

Logikai hálózatok szimulációja a MATLAB/SIMULINK alkalmazásával

Segédlet az Irányítástechnika I. c. tantárgy
logikai hálózatok szimulációja c. méréséhez

Összeállították:

Kulcsár Balázs doktorandusz

Budapesti Műszaki Egyetem
Közlekedésmérnöki Kar
Közlekedésautomatikai Tanszék

2002

1. MATLAB

A MATLAB egy interaktív környezet a tudományos és a mérnöki számítások, a szimuláció és az adatok vizuális megjelenítése számára. A SIMULINK egy olyan program, amelyet dinamikus rendszerek szimulációjára fejlesztettek ki.

A MATLAB a *matrix laboratory* elnevezésből származik, és azért hozták létre, hogy könnyű és intelligens hozzáférést biztosítson a korábban LINPACK és EISPACK néven kifejlesztett szoftverekhez, amelyek a mátrix számítási (lineáris algebrai) szoftverek legfejlettebb formáinak tekinthetők.

A MATLAB egy mátrix orientált nyelv, amelynek alapeleme a kétdimenziós mátrix, vagy speciális esetben a skalár és a sor-, vagy oszlopvektor. A MATLAB alatt futtatandó utasítások `<script>.m` fájlba foglalhatók, és a `<script>` parancs hatására végrehajthatók. Kialakíthatók a szokásos módon függvények `<function>.m` fájlban a `function` alapszó után, és meghívhatók a `<function>` névvel, megfelelően paraméterezett módon.

A különböző szakterületek jelfeldolgozási és tervezési feladatait számos MATLAB-ra épülő TOOLBOX segíti, amelyekről részletesen lehet olvasni a MATLAB felhasználói kézikönyvben.

2. SIMULINK

Az utóbbi néhány évben a SIMULINK blokkorientált nyelv az egyik legselesebb körben használatos szoftver a tudományos élet és az ipar számos területén, ahol dinamikus rendszerek modellezésével és szimulációjával foglalkoznak. A SIMULINK a blokkokból felépített dinamikus rendszerek szimulációjára alkalmas program. A SIMULINK lehetővé teszi rendszermodellek könnyű felépítését és az így felépített modellek analízisét. Az előnye valójában abban rejlik, hogy a modellek elkészítéséhez nincs szükségünk a differenciál-egyenletek utasításokkal történő kódolására, ugyanis a blokkdiagramok bevitele grafikusán elvégezhető, hasonlóan a szokásos grafikus programokéhoz. A modellt blokkokból építjük fel, amelyek különböző típusosztályokba vannak szervezve (pl. források, lineáris rendszerekhez tartozó blokkok, kijelzők, digitális technikai elemek stb.). A SIMULINK biztosítja az összes MATLAB-ban rendelkezésre álló, az analízishez használatos eszközt, melyek segítségével az eredmények kiértékelhetők és megjeleníthetők.

A modell szimulálásakor több paraméter beállítása szükséges, amelyek közül legfontosabb a szimulációs idő, az alkalmazott numerikus integrálási

módszer, a lépésköz nagysága és az elvart pontosság. A SIMULINK-ben elkészített modellek szimulációja interaktív, és így lehetővé válik a paraméterek on-line változtatása, illetve megváltozott paraméterekkel a folyamat közvetlen kiértékelése. SIMULINK-kel a lineáris rendszerek szimulációján kívül a nemlineáris rendszerek viselkedése, folytonos, diszkrét illetve hibrid modellek, valamint a modellezés során felmerülő valós jelenségek, mint pl. a légellenálás, a surlódás is vizsgálható.

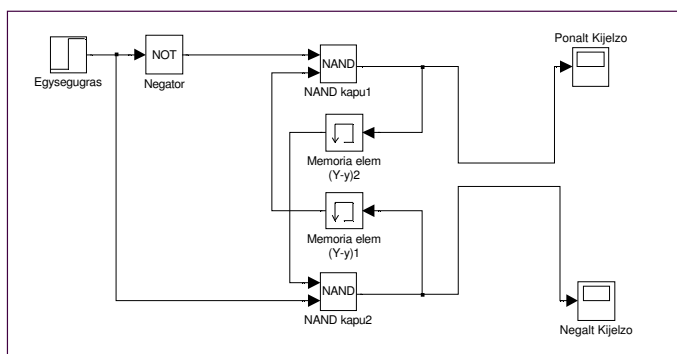
A lineáris és nemlineáris rendszerekre vonatkozóan, a SIMULINK tartalmaz egy, a modellezéshez és a szimulációhoz szükséges elemekkel rendelkező átfogó könyvtárat. Emellett a felhasználó saját könyvtárakat is létre hozhat.

A SIMULINK-ben elkészített modellek hierarchikus felépítésűek, így a modell összeállítása elvégezhető a felső szintekről kiindulva az alsó szintek felé (top-down), illetve fordítva (bottom-up) is. A modellezett rendszer kifejthető a legmagasabb hierarchia szintről haladva az alacsonyabb szintek felé. A blokkokra történő dupla kattintással részletesen áttekinthető a modellt felépítő blokkok közötti kapcsolatrendszer. A modell definiálása után a modellezett rendszer szimulálható a SIMULINK menü használatával vagy az utasítások MATLAB parancssorba való begépelésével. A menü használata különösképpen ajánlatos az interaktív szimuláció során, a parancssoros módszer a "batch" szimulációk során előnyös. Kijelzők használatával a szimulációs eredmények a szimuláció időtartama alatt is folyamatosan nyomkövethetőek. A paraméterek megváltoztatásával közvetlenül megvizsgálható a folyamat. A szimulációs eredmények eltárolhatók a Matlab memóriaterületbe utófeldolgozás és megjelenítés céljából.

3. A SIMULINK használata

3.1. Aszinkron SR tároló

Ebben a fejezetben egy egyszerű példán keresztül mutatjuk be, hogyan lehet felépíteni, majd elemezni egy modellt SIMULINK parancsokat használva. A feladat egy aszinkron SR tároló megvalósítása csak NAND kapuk, valamint negátorok alkalmazásával. A modell felépítéséhez használjuk a *digit* könyvtárat. A felépítendő modell tartalmaz 2 db két bemenetű NAND kaput és 1 db negátort. Továbbá szükségünk van még két memória elemre, valamint egy jelforrásra. Jelforrásként egységugrás forrásjelet alkalmazunk annak érdekében, hogy lássuk a kimeneten bekövetkezett változás dinamikáját. Memória elemet pedig azért használunk, hogy a szekunder változót elő tudjuk állítani. Memoriablokkot tehát késleltetési és inicializálási szempontok miatt kell a modellbe építenünk. A modell blokkdiagramja a következő ábrán látható (1. ábra). A modell létrehozásához először indítsuk el a MATLAB-ot, majd



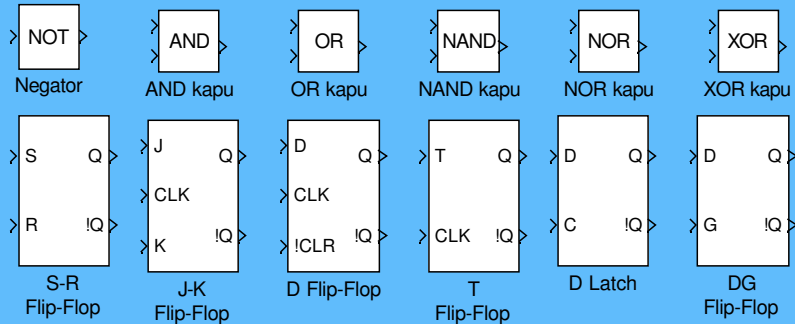
1. ábra. Aszinkron SR tároló

gépeljük be a `digit` parancsot a MATLAB parancssor ablakba (ellenőrizzük a könyvtár elérési útjának helyességét). Az "enter" billentyű megnyomásával egy, a szimulációhoz használatos könyvtár jelenik meg a képernyőn (2. ábra). Válasszuk ki a "File" menüpontban a "New/Model" almenüt. A legördülő menü helyett használhatjuk a "Ctrl-N" billentyűkombinációt is. Ekkor a SIMULINK megnyit egy új ablakot, "untitled" névvel.

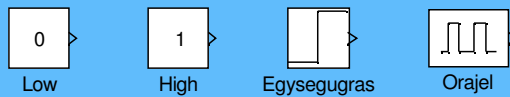
A felhasználó megváltoztathatja az ablak pozícióját úgy, hogy egyszerre lássa az új modell ablakot és a "digit" könyvtárat. A modell létrehozásához

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki Kar
Közlekedésautomatikai Tanszék
Segédkönyvtár az Irányítástechnika I. című tárgy
Logikai hálózatok szimulációja c. méréséhez

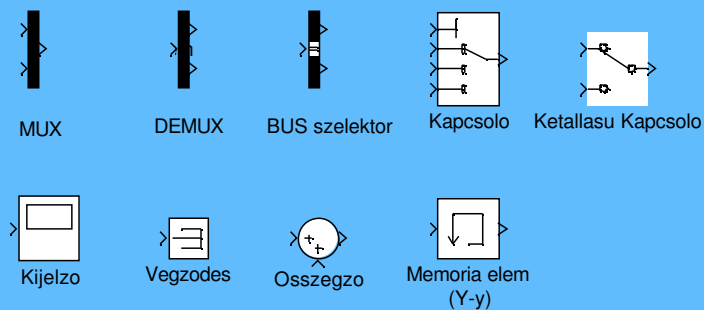
KAPUK ÉS TÁROLÓ ELEMEEK



JELFORRÁSOK



MUX/DEMUX ÉS KAPCSOLÓK



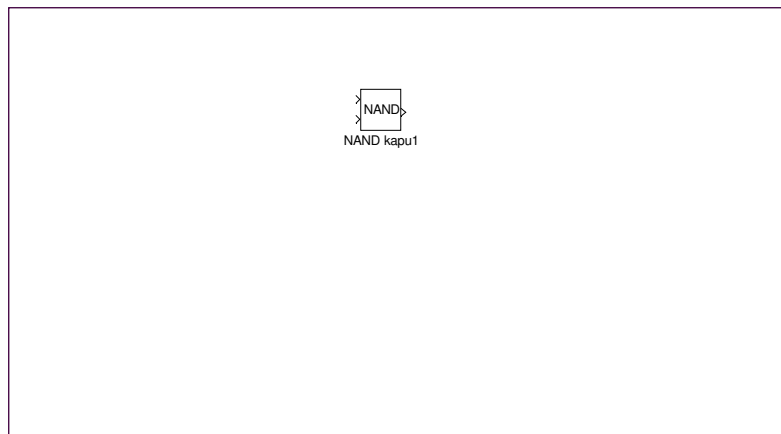
Közlekedésautomatikai Tanszék
 Kulcsár Balázs Copyright 2001

2. ábra. A digit alkönyvtár

másoljuk a megfelelő blokkokat a modell ablakba a könyvtárból. Ezek a blokkok a következők:

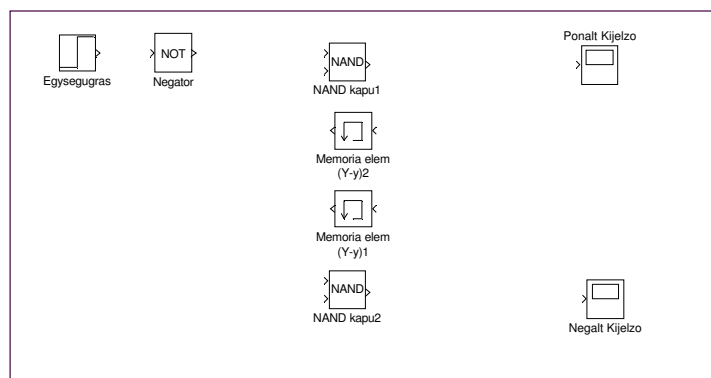
- 2 db NAND kapu
- 2 db kijelző
- 1 db negátor
- 2 db memória elem
- 1 db egységugrás jelforrás

A másoláshoz válasszuk ki a kívánt a blokkelemeket. Az első NAND kapu másolásához kattintsunk a "KAPUK ÉS TÁROLÓ ELEMÉK" sorban a NAND kapu egységre, majd az egér segítségével mozgassuk a könyvtárban lévő NAND blokkot a modell ablakba. Ekkor a SIMULINK az új modell ablakában létrehoz egy NAND kaput ott, ahol az egérrel letesszük a blokkot (3. ábra).



3. ábra. A modell ablakba másolt NAND kapu

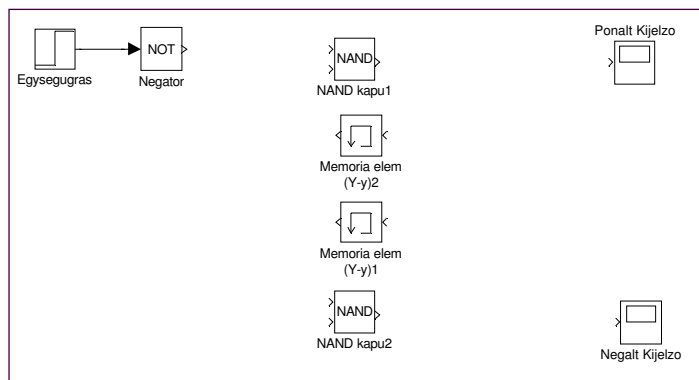
A első NAND kapu blokkjához hasonlóan másoljuk a többi blokkot is a könyvtárból a modell ablakba. A modell ablakba másolt blokkok helyzete megváltoztatható az egér segítségével. Ha mindegyik blokkot elhelyeztük a modell ablakunkban, akkor a 4. ábrán látható módon néz ki a modellünk.



4. ábra. Blokkok elhelyezése

Ha megvizsgáljuk a blokkokat, akkor input és output portot láthatunk az ikonokon. A blokkok közötti jelkapcsolatokat az egyik blokk output portjától a másik blokk input portjáig tartó vonalak szimbolizálják. Ha a blokkokat összekötjük, akkor az input és az output portok szimbólumai eltűnnek.

A következő lépés, hogy kössük össze a blokkokat. Először az egységugrás jelforrás blokkját kapcsoljuk össze a negátorral.



5. ábra. A jelforrás és a negátor összekötése

Tartsuk az egér bal gombját lenyomva, és mozgassuk a kurzort az egységugrás ikon kimeneti pontjától a negátor bemeneti pontjáig! Megfigyelhető, hogy az összekötő vonal szaggatott marad addig, amíg az egér gombját lenyomva

tartjuk. Az egér bal gombjának elengedése után a vonal folytonosra változik. Ha helyesen kötöttük össze a két blokkot, a nyíl megvastagodik a negátor input portján, és a végeredményt láthatjuk a 5. ábrán. Ezzel a két blokkot összekötöttük. A blokkok összekötését úgy is elvégezhetjük, hogy az egér bal gombját lenyomva tartva a kurzort az ikon közepéig mozgatjuk, majd elengedjük. Ebben az esetben a kurzor pozíciójához legközelebb lévő porthoz kapcsolódik a vonal.

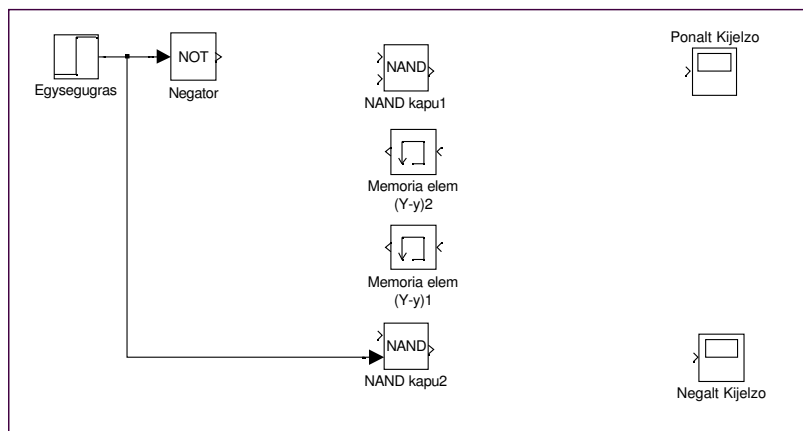
Ha megnézzük a fejezet elején lévő modellünket (1. ábra), akkor láthatjuk, hogy a modellben a legtöbb vonal az egyik blokk kimeneti portját köti össze a másik blokk bemeneti portjával. Azonban van egy vonal, amelyik a kimeneti portból kiinduló vonalat köti össze egy másik blokk bemenetével. Az ilyen vonalakat "branch" vonalaknak nevezzük. A mi esetünkben a "branch" vonal az SR tároló R bemenetét (azaz a második NAND kapu bemenetét) köti össze az egységugrás blokk kimenetével. Azonban az egységugrás kimenetét már felhasználtuk a negátor ikon bemenetének meghajtására.

Egy "branch" vonal rajzolása egy kicsit különbözik az eddig használt vonalak rajzolásától. A következő lépéseket kell használni a "branch" vonal rajzolásánál.

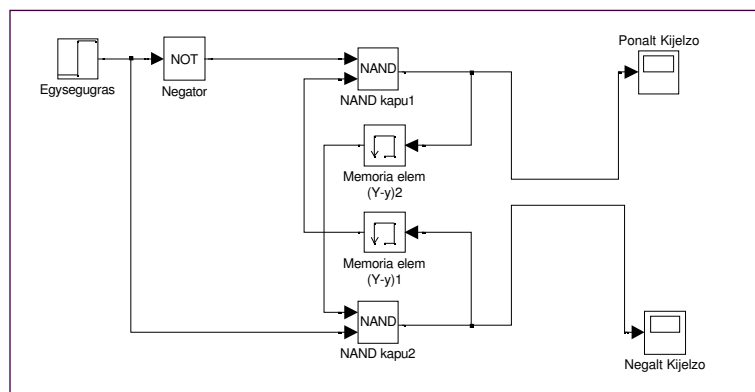
1. Pozicionáljuk az egér pointert arra a vonalra, amelyik összeköti az egységugrás jelforrás kimenetét és a negátor bemenetét.
2. Tartsuk lenyomva a Ctrl billentyűt, miközben az egérrel a kurzort az SR tároló R bemeneti pontjára (azaz a második NAND kapu bemeneti pontjára), a már ismert módon csatlakoztatjuk.
3. Engedjük el az egér gombját. Ezzel megrajzoltunk egy vonalat a kezdő ponttól az R bemenetig (6. ábra).

Végezzük el a további blokkok összekötését! Használjuk a "branch" összekötési módot az SR tároló két kimeneti pontjának kijelzőre való rákötésekor! Ha összekötöttük a blokkokat, akkor ezzel elkészítettük a modellünket (7. ábra).

A szimuláció elvégzése előtt három, a blokkokhoz tartozó paraméter beállítását végezzük el. Az SR tároló kezdeti értéke legyen a következő: ponált kimenet alacsony, negált kimenet magas logikai szint. Tudjuk, hogy a két memória elem beiktatása a kezdeti értékek, és a késleltetési szempontok miatt szükséges. A feltett kezdeti állapot, valamint a memória elem paraméterezhetőségéből fakadóan inicializálni kell a memória elemet. Ezt a



6. ábra. A "branch" összekötési mód



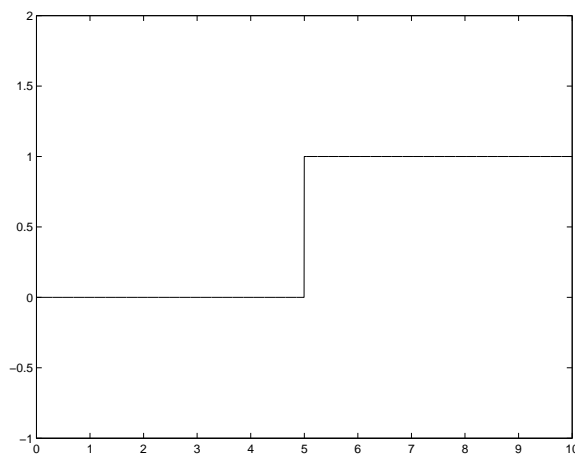
7. ábra. Aszinkron SR tároló

memóriablokkokra duplán kattintva tehetjük meg. Az első memóriablokk kezdeti értéke ("Initial condition") 0 (ponált kimeneti ágról való visszacsatolás), míg a második memóriablokk kezdeti értéke ("Initial condition") 1 (negált kimeneti ágról való visszacsatolás) legyen.

A szimuláció 5. másodpercében kívánjuk az SR tároló kimeneti értékét megváltoztatni, az SR tárolóba beírni. Az egységugrás ikonra való dupla kattintás után megadhatjuk a "Step time" paramétersorban a bemeneti jelforrás alacsony szintről magasra történő váltásának időpontját.

Ezek után nyissuk meg a kijelző blokkokat (dupla kattintás az ikonra), hogy lássuk a szimulált kimenetet. Tartsuk a kijelző ablakokat nyitva, és állítsuk be a SIMULINK paramétereit a futtatáshoz. Először nyissuk meg a "Simulation parameters..." ablakot a "Simulation" menüpontban. A szimulációs idő ("Stop time") legyen 10 másodperc. Zárjuk be a szimulációs paraméter ablakot az OK gombra való kattintással. Ettől kezdve a SIMULINK a beállított paramétereket fogja használni.

Indítsuk el a szimulációt a "Simulation" menü "Start" parancsával, majd kövessük figyelemmel a kimenet változását (8. ábra).



8. ábra. A ponált kimenet

A szimuláció leáll, ha a szimuláció eléri a beállított időt, vagy ha leállítjuk a "Stop" paranccsal. A modell elmentéséhez használjuk a mentés ("Save") parancsot, majd adjuk meg a fájl nevét és helyét. Ha be akarjuk zárni a SIMULINK-et, illetve a MATLAB-ot, akkor használjuk a bezár ("Exit") parancsot.

Gondolkodjunk el azon, hogyan lehetne törlést szimulálni a SR tároló esetében!

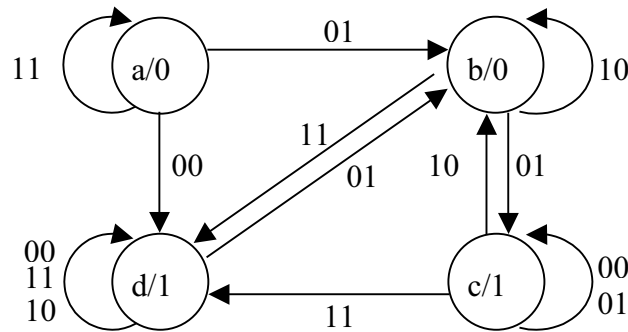
Ez az egyszerű példa megmutatja a felhasználónak, hogyan építsük fel SIMULINK modellünket. Ezek, és más parancsok részletesen megtalálhatóak a SIMULINK leírásban ("SIMULINK Help"). Egyéb feladatok megvalósításához szükség lehet speciális alkönyvtárak használatára. Ha más elemekre is szükségünk lenne a szimuláció során, úgy a `simulink` utasítás MATLAB

parancssorba való begépelését követően válasszuk azokat ki a simulink böngészőből. A fent ismertett mintapélda a NAND_SR parancs begépelésével jeleníthető meg.

3.2. Szinkron sorrendi hálózat

Az alábbiakban összetettebb példán keresztül mutatjuk be hogyan építhető, valamint analizálható egy, az állapotgráfiával definiált szinkron sorrendi hálózat. Felhasználjuk a modell szimulációja során a 3.1. fejezetben említetteket és a 2. ábrán látható segédkönyvtárat.

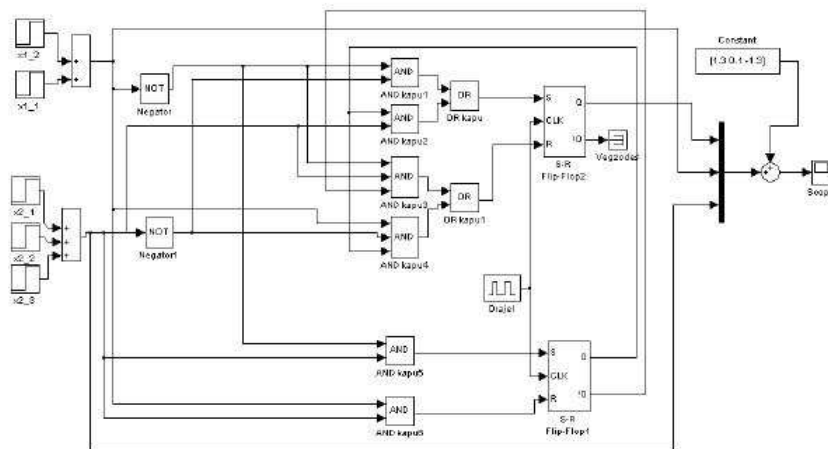
A feladat során ismerjük a szinkron sorrendi hálózat működését leíró állapotgráfot (9. ábra). Feladat a hálózat szinkron SR tárolóval történő megvalósítása, Simulink használatával.



9. ábra. Szinkron sorrendi hálózat állapotgráfja

A feladat megoldása a tárgy előadási anyaga, valamint a gyakorlatok alapján elvégezhető. A segédlet célja a hálózat szimulációja (MATLAB SIMULINK környezetben). Ez az oka annak, hogy a továbbiakban csak utalunk a megoldás menetére, és a végeredményt ismertetjük. A szinkron sorrendi hálózat tervezési lépéseit figyelembe véve az állapotgráfból elkészíthető a hálózat előzetes majd kódolt állapottáblája. A hálózat két belső állapottal jellemezhető, melyhez a tároló választása után (SR) vezérlési táblákat elkészíthetjük. A modell blokkdiagramja a 10. ábrán látható.

A modell létrehozása a következő módon történik. Válasszuk ki a "File" menüpontban a "New/Model" almenüt. A legördülő menü helyett használ-



10. ábra. A szinkron sorrendi hálózat megvalósítása SR tárolókkal

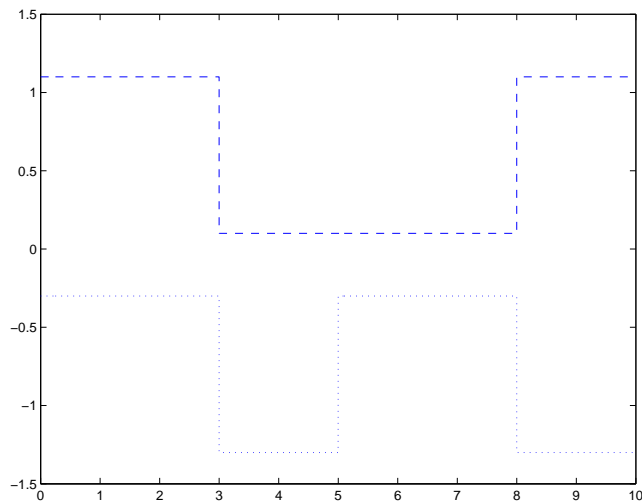
hatjuk a "Ctrl-N" billentyűkombinációt is, ekkor a SIMULINK megnyit egy új modell ablakot, "untitled" névvel. A fájl nevét megváltoztathatjuk, a fájl mdl kiterjesztést kap ¹. A hálózat megvalósításához az alábbi elemekre van szükség:

- 6 db NAND kapu
- 1 db kijelző
- 2 db negátor
- 2 db or kapu
- 1 db órajel generátor
- 1 db végződés
- 1 db konstans
- 2 db szinkron SR tároló

¹MATLAB 5. verziótól

- 2 db összegző
- 5 db egységugrás jelforrás

A következőkben javasoljuk, a 13. ábrán látható elrendezést előnyben részesíteni. Az új modellablakba másoljuk bele először a kapukat(AND, OR, Negátor), valamint a jelforrás és kijelző egységet, valamint az összeadókat. Figyeljünk arra, hogy 4 db 2 bemenetű és 1 db három bemenetű AND kapura van szükségünk. A három bemenetű kaput úgy lehet előállítani, hogy a már modellablakba másolt kapura kétszer kattintunk, majd beállítjuk a bemenetszámot, mely adott esetben 3.



11. ábra. A logikai hálózat bemenetére adott időfüggvények

A jelforrás eltolt egységugrás bemenetekből áll. A bemeneti kombináció előállításához vizsgáljuk meg a szinkron hálózat működését leíró állapotgráfot. Az állapotgráf működését jól lehet tesztelni a 11. ábrán látható bemeneti kombinációval, mely időben eltolt egységugrás függvényekből összeállítható. A bemenet 11 kombinációról indulva 3 másodperc múlva 00-ra vált. Ezt követően az 5. másodpercben a bemeneti kombináció 01-re vált, amit a 8. másodpercben 10 bemenet vált fel.

A hálózat szimulációjának végeredménye kijelzőn jeleníthető meg. A kijelzőn azonban jelenítsük meg a 2 bemenet mellett a kimenetet is. Így a hálózat

működése szemléletesebben elemezhető. A konstans értékre azért van szükség (átmásolt 0 "Low" jelforrás, melyet vektor bemenettel látunk el), hogy a három időfüggvényt vertikálisan tagolni tudjuk, az adott tengelyen el tudjuk tolni.

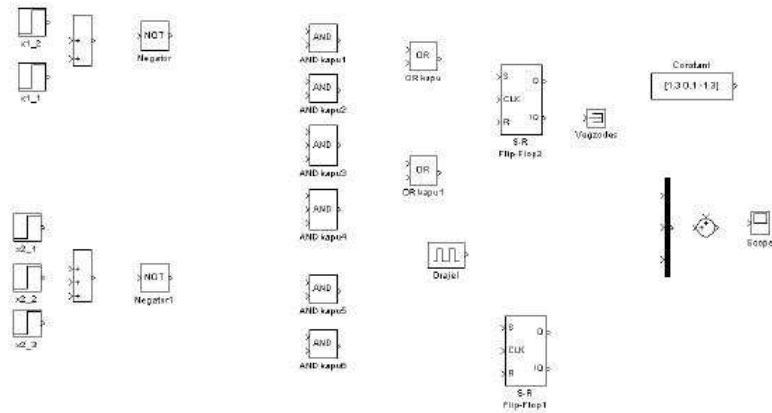
A jelösszegzőket illetően a másolást követően kattintsunk szintén kétszer egymásután. Változtatható paraméterként itt a bemenetek számát és előjelét, valamint az összeadó grafikus megjelenítési formáját találjuk. Az összezőbe bemenő jelek számát előjelükkel együtt úgy adjuk meg, hogy annyi összeadás, valamint kivonás jelet írunk egymás után, amennyi jel pozitív illetve negatív előjellel az összezőbe lép. Esetünkben (az elrendezést követve) a felső összező ++, az alsó + + + előjeleket kap. Az összező megjelenítési formája legyen négyzetes ("rectangular"). A kijelzéshez, megjelenítéshez használt összező legyen kör alakú és ++ a bemenetek száma és előjele.

Szintén másoljuk át a *digit* könyvtárból a szinkron SR tárolókat, órajelgenerátort, valamint a végződést. A szinkron SR tárolók már tartalmazznak belső memória elemet, így majd a visszacsatolás kialakításakor nem kell külön memória elemet beillesztenünk. Az SR tároló kezdeti kimeneti értékét kétszer az elemre kattintva adhatjuk meg. Mind a két esetben legyen a kezdeti kimenet zérus. Az órajel kimenete pozitív félperiódusú órajellel indul, és tulajdonságai között beállíthatjuk a periódus időt. Legyen a periódusidő 0.01s. A végződésre azért van szükség, mert az egyes számú SR tároló negált kimenetét nem használjuk.

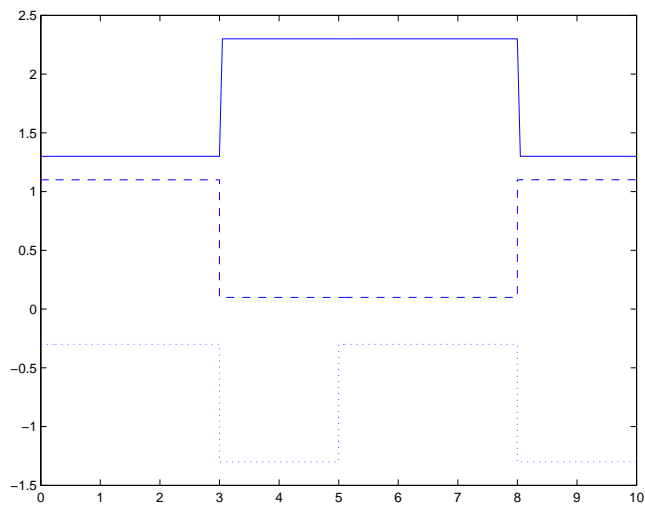
A feladat kidolgozásakor már elkészített áramköri vázlatot most a jelek terjedését meghatározó vezetékkel állítsuk össze. Használjuk az előző fejezetben megismert huzalozási technikákat. Így a 10. ábrán látható végső elrendezést kapjuk meg. Válasszuk a szimulációs időt 10s-ra. Majd a hálózat szimulációját a már ismert módon indítsuk el. Az eredmény a ?? ábrán látható.

Kövessük nyomon a most elkészített szimuláció időbeli lefolyását, valamint a kiindulási állapotgráfot!

Világossá vált tehát, hogy bonyolultabb logikai hálózatok MATLAB alatti szimulációja szintén elvégezhető a SIMULINK segítségével. tetszőleges bemeneti kombináció előállítható időben eltolt egységugrás jelforrások felhasználásával. Adott esetben (pl. számlálók) a jelforrás lehet megfelelő periódusú órajelgenerátor.



12. ábra. Az átmásolt és elrendezett hálózati elemek



13. ábra. A kimenet és a bemenet

4. Felkészülés a mérésre

- A logikai hálózatok szimulációja c. mérés előtt olvassuk el figyelmesen a mérési segédletet!

- A gyakorlatvezetők által (névre szólóan) kiadott feladatokat, a kiadott mintapéldához hasonlóan dolgozzuk ki!
- A kidolgozást követően a már áramköri elemek jelölésével felrajzolt logikai áramkört rajzoljuk át a "digit" alkönyvtár elemeit felhasználva SIMULINK alatt futtatható blokkstruktúrává!
- A mérés során szükség lesz 1 db 1.44 MB kapacitású lemezre.

Hivatkozások

- [1] Lantos Béla Irányítási rendszerek elmélete és tervezése I. Egyváltozós szabályozások, *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 2001.
- [2] Matlab Users's Guide *Using Matlab Version 5*, The MathWorks Inc.
- [3] Simulink Users's Guide *Using Matlab Version 5*, The MathWorks Inc.
- [4] The Mathworks Home Page
<http://www.mathworks.com/products/simulink/tryit.shtml>, The MathWorks Inc.