Általános információk, a diplomaterv szerkezete

A diplomaterv szerkezete a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán:

1. Diplomaterv feladatkiírás
2. Címoldal
3. Tartalomjegyzék
4. A diplomatervező nyilatkozata az önálló munkáról és az elektronikus adatok kezeléséről
5. Tartalmi összefoglaló magyarul és angolul
6. Bevezetés: a feladat értelmezése, a tervezés célja, a feladat indokoltsága, a diplomaterv felépítésének rövid összefoglalása
7. A feladatkiírás pontosítása és részletes elemzése
8. Előzmények (irodalomkutatás, hasonló alkotások), az ezekből levonható következtetések
9. A tervezés részletes leírása, a döntési lehetőségek értékelése és a választott megoldások indoklása
10. A megtervezett műszaki alkotás értékelése, kritikai elemzése, továbbfejlesztési lehetőségek
11. Esetleges köszönetnyilvánítások
12. Részletes és pontos irodalomjegyzék
13. Függelék(ek)

Felhasználható a következő oldaltól kezdődő LaTeXdiplomatervsablon dokumentum tartalma.

A diplomaterv szabványos méretű A4-es lapokra kerüljön. Az oldalak tükörmargóval készüljenek (mindenhol 2,5 cm, baloldalon 1 cm-es kötéssel). Az alapértelmezett betűkészlet a 12 pontos Times New Roman, másfeles sorközzel, de ettől kismértékben el lehet térni, ill. más betűtípus használata is megengedett.

Minden oldalon – az első négy szerkezeti elem kivételével – szerepelnie kell az oldalszámnak.

A fejezeteket decimális beosztással kell ellátni. Az ábrákat a megfelelő helyre be kell illeszteni, fejezetenként decimális számmal és kifejező címmel kell ellátni. A fejezeteket decimális aláosztással számozzuk, maximálisan 3 aláosztás mélységben (pl. 2.3.4.1.). Az ábrákat, táblázatokat és képleteket célszerű fejezetenként külön számozni (pl. 2.4. ábra, 4.2. táblázat vagy képletnél (3.2)). A fejezetcímeket igazítsuk balra, a normál szövegnél viszont használjunk sorkiegyenlítést. Az ábrákat, táblázatokat és a hozzájuk tartozó címet igazítsuk középre. A cím a jelölt rész alatt helyezkedjen el.

A képeket lehetőleg rajzoló programmal készítsék el, az egyenleteket egyenlet-szerkesztő segítségével írják le (A LaTeX ehhez kézenfekvő megoldásokat nyújt).

Az irodalomjegyzék szövegközi hivatkozása történhet sorszámozva (ez a preferált megoldás) vagy a Harvard-rendszerben (a szerző és az évszám megadásával). A teljes lista névsor szerinti sorrendben a szöveg végén szerepeljen (sorszámozott irodalmi hivatkozások esetén hivatkozási sorrendben). A szakirodalmi források címeit azonban mindig az eredeti nyelven kell megadni, esetleg zárójelben a fordítással. A listában szereplő valamennyi publikációra hivatkozni kell a szövegben (a LaTeX-sablon a BibTeX segítségével mindezt automatikusan kezeli). Minden publikáció a szerzők után a következő adatok szerepelnek: folyóirat cikkeknél a pontos cím, a folyóirat címe, évfolyam, szám, oldalszám tól-ig. A folyóiratok címét csak akkor rövidítsük, ha azok nagyon közismertek vagy nagyon hosszúak. Internetes hivatkozások megadásakor fontos, hogy az elérési út előtt megadjuk az oldal tulajdonosát és tartalmát (mivel a link egy idő után akár elérhetetlenné is válhat), valamint az elérés időpontját.

Fontos:

- A szakdolgozatkészítő / diplomatervező nyilatkozata (a jelen sablonban szereplő szövegtartalommal) kötelező előírás, Karunkon ennek hiányában a szakdolgozat/diplomaterv nem bírálható és nem védhető!
- Mind a dolgozat, mind a melléklet maximálisan 15 MB méretű lehet!

Jó munkát, sikeres szakdolgozatkészítést, ill. diplomatervezést kívánunk!

FELADATKIÍRÁS

A feladatkiírást a tanszéki adminisztrációban lehet átvenni, és a leadott munkába eredeti, tanszéki pecséttel ellátott és a tanszékvezető által aláírt lapot kell belefűzni (ezen oldal *helyett*, ez az oldal csak útmutatás). Az elektronikusan feltöltött dolgozatban már nem kell beleszerkeszteni ezt a feladatkiírást.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

MagicDraw állapottérképek formális verifikációja

Szakdolgozat

Készítette
Gáti László Dávid

Konzulens
Farkas Rebeka

2018. november 16.

Tartalomjegyzék

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott *Gáti László Dávid*, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy autentikált felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Budapest, 2018. november 16.

Gáti László Dávid
hallgató

1. fejezet

Kapcsolódó munkák

2. fejezet

Háttérismeretek

2.1. Modellek

Modelleket az élet számos területén alkalmazunk, ez lehetővé teszi az előtt vizsgálni a megvalósítandó rendszert, hogy azt ténylegesen létre kellene hozni. A vizsgálatoknak számos módja és célja lehetséges. A látvány tervező bemutat egy látványtervet és a megfelelő stakeholderek ezt értékelik, vagy egy rendszerről komplex matematikai módszerekkel kell eldönteni, hogy stabil-e. A modellek leírása sokféle módon történhet, de célszerű egy olyan standardizált jelölési rendszert alkalmazni, hogy a többi szakember is értelmezni, vizsgálni tudja a modellt.

A jelölési rendszer vagy modellezési formalizmus lehet egy szöveges leírás is, például egy programkód, de sokszor célszerű vizuális megoldást használni, szimbólumokat tartalmazó diagramokat alkalmazni. Ezek sok esetben kifejezőbbek, lényegre törőbbek, és elsősorban könnyebben értelmezhetőek mint a szöveges leírások.

2.2. Statechart formalizmus

Az állapottérkép egy diagram ami irányított gráfot tartalmaz, ahol a csomópontok állapotokat, az élek állapotátmeneteket definiálnak. Az állapotok és átmenetek egy állapot alapú viselkedést írnak le amit állapotgépnek nevezünk. Az állapotátmenetek állapotok közötti lehetséges átjárásokat definiálnak és általában feltételhez kötöttek, ami jellemzően valamilyen esemény bekövetkezése vagy logikai feltétel teljesülése. A feltételek teljesülésekor az állapotváltás bekövetkezik, ezt szokás *tüzelésnek* is hívni. Az állapotgép legfőbb jellemzője, hogy adott időpillanatban melyik állapotok aktívak, állapotváltások aktív állapotból történnek, ilyenkor az állapot inaktívvá válik a cél pedig aktívvá (hurok él is lehetséges).

A viselkedés indulásakor az első aktív állapotot kezdő állapotnak hívják, ez egy különleges ún. pszeudoállapot, ami az állapotgép belépési pontja és általában azonnal átléptetésre kerül egy másik állapotba.

2.2.1. Állapottérképek UML 2-ben

Előzőekben az állapot alapú modellezés kvázi alapjai kerültek bemutatásra. A következőkben az állapottérképek egy konkrét specifikációja kerül bemutatásra az UML 2 szerint.

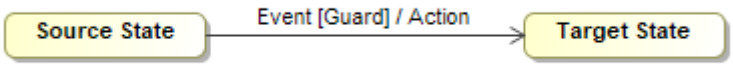
- *Állapot (State)*: az állapottérképek csomópontjai, a rendszer működésének egyfajta jól megkülönböztethető fázisai, amelyek valamilyen esemény bekövetkezésére várnak. Az állapotok rendelkeznek:
  - név: az állapot neve

  - be/kilépési akció: be és kilépés során végrehajtandó cselekvés.

- *Kezdő állapot (Initial State)*: pszeudoállapot, régiónként egy szerepelhet belőle és a régió belépési pontjaként szolgál.
- *Végállapot (Final State)*[1] (final state): A végső állapot, a régió terminálasi pontja, ha egy állapotgép összes régiója egy végső állapotba ért akkor az állapotgép is terminál.
- *Terminál állapot (Terminal State)*: pszeudoállapot, ami az egész állapotgépet azonnal terminálja, ezt hibák lekezelésére lehet például alkalmazni.
- *Állapot átmenet (Transition)*: az állapottérképek élei, a lehetséges állapotváltozásokat definiálják. Az állapotátmenetek rendelkeznek:
  - Triggerekkel
  - Őrfeltételekkel
- *Trigger*: Állapot váltást kiváltó esemény amely lehet:
  - Változás esemény (Change Event): valamilyen értéknek a megváltozása.
  - Üzenet esemény (Message Event): valamilyen üzenet típusú objektumnak az érkezése, amit ebben a kontextusban kérésnek felel meg. Az ilyen típusú kommunikáció kétféle eseménytől függ, az üzenet elküldésétől és annak küldőjétől és az üzenet fogadásától és fogadójától. A kérés lehet egy metódus hívás, egy jelnek (*Signal*) a fogadása.
  - Időzítés esemény (Time Event): idő változásához kötött esemény.

Fontos megjegyezni, hogy a dolgozat nem tér ki részletesen az események kiváltásának kérdésére, valamint az események küldésénél és fogadásánál szerepet játszó portokra, és interfészekre, ezen elemek a dolgozat szempontjából irrelevánsnak tekinthetők.

- *Őrfeltétel (Guard)*: tágabb értelemben egy logikai kifejezés, melynek teljesülnie kell, hogy az adott állapotátmenet bekövetkezhessen. UML-ben ezek megszorírásként *(Constraint)* vannak értelmezve, ebben az értelemben a megszorításnak való megfelelés az állapotváltás feltétele.
- *Akció*: Különböző események bekövetkezésekor, mint állapotváltások, belépés állapotokba, kilépés állapotokból, vagy maga az állapotban maradás, lehetőségünk van viselkedéseket végrehajtani. UML szerint ezek lehetnek: Activityk, Állapotgépek, Interakció[2] OpaqueBehavior[3]



2.1. ábra. Állapotok és köztük definiált állapotátmenet, triggerrel, őrfeltétellel és actionnel

[1] UML 2-ben a végső állapotot nem pszeudoállapotként hanem állapotként van definiálva https://www.omg.org/spec/UML/2.0

[2] Interakció modell elemek között, leírásához a jellegétől függően többféle diagram használható(Szekvencia, Kommunikációs, Időzítés).

[3] szöveges, UML-től eltérő nyelvvel specifikált viselkedés.

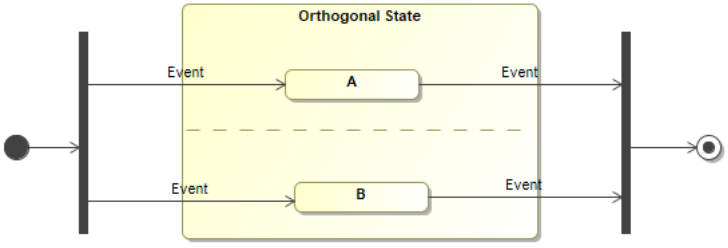
Gyakran előfordul, hogy általánosabb állapotot célszerű felbontani részállapotokra. Az egyszerű állapottérképek elemeivel, ez a fajta hierarchikus viszony az állapotok között nehezen ábrázolható, ezért célszerű további elemek használata.

- *Régió*: állapotokat tartalmazó egység, az állapottérkép mindig tartalmaz egy régiót amibe az állapotok definiálhatók. Régiók létezhetnek egymással párhuzamosan ilyenkor a végrehajtásuk párhuzamosan történik.
- *Összetett állapot(Composite State)*: ha az állapotnak vannak további belső állapotai is, ha az állapot aktív akkor legalább egy belső is aktív, ha az állapotgép egy állapotváltás hatására kilép a kompozit állapotból akkor a belső állapotokból is kilép.
- *History State*: olyan pszeudo állapot, amely egy régióban megjegyzi az utolsó aktív állapotot, kilépéskor, ha a régióba visszalépünk a history state visszaállítja a megjegyzett állapotot. Amennyiben nincs előző állapot az ő belőle húzott állapotátmenet cél állapota lesz aktív. Két féle History Statet különböztetünk meg Shallow és Deep Historyt. Előbbi csak adott régión belül jegyzi meg az állapotot míg utóbbi a tartalmazott régiók állapotait is megjegyzi és visszaállítja.

Rendszerünket egy időpillanatban több egymástól független állapot is jellemezheti. Ezt a viselkedést párhozamos régiók alkalmazásával lehet leírni.

- *Ortogonális állapot (Orthogonal State)*: olyan összetett állapot ami két vagy több régiót tartalmaz.
- *Fork*: pszeudoállapot, ami egy beérkező átmenetet szétbont több átmenetre, amiknek a cél állapotuk ortogonális régiókban találhatók. A kimenő átmeneteken nem lehet se trigger, sem pedig őrfeltétel.
- *Join*: pszeudoállapot, ami több beérkező átmenetet kapcsol össze eggyé. Az átmenetek ortogonális régiókból kell, hogy induljanak és nem lehet rajtuk trigger vagy őrfeltétel. A join szinkronizációs funkcionalitással bír: addig nem lehet tovább lépni belőle amíg minden beérkező átmenet végre nem hajtódott.

  Fork/Join alkalmazásával ki tudjuk kényszeríteni, hogy részrendszereink elérjenek egy adott állapotot, mielőtt a végrehajtás folytatódhatna. Szintaktikájuk a 2.2 ábrán látható.



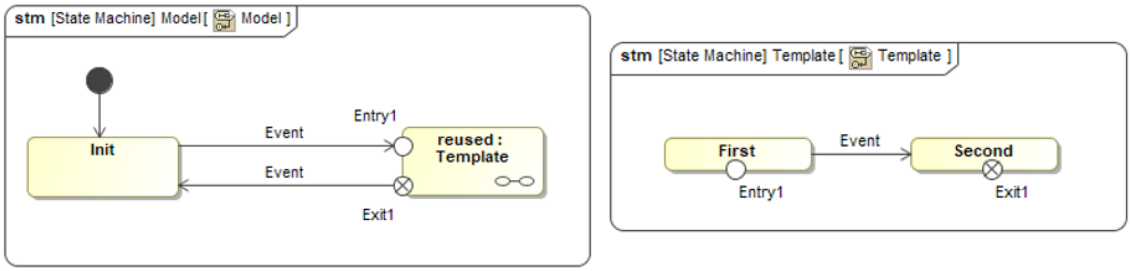
2.2. ábra. Példa: fork-join

Rendszereink leírásakor előfordulhatnak ismétlődő részek, amiket célszerű egyszer leírni és újra felhasználni.

- *Submachine state*: Egy olyan állapot, ami egy állapottérképre hivatkozik, ez lehetővé teszi, hogy egy állapottérkép többszöri felhasználását, akár más-más kontextusban

- *Belépési pont(Entry Point)*: egy pszeudoállapot, ami egy állapotgép vagy egy kompozit állapot belépési pontját reprezentálja, célja egységbe zárni az állapotot vagy az állapotgépet. Továbbá léteznie kell egy állapotátmenetnek közte és egy az állapot vagy állapottérkép fő régiója között.
- *Kilépési pont(Exit point)*: mint a belépési pont, de ez kilépési pontot reprezentál
- *Kapcsolódási pont referencia(Connection Point Reference)*: *Submachine Stateben* definiált be és kilépési pontokra tudunk vele hivatkozni, ez lehetővé teszi, hogy a *Submachine Stateben* leírt belső állapotokhoz is felvehessünk állapotátmeneteket.

Egy állapottérképen a belépési és kilépési ponttal élek lehetséges kezdő illetve végpontjait tudjuk definiálni. Újrafelhasználásnál a behivatkozott állapottérképen ezekre referálhatunk Kapcsolódási Pont Referenciákkal. Az ezekbe húzott állapotátmenetek úgy tekintendők mintha kezdő vagy végpontjuk az az állapot lenne amihez a belépési vagy kilépési rendelve van. A *Submachine State* szintaktikáját és használatát a 2.3 ábra szemlélteti.



2.3. ábra. Állapottérkép újrafelhasználása Submachine State segítségével

Logikailag állapotátmenetek is összetartozhatnak, ezért célszerű bizonyos esetekben egyesíteni, vagy szétbontani őket több alternatív átmenetre.

- *Csomópont (Junction)*: pszeudoállapot, több állapotátmenet összekapcsolása és egyként kezelése, például ha a cél állapotuk ugyan az és logikailag összetartoznak vagy egy beérkező átmenet szétbontása több átmenetre. Ilyenkor lehetőség van őrfeltételt rakni az átmenetekre, ezeknek a kiértékelése viszont még azelőtt történik, hogy bármelyik átmenet végrehajtásra kerülne, ezért egy ilyen ágat szokás statikus feltételes ágnak nevezni.
- *Döntés (Choice)*: hasonló mint a csomópont, viszont az őrfeltételek az elágazásba való belépéskor értékelődnek ki dinamikusan. Ezt jellemzően alternatív útvonalak megadására használjuk, hasonló mint a programozási nyelvekben *"if than else"* elágazás. Fontos megjegyezni, hogy az elágazás és a csomópont esetében is lehetséges, hogy több átmenet is tüzelhetne, ilyenkor az érvényre jutó átmenet kiválasztása nem determinisztikus módon történik ezért elkerülendő, például *else* őrfeltétel alkalmazásával.

2.3. MagicDraw

A MagicDraw a No Magic [2] nevű cég által fejlesztett modellező eszköz, amivel a modellek előállításán kívül lehetőségünk van ezeket szimulálni, validálni, vagy akár kóddá alakítani. Az eszköz első sorban UML modelleket lehet készíteni, de plug-innal lehetőségünk van SysML [1] modelleket is létrehozni.

A SysML egy általános-célú modellezési nyelv ami az UML egy részének kiragadásával és annak kibővítésével keletkezett. SysMLel struktúrát és viselkedést lehet leírni magas szinten. Alapeleme a Blokk, ami UML-ben a Classnak felel meg. A Blokk egy absztrakt egység ami bárminek megfeleltethető, így a modellezendő rendszer is általában egy Blokként jelenik meg. A Blokkok definícióját és tartalmazási hierarchiáját Block Definition Diagramokkal írhatjuk le. Egy másik megemlítendő diagramfajta az Internal Block Diagram, amivel a Blokkok és portjaik között tudunk kapcsolatokat definiálni.

Viselkedést Állapottérképekkel és Activity Diagrammokkal szokás leírni SysMLben. Utóbbival munka- és adatfolyamokat, ahol a folyamat lépései activityk és actionök. Állapottérképekkel reaktív rendszereket szokás leírni, a rendszer eseményekre reagál, ezek határozzák meg a viselkedését, szemben az Activity Diagrammokkal, amivel adott bemenetből valamilyen kimenet előállításának folyamatát írjuk le.

2.3.1. Állapottérképek SysMLben

Az állapottérképeket SysML modellek részeiként, más modell elemekhez vannak viselkedésként hozzárendelve, a triggereket aktiváló események a modell strukturális leírásában vannak definiálva. Mivel a dolgozat kizárólag állapottérképekkel foglalkozik ezért implicit feltételezzük, hogy minden állapottérképhez tartozik egy Blokk, egy Blokk viselkedését pontosan egy állapottérkép írja le. A Blokkon definiálva van egy Port ami az események fogadásáért felelős. Minden állapotátmenet ettől a Porttól várja az eseményeket.

2.3.2. Plug-in fejlesztése MagicDrawhoz

A MagicDraw lehetővé teszi, hogy harmadik fél plusz funkciókat adhasson az eszközhöz plug-inok formájában. A MagicDraw Java nyelven íródott, plug-int is ezen a nyelven van lehetőség fejleszteni, ehhez egy Api-t kapunk amit Open Api-nak [3] hívnak, ez teszi lehetővé, a modell elemek kóddal történő manipulációját, és a grafikus interfész kiegészítését, saját funkcionalitással.

A MagicDraw indulásakor bejárja a plug-in könyvtárat plug-in leíró fájlokat tartalmazó könyvtárak után. Ezek írják le melyik Java osztály reprezentálja a plug-int, ennek le kell öröklődnie a *com.nomagic.magicdraw.plugins.Plugin* osztályból. A MagicDraw plugins managere meghívja ennek az osztálynak az init metódusát, amiben GUI elemeket tudunk regisztrálni, vagy egyéb funkcionalitást hozzáadni az eszközhöz.

```
public class MyPlugin extends com.nomagic.magicdraw.plugins.Plugin {

   public void init(){
      //plugin belépési pontja
   }

   public boolean close(){
      //plugin leáll
   }

   public boolean isSupported(){
      //feltételek teljesülése a plug-in betöltéséhez
      return true;
   }

}
```

A SysML elemei sztereotipizált UML elemek, a SysML plug-in SysML szintaktikát használ, de a létrehozott elemek a MagicDraw UML meta-modellje szerint lesznek példányosítva megfelelően sztereotipizálva, ezért kód szinten is eszerint érhetőek el.

A modell elemek ugyan saját MagicDraws implementációval rendelkeznek, de EMF [4]-es interfaceket is realizálnak ezért lehetőségünk van EMF Apijának használatára a plugin fejlesztése során.

2.4. Viatra

Az Eclipse Viatra Framework egy modell transzformációs eszköz ami lehetővé teszi modellek hatékony eseményvezérelt transzformációját és lekérdezését. A modell lekérdezésekhez egy külön nyelvet Viatra Query Language(VQL)-t használ. VQL lekérdezésekből Java osztályok generálódnak, melyek segítségével a lekérdezések és transzformációk futtathatók.

Viatra használatában MagicDraw plugin fejlesztése során is van lehetőség. A Viatra for MagicDraw egy plug-in ami lehetővé teszi a Viatra Api használatát más plug-inokban.

2.5. Formális verifikáció

A modell alapú fejlesztés egyik nagy előnye, hogy már tervezési fázisban tudjuk vizsgálni rendszerünk egyes aspektusait. A rendszer helyes működésének ellenőrzését verifikációnak hívják. Ez történhet tesztekkel, szimulációkkal, vagy formális matematikai módszerekkel.

A formális módszerek előnye, hogy a helyességük matematikailag garantált, nem szükséges az elvárt kimenetek meghatározása, csak megkötések megfogalmazása. Továbbá teljesek ezért nem kell lefedettséggel foglalkozni mint tesztelésnél. Megkötés sérülésekor, vissza lehet követni, azt az utat ami a megszorítás megsértéséhez vezetett.

Hátránya, hogy nehezen skálázható, erőforrás igényes és egy összetett rendszert formális módszerekre való visszavezetése gyakran nehézkes.

Állapottérképek formális verifikációjára már léteznek megoldások. A Gamma keretrendszer például képes Uppaal segítségével erre, a feladat végrehajtásához ezt az eszközt használtam fel.

2.6. Gamma

A Gamma Statechart Composition Framework komponens alapú reaktív rendszerek tervezésére, validálására, verifikálására és kód generálásra lett létrehozva. Az eszköz egyik alap komponensei az állapottérlépek amiknek a leírásához egy saját nyelvet Gamma Statechart Languaget definiál, ami lehetővé teszi külső modellező eszközök integrálását is. Az első integrált eszköz a Yakindu Statechart Tools, aminek a modelljeit Gamma képes a saját nyelvére transzformálni és feldolgozni.

Az eszköz egy másik komponensei az ún. Kompozit komponensek, amiket Gamma Composition Languagel lehet definiálni. Ezek írják le a rendszer felépítését az állapottérképek portjait, az azok által realizált interfészeket és a közöttük definiált kapcsolatokat.

A keretrendszer még két saját nyelvet definiál. Az egyik a Gamma Constraint Language amiven constrainteket lehet definiálni, ami egy általános módja típus definíciók, változók, függvények deklarálásához és kifejezések specifikálásához.

A másik nyelv pedig Gamma Interface Language, ami interfészek definiálását teszi lehetővé, amik a kapcsolódó komponensek egymás felé nyújtanak. Az interfész határoz-

[4]Eclipse Modelling Framework https://www.eclipse.org/modeling/emf/

za meg, hogy milyen események fogadhatóak, vagy küldhetőek. Ezek az interfészekben deklarálandók és irányuk lehet, *in, out, inout*.

Köszönetnyilvánítás

Ez nem kötelező, akár törölhető is. Ha a szerző szükségét érzi, itt lehet köszönetet nyilvánítani azoknak, akik hozzájárultak munkájukkal ahhoz, hogy a hallgató a szakdolgozatban vagy diplomamunkában leírt feladatokat sikeresen elvégezze. A konzulensnek való köszönetnyilvánítás sem kötelező, a konzulensnek hivatalosan is dolga, hogy a hallgatót konzultálja.

Irodalomjegyzék

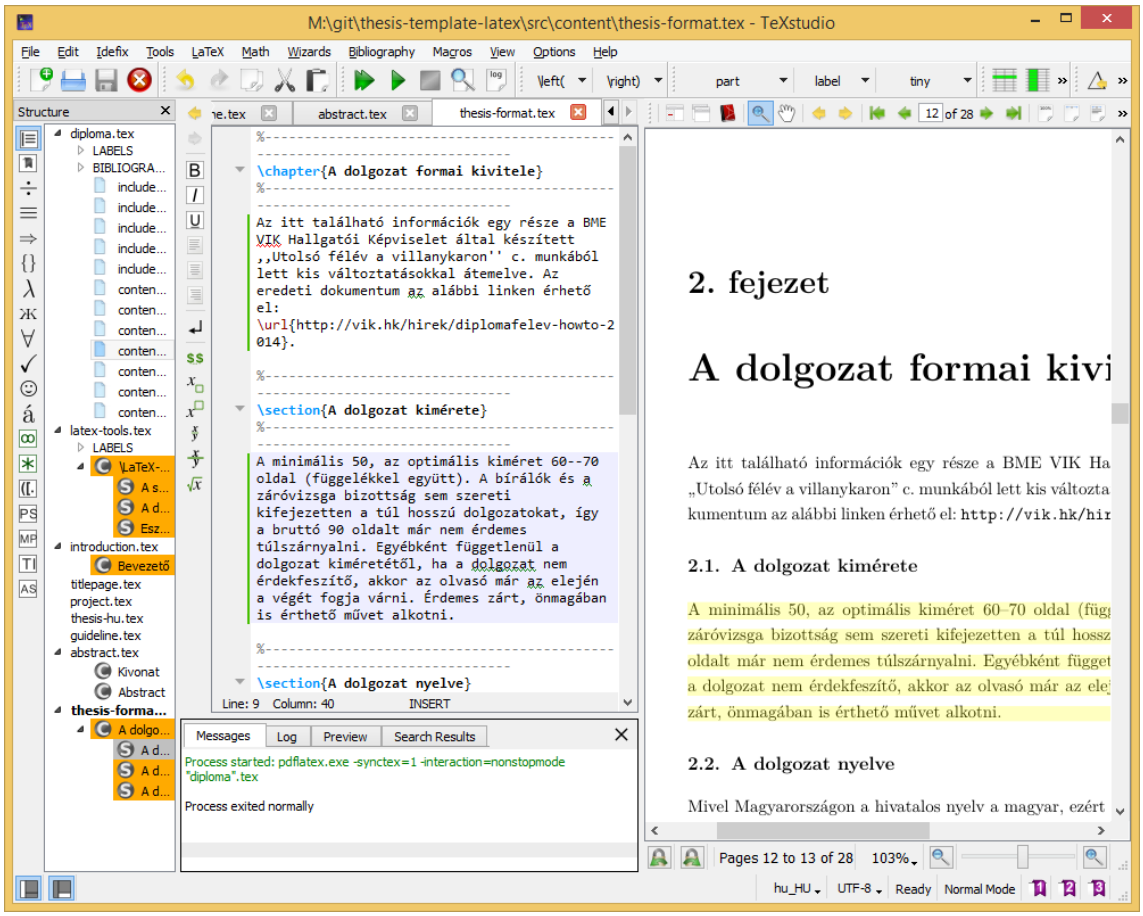
[1] Object Management Group: *OMG System Modeling Language*. OMG, 2017. 05. `https://www.omg.org/spec/SysML/About-SysML/`.

[2] NoMagic Inc. URL `https://www.nomagic.com/`.

[3] NoMagic Inc.: *MagicDraw Open API javadoc*. NoMagic Inc., 2017. 04. `http://jdocs.nomagic.com/185/`.

Függelék

F.1. A TeXstudio felülete



F.1.1. ábra. A TeXstudio LaTeX-szerkesztő.

F.2. Válasz az „Élet, a világmindenség, meg minden” kérdésére

A Pitagorasz-tételből levezetve

$$c^2 = a^2 + b^2 = 42. \tag{F.2.1}$$

A Faraday-indukciós törvényből levezetve

$$\operatorname{rot} E = -\frac{dB}{dt} \qquad \longrightarrow \qquad U_i = \oint\limits_{\mathbf{L}} \mathbf{Edl} = -\frac{d}{dt} \int\limits_{A} \mathbf{Bda} = 42. \tag{F.2.2}$$