

Martin Olejár – Vladimír Cviklovič

# **APLIKAČNÉ PROGRAMOVANIE**

Nitra 2020

**Názov:** Aplikačné programovanie

**Autori:** doc. Ing. **Martin Olejár**, PhD. 10,98 AH  
Technická fakulta, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

doc. Ing. **Vladimír Cviklovič**, PhD. 1,70 AH  
Technická fakulta, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

**Recenzenti:** prof. Ing. **Dušan Hrubý**, PhD.  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Ing. **Anton Smutný**  
Müehlbauer Technologies, s. r. o. Nitra

Obrázok na obálke: Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 22. 6. 2020, ako vysokoškolskú učebnicu.

**ISBN 978-80-552-2177-9**

# OBSAH

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ZOZNAM SKRATIEK.....</b>                                 | <b>7</b>  |
| <b>ÚVOD.....</b>                                            | <b>9</b>  |
| <b>1 PROGRAMOVATEĽNÉ LOGICKÉ AUTOMATY .....</b>             | <b>11</b> |
| 1.1 Priemyselné PC a softvérové PLC .....                   | 13        |
| 1.1.1 Rýchlosť a stabilita operačného systému .....         | 13        |
| 1.1.2 Odolnosť voči vibráciám .....                         | 14        |
| 1.1.3 Spoľahlivosť .....                                    | 14        |
| 1.1.4 Hardvérová rozširiteľnosť .....                       | 14        |
| 1.1.5 Softvérová bezpečnosť .....                           | 15        |
| 1.1.6 Hardvérová bezpečnosť (safety).....                   | 15        |
| 1.1.7 Spôsob programovania .....                            | 15        |
| 1.1.8 Cena .....                                            | 16        |
| 1.2 EtherCAT komunikácia .....                              | 18        |
| <b>2 PROSTREDIE TwinCAT 3.....</b>                          | <b>22</b> |
| 2.1 Inštalácia TwinCAT 3.....                               | 23        |
| 2.2 Vytvorenie nového TwinCAT 3 projektu .....              | 27        |
| 2.3 Základné prvky prostredia TwinCAT 3 .....               | 28        |
| 2.4 Nastavenie jadri procesora v TwinCAT 3.....             | 31        |
| 2.5 Nadviazanie komunikácie s riadiacim systémom .....      | 35        |
| 2.6 Hardvérová konfigurácia .....                           | 38        |
| <b>3 ZÁKLADY PROGRAMOVANIA PLC .....</b>                    | <b>42</b> |
| 3.1 Programovacie jazyky .....                              | 42        |
| 3.2 Vytvorenie PLC projektu.....                            | 44        |
| 3.3 Deklarácia premenných .....                             | 50        |
| 3.3.1 Premenné s jednoduchým dátovým typom.....             | 53        |
| 3.3.2 Premenné so štruktúrovaným dátovým typom .....        | 55        |
| 3.4 Priradenie premenných k fyzickým vstupom/výstupom ..... | 59        |
| 3.5 Riadenie behu programu .....                            | 60        |
| 3.5.1 Komentáre .....                                       | 60        |
| 3.5.2 Operátory .....                                       | 61        |
| 3.5.3 Riadiace príkazy .....                                | 62        |

|          |                                                              |            |
|----------|--------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5.4    | Stavový automat.....                                         | 71         |
| 3.6      | Funkcie, funkčné bloky a programy .....                      | 74         |
| 3.6.1    | Definovanie a volanie funkcií .....                          | 74         |
| 3.6.2    | Definovanie a volanie funkčných blokov .....                 | 77         |
| 3.7      | Objektové programovanie.....                                 | 81         |
| 3.7.1    | Abstrakcia .....                                             | 84         |
| 3.7.2    | Zapuzdrenie.....                                             | 85         |
| 3.7.3    | Dedičnosť .....                                              | 88         |
| 3.7.4    | Polymorfizmus .....                                          | 90         |
| 3.7.5    | Diagram tried – UML.....                                     | 91         |
| 3.8      | Spúšťanie PLC projektu, boot projekt .....                   | 93         |
| <b>4</b> | <b>DIAGNOSTIKA A MONITOROVANIE PROGRAMU .....</b>            | <b>96</b>  |
| 4.1      | Online View.....                                             | 96         |
| 4.2      | Debugging .....                                              | 98         |
| 4.3      | Scope View.....                                              | 100        |
| 4.3.1    | Graf s časovou základňou (YT graf) .....                     | 106        |
| 4.3.2    | XY graf .....                                                | 116        |
| 4.3.3    | Stĺpcový graf .....                                          | 121        |
| 4.3.4    | Spúšťacie udalosti a akcie .....                             | 125        |
| 4.3.5    | Kurzory .....                                                | 127        |
| <b>5</b> | <b>VIZUALIZÁCIA PROJEKTU .....</b>                           | <b>130</b> |
| 5.1      | Vytvorenie vizualizácie .....                                | 131        |
| 5.2      | Target vizualizácia (PLC HMI) .....                          | 139        |
| 5.3      | Web vizualizácia (PLC HMI Web).....                          | 140        |
| 5.4      | Dialógy používané pri konfigurácii prvkov vizualizácie ..... | 143        |
| 5.4.1    | Color gradient dialóg.....                                   | 143        |
| 5.4.2    | Input configuration.....                                     | 144        |
| 5.4.3    | Access rights dialog .....                                   | 152        |
| 5.5      | Prvky vizualizácie.....                                      | 153        |
| 5.5.1    | Basics .....                                                 | 154        |
| 5.5.2    | Lamps/Switches/Bitmaps .....                                 | 179        |
| 5.5.3    | Measurement controls .....                                   | 184        |
| 5.5.4    | Common Controls .....                                        | 193        |

|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| <b>6 ADS KOMUNIKÁCIA .....</b>                       | <b>219</b> |
| 6.1 Princíp ADS komunikácie .....                    | 219        |
| 6.2 Inštalácia a nastavenie Runtime TwinCAT 3.....   | 220        |
| 6.3 Opis vybraných ADS metód v TwinCat.ADS.dll ..... | 222        |
| 6.4 Prístup cez ADS v C#.....                        | 223        |
| 6.4.1 Zápis do registrov hardvéru.....               | 227        |
| 6.4.2 Čítanie z registrov hardvéru .....             | 228        |
| 6.4.3 Prístup k premenným programu .....             | 229        |
| <b>7 POUŽITÁ LITERATÚRA .....</b>                    | <b>232</b> |

## ZOZNAM SKRATIEK

|        |                                                                                                                                   |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A/D    | – analógovo-digitálny ( <i>Analog to Digital</i> )                                                                                |
| ADS    | – transportná vrstva ( <i>Automation Device Specification</i> )                                                                   |
| AMD    | – skratka výrobcu procesorov ( <i>Advanced Micro Devices</i> )                                                                    |
| ANSI C | – štandardizovaný programovací jazyk C vydaný americkým normalizačným inštitútom ( <i>American National Standards Institute</i> ) |
| CGS    | – sústava jednotiek, v ktorej sú základnými jednotkami centimeter, gram a sekunda                                                 |
| CPU    | – centrálna procesorová jednotka ( <i>Central Processing Unit</i> )                                                               |
| D/A    | – digitálno-analógový ( <i>Digital to Analog</i> )                                                                                |
| FB     | – funkčný blok ( <i>Function Block</i> )                                                                                          |
| FBD    | – programovací jazyk tvorený funkčnými blokmi ( <i>Function Block Diagram</i> )                                                   |
| HMI    | – rozhranie medzi zariadením (strojom) a človekom ( <i>Human Machine Interface</i> )                                              |
| I/O    | – vstup/výstup ( <i>Input/Output</i> )                                                                                            |
| ID     | – identifikátor ( <i>Identifier</i> )                                                                                             |
| IP     | – internetový komunikačný protokol ( <i>Internet Protocol</i> )                                                                   |
| IPC    | – priemyselný osobný počítač ( <i>Industrial Personal Computer</i> )                                                              |
| LD     | – programovací jazyk tvorený priečkovou logikou ( <i>Ladder Diagram</i> )                                                         |
| LED    | – luminiscenčná dióda ( <i>Light-Emitting Diode</i> )                                                                             |
| LSB    | – nižší bajt ( <i>Least Significant Byte</i> )                                                                                    |
| .NET   | – platforma pre súbor technológií v softvérových produktoch ( <i>Dot Network</i> )                                                |
| OOP    | – objektovo orientované programovanie ( <i>Object-oriented programming</i> )                                                      |
| OS     | – operačný systém ( <i>Operating System</i> )                                                                                     |
| PC     | – osobný počítač ( <i>Personal Computer</i> )                                                                                     |
| PDO    | – objekty procesných dát ( <i>Process Data Objects</i> )                                                                          |
| PID    | – proporcionálne integračno–derivačný regulátor ( <i>Proportional-Integral-Derivative Controller</i> )                            |
| PLC    | – programovateľný logický automat ( <i>Programmable Logic Controller</i> )                                                        |
| PWM    | – impulzová šírková modulácia ( <i>Pulse Width Modulation</i> )                                                                   |
| RAM    | – pamäť s priamym prístupom ( <i>Random Access Memory</i> )                                                                       |
| ROM    | – permanentná pamäť ( <i>Read Only Memory</i> )                                                                                   |
| RTOS   | – operačný systém pracujúci v reálnom čase ( <i>Real Time Operating System</i> )                                                  |
| SDO    | – objekty servisných dát ( <i>Service Data Objects</i> )                                                                          |
| SI     | – medzinárodná sústava jednotiek ( <i>System International Units</i> )                                                            |
| ST     | – programovací jazyk tvorený štruktúrovaným textom ( <i>Structured Text</i> )                                                     |
| TC3    | – TwinCAT 3                                                                                                                       |
| TCP    | – protokol riadenia prenosu ( <i>Transmission Control Protocol</i> )                                                              |
| UART   | – univerzálne asynchrónne sériové rozhranie ( <i>Universal Asynchronous Receiver-Transmitter</i> )                                |

|     |                                                                            |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|
| UML | – jednotný modelovací jazyk ( <i>Unified Modeling Language</i> )           |
| USB | – univerzálna sériová linka ( <i>Universal Serial Bus</i> )                |
| WKC | – počítadlo prístupu uzlov k segmentu ( <i>Working Counter</i> )           |
| XAE | – vývojové prostredie TwinCAT 3 ( <i>eXtended Automation Engineering</i> ) |
| XAR | – runtime TwinCAT 3 ( <i>eXtended Automation Runtime</i> )                 |

## ÚVOD

Vznik prvých programovateľných logických automatov (PLC) bol motivovaný požiadavkou automobilky General Motors na riadiaci systém, ktorý mal umožniť operatívne prestavovanie výrobných liniek v závislosti od obmeny sortimentu automobilov. Požiadavkou bolo, aby PLC boli na inom základe ako vtedajšie počítače a aby ich programovanie bolo čo najjednoduchšie. Program musel byť zrozumiteľný širšiemu okruhu „elektrikárov“ mysliacich prevažne v pojmoch reléovej logiky. Tieto požiadavky boli automobilkou General Motors formulované v roku 1968. PLC sa najskôr používali ako programovateľná náhrada riadiacich systémov s pevnou logikou (stýkača, relé). Prvé komerčné PLC bolo MODICON 084 (*Modular Digital Controller*) a hromadná výroba PLC začala koncom 70-tych rokov 20. storočia. PLC by sa teda zjednodušene dalo opísať ako priemyselný počítač špeciálne určený na riadenie v priemysle (Ždánsky, 2011).

Súčasné PLC sú charakteristické tým, že okrem veľkého výpočtového výkonu disponujú aj veľkým počtom vstupno-výstupných modulov. Ich modulárne riešenie dáva predpoklad na použitie týchto systémov nielen v malých riadiacich aplikáciách, ale aj v distribuovaných systémoch riadenia.

Cieľom učebnice je poskytnúť čitateľovi základné informácie týkajúce sa konfigurácie a programovania priemyselných riadiacich systémov firmy BECKHOFF. Učebnica je rozdelená do šiestich kapitol. V prvej kapitole sú uvedené všeobecné informácie o PLC systémoch, o rozdieloch medzi priemyselným PC a PLC a o EtherCAT komunikácii. V druhej kapitole je opísaná inštalácia prostredia TwinCAT 3, spôsob vytvorenia nového projektu, základné prvky prostredia TwinCAT 3, nadviazanie komunikácie s riadiacim systémom a hardvérová konfigurácia. V tretej kapitole je uvedený spôsob programovania PLC, postup tvorby PLC projektu, deklarovanie premenných a štruktúrovaných údajových typov, opis základných riadiacich príkazov, postup vytvárania funkcií a funkčných blokov a základy objektovo orientovaného programovania. Štvrtá kapitola sa venuje nástrojom na diagnostiku a monitorovanie programu. V piatej kapitole je uvedený postup tvorby vizualizácie s opisom vybraných vizuálnych komponentov. V poslednej kapitole je opísaná ADS komunikácia, opis vybraných ADS metód v TwinCat.ADS.dll a prístup cez ADS v C#.

Martin Olejár – Vladimír Cviklovič

**APLIKAČNÉ PROGRAMOVANIE**

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Náklad: 216 ks

Počet strán: 234

Rok vydania: 2020

Redaktorka: Ľubica Ďuďáková

Tlač: Vydavateľstvo SPU v Nitre

AH-VH: 12,68 – 13,01

**ISBN 978-80-552-2177-9**