



POSEBNI UČNI KOMPLET ZA DIGITALNO ELEKTRONIKO

Št. izdelka: 192297

KAZALO

1	UVOD.....	3
1.1	Preizkusna ploščica	4
1.2	Baterija.....	5
1.3	Svetilne diode.....	5
1.4	Upori.....	6
1.5	Kondenzatorji.....	7
1.6	Stikalo.....	7
1.7	4 NAND vrata 4011	8
1.8	2 JK flipflop 4027	8
2	PRETVORNIK	9
3	STIKALO NA DOTIK	11
4	OSNOVNO DELOVANJE NAND	12
5	AND VRATA.....	14
6	OR VEZJE.....	15
7	NOR VEZJE.....	16
8	RS FLIPFLOP.....	17
9	UTRIPAJOČE VEZJE.....	19
10	DVOJNA UTRIPALKA	20
11	SPREMENLJIVA FREKVENCA.....	21
12	DELILNIK FREKVENCE.....	22
13	DELILNIK S ŠTIRI	24
14	STOP AND GO	26
15	NASTAVITEV IN POVRNITEV	27
16	JK FLIPFLOP.....	28
17	POMIČNI REGISTER.....	29
18	FAZNI PREMİK 90 STOPINJ	31
19	BIT DEKODER	33
20	ENA OD ŠTIRIH	34
21	SINHRONI ŠTEVEC	35

1 UVOD

Digitalna elektronika je podlaga moderne računalniške tehnike. »Digitalno« pomeni, da obstajajo samo jasna stanja vklopa ali izklopa v vezju in ne vmesne stopnje, kot je polovica ali tri četrtine, kot to poznamo v analogni elektroniki. Na prvi pogled imamo torej manj možnosti. Pri istočasni uporabi veliko digitalnih napeljav, obstaja skupaj zelo veliko stanj. Vsako stanje označujemo kot bit. 8 bitni sistem lahko istočasno prikazuje 256 stanj, 16 bitni sistem že 65.536 (= 2 na 16) stanj. Če pa se bodo nato še vsa stanja hitro preklapljala, so lahko obdelane ogromne količine podatkov in izvedeni so lahko zapleteni sistemi, kot je npr. internet.

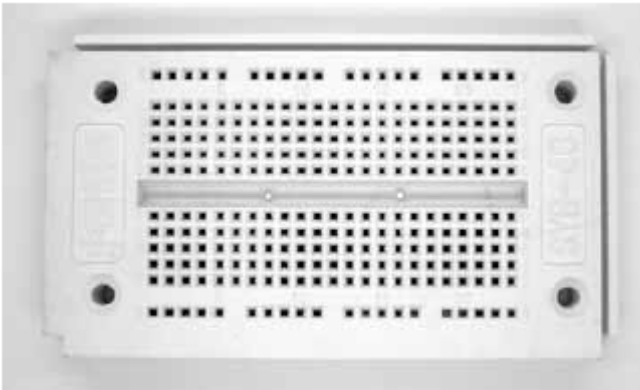
Prvi poskusi digitalne elektronike naj bodo izvedeni z čim bolj preprostimi elementi. Tipičen osnovni element so tako imenovana vrata, torej vezje z vhodi in enim izhodom. Stanje na enem izmed vhodov določa, kaj se zgodi na izhodu. Tipičen primer so logična vrata. V učnem kompletu uporabljena štirikratna NAND vrata 4011 dopuščajo že številne variante vezja. Z več NAND vrati so lahko narejena vezja z drugimi funkcijami. Iz takšnih osnovnih funkcij je narejen celo cel računalnik.

Z vrati so lahko narejeni npr. flipflop-i ali pomnilniki, ki obdržijo nazadnje sprejeto stanje. Kompleksen flipflop je JK flipflop, ki je notri prav tako narejen iz funkcij vrat. Učni komplet vsebuje 2 JK flipflop 4027. Oba IC-ja sodita k družini COSMOS 4000 in lahko obratujeta z napetostmi med 3V in 15V. S tem sta odlično primerna za poskuse in za obratovanje z 9V baterijo.

Tukaj bodo najprej predstavljeni elementi. Posamezni poskusi bodo izvedeni na preizkusni ploščici. Za vsak poskus obstaja vezalni načrt in slika izdelave. Vsakokratna slika je samo predlog; elemente lahko razporedite tudi drugače. Priključne žice posameznih elementov so na slikah za boljši pregled skrajšane. Vendar pa pri preizkusih ne krajšajte žic, da jih lahko uporabite tudi za nadaljnje poskuse.

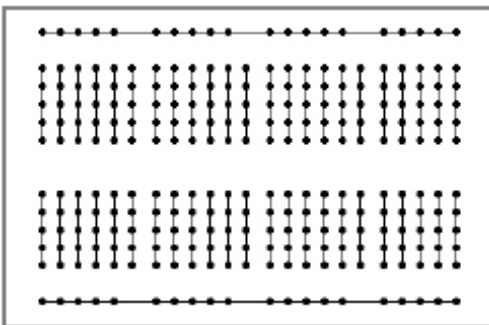
1.1 Preizkusna ploščica

Vsi poskusi bodo narejeni na preizkusni ploščici. Stično polje s skupno 270 kontakti v 2,54 mm rasterju skrbi za varne povezave elementov.



Slika 1: Preizkusna ploščica

Preizkusna ploščica ima v srednjem območju 230 kontaktov, ki so skozi vertikalne proge s 5 kontakti prevodno povezani. Dodatno je na robu 40 kontaktov za napajanje, ki so sestavljeni iz dveh vodoravnih kontaktnih vzmeti z 20 kontakti. Stično polje s tem razpolaga z dvema neodvisnima oskrbovalnima zbiralkama. Slika 2 prikazuje vse notranje povezave. Prepoznamo kratke kontaktne vrste v sredinskem polju in dolgo oskrbovalno zbiralko na robu.



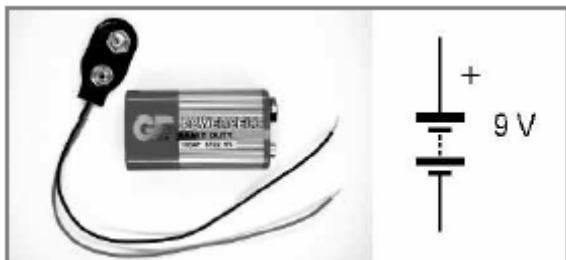
Slika 2: notranje kontaktne vrste

Vstavitev elementov zahteva relativno veliko moči. Priključne žice se zaradi tega zlahka prepognejo. Pomembno je, da boste žice vstavili natančno od zgoraj. Pri tem je v pomoč pinceta ali majhne klešče. Žico dajte nad preizkusno ploščo in jo potisnite navpično navzdol. Tako lahko ustavite tudi občutljive priključne žice, kot so pocinkani konci sponke baterije.

Za poskuse potrebujete dolge in kratke konce žic, ki jih morate odrezati ustrezno s priložene stikalne žice. Za odstranitev izolacije z koncev žic se je v praksi dokazalo, da z ostrim nožem zarežete okoli v izolacijo.

1.2 Baterija

Sledeč pregled prikazuje gradbene dele v realnem videzu in kot simbole vezave, kot bodo uporabljeni na vezalnih načrtih. Namesto baterije lahko uporabite tudi npr. napajalnik.



Slika 3: baterija in njen simbol vezave

Ne uporabite alkalnih baterij in akumulatorjev, temveč uporabite samo preproste cinkovo-ogljikove baterije. Alkalna baterija sicer nakazuje na daljšo življenjsko dobo, vendar pa v primeru napake, npr. pri kratkem stiku, posreduje tako kot akumulator zelo visoke toke do nad 5A, ki lahko tanke žice ali baterijo močno segrejejo. Tok kratkega stika cinkovo-ogljikove baterije je večinoma manjši od 1A. S tem so lahko sicer uničeni občutljivi gradbeni deli, vendar pa nevarnost gorenja ne obstaja.

Priložena sponka baterije ima priključni kabel z upogljivo pramenko. Konci kablov so goli in pocinkani. S tem so dovolj močni, da jih vtaknete v kontakte preizkusne ploščice. Vendar pa lahko zaradi pogostega vtikanja izgubijo svojo obliko. Zaradi tega se priporoča, da priključke baterije vedno pustite priključene in odstranite samo sponko z baterije.

1.3 Svetilne diode

Učni komplet vsebuje štiri rdeče svetilne diode (LED). Pri vseh svetilnih diodah morate upoštevati polarnost. Negativni priključek se imenuje katoda in leži na krajši priključni žici. Pozitiven priključek je anoda. V notranjosti svetilne diode prepoznate držalo v obliki keliha za LED kristal, ki leži na katodi. Priključek anode je povezan s kratko tanko žičko z kontaktom na zgornji strani kristala. Pozor: Drugače kot žarnice, LED nikoli ne smejo biti direktno povezane z baterijo. Vedno je potreben pred upor.



Slika 4: Svetilna dioda

1.4 Upori

Upori v učnem kompletu so ogljikovi upori s tolerancami $\pm 5\%$. Uporovni material je nanesen na keramično palico in prevlečen z zaščitno plastjo. Označitev sledi v obliki barvnih obročev. Poleg vrednosti upora je naveden tudi razred natančnosti.



Slika 5: upor

Upornosti s toleranco $\pm 5\%$ so v vrednostih vrste E24, pri čemer je vsaka dekada 24 vrednosti enakomerno oddaljena od sosednje vrednosti.

1,0	1,2	1,3	1,4	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

Tabela 1: vrednosti uporov po vrsti standarda E24

Barvna koda bo razbrana z obroča, kateri leži bliže na robu upora. Prva dva obroča sta za dve številki, tretji obroč za množitelja vrednosti upornosti v Ohmih (Ω). Četrti obroč poda toleranco.

Barva	Obroč 1 1. številka	Obroč 2 2. številka	Obroč 3 Množitelj	Obroč 4 Toleranca
Črna		0	1	
Rjava	1	1	10	1%
Rdeča	2	2	100	2%
Oranžna	3	3	1.000	
Rumena	4	4	10.000	
Zelena	5	5	100.000	0,5%
Modra	6	6	1.000.000	
Vijolična	7	7	10.000.000	
Siva	8	8		
Bela	9	9		
Zlata			0,1	5%
Srebrna			0,01	10%

Tabela 2: barvna koda upora

Upor z rumenim, vijoličnim, rjavim in zlatim obročem ima vrednost 470 Ohmov pri toleranci 5%. V učnem kompletu se vsakokrat nahajata dva upora za sledeče vrednosti:

1k Ω	rjav, črn, rdeč
10k Ω	rjav, črn, oranžen
10k Ω	rjav, črn, rumen
2,2M Ω	rdeč, rdeč, zelen

1.5 Kondenzatorji

Kondenzator je sestavljen iz dveh kovinskih ploskev in ene izolacijske plasti. Pri prisotnosti električne napetosti se med ploščama kondenzatorja naredi električno polje sil, v katerem je shranjena energija. Kapaciteta kondenzatorja je merjena v Faradih (F).

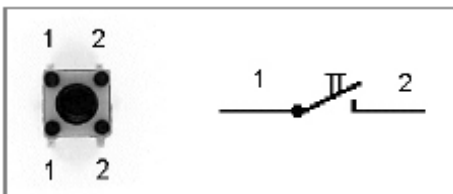
Izolirni material poveča kapaciteto v primerjavi z zračno izolacijo. Keramični ploščati kondenzatorji imajo poseben keramičen material, z katerim so desežene večje kapacitete pri majhni obliki izdelave. Učni komplet vsebuje keramičen kondenzator s 100nF (napis 104, 100.000pF).



Slika 6: Keramičen kondenzator

1.6 Stikalo

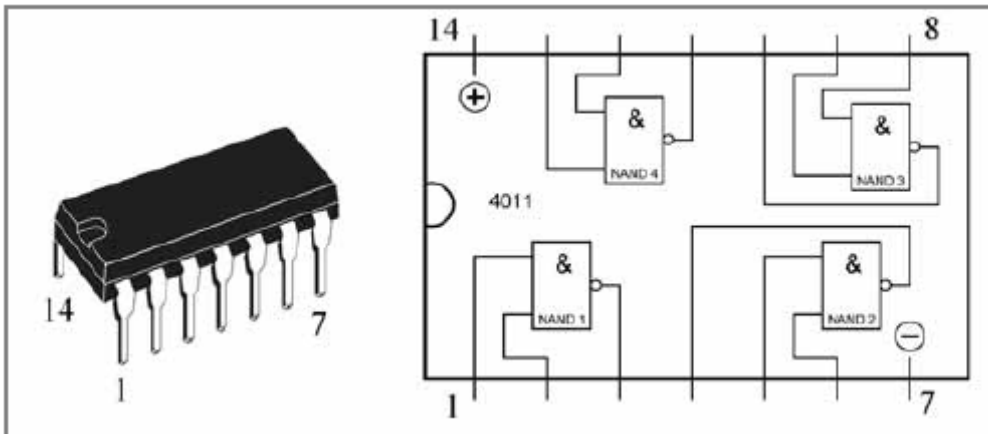
Stikala v učnem kompletu imajo delovni kontakt z dvema priključkoma, ki sta vsakokrat dvakrat izvedena.



Slika 7: Stikalo

1.7 4 NAND vrata 4011

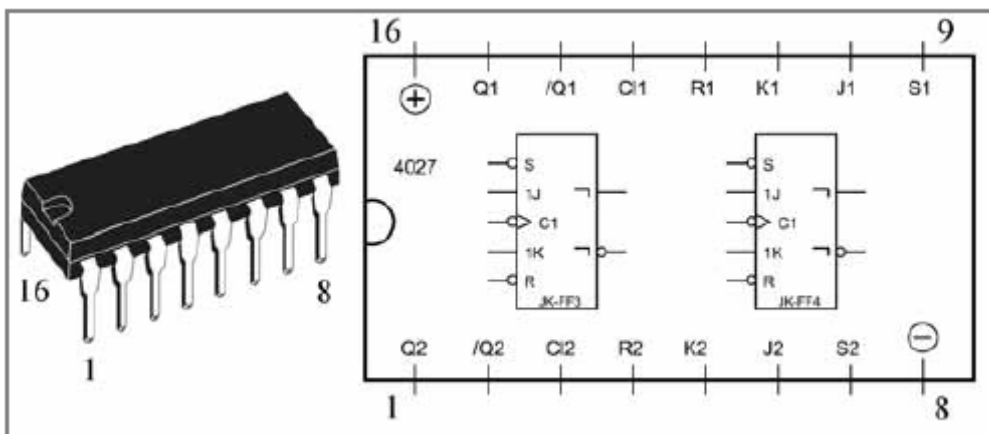
Integrirano vezje (9) vsebuje veliko elementov v enem ohišju. Pri 4011 gre za CMOS IC s štirimi NAND vrati. IC je dobro zaščiten pred elektrostaticnimi izpraznitvami in z njim ni potrebno zelo previdno ravnati. Pazite na to, da bo obratovalna napetost pravilno priključena. Če boste IC napačno vgradili, se močno segreje in bo uničen. Pri prvi vstavitvi v preizkusno ploščico mora biti 14 priključnih nog vzporedno poravnanih.



Slika 8: CMOS IC 4011

1.8 2 JK flipflop 4027

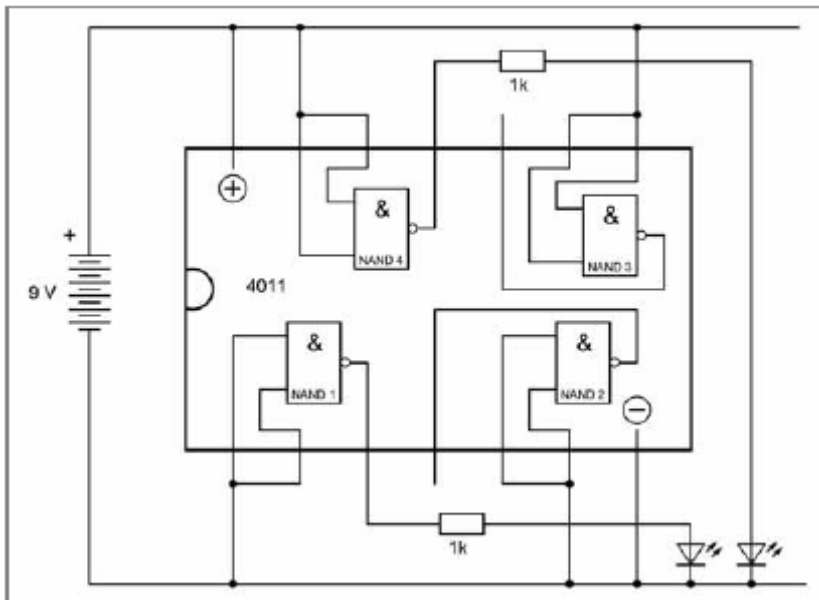
Element 4027 je CMOS IC s 16 priključki. Ta vsebuje dva neodvisna JK flipflopa. Kot pri vseh IC-jih je obratovalno napetost potrebno pravilno priključiti. Obratovalna napetost lahko pri vseh IC-jih serije 40xx znaša med 3V in 15V.



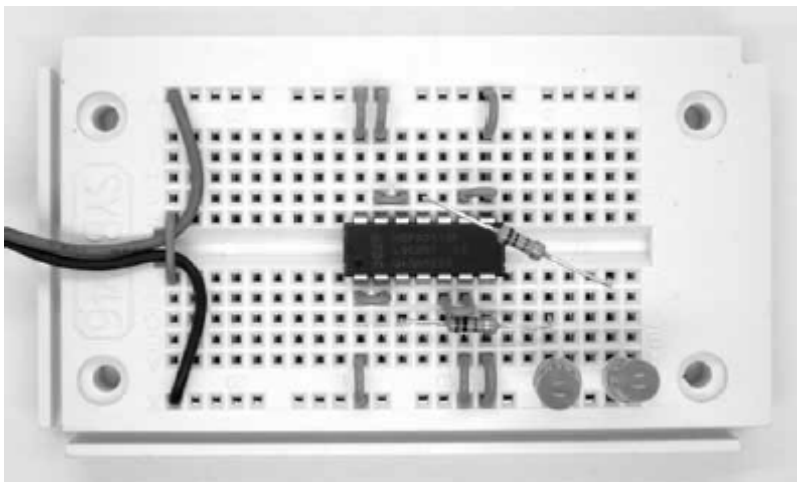
Slika 9: CMOS IC 4027

2 PRETVORNIK

CMOS IC 4011 vsebuje štiri neodvisna NAND vrata s po dvema vhodoma. Prvi poskus prikazuje uporabo IC-ja na 9V obratovalni napetosti in priključitvi LED. Pri vgradnji morate nujno paziti na pravilno polarnost. Plus priključek je označen tudi kot Vcc, minus priključek kot GND. Pri vseh CMOS IC-jih je potrebno upoštevati, da bodo neuporabljeni vhodi dani ali na Vcc ali na GND. Odprti vhodi lahko vodijo k povečani porabi toka in k nepravilnim delovanjem vezja. Odprti izhodi pa so dovoljeni.

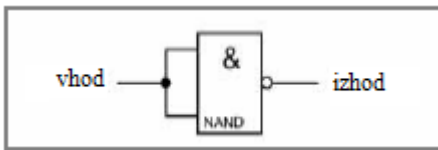


Slika 10: Testno vezje z NAND vrati



Slika 11: Izdelava na preizkusni ploščici

Vežje uporablja samo dve izmed štirih NAND vrat (NAND 1 in NAND 4). Oba vhoda sta vsakokrat povezana. S tem bodo NAND vrata postala pretvornik. Na izhodu je vsakokrat priključena ena LED z njenim pred uporom. Pri tem poskusu leva LED sveti, desna pa ostane izklopljena.



Slika 12: NAND vrata kot pretvornik

Delovanje vezja je lahko prikazano s tako imenovano tabelo verjetnosti. Pri spodnjih vratih (NAND 1) leži vhod na GND (0), izhod je zaradi tega vklopljen (1). Pri zgornjih vratih (NAND 4) leži vhod na Vcc (1), izhod je zaradi tega izklopljen (0).

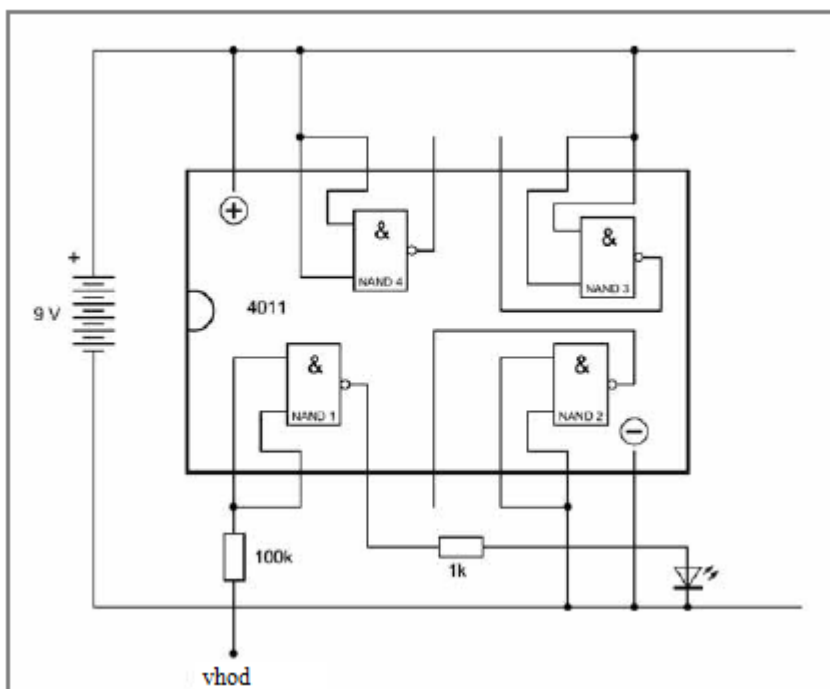
Vhod	Izhod
1	1
0	0

3 STIKALO NA DOTIK

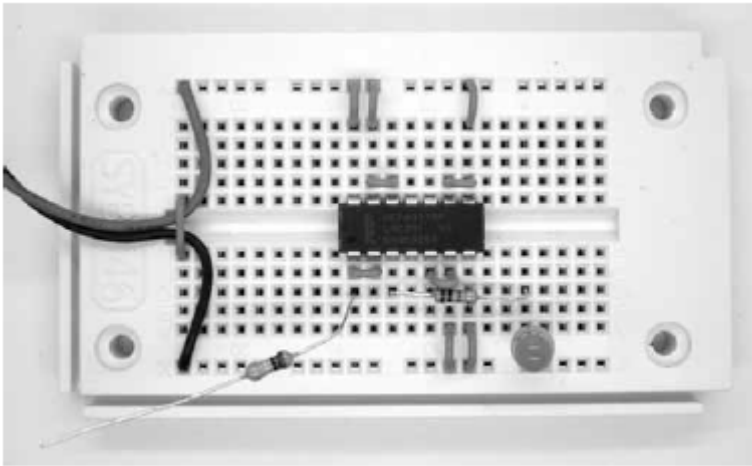
Ta poskus uporablja vrata kot pretvornik z odprtim vhodom. Vhod prejme $100\text{k}\Omega$ zaščitno upornost in se ga lahko dotaknemo s prstom. Če ste močno naelektreni, zaščitna upornost omeji tok izpraznitve.

Stanje izhoda tega vezja ne more biti napovedano vnaprej, ker je vhod zelo visoko ohmski in lahko nosi naključno polnjenje. Če vhodna napetost leži bistveno nad polovično obratovalno napetostjo ($4,5\text{V}$), velja stanje kot 1, bistveno pod tem kot 0. Dejansko obstaja tudi srednja vhodna napetost, pri kateri izhod prav tako leži v srednjem območju. Digitalno vezje nato deluje podobno kot analogen ojačevalnik. To stanje pa naj bo v normalnem primeru preprečeno, ker IC nato potrebuje bistveno več toka. Poleg tega lahko nedoločeno stanje vhoda moti delovanje digitalnega vezja. Odprte vhode je potrebno preprečiti. Ta poskus nato posreduje vtis, kako se lahko obnaša odprt vhod.

Za spremembo stanja pogosto zadošča rahel dotik s prstom. Vaše telo ima večinoma z nizkim kapacitivnim povratnim sklopom določeno izmenično napetost. Na izhodu je nato vidno hitro 50Hz utripanje LED. Če vhod spustimo, ostane zadnje stanje ohranjeno za nekaj časa.



Slika 13: pretvornik z odprtim izhodom



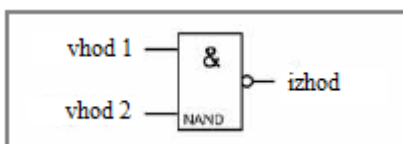
Slika 14: Izdelava z kontaktom dotika

4 OSNOVNO DELOVANJE NAND

V tem poskusu bo preiskano dejansko delovanje NAND pretvornika. Pri tem gre za IN funkcijo s sledečim pretvarjanjem. Za funkcijo IN (AND) velja: Samo ko sta vhod 1 IN vhod 2 vklopljena, je tudi izhod vklopljen.

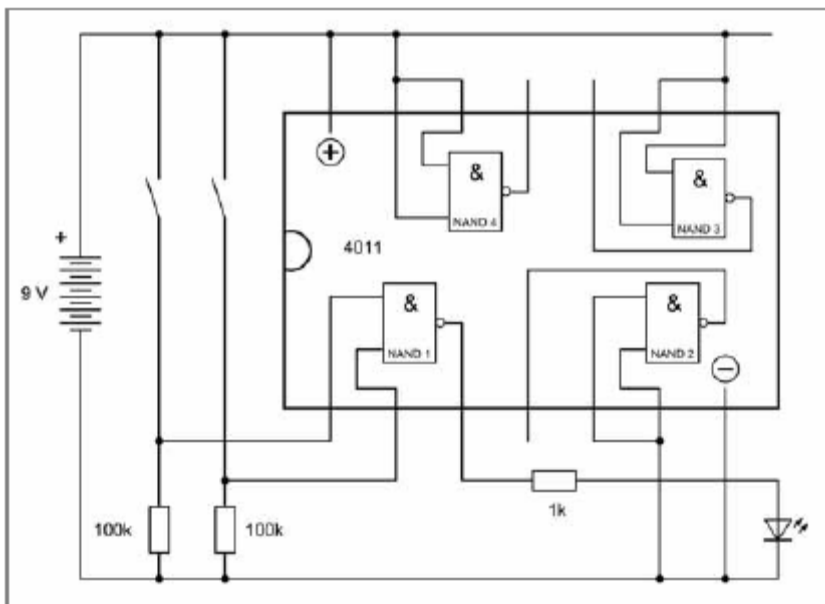
Ustrezno velja za funkcijo NAND: Samo ko sta vhod 1 IN vhod 2 vklopljena, je tudi izhod izklopljen. To prikazuje tudi tabela verjetnosti NAND vrat.

Vhod 1	Vhod 2	Izhod
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

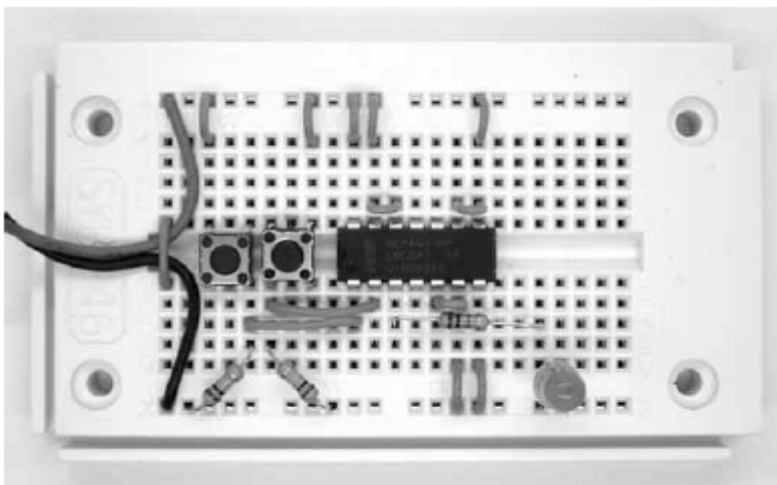


Slika 15: Priključki NAND vrat

Vezje uporablja dva upora s $100k\Omega$, da je vzpostavljeno stanje mirovanja ničle. S stikali je lahko vsakokrat vklopljeno stanje ena. V tem primeru je LED v stanju mirovanja vklopljena. LED se bo izklopila samo, ko bosta obe stikali istočasno pritisnjeni.



Slika 16: Stikalo na vhodih

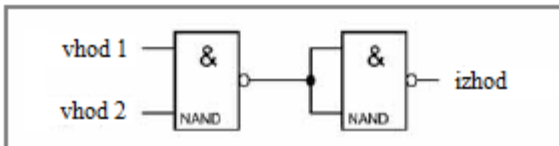


Slika 17: Izdelava stikal

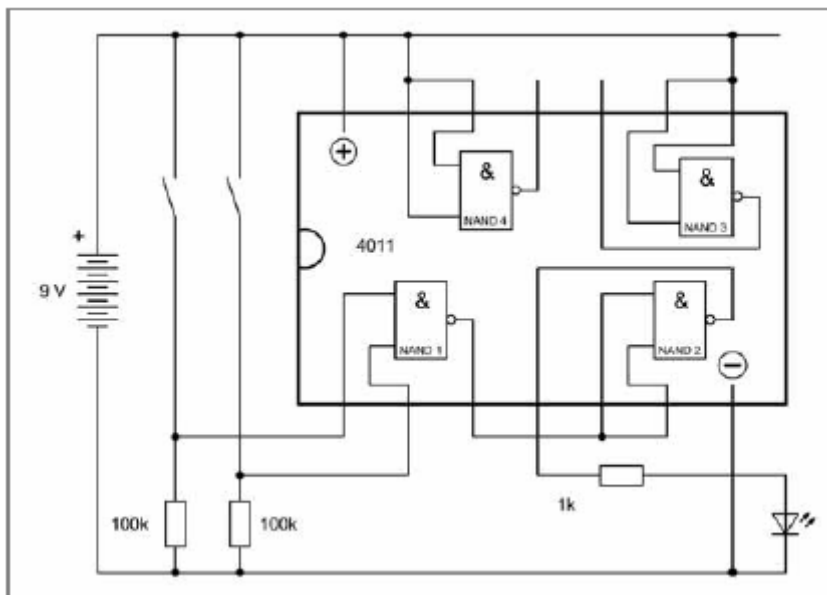
5 AND VRATA

S sledečim pretvornikom lahko iz NAND vrat nastane AND vezje. Tokrat se pravilo glasi: LED se vklopi samo, ko sta obe stikali zaprti.

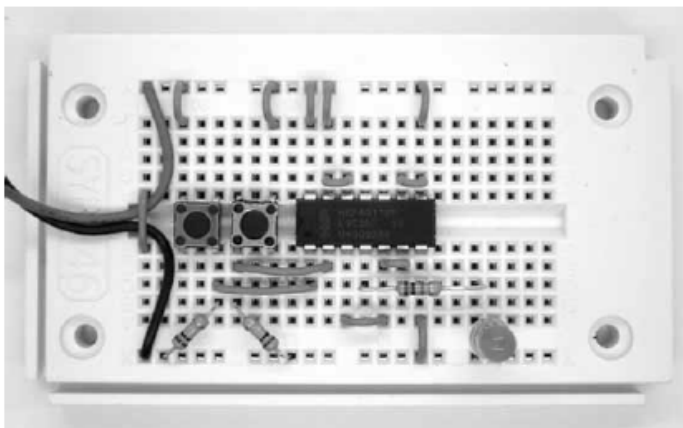
Vhod 1	Vhod 2	Izhod
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Slika 18: AND vrata



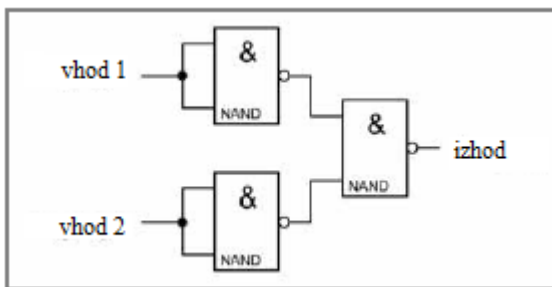
Slika 19: AND testno vezje



Slika 20: Izdelava AND vezja

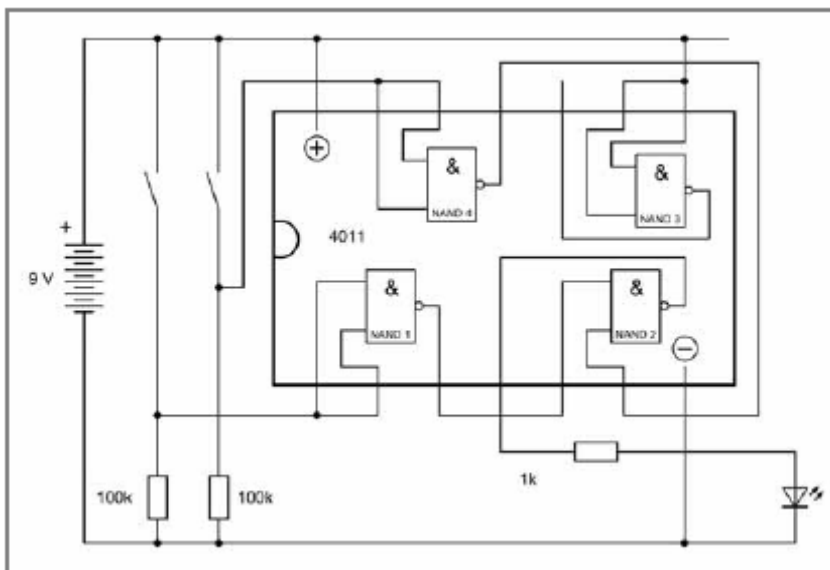
6 OR VEZJE

Če bosta najprej pretvorjena oba vhoda NAND vrat, nastanejo OR vrata. Funkcija ALI (OR) se glasi: Ko je vhod 1 ALI vhod 2 ALI oba vklopljena, je izhod vklopljen.

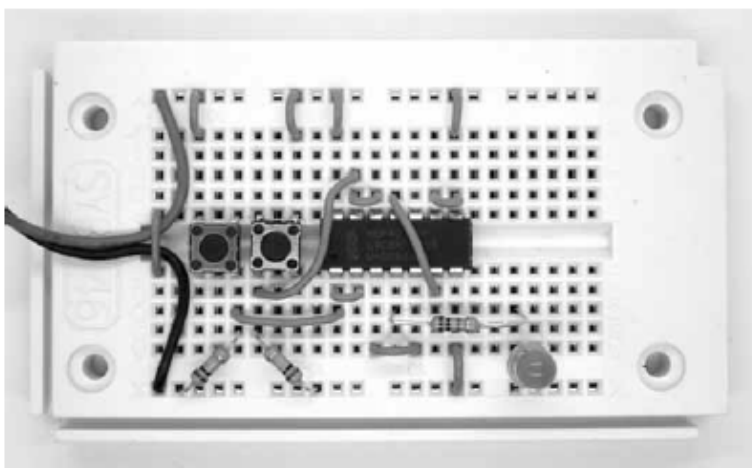


Slika 21: OR vezje

Vhod 1	Vhod 2	Izhod
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



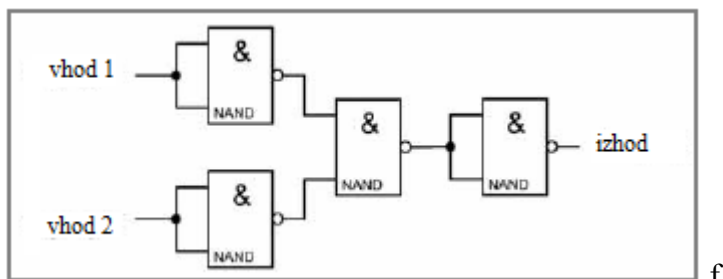
Slika 22: Ožičenje OR vezja



Slika 23: Test OR vezja

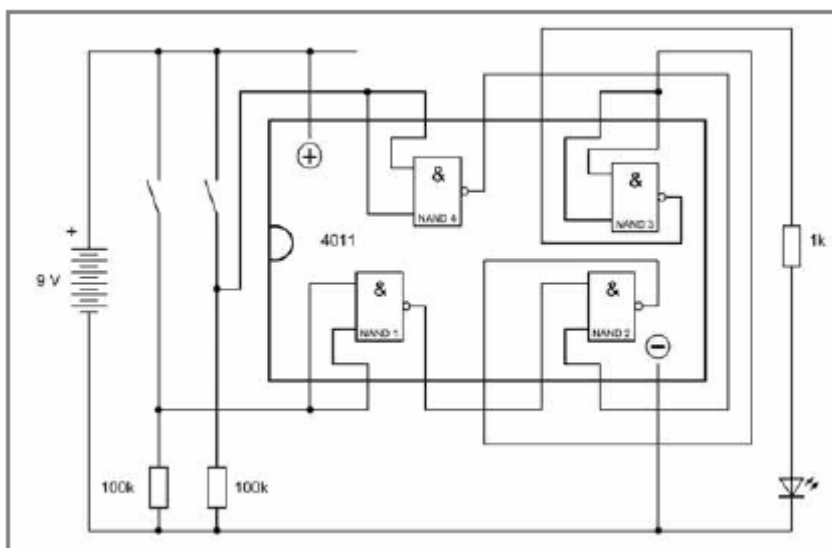
7 NOR VEZJE

Nadaljnji pretvornik zadaj za OR vrati naredi funkcijo NE-ALI (NOR). Za nastanek NOR vrat, bodo potrebna vsa štiri NAND vrata 4011.

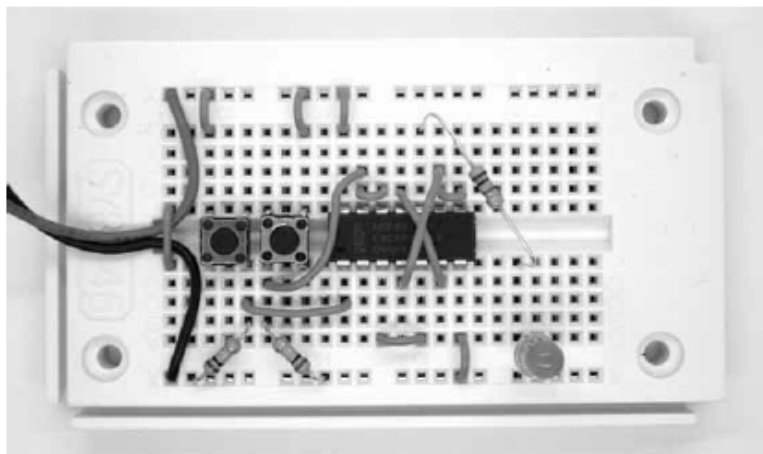


Slika 24: Izdelava NOR vrat

Vhod 1	Vhod 2	Izhod
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



Slika 25: Ožičenje NOR poskusa



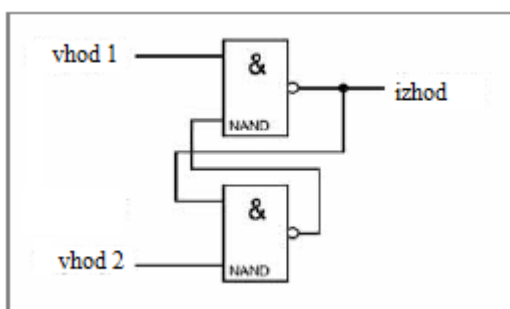
Slika 26: Test NOR vezja

8 RS FLIPFLOP

Flipflop je vezje, ki lahko samodejno obdrži enega izmed dveh stanj. Digitalno stanje je lahko torej shranjeno. Z določenimi stanji vhoda je lahko izhod preklopljen. RS flipflop ima dva vhoda, Reset (R) in Set (S). V stanju mirovanja sta oba vhoda nastavljena ($R = 1$, $S = 1$). Izhod nato ni določen (X) in je odvisen od zgodovine. Pri preklopu R na 0, bo izhod izklopljen. Pri preklopu S na nič pa bo vklopljen.

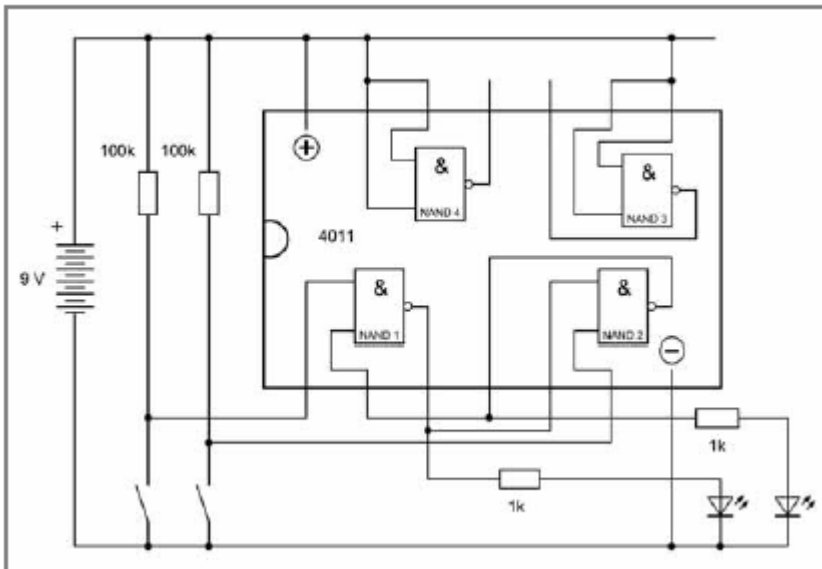
Vhod 1	Vhod 2	Izhod
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	X

RS flipflop je lahko narejen iz dveh NAND vrat, pri čemer bodo izhodi vsakokrat povratno priključeni na vhod drugih vrat. Povratno delovanje povzroči, da enkrat prisotno stanje ostane ohranjeno.

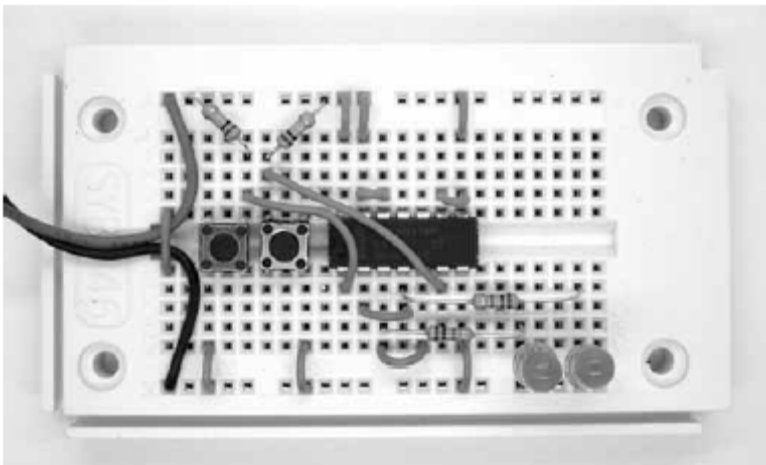


Slika 27: Osnovno načelo RS flipflopa

V realno izdelanem vezju bosta oba izhoda položena na svetilne diode (LED). Na izhodu vrat NAND 1 se vedno pojavi pretvorjeno stanje NAND 1. Dva upora proti Vcc skrbita za stanje mirovanja 1. Stikala lahko izsilijo stanje 0 in s tem spremenijo stanje izhoda. Pri vklopu obratovalne napetosti sveti ena izmed obeh LED – katera sveti, ne more biti napovedano. Z obema stikaloma lahko nato preklopite med obema stanjema.



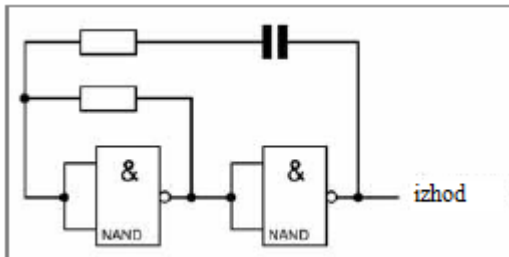
Slika 28: Vežalni načrt RS flipflopa



Slika 29: Izdelava s stikalom R in S

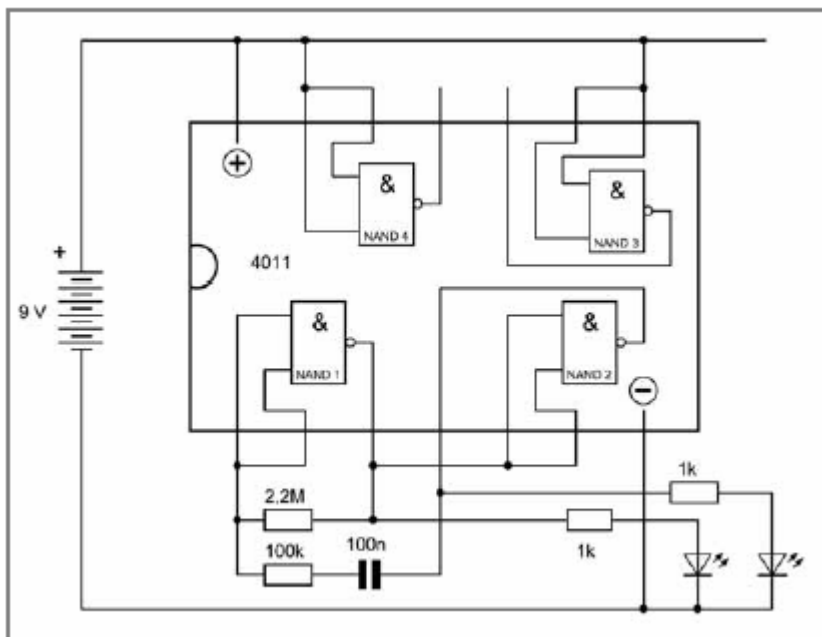
9 UTRIPAJOČE VEZJE

Z dvojnimi NAND vrati, dvema uporoma in enim kondenzatorjem je lahko narejen stabilen flipflop, ki se samodejno preklaplja sem ter tja. Kot pri RS flipflopju bo tukaj nastalo povratno delovanje. Stanje pa je vsakokrat stabilno samo tako dolgo, kot bo kondenzator polnjen. Nato preklopi stanje izhoda. V ozkem pomeni to ni digitalna vezje, ker se vhodna napetost levih vrat postopoma spreminja. V končnem efektu pa na izhodu nastane digitalen signal, ki se periodično preklaplja.

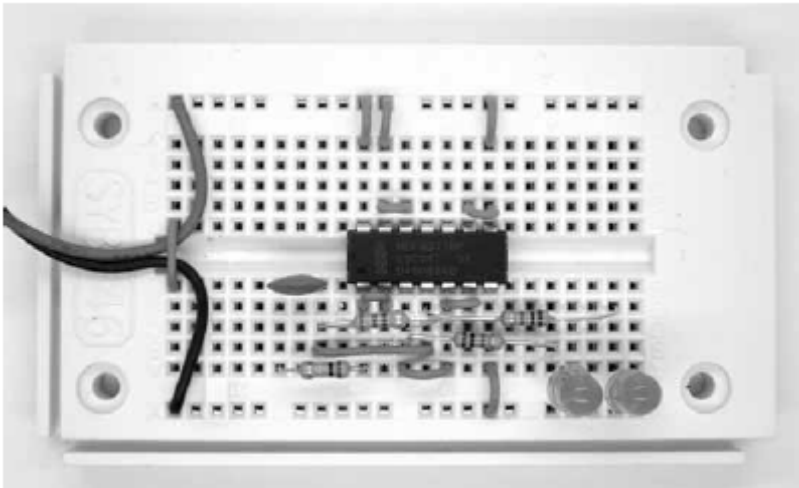


Slika 30: Nestabilen flipflop

V praktičnem vezju sta bili obe NAND vrati opremljeni s svetilnimi diodami (LED), ki zaradi tega izmenično utripajo. Upori in kondenzator so izbrani tako, da nastane dobro vidno utripanje z frekvenco približno 2Hz. Tukaj predstavljeno vezje bo bolj spodaj uporabljeno tudi kot vir takta za bolj kompleksna digitalna vezja.



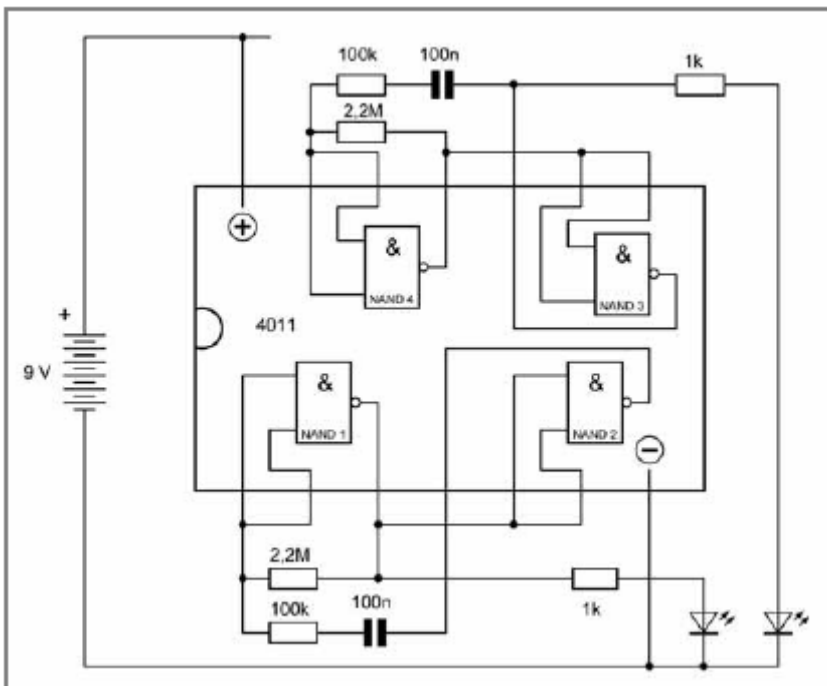
Slika 31: Utripalka z dvema LED



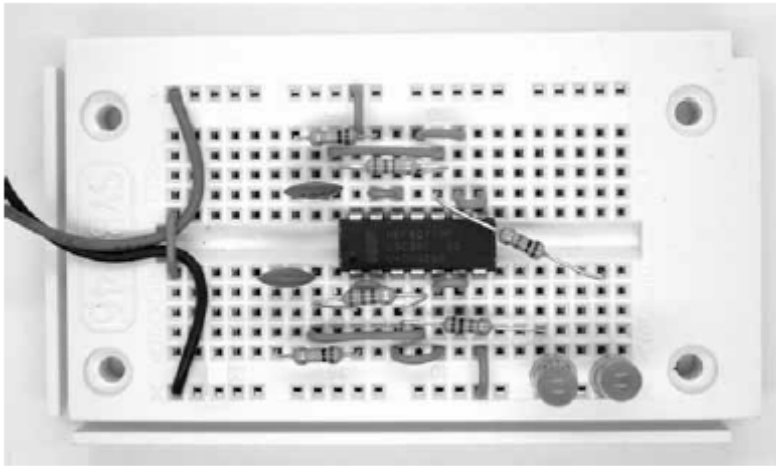
Slika 32: Izdelava izmenične utripalke

10 DVOJNA UTRIPALKA

S štirimi vrati sta lahko istočasno narejeni dve neodvisni utripajoči vezji. Teoretično naj bi delovali z isto frekvenco. Vendar pa praktično tolerance elementov vodijo k temu, da obe vezji ne delujeta točno sinhrono. Če se boste s prstom dotaknili enega izmed kondenzatorjev, vodi rahlo segretje k majhnem zmanjšanju kapacitete. Ustrezna utripalka utripa nato nekoliko hitreje.



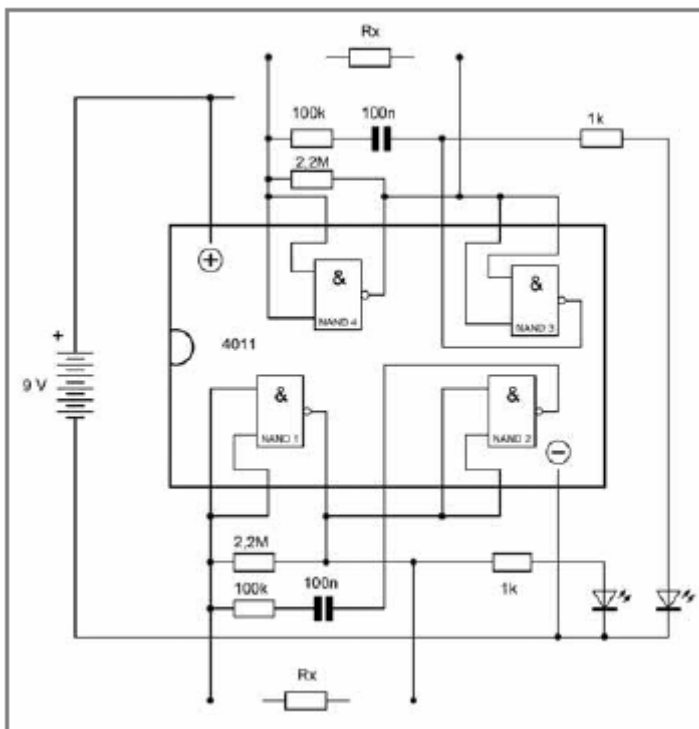
Slika 33: Dve identični utripalki



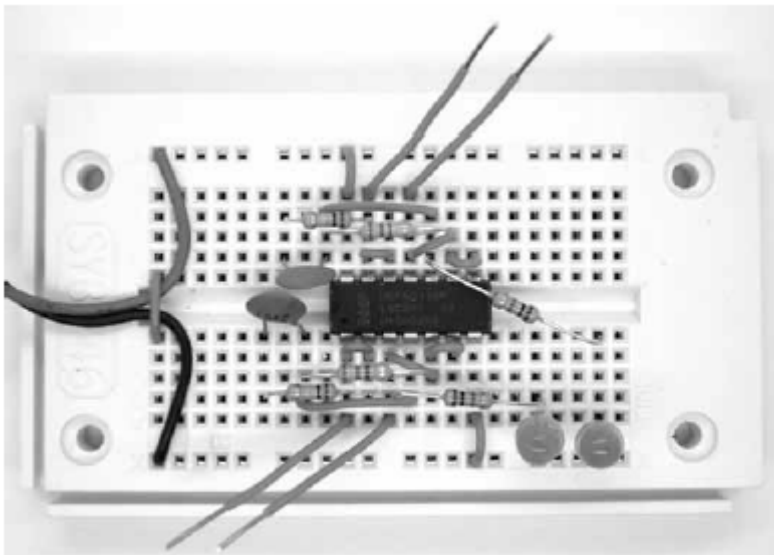
Slika 34: Neodvisen takt utripanja

11 SPREMENLJIVA FREKVENCA

Frekvenco obeh utripalk se lahko spreminja v širokih mejah, ko bo zunanji upor vzporedno vezan k $2,2\text{M}\Omega$ uporu v vezju. Tukaj bo uporabljena upornost kože. Rahel dotik obeh koncev žic vodi k povečanju frekvence. Z oscilatorji se lahko primerjajo upornosti kože dveh oseb.



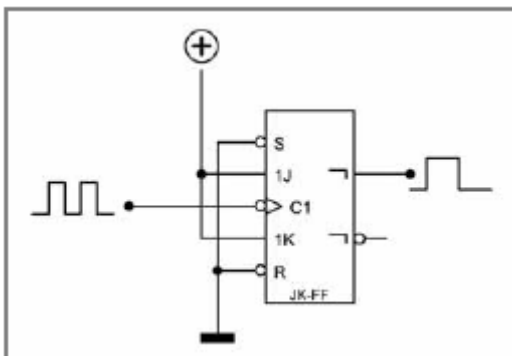
Slika 35: Spremenljiva frekvenca utripanja



Slika 36: Izdelava z kontakti prstov

12 DELILNIK FREKVENCE

CMOS IC 4027 vsebuje dva neodvisna JK flipflopa. JK flipflop je relativno kompleksno in vsestransko uporabljivo vezje. Pri prvem poskusu bo IC uporabljen kot Toggle flipflop. Vhoda R in S morata biti za to položena na GND, vhoda J in K na Vcc. »Toggle« pomeni preklop. Stanje izhoda se spremeni pri vsakem preklopu stanja 0-1 na vhodu takta (Clock, C), torej pri vsakem pozitivnem boku takta. Na koncu nastane na izhodu pravokotni signal s polovično frekvenco takta.

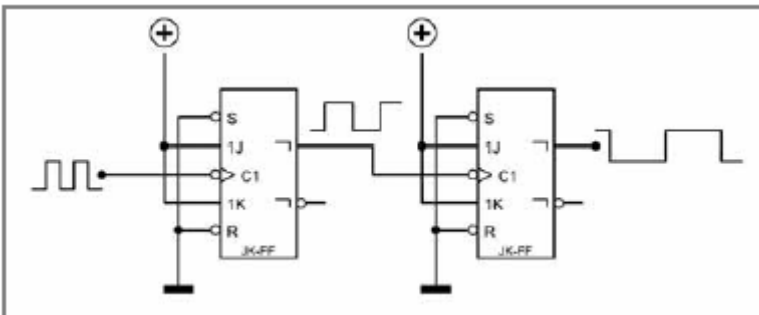


Slika 37: JK flipflop kot Toggle flipflop

Vezja s flipflopi so zelo občutljiva na signale motenj. Kondenzator med Vcc in GND preprečuje motnje, ki se lahko razširijo preko napajalnih kablov. Za visoko zanesljivost vezja je dodatno vstavljen 10k Ω upor.

13 DELILNIK S ŠTIRI

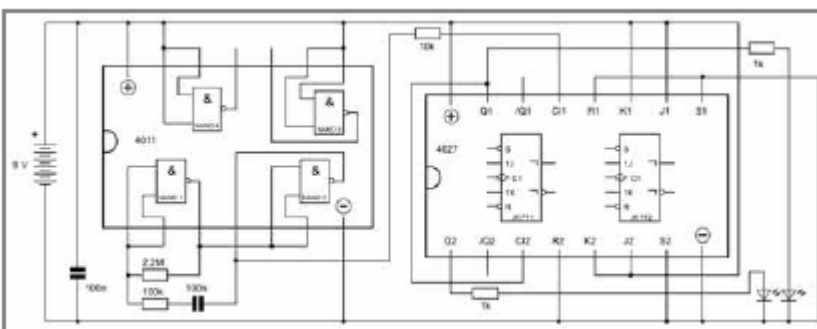
Dva preklopna (Toggle) flipflopa sta lahko zaporedno vezana. Izhod Q prvega flipflopa krmili vhod C drugega flipflopa. Skupaj bo pri tem vhodna frekvenca deljena s štiri.



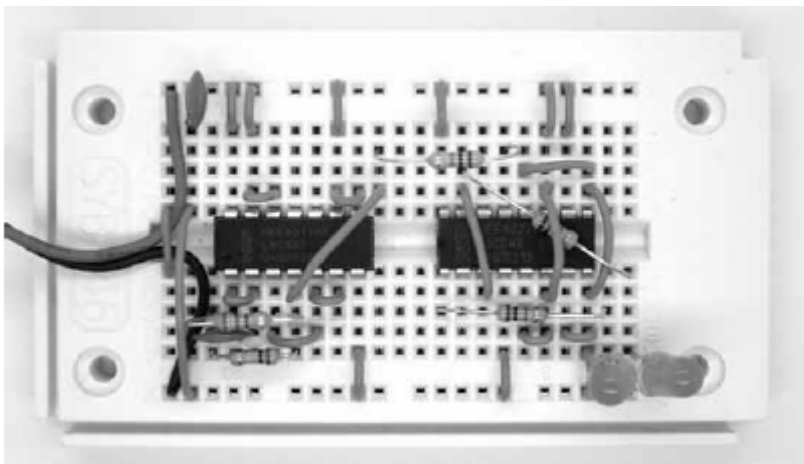
Slika 40: Dva delilnika zaporedoma

Takt	Izhod 2	Izhod 1	Stanje števca
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

Obenem je lahko vezje gledano tudi kot števec, če stanja izhoda upoštevamo kot bite digitalnega števila. Stanje na izhodu 1 mora biti nato na desni poziciji. Nastanejo binarna števila 00,11, 10, 01, 00. Vezje torej odšteva: 0, 3, 2, 1, 0, itd. To je zaradi tega, ker vhod Clock (C) reagira na pozitiven bok.



Slika 41: Deljenje z 2 in s 4

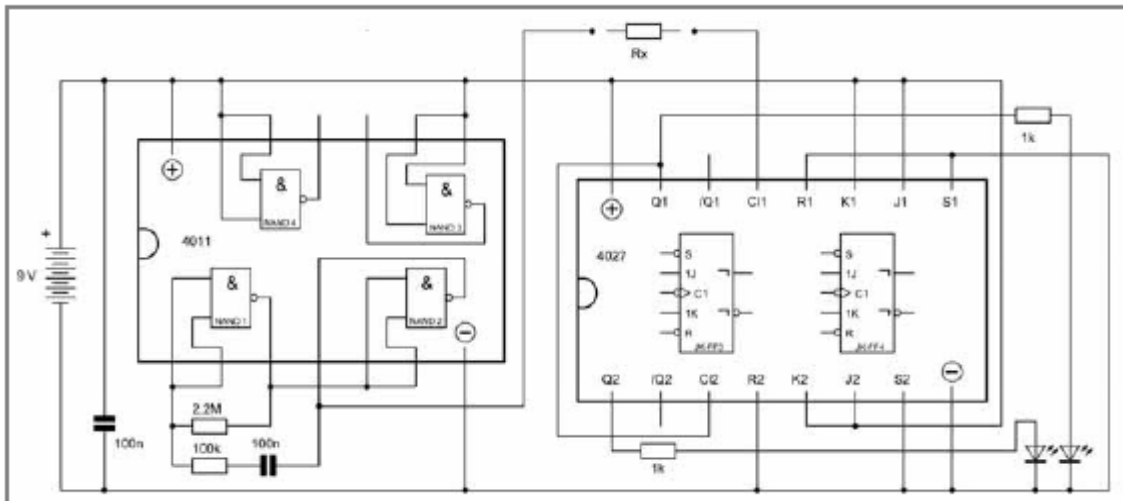


Slika 42: Izdelava binarnega števec

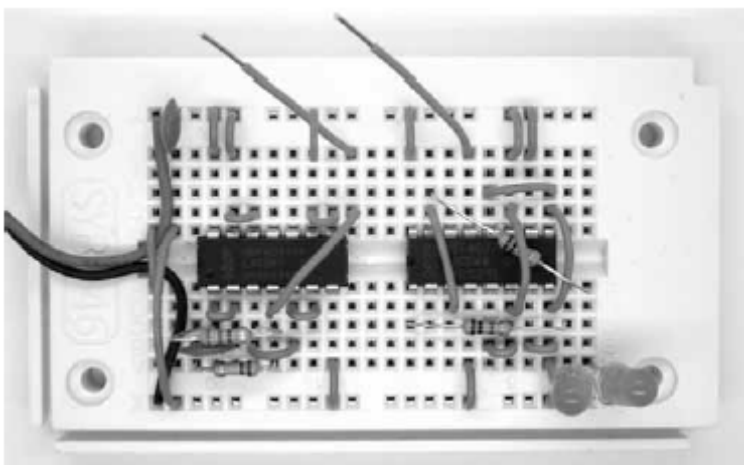
To vezje iz zaporedno vezanih flipflopov je označeno tudi kot sinhroni števec ali Ripple Counter. Vsakokratna naslednja stopnja se preklopi šele z zakasnitvijo nekaj nano sekund, kar pa za oko ni vidno.

14 STOP AND GO

Namesto $10k\Omega$ upora vstavite dve žici z odprtimi konci. Upor Rx bo nato narejen npr. z dotikom. Signal takta vklopite in izklopite z dotikom s prstom. S tem lahko števec zažene in ustavi. Izhode poskuse ustaviti točno pri stanju 1. Nadaljnja možnost je, da se dotaknete samo vhoda takta. Pri tem bo večina kot takt učinkovit 50Hz brneč signal. Ta frekvenca bo skupaj deljena s 4. zadnji izhod miglja z 12,5 Hz dobro vidno. To vezje je lahko uporabljeno kot naključni generator, kot kocka. Obe LED vsakokrat prikazujeta vrženo binarno število.



Slika 43: Prekinjeno taktiranje

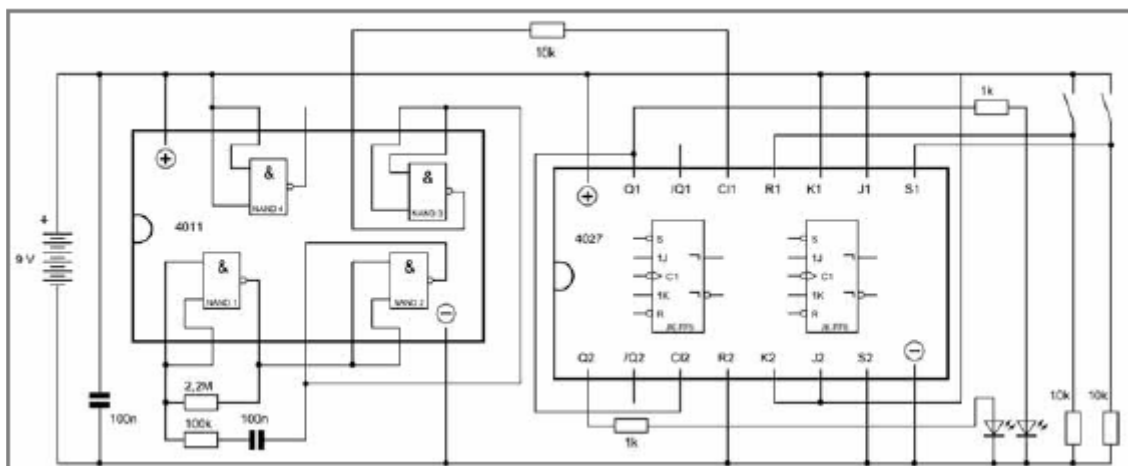


Slika 44: Števec z kontakti dotika

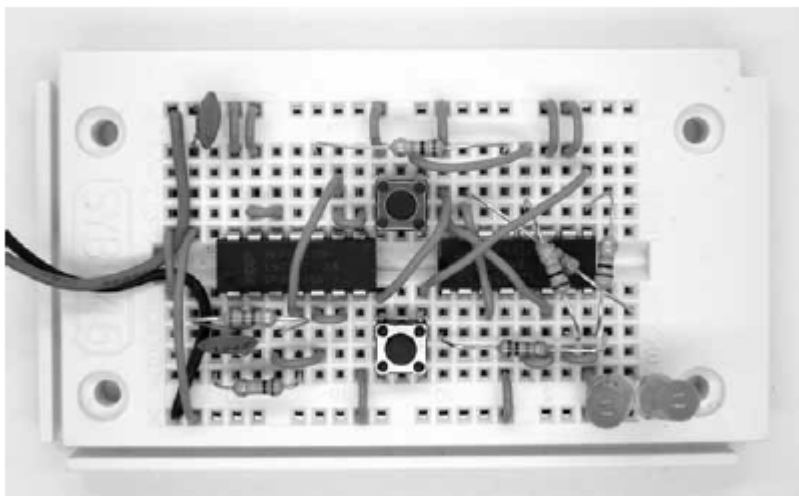
15 NASTAVITEV IN POVRNITEV

Vhodi R in S so lahko uporabljeni kot pri flipflop. Tukaj bodo upravljani z dvema stikaloma. Dodatno so vhodi opremljeni z upori proti GND, ki določijo nivo mirovanja ničlo. Prva stopnja štetja je lahko poljubno izbrisana (R) ali nastavljena (S). Dokler bo eno izmed stikal pritisnjeno, ostane števec v ustreznem stanju. S tem se tudi več ne spremeni stanje druge stopnje štetja.

Generator takta je bil v tem vezju nadgrajen za nadaljnjo stopnjo v obliki pretvornika z NAND 3. Ta ukrep izboljša varnost pred motnjami, kar je za nekaj sledečih poskusov prav tako pomembno.



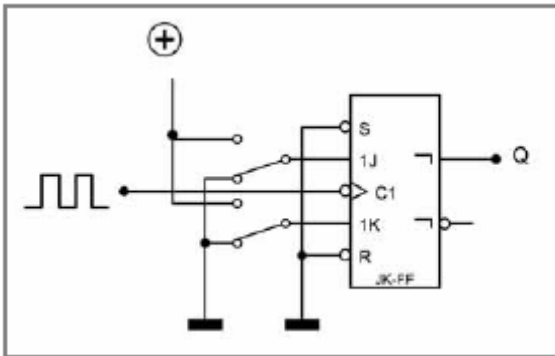
Slika 45: Nastavitev in povrnitev za prvi števec



Slika 46: Vgradnja stikal

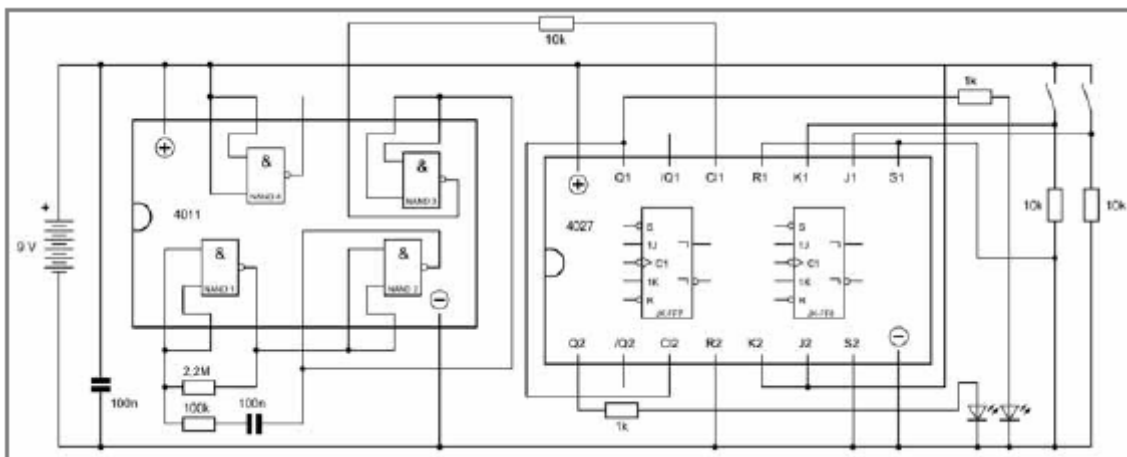
16 JK FLIPFLOP

Vhodi J in K dajo JK flipflopju njegovo ime. Sedaj bodo natančneje preiskani. Za to povežite oba stikala s pripadajočimi upori z vhodi J in K zgornjega flipflopa. S prisotnim taktom so lahko sedaj preverjena vsa stanja J in K. Delovanje je znano že iz predhodnih poskusov: Z $J = 1$ in $K = 1$ se preklopi izhod pri vsakem pozitivnem boku takta. Sedaj preverite tudi druga stanja. Z $J = 0$ in $K = 0$ obdrži izhod Q njegovo stanje, flipflop torej ne reagira na impulze takta. Če oba vhoda J in K nista enaka, pri naslednjem impulzu takta flipflop prevzame stanje J na Q.

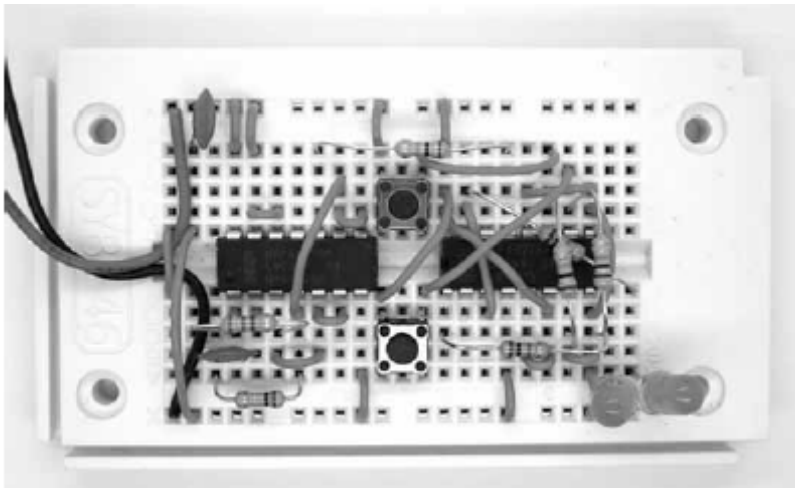


Slika 47: Načelo delovanja JK flipflopa

Vhod J	Vhod K	Vhod C	Izhod Q	Izhod / Q
0	0	0-1	nespremenjen	nespremenjen
0	1	0-1	0	1
1	0	0-1	1	0
1	1	0-1	spremenjen	spremenjen



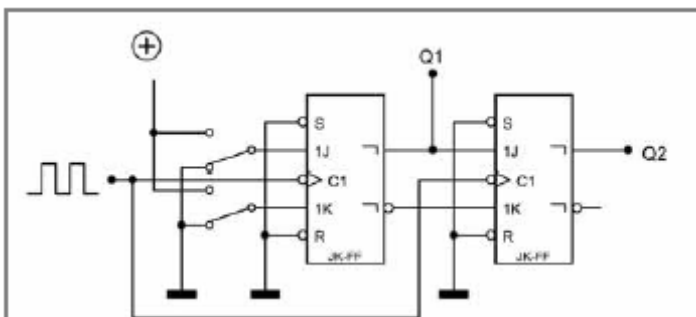
Slika 48: Testno vezje za JK flipflop



Slika 49: Stikalo na J in K

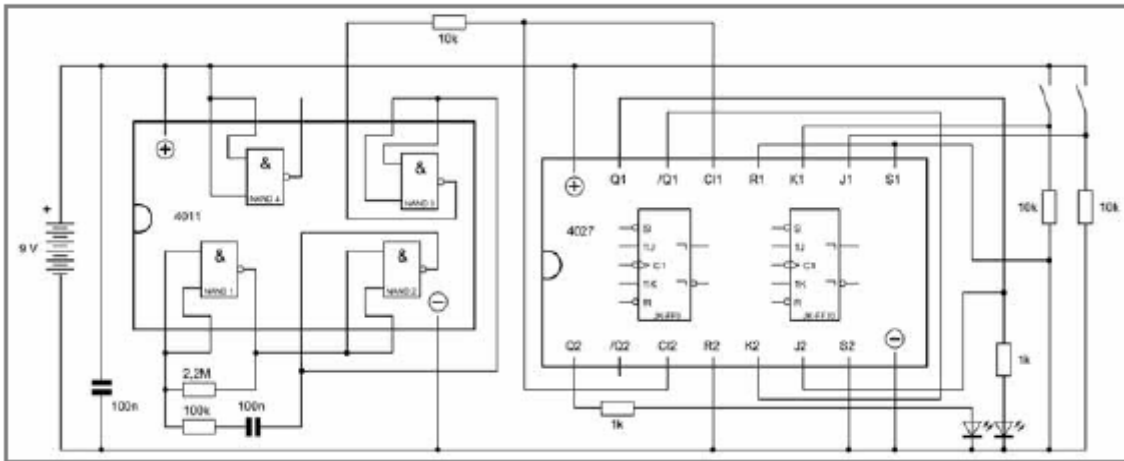
17 POMIČNI REGISTER

Pomični register potisne stanja vhoda z vsakim impulzom takta za eno stopnjo naprej. S 4027 sta lahko narejeni dve stopnji. Signal takta bo sedaj vzporedno položen na oba Clock vhoda. Na vhodu imamo spet dve stikali na J in K. Odločilna je povezava k naslednji stopnji. Q vodi na J in / Q na K. Pri pozitivnem boku takta prvi flipflop prevzame neenaka stanja na J in K. Istočasno prevzame drugi JK flipflop še stara stanja prvega flipflopa, ker bodo nova stanja učinkovala šele z majhno časovno zakasnitvijo po boku takta.

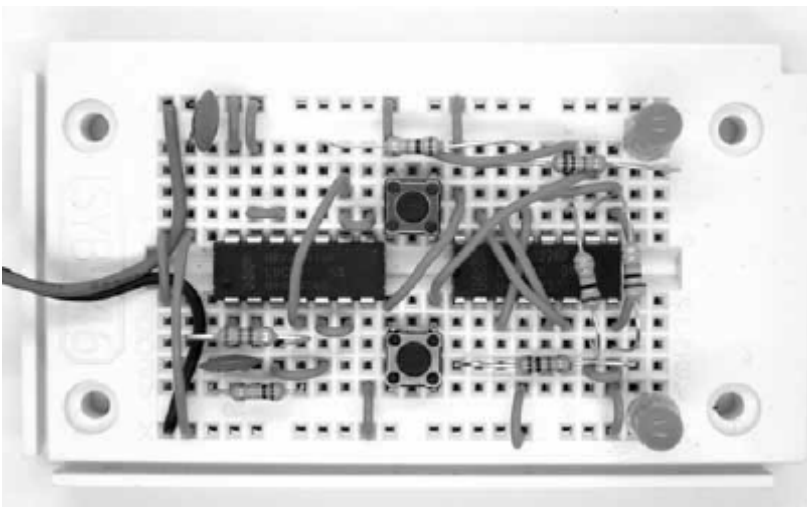


Slika 50: JK flipflop kot pomični register

V mirovanju sta oba vhoda J in K nič. Sedaj pritisnite na stikalo J. Stanje 1 bo prevzeto pri naslednjem impulzu takta na Q1 in pri sledečem tudi na Q2. Jasno lahko prepoznamo zakasnitev za en takt. Spustite stikalo. Ker sta sedaj oba vhoda J in K prve stopnje 0, se izhod ne spremeni. Oba izhoda torej ostaneta vklopljena. Sedaj pritisnite na tipko K. S tem bo Q1 pri sledečem impulzu takta 0 in z zakasnitvijo za en takt sledi tudi Q2. Če pritisnete na obe stikali J in K, se preklopi prvi flipflop. Drugi sledi stanjem z enim taktom zakasnitve. V končnem efektu dobimo izmenično utripalko.



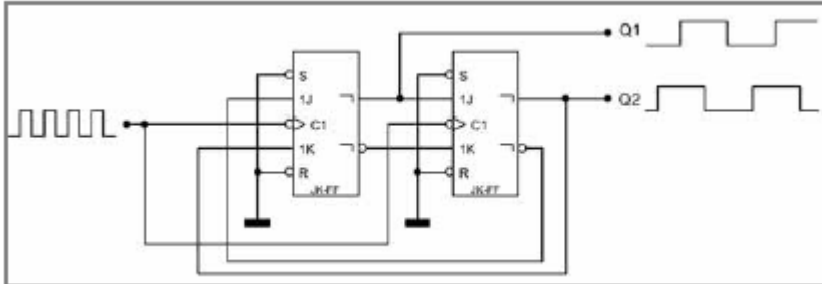
Slika 51: Testno vezje za pomični register



Slika 52: Poizkus izdelave pomičnega registra

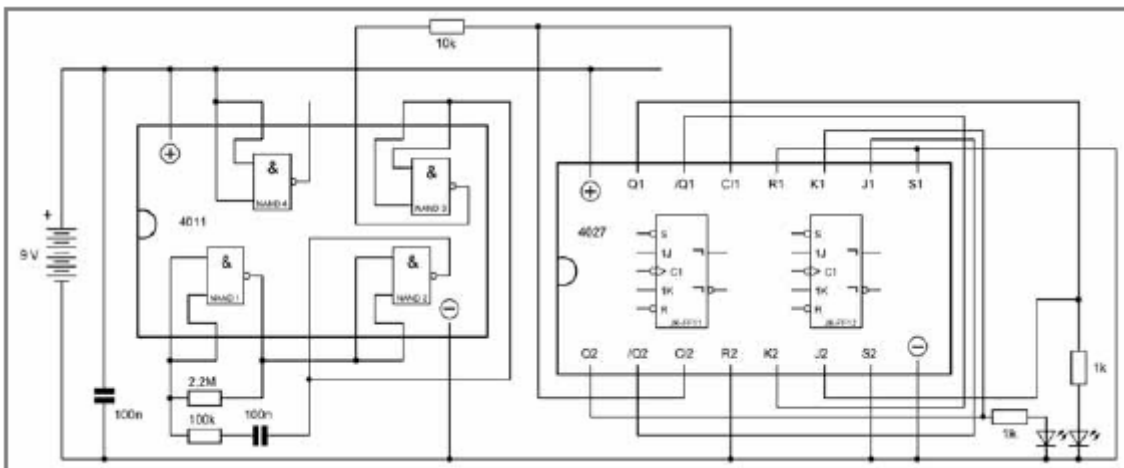
18 FAZNI PREMIK 90 STOPINJ

Signale izhoda dvostopenjskega pomičnega registra dovedite nazaj na vhod. Pri tem pa zamenjajte J in K. Rezultat je, da prvi flipflop vsakokrat sprejme obrnjeno stanje drugega flipflopa. Drugi sledi prvemu kot do sedaj z zakasnitvijo enega takta. V končnem rezultatu se sedaj oba izhoda vsakokrat izmenično preklopita. Nastaneta dva simetrična pravokotna signala z četrtino frekvence takta in z časovno zakasnitvijo enega takta. Fazni premik med obema izhodnima signaloma znaša 90 stopinj. Takšni signali so lahko npr. uporabljeni v tehniki sporočil.

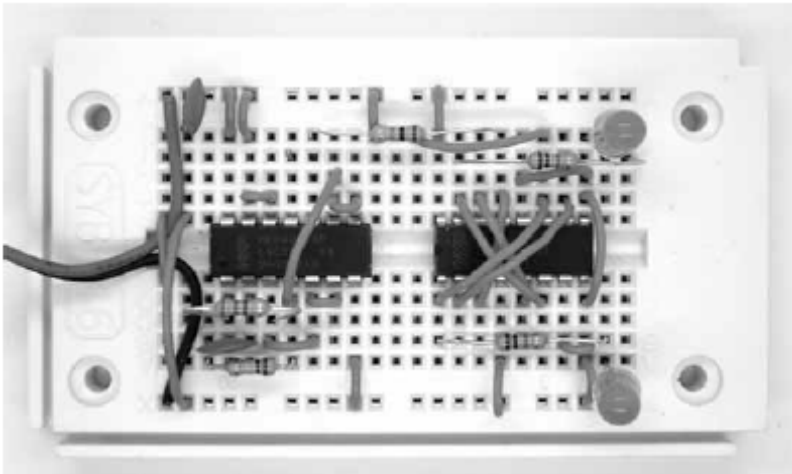


Slika 53: Fazno premaknjeni izhodni signali

Izhod Q1	Izhod Q2	Vrednost	LED 1	LED 2
0	1	1	1	0
1	1	3	0	0
1	0	2	0	1
0	0	0	0	0



Slika 54: Fazno premaknjeno krmiljenje dveh LED



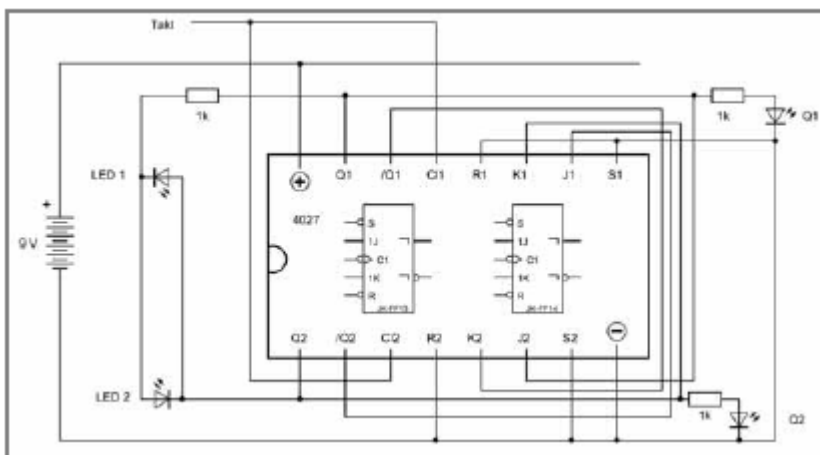
Slika 55: Izdelava poskusa za fazni premik

Vežje spremenite tako, da pri povratnem delovanju J in K ne bo zamenjan. Rezultat je negotov, ker je odvisen od stanja flipflopa po vklopu. Možno je, da oba izhoda stalno ostaneta vklopljena ali izklopljena ali pa da se preklapljata proti fazno.

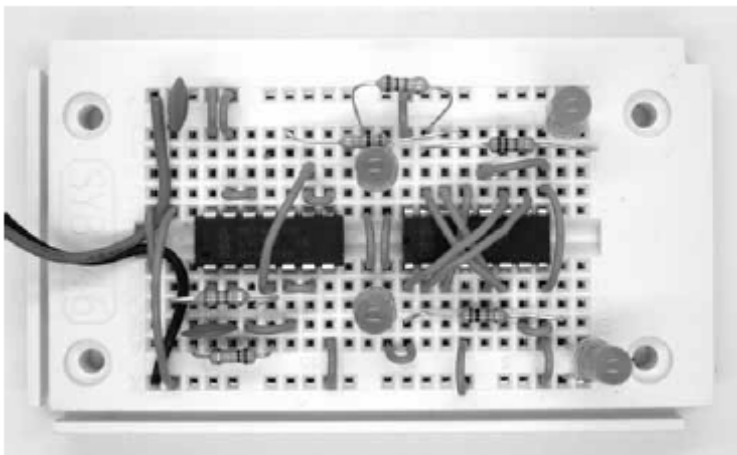
19 BIT DEKODER

Pri prejšnjem poskusu sta obe LED svetili za dva takta. Sedaj bodo posamezne faze preklopa dekodirane in prikazane. To uspe tako, da vežete dve nadaljnji LED z pred uporom med izhodi obeh flipflopov. Obe levi LED svetita samo, ko imata oba Q izhoda ravno neenako stanje. Ker sta vzporedno vezana, nastanejo izmenične faze svetjenja.

Izhod Q2	Izhod Q1	Vrednost	LED 1	LED 2
1	0	2	1	0
1	1	3	0	0
0	1	1	0	1
0	0	0	0	0



Slika 56: Prikaz posameznih bit stanj

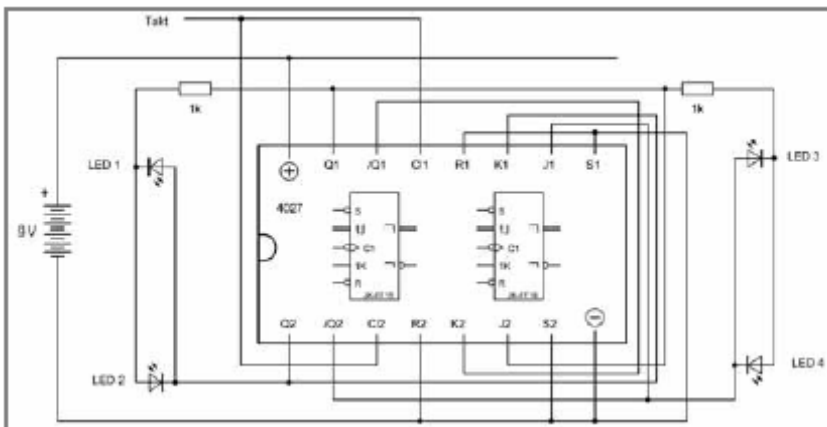


Slika 57: Izdelava s štirimi LED

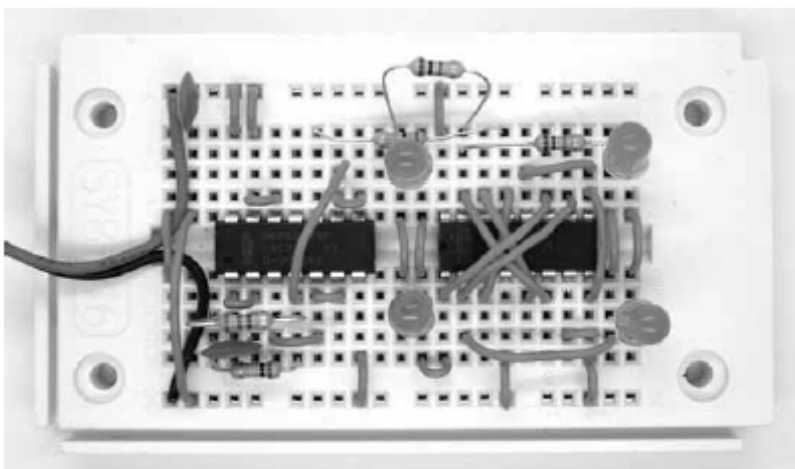
20 ENA OD ŠTIRIH

Da vedno vsakokrat sveti samo ena od štirih LED, je potrebno obe LED desno na vezalnem načrtu na isti način vezati med oba flipflopa. Da sta lahko obe preostali fazi preklopa dekodirani, bo sedaj pri spodnjem flipflop uporabljen preklopljen izhod / Q.

Izhod Q2	Izhod Q1	Vrednost	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4
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



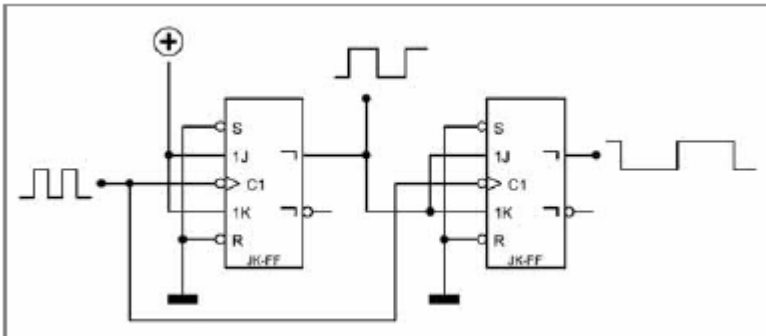
Slika 58: Dekoder



Slika 59: Utripalka s štirimi LED

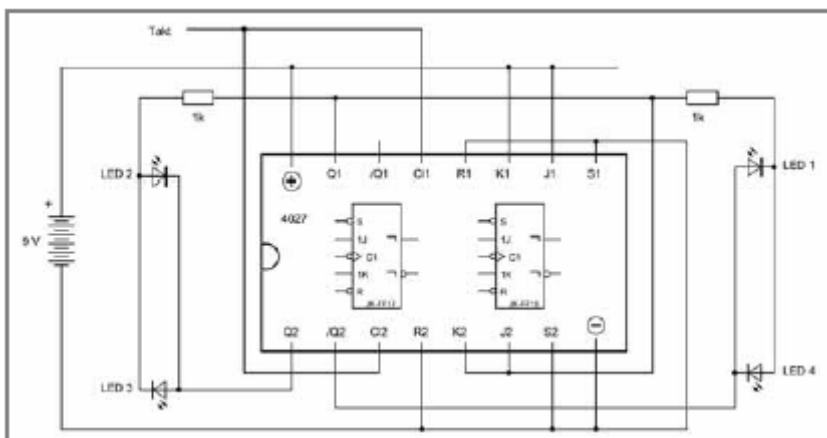
21 SINHRONI ŠTEVEC

Večstopenjski sinhroni števec načeloma posreduje iste rezultate kot večstopenjski Ripple števec. Razlika je, da bodo izhodi sedaj preklapljeni točno ob istem času. Za to morajo vse stopnje delovati z istim taktom. Signal takta bo položen vzporedno na vse C vhode flipflopa. Flipflop pri tem ne more počakati na rezultat prejšnje stopnje, temveč mora že prej vedeti, če se naj pri naslednjem taktu preklopi. Izhod Q povežemo z J in K sledeče stopnje. Če je $Q = 1$, sledeč takt istočasno preklopi obe stopnji.



Slika 60: Načelo sinhronnega števca

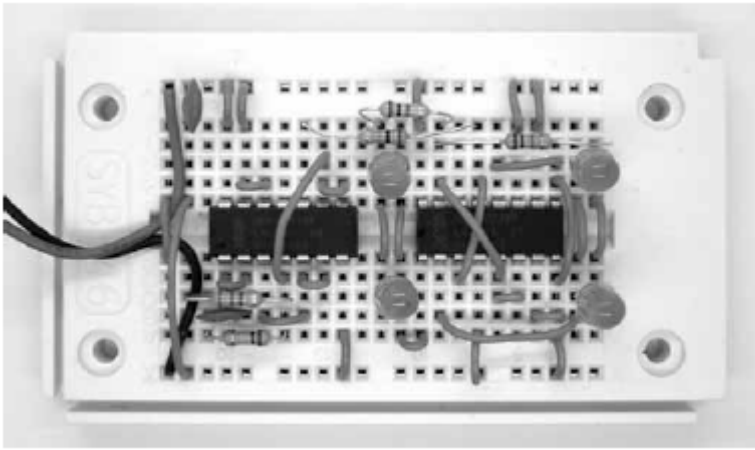
V prvi stopnji sta J in K priključena na Vcc tako, da imamo preklonni Flipflop. Vedno, ko je $Q = 1$, preklopi naslednji impulz stanje. S tem prejmemo pravilno številčno zaporedje za binaren števec.



Slika 61: Sinhron števec (prištevanje, štetje naprej)

Tudi tukaj naj bi spet štiri LED posamezno zaporedoma svetile. Skupaj nastane svetlobni vzorec, ki izgleda tako, kot da bi se pika prehajala v krogu.

Izhod Q2	Izhod Q1	Vrednost	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4
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



Slika 62: Utripanje v krogu



GARANCIJSKI LIST

Izdelek: **Posebni učni komplet za digitalno elektroniko**
Kat. št.: **192297**

Conrad Electronic d.o.o. k.d.
Ljubljanska c. 66, 1290 Grosuplje
Fax: 01/78 11 250, Tel: 01/78 11 248
www.conrad.si, info@conrad.si

Garancijska Izjava:

Proizvajalec jamči za kakovost oziroma brezhibno delovanje v garancijskem roku, ki začne teči z izročitvijo blaga potrošniku. **Garancija velja na območju Republike Slovenije. Garancija za izdelek je 1 leto.**

Izdelek, ki bo poslan v reklamacijo, vam bomo najkasneje v skupnem roku 45 dni vrnili popravljenega ali ga zamenjali z enakim novim in brezhibnim izdelkom. Okvare zaradi neupoštevanja priloženih navodil, nepravilne uporabe, malomarnega ravnanja z izdelkom in mehanske poškodbe so izvzete iz garancijskih pogojev. **Garancija ne izključuje pravic potrošnika, ki izhajajo iz odgovornosti prodajalca za napake na blagu.**

Vzdrževanje, nadomestne dele in priklopne aparate proizvajalec zagotavlja še 3 leta po preteku garancije.

Servisiranje izvaja proizvajalec sam na sedežu firme CONRAD ELECTRONIC SE, Klaus-Conrad-Strasse 1, Nemčija.

Pokvarjen izdelek pošljete na naslov: Conrad Electronic d.o.o. k.d., Ljubljanska cesta 66, 1290 Grosuplje, skupaj z izpoljenim garancijskim listom.

Prodajalec: _____

Datum izročitve blaga in žig prodajalca:

Garancija velja od dneva nakupa izdelka, kar kupec dokaže s priloženim, pravilno izpolnjenim garancijskim listom.

- Garancija velja na območju Republike Slovenije.
- Garancija ne izključuje pravic potrošnika, ki izhajajo iz odgovornosti prodajalca za napake na blagu.