**PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM   
MŰSZAKI ÉS INFORMATIKAI KAR  
VILLAMOSMÉRNÖKI SZAK**

**Devossa Bence**

**Komplex folyamatirányítási rendszer   
template alapú generálása**

**Pécs, 2016**

# Előszó

Szakdolgozatom témája egy olyan szoftver megalkotása volt, mellyel komplex folyamatirányítási rendszereket generálhatunk sablonok (angolul: template) alapján. A jelenlegi technika rohamos fejlődése és piaci versenyképesség fenntartása miatt szükséges, hogy ne ragadjunk le a gépies, mechanikus fejlesztési folyamatoknál, mint például egyes paraméterek vagy egyszerű logikai vizsgálatok kézi kikeresése és megváltoztatása. A helyzet kritikusabbnak tekinthető mikor a fent említett műveleteket a fejlesztőnek nem csak több fájlon át kell vezetnie, hanem esetleg rövid intervallumon belül érkezik rendkívül hasonló felépítéssel rendelkező rendszer iránt igény, ekkor ciklus újraismétlődik.

Idő és tesztelhető eszközök hiányában 3 platformra készítettem el a generálást minimális eszközszámmal, amivel ha még nem is generálok azonnal éles helyzetben alkalmazható programot, az elvet tökéletesen prezentálni tudom, és minimális módosításokkal, illetve az elérhető eszközök számának bővítésével rövid időn belül vállalati szinten is alkalmazható lenne a szoftver.

A téma több szempontból is szimpatikus volt számomra. Elsősorban azért, mert több helyen is alkalmazom az alappillérként alkalmazott XML nyelvet és ezáltal bővíthettem az ismereteimet benne, amely nem csak további tanulmányaim során lesz hasznos, hanem gyakornoki feladataim során is igen gyakran előkerül. A második fő szempont az ismereteim bővítése és a lehetőségeim számának növelése volt, ugyanis beágyazott mikroszámítógépes rendszerek szakirányon a programozható logikai vezérlők programozását nem oktatják olyan részletesen, viszont így ebbe a témába is sikerült kicsit jobban belelátnom és amennyiben olyan munkakörben alkalmaznának, amelyben hasonló technológiával kellene dolgoznom, könnyebben meg tudnám állni a helyem.

*\*\*\**

Köszönet konzulensemnek a téma javaslatáért és tanácsaiért, melyekkel nem kis mértékben gyarapítottam tudásomat, illetve családomnak és barátaimnak, akik vég nélkül bíztattak minden egyes pillanatban tanulmányaim során.

Pécs, 2016. május 16.

*Devossa Bence*

Tartalomjegyzék

[Előszó 2](#_Toc452361909)

[1 Bevezetés 5](#_Toc452361910)

[1.1 Az alapgondolat 5](#_Toc452361911)

[1.2 A sablonosítás 5](#_Toc452361912)

[2 A technológia alapjai 8](#_Toc452361913)

[2.1 Az XML 8](#_Toc452361914)

[2.2 Az XSD 10](#_Toc452361915)

[2.3 A PLCOpen 11](#_Toc452361916)

[2.4 Az Ant 12](#_Toc452361917)

[2.5 A Freemarker 14](#_Toc452361918)

[3 Az XML felépítése 16](#_Toc452361919)

[3.1 A konfigurációs fájl 16](#_Toc452361920)

[3.2 Modulok 17](#_Toc452361921)

[3.3 „Huzalozási” fájl 19](#_Toc452361922)

[4 Ant buildek felépítése 20](#_Toc452361923)

[4.1 Fő build fájl 20](#_Toc452361924)

[4.2 PLCOpen build fájl 21](#_Toc452361925)

[4.3 SAIA build fájl 21](#_Toc452361926)

[4.4 FESTO build fájl 22](#_Toc452361927)

[5 Séma fájlok 23](#_Toc452361928)

[5.1 Általános felépítésük 23](#_Toc452361929)

[5.2 A konfigurációs fájl sémadefiníciója 24](#_Toc452361930)

[5.2.1 Projekt információk 24](#_Toc452361931)

[5.2.2 Az applikáció 26](#_Toc452361932)

# Bevezetés

## Az alapgondolat

A technológiával, mint definícióval kezdeném. Napjaink egyik legáltalánosabb, legtöbbször hivatkozott internetes enciklopédiája szerint:

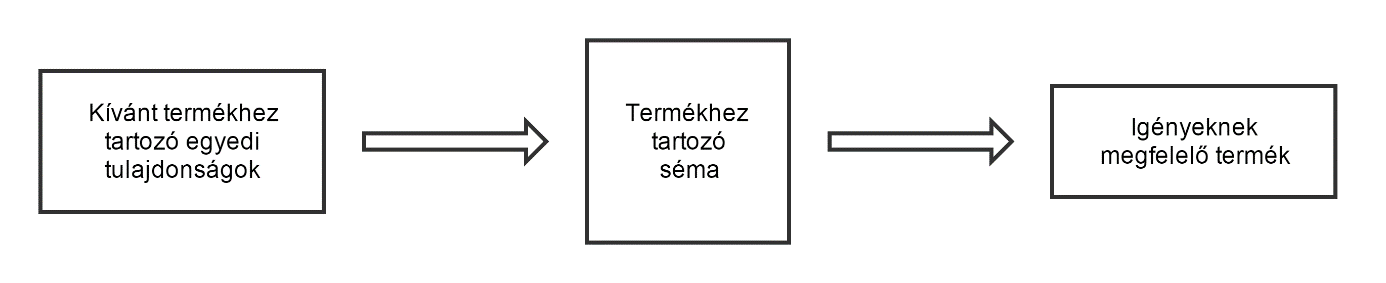
„A technológia az ember által készített olyan célszerű, az egyéni (emberi) képességeit megnövelő eszközökről (például gépek, anyagok és eljárások) valamint azok alkalmazásáról szóló ismeretek gyűjtőneve, amelyek segítségével az emberiség egyre többet tud megismerni, megváltoztatni, megőrizni stb. az őt körülvevő világból.”

A szó, amit leginkább kiemelnék az fenti idézetből: célszerűség. Célszerű-e megkönnyíteni az embernek, a saját dolgát? Célszerű-e ezt megtenni, mikor a technológia rendelkezésére áll és minimális erőfeszítések révén munkáját nem csak percekkel, de hosszú távon akár órákkal is megrövidítheti? Egy olyan világban, ahol az ember pénzből él, az idő pénz és szeret az ember minél kevesebb idő alatt minél több pénzt keresni a válasz véleményem szerint triviális.

Mind a programozás, a számítástechnika és a mérnöki munkakör rendelkezik olyan ismétlődő, manuálisan megoldandó feladatokkal, mely során feltehetjük a fent említett kérdést. Az alábbi munkakörök viszont eltérnek az átlagtól, mivel mindháromra tanult, szakképzett embereket alkalmaznak, akiknek birtokában áll a tudás és a technológia ismerete ahhoz, hogy meg is valósítsák ezeket a könnyítéseket, kiskapukat. Egy ilyen probléma elemzéséről és egy lehetséges megoldásáról szól ez a szakdolgozat.

## A sablonosítás

Bármilyen tömeggyártott termékre igaz, hogy sablonosan készülnek. A termék eltérő variációinak különbségei bár változó mértékűek, alapjában véve a sémájuk elég hasonló. A különbségek hatására a munkafolyamatok is változhatnak, de ettől eltekintve ezekre is alkalmazható az alábbi diagram:



1. ábra - A sablonosítás

Legyen szó bármilyen tevékenységről, csapatmunkáról, eszközről, a sikeresség, vagy eszköz esetében a használhatóság nagyrészt a résztvevők, részegységek, részfolyamatok sikerén múlik. Amennyiben a folyamat egy résztvevős vagy egy tényleg igazán egyszerű, primitív feladat elvégzéséről van szó, az iménti állítás csak részben helyes, viszont jelen helyzetben nem is ezen van a hangsúly. Ha minden egység tökéletesen végzi a dolgát, úgy egy jól működő rendszerről beszélhetünk.

Az előforduló feladatok megoldására szánt eszközök felépítése nagymértékben hasonló. Általában egy (legalább egy) vezetőre és több alárendelt egységre oszlanak fel a feladatok. Nyilván itt nem érintek rendkívül bonyolult rendszereket, viszont ezek előfordulása nem mindennapos, továbbá tapasztalataim alapján a fejlesztők rossz rálátása illetve a feladatok nem megfelelő megközelítése sokkal bonyolultabbá teszi feladatot, mint az valójában. A vezetők feladata leírva viszonylag egyszerű: a részegységek számára a megfelelő instrukciók megadása illetve az általuk végezett feladatok folyamatos megfigyelése. A részegységek munkája értelemszerűen a rájuk bízott feladatok megvalósítása, a megfelelő feltételek között.

Ha erre a szimpla példára úgy gondolunk, mint például egy próbanyákra és egy érdeklődő fiatalra, van egy realizálható példánk a folyamat személtetésére. Az érdeklődő személyében a folyamat lelkét, a vezérlő egységet látjuk, a nyákra felhelyezett elemekben pedig a részegységeket, melyek pontosan azt a feladatot látják el, amire tervezték őket. Komplexebb, szoftveres megközelítésből nézve a dolgot, ugyanez az élethelyzet realizálható például egy egyszerű while ciklussal, ami a megfelelő feltételek mellett folyamatosan fut. Definiálhatunk akármennyi függvényt az egyes feladatok elvégzésére, nekünk csak a megfelelő paramétereket kell biztosítani számukra és azok maguktól végzik a dolgukat. A helyzet akkor sem bonyolultabb amennyiben a feladatok egymástól függenek, átadják a paramétereiket, esetleg a végterméküket, vagy egyazon változót vizsgálják. Kizárólag a vezérlő egységnek (jelen esetünkben az általunk megírt például main függvénynek) kell gondoskodnia arról, hogy az egyes feladatok mindenképp megkapják a szükséges információkat.

A PLC-k, illetve az általuk vezérelt modulok esetére is vázolható az alábbi sablon. Habár egy probléma megoldására rendkívül sok féle módszer elképzelhető, különösen, ha szoftverről beszélünk, bizonyos konvenciók lefektetésével nemcsak leszűkítjük a lehetőségek számát, de a programozók dolgát is egyszerűbbé tehetjük azzal, hogy amennyiben egy már meglévő, de számukra újnak számító projektbe kell becsatlakozniuk, nem kell eltérő megoldásokat átvenniük, így a helyi szabvány szerint megírt kódok megismerése lényegesen kevesebb időbe fog telni nekik. Az általam fejlesztett megoldás annyiban könnyíti meg a dolgot, hogy nem csak a projekten belüli, de a projektek közötti modulok átfedésére is megoldást nyújt. Amennyiben külön tároljuk a vezérléshez szükséges feltételeket és paramétereket illetve a vezérelt modulokat, máris van egy tökéletes sablonunk.

Amennyiben újszerű feladattal vagy eszközzel szembesülünk, nyilván először megoldást kell találni rá, hogy aztán sablont készíthessünk belőle, viszont ez az élet minden újra előforduló problémájára igaz, ezért úgy gondolom, hogy ez sem feltétlen számít a programom Achilles-sarkának.

# A technológia alapjai

## Az XML

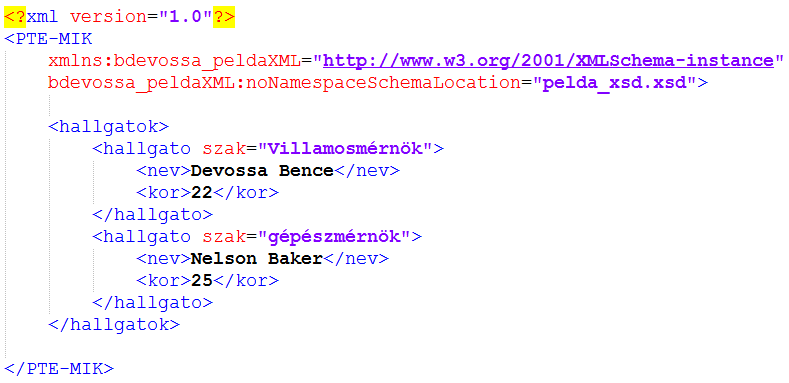
Az Extensible Markup Language (röviden: XML, magyarul: Bővíthető Leírónyelv/Jelölőnyelv) egy általános, könnyen olvasható leírást biztosít alkalmazás specifikus információk számára. A W3C (World Wide Web Consortium) által megalkotott technológia az SGML (Standard Generalized Markup Language, magyarul: Szabványos Általánosított Jelölőnyelv) egy egyszerűsített megoldása, mely segítségével különböző adattípusokat írhatunk le. Egyéb SGML alkalmazás példák még például a HTML és a DTD.

Az XML egyik elsődleges célja a könnyen olvashatóság mellett a jól strukturált információ továbbítása, mely a programok számára is egyszerűen kezelhető. Egyik legnagyobb alkalmazási területe például az interneten keresztül történő adattovábbítás. Számtalan adatstruktúra reprezentálására tökéletes, emellett előre definiált illetve magunk által megalkotott sémák segítségével validációra is képes, ezáltal biztosak lehetünk, hogy a megadott adatok helyesek, illetve a rendszer által feldolgozhatóak. Mivel egy lightweight, egyszerű szöveges formátumról beszélünk, így nagy mennyiségű adat tárolását is meg tudjuk oldani kis területen. Igaz, amennyiben terjedelmes fájlról van szó, nem a legegyszerűbb átlátni, azonban mivel, mint azt később részletezem, a modulok leírása és paraméterei pár sort igényelnek csupán, így ezzel a problémával nem kell szembesülnünk. Habár lényegesen egyszerűbb egy fejlesztőkörnyezetben dolgozni vele, írása megoldható egy egyszerű szövegszerkesztő segítségével. Validálásra is van lehetőség, ám ehhez egy kicsit bonyolultabb szövegszerkesztőhöz kell nyúlnunk, mint például Windows alatt a Notepad++ vagy Linuxon a Kate. Ez is mutatja, hogy mennyire egyszerű és gyors lehet a vele végzett munka.

Struktúrájának alapegységei az elemek, melyek fa szerkezetet alkotva helyezkednek el a dokumentumon belül. A szerkezet mindig a gyökér elemtől kezdődik és szármáztat tovább a gyerek elemeknek. Az elemek kapcsolatát a következő fogalmakkal definiálhatjuk:

* szülő: a vizsgált elem őse
* gyerek: a vizsgált elem leszármazottja
* testvér: a vizsgált elemmel egy szinten tartózkodó (egyenrangú) elem

Az alábbi példán jól személtetett egy egyszerű XML szerkezete:



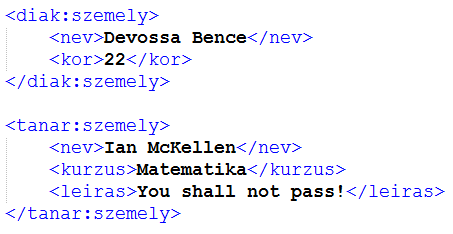
2. ábra - Egyszerű XML példa

Mint azt láthatjuk az egyes elemek nem csak származtatott elemekkel rendelkezhetnek, hanem saját magukat leíró tulajdonságokkal is. Ezeket a tulajdonságokat attribútumoknak nevezzük. Az attribútumok a következőkben térnek el az elemektől:

1. Nem származtathatóak
2. Nem bővíti a dokumentum struktúráját
3. Egy elemen belül nem vehetőek fel többször

Negatív tulajdonságaitól eltekintve a séma tervezőjére van bízva, hogy hogy akarja felépíteni saját struktúráját. Mivel jól elkülöníthető a vizsgált elem leszármazottaitól, leginkább egyedi (unique) azonosítókat, kulcsokat érdemes definiálni vele.

Különböző sémák elemeit is meghívhatjuk dokumentumokban, ehhez azonban definiálni kell bizonyos „prefixumokat”, amit a szakma namespace-nek nevez. Az egyes prefixumokkal meghatározhatóak azonos nevű, de különböző tulajdonságokkal és leszármazottakkal rendelkező elemek, mint például:

A szakdolgozat elkészítése során, ezt csak a séma definiálásához alkalmaztam, így jelen esetben nem kellett olyan bonyolult szerkezetet terveznem, ami igényelte volna különböző namespacek definiálását.

3. ábra – XML namespace példa

## Az XSD

Jelentése: XML Séma Definíció (XML Schema Definition). Ez volt az első olyan XML specifikus sémanyelv, amely „Ajánlott” kategóriát ért a W3C által. Felépítésében és sajátosságaiban megegyezik az XML-el, az alkalmazásuk az, amiben eltér. Amennyiben meg akarunk győződni róla, hogy az adott XMLünk megfelelő, érvényes adatokkal van feltöltve az alkalmazásunkhoz, mindenképp szükséges egy hozzá tartozó séma leírás, hogy azt érvényesíteni („validálni”) tudjuk.

A példát az előző fejezetben demonstrált struktúrához készítettem el.

4. ábra - Egyszerű XML séma definíció

## A PLCOpen

Habár a modulok séma szerinti alkalmazása nincs ilyen szinten megoldva, illetve publikálva, az XML technológiai adottságait már alkalmazza több PLC is export és import célokra. Alkalmazásom felépítésének prototípusa a PLCOpen nevű szervezet felfedezése mellett fogalmazódott meg bennem. Egy olyan független szervezetről van szó, melynek célja, hogy a folyamatirányítási rendszerek programozásához kapcsolódó problémákra nemzetközi és platformfüggetlen megoldásokat találjon, iránymutató és vezető egyesületté válva a témában. A biztonságban, újrafelhasználhatóságban és irányítástechnikai könyvtárak fejlesztésében elért eredményeivel szilárdan megalapozta a helyét, mind növelve a szoftverek hardverfüggetlenségét, és azok újrahasználhatóság szintjét, emellett támogatva külső eszközök használatát. Számos támogatójával (mint például a Mitsubishi Electric Corporation, a Schenider Electric és a Panasonic) jelenleg is folytatják a fejlesztéseket.

Egyik fő tevénkenységre az IEC 61131-3-as szabványon alapszik, ami jelenleg az egyetlen szabvány az ipari vezérlők programozásában. A szabvány tartalmazza az SFC-t, a CFC-t és több interoperábilis nyelvet:

* Létra diagram (LD)
* Funkció Blokk Diagram (FBD)
* Struktúrált szöveg (ST)
* Instrukciós lista (IL)

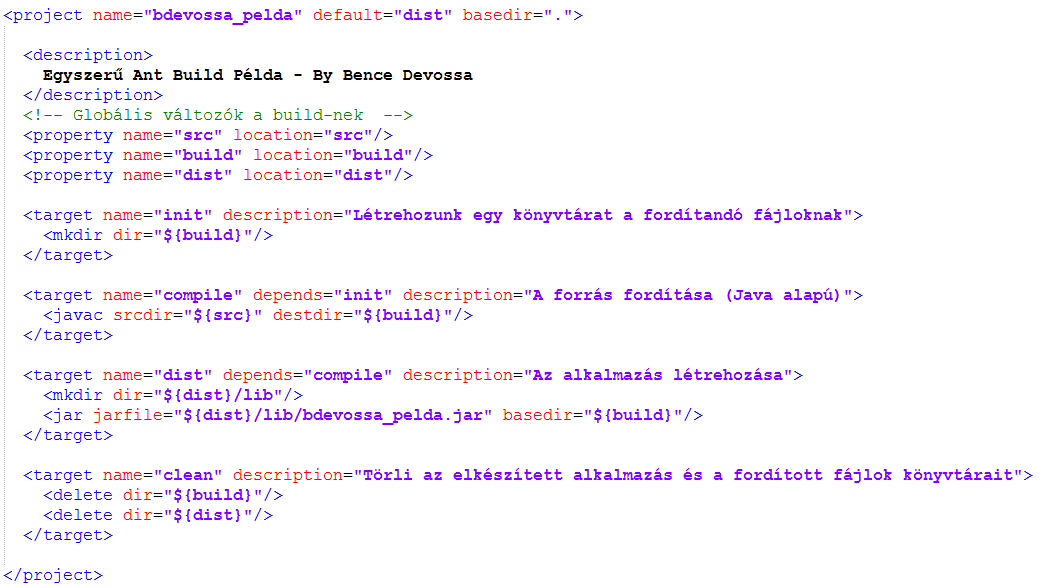
Alap modulokra vagy logikai elemekre bontással és modern eszközök használatával minden jól struktúrált program növelheti újrahasznosíthatóságát, hatékonyságát és csökkentheti hibái számát.

A szabvány publikálása után a fejlesztők még inkább el akarták érni, hogy programjaikat ne csak partnerekkel oszthassák meg, hanem képesek legyenek projektjeiket, könyvtáraikat, programjaikat különböző felhasználói környezetek között is használni, cserélni. A szervezet egy munkacsoportja, a TC6 megalkotta a formátumot, mellyel ez lehetségessé válik. Egy olyan nyílt forrású interfészt definiáltak mely a fejlesztés minden modulja számára tartalmazza a hasznos információkat, így lehetővé téve azok egyszerű továbbítását a csoportok között. A séma olyan vizuális információkat is tartalmaz, mint például hogy hol helyezkednek el az egyes blokkok a képernyőn, szóval a megjelenítésnél sem keletkezik probléma.

Fontos volt, hogy akkor is továbbítható és gond nélkül importálható legyen az információ, mikor az adott objektum (például projekt, könyvtár vagy POU), még nincs teljesen kész, esetleg hibákat is tartalmaz, úgy, hogy a program nem módosul, és nem keletkezik adatveszteség. A megoldás a problémára az XML, mivel platformfüggetlensége és bővíthetősége tökéletes a cél eléréséhez.

## Az Ant

Az Apache által fejlesztett Ant névre hallgató szoftver egy Java Könyvtár és egy parancssor eszköz, aminek célja, hogy vezérelje a program felépítéséhez szükséges folyamatokat, melyek egy az Anthoz készült speciális felépítésű XML-ben találhatóak. Leggyakoribb alkalmazása a Java alapú projektek létrehozása (build-elése). A folyamatokat feladatként értelmezi, melyeket alkalmazás specifikusan deklarálhatunk. Ennek előnye, hogy különböző segéd vagy fő feladatokat deklarálva megadhatjuk, hogy az mely taszkoktól függ, így garantálva azok újrahasznosíthatóságát. Mivel támogatja a segéd fájlok importálását a különböző feladatok futtatásához, így könnyen tudunk létrehozni jól strukturált leírást. Számos beépített taszkkal rendelkezik, amik segítségével fordíthatjuk (compile), több részből összerakhatjuk (assemble), tesztelhetjük és futtathatjuk alkalmazásunkat. A Java mellett még C és C++ projektekkel is képes dolgozni, viszont bármilyen feladatot végre tud hajtani, amit taszkként definiálni tudunk neki. Mivel nem követel meg kódolási konvenciókat és extrém szinten rugalmas, egy szintén platform és nyelv-független eszközről beszélhetünk.



5. ábra - Ant build.xml példa

Az Ant Java alapokon nyugszik és támogatja az új feladatok definiálását, így a fejlesztők könnyűszerrel létrehozhatják saját Ant könyvtáraikat („antlib”), melyekkel különböző célokat és típusokat definiálhatnak, illetve alkalmazhatnak számos nyílt forráskódú könyvtárat is.

Ezen előnyös tulajdonságát használtam ki az alkalmazásomban, mivel ő képviseli azt a vezérlő eszközt, mellyel legyártom az egyes eszközök forráskódját. Egy sablonozásra alkalmas szoftverhez megírt taszk segítségével állítom elő a definiált modulok programkódját, így ezt többször meg kell hívnom, viszont az előállítás sebessége magáért beszél:



6. ábra – Az alkalmazás fordítása során megjelenő kimenet

## A Freemarker

Alkalmazásom nem tudtam volna megalkotni ilyen áttekinthetően a Freemarker nélkül. Egy sablonosításra alkalmas eszközről („template engine”) van szó, amit szintén az Apache fejleszt és Javaban íródott. Ez egy olyan Java csomag, mely szöveges kimenetet (például konfigurációs fájlokat, forráskódokat, e-maileket, HTML oldalakat, stb.) tud generálni egy sablonból és a hozzá tartozó paraméterekből. A sablonokat egy speciális, de egyszerű programozási nyelven kell megírni, ami az FTL (FreeMarker Template Language). Ez nem teljesen programozási nyelv, mint például a PHP, inkább egy leírónyelvhez lehetne hasonlítani.

Programozás során a megjelenítendő adatot mindig elő kell készíteni. Le kell kérdezni az adatbázisból, üzleti számításokon kell keresztül vezetni, mielőtt át tudnánk adni a sablonnak, ami megjeleníti a már előkészített adatot. A sablonon belül a fókusz az adat prezentálására, megjelenítésére irányul.



7. ábra – Sémásítás Freemarkerrel

Habár a Freemarker eredetileg HTML alapú weboldalak generálásához lett kitalálva, nem korlátozódik le erre a témakörre, sőt egyáltalán semmilyen webes témára. Internetet nem használó applikációkhoz is használható. Főbb előnyei:

* sokoldalúsága mellett lightweight program: nem igényel plusz szoftvert, jól konfigurálható, bárhonnan be tudja tölteni a sablonokat és bármilyen szöveges formátumot elő tud állítani
* beépített függvények: változók definiálása, iteráció, karakterlánc modulálás illetve formázás, aritmetikai műveletek, saját makrók, függvények definiálása, más templatek importálása, stb.
* figyeli az alkalmazás helyszínét, nyelvét: ezeknek megfelelő szám és dátum formázási megoldások
* XML feldolgozás
* sokoldalú adatmodellezés: Java objektumok változói fa szerkezetben jelennek meg különböző adapterek segítségével, melyek meghatározzák, hogy pontosan hogy alkalmazza őket a sablon

# Az XML felépítése

## A konfigurációs fájl

Az egyik legfőbb cél a tervezésben az volt, hogy minden információ megtalálható legyen a leíró fájlban, kezdve a gyártó nevétől és elérhetőségeitől, a projekt általános információn át, az egyes kontaktokon keresztül egészen a program moduljaiig és a vizualizációs leírásáig. Bár nem volt feladatom utóbbi megvalósítása, egy, a konzulensemtől kapott példából beillesztettem a megjelenítéshez szükséges információkat a megfelelő helyekre, hogy teljes legyen az XMLem. A gyártó és a fejlesztők elérhetőségeit nem csak azért volt érdemes feltüntetni, hogy az éles, valós időben futó alkalmazás mellett megtekinthetőek legyenek (amennyiben a PLC és a konfiguráció megengedi ezek kihelyezését), ha szükséges, hanem mert a lefordított projektbe is beilleszthetőek, így a fejlesztőkörnyezetben sem látunk fars információkat.

Mivel a tervezés kezdetekor PLCOpen sémára volt optimalizálva, így a megvalósított fájl is hasonló nevű elemeket tartalmaz. Ezt természetesen meg lehetett volna változtatni, de konkrét igény és megszabott környezet nélkül nem éreztem szükségesnek a variálást, könnyűszerrel megoldottam, hogy több platformmal is kompatibilis legyen.

8. ábra  
FESTO Software Tools-hoz elkészített projekt infomációi

Az applikáció legyártásához az egyes elemek definiálására volt feltétlenül szükség. Plusz információkat is definiáltam, mint például a fordított alkalmazás címe a PLCn („interfaceBaseAddress”), viszont az általam használt fejlesztőkörnyezetekben egyelőre ezt nem tudtam deklarálni. A fejlesztés során legtöbbet használt szoftverem a Codesys volt, mellyel nem csak a PLCOpenben megírt alkalmazások importálását tudtam megoldani, hanem az alkalmazás tesztelését is lehetővé teszi a szoftverhez mellékelt szimulátorok segítségével.

## Modulok

A rendelkezésre állómodulok száma nem nagy még, mivel a cél az elv bemutatása, ehhez pedig nem szükséges nagy eszközszám. Az is közrejátszott, hogy célplatform sem volt megadva, így már csak az idő hiánya miatt sem készítettem el több konfigurációt. A létrehozott elemeket Codesys használatával készítettem el és teszteltem, FESTO és SAIA PLCkre viszont nem implementáltam mindet, csak annyit, amennyi szükséges a működés bemutatásához.

A rendelkezésre álló elemek:

* StateIn: a megkapott bemenetet továbbítja a kimenetre. A legegyszerűbb eszköz, minden platformon gond nélkül megvalósítható. Egyszerűsége miatt könnyen tudtam implementálni az utolsó pillanatokban is SAIAra, hogy bővíthessem a demonstrált platformok listáját. Paraméterei:
  + OUTPUT
  + INPUT
* Motor: két féle módon implementáltam, egy strukturált szöveges és egy létradiagramos formátumban. Utóbbit a PLCOpen segítségével tudtam létrehozni, ezért mivel a másik két platformhoz rendelkezésre álló szoftvereim ezt nem támogatták, nem tudtam rajtuk ezt megvalósítani. A szövegesen létrehozott verzió megoldása lehetséges lett volna, azonban nem volt időm még plusz két leírása forma megismerésére, így ennek megírása sem történt meg. Paraméterei:
  + OUTPUT
  + INPUT
  + STOP
* Fuzzy: a fuzzy logika megvalósítása kutatásaim szerint lehetséges az egyes használt nyelvek kiterjesztésével, így a használt platformok tudják értelmezni a saját függvényeiket, parancsaikat, azonban mivel nem állt rendelkezésemre eszköz, így csak egy hasonló témával foglalkozó fórumról szedegetett információk alapján megvalósított példát tudtam létrehozni, struktúrált szöveges formátumban.
  + Mivel csak demonstrálásra szolgál, nem ruháztam fel paraméterekkel
* Blinker: a SAIAhoz alkalmazott PG5 egyik mintaprogramja. A platformhoz alkalmazott nyelvezet importálásának lehetősége miatt került bele a modulok listájába.
  + Szintén csak demonstrálásra használom, így nincsenek paraméterei
* Ethernet: Codesysben külön elemként értelmezhető egy ethernet modul, ennek megvalósítására szolgál, emellett a FESTOs projekt számára is megadható vele az eszköz IP címe. Paraméterei:
  + address
  + mask
  + gateway (alapértelmezett átjáró)

Minden modul tartalmazza a következő attribútumokat:

* name: a program futtatása során alkalmazott név („alias”), amivel egyszerűen megkülönböztethetjük az egyes elemeket
* priority: az egyes modulokhoz csatolható prioritás, mellyel futási sorrendjük is definiálható Codesysen belül. Alkalmazható lenne a modulok legyártási sorrendjének meghatározására is, amennyiben igény van rá.

A vizualizációhoz szükséges információkat egy, a modulból származtatott „VISUALISATION” nevezetű elemben lehet megadni. Paraméterei:

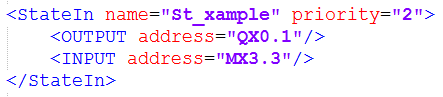
* Attribútumok:
  + plcIndex: a PLC indexe
  + page: leírja, hogy a megjelenítendő objektum hanyadik oldalon helyezkedik el a vizualizációban
* Elemek:
  + IMG: az elemhez csatolt megjelenítendő kép. Attribútumai:
    - id: a kép azonosítója
    - x: X koordináta
    - y: Y koordináta

A modulok taszkokhoz köthetőek. Ezek a taszkok teszik ki a fő programot (/programokat) a PLC számára. A rajtuk elhelyezkedő attribútumokkal megadhatjuk a ezek konfigurációját is:

* intervalUnit: a timerhez használt időintervallum mértékegysége, megadható mikro- illetve milliszekundum
* interval: az időintervallum mértékegységéhez kapcsolt mérték
* type: a taszk futtatási módjának típusa (pl ciklikusan vagy egy globális változó állapotának megváltozására reagálva indul)

## „Huzalozási” fájl

Ha visszagondolunk a bevezetésben említettekre, a folyamatirányításban definiálnunk kell az egyes elemek futtathatóságához szükséges feltételeket, mint például hogy mikor fusson, illetve mikor álljon le. A modulok felépítésébe, ezt be tudtam építeni úgy, hogy az egyes elemek egy-egy merkert figyelnek és a „huzalozással” tudom ezen elemeket kapcsolgatni. Nyilván más járható út is lett volna, viszont így teljes mértékben el tudtam különböztetni a skeletont a futtatási feltételektől. Egy példa erre:



9. ábra  
StateIn modul deklarálása a konfigurációs (skeleton) fájlban



10. ábra – Huzalozási példa egy merker kapcsolására

Az egyes kötéseket „Condition” nevű elemekként deklarálom. Ezek attribútumai:

* if: a bemeneti jel, amit rá kell tennünk a kimenetre
* start: a merker amit kapcsolnunk kell. Feltétlen alkalmazni kell az itt alkalmazott merkert egy modulban, hogy az működjön! Akkor is megtörténik a merker írása, ha az előbbi követelményeknek nem teszünk eleget, de nyilván ez egy felesleges lépést fog eredményezni a kész programunkban.

# Ant buildek felépítése

Egy projekt legyártása nem igényel hosszú build fájlt, azonban hogy a laikus szem számára is viszonylag könnyen átlátható legyen, a teljes fordítási folyamatot szétbontottam.

## Fő build fájl

A fordításhoz szükséges fő állomány. Tartalmazza azon taszkokat és paramétereket, amelyek az összes platform létrehozásához szükségesek. Mivel több platformra is meg van oldva a fordítás, így nem állítottam be alapértelmezett opciót.

* property: a lefutáshoz szükséges paraméterek elérési útvonala. Ezek definiálására a build.xml-en belül is van lehetőség, viszont mindenképpen áttekinthetőbb, ha ezeket külön fájlban, globálisan tároljuk, így az esetleges módosítások is hamar, hosszabb keresés nélkül elvégezhetőek
* importok: az egyes platformokhoz tartozó build.xml-ek, melyek definiálják a hozzájuk tartozó taszkokat
* taskdef: amennyiben olyan, már megírt taszkot akarunk meghívni, amit nem implementál alapértelmezetten az Ant, úgy azokat definiálnunk kell. Legegyszerűbb ezeket is globálisan megtenni, ezért helyezzük el ezt a fő fájlunkban. Esetünkben ez a taszk a Freemarker által megvalósított generálás. A definícióhoz szükségesek:
  + Attribútumok:
    - name: a név, ami alapján később a feladatot meg akarjuk hívni
    - classname: az a Java osztály, amelyik definiálja a meghívandó Ant taszkot
    - classpath: a meghívni kívánt taszkhoz tartozó, futtatható JAR fájl (Java Archive). Ennek „pathelement” nevű leszármazottjában „location” attribútumban található a fájl relatív elérési útvonala.
* init: a fordítás leírását írja ki a kimenetre
* clean: kitörli a lefordított állományokat, hogy helyet biztosítsunk az újaknak

## PLCOpen build fájl

A Codesyshez szükséges PLCOpen XML fájl fordításához szükséges taszkok definiálására szolgál. Amennyiben definiáltunk egy motort is, 3 fájl fog generálódni: egy skeleton, amely tartalmazza az összes modult, a projekt és az eszköz beállításait, egy irányító fájl, mellyel a feltételeket definiáljuk illetve egy motor objektumot tartalmazó állomány. A huzalozásról külön fájl kell keletkezzen, mert a hozzá tartozó paramétereket a moduloktól elkülönítve, egy másik fájlban tároljuk, a motorról pedig azért kell külön, mert a Codesys import nem tudja lekezelni, ha ezt a programmal együtt akarjuk beolvasni

* makeMotor: létrehozza a motort reprezentáló elemet a projekthez.
  + freemarker: a kész fájl legyártásához szükséges taszk. Meg kell neki adni a forrás és cél könyvtárat, hogy mely fájlokat fordítsa, a hozzá szükséges template fájlt és a szükséges kiterjesztést
  + delete: mivel a freemarker mindenképpen legyárt egy üres fájlt, még ha az nem is tartalmaz motor modult, így szükséges az üres állomány törlése, hogy elkerüljük a fejlesztő összezavarását és ne kelljen ezt manuálisan elvégezni
* makePLCOpen: a fordítás fő eleme. Fordítás előtt meghívja a motort létrehozó taszkot. Mivel itt történik meg az egész program legyártása, kétszer is meg kellett hívni a freemarkert, egyszer, hogy létrehozzuk az elemet, egyszer pedig a vezérlést hozzuk létre

## SAIA build fájl

SAIA PLC-re megírt program fordításához szükséges taszkok:

* makeSAIA: a PLCOpen projekt létrehozásához szükséges taszk mintájára készült. Azzal ellentétben itt nem teljes projektet gyártunk, hanem a modulokat készítjük el, amik pár kattintással importálhatóak lesznek a megnyitott projektünkbe

## FESTO build fájl

FESTO fordításhoz készített Ant fájl. Mivel itt sima szöveges formátumban van tárolva az egész projekt, így meg lehetett oldani, hogy egészében gyártsuk le a programot, allokációs listával együtt, azonban ehhez több taszkra volt szükség. A fordítónak itt találkoztam az egyetlen hátrányával, ugyanis a generált fájl neve minden esetben meg fog egyezni a forrásként alkalmazott fájl nevével. Egy egyszerű művelettel kerültem ki az alábbi problémát: „temp” kiterjesztésű fájlokat generálok az egyes taszkokkal, majd annak végén az összes ilyen kiterjesztésű fájlt átnevezem a megfelelőre. Nem szükséges leszűrni az egyes fájlokra, mivel minden taszk egy fájlt generál csak, így nem keletkezik hiba a futás során. Az összes taszk két elemet tartalmaz: egy freemarker fordítást és egy átnevezést.

* makeFesto\_AL: az allokációs lista elkészítése. Kimenet: AllocList.INI
* makeFesto\_AWL: a modulok programját tartalmazó állomány. Kimenet: CZ0P01V1.awl. P01 reprezentálja, hogy 2es prioritású fájlról van szó.
* makeFesto\_PRO: a projekt fájl generálása
* makeFesto: a „huzalozás” elkészítése előtt elkészíti a szükséges fájlokat. Kimenete: CZ0P00V1.awl. P00 jelzi, hogy az ő prioritása a legmagasabb.

# Séma fájlok

## Általános felépítésük

XML séma dokumentum létrehozásakor a gyökér elemen mindenképp jelezni kell, hogy sémadefínicót fog tartalmazni. Ezt a következő sorral tehetjük meg:



11. ábra – Séma definíciós fájl kezdete

Fontos, hogy az URL mindenképp pontosan <http://www.w3.org/2001/XMLSchema> legyen, mert ezzel jelezzük a fordítónak, hogy a fájl mit fog tartalmazni.

A leírás az alábbi főbb elemekből tevődik össze:

* element: az XML-ben megjelenő elem. Definiálhatjuk a típusát, amennyiben az csak primitív változóval van feltöltve, például string vagy integer. Amennyiben komplex típusról van szó (legtöbb esetben igen), úgy definiáltunk kell elemeit vagy hivatkoznunk kell egy már definiált típusra, ezáltal felépítése azzal fog megegyezni. Minimum és maximum előfordulási szám is megadható neki, alapértelmezetten egy darab elemet keres és enged meg.
* sequence: az egyes elemekben definiált leszármazottak. Az itt definiált elemek sorrendben következnek egymás után, abban az XMLben, amelyre alkalmazzuk a sémát.
* choice: a benne definiált elemek közül csak egy lehet jelen az XMLben
* attribute: az elemen elhelyezkedő attribútumok. Mindig az elemekben elhelyezkedő „choice”-ok és szekvenciák után kell definiálni őket. Fix és alapértelmezett értékeket is meg lehet adni nekik, viszont ezeket nem tudtam alkalmazni, mivel a Freemarker csak meglévő, definiált adatok feldolgozására képes, így ahol kellett, kötelezővé tettem megadásukat. Primitív típusú értékeket vehet fel.
* complexType: komplex típus definíciója. Amennyiben hasonló felépítésű elemekből épül fel a sémánk, célszerű külön definiálni komplex típusainkat, és így nem kell minden alkalommal definiálni azt, mikor hasonló felépítésű elem következik. Származtatására is van lehetőség, ezt a sémám bemutatása során fogom demonstrálni.
* complexContent: komplex típus bővítésekor kell megadni. Tartalmaznia kell egy „extension” (bővítés) elemet is, melyben meg kell adni, hogy melyik elem bővítésére szolgál
* simpleType: primitív típusok meghatározása. Lehetőség van megkötéseket alkalmazni rá, hogy ellenőrizhessük, a megfelelő adattal töltik fel. Megkötéseket „restriction” nevű kiterjesztésében vehetünk fel, ahol meg kell adni a változó típusát is. Ezen szabályok definíciói típustól függően változnak, integer típusnak például minimum és maximum értékeket lehet definálni, egyéb megkötések mellett. Stringekre alkalmazhatunk mintát (pattern), ahol regexet (Regular Expression) kell megadnunk. A regex egy olyan szintaktikai szabály, mely meghatározza a stringek egy adott halmazát. Egy egyszerű példa: „[a-zA-Z]+” - az olyan karakterláncokat értelmezi egy egészként, amelyek legalább egy kis vagy nagybetűs karaktert tartalmaznak „a” és „z” között.

## A konfigurációs fájl sémadefiníciója

### Projekt információk

Mint azt már említettem a PLCOpen az elsődleges platform így elemeit az ott alkalmazott séma szerint alkalmaztam, így az egyes elemek beillesztése is egyszerű, emellett minimális angoltudással rendelkezőknek sem okoz gondot ezen adatok kiolvasása.

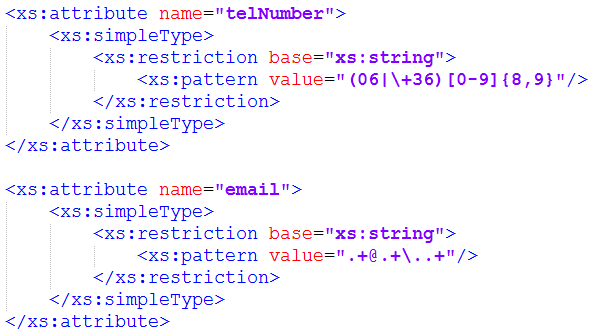
Fő eleme a plcProject, nélküle nem létezhet a dokumentum. Az első tagja a projectInfo melyben a projekthez szükséges általános információkat helyeztem el. Úgy éreztem szükséges, hogy ezek a séma elejére kerüljenek, mert ha esetleg külsős embernek szüksége lenne rá, így nem kell beleásnia magát a fájlba, gyorsan kikeresheti a megfelelő elemeket. A termék és a fejlesztő cég és a projekt neve illetve aktuális verziószáma mellett megtalálható még a projekt létrehozásának időpontja, link a forrásállományokhoz és a cím, ahol a PLC tárolja a programot. Utóbbit ajánlás miatt tettem fel, viszont nem tudtam az alkalmazott környezetekbe implementálni tesztelhető eszköz nélkül, a forrásállományok pedig nyilván csak akkor elérhetőek amennyiben azok nyitottak és meg is vannak adva.

Opcionális lehetőség a legutolsó módosítás dátumának megadása a projectInfon belül. Emellett megadhatóak a fejlesztők és a vevők adatai, köztük nevük, email címük és telefonszámuk. Itt jól látható egy egyszerű komplex típus bővítése, mivel ugyanazokkal az alapadatokkal rendelkeznek:



12. ábra – „person” komplex típus bővítése

Az ábra a dokumentum elemeinek több típusát is jól ábrázolja, mivel mind megkötések, mind referenciák megtalálhatóak benne. A referenciák teljessége érdekében a következő részlet az email és telefonszám primitív típusait ábrázolja.



13. ábra – Primitív típusok deklarálása megkötésekkel

Két string típusú megkötést is megfigyelhetünk az ábrán. Elsőnek vizsgáljuk meg a telefonszámét. Mint látszik, be van határolva a felhasználó, hogy csak érvényes adat tudjon megadni, validálható a leírásunk, viszont mivel éles alkalmazás előtt a specifikációk miatt úgyis módosítani kellene mind a sémát mind a leírást, így jelen megkötést nem tudná a felhasználó a világ bármely pontjára megadni. Ugyanez a kis labilitás jelen van az email cím vizsgálatánál is. Hagyatkozunk annyiban a felhasználóra, hogy érvényes címet ad meg, ugyanis csak formai ellenőrzést tudunk végrehajtani, tesztüzenet kiküldésére nincs lehetőségünk.

### Az applikáció

A termék működéséhez szükséges alkotóelemeket az „application” elemen belül találjuk meg. Fő alkotóeleme a „task”, ezen belül definiálhatóak az egyes modulok. A modulokra ezentúl, mint POU (Program Organization Unit) hivatkozunk. A taszk és a modulok felépítésére egy előző fejezetben már kitértem, itt csak a megkötésekre térnék ki.

Egy plusz watchdog elemet is tartalmazhat a taszk viszont ez opcionális, ha nincs megadva a fejlesztőkörnyezet áldal definiált alapértéket veszi fel a program. Amennyiben felül akarjuk definiálni a következő elemekre van szükségünk:

* enabled: engedélyezett-e a watchdog. Felvehető értékek: true vagy false
* timeUnit: intervalUnittal analóg tulajdonság
* sensitivity: intervallal analóg tulajdonság

A taszk attribútumainak megkötései:

1. az időintervallum csak milliszekundum vagy mikroszekundum lehet, amivel nem csak biztosítjuk a megfelelő határokat a watchdog számára, de a szoftver ennél kisebb vagy nagyobb értékekkel nem is tudna dolgozni. Megoldás regex-el: „ms|us”
2. az átváltások miatt az intervallum csak 1 és 1000 közé eshet. Megoldás minimum és maximum megadásával:
   1. minInclusive value="1"
   2. maxInclusive value="1000"
3. prioritás 1 és 1000 közé essen a feldolgozhatóság érdekében. Lehetne csökkenteni a számot, de nem feltétlen szükséges.
4. taszk típusa az alábbi 2 érték közül vehet fel egyet:
   1. cyclic: ciklikusan fut a program. A ciklus intervalluma a taszkban definiálva jelenik meg
   2. freewheeling: amint a program a végére ér, automatikusan elkezdi futtatni az elejéről. Ciklus intervallum nem értelmezett ebben a módban

Még két taszktípust definiál a Codesys, viszont ezeket nem implementáltam, hogy az egyes platform alternatívák miatt ne zavarjanak be:

* 1. event: egy globális változó állapotának megváltozására indul a program, pl TESTPRG.input1
  2. status: akkor kezd el futni a taszk, ha a paraméterként megkapott változó logikai igaz értéket vesz fel

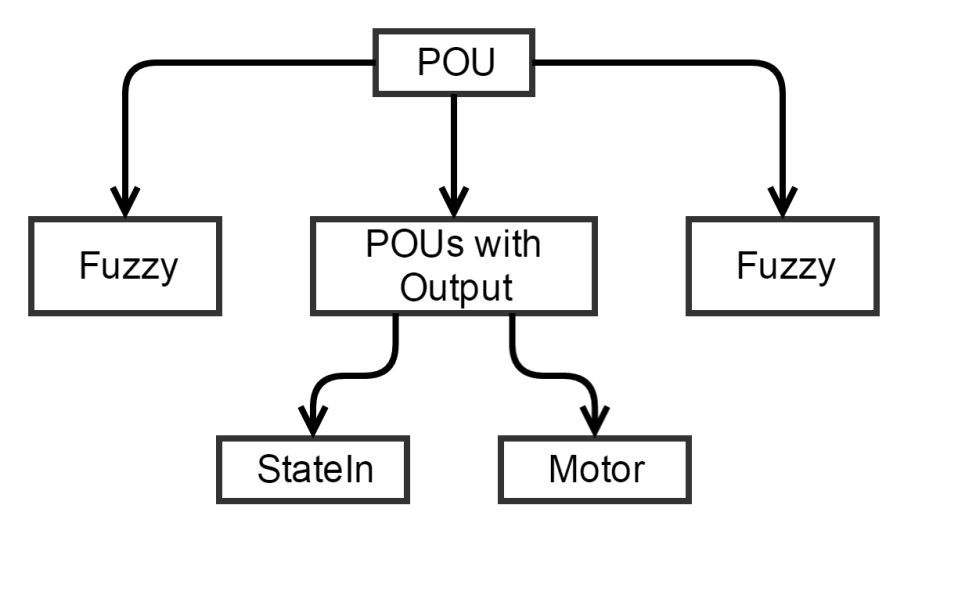
Implementálásuk könnyen megoldható, kizárólag az elv általánosítása miatt nem tettem meg.

Az egyes taszkok a watchdogon kívül kizárólag POUkat tartalmaz, amik a „pous” elemen belül vannak definiálva. Mivel attribútumaik ugyanazok és a vizualizáció is mindegyiken megjelenhet így egy ősből le lehet származtatni az összes alkategóriát.



14. ábra – POU szerekezetének leírása

Mint az látható megadható az egyes elemek esetében, hogy milyen programozási nyelven szeretnénk implementálni őket. Sajnos ezt a lehetőséget csak a PLCOpen támogatja a három platform közül, így csak opcionális beállításként definiáltam, viszont a demonstrálás érdekében mind szöveges formátumban, létradiagramban és funkcióblokkos megoldással is hoztam létre POUkat, amik szemléltetik a lehetőségeket. A demonstrálás céljából létrehozott POUkat (mint például SAIA-ra a Blinkeret) ebbe az alap kategóriába soroltam, mivel nem szükséges paraméter a generálásához. A kategorizálást jól prezentálja az illusztráció:



15. ábra  
Az implementált modulok öröklődésének szerkezete

Annak érdekében, hogy ne legyenek összeakadások a modulok működésében, meg kellett határozni, hogy mindegyik kimenet írására alkalmas modul csak és kizárólag olyan címet alkalmazhat, amit még semelyik másik nem sajátított ki. Bár a legtöbb fejlesztőkörnyezet megoldja ennek figyelését, célszerű már a gyökerében kiirtani a problémát. Ennek megoldásához a kimenetet egyedi kulcsként kellett definiálnom, ezáltal már a validáció közben kiderül, ha nem megfelelő paraméterek lettek megadva. A kimenet címén kívül még a POUkon elhelyezkedő prioritásra is el kellett helyezzek egy kulcsot, az egyes környezetek érzékenysége miatt.