

Impresszum

© 2011 Franzis Verlag GmbH, 85586 Poing

http://www.elo-web.de

Szerző: Burkhard Kainka

ISBN 978-3-645-10073-1

Készült a Conrad Electronic SE megbízásából, Klaus-Conrad-Str. 1, 92240 Hirschau Minden jog fenntartva, a fotómechanikus lejtátszásé, reprodukcióé és az elektronikus médiákon történő tárolásé is. Másolatok előállítására és sokszorosítására papíron, adathordozón vagy az Interneten, különösen PDF-ként csak a kiadó írásos engedélyével lehetséges, ellenkező esetben büntetőjogi következményekkel járhat.

A legtöbb hardver és szoftver termékmegnevezés, valamint céges logó, ami ebben a műben szerepel, rendszerint bejegyzett termékmegjelölés és aként kell őket tekinteni. A kiadó lényegében a gyártó írásmódját alkalmazza a termékmegnevezéseknél.

A kézikönyvben bemutatott összes kapcsolást és programot a lehető legnagyobb gondossággal fejlesztettük ki, vizsgáltuk be és teszteltük. Ennek ellenére nem lehet teljesen kizárni a kézikönyvben és a szoftverben előforduló hibákat. A kiadó és a szerző a hibás adatokért és következményeikért nem vállal felelősséget.

Az elektromos és elektronikus készülékeket tilos a háztartási hulladékkal együtt eltávolítani.

Az elhasznált terméket az érvényes törvényi előírásoknak megfelelően kell ártalmatlanítani. A leadáshoz gyűjtőállomásokat létesítettek, ahol ingyenesen leadhatja elektromos készülékeit. Lakhelyén a hatóságoknál informálódhat, hol talál ilyen gyűjtőállomást.

A termék megfelel a vonatkozó CE irányelveknek, amennyiben azt a mellékelt használati útmutató szerint használja. A használati útmutató a termékhez tartozik, és vele kell adnia, ha a terméket továbbadja.

1 Bevezetés

A digitális elektronika a modern számítógépes technika alapja. »Digitális« azt jelenti, hogy egy áramkörben csak egyértelmű be- vagy kikapcsolt állapot van, nincsenek köztes fokozatok, mint félig be, vagy háromnegyedig be, mint az analóg elektronikában. Első pillantásra itt tehát kevesebb lehetőségünk van.

De ha több digitális vezetékét egyszerre használunk, összesen igen sok különböző állapot hozható létre. Minden egyes állapotot egy bit-ként jelölünk. Egy 8 bites rendszer egyidejűleg 256 állapotot ábrázolhat, egy 16 bites rendszer már 65.636 (= 2 a 16-dikon) állapotot. Ha azután minden állapot gyorsan változik, óriási adatmennyiség dolgozható fel, és komplex rendszerek, mint pl. az Internet, realizálódnak.

A digitális elektronika első kísérleteit lehetőleg egyszerű építőelemekkel ajánlatos elvégezni. Egy tipikus alap építőelem egy úgynevezett logikai kapu (gatter/gate), azaz egy áramkör bemenetekkel és egy kimenettel. Az állapot a bemeneteken meghatározza, mi történik a kimeneten. Tipikus példa a "NAND-kapu". A tanulókészletben alkalmazott négyszeres 4011-es NAND kapu máris számos áramkör változatot tesz lehetővé. Több NAND-kapuból áramkörök építhetők fel más funkciókkal.

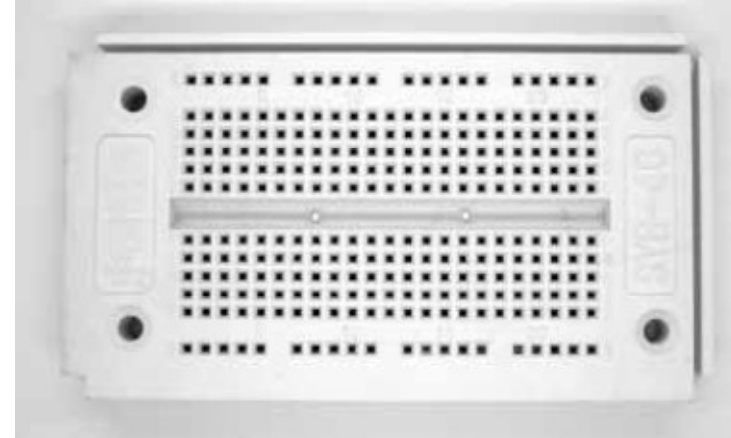
Még egy egész számítógép is végső soron ilyen alapfunkciókból van felépítve. A logikai kapukból pl. flipflopok vagy tároló építőelemek építhetők fel, amelyek az utoljára felvett állapotot megtartják. Egy komplexebb flipflop a JKFlipflop, ami belül ugyancsak kapufunkciókból van felépítve. A tanulókészlet egy dupla 4027 JK Flipflop-ot tartalmaz. A két IC a 4000-es CMOS családhoz tartozik, és 3 V és 15 V közötti üzemi feszültséggel működtethető. Így kiválóan alkalmas egyszerű kísérletekhez, és 9 V-os elemmel való működésre.

Először az építőelemeket mutatjuk be. Az egyes kísérleteket egy dugaszoló panelen végezzük el. Mindegyik kísérlethez egy kapcsolási rajz és egy felépítési fotó tartozik. A mindenkor fotó csak ajánlásként értendő: az alkatrészeket másképpen is elrendezheti. Az egyes alkatrészek kivezetéseit a fotók jobb áttekinthetősége érdekében részben lerövidítették. Hagyja azonban

ezeket a csatlakozó lábakat lerövidítés nélkül, így azok további kísérletekhez is használhatók maradnak.

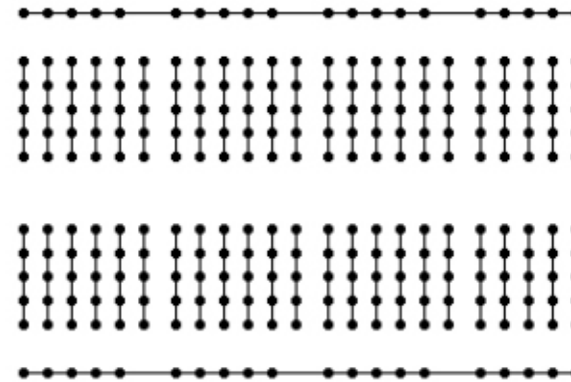
1.1 Dugaszoló felület

A kísérleteket egy labor kísérleti kártyán állítjuk össze. A 2,54 mm raszteres, 270 érintkezős dugaszoló felület biztosítja az alkatrészek biztos összekötését.



1. ábra: A kísérleti felület

A dugaszoló felület középső részén 230 kontaktus van, öt-öt kontaktusból álló függőleges vezetőfóliával összekötve. Ezen túlmenően a peremen 40 érintkező van a tápellátáshoz, amik két, 20 érintkezőből álló vízszintes érintkezőfelület csíkból állnak, így a dugaszoló felület két független tápsínnel rendelkezik. A 2. ábra az összes belső kapcsolatot mutatja. A rövid érintkezősorokat a középső felületen találjuk és a hosszú tápsíneket a peremen.



2. ábra: A belső érintkezősorok

Az alkatrész beültetéshez viszonylag nagyobb erő kell. A kivezetések ekkor könnyen megtörnek. Fontos, hogy a lábakat pontosan felülről vezessük be, ehhez egy csipeszt vagy kis fogót lehet használni. A kivezetést lehetőleg röviden a panel fölött fogjuk meg, és függetlenül nyomjuk lefelé. Így még érzékenyebb csatlakozóvezetékek, pl. az elem klip leönözött végei, törés nélkül beültethetők.

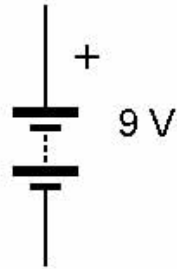
A kísérletekhez rövid és hosszabb huzaldarabokra van szükség, amiket a mellékelt csatlakozóhuzalból kell levágni. A huzalvégek lecsupaszításához a szigetelést egy éles késsel körkörösben be lehet vágni.

1.2 Elem

A következő áttekintés az építőelemeket ábrázolja valós kinézetük szerint is, valamint áramköri szimbólumaikat is, ahogy azokat a kapcsolási rajzokban alkalmazzák. Elem helyett lehet pl. hálózati adaptert is használni.



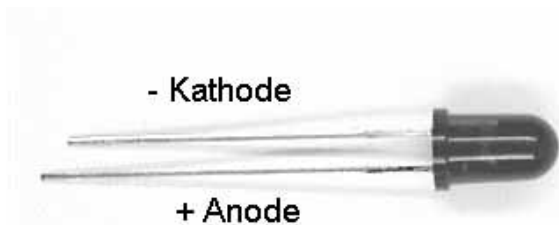
3. ábra: Az elem, valóságosan, és kapcsolási szimbólumként



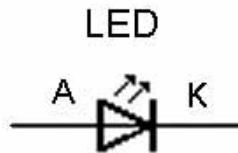
Ne használjon alkáli elemet, sem akkut, hanem csak egyszerű cink-szén elemeket. Az alkáli elemnek ugyan hosszabb az élettartama, de jelentős hátránya hogy: hiba esetén (akárcsak az akku), pl. rövidzárlatnál igen nagy, 5 A feletti áramot ad le, amely a vékony huzalokat, vagy magát az elemet erősen felhevítheti. Egy cink-szén elem rövidzárlati árama ezzel szemben többnyire kisebb, mint 1 A. Ettől ugyan érzékenyebb építőelemek tönkremehetnek, de nem áll fenn az égés veszélye. A mellékelt elemklipsz hajlékony huzalú csatlakozóvezetékekkel rendelkezik. A kábelvégek lecsupaszítottak és ónozottak. Ezáltal elég merevek, és a dugaszolható panel érintkezőibe bedughatók. Mindenesetre a gyakori dugaszolástól elveszthetik alakjukat. Ezért ajánlatos az elemcsatlakozókat mindig csatlakoztatva hagyni és csak az elemklipszet az elemről lehúzni.

1.3 Világítódiodák

A tanulókészlet négy piros LED-et tartalmaz. Az összes világítódiodánál alapvetően a polarításra kell ügyelni. A mínusz csatlakozót katódnak nevezzük, ez a rövidebb kivezetés. A plusz csatlakozó az anód. A LED belsejében látható a LED kristály kehely formájú tartója, ami a katódnál helyezkedik el. Az anód csatlakozó egy extra vékony huzalon át a kristály felső részével érintkezik. Figyelem: Az izzóktól eltérően a LED-eket soha nem szabad közvetlenül az elemhez csatlakoztatni. Mindig szükség van egy előtétellenállásra.



4. ábra: A világítódioda



1.4 Ellenállások

A tanulókészletben szereplő ellenállások szénréteg ellenállások, $\pm 5\%$ tűréssel. Az ellenállás anyagát egy kerámiaúdra viszik fel, és védőréteggel vonják be. A jelölés színes gyűrűk formájában történik. Az ellenállásérték mellett a pontossági osztály is meg van adva.



5. ábra: Egy ellenállás

Az ellenállások, amelyeknek a tűrése $\pm 5\%$, az E24-es sorba tartoznak, ahol mindegyik dekád 24 értéket tartalmaz, melyek egymástól kb. azonos távolságra vannak.

1. táblázat: Ellenállás értékek az E24 szabványsor szerint

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 |
| 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,7 | 3,0 |
| 3,3 | 3,6 | 3,9 | 4,3 | 4,7 | 5,1 |
| 5,6 | 6,2 | 6,8 | 7,5 | 8,2 | 9,1 |

A színkódot attól a gyűrűtől kezdve kell leolvasni, amely az ellenállás pereméhez közelebb van. Az első két gyűrű a két számjegyre vonatkozik, a harmadik az ellenállásérték szorozója ohm-ban (Ω) megadva. A negyedik gyűrű adja meg a tűrést.

2. táblázat: Az ellenállások színkódjai

| Szín | 1. gyűrű 1. számjegy | 2. gyűrű 2. számjegy | 3. gyűrű Szorozótényező | 4. gyűrű tűrés |
|---------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------|
| fekete | | 0 | 1 | |
| barna | 1 | 1 | 10 | 1 % |
| piros | 2 | 2 | 100 | 2 % |
| narancs | 3 | 3 | 1000 | |
| sárga | 4 | 4 | 10 000 | |
| zöld | 5 | 5 | 100 000 | 0,5 % |
| kék | 6 | 6 | 1 000 000 | |
| ibolya | 7 | 7 | 10 000 000 | |
| szürke | 8 | 8 | | |
| fehér | 9 | 9 | | |
| arany | | | 0,1 | 5% |
| ezüst | | | 0,01 | 10% |

Egy sárga, ibolyaszín, barna és arany színű gyűrűs ellenállás értéke 470Ω 5 % tűréssel. A tanulókészletben a következő értékű ellenállások találhatóak:
1 k Ω barna, fekete, piros

10 kΩ barna, fekete, narancs
 100 kΩ barna, fekete, sárga
 2,2 MΩ piros, piros, zöld

1.5 Kondenzátorok

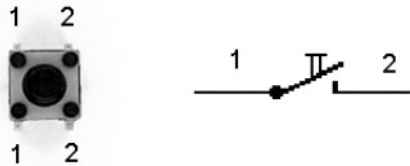
Egy kondenzátor két fém felületből és egy szigetelő rétegből áll. Ha feszültséget adunk rá, a két kondenzátorlemez között elektromos erőteret keletkezik, amiben energia tárolódik. A kondenzátor kapacitását faradban (F) mérjük. A szigetelő anyag (dielektrikum) megnöveli a kapacitást a légszigeteléshez képest. A kerámia tárcsakondenzátorokhoz speciális kerámia anyagot használnak, amivel nagy kapacitást lehet elérni kis méret mellett. A tanulókészlet egy 100 nF-os kerámia tárcsakondenzátort tartalmaz (felirat 104, 100.000 pF).



6. ábra: Egy kerámia kondenzátor

1.6 Nyomógomb

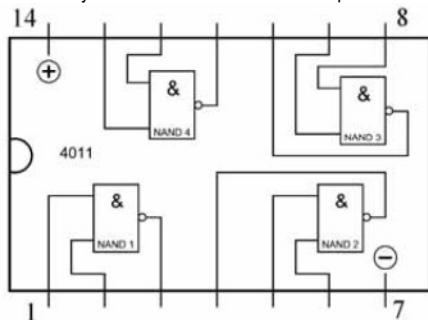
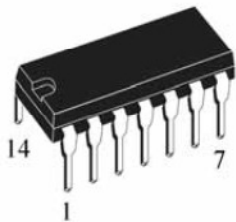
A nyomógombok a tanulókészletben egy két csatlakozós záróérintkezővel rendelkeznek, amelyek duplán vannak kivezelve.



7. ábra: A nyomógomb

1.7 4011-es négyszeres NAND kapu

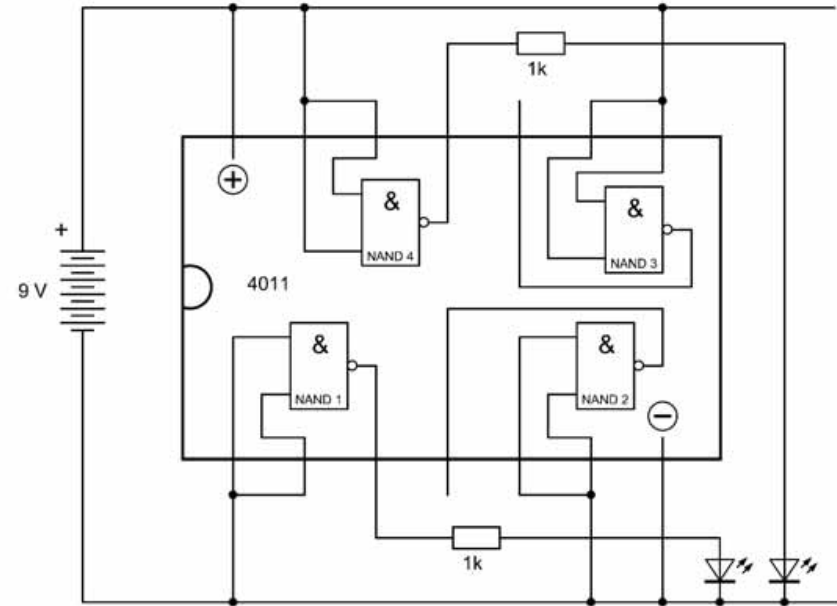
Egy integrált áramkör (IC) sok alkatrészsel rendelkezik egy házban. A 4011-esnél egy CMOS-IC-ről van szó, négy NAND kapuval. Az IC jól védett elektrosztatikus kiséssel szemben, ezért nem kell különleges óvatossággal kezelni. Figyeljen arra, hogy az üzemi feszültség rendesen csatlakoztatva legyen. Ha az IC-t hibásan építik be, erősen felmelegszik, és tönkremegy. A dugaszolós panelbe való első behelyezésnél a 14 csatlakozó lábának párhuzamosnak kell lennie.



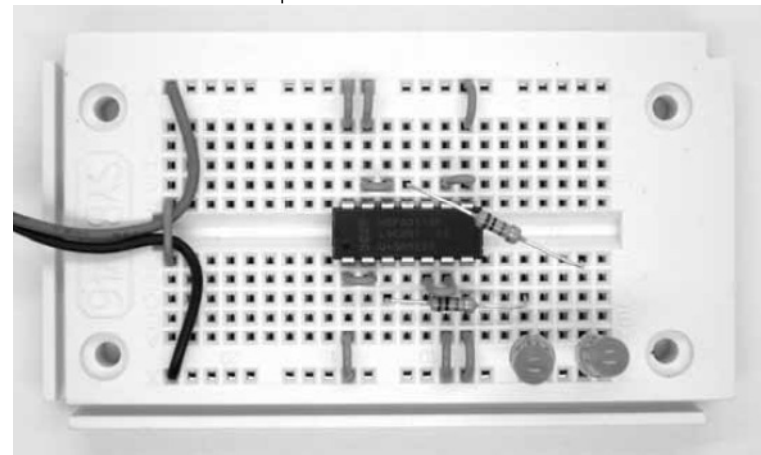
9. ábra: A 4011-es CMOS-IC

2 Inverter

A 4011-es CMOS-IC négy független NAND kaput tartalmaz egyenként két bemenettel. Egy első kísérlet az IC alkalmazását mutatja egy 9 V-os elemfeszültségen, és LED csatlakoztatásnál. A beépítésnél okvetlenül ügyelni kell a helyes polarításra. A plusz csatlakozó Vcc-ként van jelölve, a mínusz csatlakozó GND-ként. Minden CMOS IC-nél figyelembe kell venni, hogy a nem használt bemeneteket vagy a Vcc-re vagy a GND-re kell tenni. Nyitott bemenetek nagyobb áramfelvételhez és az áramkör hibás működéséhez vezethetnek. Nyitott kimenetek viszont megengedettek.



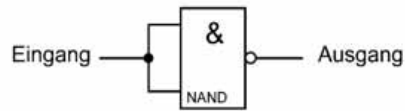
10. ábra: Teszt áramkör NAND kapukkal



11. ábra: Beültetés a dugaszolós panelbe

Az áramkör a négy NAND kapuból csak kettőt használ fel (NAND 1 és NAND 4)

Mindegyik bemenet össze van kötve. Ezzel a NAND kapu egy inverterre alakul. Egy nulla bemeneti állapot egy egyes kimeneti állapotot válik, és fordítva. A kimeneten mindenkor egy LED van csatlakoztatva, az előtét-ellenállásával. Ennél a kísérletnél a baloldali LED világít, mialatt a jobboldali LED kikapcsolva marad.



12. ábra: Egy NAND kapu mint inverter

Az áramkör funkcióját egy úgynevezett igazság-táblázat jeleníti meg. Az alsó kapunál (NAND 1) a bemenet GND-n (0) van, a kimenet ezért be van kapcsolva (1). A felső kapunál (NAND 4) a bemenet Vcc-n (1) van, a kimenet ezért ki van kapcsolva (0).

| Bemenet | Kimenet |
|---------|---------|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

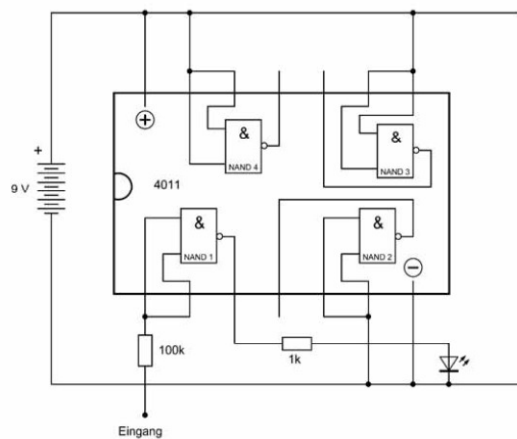
3 Érintéskapcsoló

Ez a kísérlet egy logikai kaput használ inverterként nyitott bemenettel. A bemeneten egy védőellenállás van, ami 100 kΩ, és ujjal megérinthető. Ha Ön elektromosan erősen fel van töltve, a védő ellenállás behatárolja a kisütő áramot.

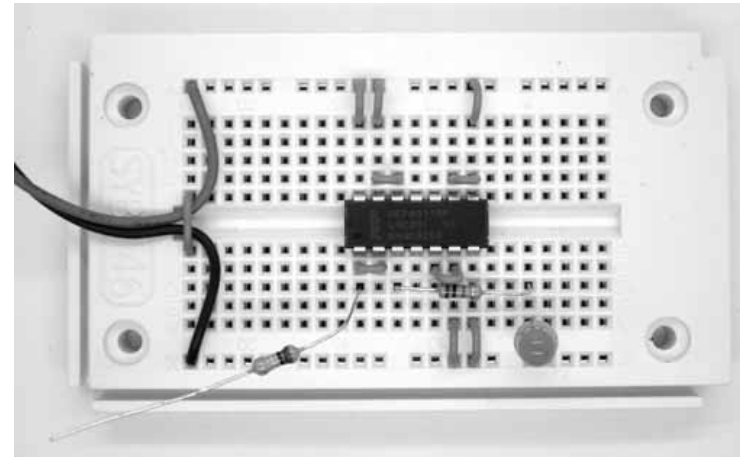
Ennek az áramkörnek a kimeneti állapota nem jelezhető előre, mert a bemenet különösen nagy ellenállású, és egy véletlen töltést el tud viselni. Ha a bemeneti feszültség jelentősen az üzemi feszültség fele (4,5 V) fölött van, akkor az állapot 1, ha alatta van, akkor 0. Valójában egy középső bemeneti feszültség is létezik, amelynél a kimenet ugyancsak a középső tartományban van. A digitális áramkör akkor hasonlóan működik, mint egy analóg erősítő. Ezt az állapotot azonban normál esetben kerülnünk el, mert az IC ilyenkor jelentősen több áramot igényel. Ezen kívül egy meghatározatlan bemeneti állapot egy digitális áramkör működését zavarhatja. A nyitott bemeneteket kerülni kell. Ez a kísérlet viszont benyomást közvetít arról, hogyan viselkedhet egy nyitott bemenet.

Gyakran elegendő egy könnyed érintés az ujjunkkal az állapot megváltoztatására.

Az emberi test legtöbbször az őt körülvevő hálózatokkal való csekély kapacitív kapcsolat által egy bizonyos váltakozó feszültséget hordoz. A kimeneten ekkor a LED gyors, 50 Hz-es felvillanását lehet látni. Ha a bemenetet elengedjük, az utolsó állapot egy bizonyos ideig megmarad.



13. ábra: Inverter nyitott bemenettel



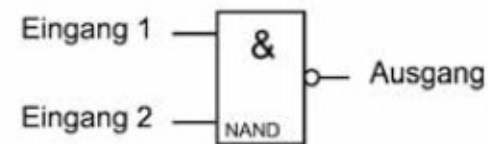
14. ábra: Felépítés érintéses kontaktussal

4 NAND alapfunkció

Ebben a kísérletben a NAND kapu tényleges funkciója kerül vizsgálatra. Itt egy UND funkcióról van szó, rákövetkező invertálással. Az UND- (AND) funkcióra érvényes: csak ha az 1. ÉS 2. bemenet be van kapcsolva, akkor van a kimenet is bekapcsolva.

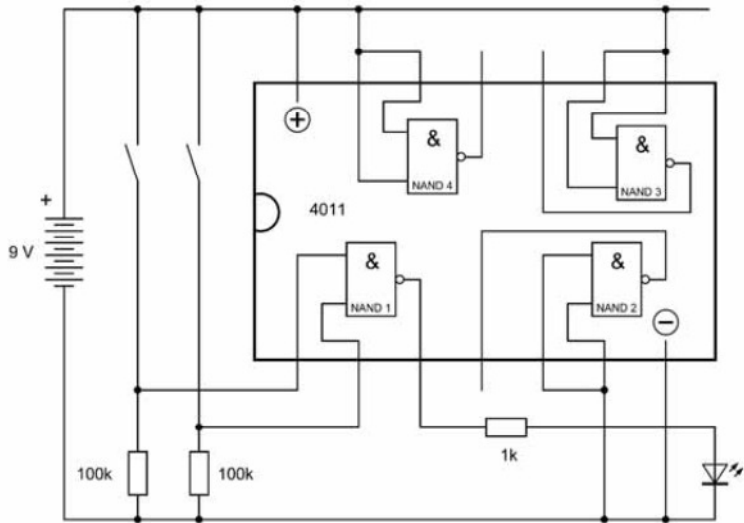
Ennek megfelelően a NAND funkcióra érvényes: ha az 1. ÉS 2. bemenet be van kapcsolva, akkor van a kimenet kikapcsolva. Ezt mutatja a NAND kapu igazság táblája is.

| Input 1 (1. bemenet) | Input 2 (2. bemenet) | Kimenet |
|----------------------|----------------------|---------|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

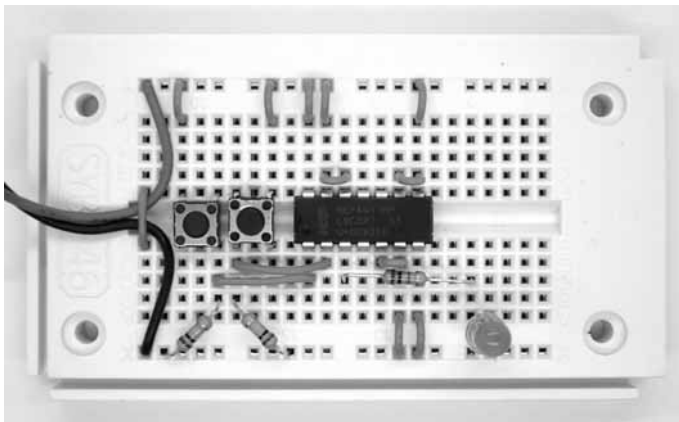


15. ábra: Egy NAND kapu csatlakozói

Az áramkörben két 100 kΩ-os ellenállás van, a nulla nyugalmi állapot előállítására. A nyomógombokkal esetenként egy egyes állapot bekapcsolható. Ebben az esetben a LED nyugalmi állapotban be van kapcsolva. Csak ha mindkét gombot egyidejűleg nyomják, akkor alszik ki.



16. ábra: Kapcsoló a bemeneteken

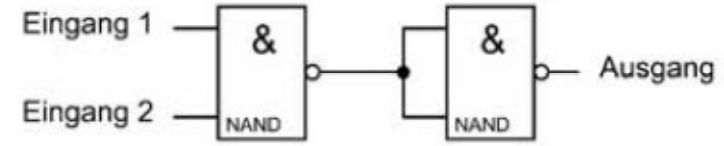


17. ábra: Felépítés nyomógombokkal

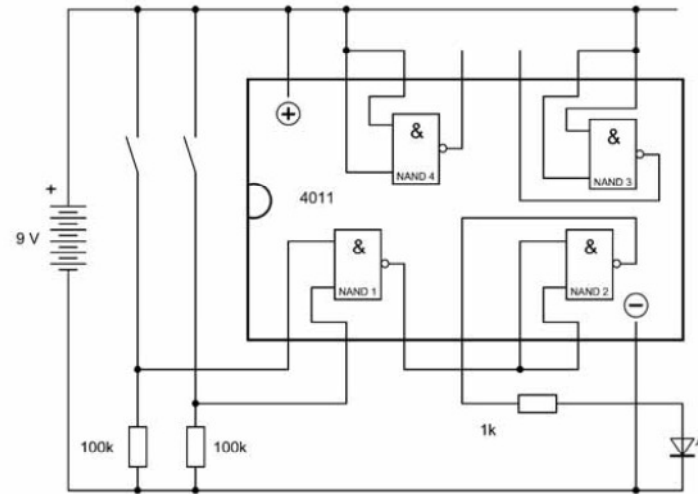
5 AND kapu (Gatter/Gate)

Egy hozzáadott inverterrel a NAND kapuból egy AND áramkör építhető. Ezúttal a szabály: Csak ha mindkét kapcsoló zárva van, akkor kapcsol be a LED.

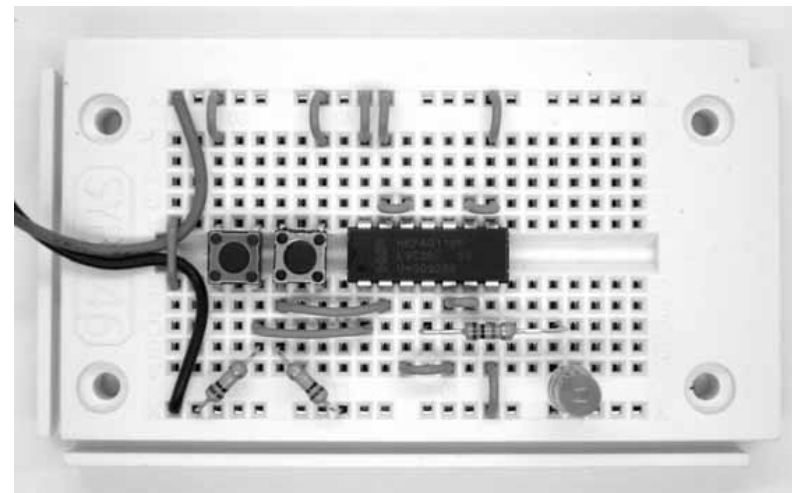
| Input 1 (1. bemenet) | Input 2 (2. bemenet) | Kimenet |
|----------------------|----------------------|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |



18. ábra: AND kapu



19. ábra: AND teszt-áramkör

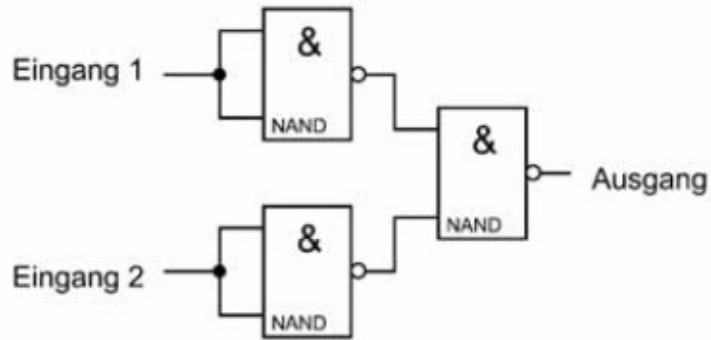


20. ábra: Az AND áramkör felépítése

6 OR kapu (gate)

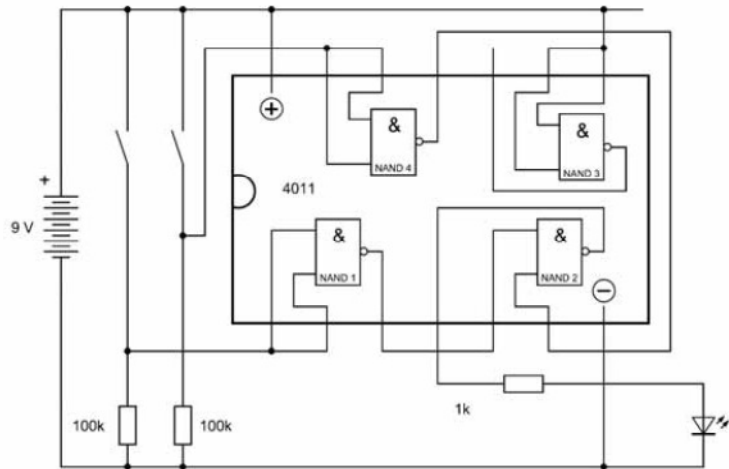
Ha a NAND kapu mindkét bemenetét invertáljuk, egy OR kapu keletkezik.

Az ODER funkcionál: ha az 1. bemenet VAGY 2. bemenet VAGY mindkettő be van kapcsolva, akkor a kimenet is be van kapcsolva.

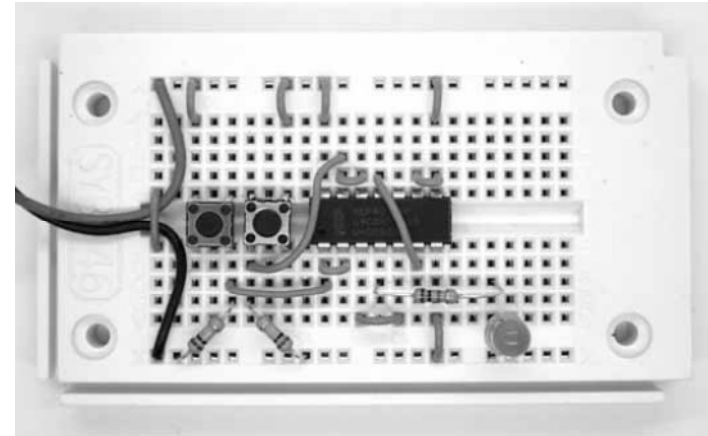


21. ábra: ODER áramkör

| Input 1 (1. bemenet) | Input 2 (2. bemenet) | Kimenet |
|----------------------|----------------------|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



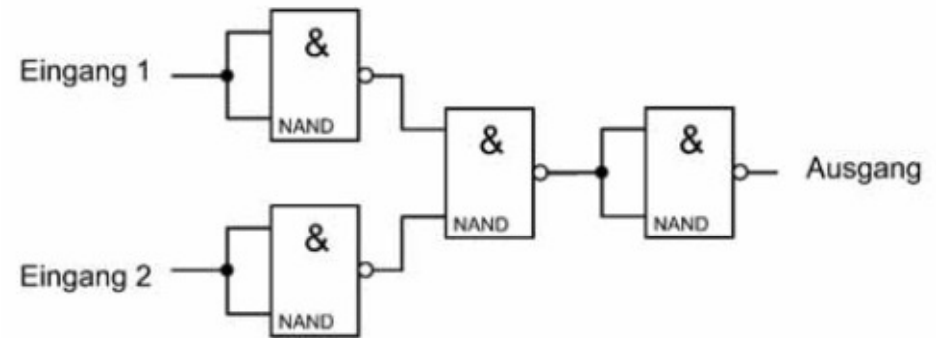
22. ábra: Az OR áramkör vezetékézése



23. ábra: Az OR áramkör tesztje

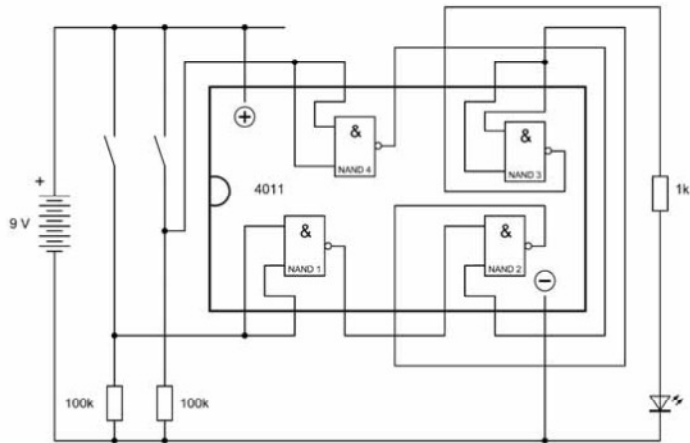
7 NOR kapu

Egy további inverter az OR kapu mögött egy Nem-Vagy funkciót (NOR) hoz létre. Egy NOR kapu létrehozásához mind a négy 4011 NAND kapura szükség van.

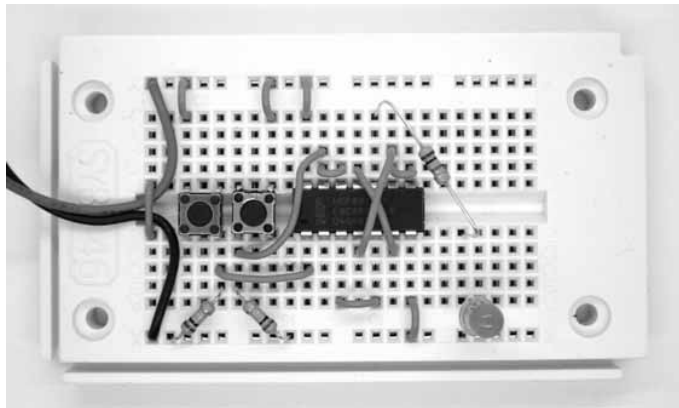


24. ábra: Egy NOR kapu felépítése

| Input 1 (1. bemenet) | Input 2 (2. bemenet) | Kimenet |
|----------------------|----------------------|---------|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |



25. ábra: A NOR kísérlet vezetékjezése



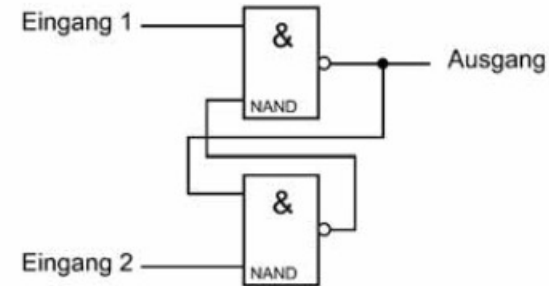
26. ábra: A NOR áramkör tesztje

8 RS-Flíplop

Egy flíplop olyan áramkör, amely önállóan tud két állapot közül egyet tartani. Egy digitális állapot tehát tárolható. Meghatározott bemeneti állapotok által a kimenet átkapcsolható. Az RSFlíplop-nak két bemenete van: Reset (R, törölő) és Set (S, beállító). Nyugalmi állapotban mindkét bemenet felemelt helyzetben van ($R = 1, S = 1$). A kimenet ekkor nem biztos (X) és az előzetes történésektől függ. Ha R-t 0-ra kapcsoljuk, a kimenet kikapcsolódik. Viszont ha S-t nullára kapcsoljuk, akkor bekapcsolódik.

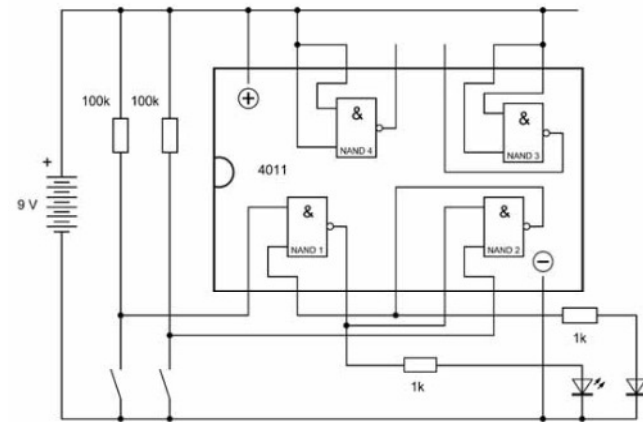
| Input 1 (1. bemenet) | Input 2 (2. bemenet) | Kimenet |
|----------------------|----------------------|---------|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | X |

Az RS flíplop két NAND kapuból építhető fel, ahol a kimenetek mindig a másik kapu egy bemenetére visszacsatolódnak. A visszacsatolás hatása, hogy egy egyszer beállt állapot megmarad.

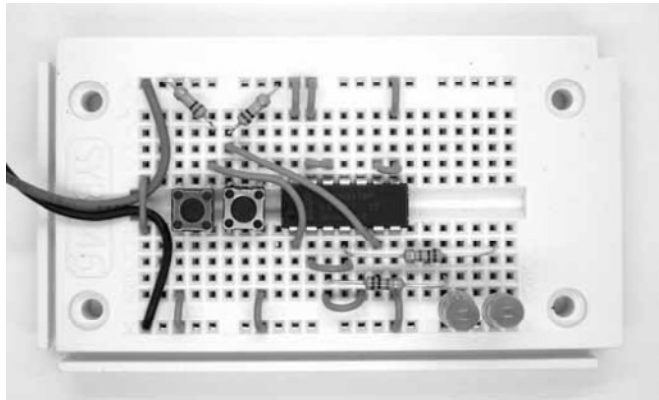


27. ábra: Az RS flíplop alapelve

A ténylegesen felépített áramkörben mindkét kimenet LED-ekre kerül. A NAND 2 kimenetén mindig megjelenik a NAND 1 invertált állapota. Két ellenállás V_{cc} -vel szemben gondoskodik az 1. nyugalmi állapotról. A nyomógombok egy 0 állapotot kényszeríthetnek ki, és ezzel megváltoztatják a kimeneti állapotot. Az üzemelési feszültség bekapcsolásakor a két LED közül az egyik világít - hogy melyik, azt nem lehet előre megmondani. A két nyomógombbal a két állapot között át lehet kapcsolni.



28. ábra: Az RS flíplop kapcsolási rajza

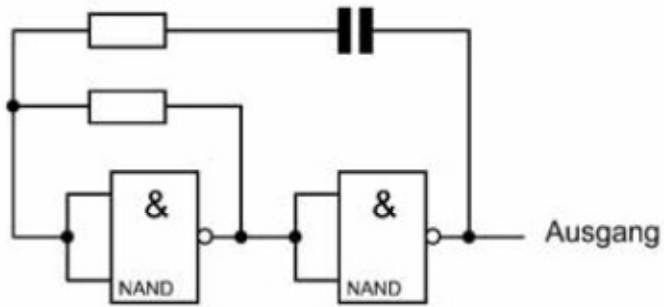


29. ábra: Felépítés R- és S

nyomógommbal

9 Villogó kapcsolás

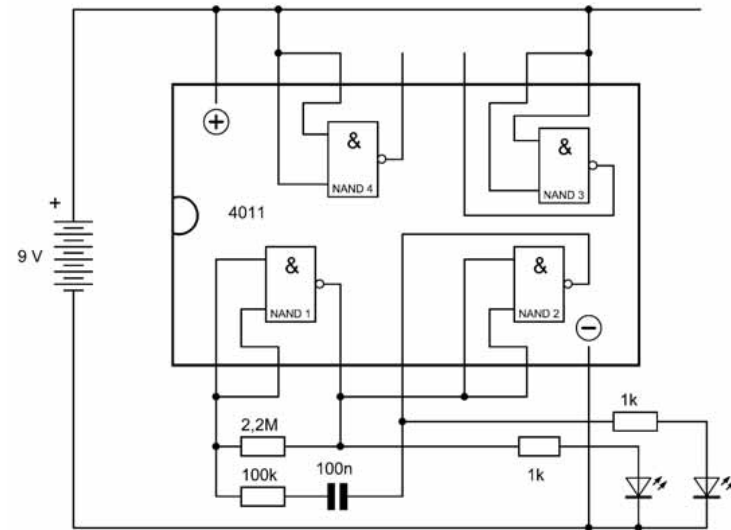
Két NAND-kapuvval, két ellenállással és egy kondenzátorral egy astabil flipflop építhető fel, ami önállóan kapcsol ide-oda. Mint egy RS-flipflopnál, itt is egy visszacsatolás van. Egy állapot azonban csak addig stabil, amíg a kondenzátor töltődik. Ezután változik a kiinduló állapot. Szigorúan véve ez nem digitális áramkör, mert a baloldali kapu bemeneti feszültsége fokozatosan változik. Végso hatásként azonban a kimeneten egy digitális jel áll elő, ami periodikusan változik.



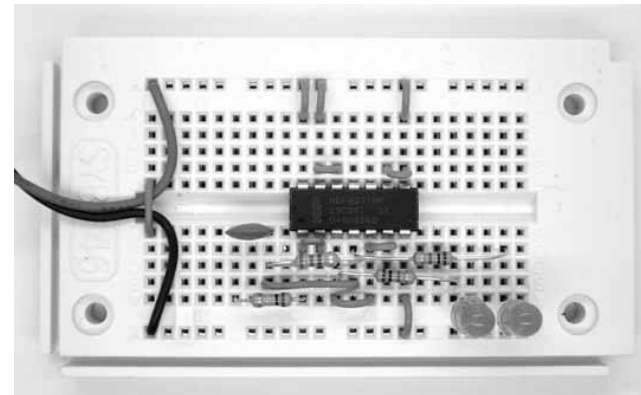
30. ábra: Astabil flipflop

A gyakorlati áramkörben mindkét NAND kapu LED-ekkel van ellátva, amelyek ezért felváltva villognak. Az ellenállások és a kondenzátor úgy vannak kiválasztva, hogy egy jól látható, kb. 2 Hz frekvenciájú villogás álljon elő.

Az itt bemutatott áramkört a továbbiakban komplexebb digitális áramkörökhöz órajel forrásként is lehet használni.



31. ábra: Villogó két LED-del



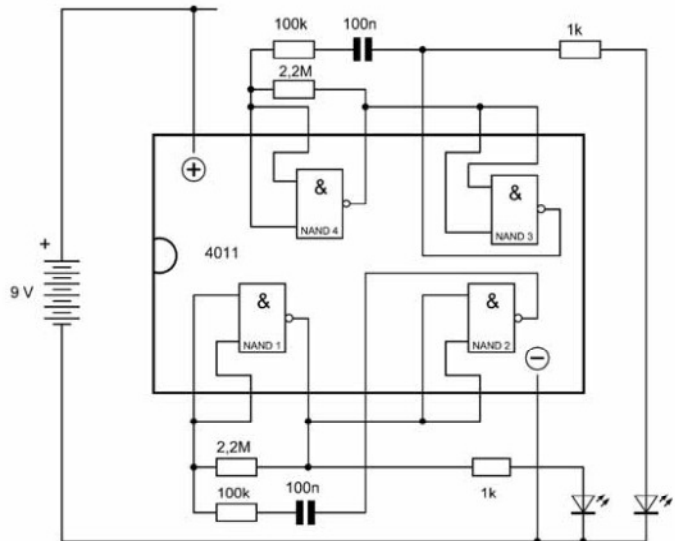
32. ábra: Egy váltakozó villogó felépítése

10 Kettős villogó

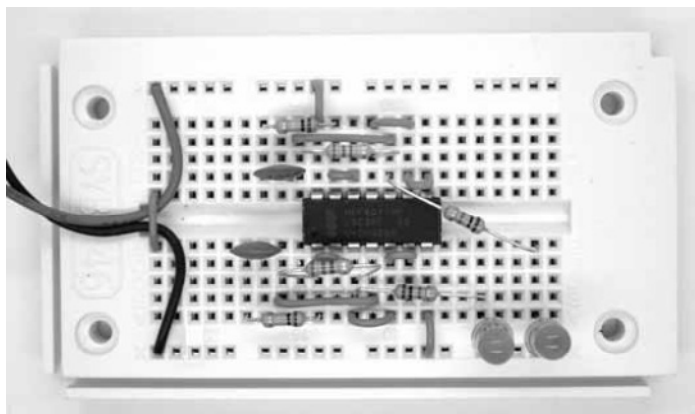
Négy logikai kapuvval egyidejűleg két egymástól független villogó áramkör építhető fel.

Elméletileg azonos frekvenciával kellene működniük. Gyakorlatilag viszont már az építőelemek csekély tűrés eltérései is azt eredményezik, hogy az áramkörök nem szinkronban működnek. Ha a kondenzátorok egyikét az ujjával megérinti, a kis felmelegedés a kapacitás csekély mértékű csökkenéséhez vezet.

A megfelelő villogó ekkor kissé gyorsabban villog.



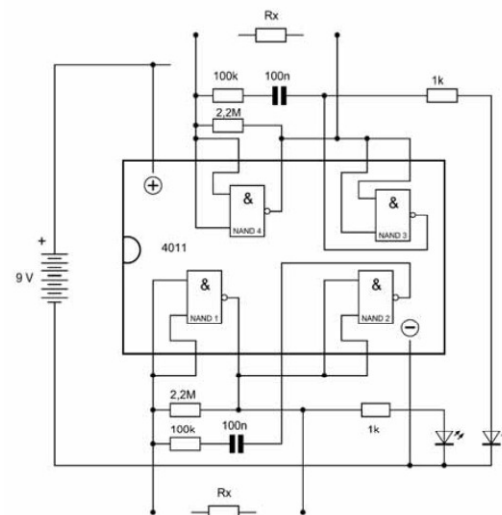
33. ábra: Két azonos villogó



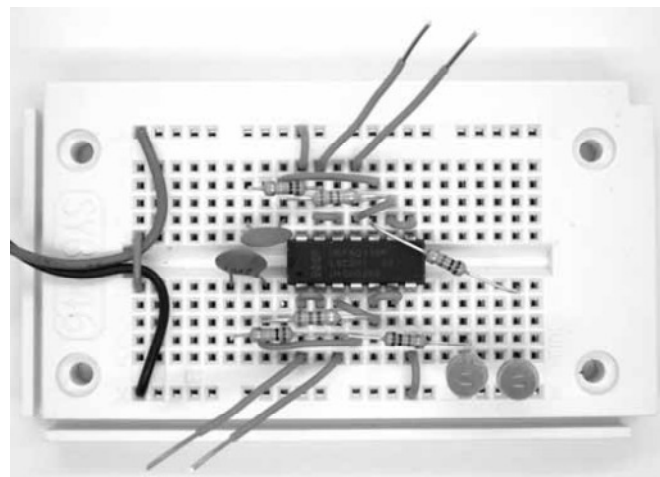
34. ábra: Független villogási ütem

11 Változtatható frekvencia

A két villogó frekvenciája széles határok között változtatható, ha egy külső ellenállása 2,2 M Ω -os ellenállással az áramkörben párhuzamosan kapcsolunk. Itt a bőr ellenállását alkalmazzuk. Mindkét huzalvég könnyed érintése a frekvencia emelkedéséhez vezet. Az oszcillátorokkal két személy bőr-ellenállása összehasonlítható.



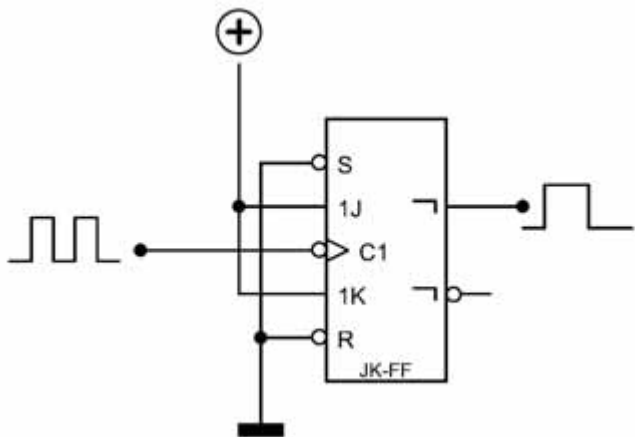
35. ábra: Változtatható villogási frekvencia



36. ábra: Felépítés ujj-érintkezéssel

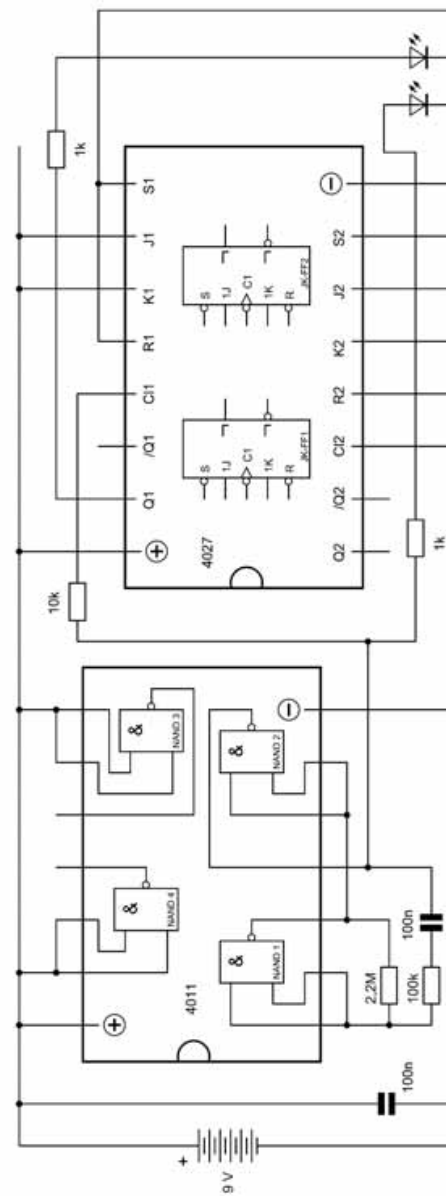
12 Frekvencia elosztó

A 4027 CMOS IC két egymástól független JK- flipflopot tartalmaz. Egy JK flipflop egy viszonylag komplex, és igen sokoldalúan alkalmazható áramkör. Az első kísérletnél az IC Toggle flipflopként lesz használva. Az R és S bemeneteket ehhez a GND-re kell tenni, a J és K bemeneteket pedig a Vcc-re. »Toggle« (angol) átkapcsolást jelent. A kimeneti állapot minden 0-1 állapotváltásnál változik az órajel bemeneten (óra, C) vagyis minden pozitív ütemrésznél. Végeredményként a kimenetnél egy négyszögjel keletkezik, fél órajelfrekvenciával.



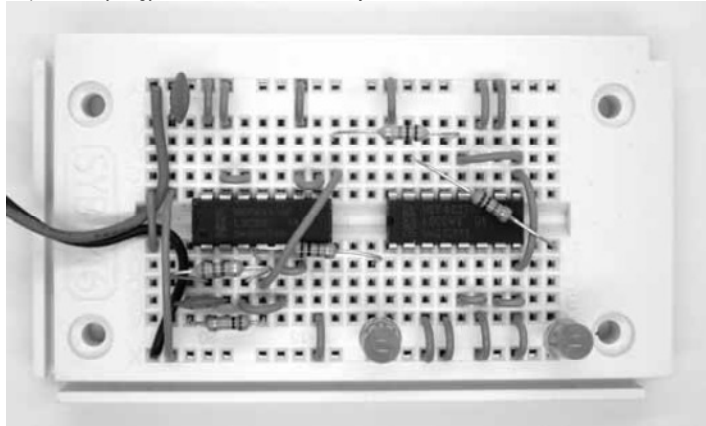
24. ábra: A JK flipflop mint Toggle flipflop

A flipflopos áramkörök érzékenyek zavaró jelekkel szemben. Egy kondenzátor a Vcc és GND között megakadályozza a zavarokat, amelyek a tápellátó vezetéken keresztül kiterjedhetnek. Az áramkör nagyfokú megbízhatósága érdekében kiegészítésként egy 10 kΩ-os ellenállás van az órajel vezetékebe beiktatva.



38. ábra: A Toggle flipflop alkalmazása

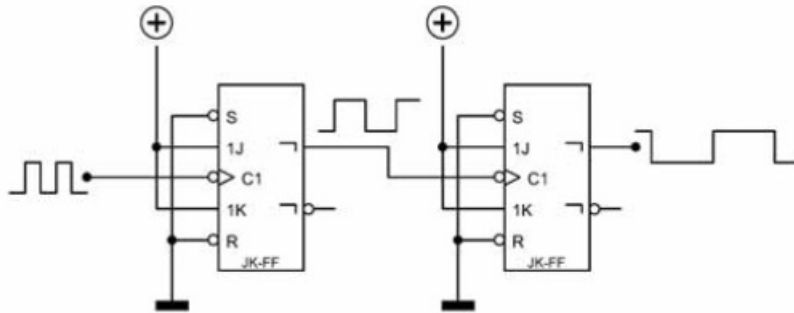
Ennél a kísérletnél mind az órajel, mind a flipflop kimenő jele LED-ekkel van kijelezve. Világosan látható, hogy a kiinduló állapot fele olyan gyorsan változik, mint az órajel.



39. ábra: Az alapfrekvencia és a fél frekvencia kijelzése

13 Osztás négygel

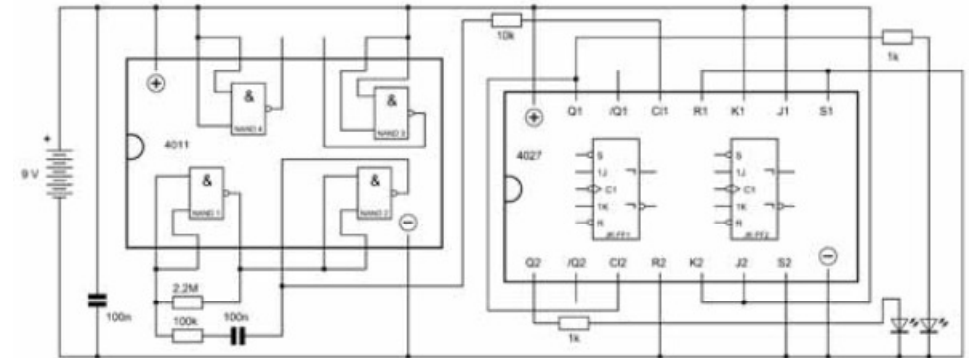
Két Toggle flipflop kapcsolható egymás után. Az első flipflop Q kimenete vezérli a második flipflop C bemenetét. Eközben a bemeneti frekvencia négyfel osztdódik.



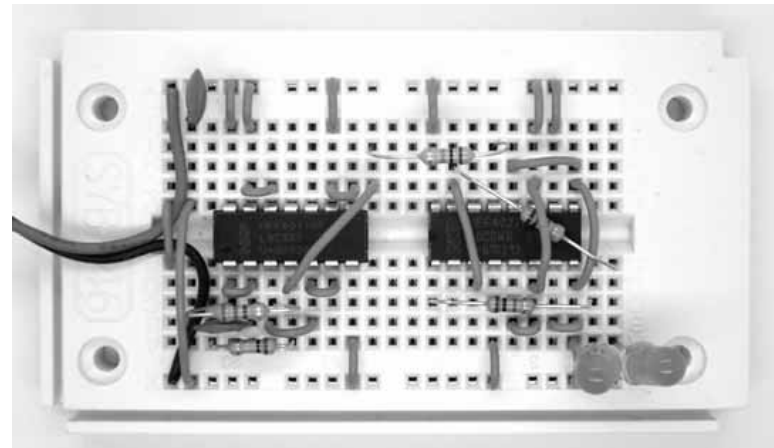
40. ábra: Két osztó egymás után

| Órajel | 2. kimenet | 1. kimenet | Számláló állás |
|--------|------------|------------|----------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 3 |
| 0 | 1 | 1 | 3 |
| 1 | 1 | 0 | 2 |
| 0 | 1 | 0 | 2 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

Egyidejűleg az áramkör számlálónak is tekinthető, ha a kimeneti állapotokat egy digitális szám biteiként vesszük figyelembe. Az állapot az 1. kimeneten jobbra kell álljon. A 00, 11, 10, 01, 00 bináris számok adódnak. Az áramkör tehát visszafelé számlál: 0, 3, 2, 1, 0 stb. Ez azért van, mivel az órajel bemenet a pozitív részre reagál.



41. ábra: Osztás 2-vel és 4-gyel

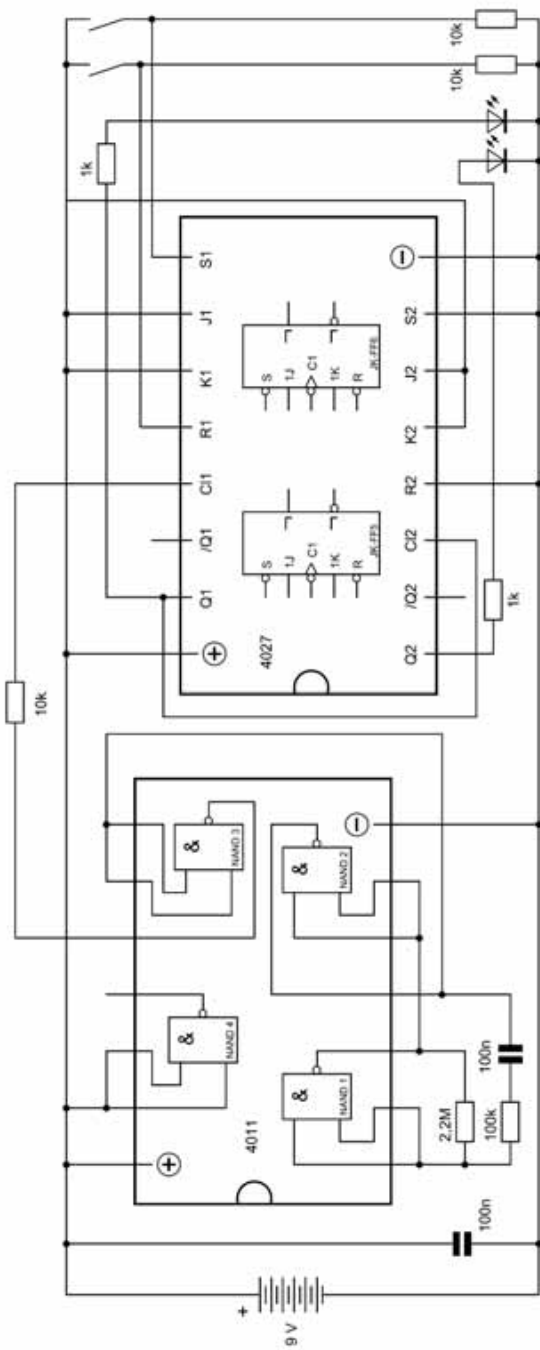


39. ábra: A bináris számláló felépítése

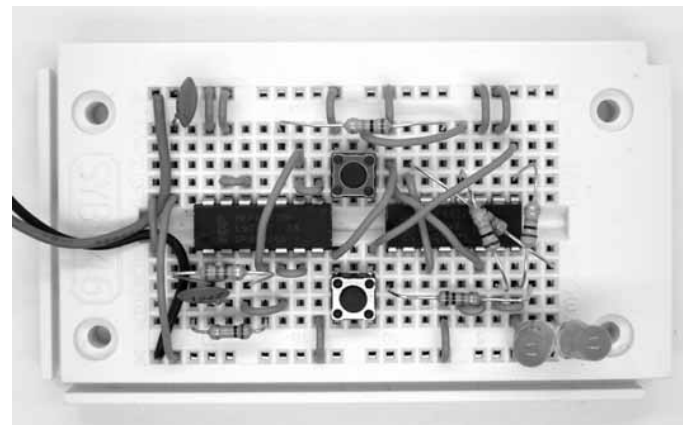
Ez az áramkör egymás után kapcsolt Toggle flipflopokból aszinkron számlálóként vagy Ripple számlálóként is megjelölhető. Az éppen következő fokozat először néhány nanoszekundum késleltetéssel kapcsol át, ami viszont a szem számára láthatatlan marad.

14 Stop and Go

Tegyen be a 10 kΩ-os ellenállás helyett két huzalt nyitott végekkel. Az Rx ellenállás ekkor pl. érintés által jön létre. Kapcsolja be és ki az órajelt az ujjának az érintésével. Ezzel a számlálót futtathatja és megállíthatja. Kísérlelje meg egyszer a kimeneteknek pontosan az 1. állapotban való befagyasztását. További lehetőség, hogy csak az órajel-bemenetet magát érinti meg. Ezáltal legtöbbször egy 50 Hz-es brumm-jel lesz órajelként hatékony. Ez a frekvencia összesen 4-gyel osztdódik. Az utolsó kimenet 12,5 Hz-cel fog jól láthatóan villogni. Ez az áramkör véletlengenerátorként mint egy kocka alkalmazható. A két LED a kocka bináris számot jelzi ki.



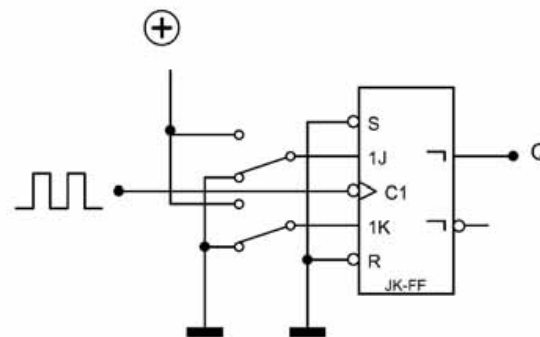
45. ábra: Set és Reset az első számlálóhoz



46. ábra: Nyomógombok beépítése

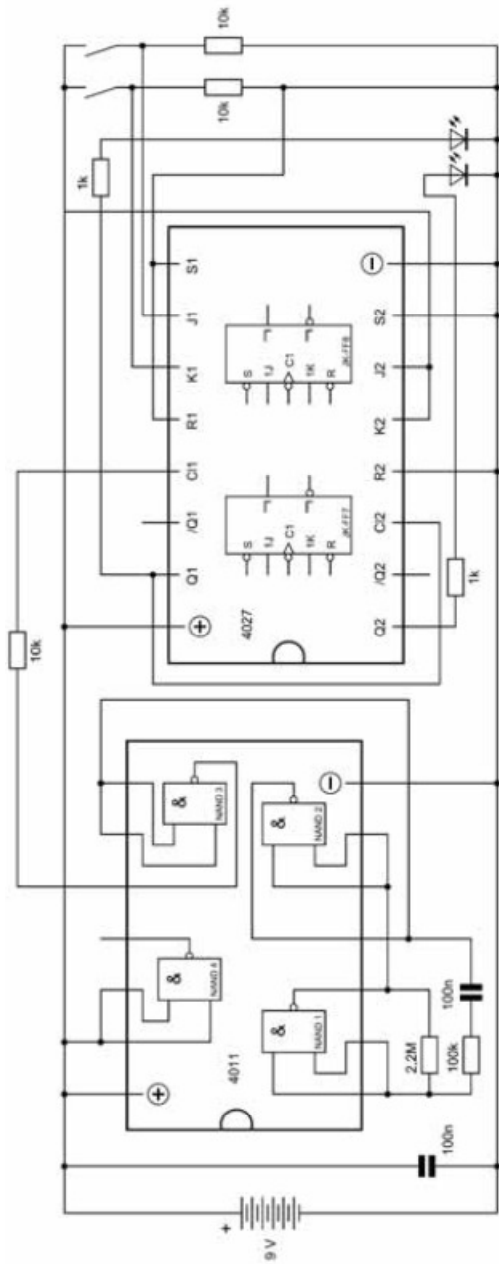
16 JK-Flipflop

A JK flipflop a J és K bemenetekről kapta a nevét. Most pontosabban megvizsgáljuk őket. Kösse ehhez össze a két nyomógombot a felső flipflop J és K bemeneteihez tartozó ellenállásokkal. A meglévő órajellel J és K minden állapotát megvizsgálhatja. Egy funkció már az előbbi kísérletekből ismert. Ha $J = 1$ és $K = 1$, a kimenet minden pozitív órajelrésznél átkapcsol (toggle). Most vizsgálja meg a másik állapotokat is. Ha $J = 0$ és $K = 0$, a Q kimenet megtartja az állapotát, a flipflop nem reagál az órajelimpulzusokra. Ha a két, J és K bemenet nem egyenlő, a flipflop a következő órajelimpulzusnál a J állapotot Q-n veszi át. Alapvetően az invertált /Q kimeneten a Q-val szemben invertált állapot jelenik meg.

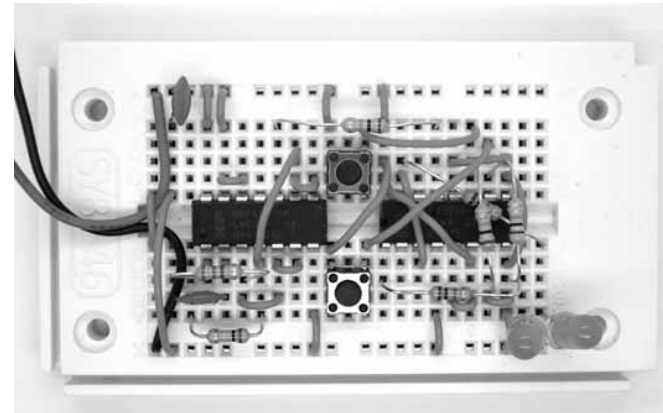


4 C ábra:47: A JK flipflop működési elve

| J bemenet | K bemenet | C bemenet | Q kimenet | Q kimenet |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 0 | 0 | 0-1 | változatlan | változatlan |
| 0 | 1 | 0-1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0-1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0-1 | Triggerelés | Triggerelés |



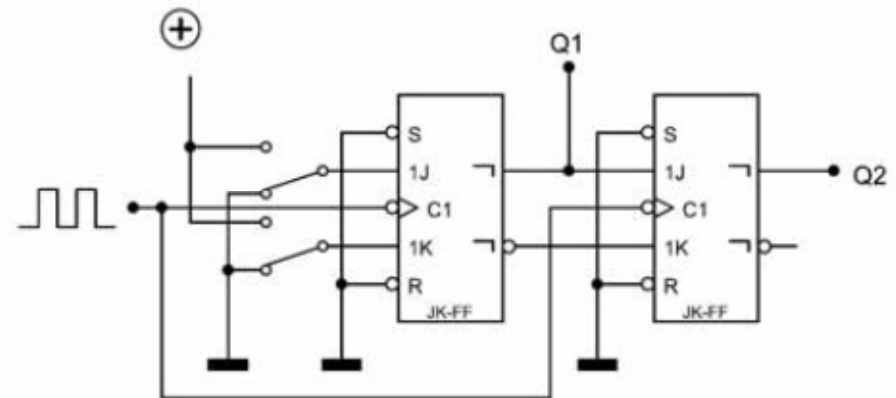
48. ábra: Tesztáramkör a JK flipflophoz



49. ábra: Nyomógomb J-n és K-n.

17 Léptető (shift) regiszter

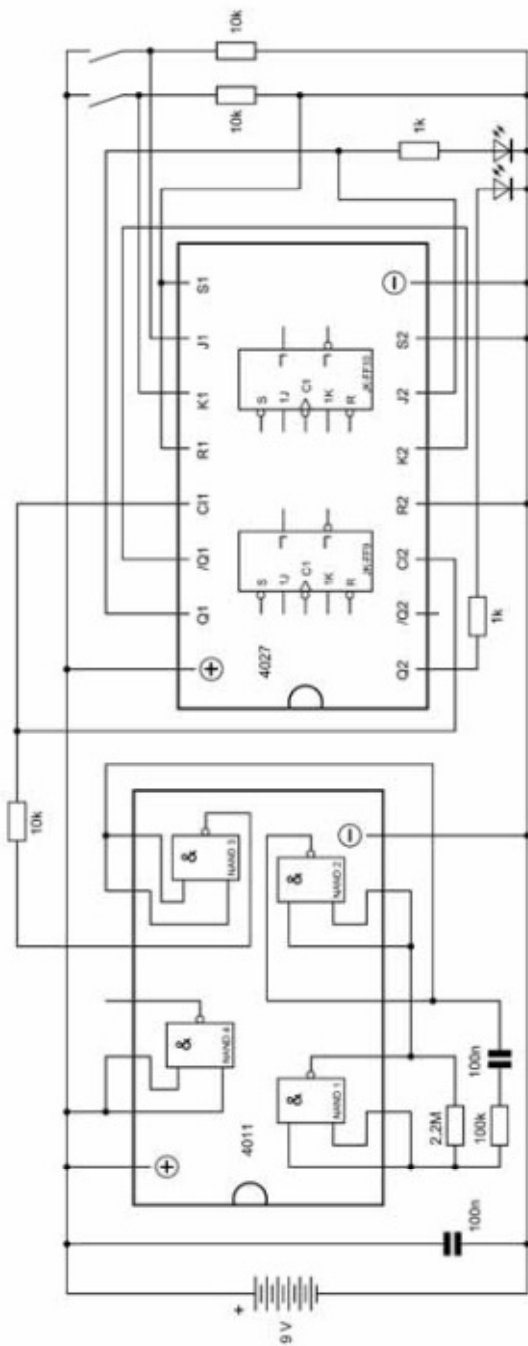
Egy léptető regiszter a bemeneti állapotokat minden órajel-impulzussal egy fokkal tovább tolja. A 4027-tel két fokozat építhető fel. Az órajel most párhuzamosan mindkét órajel bemenetre kerül. A bemenetnél megint van két nyomógombunk a J-n és K-n. Meghatározó az összeköttetés a következő fokozattal. Q J-hez és /Q K-hoz vezet. Egy pozitív órajel-oldalnál az első flipflop átveszi a J-n és K-n lévő egyenlőtlen állapotokat. Egyidejűleg a második JK flipflop átveszi még az első flipflop régi állapotait, mert az új állapotok csak egy kis időkésleltetéssel az órajel-oldal után lesznek hatékonyak.



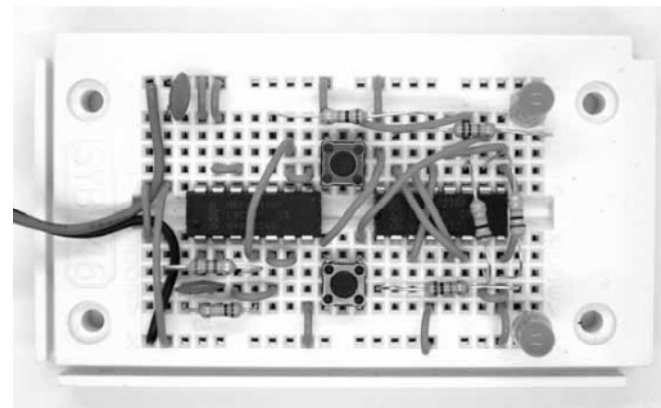
50. ábra: JK flipflop léptető (shift) regiszterként

Nyugalmi állapotban a két bemenet, a J és K nulla. Nyomja most a J nyomógombot. Az 1-es állapot a következő órajelimpulzusnál a Q1-en lesz átvéve, és a következőnél a Q2-n is. Jól felismerhető az egy ütemes késleltetés. Eressze el a nyomógombot. Mivel most az első fok J és K bemenete nulla, a kimenet nem változik. Mindegyik kimenet tehát bekapcsolva marad.

Nyomja most a K nyomógombot. Ezzel a Q1 a következő órajelimpulzusnál 0 lesz, és egy ütemnyi késleltetéssel Q2 is követi. Ha nyomja mindkét nyomógombot, J-t és K-t, az első flipflop váltakozik. A második követi az állapotokat egy ütemnyi késleltetéssel. A végeredmény: egy váltakozó villogót kapunk.



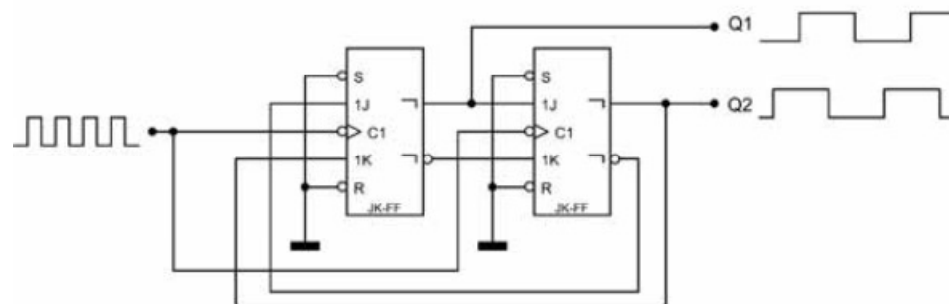
51. ábra: Tesztáramkör léptető regiszterhez



52. ábra: Léptető regiszter kísérleti felépítése

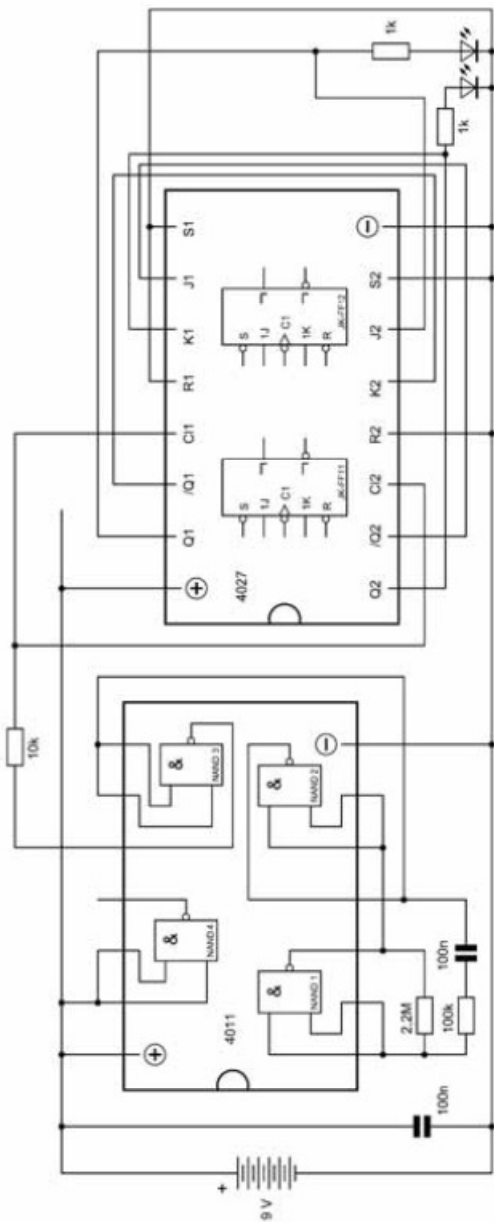
18 Fáziseltolás 90 fokkal

Vezesse a kétfokozatú léptető regiszter kimeneti jeleit vissza a bemenetre. Eközben azonban J és K legyen elcserélve. Az eredmény, hogy az első flipflop mindig a második flipflop invertált állapotát veszi fel. A második ezzel szemben követi az elsőt, mint eddig, egy ütem késleltetéssel. Végeredményként a két kimenet váltakozva kapcsol át. Két szimmetrikus négyzetjel áll elő, az órajelfrekvencia negyedével, és egy órajel időkéselettel. A fáziseltolás a két kimenő jel között 90 fok. Ilyen jeleket pl. a hírközlési technikában alkalmaznak.

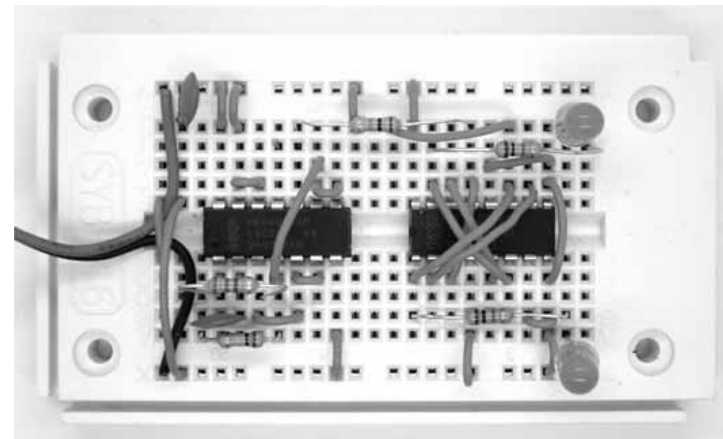


53. ábra: Fáziseltolású kimenő jelek

| Q1 kimenet | Q2 kimenet | Számérték | 1. LED | 2. LED |
|------------|------------|-----------|--------|--------|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



54. ábra: Két LED fáziseltolósos vezérlése



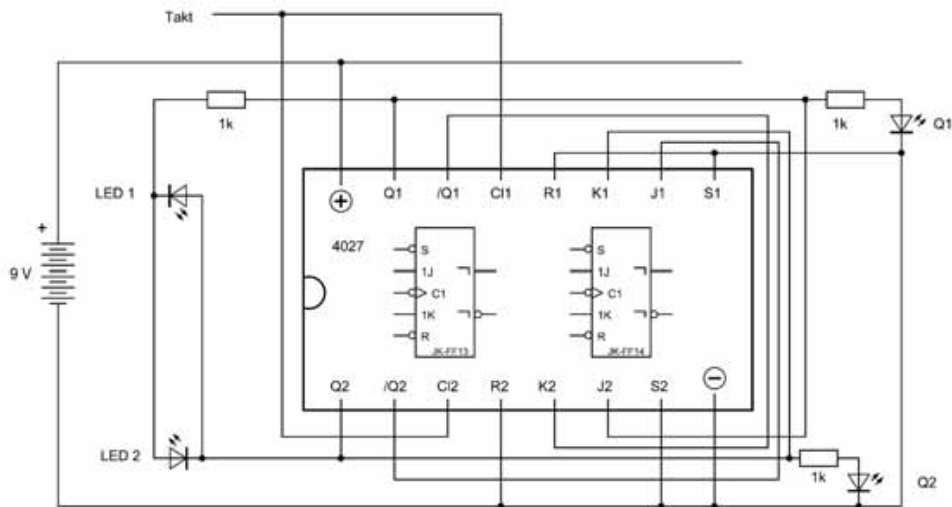
55. ábra: Kísérleti felépítés a fáziseltoláshoz

Változtassa meg az áramkört egyszer úgy, hogy a visszacsatoláskor J és K ne legyenek elcserélve. Az eredmény bizonytalan, mert az a flipflop bekapcsolás utáni első állapotától függ. Lehetséges, hogy mindkét kimenet tartósan bekapcsolva vagy kikapcsolva marad, vagy ellenkező fázissal váltanak.

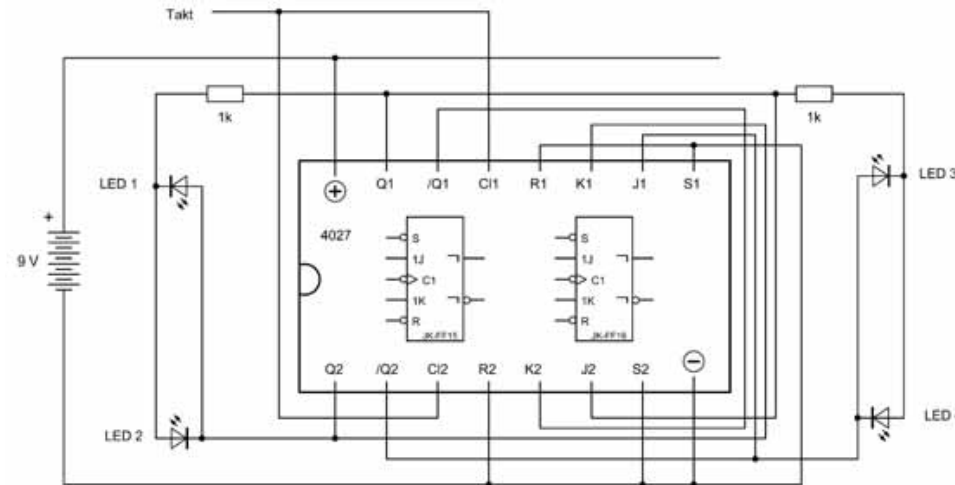
19 Bit dekóder

Az előző kísérletnél mindkét LED két-két ütemen keresztül világított. Most egyes kapcsolási fázisokat dekódolunk és kijelzünk. Ez akkor sikerül, ha két további LED-et egy előtétellenállással a két flipflop kimenetei közé kapcsolunk. A két baloldali LED csak akkor világít, ha a két Q kimenet éppen nem egyenlő állapotban van. Mivel nem párhuzamosan vannak kapcsolva, előállnak a váltakozó világítási fázisok.

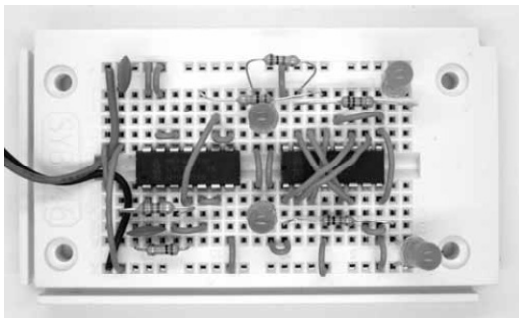
| Q2 kimenet | Q1 kimenet | Számérték | 1. LED | 2. LED |
|------------|------------|-----------|--------|--------|
| 1 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



56. ábra: Egyes bit-állapotok kijelzése



58. ábra: A dekóder



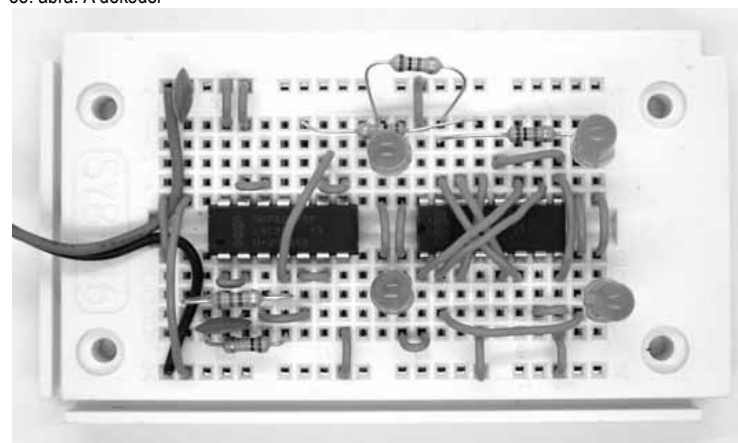
57. ábra: Felépítés négy LED-del

20 Egy a négyből

Ahhoz, hogy mindig csak a négy LED egyike világítson, a két LED-et jobbra a kapcsolási rajzon azonos módon a két flipflop közé kell kapcsolni. Hogy a két megmaradó kapcsolási fázis dekódolható legyen, most az alsó flipflop-nál az invertált Q kimenetet kell használni.

| Q2 kimenet | Q1 kimenet | Számérték | 1. LED | 2. LED | 3. LED | 4. LED |
|------------|------------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

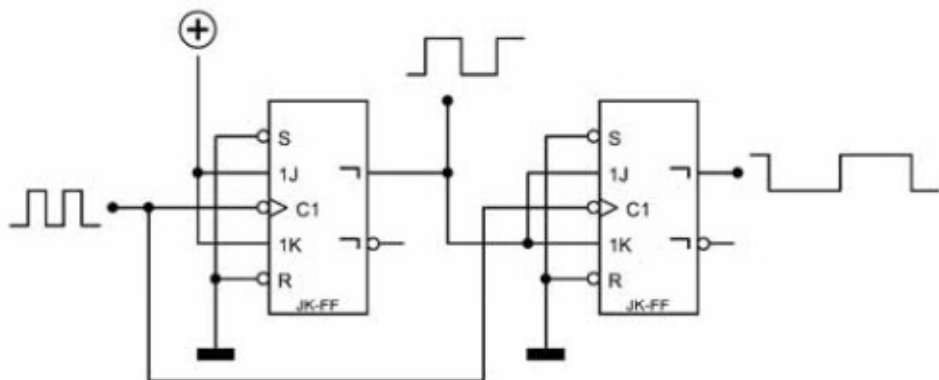
58. ábra: A dekóder



59. ábra: Négy LED-es villogó

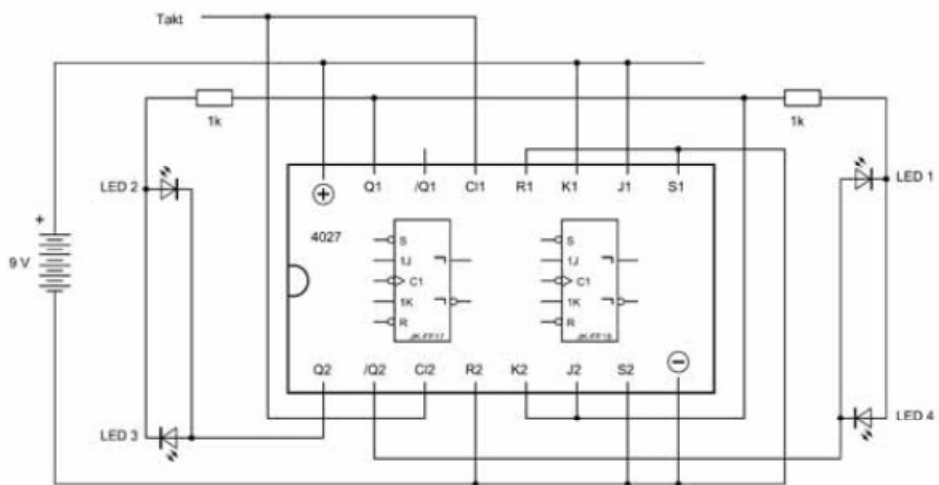
21 Szinkronszámláló

Egy többfokozatú szinkronszámláló alapvetően ugyanazon eredményeket nyújtja, mint egy többfokozatú aszinkron (Ripple) számláló. A különbség, hogy a kimenetek pontosan azonos időpontban kapcsolnak át. Ehhez minden fokozatnak azonos órajel-ütemben kell dolgoznia. Az órajel párhuzamos a flipflop minden C-bemenetén. Egy flipflop közben nem várhat az előző fokozat eredményére, hanem már előre tudnia kell, hogy át kell-e kapcsolnia a következő ütemben. Össze kell kötni a Q kimenetet a következő fokozat J és K kimenetével. Ha Q = 1, a következő órajelimpulzus mindkét fokozatot egyszerre kapcsolja át.



60. ábra: A szinkronszámláló alapelve

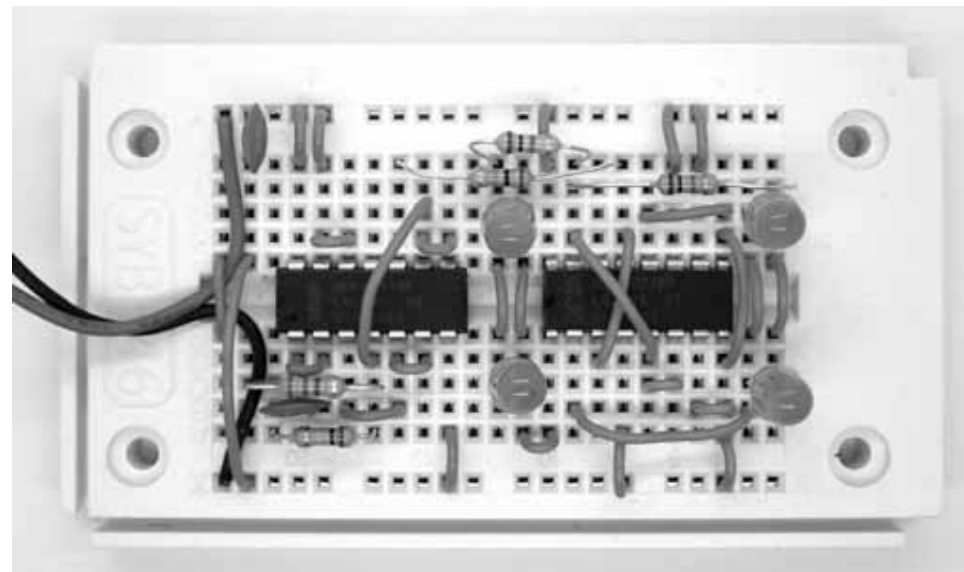
Az első fokozatban J és K a Vcc-re van csatlakoztatva, úgy, hogy egy ide-oda kapcsoló (Toggle) flipflop jön létre. Mindig, amikor Q1 = 1, a következő órajel impulzus átkapcsolja az állapotot. Így egy korrekt bináris előreszámlálót kapunk.



61. ábra: Szinkron előreszámláló

Itt is négy LED-nek egyenként egymás után kell világítani. Összesen egy fény minta képződik, ami úgy néz ki, mintha egy pont balra körbe-körbe vándorolna.

| Q2 kimenet | Q1 kimenet | Számérték | 1. LED | 2. LED | 3. LED | 4. LED |
|------------|------------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 |



62. ábra: Villogás körben