



FUNKCIONÁLIS ÁRAMKÖRÖK ALKALMAZÁSA, VIZSGÁLATA SZIMULÁCIÓVAL, DOKUMENTÁLÁSA

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A munkahelyén funkcionális áramkörökből felépülő digitális áramkörök megtervezését, és helyes működésük ellenőrzését kapta feladatul. Az adott munkahelyi környezetben a tervezéshez nem állnak rendelkezésre az alkatrészek, illetve a célnak leginkább megfelelő műszerek, pedig a méréshez mindezek szükségesek lennének. Ezért az áramkör tervezéséhez, illetve működésének vizsgálatához egy áramkör szimulációs program alkalmazása tűnik a legcélszerűbbnek.

A rendelkezésre álló programok közül Ön a TINA áramkör szimulációs programot választja.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

FUNKCIONÁLIS ÁRAMKÖRÖK

A funkcionális áramkörök olyan digitális integrált áramkörök, amelyeket bizonyos áramköri funkciók megvalósítására hoztak létre. Jellemzőjük, hogy bár szerkezetüket tekintve kapu, illetve tároló áramkörökből épülnek fel, a megfelelő lábkivezetésre csak a tápfeszültség pontokat és a szükséges ki és bemeneteket vezetik ki, a funkcionális áramköröket felépítő alapelemeket a tokon belül kötik össze. Alkalmazásukkor a digitális áramkörökben a katalógusokban található adatalapjaik használatával végezzük el a tervezést és a vizsgálatokat. Ezek az adatlapok, katalóguslapok az interneten a gyártók honlapjain megtalálhatók. Ezek tartalmazzák a legfontosabb jellemzőket, működésüket leíró táblázataikat, idődiagramjaikat, tokozásukat.

A leggyakrabban alkalmazott funkcionális áramkörök:

- multiplexerek,
- demultiplexerek,
- kódolók, dekódolók,
- aritmetikai (műveletvégző) áramkörök,
- regiszterek,
- számláló áramkörök.

MULTIPLEXEREK:

A multiplexerek adatválasztó áramkörök. Adatbemenetei közül a címző bemenetekre adott bináris kódnak megfelelő sorszámút kapcsolja össze az adatkimenettel. Általában rendelkezik egy, a működést engedélyező bemenettel is. Ennek jelölése E vagy G. Felhasználható nem csak adatkiválasztásra, hanem párhuzamos-soros átalakításra is.

Jelölésük: bemenetek száma/címző jelek száma/kimenet(ek) száma. Pl.: 8/3/1.

DEMULTIPLEXER:

A demultiplexerek adatszétosztó áramkörök. A bemenetükre érkező jelet címző bemenetekre adott bináris kódnak megfelelő sorszámút kimenettel kapcsolja össze. Általában rendelkezik egy, a működést engedélyező bemenettel is . Ennek jelölése E vagy G. Felhasználható nem csak adatszétosztásra, hanem soros- párhuzamos átalakításra is.

Jelölésük: bemenet(ek) száma/címző jelek száma/kimenetek száma. Pl.: 1/3/8.

Multiplexer és demultiplexer áramkörök nem csak digitális, hanem analóg jelek kapcsolására is alkalmasak. Ezek az analóg multiplexer/demultiplexer áramkörök. Ilyenkor a címzés továbbra is bináris jelekkel történik.

KÓDOLÓK ÉS DEKODÓLÓK

Feladatuk, hogy egy adott kódszóból egy másik kódszót állítsanak elő. Viszonylag kevés ilyen áramkör készül integrált áramköri kivitelben. Ilyen áramkörök pl. a paritáskódolók, vagy a bináris-BCD dekódoló áramkörök.

ARITMETIKAI ÁRAMKÖRÖK

Az aritmetikai áramkörök műveletvégző áramkörök. Általában bináris számokkal végeznek műveleteket. A bemeneti adatait operandusnak nevezik. Mivel a bemeneti adatok leggyakrabban bináris vagy BCD számok, a kimeneten is, a műveletvégzés eredményeként is ilyen formában áll rendelkezésre az adat.

Mivel a matematikai műveletek visszavezethetők az összeadás műveletére – kiegészítve komplemensképzéssel és léptetésel, így alapáramköreként a bináris összeadót tekinthetjük.

REGISZTEREK

A regiszter áramkörök több bit egyidejű tárolására alkalmasak, és általában a tárolt információ léptetését is lehetővé teszik. Két nagy csoportját különböztethetjük meg:

- átmeneti tárolók(pufferek, latch tárolók),
- léptetőregiszterek.

A léptetőregiszterek a léptetés iránya szerint lehetnek:

- jobbra
- balra
- jobbra/balra léptetők.
- Az információ beírása és kiolvasása szerint:
- soros beírású,
- párhuzamos beírású,
- soros kiolvasású,
- párhuzamos kiolvasású.

SZÁMLÁLÓ ÁRAMKÖRÖK

A számláló áramkörök az órajel bemenetükre érkező impulzusokat számlálják meg, és a számlálás eredményét jelenítik meg a kimeneteiken. A kimeneteken a számolt érték bináris számként jelenik meg. A számlálók működése ciklikus, vagyis a maximálisan számlálható érték elérése után újra kezdődik a számlálás. A számláló áramkörök felhasználhatók frekvenciaosztásra is. Alapelemük a T tároló. A számláló áramkörök túlnyomó része élvezérelt.

Általában rendelkeznek egy sztatikus törlőbemenettel, illetve egy engedélyező bemenettel is. A számlálás történhet egy adott értéktől felfelé (előre számláló), vagy lefelé (hátraszámláló), illetve mindkét irányban (előre/hátra számláló.

Vezérlésüket tekintve lehetnek:

- aszinkron, amikor az előző helyértéknek megfelelő kimenet jele billenti a következő fokozatot,
- szinkron számlálók, amikor minden helyértéknek megfelelő tároló egyszerre billen.

A szinkron számlálók általában előre/hátra számlálók, programozhatóak, vagyis a kezdeti számlálási érték beállítható.

AZ ÁRAMKÖRSZIMULÁCIÓ

Napjainkban már rendelkezésünkre állnak olyan számítógépes szimulációk (szimulációs programok), amelyek segítségével egy tetszőleges bonyolultságú áramkört különböző módszerekkel különösebb kockázat nélkül meg tudunk vizsgálni, annak jellemző paramétereit meg tudjuk határozni.

1. A szimulációról

A szimuláció során egy meglévő vagy egy tervezett áramkör, berendezés, fizikai jelenség, folyamat vizsgálata, vagyis egy rendszer, egy folyamat fizikai vagy számítógépes modelljén tanulmányozzuk a rendszer, folyamat várható, illetve valódi viselkedését.

A számítógépes szimuláció lényege a strukturált modell létrehozása, majd az ezen való kísérletezés, a lehetséges megoldások keresése, az optimumok meghatározása. A szimuláció modelljének a valós folyamatok elemzését követően annak adatain és eredményein kell alapulnia, a kapott adatoknak alkalmasnak kell lennie arra, hogy a valós rendszer, folyamat jellemzői meghatározhatóak legyenek.

2. Áramkörszimuláció

Szimulációról az elektronikában, illetve az áramkörök vizsgálatakor akkor beszélhetünk, ha az adott áramkör viselkedését egy matematikai modellel írjuk le, ezt a modellt vizsgáljuk meg (összetett matematikai egyenletek megoldását végezzük el), és az eredményekből a valós rendszer viselkedésére tudunk következtetni.

Természetesen ezeket a műveleteket napjainkban a számítástechnika, különböző számítógépes szimulációs program alkalmazásával végezzük el. Vagyis, ha szimulációról beszélünk az elektronika területén (és nem csak itt, hanem más területeken is), akkor olyan szimulációs programot, szoftvert értünk ez alatt, amely különböző bonyolultságú elektronikus áramkör, hálózat, rendszer vizsgálatára alkalmas.

A szimulációs vizsgálat történhet:

- virtuális módon, amikor az alkatrészeket csak paramétereikkel illetve rajzjeleikkel szerepeltetjük egy kapcsolási rajzon
- valós, megépített, összeállított áramkörökön. Van arra is lehetőség, hogy konkrét, fizikai értelemben is meglévő áramköröket vizsgálhatunk megfelelően kialakított perifériák segítségével, amelyekkel a számítógép-áramkör közötti kapcsolatot hozzuk létre. Ilyenkor az áramkör, berendezés bemeneti jeleinek generálását, illetve a válaszjelek feldolgozását és kiértékelését a számítógép segítségével végezhetjük el.

A felhasználók igényeiknek és lehetőségeiknek megfelelően nagyon sok szoftver közül választhatnak, a vizsgálandó paramétereknek és az áramkörök jellegének megfelelően. Léteznek olyan programok, amelyek kimondottan csak szimulációt végeznek, de a professzionális alkalmazók számára készített CAD (Computer Aided Design) programok is tartalmaznak (szinte kötelezően) szimulációt megvalósító programrészeket, alprogramokat.

A szimulációs programok általában rendelkeznek egy kezelői felülettel, amelyen a kapcsolás jellemzői, az alkatrészek paraméterei, a bemenetekre adott gerjesztések, a mérőműszerek, a vizsgálati módszerek stb. adhatók meg. Ugyanezen a felületen jelennek meg a vizsgálat eredményei, amelyek a későbbiekben feldolgozhatók, alkalmazhatók.

Napjainkban a legtöbb operációs rendszerhez fejlesztettek programokat, és ezeket több nyelvre is lefordították, ezzel is megteremtve a széleskörű felhasználás lehetőségét.

Az elektronikával való ismerkedés, a tanulmányok során, illetve a különböző munkafolyamatok során a szimulációs programok a következő területeken alkalmazhatók:

- számítási feladatok elvégzése,

- számítási feladatok eredményének ellenőrzése,
- mérési feladatok eredményeinek ellenőrzése,
- szimulációs mérések elvégzése,
- mérési jegyzőkönyvek (dokumentációk) elkészítése,
- kapcsolási rajzok készítése,
- egyszerű tervezési feladatok,
- más CAD programok áramkörtervezőihez kapcsolási rajz szerkesztése,
- több program esetében a nyomtatott áramkör megtervezése, a gyártáshoz szükséges kimeneti fájlok generálása.

A szimulációs programok általános jellemzői:

- Általában kapcsolási rajzokkal (szabványos rajzjelekkel/rajzszimbólumokkal megadott) áramkörök vizsgálatára alkalmazhatók.
- Rendelkeznek alkatrészkönyvtárral, amelyben az egyes áramköri elemek találhatók, különböző szempontok szerinti csoportosításokban. Az alkatrészkönyvtárak folyamatosan bővíthetők, egyrészt a programok szimbólum, illetve áramkörszerkesztőjével, másrészt az alkatrészgyártók és forgalmazók által folyamatosan karbantartott katalógusokkal.
- Analóg, digitális és/vagy vegyes rendszerek vizsgálatára is alkalmazhatók
- Felhasználóbarát kezelői felülettel rendelkeznek.
- A tervezéstől az analízisen, a NYÁK tervezésen át a dokumentáció készítésig széles körben felhasználhatók.
- Az analízisre összeállított áramkörök más programok számára is konvertálhatók.

A TINA SZIMULÁCIÓS PROGRAM

A TINA egy magyar fejlesztésű elektronikai tervező és oktató program. A program nyújtotta szimulációs lehetőségekkel egyaránt vizsgálhatók analóg, digitális és vegyes típusú áramkörök. Az eredmények megjelenítését fejlett virtuális műszerek és diagramrajzolók segítik. A program segítségével tetszőleges elektronikus áramkör könnyen és gyorsan megszerkeszthető, és arra is lehetőségünk van, hogy a megtervezett és szimulált áramkört "átadjuk" egy nyomtatott áramkör tervező program számára. Az áramköri komponensek kiválasztását alkatrészkönyvtár segíti, ami az alkatrészgyártók által kiadott ún. "spice-modellekkel" tovább bővíthető.

A mérési eredmények látványosan ábrázolhatók. Ezt a sokrétű grafika segíti: Bode-diagram, pólus-zérus diagram, analóg és digitális időfüggvények. Lehetőség van szimbolikus és félszimbolikus analízissel képletek előállítására. A programot mérési jegyzőkönyvek, dokumentációk, prezentációk, szakdolgozatok készítéséhez is fel lehet használni.





3. Áramkörök összeállítása

A program indítása a Windows programoknál megszokott módon történik.

A TINA program elindítása után a munkaasztalra jutunk, ahol az áramkör összeállítása történik. (1.ábra)

A fájl és a szerkesztési műveletek a Windows-os programoknál megszokott parancsokat tartalmazzák. A kijelöl - másol - beilleszt műveletsort az áramkörök szerkesztésekor és vágólapra történő másoláskor is használhatjuk.

Az alkatrészeket az alkatrészsorból történt kiválasztás után egyszerűen az egér segítségével helyeztetjük el a munkaasztalon. A bal egérgombbal az alkatrészsoron a kiválasztott alkatrészre kattintva mozgatható a kívánt helyre, majd ismételt kattintással illeszthetjük be. Az elemre duplán kattintva az (editor) adatlapja nyílik meg, ahol a különböző jellemzőit állíthatjuk be. (2.ábra)

LIMKE	U2		le sur
Modulnév	DIP16 (74148)		
Paraméterek	(Paraméterek)		
Bemenet	Ideális	<u>+</u>	
Kimenet	Ideális		
Föld			
Vcc			
Hiba	Beállítások		

2. ábra. Alkatrész adatlapja

Amelyik alkatrészhez kivitel is van rendelve a modulnév pontban a tokozás is megtalálható/módosítható. Az alkatrész címkéje (pozíció száma) tetszőlegesen megváltoztatható. A modulnév megfelelő beállításai a nyomtatott áramkör-tervező program számára lényegesek (tokozás/kivitel).

Az alkatrészeket/műszereket a vezeték ikonra (3.ábra) kattintva tudjuk összekötni.

3. ábra. Vezeték rajzolás ikon

Az egér bal gombjával az alkatrész egyik kivezetésére kattintva, majd a gombot nyomva tartva húzzuk az egérmutatót a másik alkatrész kivezetéséhez, majd engedjük el a gombot. Vezetéket és alkatrészt törölni az egérmutatóval történő kijelölés és a "Delete" gomb megnyomásával, vagy a Szerkeszt/Töröl menüpont segítségével, a jobb egér gombra kattintva a legördülő menü Töröl parancsának kiválasztásával lehet, illetve az ikonsorból is kiadható a parancs.

A bekötött vezetékek "gumihuzalként viselkednek", az alkatrészmozgatáskor is megmarad az összeköttetés.

Az áramkör huzalozásakor figyeljünk arra, hogy minden alkatrész kivezetése be legyen kötve, bekötetlen alkatrész nem maradhat. A vezetékek alkatrészlábtól alkatrészlábig legyenek bekötve. A kimenetre mindig kell kötnünk lezárást pl. terhelő ellenállást, vagy műszert. A bemenet bekötéséről is gondoskodnunk kell, amit legegyszerűbben egy generátorral valósíthatunk meg.

Az alkatrészek elhelyezése és összehuzalozása után ki kell jelölnünk a bemenetet és a kimeneteket. Az előbbiből csak egy, az utóbbiból akár több is lehet. A bemenet és a kimenet kijelölése a műszerek, eszközök adatlapja segítségével történhet, illetve lehetőség van adott pontok I/O definiálására.

Modulnév NOPCB (VF) Paraméterek (Paraméterek) IO állapot Kimenet	Címke	VF1	
Paraméterek) IO állapot Kimenet ★	Modulnév	NOPCB (VF)	
IO állapot <u>Kimenet</u>	Paraméterek	(Paraméterek)	
	10 állapot	Kimenet 🛨	

4. ábra. Kivezetés adatlapja I/O beállítás

4. A funkcionális áramkörök szimulációja során alkalmazott műszerek

A program virtuális és megfelelő hardver kiegészítésekkel valóságos méréseket is végezhet. A szimulációs mérések előnye, hogy a műszerek nem mennek tönkre a helytelen méréshatár beállítás, vagy a rossz bekötés miatt. Kis jelek is mérhetők, alacsonyabb méréshatárban is pontos értéket mutatnak. Természetesen a virtuális mérések nem pótolhatják a műszerkezelés gyakorlatban történő elsajátítását.

A TINA áramkör szimulációs program műszereit is a gyakorlatban megszokott módon kell alkalmazni, az árammérőt a fogyasztóval sorosan a feszültségmérőt párhuzamosan kell bekötni a szimuláció összeállításakor.

A LEGGYAKRABBAN ALKALMAZOTT MŰSZEREK, ESZKÖZÖK:

Az áramköri elemeket műszereket, eszközöket az Alapelemek, Kapuk, Flip-flop, Logikai ICk, illetve a Műszerek könyvtárakból lehet a legegyszerűbben kiválasztani.

Az Alapelemek könyvtárban a leggyakrabban alkalmazott áramköri elemek és műszerek találhatók.

😰 Névtelen - Áramkör szerkeszto	
Eile Szerkesztés El <u>h</u> elyez <u>N</u> ézet <u>A</u> nalízis Interaktív <u>I</u> &M <u>E</u> szközök <u>S</u> úgó	
	:égmérő 🗾
↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓	
Alapelemek Kapcsolók Műszerek Források Félvezetők Optoelektronika Gyártói modellek Kapuk Flip-flop Logikai IC-k AD-DA/555 RF Analóg kontrol	I Speciális
Névtelen	
Ki Másol	X: 163 Y: 1

5. ábra. Alapelemek alkatrészkönyvtár

A Kapuk könyvtárban a digitális (integrált) kapuáramkörök találhatók, amelyek a logikai hálózatok alapelemei.

😰 Névtelen - Áramkör szerkeszto	
File Szerkesztés Elhelyez Nézet Analízis Interaktív T&M Eszközök Súgó	
	•
Alapelemek Kapcsolók Műszerek Források Félvezetők Optoelektronika Gyártói modellek Kapuk Flip-flop Logikai IC-k AD-DA/555 RF Analóg kontroll	Speciális
< Ⅲ Névtelen	*
	X: 548 Y: 352

6. ábra. Kapuk alkatrészkönyvtár

A Flip-flop könyvtárban a digitális (integrált) billenő áramkörök találhatók, amelyek a sorrendi hálózatok alapelemei.

😰 Névtelen - Áramkör szerkeszto	
Eile Szerkesztés Elhelyez Nézet Analízis Interaktív I&M Eszközök Súgó	
	•
Alapelemek Kapcsolók Műszerek Források Félvezetők Dptoelektronika Gyártói modellek Kapuk Flip-flop Logikai IC-k AD-DA/555 RF Analóg kontroll	Speciális
<	+
Névtelen	
	X: 423 Y: 0

7. ábra. Flip-flop alkatrészkönyvtár

A Logikai IC-k könyvtárban a digitális (integrált) logikai áramkörök, vagyis a digitális funkcionális áramkörök találhatók.

😰 Névtelen - Áramkör szerkeszto	
Eile Szerkesztés Elhelyez Nézet Analízis Interaktív I&M Eszközök Súgó	
	•
Alapelemek Kapcsolók Műszerek Források Félvezetők Optoelektronika Gyártói modellek Kapuk Flip-flop Logikai IC-k AD-DA/555 _ RF Analóg kontroll	Speciális
	*
Névtelen	
	X: 385 Y: 0

8. ábra. Logikai IC-k alkatrészkönyvtár

A Műszerek könyvtárban találhatók a szimuláció során alkalmazható műszerek, eszközök, kijelzők.

🙀 Névtelen - Áramkör szerkeszto	
<u>File Szerkesztés Elhelyez Nézet Analízis Interaktív T&M Eszközök Súgó</u>	
	Feszültségmérő 🗨
Alapelemek Kapcsolók Műszerek Források Félvezetők Optoelektronika Gyártói modellek Kapuk Flip-flop Logikai IC-k AD-DA/555	RF Analóg kontroll Speciális
Névtelen	
	X: 321 Y: 1

9. ábra. Műszerek könyvtár

A funkcionális áramkörök szimulációja során leggyakrabban alkalmazott eszközök, műszerek, kijelzők:

<u>Mérőpont:</u> A mérőpont segítségével csomóponti feszültségek mérhetők az adott ponton. A mérőponthoz csatornaszám rendelhető a mérésekhez.

-(
10. ábra. Mérőpont

<u>Feszültségkapocs</u>: A feszültségkapocs működése teljesen megegyezik a feszültségmérővel, attól egyedül rajzolatában tér el, mely kifejezi, hogy a feszültségmérő szakadást jelent a vizsgálatok során.

н	+	200	
н	1	1	
н	1	1	
н		1.0	N
	1000	C	-

11. ábra. Feszültségkapocs

Logikai szintjelző: Az adott pont aktuális logikai szintjének kijelzésére szolgál (H v. L szint). Magas logikai szint esetén színealapbeállításban piros, alacsony logikai szintnél kék, de az adatlapján módosítható.



12. ábra. Logikai szintjelző

<u>Kijelző áramkörök:</u> Logikai szintek, logikai áramkörök, logikai hálózatok kimeneti állapotának megjelenítésére szolgál.



13. ábra. Kijelzők

<u>Oszcilloszkóp</u>: Az ikon segítségével oszcilloszkópot helyezhetünk el a vizsgált kapcsolásban. Adatlapját dupla kattintással érhetjük el és állíthatjuk be a paramétereit. Az oszcilloszkóp adatait a diagramrajzolóba, vagy a képletszerkesztőbe transzformálhatjuk.



<u>Multiméter:</u> Az áramkörbe több multiméter helyezhető el, a gyakorlatban megszokott funkciókkal.

15. ábra. Multiméter

A T&M menüből választható műszerek

Ebben a menüben jelforrásokat és műszereket találhatók. Ezek az eszközök több funkcióval rendelkeznek, mint az ikonsorban találhatók és esetenként meghaladják a valóságos műszerek jellemzőit. Bekötésük automatikus, a kapcsolásban szereplő be-, és kimenetek automatikusan bekerülnek a műszer bemeneti választási lehetőségei közé.

			Hange
		0.0 V	Auto 🔺 🔻
unction			Input
v	~ V	<u></u> ı	<u>н</u>
~1	Ohm	Freq	

16. ábra. Digitális multiméter

<u>Oszcilloszkóp:</u> Az oszcilloszkóp az elektromos jelek időbeli viselkedését mutatja meg a képernyőjén.



17. ábra. A virtuális oszcilloszkóp kezelői felülete

A TINA virtuális oszcilloszkópjának több bemenete is lehet mint a hagyományos oszcilloszkópoknak, így több jelet lehet egy időben megjeleníteni.

Az oszcilloszkóp Auto nyomógombja automatikusan beállítja az oszcilloszkóp paramétereit a bemeneti jelnek megfelelően. A Run gomb elindítja a mintavételezést és az oszcilloszkóp az utolsó mintavételezés eredményét jeleníti meg. A Stop gomb megállítja a mintavételezést. A Store gomb az oszcilloszkóp az utolsó és az előző mintavételezés eredményeit is megjeleníti. Az Erase gomb pedig letörli a képernyőt. Az vízszintes és a függőleges eltérítések beállítása a szokott módon történik.



18. ábra. A vizsgált jelalak

Az oszcilloszkóp által mutatott jelforma az adattranszformáló (adat ki) ikon (19. ábra) megnyomásával, ha az oszcilloszkóp Stop gombját megnyomtuk, a diagram ablak transzformálható, ami egyszerűbb leolvasást, vagy a jelek egymásba másolásával könnyebb összehasonlítást eredményez (20. ábra). A diagram ablak ábrája a vágólapra is kimásolható a szokásos műveletekkel.

19. ábra. Adattranszformáló ikon

FUNKCIONÁLIS ÁRAMKÖRÖK ALKALMAZÁSA, VIZSGÁLATA SZIMULÁCIÓVAL, DOKUMENTÁLÁSA



20. ábra. A diagram ablakban megjelenő jelalak

5. Az elvégezhető analízisek (Digitális)

Az analízisek alapján tudjuk eldönteni egy áramkörről, hogy megfelelően működik, illetve megfelelő paramétereteket szolgáltat.

Itt csak azok az analízisek, eljárások kerülnek bemutatásra, amelyeket a funkcionális áramkörök vizsgálata során a leggyakrabban és leg egyszerűbben lehet alkalmazni.

<u>Analízisek:</u>

Digitális nyomkövetés: Ezen parancs hatására a szimulátor megoldja az digitális áramkörnek megfelelő logikai egyenletet. Ha nincs (statikus) megoldás, akkor ezt hibaüzenet jelzi. A statikus analízis során a digitális jelforrások a t=0s értékükkel szerepelnek. Ha a logikai egyenletnek több megoldása is van, akkor azok közül a program önkényesen veszi az egyiket. A t=0s-hoz tartozó állapot kiszámítása után a program lehetőséget ad arra, hogy interaktív módon időben léptessük a hálózatot. Az analízis végén egy vezérlőpult jelenik meg, amelynek segítségével az áramkör működése lépésről–lépésre nyomon követhető.

Digitális idődiagram: E menüpont kiválasztása után az analízis ideje állítható be: A tranziens analízis által vizsgált időtartamot adhatjuk meg ebben a menü pontban. A szimuláció során a program t=0-tól az itt megadott időtartamig számítja ki a kimenő jelek időfüggvényét. Alapérték: 1 μ s.

🕺 Névtelen - Áramkör szerkesz	zto	
File Szerkesztés Elhelyez Nézet	Analízis Interaktív T&M Eszközök	Súgó
	ERC	
< ↓↓ ↓ ‡ ♥ ‡ ♥ \$ Ø	Üzemmód Hibagenerálás	Ĩ{:-]]{ 🗪 ->- 😣 <
Alapelemek Kapcsolók Műszerek	Stressz analízis engedélyezés MCU nyomkövető engedélyezése	Gyártói modellek Kapuk Flip-flc
	Optimalizálási cél választás Vezérlő elem választás	
	Analízis paraméterek	-
	DC analízis 🔹 🕨	
	AC analízis 🔹 🕨	
	Tranziens	
	Állandósult állapot analízis	
	Fourier Analízis	
	Digitális nyomkövetés	
	Digitális idődiagram	
	Digitális VHDL szimuláció	
	Vegyes típusú VHDL szimuláció	_
	Szimbolikus analízis	
	Zaj analízis	
Nevtelen	Optimalizálás 🕨 🕨	
	Beállítások	

21. ábra. Az Analízis menü

A digitális analízis elvégezhető interaktív módban is az Interaktív mód/Digitális kiválasztásával.

s Elhel	yez Nézet	Analízis In	nteraktív T&	M Eszközök Súg	jó		
60	• •	0 T 1	74 <u>8</u> r		€ 100% -	Pic - / 🔅 🕴	K
掌	o di				1. 318 👝 🛶	DC	Į
-	4141	7 -			- 3°2 / 2000	AC	1
apcsolók	Y Y	Források	Félvezetők	Optoelektronika 1	Gyártói modellek 🔤	AC Tranziens	
apcsolók	Műszerek	Források	Félvezetők	Optoelektronika 1	Gyártói modellek / K	AC Tranziens Rövid tranziens	
apcsolók	Műszerek	Források	Félvezetők	Optoelektronika 1	Gyártói modellek K	AC Tranziens Rövid tranziens	
apcsolók	V- VV Műszerek	Források	Félvezetők	Optoelektronika 1	-` _*`` <u>:</u> _ ´` Gyártói modellek _k	AC Tranziens Rövid tranziens ✔ Digitális	
apcsolók	Y- YY Műszerek	Források	Félvezetők	Optoelektronika 1	Gyártói modellek K	AC Tranziens Rövid tranziens Vijitális VHDL	
apcsolók		Források	Félvezetők	Optoelektronika 1	Gyártói modellek K	AC Tranziens Rövid tranziens ✔ Digitális VHDL	
Ţ- apcsolók	Y XY	Források	Félvezetők	Optoelektronika I	Gyártói modellek K	AC Tranziens Rövid tranziens Vigitális VHDL	

22. ábra. Interaktív mód kiválasztása/Digitális

FUNKCIONÁLIS ÁRAMKÖRÖK VIZSGÁLATA SZIMULÁCIÓVAL

A következőkben a TINA szimulációs program alkalmazásának lehetőségére nézünk meg néhány tipikus esetet a funkcionális áramkörök vizsgálatához. A megismert módszerek, műszerek, analízisek alkalmazásával más, összetettebb áramkörök vizsgálata sem fog gondot okozni a továbbiakban.

MULTIPLEXER ÁRAMKÖR VIZSGÁLATA:

A multiplexer áramkörök vagy más néven adatszelektorok kimenetén a bemeneteikre kerülő adatok közül a címző bemeneteken kiválasztott jelenik meg. A bemeneteken lévő jeleknek a kiválasztásához – illetve kimenetre való kerüléséhez – ún. címdekódolóra van szükség, amely az adott bemenet jelének a kimenetre való kerülését teszi lehetővé.

Az áramkör vizsgálatához állítsuk össze a vizsgálókapcsolást.



23. ábra. Multiplexer áramkör vizsgálókapcsolása

A címző bemenetekre (A, B, C) kapcsoljunk órajel generátort, az adatbemenetekre pedig Magas-, illetve Alacsony-szint generátort,

Az analízisek közül választhatjuk a Digitális nyomkövetést, vagy a Digitális idődiagram-ot.

A digitális nyomkövetéssel lépésről-lépésre nyomon követhetjük a folyamatot. Az adott pontokon a piros szín a magas, a kék szín pedig az alacsony logikai szintet jelzi.

H = = bo w	Vezérlőpult	l
	Aktuális esemény Következő esemény	1,5u 2u
15 D4 14 D5	Elôzô esemény	
	☐ Ideális alkatrészek	<u></u>

24. ábra. Multiplex áramkör vizsgálata – Digitális nyomkövetés

A Digitális idődiagram választásakor meg kell adni az analízis idejét. A beállítás után végrehajtható a vizsgálat.

<u>A</u> nalízis ideje	20u	[\$]
🔲 Ideális alka	atrészek	

25. ábra. Digitális idődiagram-az analízis idejének beállítása



26. ábra. Az analízis eredménye

Hasonlóképpen végezhető el a demultiplexer, a kódoló és dekódoló áramkörök vizsgálata is, természetesen szem előtt tartva, hogy a bemenetekre minden esetben órajelet vagy az áramköri jellemzőknek megfelelő logikai szintet kell kapcsolni. Az áramkörök működésének vizsgálatához, működési diagramjuk felvételéhez célszerű a digitális nyomkövetés analízist használni.

Mint a multiplexer vizsgálatánál is látható az áramkörök ki és bemenetein a logikai szinteknek megfelelő (alapbeállításban piros/kék színű) pontok jelölik a logikai állapotot. Ezért nem feltétlenül szükséges ezekre a kivezetésekre logikai szintjelzőt kapcsolni.

ARITMETIKAI ÁRAMKÖRÖK VIZSGÁLATA

Az aritmetikai áramkörök közül az összeadó áramkörök vizsgálatát végezzük el.

A fejezet elején már szó volt róla, hogy a matematikai műveletek visszavezethetők összeadások, léptetések, komplemensképzések sorozatára.

A bináris összeadás összeadó áramkörrel végezhető el, amelyek a bináris összeadás szabályai szerint végzik a műveletet:

- az összeadás mindig csak két operandus között végezhető el,
- az operandusok bitjeit helyi értékenként kell összegezni,
- az összegzést a legkisebb helyi értékű bitekkel kell kezdeni,
- minden helyi értéken képezni kell egy összegbitet (S_i) és egy átvitelbitet (C_i).

A vizsgálatot egy négybites összeadó áramkörön végezzük el (SN7483). Adjuk össze az A=6 és B=9 számokat.

Az áramkör vizsgálatához állítsuk össze a vizsgálókapcsolást.



27. ábra. Vizsgálókapcsolás – összeadó áramkör A=6, B=9

Az operandusok értékének megfelelő logikai szinteket kapcsoljunk a bemenetekre (A1 és B1 a legkisebb helyi értékű bitek), C0 bemenetet kössük alacsony logikai szintre (nincs áthozat).

Az összeadó vizsgálatát legegyszerűbben az Interaktiv mód/Digitális menüpontjának kiválasztásával végezhetjük el.



28. ábra. Az analízis eredménye (A+B=15)

Az analízis eredményéből látható, hogy a két szám összege 15: S1=1, S2=1, S3=1, S4=1, az átvitel C4=0.

Most vizsgáljuk meg az A=7, B=9 számok összeadásának eredményét!

Az áramkör vizsgálatához állítsuk össze a vizsgálókapcsolást.

Ismét kapcsoljunk az operandusok értékének megfelelő logikai szinteket a bemenetekre (A1 és B1 a legkisebb helyi értékű bitek), C0 bemenetet kössük alacsony logikai szintre (nincs áthozat).



29. ábra. Vizsgálókapcsolás – összeadó áramkör A=7,B=9

Az összeadó vizsgálatát most is legegyszerűbben az Interaktív mód/Digitális menüpontjának kiválasztásával végezhetjük el.



30. ábra. Az analízis eredménye (A+B=16)

Az analízis eredményéből látható, hogy a két szám összege 16: S1=0, S2=0, S3=0, S4=0, az átvitel C4=1. Mivel a két szám összege már nem adható meg négy biten, ezért lett az átvitelbit értéke 1.

Vizsgáljuk meg az összeadó áramkör késleltetését, vagyis azt, hogy a bemenetre érkező jelek hatására mennyi idő elteltével jelenik meg a kimeneten az összeadás eredménye.

A vizsgálathoz adjuk az operandusokat a megfelelő bemenetekre, és C0 áthozat bemenetet vezéreljük órajel generátorral. Kimenetként a C4-es átvitel kimenetet vizsgáljuk.

A késleltetési idő vizsgálatához állítsuk össze a vizsgálókapcsolást.



31. ábra. Vizsgálókapcsolás – késleltetési idő meghatározása

Az órajel generátor frekvenciáját állítsuk 1MHz-re.

Címke	Clk	~	
Modulnév			
Paraméterek.	(Paraméterek)	 -	
Frekvencia	1M		22
Duty cycle T1/(T1+T2)	500m		
Páratlan Állapot (T1)	Alacsony		
Páros Állapot (T2)	Magas		*
Indítás	0		
Leállás	100M		
Kezdeti állapot	Alacsony		
Stop Állapot	Alacsony		100
Felfutó_idô	10n	~	TUK

32. ábra. Az órajel generátor beállításai

Analízisként válasszuk az Analízis/Digitális idődiagram menüpontot. Az analízis idejét állítsuk be 2µs-ra.

Végezzük el az analízist.



33. ábra. Az analízis eredménye – késleltetési idő meghatározása.

Az ábrából látható, hogy a két jel között időbeli eltérés van. Ahhoz, hogy ezt az időeltérést meg tudjuk határozni, célszerű egy rövidebb idejű vizsgálatot végezni.

Állítsuk be az analízis idejét 1µs-ra, majd végezzük el újra az Analízis/Digitális idődiagram analízist.



34. ábra. Késleltetési idő meghatározása

Az analízis eredményeként kapott diagramokra helyezzük el az "a" és "b" kurzort. A két jel közötti időeltérést a kurzor paraméterablakról leolvashatjuk az A-B cellából.

SZÁMLÁLÓ ÁRAMKÖRÖK VIZSGÁLATA

A sorrendi hálózatok fontos elemei a számláló áramkörök. Feladatuk, hogy a bemenetükre érkező impulzusokat számlálják, és a számlálás eredményét tárolják.

Minden bit tárolásához egy elemi tároló áramkör szükséges. A számolt érték bináris formában áll rendelkezésre ezen tároló áramkörök kimenetén. A számláló modulusát a számlálóláncban található elemi tárolók száma határozza meg. Ezen elemi tároló áramkörök J-K tárolók, illetve a belőlük kialakított T tárolók.

Az integrált kivitelű tárolók rendelkeznek egy sztatikus törlő és egy engedélyező bemenettel, amelyekkel vezérlési feladatok is megoldhatók. A törlő bemenet feladata, hogy a számlálási ciklus kezdetén a számlálás kezdeti értékét be lehessen állítani vele. A tárolók nagy része, amelyek a számlálólánc elemei az esetek nagy többségében élvezérelt, master-slave tárolók. A szinkron számlálók általában kétirányú számláló hálózatok.

A vizsgálathoz válasszuk az SN74190-es kétirányú, programozható szinkron decimális számlálót.

A számláló megfelelő működéséhez a CTEN bemenetet alacsony, a LOAD beíró bemenetet magas logikai szintre kell kötni. A programozó bemeneteket kössük alacsony logikai szintre. A vizsgálni kívánt be és kimenetekre kapcsoljunk kivezetést, paraméterablakában állítsuk be a címkénél a kivezetés nevét, ezzel megkönnyítve a vizsgálat kiértékelését.



Az áramkör vizsgálatához állítsuk össze a vizsgálókapcsolást (felfelé számlálás).



Az órajel bemenetre kapcsoljunk órajel generátort, a fel/le számlálást vezérlő bemenetre pedig High-Low kapcsolót. A kapcsolóra kattintva tudjuk átkapcsolni és kiválasztani, hogy az áramkör felfelé (H), vagy lefelé(L) számláljon. Az órajel frekvenciáját állítsuk be 1MHz-re.

Végezzük el az Analízis/Digitális idődiagram analízist. Az analízis idejét 20µs-ra állítsuk be.



36. ábra. Az analízis eredménye – digitális idődiagram, felfelé számláló

Az eredményből látható:

- minden tízedik órajel után újrakezdődik a számlálási ciklus,
- az áramkör kimenetei az órajel felfutó élére billenek,
- a legkisebb helyértéket a QA, a legnagyobbat QD jelenti,
- a 9. órajel felfutó élére a M/m kimenet (Max) állapotot vált, és a következő számlálási ciklus kezdetén billen vissza,
- a 9. órajel lefutó élére az RCO kimenet (átvitel) állapotot vált, és a következő számlálási ciklus kezdetén billen vissza.

Most végezzük el a vizsgálatot ismét, lefelé számlálva. Ebben az esetben a fel/le számlálás bemenetére magas szintet kell kapcsolni (H-L kapcsoló átkapcsolva).



37. ábra. Vizsgáló kapcsolás – lefelé számláló

Végezzük el ismét az Analízis/Digitális idődiagram analízist. Az analízis idejét 20µs-ra állítsuk be.

FUNKCIONÁLIS ÁRAMKÖRÖK ALKALMAZÁSA, VIZSGÁLATA SZIMULÁCIÓVAL, DOKUMENTÁLÁSA



38. ábra. Az analízis eredménye – digitális idődiagram, lefelé számláló

Az eredményből látható:

- minden tízedik órajel után újrakezdődik a számlálási ciklus, 9-től lefelé történik a számlálás,
- az áramkör kimenetei az órajel felfutó élére billenek,
- a legkisebb helyértéket a QA, a legnagyobbat QD jelenti,
- a 9. órajel felfutó élére a M/m kimenet (min) állapotot vált, és a következő számlálási ciklus kezdetén billen vissza,
- a 9. órajel lefutó élére az RCO kimenet (átvitel) állapotot vált, és a következő számlálási ciklus kezdetén billen vissza.

A számlálási ciklus végigkövethető, ha a számláló kimenetére kijelzőt kapcsolunk. A QA, QB, QC, QD kimeneteket kössük össze egy hexadecimális kijelző bemeneteivel, ügyelve a helyes sorrendre (helyérték).

A számlálási irányt vezérlő bemenetet alacsony logikai szintre kapcsoljuk (felfelé számlálás). Az órajel generátor frekvenciáját állítsuk 1kHz-re.



39. ábra. Vizsgálókapcsolás – számláló hex kijelzővel

A számláló működésének vizsgálata elvégezhető az Analízis/Digitális nyomkövetéssel, vagy az Interaktív mód/Digitális menüpont segítségével. A ki és bemeneteken a logikai szinteket piros/kék pontok (H/L szint) jelzik.

Ha a vizsgálathoz hétszegmenses kijelzőt szeretnénk használni, a számláló kimenete és a kijelző közé egy átkódoló és hétszegmenses kijelző meghajtó áramkört kell kapcsolni (pl. SN7447).



40. ábra. Vizsgálókapcsolás – számláló hétszegmenses kijelzővel

A helyes működéshez az átkódoló LT és RBI bemeneteit magas logikai szintre kell kötni.

A számláló működésének vizsgálata elvégezhető az Analízis/Digitális nyomkövetéssel, vagy az Interaktív mód/Digitális menüpont segítségével. A ki és bemeneteken a logikai szinteket piros/kék pontok (H/L szint) jelzik.

A SZIMULÁCIÓ DOKUMENTÁLÁSA

A szimuláció elvégzése után a kapott eredményeket dokumentálni kell.

A dokumentum minden esetben tartalmazza:

- a szimuláció vizsgálóáramkörének rajzát,
- az alkalmazott vizsgálati eljárást (analízis),
- a mérés eredményeit,
- a vizsgálat értékelését,
- a következtetések levonását.

A dokumentáció formája természetesen sokféle lehet. Mindig az adott munkakörnyezet, a munkahelyeken kialakított formátum és a műszaki dokumentációra vonatkozó szabványok, előírások határozzák meg.

A dokumentációba az áramkör szimulációs programokból, így a TINA programból az ábrák kijelölés után másolhatók, a szöveges környezetbe beilleszthetők.

Egy példa a dokumentum elkészítéséhez:

A SZIMULÁCIÓ DOKUMENTUMA

A szimuláció tárgya: SN7485 komparátor vizsgálata

A vizsgálókapcsolás:



41. ábra. Komparátor vizsgálata

A vizsgálati eljárás (analízis): Interaktív mód/Digitális

A vizsgált 4 bites kódok: A=0110, B=1100

Az analízis eredménye:



42. ábra. Az analízis eredménye

A vizsgálat értékelése:

A vizsgálat eredménye: A<B

Összefoglalás

Az áramkör szimulációs programok, így a TINA is alkalmasak arra, hogy az áramkörök megépítése nélkül, a tervezés során megvizsgáljuk az áramköröket. A megismert szimulációs módszerekkel, eljárásokkal lehetőség nyílik arra, hogy a funkcionális áramköri elemeket, a belőlük kialakított áramköröket megvizsgáljuk, működésüket analizáljuk. A feladatok elvégzéséhez segítséget nyújthatnak az áramkörök katalóguslapjai, amelyek a gyártók honlapjáról letölthetők. Érdemes és célszerű az áramkör szimulációk elvégzése előtt ezeket áttanulmányozni, az áramkörök legfontosabb paramétereit megismerni. A szimuláció elvégzése után a dokumentáció egy szövegszerkesztő alkalmazásával elkészíthető.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A szimulációkat a következő sorrendben végezze el:

Tanulmányozza az áramkör katalóguslapját, értelmezze jellemzőit, működési táblázatát és/vagy működési diagramját!

Tanulmányozza a TINA szimulációs program kézikönyvét!

Állítsa össze a vizsgálandó áramkör vizsgálókapcsolását!

Végezze el a bemeneti jelelek beállítását a paraméterablak párbeszédpanel segítségével!

Futtassa a kiválasztott analízist/analíziseket!

Értelmezze a kapott eredményeket, és ezek alapján végezze el a vizsgálat értékelését!

Készítse el a szimuláció dokumentációját!

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Vizsgálja meg a TINA áramkör szimulációs program segítségével az SN74180-as paritáskódoló áramkör működését. Vegye fel az áramkör működési táblázatát!

A bemenetek vezérléséhez használjon High-Low kapcsolókat. Az analízis elvégzéséhez az Interaktív mód/Digitális eljárást alkalmazza!

2. feladat

Vizsgálja meg a TINA áramkör szimulációs program segítségével az SN74193-as bináris szinkron számláló működését!

A számláló lefelé számláljon, a működés vizsgálatához alkalmazzon hexadecimális kijelzőt. Az órajel generátor frekvenciáját állítsa be 1kHz-re. A programozó bemenetekre kapcsoljon logikai alacsony szintet.

MEGOLDÁSOK

1. feladat



43. ábra. Megoldás I

	4			
	Even	Odd	SEven	SOdd
Even	Н	L	Н	L
Odd	H	L	L	Н
Even	L	Н	L	Н
Odd	L	Н	Н	L
x	Н	Н	L	L
x	L	L	Н	Н

2. feladat



IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Kovács Csongor: A digitális elektronika alapjai, General Press Kiadó, Budapest 2006

Hegyesi László-Mihály László: Szimuláció az elektronikában, General Press Kiadó, Budapest 2001, TINA Felhasználói kézikönyv

http://www.aut.bme.hu/VillamosSzakiranyBSc/files/TINA_7.0_manual.pdf

AJÁNLOTT IRODALOM

Zombori Béla: Digitális elektronika, Tankönyvmester Kiadó, Budapest 2006

A(z) 0917-06 modul 030-as szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 523 01 0000 00 00	Elektronikai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám: 15 óra

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 "A képzés minőségének és tartalmának fejlesztése" keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

> Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet 1085 Budapest, Baross u. 52. Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

> > Felelős kiadó: Nagy László főigazgató