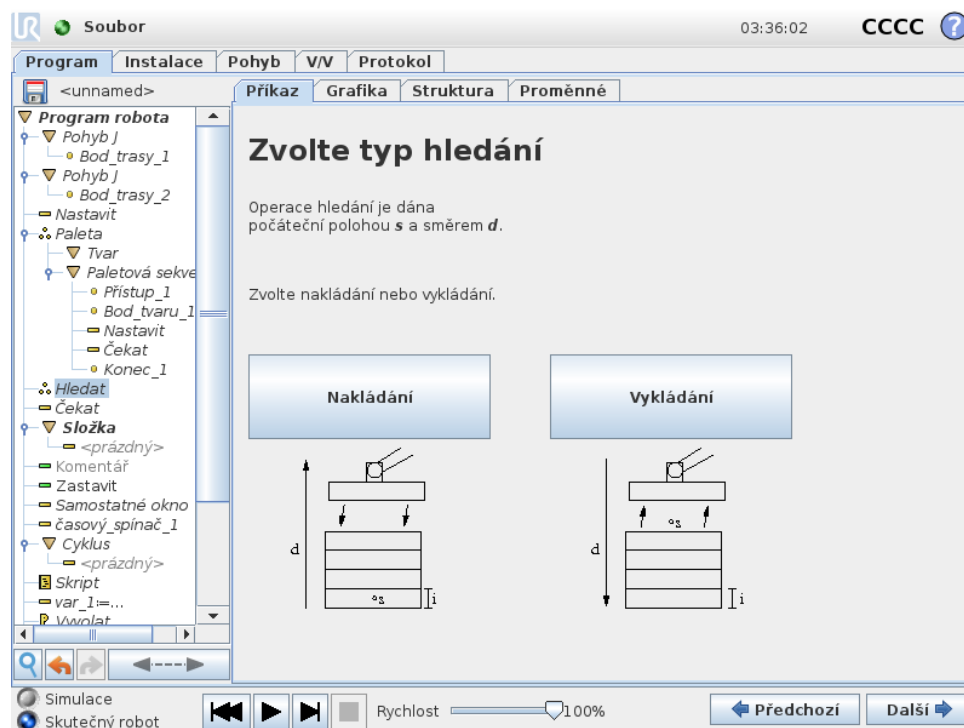
Funkce hledání používá senzor k určení toho, zda byla dosažena správná poloha pro uchopení a položení položky. Jako senzor může být použit tlačítkový spínač, tlakový snímač nebo kapacitní senzor. Tato funkce je určena k práci se zásobníky položek s různou tloušťkou položek nebo tam, kde pevná poloha položek není známa nebo ji nelze snadno naprogramovat.



Při programování funkce hledání pro práci se zásobníkem je nutné definovat počáteční bod s , směr zásobníku d a tloušťku položek v zásobníku i .

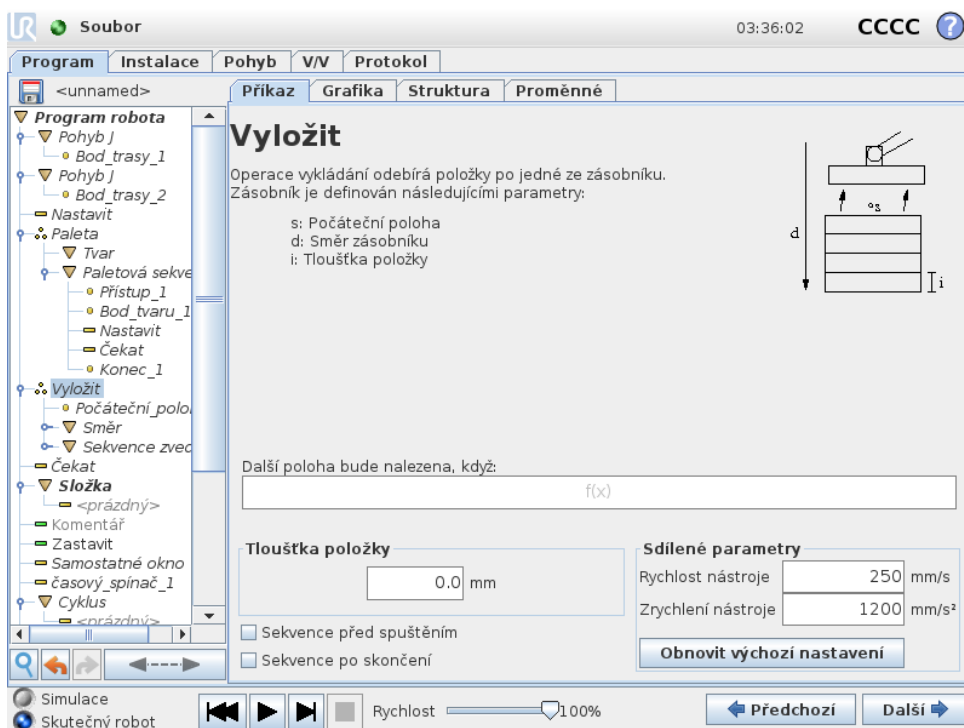
Vedle toho je nutné definovat podmínku, za které je dosažena poloha dalšího zásobníku, a speciální programovou sekvenci, která bude v každé poloze zásobníku provedena. Pro pohyb v rámci operace se zásobníky je rovněž nutné zadat hodnoty rychlosti a zrychlení.

Nakládání



Při nakládání rameno robota postupuje od počáteční polohy *opačným* směrem a vyhledává další polohu zásobníku. Po nalezení si robot polohu zapamatuje a provede speciální sekvenci. Při příští operaci zahájí robot hledání v zapamatované poloze a postupuje v krocích daných tloušťkou položky daným směrem. Nakládání je dokončeno, jakmile výška zásobníku překročí definovanou hodnotu nebo jakmile senzor odešle signál.

Vykládání

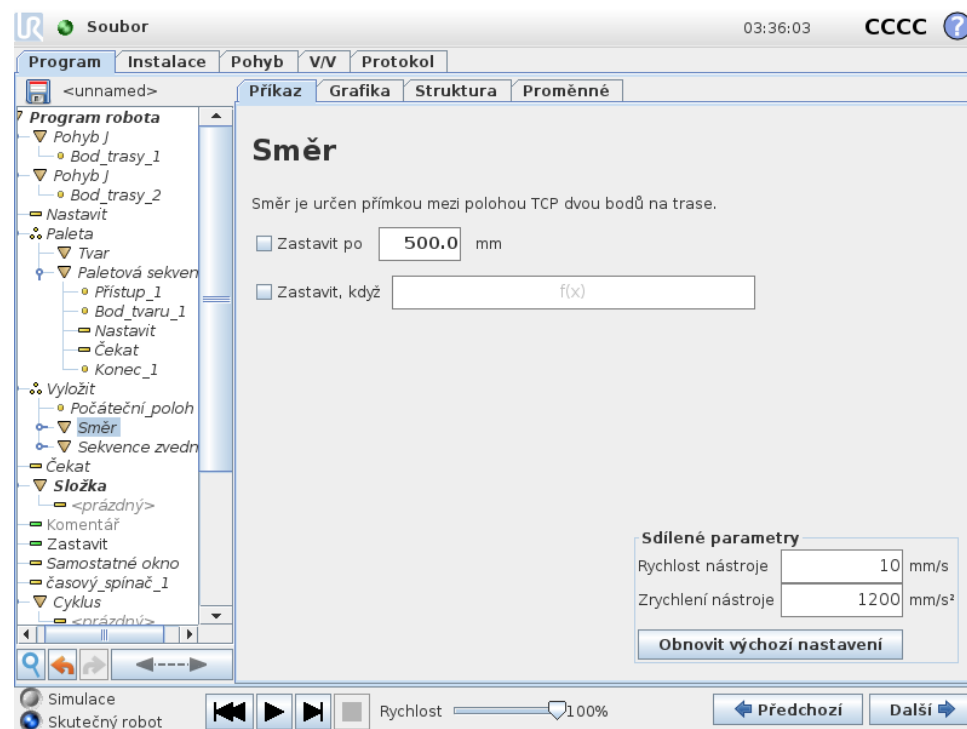


Při vykládání rameno robota postupuje od počáteční polohy daným směrem a vyhledává další položku. Podmínka na obrazovce určuje, kdy bude dosaženo dalšího předmětu. Po splnění podmínky si robot polohu zapamatuje a provede speciální sekvenční. Při příští operaci zahájí robot hledání v zapamatované poloze a postupuje v krocích daných tloušťkou položky daným směrem.

Počáteční poloha

Počáteční poloha, ve které operace se zásobníkem začíná. Pokud je počáteční poloha vynechána, považuje robot za počátek zásobníku aktuální polohu svého ramene.

Směr



Směr je dán dvěma polohami a je vypočítán jako rozdíl mezi TCP první polohy a TCP druhé polohy.

Poznámka: Směrem se nezohledňuje orientace bodů.

Výraz pro další polohu skládání

Rameno robota se pohybuje ve směru vektoru a přitom nepřetržitě vyhodnocuje, zda byla dosažena další poloha skládání. Když je výraz vyhodnocen jako `Pravda`, je provedena speciální sekvence.

„Před zahájením“

Volitelná sekvence `Před zahájením` proběhne bezprostředně před zahájením operace. Toto nastavení lze použít k čekání na připravený signál.

„Po dokončení“

Volitelná sekvence `Po dokončení` proběhne po dokončení operace. Takto lze dát signál ke spuštění pohybu dopravníku a přípravě na další zásobník.

Sekvence zvednutí a položení

Stejně jako u paletové operace (14.25) je pro každou polohu zásobníku provedena speciální programová sekvence.

14.27 Příkaz: Sledování dopravníku

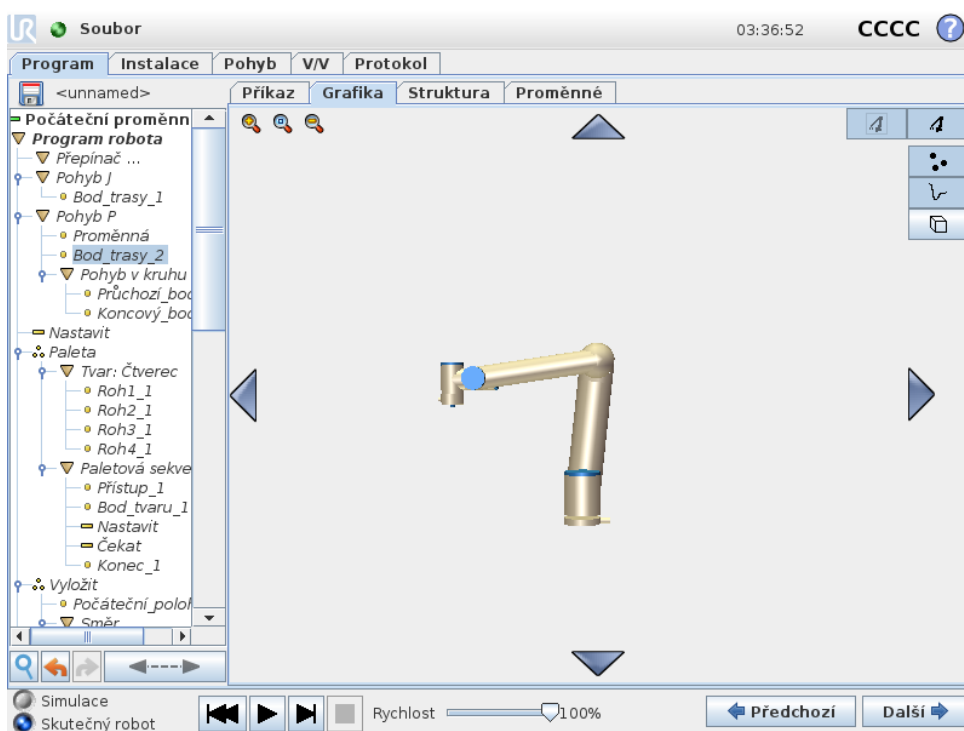
Při použití dopravníku lze robot nakonfigurovat tak, aby sledoval jeho pohyb. Pokud je **Sledování dopravníků** v instalaci definováno správně, robot přizpůsobí své pohyby dopravníku. Pro

gramový uzel **Sledování dopravníků** je k dispozici na kartě **Průvodci** pod kartou **Struktura**. Během sledování dopravníku jsou přípustné i všechny pohyby v rámci tohoto uzlu, ty se však vztahují k pohybu dopravního pásu. Nastavení **Sledování dopravníků** pod kartou **Instalace** (viz část 13.13) poskytuje možnosti konfigurace robota pro práci s absolutními i přírůstkovými kodéry, stejně jako s lineárními a kruhovými dopravníky.

14.28 Příkaz: Potlačit

Potlačené řádky programu jsou při provádění programu jednoduše vynechány. Potlačení řádku lze kdykoli později opět zrušit. Jedná se o rychlý způsob provádění změn v programu bez nutnosti odstranění původního obsahu.

14.29 Karta Grafika



Grafické znázornění aktuálního programu robota. Trasa TCP je znázorněna v 3D zobrazení, přičemž pohybové segmenty jsou označeny černě a segmenty zaoblení (přechodů mezi pohybovými segmenty) jsou označeny zeleně. Zelené tečky určují polohu TCP v každém z bodů trasy programu. 3D náčrtek ramene robota znázorňuje aktuální polohu ramene robota a *stín* ramene robota znázorňuje předpokládaný pohyb ramene robota do bodu trasy zvoleného vlevo na obrazovce.

Pokud se aktuální poloha TCP robota dostane do blízkosti bezpečnostní nebo spouštěcí roviny, nebo je orientace nástroje robota v blízkosti mezní hodnoty pro orientaci nástroje (viz 10.12), zobrazí se 3D znázornění přibližné mezní hodnoty.

Poznámka: pokud je v robotovi spuštěn program, bude znázornění mezních hodnot mezí vypnuto.

Bezpečnostní roviny jsou znázorněny žlutě a černě spolu s malou šipkou, která znázorňuje normálu roviny, což je strana roviny, na kterou lze TCP robota umístit. Spouštěcí roviny jsou zob-

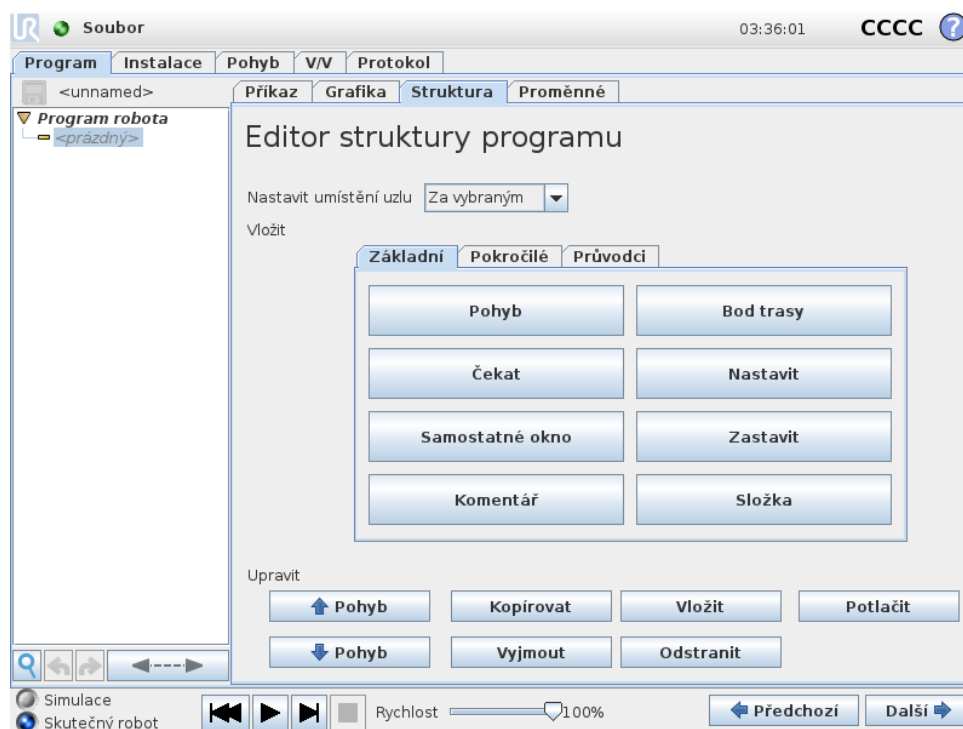
razeny modře a zeleně a malá šipka ukazuje na stranu roviny, kde jsou aktivní mezní hodnoty **Běžného** režimu (viz 10.6) Hraniční hodnota orientace nástroje je znázorněna kuželem společně s vektorem označujícím aktuální orientaci nástroje robota. Vnitřek kužele znázorňuje povolenou oblast pro orientaci nástroje (vektor).

Pokud se cílová poloha TCP robota již nenachází v blízkosti mezní hodnoty, 3D znázornění zmizí. Pokud nástroj TCP narušuje hraniční hodnotu (nebo se narušení velmi blíží), znázornění mezních hodnot zčervená.

3D obraz lze zvětšit a otočit pro potřeby přehlednějšího zobrazení ramene robota. Tlačítka vpravo nahoře na obrazovce slouží k deaktivaci různých grafických součástí 3D zobrazení. Pomocí spodního tlačítka lze znázornění přibližných mezních hodnot zapnout/vypnout.

Zobrazené pohybové segmenty závisejí na vybraném programovém uzlu. Když je vybrán uzel **Pohyb**, zobrazená trasa představuje pohyb, který je jím definován. Je-li vybrán uzel **Bod trasy**, na displeji se zobrazuje následujících ~ 10 kroků pohybu.

14.30 Karta Struktura



Karta Struktura na stránce Program umožňuje vložení, přesunutí, kopírování a odstranění různých typů příkazů.

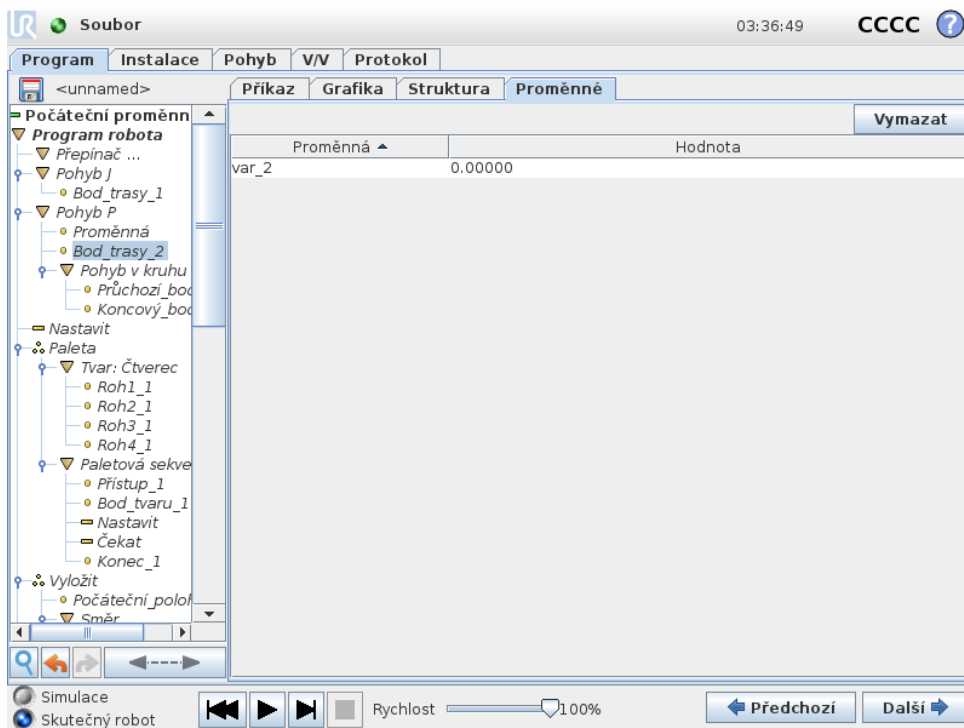
Chcete-li vložit nové příkazy, proveďte následující kroky:

- 1) Vyberte existující příkaz programu.
- 2) Vyberte, zda má být nový příkaz vložen nad nebo pod vybraný příkaz.
- 3) Stiskněte tlačítko odpovídající typu příkazu, který chcete vložit. Chcete-li upravit podrobnosti nového příkazu, přejděte na kartu **Příkaz**.

Příkazy lze přesunovat, klonovat a odstranit pomocí tlačítek v rámu úprav. Pokud příkaz obsahuje podpříkazy (vedle příkazu se zobrazuje trojúhelník), budou přesunuty, klonovány či odstraněny rovněž všechny podpříkazy.

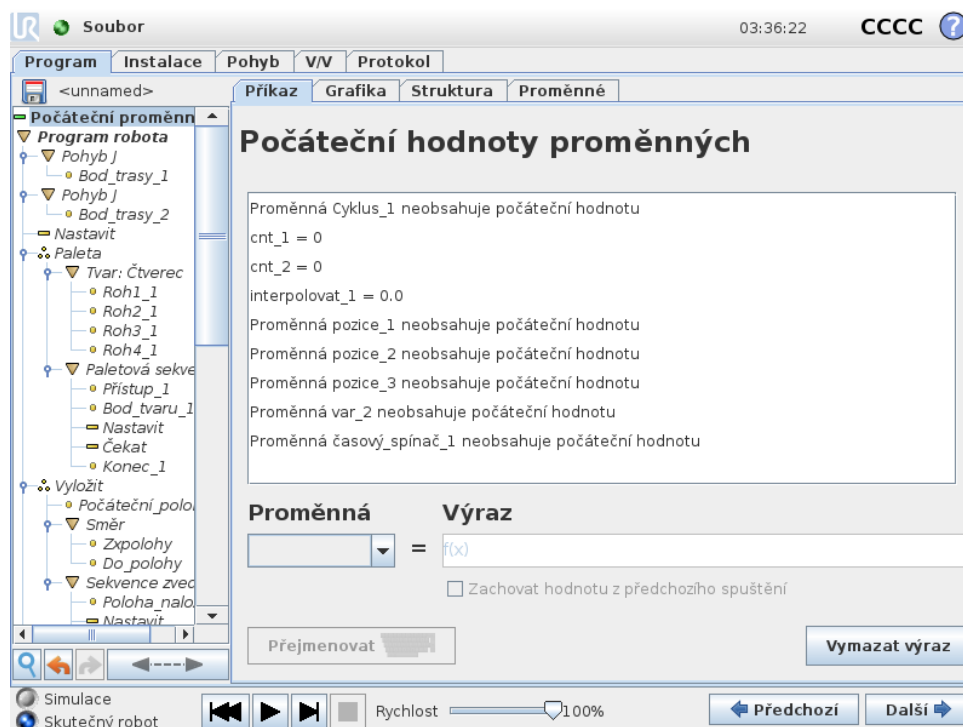
Některé příkazy nelze umístit na některá místa v programu. Body trasy musí být pod příkazem Pohyb (nikoli nutně bezprostředně pod ním). Příkazy ElseIf a Else musí být umístěny až za příkazem If. Obecně platí, že přesun příkazů ElseIf může program nevhodně změnit. Proměnné vyžadují před použitím přiřazení hodnoty.

14.31 Karta Proměnné



Karta **Proměnné** obsahuje aktuální hodnoty proměnných v běžícím programu a zaznamenává seznam proměnných a hodnot mezi jednotlivými spuštěními programu. Zobrazí se pouze tehdy, obsahuje-li nějaké informace. Proměnné jsou seřazeny abecedně podle názvů. Názvy proměnných na této obrazovce jsou zobrazeny s maximálně 50 znaky a hodnoty proměnných jsou zobrazeny s maximálně 500 znaky.

14.32 Příkaz: Inicializace proměnných



Tato obrazovka slouží k nastavení hodnot proměnných před spuštěním programu (a případných vláken).

Vyberte proměnnou ze seznamu proměnných kliknutím nebo pomocí pole pro volbu proměnné. Pro zvolenou proměnnou můžete zadat výraz, který bude použit k určení hodnoty proměnné na začátku programu.

Pokud je zaškrtnuto políčko **Ponechat hodnoty z posledního spuštění**, bude proměnná inicializována na hodnotu uvedenou na kartě **Proměnné** (viz 14.31). Tím je umožněno, aby proměnné zachovaly své hodnoty mezi jednotlivými spuštěními programu. Proměnná získá hodnotu z výrazu, když je program spuštěn poprvé nebo když je karta s hodnotou vymazána.

Proměnnou lze odstranit z programu tak, že nastavíte prázdný název proměnné (pouze mezery).

15 Obrazovka Nastavení



- **Inicializovat robota** Slouží k přechodu na obrazovku inicializace, viz 11.5.
- **Jazyk a jednotky** Slouží ke konfiguraci jazyka a měrných jednotek, viz část 15.1.
- **Aktualizovat robota** Slouží k aktualizaci softwaru robota na novější verzi, viz 15.2.
- **Nastavit heslo** Umožňuje uzamknutí programovací části robota, která tak není přístupná osobám bez znalosti hesla, viz 15.3.
- **Kalibrovat obrazovku** Slouží ke kalibraci „dotyku“ na dotykové obrazovce, viz 15.4.
- **Nastavení sítě** Otevře rozhraní pro nastavení připojení ovládací jednotky robota k síti Ethernet, viz 15.5.
- **Nastavit čas** Slouží k nastavení času a data pro systém a konfiguraci formátu zobrazení hodin, viz 15.6.
- **Nastavení URCaps** Přehled instalovaných URCaps, stejně jako možnosti pro instalaci a odinstalaci, viz 15.7.
- **Zpět** Slouží k návratu na úvodní obrazovku.

15.1 Jazyk a jednotky

?
Nastavení robota

Inicializovat robota

Jazyk

Aktualizovat

Nastavit heslo

Kalibrovat obrazovku

Síť

Čas

URCaps

Zpět

Volba jazyka

Systém

Čeština ▼

Klávesnice

Int'l English ▼

☒ English programming

Volba jednotek

☒ Metrické jednotky

☐ Obvyklé pro USA

Restartujte PolyScope, aby se použilo nové nastavení.

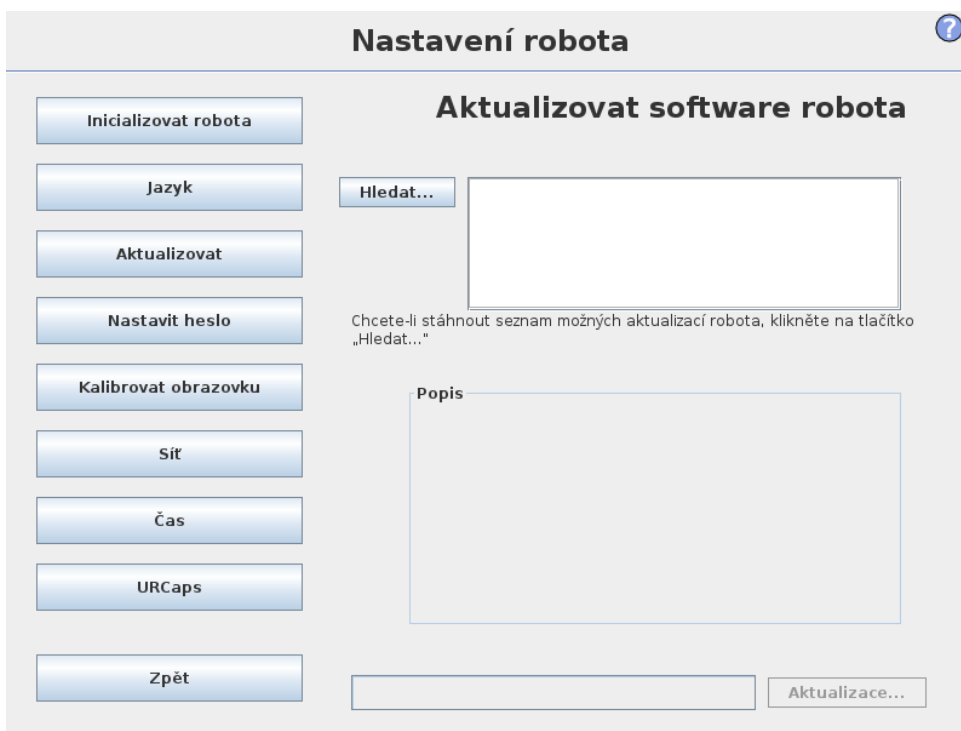
Restart

Na této obrazovce lze vybrat jazyk a jednotky použité v rozhraní PolyScope.

Vybraný jazyk se použije pro text viditelný na různých obrazovkách rozhraní PolyScope a také ve vložené nápovědě. Chcete-li názvy příkazů v programech robota zobrazit v angličtině, zaškrtněte možnost „Programování v angličtině“. Aby byly změny použity, je nutné PolyScope restartovat.

Zvolený jazyk klávesnice se použije u všech místních klávesnic v programu PolyScope.

15.2 Aktualizace robota



Aktualizace softwaru lze nainstalovat z paměti USB flash. Vložte paměťovou kartu USB a kliknutím na **Hledat** zobrazíte její obsah. Chcete-li provést aktualizaci, vyberte soubor, klikněte na možnost **Aktualizovat** a postupujte podle pokynů na obrazovce.



UPOZORNĚNÍ:

Po upgradu softwaru vždy zkontrolujte programy. Upgrade může změnit trajektorie v programu. Specifikace aktualizovaného softwaru zobrazíte po stisknutí tlačítka „?“ umístěného v pravém horním rohu rozhraní GUI. Specifikace hardwaru zůstávají stejné a naleznete je v původní příručce.

15.3 Nastavit heslo



Podporována jsou dvě hesla. První je *volitelné* systémové heslo, které zabraňuje neoprávněným úpravám nastavení robota. Je-li nastaveno systémové heslo, lze programy načíst a spustit bez použití hesla, ale k vytváření a změně programů bude heslo vyžadováno.

Druhé je *povinné* bezpečnostní heslo, které je třeba správně zadat, aby bylo možné upravit bezpečnostní konfiguraci.



POZNÁMKA:

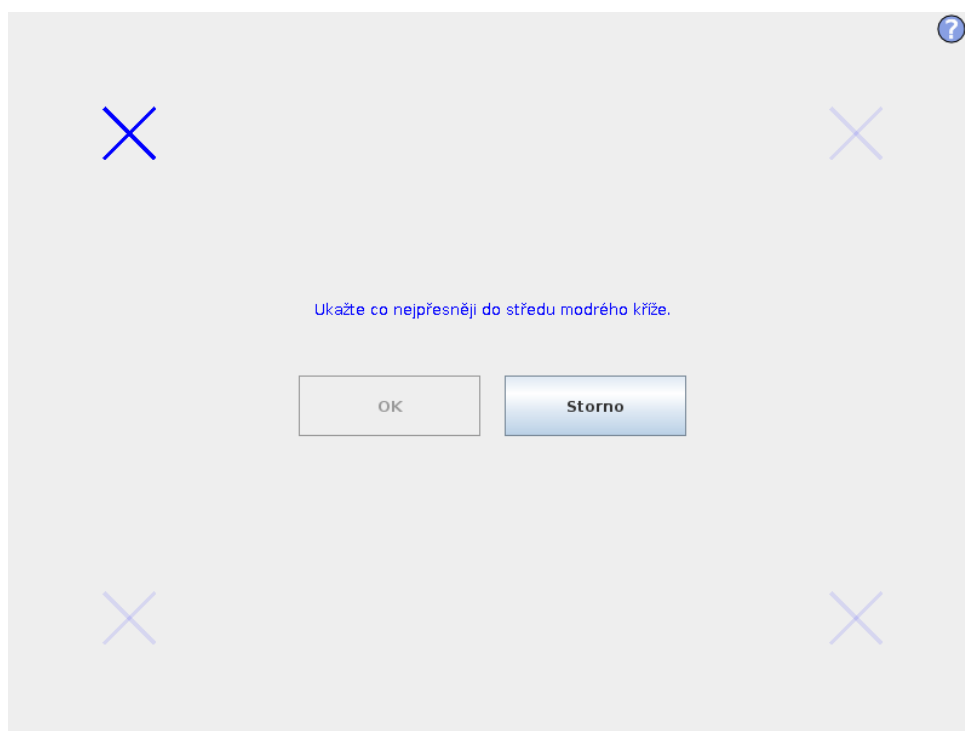
Aby bylo možné změnit bezpečnostní konfiguraci, je třeba zadat bezpečnostní heslo.



UPOZORNĚNÍ:

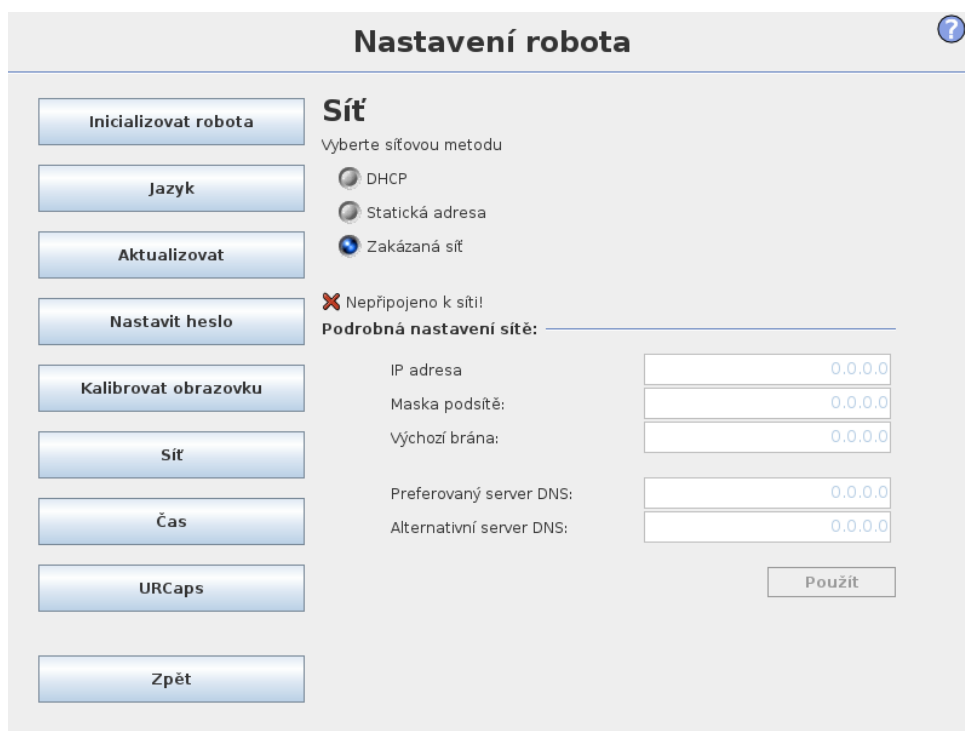
Zadáním systémového hesla zamezíte neautorizovanému personálu, aby měnil instalaci robota.

15.4 Kalibrovat obrazovku



Kalibrace dotykové obrazovky. Kalibraci dotykové obrazovky proved'te podle pokynů na obrazovce. Pokud je to možné, použijte nekovový objekt s hrotem, např. zavřené pero. Trpělivost a pečlivost vám pomohou dosáhnout lepších výsledků.

15.5 Nastavení sítě



Panel pro nastavení sítě Ethernet. Ethernetové připojení není pro základní funkce robota nezbytné a ve výchozím nastavení je zakázáno.

15.6 Nastavit čas

Inicializovat robota

Jazyk

Aktualizovat

Nastavit heslo

Kalibrovat obrazovku

Síť

Čas

URCaps

Zpět

Nastavení robota

Nastavit čas

Formát času:

☒ 24hodinový
 ☐ 12hodinový

Vyberte aktuální čas:

+

+

+

03

:

35

:

45

-

-

-

Nastavit datum

Vyberte dnešní datum:

10. srpna 2018

Formát data:

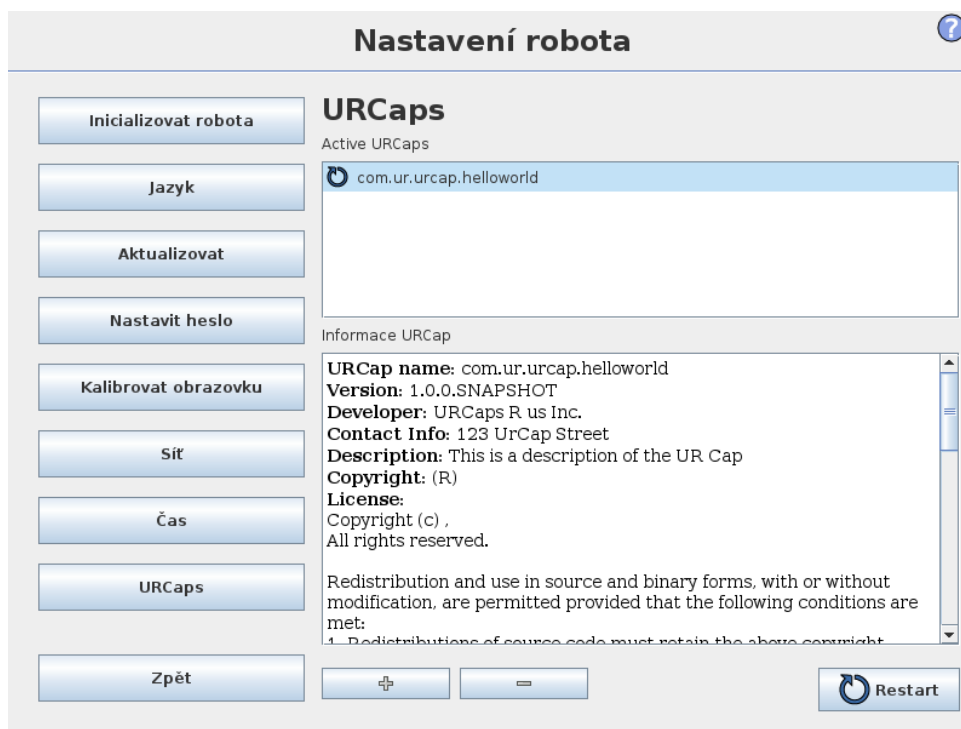
☒ 10. srpna 2018
 ☐ 10.8.2018
 ☐ 10.8.18

Restartujte PolyScope, aby se použilo nové nastavení.

Restart

Slouží k nastavení času a data pro systém a konfiguraci formátu zobrazení hodin. Hodiny se zobrazují v horní části obrazovek *Spustit program* a *Naprogramovat robota*. Klepnutím se krátce zobrazí datum. Aby byly změny použity, je nutné rozhraní GUI restartovat.

15.7 Nastavení URCaps



V horním seznamu je uveden přehled všech instalovaných *URCaps*. Kliknutím na URCap se v oblasti *Informace URCap* pod seznamem zobrazí příslušná metadata (včetně názvu URCap, verze, licence atd.).

Kliknutím na tlačítko **+** v dolní části obrazovky proved'íte instalaci nové URCap. Zobrazí se systém pro výběr souborů, kde lze vybrat soubor `.urcap`. Kliknutím na **Otevřít** a PolyScope se vrátíte na obrazovku nastavení. Proběhne instalace vybrané URCap a krátce poté se v seznamu objeví odpovídající záznam. V případě nové instalace nebo odinstalace platformy URCaps je nutné provést restart PolyScope, aktivuje se tlačítko **Restart**.

Chcete-li odinstalovat URCap, stačí v seznamu vybrat URCap a kliknout na tlačítko **-**. URCap zmizí ze seznamu, stále je však nutné restartovat počítač.

Ikona zobrazená vedle položky v seznamu signalizuje stav URCap. Jednotlivé stavy jsou definovány níže.

-  **URCap ok (v pořádku):** URCap je nainstalována a běží normálně.
-  **URCap fault (závada URCap):** URCap je nainstalována, ale nelze spustit. Kontaktujte vývojáře URCap.
-  **Vyžaduje se restart URCap:** URCap byla právě nainstalována a je nutné restartovat počítač.

Slovník

Kategorie zastavení 0: Odpojením robota od napájení dojde k jeho okamžitému zastavení. Jedná se o nekontrolované zastavení, při kterém se robot může odchýlit od naprogramované trasy, protože se každý kloub zabrzdí co nejrychleji. Toto ochranné zastavení se používá v případech, že dojde k překročení bezpečnostní mezní hodnoty nebo v případě selhání bezpečnostní součásti řídicího systému. Více informací viz ISO 13850 nebo IEC 60204-1.

Kategorie zastavení 1: Pohyb robota se zastavuje, když je robot napájen, a po zastavení se robot odpojí od zdroje napájení. Jedná se o kontrolované zastavení, při kterém robot pokračuje po naprogramované trase. Napájení se odpojí po zastavení robota. Více informací viz ISO 13850 nebo IEC 60204-1.

Kategorie zastavení 2: Kontrolované zastavení robota při zachování napájení. Bezpečnostní řídicí systém sleduje, zda robot zůstane zastavený. Více informací viz IEC 60204-1.

Kategorie 3: Termín *Kategorie* by se neměl zaměňovat s termínem *Kategorie zastavení*. *Kategorie* se vztahuje k typu architektury, používané jako základ pro určitou *Úroveň výkonnosti*. Významnou vlastností architektury *kategorie 3* je, že jediná porucha nemůže vést ke ztrátě bezpečnostní funkce. Více informací viz ISO 13849-1.

Úroveň výkonu: Pomocí úrovně výkonu (PL) se určuje schopnost bezpečnostních součástí řídicích systémů provádět bezpečnostní funkce za předvídatelných podmínek. PLd je druhá nejvyšší klasifikace spolehlivosti, což znamená, že bezpečnostní funkce je velmi spolehlivá. Více informací viz ISO 13849-1.

Diagnostické pokrytí (DC): je měřítkem účinnosti diagnostiky realizované za účelem vyhodnocení úrovně výkonu. Více informací viz ISO 13849-1.

MTTFd: Střední doba do závažné poruchy (MTTFd) je hodnota získaná na základě výpočtů a testů používaných k vyhodnocení úrovně výkonu. Více informací viz ISO 13849-1.

Osoba provádějící instalaci: Osoba provádějící instalaci navrhuje konečnou instalaci robota. Osoba provádějící instalaci nese odpovědnost za provedení finálního posouzení rizik a musí zajistit, aby konečná instalace byla v souladu s místními zákony a předpisy.

Posouzení rizik: Posouzení rizik je celkový proces identifikace veškerých rizik a také jejich omezení na příslušnou úroveň. Proces posouzení rizik musí být zdokumentován. Další informace naleznete v normě ISO 12100.

Využití robota ke spolupráci: Termín *spolupráce* se vztahuje na spolupráci mezi obsluhou a robotem v aplikaci robota. Přesné definice a popisy viz normy ISO 10218-1 a ISO 10218-2.

Bezpečnostní konfigurace: Bezpečnostní funkce a rozhraní jsou konfigurovatelné pomocí parametrů bezpečnostní konfigurace. Ty jsou definovány pomocí rozhraní softwaru, viz část II.

Rejstřík

Symbols

(Nastavit)	II-81
Úprava polohy	II-52
Čekat	II-80

Freedrive	II-44
-----------------	-------

B

Běžný režim	II-101
bezpečnostní konfigurace	I-8
bezpečnostní nastavení	I-3
Bezpečnostní pokyny	I-45
Bezpečnostní vstupy/výstupy	I-29, I-31
bezpečnostní vstupy/výstupy	I-31
Bod	II-94
Bod trasy	II-70, II-73, II-78, II-96, II-101
Body trasy	II-25
body trasy	II-72

E

Editor výrazů	II-90
Ethernet	I-41
EtherNet/IP	II-45

F

Freedrive	II-46, II-51, II-95
-----------------	---------------------

I

instalační proměnné	II-47
Instalace	II-47, II-100

J

Jednoduchý	II-93
------------------	-------

K

Konfigurovatelné vstupy/výstupy	I-29
---------------------------------------	------

M

MODBUS	II-38, II-48, II-50, II-57
Montážní držák	ix

N

Nástroj	II-51
---------------	-------

Nabídka prvků	II-93
norma	I-63, I-64, I-66

O

obnovy	II-30
osoba provádějící instalaci	I-8
Ovládací jednotka	I-27, II-60
ovládací jednotka .. ix, I-29, I-43, I-63, II-28, II-37,	II-47

P

Případ přepínače	II-90
Příručku pro skriptování	x
Přechod	II-73
Před zahájením	II-96
přenosný ovládací terminál	II-95
Paletová sekvence	II-96
Parametry přechodu	II-74
Po dokončení	II-96
Pohyb .. II-27, II-52, II-53, II-70, II-71, II-73, II-81,	II-94, II-96
PohybJ	II-70
PohybL	II-52, II-70
PohybP	II-52, II-70
PolyScope	ix, II-23, II-25, II-27, II-84, II-87
posouzení rizik	ix, I-3, I-8, I-10
Průvodci	II-100
Program	II-27
Programový strom	II-66, II-67
Proměnné	II-68, II-102
Proměnný bod trasy	II-72
Proměnný prvek	II-72
prostor kloubu	II-70
Prvek	II-51, II-57

R

Rámec	II-94
Rameno robota	I-27, II-60, II-94
rameno robota	I-63, II-47, II-92, II-97, II-98
Režim síly	II-92
Relativní bod trasy	II-72
Ruční ovládací panel	ix
ruční ovládací panel	II-46

S

Samostatné okno	II-81
Servisní příručka	x
Seznam (tvar)	II-91
Sledování dopravníků	II-99
Sledování dopravníku	II-57
Složka	II-83
Středový bod nástroje	II-41
středový bod nástroje	II-72
Struktura	II-100

T

Test	II-95
Tvar	II-91, II-92
Tvar čtverce	II-91, II-92
Tvar kvádra	II-91, II-92
Tvar přímky	II-91, II-92

U

Ukotvená poloha	II-96
Univerzální stupy/výstupy	I-29
UR+	x

V

V/V	II-27, II-37, II-45, II-46
Varovné symboly	I-4
vstupy/výstupy	I-27, I-29, I-30
Vstupy/výstupy nástroje	I-38

Z

Základna	II-23, II-51, II-72
Zápěstí 3	II-23
Záruka	I-51
Zatížení kloubu	II-60