

Ovladač EtcDrv systému REXYGEN
Uživatelská příručka

REX Controls s.r.o.

Verze 2.50.7

Plzeň

22.5.2018

Obsah

1	Ovladač EtcDrv a systém REXYGEN	2
1.1	Úvod	2
1.2	Požadavky na systém	2
1.3	Instalace ovladače	3
2	Zařazení ovladače do projektu aplikace	4
2.1	Přidání ovladače EtcDrv do projektu	4
2.2	Připojení vstupů a výstupů do řídicího algoritmu	6
3	Konfigurace ovladače	9
3.1	Konfigurační dialogové okno	9
4	Stručný popis sběrnice EtherCAT	10
5	Formát konfiguračního souboru	13
6	Poznámky k implementaci	19
7	Co dělat při problémech	21
	Literatura	22

Kapitola 1

Ovladač EtcDrv a systém REXYGEN

1.1 Úvod

V této příručce je popsáno používání ovladače **EtcDrv** pro připojení technických prostředků využívajících protokol **EtherCAT** [?] k řídicímu systému **REXYGEN** pro linuxové platformy. Ovladač umožňuje získávat vstupy a nastavovat výstupy z tzv. „process image“ a „CANopen over EtherCAT“. Ovladač byl vyvinut firmou **REX Controls**.

1.2 Požadavky na systém

Obecně lze říci, že pro použití ovladače **EtcDrv** musí být dodrženy minimální požadavky nutné k provozování řídicího systému **REXYGEN**. Pro konfiguraci ovladače postačuje běžný počítač PC (případně v průmyslovém provedení). Pro provozování ovladače na cílovém zařízení je potřeba vyhradit pro **EtherCAT** jednu ethernetovou zásuvku. Ovladač není zatím implementován pro Windows (vyžaduje ovladač do jádra Windows, který umožní předávat přímo ethernetové packety aplikaci - v Linuxu je tato podpora automaticky).

Aby bylo možno ovladač využívat, musí být na vývojovém (konfiguračním) počítači a na cílovém zařízení (počítači) nainstalováno programové vybavení:

Vývojový počítač

Operační systém	jeden ze systémů: Windows 7/8/10
Řídicí systém	REXY-GEN verze pro operační systémy Windows

Cílové zařízení

Řídicí systém	REXY-GEN verze pro zvolené cílové zařízení s jedním z podporovaných operačních systémů: Linux Debian/XENOMAI/openWRT
---------------	--

V případě, že vývojový počítač je přímo cílovým zařízením (řídicí systém **REXYGEN**

bude provozován v jedné z variant Windows), instaluje se pouze jedna kopie řídicího systému REXYGEN.

1.3 Instalace ovladače

Pro operační systém Windows se ovladač **EtcDrv** instaluje jako součást instalace řídicího systému REXYGEN. Pro nainstalování ovladače je nutné v instalačním programu systému REXYGEN zaškrtnout volbu **Ovladač protokolu EtherCAT**. Po typické instalaci se řídicí systém REXYGEN nainstaluje do cílového adresáře **C:\Program Files\REX Controls\REX_<version>**, kde **<version>** označuje verzi systému REXYGEN.

Po úspěšné instalaci se do cílového adresáře zkopírují soubory:

EtcDrv_H.dll – Konfigurační část ovladače **EtcDrv**.

EtcDrv_T.dll – Cílová část ovladače **EtcDrv** spouštěná exekutivou **RexCore**. Tato verze se používá pokud na cílovém zařízení běží operační systém Windows 7/8/10. Pro jinou cílovou platformu je na ni třeba nainstalovat příslušnou verzi systému REXYGEN.

DOC\EtcDrv_CZ.pdf – Tato uživatelská příručka.

Pro operační systém Linux je potřeba nainstalovat balíček **rex-etcdrv**. Pro variantu Linux/XENOMAI též balíčky **kmod-edrv-mgr**, **kmod-edrv-dev** a ovladač použité síťové karty pro XENOMAI (tj. jeden z **kmod-edrv-via6105** **kmod-edrv-r8169** **kmod-edrv-r8139** - jiné nejsou zatím podpořeny). Dále je nutné označit zvolenou ethernetovou kartu, aby ji jádro linuxu ignorovalo a mohl ji využít subsystém XENOMAI v parametrech bootování. V openWRT image již toto je nastaveno pro eth1.

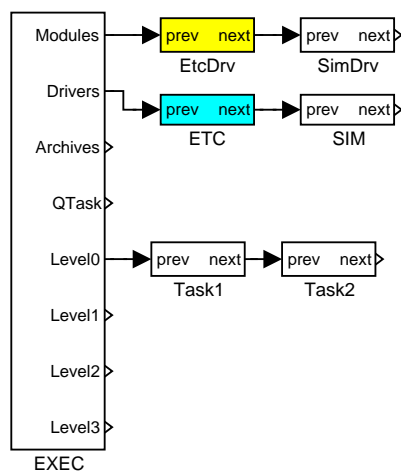
Kapitola 2

Zařazení ovladače do projektu aplikace

Zařazení ovladače do projektu aplikace spočívá v přidání ovladače do hlavního souboru projektu a z připojení vstupů a výstupů ovladače v řídicích algoritmech.

2.1 Přidání ovladače EtcDrv do projektu

Přidání ovladače **EtcDrv** do hlavního souboru projektu je znázorněno na obr. 2.1.



Obrázek 2.1: Příklad zařazení ovladače **EtcDrv** do projektu aplikace

Pro zařazení ovladače do projektu slouží dva zvýrazněné bloky. Nejprve je na výstup **Modules** bloku exekutivy **EXEC** připojen blok typu **MODULE** s názvem **EtcDrv**, který nemá žádné další parametry.

Druhý blok **ETC** typu **IODRV**, připojený na výstup **Drivers** exekutivy má parametry:

modul – jméno třídy ovladače, které se pro tento ovladač zadává: **EtcDrv**

classname – jméno třídy ovladače, které se pro tento ovladač zadává: **EtcDrv**POZOR!
Jméno rozlišuje velká a malá písmena!

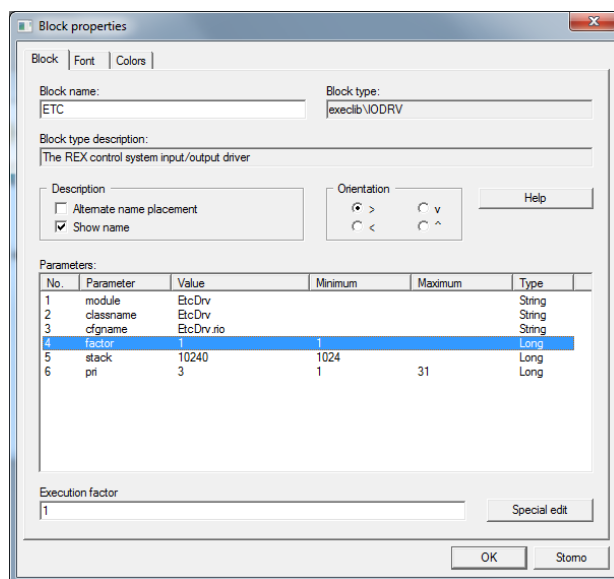
cfgname – jméno konfiguračního souboru ovladače. Vytváření konfiguračního souboru je popsáno v kapitole 3. Doporučeno je zadávat jej ve tvaru <jméno_třídy>.rio, kde přípona .rio (Rex Input Output) byla zavedena pro tento účel.

Další parametry slouží pro speciální případy a vyhovuje původní nastavení.

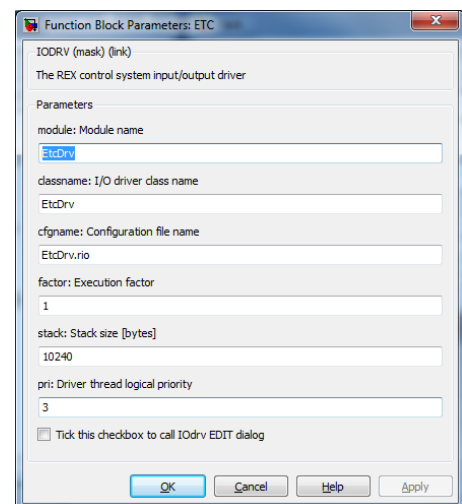
Jménem tohoto bloku, na obr. 2.1 zadaným jako **ETC**, začínají názvy všech vstupních a výstupních signálů připojených k tomuto ovladači.

Ovladač **EtcDrv** podporuje i úlohy běžící synchronně s komunikací. To se provede tak, že místo bloku typu **IODRV** se použije blok typu **TIODRV** (který má stejné parametry jako **IODRV**) a na jeho výstup **Tasks** připojíme blok typu **IOTASK** (má analogické parametry i význam jako blok typu **TASK**). Ovladač potom funguje tak, že přečte všechny „process image“, spustí algoritmus definovaný blokem **IOTASK** nastaví všechny „process image“ a čeká na další periodu.

Právě popsané parametry bloku **IODRV** se konfigurují v programu **REXYGEN Studio** v dialogovém okně, jak je patrné z obr. 2.2 a). Konfigurační dialog ovladače **EtcDrv**, popsáný v kapitole 3, se aktivuje po stisku tlačítka **Special Edit**.



a)



b)

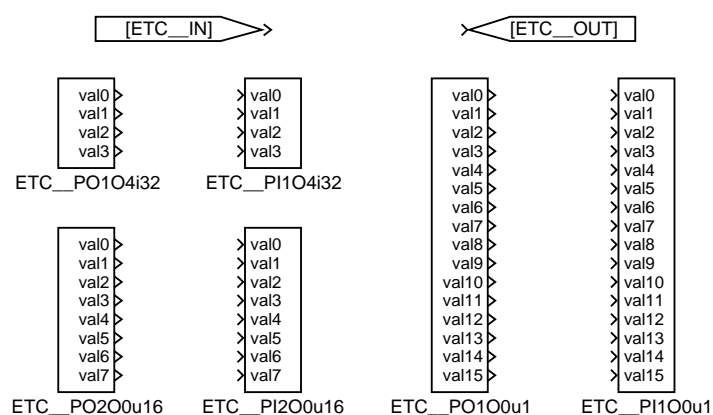
Obrázek 2.2: Konfigurace parametrů ovladače

V programovém systému Matlab Simulink se parametry bloku **IODRV** zadávají v parametrickém dialogu znázorněném na obrázku 2.2 b). Poslední parametr slouží k volání konfiguračního dialogu ovladače přímo z prostředí programu Matlab Simulink. Pokud při

editaci parametrů je invertováno zaškrtnutí tohoto parametru, bude po stisku tlačítek OK nebo Apply zavolán konfigurační dialog ovladače **EtcDrv**, popsaný v kap. 3.

2.2 Připojení vstupů a výstupů do řídicího algoritmu

Vstupy a výstupy z ovladačů se připojují do souborů s příponou **.mdl** jednotlivých úloh. V hlavním souboru projektu jsou soubory úloh uvedeny pouze odkazem v blocích typu **QTASK** nebo **TASK** nebo **IOTASK** připojovaných na výstupy **QTask**, **Level0**, ..., **Level3** exekutivy. Pro připojení vstupů a výstupů z ovladače **EtcDrv** do řídicího systému REXYGEN lze použít bloky, znázorněné na obr. 2.3.



Obrázek 2.3: Příklady použití vstupně-výstupních bloků s ovladačem **EtcDrv**

Blok typu **From** sloužící pro připojení jednoho vstupu má parametr **Goto tag** roven **ETC__IN**, blok typu **Goto** používaný pro připojení jednoho výstupu má hodnotu parametru **Tag** (v programu REXYGEN Studio parametru **GotoTag**) rovní **ETC__OUT**. Ostatní bloky mají přímo na začátku svého jména prefix **ETC** následovaný dvěma znaky **_** (podtržítko).

Přesněji řečeno, daný vstupně výstupní blok je považován systémem REXYGEN za blok připojený k ovladači **EtcDrv**, pokud jeho jméno (či, v případě bloků typu **From** a **Goto**, parametry **Goto tag** a **Tag**) začíná jménem bloku typu **IODRV** popisujícího daný ovladač (na obr. 2.1 to byl právě blok **ETC**). Začátek jména vstupního nebo výstupního bloku je od zbytku jména vždy oddělen dvěma znaky **_**.

Kdyby byl např. blok **ETC** z obr. 2.1 přejmenován na **XY**, začínala by jména všech vstupně výstupních bloků připojených k ovladači **EtcDrv** znaky **XY__**. Z praktických důvodů je však rozumnější volit prefix mnemotechnicky blízký názvu ovladače.

Zbytek jména vstupně výstupního bloku má jednu z následujících struktur:

PO<slave addr>0<offset><value type> – Čtení hodnoty typu **<value type>** z „process image“ ze Slave stanice s adresou **<slave addr>**. Hodnota se načte ze začátku

„process image“, ale její začátek je posunut o `<offset>` bajtů (v případě logické hodnoty `<offset>` bitů). Typ hodnoty může být:

- u1** logická hodnota
- u8** celé číslo bez znaménka o velikosti 8 bitů (tj. může nabývat hodnot 0 až 255)
- u16** celé číslo bez znaménka o velikosti 16 bitů (tj. může nabývat hodnot 0 až 65535)
- i16** celé číslo se znaménkem o velikosti 16 bitů (tj. může nabývat hodnot -32768 až 32767)
- u32** celé číslo bez znaménka o velikosti 32 bitů (tj. může nabývat hodnot 0 až 4294967295)
- i32** celé číslo se znaménkem o velikosti 32 bitů (tj. může nabývat hodnot -2147483648 až 2147483647)
- f32** desetinné číslo o velikosti 32bitů (dle standardu IEEE 754)
- f64** desetinné číslo o velikosti 64bitů (dle standardu IEEE 754)

PI<slave addr>0<offset><value type> – Jako předchozí případ, ale hodnota je zapisována.

<item name> – Čtení nebo zápis objektu **CANopen** metodou **SDO**. **<item name>** je jméno položky zadávané při vytváření konfigurace.

MASTER__Status – Stav stanice **Master**, tj. ovladače **EtcDrv**. Možnosti jsou:

- 1 **init**(po zapnutí napájení),
- 2 **preop**(lze komunikovat přes mailbox, tj. **CANopen** příkazy , ale „process image“ aplikace **Slave** stanice neaktualizuje ani neakceptuje),
- 4 **safeop**(lze komunikovat přes mailbox, tj. **CANopen** příkazy , „process image“ lze číst, ale zapsané hodnoty aplikace **Slave** stanice neakceptuje - používá bezpečnou náhradní hodnotu (obvykle 0)),
- 8 **operational**(stanice plně fungční)

S<slave addr>_Status – Stav stanice **Slave** s adresou `<slave addr>`. Možnosti jsou stejné jako pro stanici **Master**.

<slave name>_Status – Stav stanice **Slave** se jménem `<slave name>` (zadáva se při konfiguraci ovladače **EtcDrv**). Možnosti jsou stejné jako v předchozím případě.

<slave name>_StatusE – Pokud **Slave** stanice nepřejde do požadovaného režimu (**PREOP**, **SAFEOP**, **OPERATIONAL**), tak zde je kod chyby (v některých případech jen jeden tick ovladače **EtcDrv**).

Pro signály, které se komunikují pomocí **CANopen**, je možné číst/zapisovat další atributy daného objektu. To se provede přidáním přípony do názvu. Možnosti jsou:

_Value – hodnota objektu čtená/zapisovaná po sběrnici **EtherCAT**(tj. stejná hodnota, jako bez přípony)

- `_RE` – povolení čtení po sběrnici **EtherCAT**.
- `_WE` – povolení zápisu po sběrnici **EtherCAT**.
- `_Fresh` – udává počet sekund od poslední změny hodnoty (resp. kdy naposledy přišla hodnota po sběrnici **EtherCAT** - hodnota se nemusela změnit).
- `_Avi` – přepsání typu položky z konfigurace (0x1000 = bool, 0x2000 = byte, ...).
- `_Slave` – přepsání adresy slave z konfigurace
- `_Index` – přepsání parametru Index z konfigurace
- `_Subindex` – přepsání parametru Subindex z konfigurace

Použití bloků **From** a **Goto** pro vstup a výstup jednoho signálu do/z řídicího algoritmu umožňuje snadno přecházet ze simulační verze algoritmu testované v systému Matlab Simulink do systému reálného času **REXYGEN**. V systému Simulink je možno k blokům **From** a **Goto** přiřadit „protikusy“, kterými bude připojen simulační model procesu, po otestování může být model procesu z projektu odstraněn. Při překladu modelu nahradí díky zavedené a právě popsané konvenci systém **REXYGEN** zbylé bloky **From** a **Goto** vstupními a výstupními bloky.

Protože ovladač umožňuje pod jedním symbolickým jménem získávat několik vstupů či nastavovat několik výstupů, lze s výhodou používat bloky čtyřnásobných, osminásobných a šestnáctinásobných vstupů a výstupů (**INQUAD**, **OUTQUAD**, **INOCT**, **OUTOCT** a **INHEXD**, **OUTHEXD**), viz obr. 2.3. V tomto případě je v názvu bloku odkaz na první požadovaný objekt a v následujících signálech jsou následující subindexy. Výhodou takového užití je zvýšení rychlosti a částečně i přehlednosti algoritmů. Přejít od simulační verze je však v takovém případě trochu pracnější. Podrobný popis vícenásobných vstupů a výstupů lze nalézt v příručce [1].

Kapitola 3

Konfigurace ovladače

Konfigurace ovladače spočívá ve vytvoření nastavení parametrů všech **Slave** stanic a v definování položek, které se čtou asynchronně pomocí SDO příkazů protokolu **CANopen**.

Obecný popis konfiguračního dialogového okna a postup při konfiguraci jednotlivých typů objektů je uveden v následujících sekcích této kapitoly.

3.1 Konfigurační dialogové okno

Zatím není implementováno. Lze pouze vygenerovat implicitní konfiguraci (což doporučujeme, protože se tím vytvoří základní struktura souboru a je potřeba jen změnit parametry). Dále je nutné editovat přímo *.rio soubor v textovém editoru (viz [5](#)).

Kapitola 4

Stručný popis sběrnice EtherCAT

EtherCAT je protokol, který pro přenos zpráv/packetů používá ethernet. Lze použít také UDP protokol, což se používá hlavně pro Master - Master komunikaci. Stanice Master je běžná ethernetová karta, ale stanice Slave využívají speciální řadič, se dvěma (popř. až čtyřmi) ethernetovými porty/konektory. Každý byte dat přijatých po jednom ethernetu je okamžitě analyzován a buď přímo přeposílán nebo nahrazen vlastními daty. Data jsou přeposílána buď na druhý ethernetový port/konektor nebo (pokud je druhý port nezapojen) zpět na port, po kterém přišly (vzhledem k full-duplex kabelu je to možné). Tento princip umožňuje Master stanici obsloužit všechny Slave stanice jediným ethernetovým packetem (za předpokladu, že dat je málo, což obvykle platí) a navíc Slave stanice mohou být synchronizovány s přesností do 20ns, tj. kompenzuje se i konečná rychlost světla (šíření signálu po kabelu).

Každá Slave stanice obsahuje až 64kB dat, přičemž první 4kB jsou vyhrazeny na speciální registry a ve zbytku jsou vlastní data aplikace. Speciální registry obsahují různé identifikační údaje (adresa, sériové číslo, výrobce, podporované režimy), konfigurační údaje (kde je namapován tzv. mailbox a process image), ale jsou zde i registry pro synchronizaci času, stav aplikace (INIT, PREOP, SAFEOP, OPERATIONAL), čtení a zápis konfigurační EEPROM a další.

Data lze adresovat několika způsoby

- adresa stanice + offset v datech stanice
- pořadí stanice na kabelu + offset v datech stanice
- ve stanici se nastaví mapovací registry, které umožní namapovat libovolný kus (v některých případech až po jednotlivých bitech) adresního prostoru/paměti stanice do 32bitového adresového prostoru a oblast se pak adresuje touto globální 32-bitovou adresou
- příznak všech stanic (tzv. broadcast) + offset v datech stanice
- lze kombinovat čtení a zápis

V datové oblasti lze definovat tzv. process image. Je to oblast dat, u které je mechanismy protokolu EtherCAT a implementací linkové vrstvy Slave stanice zajištěna konzistence, tj. nemůže se stát, že aplikace ve Slave stanici zapíše polovinu oblasti a Master stanice tento nekonzistentní stav přečte. Obdobně v opačném směru.

V případě „process image“ může být perioda zápisu jiná, než perioda čtení a vždy se přečtou poslední konzistentně zapsaná data. V případě „mailbox“ je navíc zajištěno, že obsah paměti není přepsán, dokud jej adresát (tj. aplikace ve slave stanici nebo Master stanice - podle směru přenosu) nepřečte.

Je obvyklé, že velikost a adresu „mailbox“ a „process image“ musí nastavit Master, nicméně aplikace ve Slave stanici očekává nějaké hodnoty, a pokud jsou jiné, tak se vůbec nerozběhne (nepřejde do stavu SAFEOP ani OPERATIONAL). Dále je obvyklé, že kromě speciálních registrů a mailboxů a „process image“ Slave stanice jinou oblast paměti nemá a při pokusu ji číst/zapisovat se vrací chyba. Oblastí mailbox a process image může být více, ale Slave stanice obvykle podporují jen jednu pro každý směr.

Pro data v mailboxu existuje několik standardizovaných formátů. Jsou to:

- 1 AoE protokol ADS - proprietární protokol firmy Beckhoff (původně pro sériovou linku)
- 2 EoE přenos ethernetových packetů po EtherCAT
- 3 CoE přenos CANopen zpráv po EtherCAT
- 4 FoE přenos souborů
- VoE nestandardizované (vendor specific) formáty

Ovladač EtcDrv podporuje pouze formát CoE.

Ačkoliv EtherCAT explicitně nezakazuje jiný ethernetový/IP provoz a použití switchů/hubů, doporučuje se pro Master - Slave komunikaci používat oddělenou kabeláž s líniovou strukturou (popř. EtherCAT Slave zařízení s více porty místo switchu). Problémy jsou:

- EtherCAT packety jsou ethernetový broadcast, tj. switche je posílají do všech stanic v síti. Navíc perioda komunikace je často v jednotkách milisekund nebo i kratší, takže síť se zahlcuje. Tento problém lze řešit konfigurací VLAN.
- Switche zavádí do signálové cesty časové zpoždění, které je navíc pokaždé jiné. To zhoršuje časové parametry realtime packetů. Huby zase způsobují kolize a následnou ztrátu packetů, což má opět za následek zhoršení časových parametrů realtime packetů.
- Již jsme si řekli, že Slave stanice packet doplní o vlastní data a přeposílá dále, takže se nakonec dostane zpět k Master stanici. Při tomto přeposílání, ale nevyměňují MAC adresu odesílatele, což zmate switche (z pohledu switchu to vypadá, že jedna MAC adresa je na dvou místech/portech, což je špatně a může to detekovat jako útok a packety zahazovat).
- Pokud jsou Slave stanice v různých liniích, Master stanice dostane na jeden dotaz více odpovědí, přičemž v každé z nich to vypadá, že některé stanice nefungují, což může algoritmus špatně vyhodnotit. Mezi různými liniemi také nelze zajistit časovou synchronizaci. Dále nelze použít adresování pořadím na kabelu (což se často využívá při inicializaci).

- Na konec řetězce/linie **Slave** stanic se nesmí připojit jiná stanice, než EtherCAT **Slave**. V opačném případě by **Master** stanice nedostala odpověď.

Kapitola 5

Formát konfiguračního souboru

Soubor *.rio je textový, takže jej lze v případě potřeby prohlížet i upravovat v libovolném textovém editoru pracujícím s prostým textem (například Notepad). Struktura souboru je zřejmá z následujícího příkladu:

```
EtherCAT {
  #NetAdapter          "eth1"
  NetAdapter           "edev0"
  Timeout              0.010
  TimeoutSdo           0.5
  MasterMode           2
  Slave {
    Name                "LenzeDrive1"
    Flags               0x0004F021
    Address             1
    ReadMailboxAddress  4224
    WriteMailboxAddress 4096
    ReadProcessAddress  4952
    WriteProcessAddress 4352
    ReadMailboxSize     128
    WriteMailboxSize    128
    ReadProcessSize     16
    WriteProcessSize    16
  }
  Item {
    Name                Active_RxPDO(C13484)
    SlaveAdr            1
    Index               11091
    SubIndex            1
    Flags               0x0000000A
    avi                 8192
    Value               1
  }
}
```

```

}
Item {
    Name                Active_TxPDO(C13784)
    SlaveAdr            1
    Index               10791
    SubIndex            1
    Flags               0x0000000A
    avi                 8192
    Value               1
}
}

```

Platí, že parametry, jejichž název začíná znakem # jsou ignorovány a lze je tedy využít jako komentář. Sekce **Slave** se opakuje tolikrát, kolik je v síti **Slave** stanic, přičemž musí být uvedeny v pořadí, v jakém jsou „na kabelu“ (**EtcDrv** využívá při inicializaci adresování pořadí na kabelu). Obdobně sekce **Item** se opakuje pro každý prvek **CANopen** „object dictionary“, který chceme číst/zapisovat (podpořeny jsou pouze SDO příkazy). V názvech parametrů i sekcí se rozlišují velká a malá písmena.

Význam jednotlivých parametrů je následující:

NetAdapter – Název ethernetového adaptéru v operačním systému. V Linuxu je to obvykle **eth1** pro XENOMAI obvykle **edev0**.

Timeout – Čas v sekundách, jak dlouho se čeká na ethernetový packet s odpovědí.

TimeoutSdo – Čas v sekundách, jak dlouho se čeká na odpověď na SDO příkaz.

DcJitter – Časový rozdíl v sekundách, který se při synchronizaci hodin považuje za náhodnou nepřesnost (na straně **Master**, která je implementována softwareově) a nekoriguje se.

DcShift – Časový rozdíl v sekundách, mezi začátkem periody **Master** stanice a synchronizačním pulsem (eventem) ve **Slave** stanicích (ve všech stejně).

DcFactor – Počet cyklů sběrnice (period **EtcDrv**), po kterých se kontroluje a koriguje odchylka hodin všech stanic a tím i synchronnost celé sítě.

MasterMode – Upravuje některé vlastnosti ovladače. Každý bit představuje/zapíná určitou vlastnost, přičemž:

bit 0	lowJitter	pro snížení časové neurčitosti se posílají stále stejné dotazy, tj. v některých režimech posílají i data, která nejsou momentálně potřeba
bit 1	singlePacket	všechny požadavky jsou soustředěny do jednoho packetu (tento režim je nutný pro měniče TG drives, hodí se i pro krátké periody a málo dat)
bit 2	lockData	synchronizace semaforem (lze pro urychlení vypnout, pokud všechny vstupy a výstupy do tohoto ovladače vedou jen z jemu přidruženému IOTASKu)

Name – Název **Slave** stanice; slouží pro identifikaci uživatelem - **EtcDrv** jej využívá jen pro alternativní formát vlajky (viz výše 2.2).

SlaveAdr – Adresa **Slave** stanice. Je to číslo od 1 do 65535 (0xFFFF). Musí být jednoznačná v celé síti (ve smyslu sítě připojené k ethernetovému portu identifikovaného parametrem **NetAdapter**) a to včetně tzv. alias adres.

Flags – Upravuje některé **Slave** stanice. Každý bit představuje/zapíná určitou vlastnost, přičemž:

bit 0	mandatory	povinný Slave ; pokud se jej nepovede inicializovat, Master nepřejde do režimu OPERATIONAL ani SAFEOP
bit 1	swap bytes	prohodí se vyšší a nižší byte u dvoubajtových čísel (v datech)
bit 2	swap words	prohodí se vyšší a nižší word u čtyřbajtových čísel (v datech)
bit 3	use events	pro některé oblasti paměti Slave lze získat informaci o změně ze speciálního (event) pole v packetu; pokud je tento bit vypnut, tak se příslušné oblasti čtou trvale, při zapnutí jen při změně. Event režim nelze kombinovat s režimem single packet a low jitter
bit 4	large CoE	protože sběrnice CAN má datovou část zprávy omezenou na 8byte, CANopen nevyužívá delší packety/zprávy; pro EtherCAT toto omezení neplatí a tímto bitem se zapíná použití delších zpráv
bit 5	smart mailbox	mechanismus pro zajištění konzistence dat mailboxu vyžaduje zapsat/přečíst jeho první a poslední byte; pokud je tedy mailbox dlouhý a zpráva krátká, lze prostředek nezapisovat a nepřenášet tolik dat, což se zapíná tímto příznakem
bit 6	distributed clock	zapíná synchronizaci hodin pro tento Slave (podle specifikace je možné zapnout až dva eventy od hodin, naše implementace podporuje jen první)
bit 12	write mailbox event	aktivuje použití eventu/signálu při zápisu do mailboxu
bit 13	read mailbox event	aktivuje použití eventu/signálu při přečtení mailboxu
bit 14	write data event	aktivuje použití eventu/signálu při zápisu do „proces image“
bit 15	read data event	aktivuje použití eventu/signálu při přečtení „proces image“
bit 16	write mailbox watchdog	aktivuje watchdog pro zápisový mailbox (pokud do něj Master dlouho nezapíše, aktivuje se speciální událost)
bit 17	read mailbox watchdog	aktivuje watchdog pro čtecí mailbox (pokud do něj aplikace Slave dlouho nezapíše, aktivuje se speciální událost)
bit 18	write data watchdog	aktivuje watchdog pro „process data“ (pokud do oblasti Master dlouho nezapíše, aktivuje se speciální událost)
bit 19	read data watchdog	aktivuje watchdog pro „process data“ (pokud do oblasti aplikace Slave dlouho nezapíše, aktivuje se speciální událost)

WriteMailboxAddress – Adresa v adresním prostoru **Slave** stanice, kde začíná mailbox pro zápis **Master** stanicí. Může nabývat hodnot 0x1000 až 0xFFFF.

WriteMailboxSize – Délka (v bajtech) mailboxu pro zápis nebo 0 pokud se mailbox nepoužívá.

ReadMailboxAddress – Adresa v adresním prostoru **Slave** stanice, kde začíná mailbox pro čtení **Master** stanicí. Může nabývat hodnot 0x1000 až 0xFFFF.

ReadMailboxSize – Délka (v bajtech) mailboxu pro čtení.

WriteProccessAddress – Adresa v adresním prostoru **Slave** stanice, kde začíná „process image“ pro zápis **Master** stanicí. Může nabývat hodnot 0x1000 až 0xFFFF.

WriteProcessSize – Délka (v bajtech) „process image“ pro zápis nebo 0 pokud se „process image“ nepoužívá.

ReadProcessAddress – Adresa v adresním prostoru **Slave** stanice, kde začíná „process image“ pro čtení **Master** stanicí. Může nabývat hodnot 0x1000 až 0xFFFF.

ReadProcessSize – Délka (v bajtech) „process image“ pro čtení.

SlaveAdr – adresa slave stanice (její parametr **Address**) do které objekt patří.

Index – index objektu v **CANopen**.

Subindex – subindex objektu v **CANopen**.

Flags – Upravuje některé vlastnosti položky. Každý bit představuje/zapíná určitou vlastnost, přičemž:

bit 0	readable	stanice Master (ovladač EtherCAT) může číst objekt ze stanice Slave
bit 1	writeable	stanice Master (ovladač EtherCAT) může zapisovat hodnotu objektu ve stanici Slave
bit 2	no subindex	objekt nemá subindexy; hodnota představuje hodnotu celého objektu
bit 3	write in init	ovladač EtherCAT hodnotu zapíše v inicializační fázi; pokud se hodnotu nepodaří zapsat, síť nepřejde do stavu SAFEOP ani OPERATIONAL

avi – Typ hodnoty. Možnosti jsou:

0x1000	logická hodnota (on/off)
0x2000	BYTE/UNSIGNED8 - 8bitové číslo bez znaménka
0x3000	SHORT/SIGNED16 - 16bitové číslo se znaménkem
0x4000	LONG/SIGNED32 - 32bitové číslo se znaménkem
0x5000	WORD/UNSIGNED16 - 16bitové číslo bez znaménka
0x6000	DWORD/UNSIGNED32 - 32bitové číslo bez znaménka
0x7000	FLOAT/REAL32 - 4bajtové desetinné číslo (dle IEEE754)
0x8000	DOUBLE/REAL64 - 8bajtové desetinné číslo (dle IEEE754)
0xA000	LARGE/SIGNED64 - 64bitové číslo se znaménkem
0xC000	STRING - text
0xD000	INTPTR/DOMAIN - obecné pole bajtů (zadáva se do uvozovek jako číslo v hexadecimálním formátu)

Value – Vlastní (počáteční) hodnota subindexu. Formát musí odpovídat parametru **avi**.

Kapitola 6

Poznámky k implementaci

V této kapitole jsou soustředěny poznatky, které vznikly z dosavadních zkušeností. Některé položky v konfiguraci jsou často nesprávně pochopeny, ale podrobný popis výše by zhoršoval čitelnost textu. Proto jsou tyto postřehy uvedeny ve zvláštní kapitole.

- Každý event/událost má za následek, že se nastaví bit v nějakém registru **Slave** stanice, popřípadě se zvýší nějaký čítač (opět registr v adresním prostoru **Slave** stanice). Některé události jsou také kopírovány do jednotlivých bitů ve speciální oblasti **EtherCAT** packetu. Události určené pro aplikaci ve **Slave** stanici mohou generovat interrupt.
- Parametry pro konfiguraci **Slave** stanice je potřeba vyčíst z XML souboru dodaného se zařízením (resp. staženého z internetových stránek výrobce). Dokud nebude dokončena integrace do GUI, je potřeba v tomto souboru najít položky `<SM>` (POZOR jeden XML může být pro více zařízení - je potřeba najít správnou sekci `<device>`). Vypadá to nějak takto:

```
<Sm MinSize="64" MaxSize="512" DefaultSize="136" StartAddress="#x1c00"
    ControlByte="#x26" Enable="1">MBoxOut</Sm>
<Sm MinSize="64" MaxSize="512" DefaultSize="136" StartAddress="#x1e00"
    ControlByte="#x22" Enable="1">MBoxIn</Sm>
<Sm StartAddress="#x1000" ControlByte="#x24" Enable="1">Outputs</Sm>
<Sm DefaultSize="0" StartAddress="#x1600"
    ControlByte="#x00" Enable="1">Inputs</Sm>
```

V parametru **ControlByte** jednotlivé bity znamenají:

bit0-1	typ dat	0=proces image, 2=mailbox
bit2-3	směr přenosu	0=Master čte, 1=Master zapisuje
bit5	povolení eventu	1=event pro aplikaci Slave povolen
bit6	povolení watchdogu	1=watchdog povolen

význam ostatních parametrů je zřejmý. V uvedeném příkladu je velikost „process image“ 0 (resp. neuvedena). To je obvyklé pro modulární a/nebo konfigurovatelná

zařízení. V takovém případě je potřeba určit velikost dat jiným způsobem - buď je to zřejmé z konfigurace (speciálního konfiguračního nástroje od výrobce) nebo je to uvedeno na jiném místě XML souboru (soubor je textový a samopopisný - v podstatě anglický strukturovaný text). Někdy to je možné uhádnout (např. modul s 8 logickými vstupy bude velmi pravděpodobně zabírat 1byte dat), někdy stanice funguje i s jiným nastavením.

- podrobnější popis protokolu **CANopen** lze najít v popisu ovladače **CanDrv** nebo přímo v jeho specifikaci.
- Ačkoliv ovladač **EtcDrv** nenastavuje parametry watchdogu, většinou není problém, pokud se někde zapne sledování watchdogem, protože výchozí doba je 100ms. Naopak někdy je problém, pokud je v XML souboru watchdog zapnut a v konfiguraci se nezapne.

Kapitola 7

Co dělat při problémech

Nejčastější chyby jsou:

Konfigurace neodpovídá definičnímu XML souboru jednotlivých **Slave** stanic.

Implementace **Slave** má nějakou odchylku od specifikace. Například měniče TG Drives (nepochopitelně) vyžadují všechna data v jednom packetu. V opačném případě aplikace vyhodotí nekonzistenci periody a přejde do PREOP režimu. Některé implementace mohou vyžadovat synchronizaci času (což v současnosti není podporováno).

Některé **Slave** stanice vyžadují dodatečnou konfiguraci. Například měniče LENZE vyžadují nastavit pomocí CoE, které PDO se mapuje do „process image“, tj. do objektů 11091(0x2B53) a 10791(0x2A27) zapsat hodnotu 1.

V případě, že daný ovladač **EtcDrv** funguje v jednoduchých testovacích příkladech správně a při potřebné konfiguraci nefunguje, prosíme o zaslání informace o problému (nejlépe elektronickou cestou) na adresu dodavatele. Pro co nejrychlejší vyřešení problému by informace by měla obsahovat:

- Identifikační údaje Vaší instalace – verzi, číslo sestavení (build), datum vytvoření instalace, licenční číslo.
- Stručný a výstižný popis problému.
- Co možná nejvíc zjednodušenou konfiguraci řídicího systému REXYGEN, ve které se problém ještě vyskytuje (ve formátu souboru s příponou **.mdl**).
- Konfigurační soubor ovladače **EtcDrv**.

Literatura

- [1] REX Controls s.r.o.. *Funkční bloky systému REXYGEN – Referenční příručka*, 2018.