

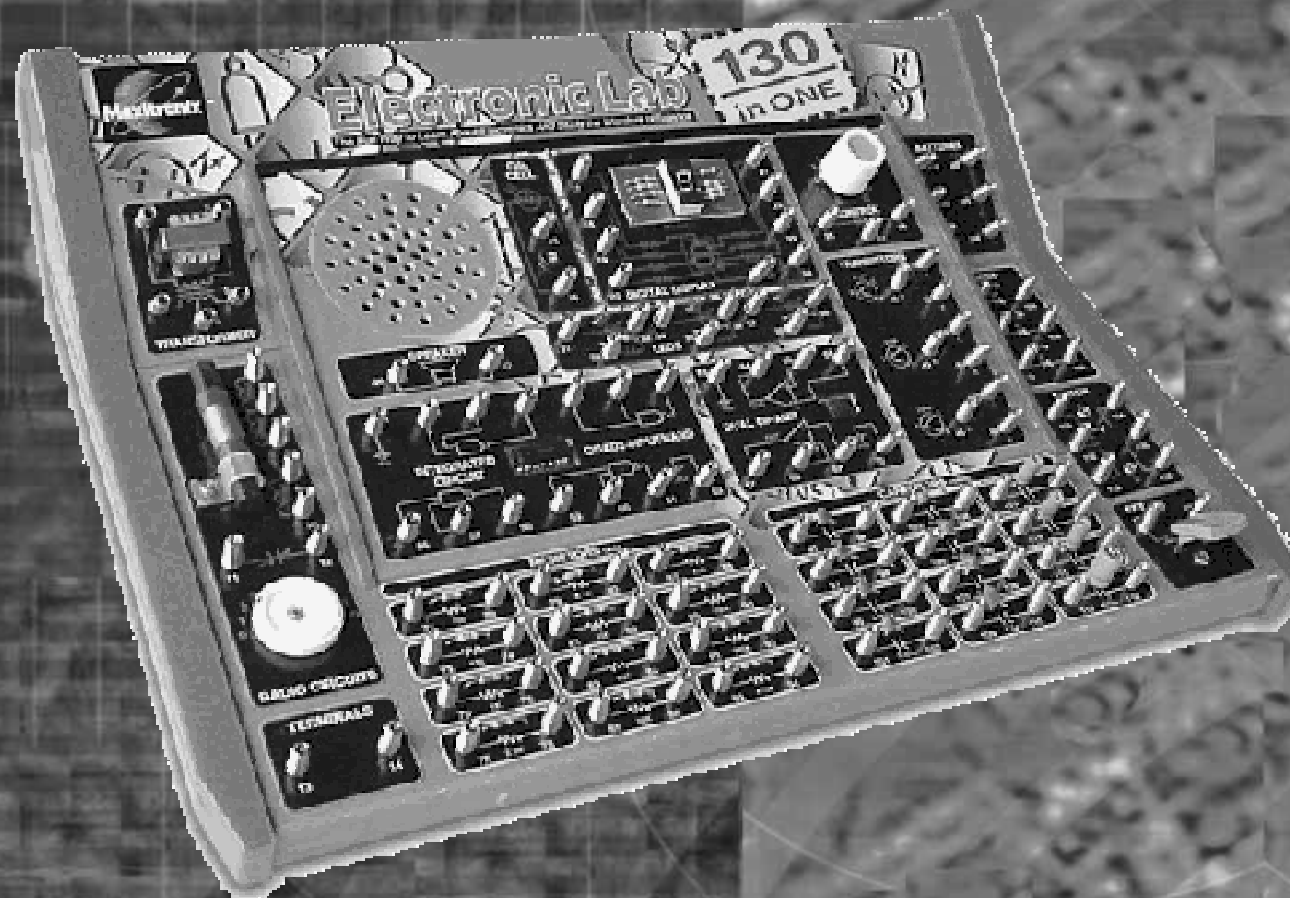


ELECTRONIC LAB

NL GEBRUIKERSHANDLEIDING

130 in 1

130 PROEVEN OM EEN ECHTE
EXPERT TE WORDEN !



Use this device with original accessories only. Velleman nv cannot be held responsible in the event of damage or injury resulted from (incorrect) use of this device. For more info concerning this product, please visit our website www.velleman.eu. The information in this manual is subject to change without prior notice.

© COPYRIGHT NOTICE

This manual is copyrighted. The copyright to this manual is owned by Velleman nv. All worldwide rights reserved. No part of this manual may be copied, reproduced, translated or reduced to any electronic medium or otherwise without the prior written consent of the copyright holder.

N'employer cet appareil qu'avec des accessoires d'origine. SA Velleman ne sera aucunement responsable de dommages ou lésions survenus à un usage (incorrect) de cet appareil. Pour plus d'information concernant cet article, visitez notre site web www.velleman.eu. Toutes les informations présentées dans cette notice peuvent être modifiées sans notification préalable.

© DROITS D'AUTEUR

SA Velleman est l'ayant droit des droits d'auteur pour cette notice. Tous droits mondiaux réservés. Toute reproduction, traduction, copie ou diffusion, intégrale ou partielle, du contenu de cette notice par quelque procédé ou sur tout support électronique que se soit est interdite sans l'accord préalable écrit de l'ayant droit.

Verwenden Sie dieses Gerät nur mit originellen Zubehörteilen. Velleman NV übernimmt keine Haftung für Schaden oder Verletzungen bei (falscher) Anwendung dieses Gerätes. Für mehr Informationen zu diesem Produkt, siehe www.velleman.eu. Alle Änderungen ohne vorherige Ankündigung vorbehalten.

© URHEBERRECHT

Velleman NV besitzt das Urheberrecht für diese Bedienungsanleitung. Alle weltweiten Rechte vorbehalten. Ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Urhebers ist es nicht gestattet, diese Bedienungsanleitung ganz oder in Teilen zu reproduzieren, zu kopieren, zu übersetzen, zu bearbeiten oder zu speichern.

Gebruik d it toestel enkel met originele accessoires. Velleman nv is niet aansprakelijk voor schade of kwetsuren bij (verkeerd) gebruik van dit toestel. Voor meer informatie over dit product, zie www.velleman.eu. De informatie in deze handleiding kan te allen tijde worden gewijzigd zonder voorafgaande kennisgeving.

© AUTEURSRECHT

Velleman nv heeft het auteursrecht voor deze handleiding. Alle wereldwijde rechten voorbehouden. Het is niet toegestaan om deze handleiding of gedeelten ervan over te nemen, te kopiëren, te vertalen, te bewerken en op te slaan op een elektronisch medium zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de rechthebbende.

Utilice este aparato sólo con los accesorios originales. Velleman NV no será responsable de daños ni lesiones causados por un uso (indebido) de este aparato. Para más información sobre este producto, visite nuestra página web www.velleman.eu. Se pueden modificar las especificaciones y el contenido de este manual sin previo aviso.

© DERECHOS DE AUTOR

Velleman NV dispone de los derechos de autor para este manual del usuario. Todos los derechos mundiales reservados. Está estrictamente prohibido reproducir, traducir, copiar, editar y guardar este manual del usuario o partes de ello *sin previo permiso escrito* del derecho habiente.

INHOUDSOPGAVE

VOOR WE BEGINNEN	5	21. Geluidsversterker	36
HET PLAATSEN VAN DE BATTERIJEN	5	22. Flip-flop multivibrator met LED display	37
HET VERBINDEN VAN DE ELEKTRICITEITSDRADEN	6		
ONDERDELEN	7	III. CIRCUITS MET DIGITALE LED DISPLAY	38
HET BOUWEN VAN JE EERSTE PROJEKT	11	23. Circuit met digitale displaybestaande uit 7 LED segmenten	39
PROBLEEMOPLOSSING	12	24. Basis LED display	40
HANDIGE TIPS	12	25. Transistor-regulator die de LED display uitschakelt	41
		26. Circuit met transistor, CdS cel en LED display	42
I. CIRCUITS VOOR HET PLEZIER	13		
1. Elektronische specht	14	IV. EEN RONDLEIDING DOOR DIGITALE CIRCUITS	43
2. De tjirpende vogel	15	27. Diode-transistor logische "AND" met LED display	44
3. Elektronische kat	16	28. DTL "OR" circuit met LED display	45
4. Sonische vislokker	17	29. DTL "NAND" circuit met LED display	46
5. Machinegewwwer pulsoscillator	18	30. DTL "Exclusive-OR" circuit	47
6. Elektronische motorfiets	19	31. Transistor "NOR" circuit met LED display	48
7. Tweetonige sirene politieauto	20	32. Transistor "Flip-Flop" circuit	49
8. Elektronische sirene	21	33. Transistor "Toggle Flip-Flop"	50
9. Elektronische metronoom	22		
10. Elektronische grootvaders klok	23	V. MEER AVONTUREN MET DIGITALE CIRCUITS	51
11. Lichtbestuurde elektronische harp	24	34. Transistor-transistor logische "buffer" poort	52
12. Geluidseffecten griezelfilm	25	35. TTL "inverter" poort	53
13. Stroboscooplamp (knipperlicht)	26	36. TTL "AND" poort	54
14. Snelschakeling LED display (Persistence of Vision Test)	27	37. TTL "OR" poort	55
		38. TTL "Exclusive-OR" poort	56
II. BASISCIRCUITS MET HALFGELEIDERS EN COMPONENTEN	28	39. TTL "NOR" poort	57
EEN GROTE VERANDERING	29	40. TTL "Three-input AND" poort	58
15. Ontlading kondensator / hoogspanningsgenerator	30	41. TTL "AND" enable circuit	59
16. Kondensatoren in serie en parallel	31	42. TTL "OR" enable circuit	60
17. Weerstanden in serie en parallel	32	43. TTL "NAND enable circuit	61
18. Lichtdimmer	33	44. TTL "R-S Flip-Flop"	62
19. Transistor-schakelaar	34	45. "Toggle Flip-Flop" circuit gemaakt met "NAND" poort	63
20. Werking Transistor-circuit	35	46. TTL lijnselector	64

47. TTL dataselector	65	78. Differentiële versterker met twee voedingen	99
VI. DE WERELD VAN TRANSISTOR-TRANSISTOR LOGICA	66	79. Toon mengversterker	100
48. TTL astabiele multivibrator	67	80. Krachtversterker met operationele versterker	101
49. TTL toongenerator	68	81. Voltage controlled oscillator	102
50. Knipperende LED's	69	82. Zoemer met operationele versterker	103
51. Een one-shot TTL	70	83. Inbraakalarm	104
52. Transistor timer met TTL	71	84. Handbediende zwaai-oscillator	105
53. Zoemende LED	72	85. Geluid van vallende bom	106
54. Zoon van de zoemende LED	73	86. Noodsirene	107
55. Set/reset zoemer 1	74	87. Eerste hulp sirene	108
56. Set/reset zoemer 2	75	88. Muzikale tempo generator	109
57. Geluidsmachine	76	89. Knipperende LED van operationele versterker	110
58. Grote mond	77	90. LED knipperlicht	111
59. Schot in het donker	78	91. Knipperlicht met twee LED's	112
VII. TOEPASSINGEN VAN CIRCUITS GEBASEERD OP DE OSCILLATOR	79	92. One-shot licht	113
60. Variabele R-C oscillator	80	93. LED initialen	114
61. Oscillator met uitschakelvertraging	81	94. Weksirene	115
62. Temperatuur-gevoelige audio oscillator	82	95. Stemgeactiveerde LED	116
63. Oscillator met twee direct verbonden transistoren	83	96. Logische tester	117
64. Push/pull blok golfoscillator	84	IX. MEER AVONTUREN MET OPERATIONELE VERSTERKERS	118
65. Potlood-orgel	85	97. Geluid van wisselstroom	119
66. LED stroboscooplamp (knipperlicht)	86	98. Circuit voor lichtgereguleerd geluid	120
67. Elektronisch orgel	87	99. Geluidsalarm	121
68. Daglicht vroege vogel	88	100. Studeertimer	122
69. Intermitterende alarmgenerator	89	101. Kookwekker	123
VIII. BASISCIRCUITS MET OPERATIONELE VERSTERKER	90	102. Three-input "AND" poort met operationele versterker	124
70. Comparator	91	103. Stemniveau meter	125
71. Minimum verhoging van DC voltage	92	104. Power-on reset schakeling	126
72. Constante stroombron	93	105. Vertraagde timer	127
73. Integreerschakeling	94	106. Pulsfrequentie verdubbelaar	128
74. Schmitt Trigger circuit	95	107. Witte ruis generator	129
75. Niet-inverterende versterker met twee voedingen	96	108. DC-DC converter met operationele versterker	130
76. Inverterende versterker met twee voedingen	97	X. CIRCUITS VOOR COMMUNICATIE	131
77. Niet-inverterende versterker met één voeding	98	109. Oscillator met toonregulatie voor oefenen met morse code	132
		110. Kristalradio (radio met één diode)	133

111. Radio met twee transistoren	134
112. Draadloze code-zender	135
113. AM radiozender	136
114. Radio met operationele versterker	137
XI. TESTEN EN METEN VAN CIRCUITS	138
115. Geluidscontinuïteit-tester	139
116. Conductiviteitstester	140
117. Transistor checker	141
118. Sinusgolf audio oscillator	142
119. Sinusgolf oscillator met minimale vervorming	143
120. Dubbele-T audio oscillator	144
121. Toongenerator met pulsoscillator	145
122. Audio signaaltracer	146
123. Radiofrequentie signaaltracer	147
124. Blokgolf audio oscillator	148
125. Zaagtandgolfoscillator	149
126. Regendetector	150
127. Waterniveau zoemer met operationele versterker	151
128. Metaaldetector	152
129. Waterniveau alarm	153
130. Drie-traps waterniveau indicator	154
INDEX	155
LIJST VAN ONDERDELEN	157

© 1999 MAXITRONIX ENTERPRISE LIMITED

ALLE RECHTEN VOORBEHOUDEN

***Maxitronix Lab*® en andere verwante merken zijn
geregistreerde handelsmerken van Maxitronix Enterprise Limited.**

Voor we beginnen

Deze 130-in-1 kit met elektronische projecten van Maxitronix is wellicht je eerste ervaring met de spannende wereld van elektriciteit en elektronika. We hopen dat het niet je laatste zal zijn. Zoals je weet, speelt de elektronika een belangrijke rol in de wereld van vandaag en biedt het uitgebreid gelegenheid voor experimenten, lol, praktische ideeën en interessante banen en carrières.

Deze handleiding beschrijft 130 verschillende experimenten die je met je kit kunt uitvoeren. Alles wat je hiervoor nodig zult hebben, hebben we bijgevoegd (met uitzondering van de batterijen).

Tijdens het lezen van deze handleiding en het uitvoeren van de experimenten zal je opvallen dat we de projecten en informatie in een logische volgorde hebben geordend. We laten je beginnen met eenvoudige circuits en voeren de moeilijkheidsgraad dan langzaam op. Neem de tijd en beleef plezier.

Hoewel je de experimenten niet in de aangegeven volgorde hoeft uit te voeren, zul je merken dat het helpt om dat wel te doen, aangezien we voortdurend bouwen op opgedane kennis in vorige experimenten en deze kennis van belang is voor het begrijpen van latere experimenten.

Bij het doorlopen van de experimenten helpen we je niet alleen begrijpen hoe de projecten werken, maar geven we je ook enkele ideeën voor extra experimenten en plezier.

Ook al heb je nog nooit een elektronisch circuit (een instrument dat een elektrische stroom door bepaalde kanalen stuurt) gebouwd, zul je al deze projecten zonder probleem kunnen voltooien. Het bedraden is eenvoudig dankzij de "broodplank" constructie van je lab kit. Elk van de verschillende onderdelen (elektronische basisonderdelen) in je kit is op de broodplank bevestigd en duidelijk aangegeven.

Alle projecten kunnen zonder solderen worden samengesteld omdat elk onderdeel met contactveertjes is verbonden. Bij elk project is een bedradingsvolgorde gegeven, zodat je alleen maar de elektriciteitsdraden met de contactveertjes die in de bedradingsvolgorde zijn vermeld hoeft te verbinden om een werkend project te bouwen. We hebben voldoende voorgeknijpte geïsoleerde draden bijgevoegd. Alle projecten worden van stroom voorzien door batterijen met een laag voltage, dus er zal zich geen van de gevaren voordoen die kunnen wel zouden kunnen optreden wanneer gebruik wordt gemaakt van standaard AC voltages.

Eenvoudige en duidelijk beschreven instructies helpen je met het uitvoeren van en experimenteren met elk project. Een diagram, dat bedradingsschema wordt genoemd, wordt bij de latere projecten gegeven. Een bedradingsschema is een elektronische blauwdruk die aangeeft hoe de verschillende onderdelen met elkaar zijn verbonden. Elk onderdeel wordt met zijn eigen bedradingsschema-symbool aangeduid. De symbolen voor de verschillende onderdelen in je lab kit staan op de broodplank naast elk onderdeel aangegeven.

Bij het uitvoeren van de experimenten zul je zien dat er veel overeenkomsten tussen de verschillende circuits zijn. Dit is logisch, omdat complexe elektronische circuits zijn opgebouwd uit een combinatie van eenvoudige circuits. Achterin deze handleiding hebben we een index van experimenten gegeven – veel van de experimenten staan in meer dan één categorie genoemd zodat het gemakkelijker is te vinden wat je zoekt.

Het zal je opvallen dat we vaak naar een volt-ohm-meter (afgekort VOM) verwijzen om metingen uit te voeren. Een VOM of universeelmeter is een apparaat waarmee het voltage, de stroom (ampère or amps) en de weerstand (ohm) kan worden gemeten. We zullen je hierover later meer vertellen. Wanneer je meer over elektronische circuits gaat leren, is het belangrijk dat je leert hoe je circuit-waarden moet meten – want alleen dan zul je pas echt gaan begrijpen hoe elektronische circuits werken.

Wanneer je kunt meten waarover je spreekt en het in getallen kunt uitdrukken, weet je er iets over; wanneer je het echter niet kunt meten en het niet in getallen kunt uitdrukken, is je kennis slechts van povere en onbevredigende aard: het kan het begin van kennis zijn, maar je hebt nog maar nauwelijks, in je eigen gedachten, het stadium van wetenschap bereikt.

LORD KELVIN, 1883

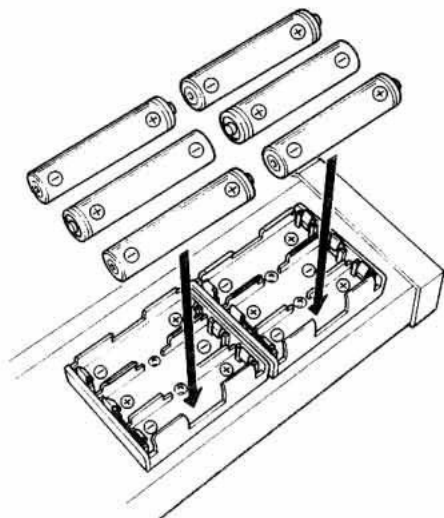
We raden je daarom aan om nog een keer de radiospecialzaak te bezoeken en in een VOM met een gevoeligheid van 20.000 ohms per volt of meer te investeren. Ohms per volt is een eenheid waarmee de gevoeligheid van het apparaat wordt aangeduid (hoe hoger de waarde, des te gevoeliger de meter).

Je hebt geen VOM nodig om de experimenten te voltooien, maar je zult zien dat het van hulp kan zijn voor het beter begrijpen van de werking van de circuits. Een VOM is een standaard testinstrument en een uitstekende investering – zolang je in elektriciteit en elektronika geïnteresseerd blijft, zul je er één willen en nodig hebben. Als je niet weet hoe je een VOM moet gebruiken, raden we je aan een boek daarover te lezen. Er zijn verschillende boeken hierover verkrijgbaar, en in het bijzonder het boek "Het gebruiken van je meter" is een aanrader.

We zijn enorm enthousiast over deze kit – het is een laboratorium met het beste uit de elektronika. Je zult er veel plezier mee beleven (en je zult je waarschijnlijk niet eens realiseren hoeveel je leert terwijl je ermee aan het "spelen" bent).

Het plaatsen van de batterijen

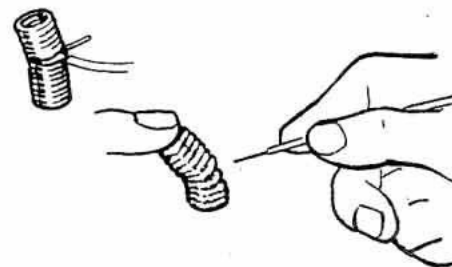
Er zijn zes AA batterijen nodig voor je kit. Wij raden alkaline batterijen aan voor het langste gebruik. Plaats de batterijen in de batterijhouder aan de achter-/onderzijde van je kit. Zorg ervoor dat je ze op de juiste wijze plaatst, overeenkomstig de (+) en (-) aanduidingen aan de binnenkant van de batterijhouder. Het (+) uiteinde van een batterij is het uiteinde met het kleine metalen kapje.



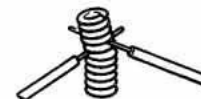
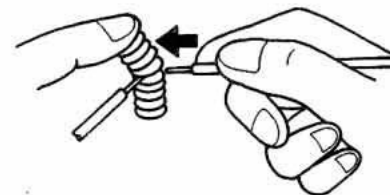
Opmerking: Verwijder de batterijen wanneer je je kit niet gebruikt. Laat zwakke of lege batterijen nooit in je kit zitten – ze kunnen schadelijke chemicaliën lekken, ookal zijn het “lekvrije” batterijen. Het is goed hiervan een gewoonte te maken bij alle produkten die op batterijen werken.

Het verbinden van de elektriciteitsdraden

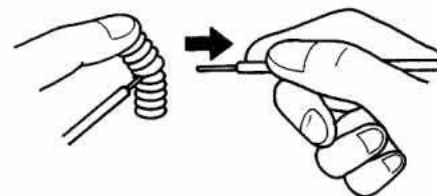
Met behulp van de contactveertjes en de voorgeknijpte elektriciteitsdraden die met je kit zijn bijgeleverd, kun je met gemak de bedradingen van de verschillende projecten voltooien. Buig het contactveertje eenvoudigweg naar één kant en steek de draad in de opening om deze met het veertje te verbinden.



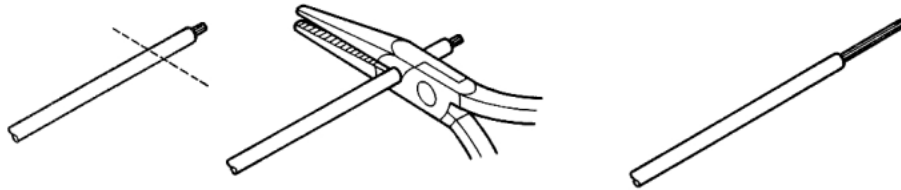
Soms zul je twee of drie draden met één veertje moeten verbinden, en je moet er dan voor zorgen dat de eerste draad niet losraakt wanneer je de tweede en derde draad toevoegt. De eenvoudigste manier om dit te doen, is het veertje in de tegenovergestelde richting van de eerste draad te buigen.



Zorg ervoor dat je alleen het ontblote, glimmende deel van de draad in de opening van het contactveertje steekt. Wanneer de plastic isolatie van de draad in de opening steekt, wordt er geen elektrisch contact gemaakt. Buig elk veertje eenvoudigweg om en trek de draden eruit om deze weer te verwijderen.



Na veelvuldig gebruik kunnen de ontblote metalen uiteinden van sommige draden afbreken. Wanneer dit gebeurt, verwijder dan 1 cm isolatie van het afgebroken uiteinde en draai de strengen samen. Je kunt de isolatie met een draadstripper of een zakmes verwijderen.



Onderdelen

De meeste elektronica

—sche onderdelen in je kit zijn op het grafisch geïllustreerde paneel bevestigd; het bijbehorende symbool staat naast elk onderdeel afgedrukt. De rest van de onderdelen zitten in de plastic zak.

Er zitten meer dan 30 losse onderdelen in je kit. Indien dit de eerste keer is dat je met elektronica in aanraking komt, weet je waarschijnlijk niet wat het verschil tussen een weerstand en een transistor is. Maar vrees niet – het algemene gebruik van elk onderdeel wordt hieronder uitgelegd. De beschrijvingen zullen je helpen begrijpen wat elk onderdeel doet, terwijl je elk onderdeel beter zult leren kennen tijdens het uitvoeren van de projecten.

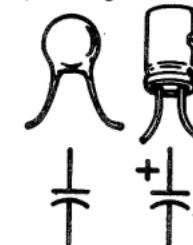
Achterin deze handleiding is een lijst van onderdelen. Je kunt de onderdelen in je kit met die in de lijst vergelijken.

Weerstanden: Er zitten 23 weerstanden in je kit. (Acht van deze 23 zijn permanent verbonden met de LED.) Weerstanden houden de elektrische stroom tegen. Ze zijn heel handig om gewenste voltages aan andere elektronische onderdelen te leveren. De mate waarin een weerstand de elektrische stroom tegenhoudt, wordt uitgedrukt in ohms. Een

weerstand van slechts enkele ohms biedt maar weinig weerstand aan de elektrische stroom. Elektronische circuits maken vaak gebruik van zeer grote weerstanden. De waarden van deze weerstanden zijn over het algemeen afgekort d.m.v. de letter K (voor 1.000 ohms) en de letter M of Meg (voor 1.000.000 ohms). Een 470K weerstand heeft dus een weerstand van 470.000 ohms.



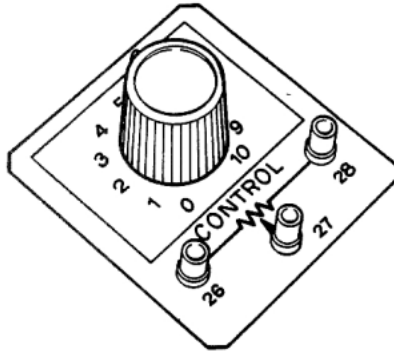
Kondensatoren: Er zitten 12 vaste condensatoren in je kit. Kondensatoren komen ook heel goed van pas in elektronische circuits. Ze kunnen wisselstroom (AC) doorlaten terwijl ze gelijkstroom (DC) tegenhouden. Ze kunnen ook elektriciteit opslaan of als filters fungeren om pulserende signalen af te vlakken. Kleine condensatoren worden over het algemeen gebruikt in hoge frequentie-apparatuur, zoals radio's, zenders en oscillatoren. Grote condensatoren slaan over het algemeen elektriciteit op of fungeren als filters.



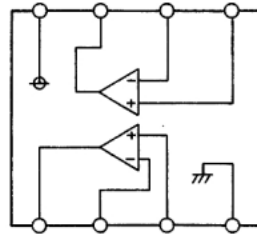
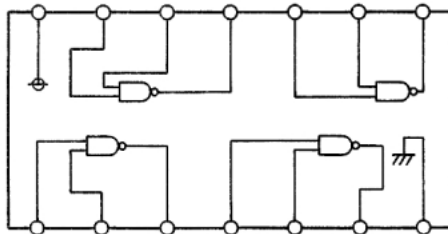
De capaciteit (opslagcapaciteit van elektriciteit) van een condensator wordt uitgedrukt in een eenheid die farad wordt genoemd. De farad is van de condensator wat de gallon van een lege emmer is. Beide eenheden geven aan hoeveel het voorwerp kan bevatten. De farad is een zeer grote hoeveelheid elektriciteit, en de waarde van de meeste condensatoren wordt daarom aangegeven in miljoenen van een farad (microfarads).

Hier een belangrijke opmerking: de vier grootste condensatoren zijn een speciale soort condensatoren. Je moet deze op één bepaalde manier in het circuit plaatsen – de (+) en (-) uiteinden moeten altijd met de juiste contactveertjes verbonden zijn. We zullen je hieraan helpen herinneren wanneer dat nodig is. De overige condensatoren kun je op willekeurige wijze verbinden.

Regelaar: Veel elektronische circuits hebben een variabele weerstand nodig, en dat is precies wat de regelaar is. Je kunt deze als lichtdimmer of geluidsregelaar gebruiken, en in veel andere circuits waar je de weerstand snel en eenvoudig wilt veranderen.



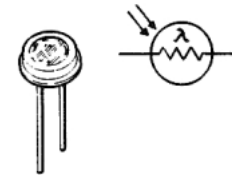
Geïntegreerd circuit: Zoals je misschien zult weten, vormde het geïntegreerd circuit begin jaren 60 een grote doorbraak in de elektronica na de uitvinding van de transistor mid veertiger jaren. Het grote voordeel van IC's (zoals we deze ook wel noemen) is dat honderden, of zelfs duizenden transistoren, diodes en weerstanden in een kleine pakketje kunnen worden geplaatst.



In deze kit worden twee types IC gebruikt – de quad two-input NAND (vier NAND-poorten met elk twee ingangen) en de dual geïntegreerde versterker. Je zult hier later meer over leren.

Sommige computers maken gebruik van IC's met een capaciteit die duizenden malen groter is dan van IC's die in deze kit worden gebruikt. Met behulp van onze eenvoudige IC's kun je echter voldoende leren om de basisprincipes van de meer geavanceerde IC's te kunnen begrijpen.

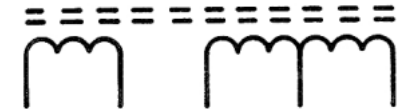
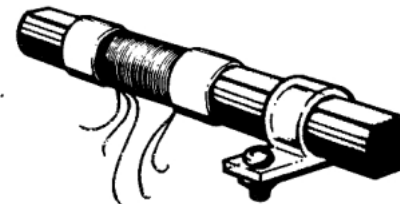
Cadmium Sulfide (CdS) cel: Dit is een speciaal apparaatje dat je als automatische regelaar kunt gebruiken. Het is een halfgeleider – dit houdt in dat het weliswaar elektriciteit geleidt, maar gedeeltelijk tegenhoudt. De weerstand van dit apparaatje verandert naargelang er licht op schijnt. (Het werkt op dezelfde manier als de regelaar van je kit – om de weerstand van de regelaar te veranderen, draai je de knop, terwijl je meer of minder licht op de voorzijde van de cel laat schijnen om de weerstand van de CdS cel te veranderen.)



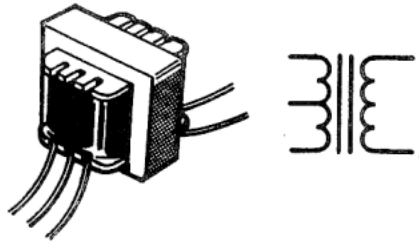
Opmerking: We hebben een speciaal lichtscherm bijgeleverd dat je in combinatie met de CdS cel kunt gebruiken. Wanneer je deze afscherming over de cel plaatst, wordt de cel van alle licht afgeschermd. Je zult deze afscherming over de CdS cel in veel projecten gebruiken.



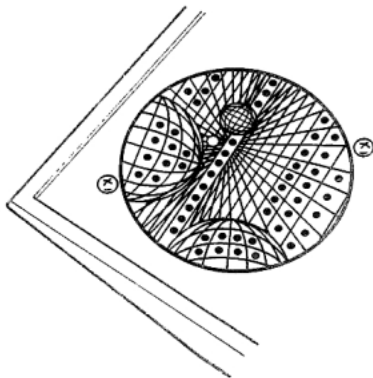
Antenne: De radio-antenne is het cilindervormige onderdeel waaromheen een spoel van fijne draad is gewikkeld. De donkergekleurde staaf is voornamelijk gemaakt van ijzerpoeder. Ferriet kernen (staven gemaakt van ijzerpoeder en andere oxyden) vormen efficiënte antennes voor vrijwel alle transistorradio's.



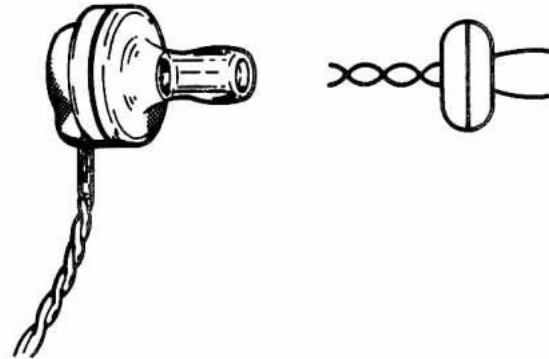
Transformator: Een transformator vervult een belangrijke taak – het helpt elektronische circuits goed met elkaar “op te schieten”. Het helpt circuits op elkaar “af te stemmen” zodat deze efficiënt kunnen werken. Een transformator brengt elektrische energie die door het ene deel van een circuit stroomt over naar een ander deel van een elektronisch circuit. We zullen je meer over transformatoren vertellen wanneer we met de projecten beginnen.



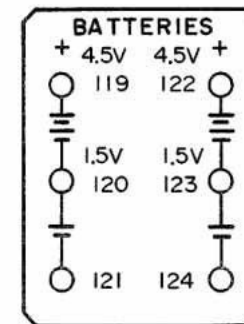
Luidspreker: Voor radiocircuits en circuits voor speciale geluidseffecten zul je de luidspreker (of de oortelefoon) met het circuit verbinden om de geluiden en/of signalen te kunnen horen.



Er zit een oortelefoon in de plastic zak – deze lijkt op de luidspreker, met als enig verschil dat deze gevoeliger (en verplaatsbaar) is. Het is een efficiënte, lichtgewicht oortelefoon die kan worden verbonden zonder dat er veel elektrische energie aan het circuit wordt onttrokken. Voor hele zwakke geluiden kan het best de oortelefoon gebruikt worden; voor sterkere geluiden zul je de luidspreker gebruiken.

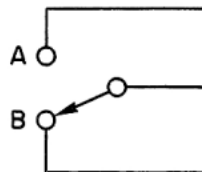
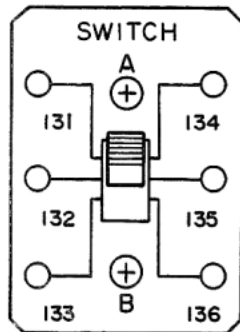


Batterijen: De batterijhouders zijn zodanig ontworpen dat ze zes (6) type AA batterijen kunnen huisvesten. Batterijen voorzien alle experimenten in je kit van stroom. Wanneer je draden met de batterijen verbindt, zorg er dan voor dat je alleen de aangegeven uiteinden verbindt. Uiteinde 119 en 120 geven een stroom van 3 volts. Uiteinde 119 en 121 een stroom van 4,5 volts. Je moet je ervan bewust zijn dat wanneer je verbindingen maakt die teveel voltage opleveren (via deze batterijverbindingen kun je maximaal 9 volts verkrijgen), sommige onderdelen beschadigd kunnen raken. (ze kunnen doorbranden). Zorg er daarom voor dat je de juiste batterijverbindingen maakt.

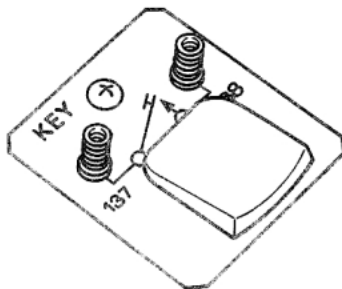


Let op: Wanneer je de draden met de batterijen verbindt, moet je de juiste polariteit in de gaten houden: de (+) en (-) uiteinden van de batterij. Bij sommige onderdelen en circuits kunnen onderdelen permanent worden beschadigd wanneer je de polariteit omdraait.

Schakelaar: Je weet wat een schakelaar is – je gebruikt deze om elektrische circuits aan- of uit te schakelen. Wanneer je de schakelaar in de juiste positie schuift, is het circuit compleet en kan er elektriciteit doorheen stromen. In een andere positie ontstaat er bij de schakelaar een onderbreking in het circuit, waardoor het circuit niet compleet is en er geen elektriciteit doorheen kan stromen. De schakeling die we hier gebruiken is een DPDT (double-pole double throw, ofwel tweepolig-tweeweg) schakeling; dit houdt in dat door middel van deze schakeling een paar contactveertjes met één van twee andere paren contactveertjes is verbonden. Je zult later leren hoe dit werkt.

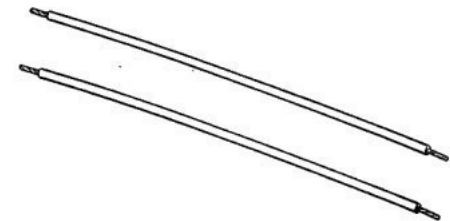


Sleutel: De sleutel is een hele simpele schakelaar – druk deze in en er kan elektriciteit doorheen stromen. Laat de schakelaar weer los en er zal een onderbreking in het circuit ontstaan waardoor het circuit niet compleet is. Je zult de sleutel in veel circuits gebruiken, voornamelijk in de signaalcircuits (om Morse code e.d. te verzenden).



Contactpunten: Je zult de twee contactpunten (13 en 14) in sommige projecten gebruiken om verbindingen met externe apparatuur te maken, zoals de oortelefoon, een antenne of aardeverbinding, speciale sensorcircuits, enz.

Draden: Je zult de draden gebruiken om verbindingen tussen contactveertjes te maken.



De onderdelen en contactveertjes zijn op een paneel gemonteerd. Wanneer je aan de onderzijde van het paneel kijkt, kun je zien hoe draden worden gebruikt om de onderdelen en de bijbehorende contactveertjes met elkaar te verbinden.

Het bouwen van je eerste project

Voor elk project is een eenvoudige bedradingsvolgorde gegeven. Je dient de contactveertjes in elke groep met elkaar te verbinden met behulp van draden met een geschikte lengte. Gebruik altijd de kortst mogelijke draad. Verbind vervolgens ook de contactveertjes van de volgende groep (elke groep is gescheiden d.m.v. een komma).

Hier is een voorbeeld:

Project 1 heeft de volgende bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-104-106, 4-28-124, 5-41-105, 27-88, 75-87-103-40, 115-42-119, 76-116, 121-122.

Je dient een draad tussen 1 en 29 te verbinden, een andere draad tussen 2 en 30, een andere tussen 3 en 104 en weer een andere tussen 104 en 106. Op deze wijze ga je net zolang door totdat je alle verbindingen hebt gemaakt.

Let op: Bij elke bedradingsvolgorde hebben we opzettelijk een belangrijke stroomverbinding tot het laatst bewaard. Het is van belang dat je deze verbinding het LAATST maakt. Bij sommige circuits kan een transistor of ander onderdeel namelijk beschadigd raken wanneer je het ene deel van het elektronische circuit voor het andere voltooit. Volg de bedradingsvolgorde daarom precies op.

Probleemoplossing

Indien je bij elk project de bedradingsvolgorde nauwkeurig opvolgt, zul je geen probleem hebben om de projecten te laten werken. Wanneer er zich echter toch een probleem voordoet, kun je de oorzaak en de oplossing daarvan meestal achterhalen door de volgende stappen te doorlopen. Deze stappen zijn dezelfde die door elektriciëns worden gebruikt om complexe elektronische apparatuur te testen.

1. Zijn de batterijen nieuw? Zoniet, dan kan het zijn dat ze te zwak zijn om het project van voldoende stroom te voorzien.
2. Heb je het project op de juiste wijze voltooid? Indien alles goed is bevonden, controleer dan alle draadverbindingen om er zeker van te zijn dat alle contactveertjes op de juiste wijze zijn verbonden. Het kan soms een goed idee zijn om iemand anders te vragen ook een kijkje te nemen. Een tweede paar ogen kan soms iets opvallen wat je zelf over het hoofd hebt gezien.
3. Wat dacht je ervan om het schematisch diagram (bedradingsschema) en de circuit-beschrijving te raadplegen? Naarmate je vordert in je kennis van en inzicht in elektronika, zul je in staat moeten zijn problemen na te gaan door eenvoudigweg een bedradingsschema door te lopen; en wanneer je de circuit-beschrijving erbij neemt, moet je het probleem zelf kunnen achterhalen.
4. Probeer metingen van het voltage en de stroom te verrichten – je zult snel in de gaten hebben hoe goed een VOM een elektriciën wel niet van pas komt!

Handige tips

Een notitieboek bijhouden

Terwijl je met deze kit bezig bent, zul je een heleboel over elektronika te weten komen. Veel van de dingen die je bij de eerste projecten over elektronika ontdekt, zullen bij latere projecten van pas komen. We raden je daarom aan een notitieboek bij te houden zodat je alle informatie hierin kunt ordenen en verzamelen.

Je notitieboek hoeft er niet net zoeen te zijn als je op school gebruikt. Beschouw het als je dagboek – je zult er met plezier in terugbladeren nadat je alle 130 projecten hebt voltooid.

De bedradingsvolgorde afstrepen

Bij het uitvoeren van de projecten (vooral die projecten waarbij veel verbindingen moeten worden gemaakt) kan het handig zijn het nummer van elk contactveertje af te strepen nadat je een draad met dat contactveertje hebt verbonden. Doe dit licht met een potlood zodat je

eenzelfde circuit meerdere malen kunt bouwen en de bedradingsvolgorde leesbaar blijft.

Onderdelen verzamelen

Het is een goed idee om te beginnen met het verzamelen van verschillende elektronische onderdelen die je vindt of koopt bij de radiospeciaalzaak en je eigen elektronische rommeldoos te maken. Je kunt circuits in of op een chassis, doos of bak bouwen. Je kunt het inleveren op school als onderdeel van een wetenschapsproject en er een onderzoeksproject van maken. (Bespreek dit met je leraar zodat deze je wat tips kan geven om je op weg te helpen.)

Een paar laatste ideeën

Wees niet bang om met de experimenten in deze handleiding te experimenteren, onderdelen te verwisselen en nieuwe verbindingen te maken. We hebben weliswaar 130 projecten voor je voorbereid, maar met een beetje fantasie en geëxperimenteer, kun je nog veel meer circuits maken. Zorg ervoor dat je je nieuwe "creaties" in de notitieboek noteert.

We hopen dat je 130-in-1 Kit met Elektronische Projecten het begin vormt van iets wat je veel plezier zal opleveren en je zal stimuleren. Elektronika speelt een belangrijke rol in de wereld van vandaag, een rol die met de dag groter wordt. We hopen dat elektronika een levenslange hobby wordt – of dat je er zelfs carrière mee zult kunnen maken.

Genoeg gepraat – laten we samen met onze onderzoekstocht beginnen!

I. CIRCUITS VOOR HET PLEZIER

1. ELEKTRONISCHE SPECHT

Heb je wel eens een roodkopspecht horen tjirpen? Hier is een elektronische vogel die ongeveer hetzelfde geluid maakt als een roodkopspecht. Als er zo'n specht bij jou in de buurt zit, komt hij misschien wel op bezoek bij dit elektronische familielid!

Dit is een vrij eenvoudig circuit. Volg de bedradingsvolgorde hieronder op en raadpleeg de gegeven tekeningen. Maak alle verbindingen en beleef plezier met dit project.

Het basiscircuit dat we hier hebben laten zien, heeft geen schakelaar of sleutel, maar je kunt er heel eenvoudig eentje aan toevoegen. Je hoeft alleen maar verbinding 124-28 door verbindingen 124-137 en 138-28 te vervangen om de sleutel aan te sluiten. Om de schakelaar te kunnen gebruiken, moet je verbinding 124-28 door verbindingen 124-131 en 132-28 vervangen. Wanneer je de sleutel of de schakelaar indrukt, is de stroomkring compleet en hoor je de specht. Met de sleutel kun je het circuit makkelijker hanteren wanneer je het mee naar buiten neemt om er vogels mee te lokken.

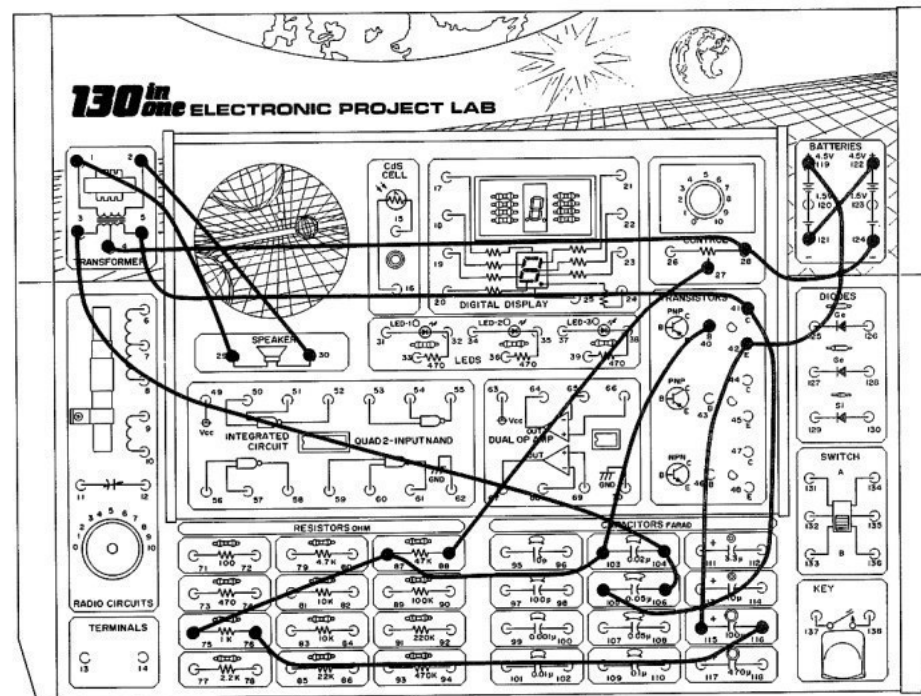
Probeer verschillende combinaties van weerstand en capaciteit op de plaats van de 1K weerstand en de 100µF condensator. Verwijder de draad bij contactveertje 116 en verbind deze met contactveertje 118 om de capaciteit van 100µF naar 470µF te veranderen. Verplaats vervolgens de draad bij contactveertje 115 naar veertje 117. Je "vogel" lijkt nu waarschijnlijk meer op een krekel of een beer!

Je kunt ook de 3V stroomvoorziening uitproberen (V is de afkorting van volt of volts – de eenheid waarin elektrische energie wordt uitgedrukt). Verwijder de draad van contactveertje 119 en verbind deze met veertje 123. De "vogel" zal nu meer op een Engelse kwikstaart lijken.

Wanneer je met dit circuit experimenteert, kun je vrijwel alle dingen veranderen zonder dat er daarbij schade ontstaat. Verklein de 47K weerstand echter niet tot kleiner dan 10K, omdat dan de transistor beschadigd kan raken.

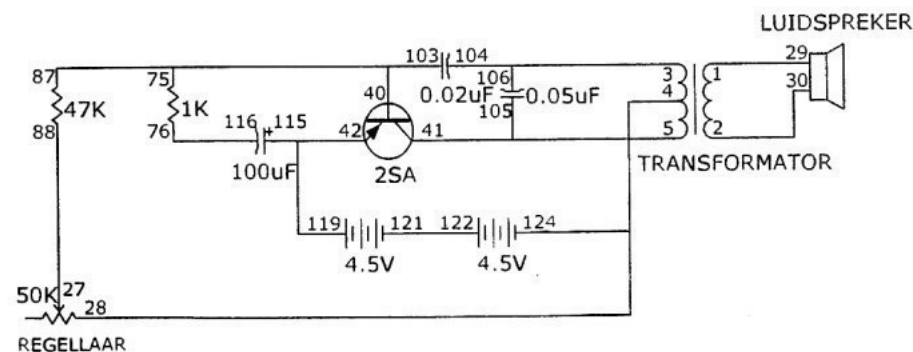
We raden je aan om aantekeningen te maken van je ontdekkingen – ingenieurs maken altijd gedetailleerde aantekeningen van hun circuit-ideeën. Het is goed hiervan een gewoonte te maken nu je met experimenteren begint.

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-104-106, 4-28-124, 5-41-105, 27-88, 75-87-103-40, 115-42-119, 76-116, 121-122.



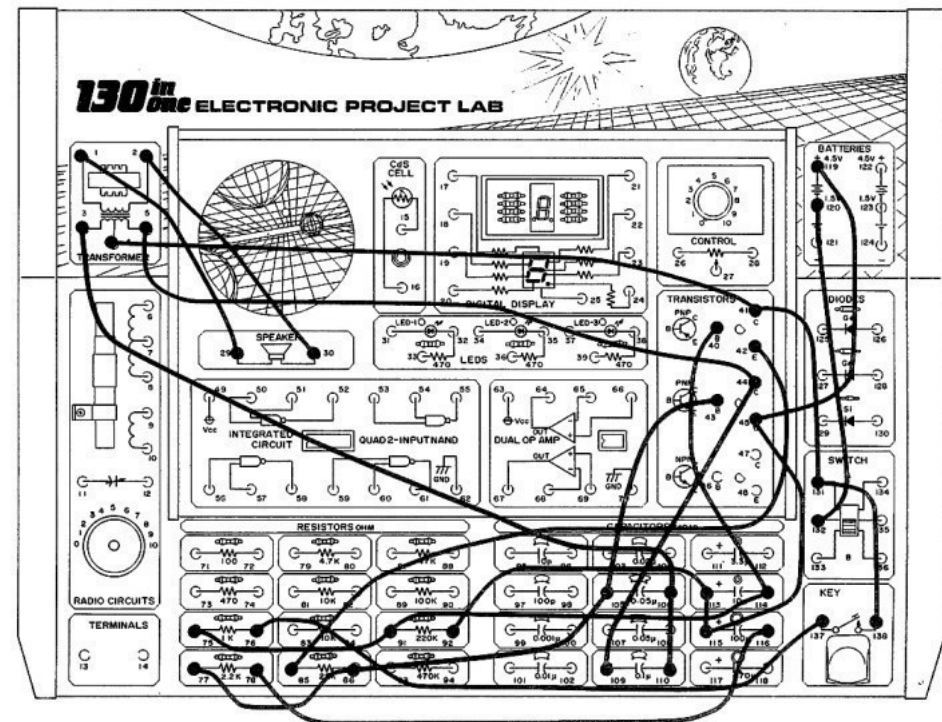
2. DE TIJRPENDE VOGEL

Hier is een circuit dat nog meer van onze gevleugelde vrienden nabootst – je zou kunnen zeggen dat het de naïper naäpt!

Voltooi dit circuit aan de hand van de gegevens hieronder en haal de schakelaar over naar positie A om de stroom in te schakelen. Je zult nu nog geen geluid uit de geluidsspreker horen komen. Druk de sleutel in; je zult nu een tijrpend geluid uit de luidspreker horen komen. Laat de sleutel weer los – je zult nog steeds het tijrpend geluid horen, maar vervolgens zal dit geluid langzaam vervagen en geheel verdwijnen. Je kunt zien dat wanneer de sleutel wordt losgelaten, de eerste transistor “Q1” wordt afgesloten van de batterij. De tweede transistor “Q2” kan nog steeds het tijrpend geluid produceren, net zolang totdat de transistor “Q1” deze niet meer via zijn basis regelt.

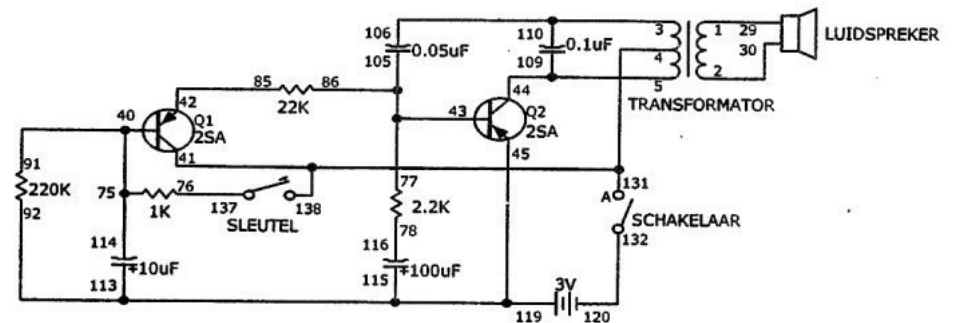
Probeer een condensator met een andere sterkte in plaats van de $10\mu\text{F}$ en de $100\mu\text{F}$ condensatoren en luister wat er gebeurt. Deze condensatoren regelen de hoeveelheid elektriciteit die de transistoren bereikt via verbindingen naar de basissen van de transistoren. Vergeet niet aantekeningen van je experimenten te maken.

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-106-110, 4-41-131-138, 5-44-109, 40-114-91-75, 42-85, 43-105-86-77, 119-45-115-113-92, 76-137, 78-116, 120-132.



4. SONISCHE VISLOKKER

Wist je dat sommige zeedieren geluid maken om met elkaar te communiceren? Je hebt vast wel eens gehoord dat walvissen en dolfijnen met behulp van geluid communiceren, maar zij zijn niet de enige zeedieren die dat doen. Onderzoek wijst uit dat sommige vissen door geluid worden aangetrokken. Met dit circuit kun je zelf wat onderzoek verrichten.

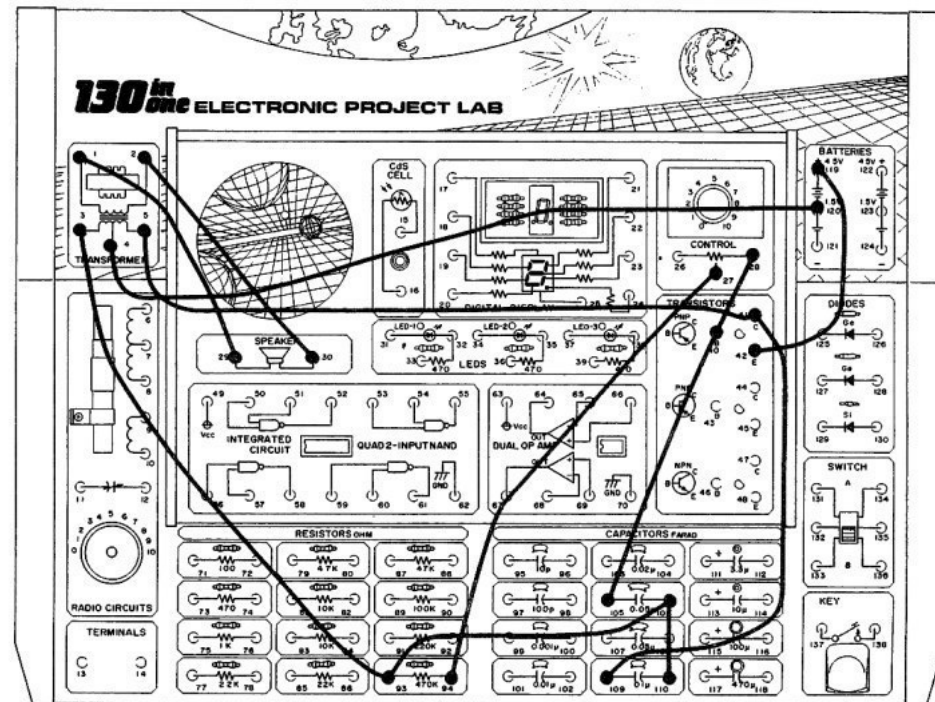
Wanneer je de laatste verbinding maakt, zet je in wezen de stroom aan. Als het goed is, hoor je nu geluidspulsen uit de luidspreker komen. Verander het geluid door aan de regelaar te draaien. Dit circuit is een variatie op het circuit van de geluids-oscillator. (Verderop in deze handleiding zul je meer of geluids-oscillatoren te weten komen.)

Hoe goed werkt dit om vissen te lokken? Als je thuis of op school een aquarium hebt, kun je je kit in de buurt van de glazen wand van het aquarium houden en kijken of de vissen door het geluid worden aangetrokken.

Of, je kunt dit ook uitproberen wanneer je gaat vissen. Haal een andere luidspreker bij de radiospeciaalzaak en verbind deze met contactveertjes 1 en 2 met behulp van lange geïsoleerde draad (ook verkrijgbaar bij de radiospeciaalzaak). Verpak de luidspreker voorzichtig in een waterdichte plastic zak of plaats deze in een afgesloten pot. Verzeker jezelf ervan dat er geen water bij de luidspreker kan komen. Hang het geheel nu in het water. Werp een lijn in het water en wacht op het resultaat.

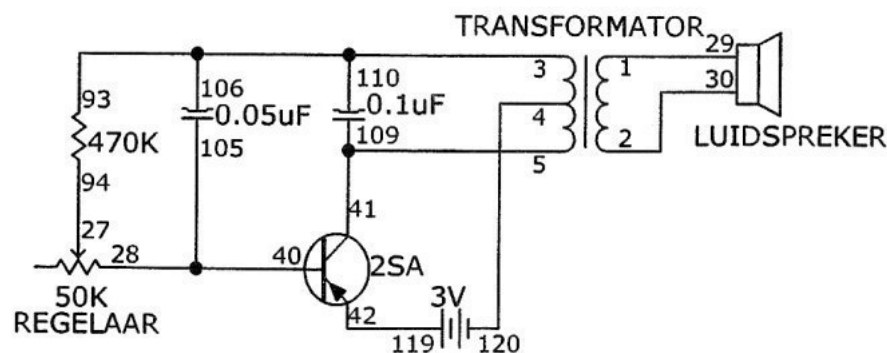
Als je niet zo'n geluk hebt met dit experiment, probeer het dan nog eens na een aantal onderdelen te hebben verwisseld om andere geluidspulsen te verkrijgen. Probeer een andere waarde in plaats van de $0,1\mu\text{F}$ of de $0,05\mu\text{F}$ condensator. Vergeet niet om aantekeningen van je bevindingen te maken – en veel geluk met het vissen. Wie weet vind je wel het soort signaal dat een walvis aantrekt!

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-93-106-110, 4-120, 5-41-109, 27-94, 28-40-105, 42-119.



5. MACHINEGEWEER PULSOSCILLATOR

Hier zul je een circuit bouwen dat ingenieurs ookwel een pulsoscillator noemen. Het maakt hetzelfde geluid als een machinegeweer. (Ingenieurs hebben allerlei technische woorden waarmee ze hun circuits en ideeën beschrijven – je kunt er maar net zogoed nu alvast aan wennen, en voor je het weet zul je net zo praten als een elektronisch ingenieur.)

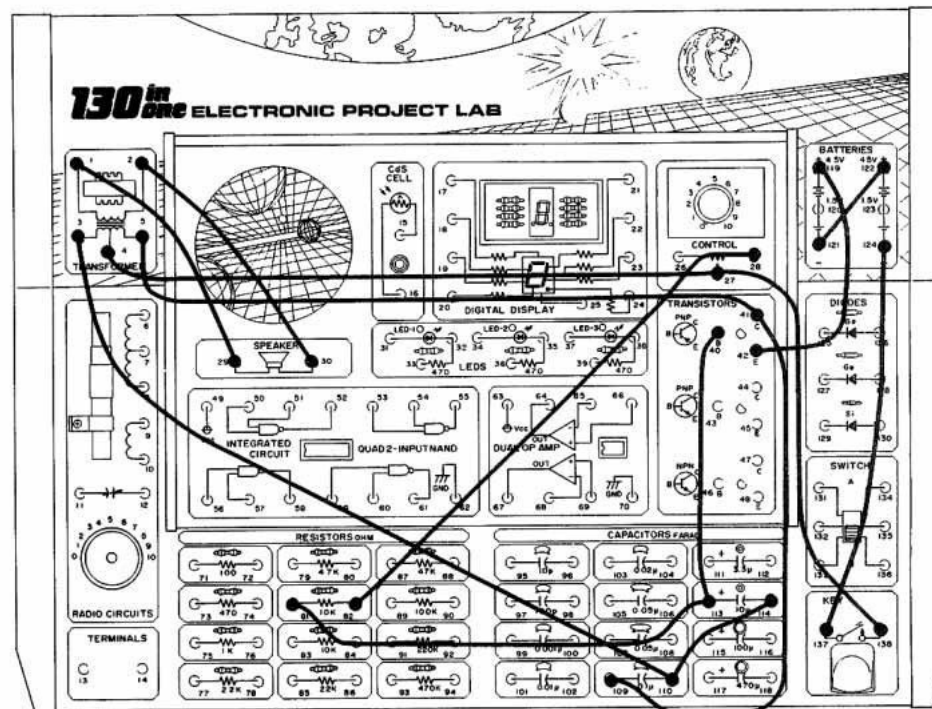
Er zijn veel manieren om oscillatoren te maken. Met deze kit zul je er verschillende bouwen. Verderop zal je worden uitgelegd hoe ze werken. Maar nu zullen we je eerst vertellen wat een oscillator is.

Een oscillator is een circuit dat zichzelf aan- en uitschakelt (of van hoge naar lage output gaat). Een pulsoscillator wordt gereguleerd door pulsen zoals die die door een condensator worden geproduceerd wanneer deze zich op- en ontlad. Deze oscillator schakelt langzaam aan en uit, maar sommige oscillatoren schakelen duizenden keren per seconde aan en uit. “Langzame” oscillatoren worden vaak gebruikt om knipperlichten te reguleren (zoals het knipperlicht van de richtingaanwijzer in een auto of vrachtwagen). Snellere oscillatoren worden gebruikt om geluid te produceren. “Supersnelle” oscillatoren produceren radiofrequentie signalen (RF signalen). Deze RF signaal-oscillatoren schakelen miljoenen keren per seconde aan en uit.

Het aantal keren per seconde dat een oscillator aan- en uitschakelt, wordt de frequentie van de oscillator genoemd en wordt uitgedrukt in de eenheid hertz (Hz). Deze oscillator heeft een frequentie van ongeveer 1 tot 12 Hz. De frequentie van een radiofrequentie signaal-oscillator wordt in kHz (kilohertz voor duizend hertz) of in MHz (megahertz voor miljoen hertz) uitgedrukt.

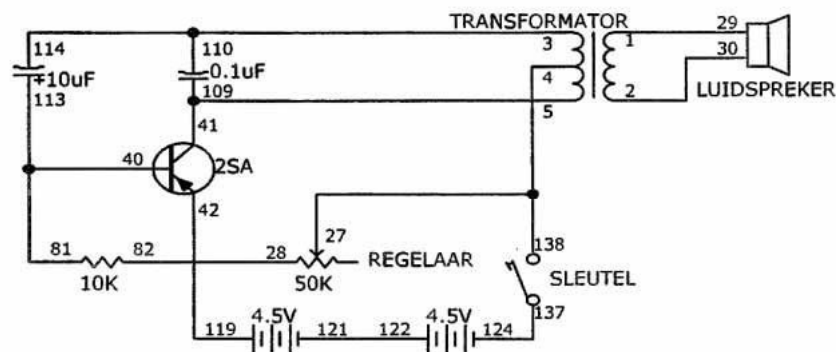
Wanneer je de bedrading hebt voltooid, druk dan de sleutel in om de oscillator te starten. Draai aan de regelaar (50K ohm variabele weerstand) om het geluid dat uit de luidspreker komt te veranderen van een paar pulsen per seconde naar zo'n tiental pulsen per seconde. Je kunt ook de frequentie van deze oscillator veranderen door andere condensatoren op de plaats van de 10 μ F condensator te proberen. Zorg dat je de (+) en (-) aansluitingen (polariteit) van de condensatoren met een (+) aanduiding in de gaten houdt.

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-110-114, 4-27-138, 5-41-109, 28-82, 40-113-81, 42-119, 121-122, 124-137.



6. ELEKTRONISCHE MOTORFIETS

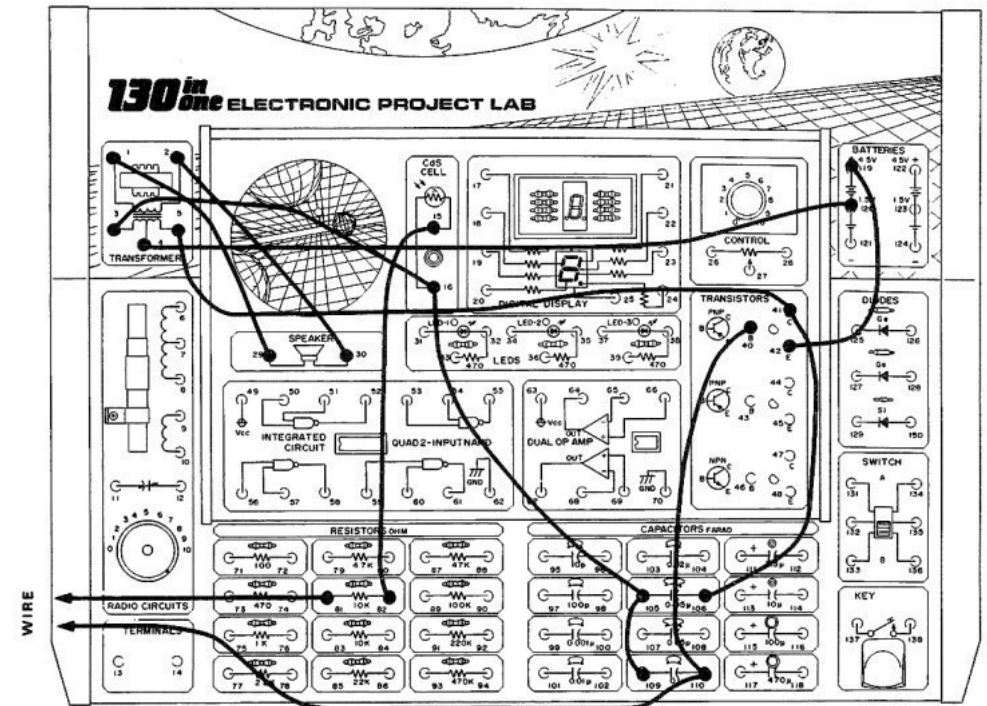
Heb je wel eens geprobeerd om een motorfiets met alleen je vingers te besturen? Dat is gevaarlijk op een echte motorfiets, maar heel leuk op deze elektronische uitvoering.

Om dit project te gebruiken, moet je aan de hand van de bedradingsvolgorde de onderdelen aansluiten. Hou vervolgens de ontblote metalen uiteinden van de twee lange draden (die met contactveertjes 110 en 81 zijn verbonden) tussen duim en wijsvinger, één draad in elke hand. Oefen nu variërende druk uit (je grip) en luister naar het geluid dat uit de luidspreker komt. Het geluid verandert naar gelang je je grip op elke draad aanpast.

Je kunt ook verschillende geluiden verkrijgen door de hoeveelheid licht die op de CdS cel valt te reguleren. Met een sterk licht op de CdS cel kun je de bediening helemaal onder controle krijgen door meer druk op de draden in je hand uit te oefenen. Hou je hand boven de CdS cel zodat er een schaduw over valt en kijk wat er gebeurt.

Wanneer je de uiteinden van de draden vasthoudt, maak je jezelf een onderdeel van het circuit – een weerstand. Verandering van je grip verandert de weerstand die aan de stroom gegeven wordt in dit project. Met een beetje oefening zul je dit circuit kunnen laten klinken als een echte lopende motorfiets. Je kunt hem zowel stilstand als racend laten klinken.

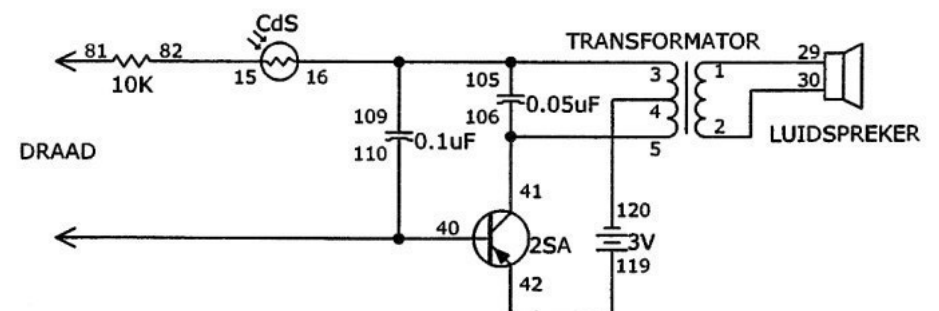
Je kunt met verschillende waarden in plaats van de $0.1\mu\text{F}$ en $0.05\mu\text{F}$ condensatoren experimenteren, maar gebruik geen waarde groter dan $10\mu\text{F}$, omdat anders de transistor beschadigd kan raken.



AANTEKENINGEN

Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-16-105-109, 4-120, 5-41-106, 15-82, 40-110-DRAAD, 42-119, 81-DRAAD.

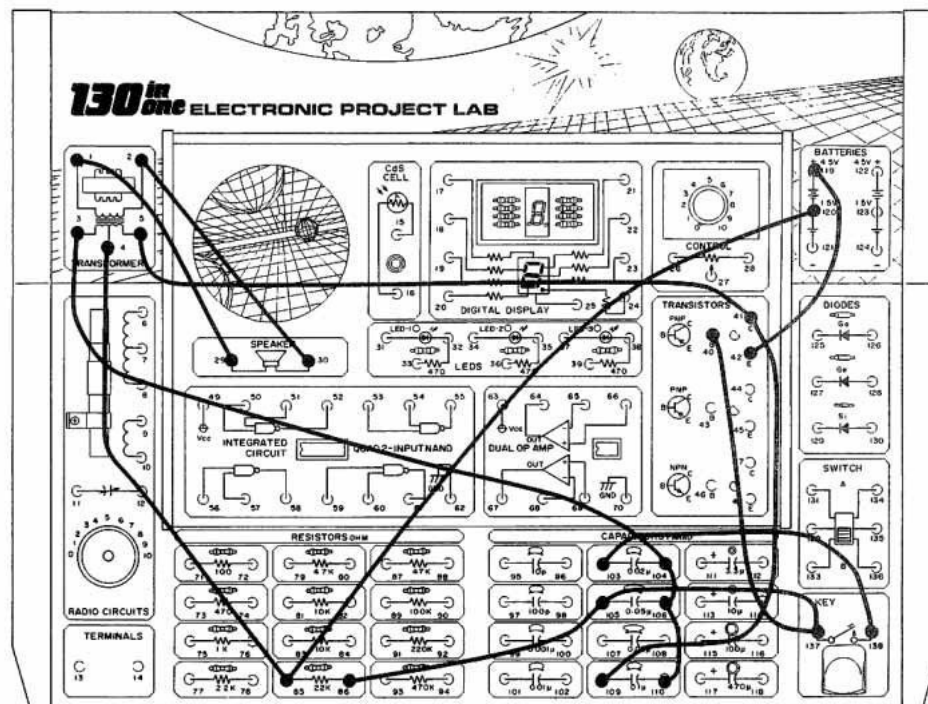


7. TWEETONIGE SIRENE POLITIEAUTO

Hier heb je een luide sirene die wel zo op de echte sirene van sommige politieauto's of ziekenwagens lijkt dat je op moet passen dat je de burens niet voor de gek houdt. In het begin is de toon hoog, maar wanneer je de sleutel indrukt, verlaagt de toon. Je kunt de toon op dezelfde manier reguleren als wordt gedaan door chauffeurs van politieauto's en ziekenwagens.

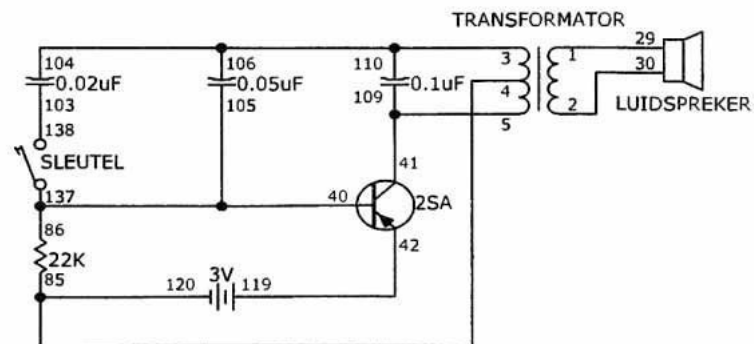
Dit is hetzelfde soort oscillator-circuit als wordt gebruikt in veel andere projecten. Wanneer je de sleutel indrukt, wordt een andere condensator aan het circuit toegevoegd om de werking van de oscillator te verlangsamen.

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-104-106-110, 4-85-120, 5-41-109, 40-137-105-86, 103-138, 42-119.



8. ELEKTRONISCHE SIRENE

Hier is nog een andere sirene – wees niet verbaasd als deze het meest populaire circuit van deze hele kit wordt.

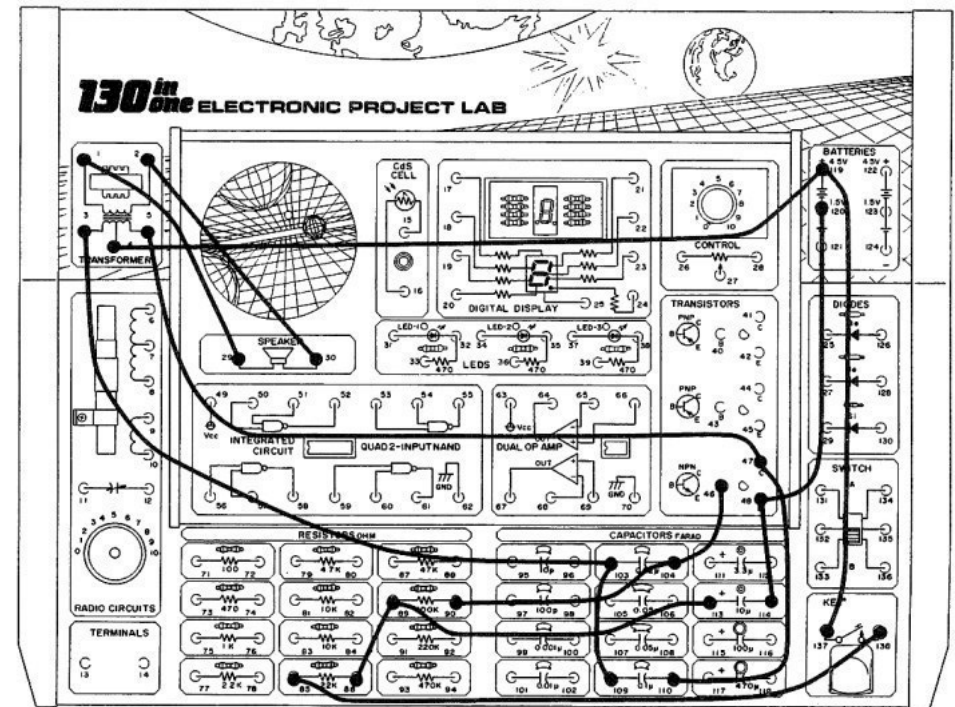
Dit circuit lijkt nog meer op een echte sirene van een politieauto! Druk de sleutel in nadat je de bedrading hebt voltooid. Je zult een geluid horen dat gelijdelijk in toon verhoogt. Laat de sleutel weer los; de toon wordt nu lager en zal vervolgens vervagen.

Hier zijn enkele aanpassingen die je kunt uitproberen:

1. Verander de $10\mu\text{F}$ in een $100\mu\text{F}$ of $470\mu\text{F}$. Dit geeft een lange vertraging bij het aan- en uitschakelen.
2. Verander het circuit om de vertraging te annuleren door de $10\mu\text{F}$ condensator tijdelijk te verwijderen. Verwijder hiervoor eenvoudigweg de draden van contactveertje 113 of 114. (Klinkt doods, niet?)
3. Verander de $0.02\mu\text{F}$ in een $0.01\mu\text{F}$ en vervolgens in een $0.05\mu\text{F}$.

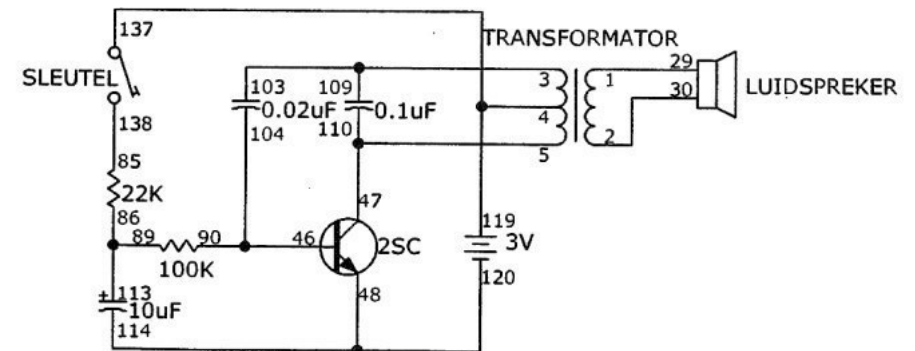
Veel plezier!

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-103-109, 4-119-137, 5-47-110, 46-104-90, 114-48-120, 85-138, 86-89-113.



9. ELEKTRONISCHE METRONOOM

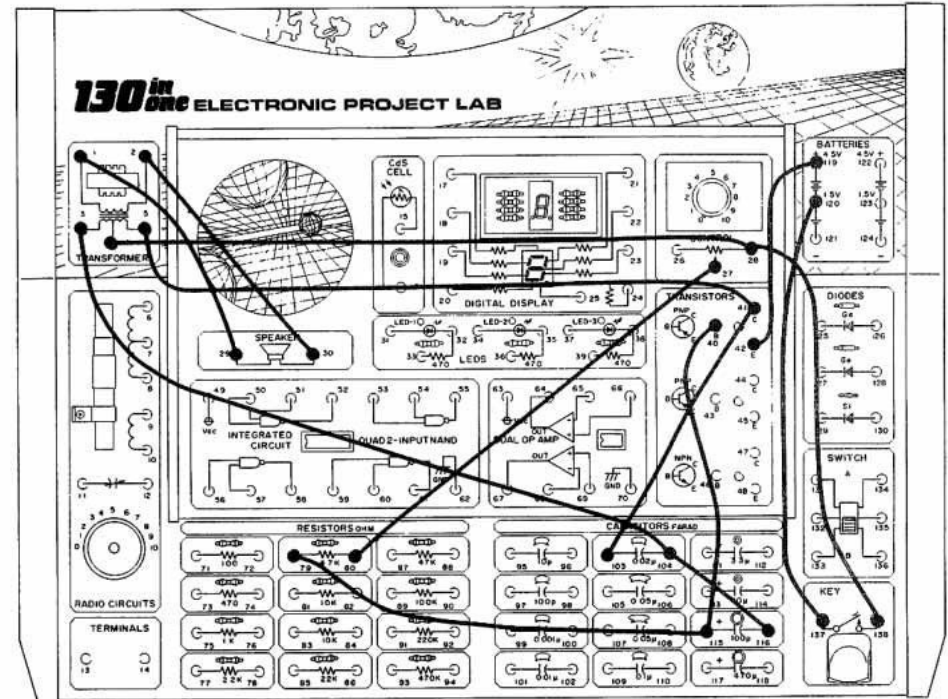
Hier is een circuit dat van pas kan komen wanneer je een muziekinstrument leert bespelen. Dit is een elektronische uitvoering van de metronoom die door muziekstudenten overal ter wereld wordt gebruikt.

Druk de sleutel in. Je zult met vaste intervallen een geluid uit de luidspreker horen komen. Draai nu de regelaar naar rechts; je zult het geluid nu "sneller" horen gaan, daar de intervallen tussen geluiden korter worden.

Probeer een andere weerstand in plaats van de 4.7K weerstand. (Deze weerstand is in serie geschakeld met de regelaar, wat inhoudt dat ze achter elkaar zijn geschakeld zodat de stroom door beide onderdelen vloeit.) Probeer ook een andere condensator in plaats van de 100µF condensator en kijk wat voor effect dit heeft op de bediening van het circuit. Vergeet niet de resultaten in je aantekeningen te noteren.

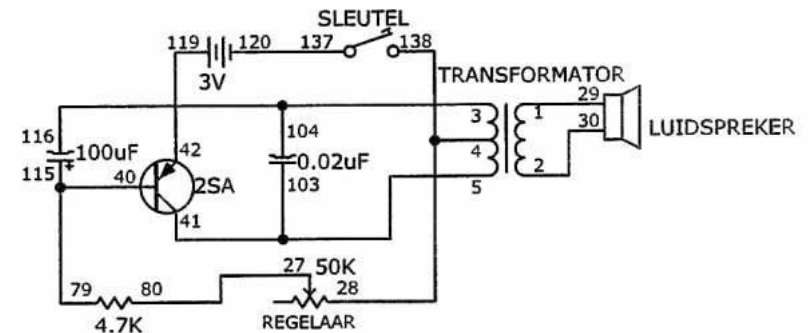
Probeer de 470 μ F condensator op de batterijen aan te sluiten om te horen wat voor verschil een sterkere condensator maakt. Verbind contactveertje 117 met veertje 119 en contactveertje 118 met veertje 120. Het kan zijn dat je de regelaar moet verstellen om dezelfde pulssnelheid te behouden.

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-104-116, 4-28-138, 5-41-103, 27-80, 40-115-79, 42-119, 120-137.



10. ELEKTRONISCHE GROOTVADERS KLOK

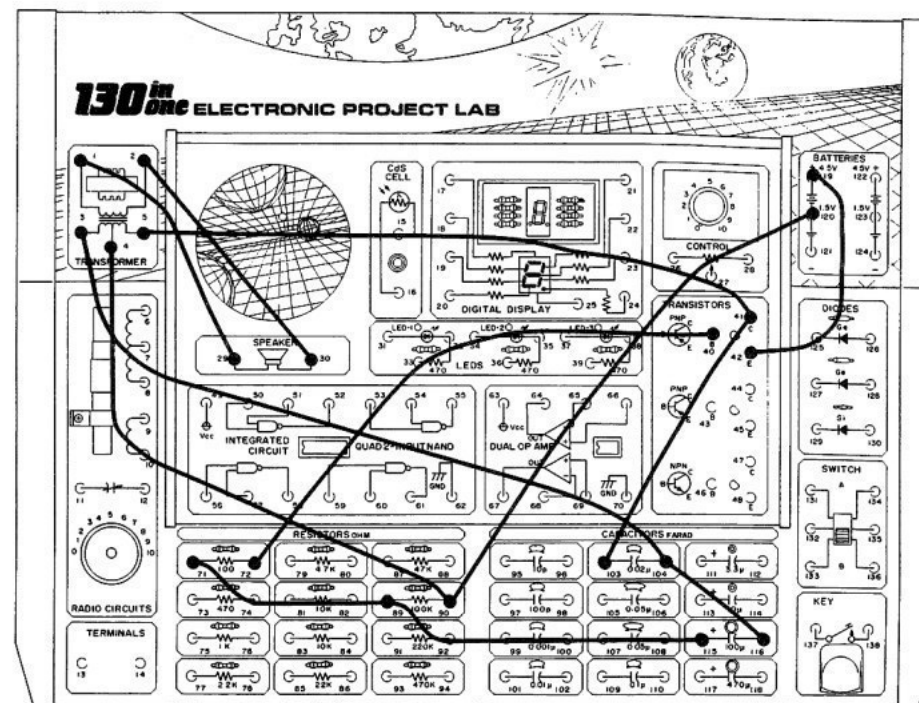
Wil je sommige van je oudere familieleden hun oren laten spitsen? Een ieder die in een huis heeft gewoond waar een grootvaders klok in stond, zal denken dat jij er één hebt wanneer ze dit project horen.

Dit circuit produceert tikken met intervallen van ongeveer één seconde. Het geheel van de timing en het geluid zal je aan een oude grootvaders klok doen denken. Je kunt de 100K weerstand vervangen om de pulsen elkaar sneller of langzamer op te laten volgen.

Het regelmatige, monotone getik kan dieren (en mensen) in een staat van rust doen geraken. Als je wel eens in een trein hebt gezeten, weet je hoe slaperig je wordt door het tik, tik, tik van de wielen.

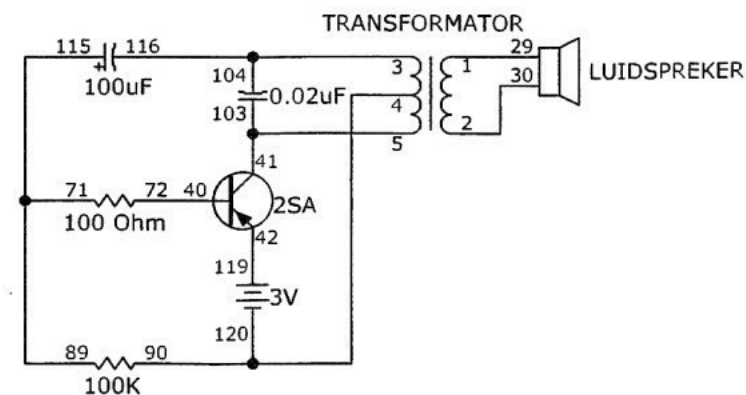
En nu, zou je deze "klok" zo willen laten schrikken dat hij stopt? Schreeuw in de luidspreker. Wat vind je daarvan? Je kunt de klok voor heel even laten stoppen! De luidspreker fungeert als microfoon. Het geluid van je stem trilt in de luidspreker en verstoort heel even de elektrische balans van het circuit.

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-104-116, 4-90-120, 5-41-103, 40-72, 42-119, 71-89-115.



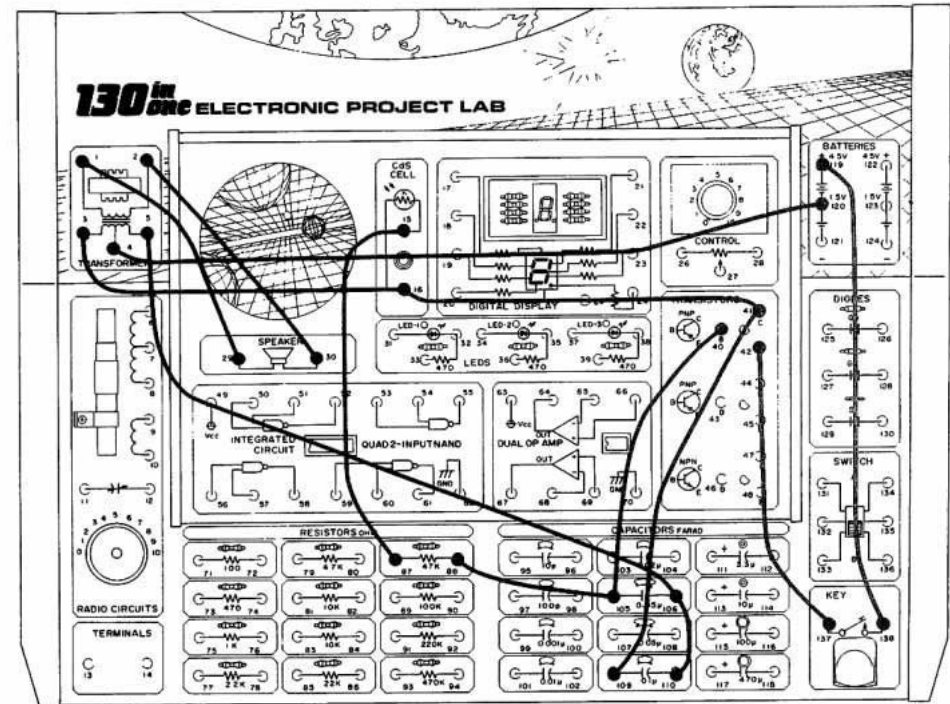
11. LICHTBESTUURDE ELEKTRONISCHE HARP

Je gaat muzikale deuntjes spelen door je hand over het paneel te bewegen zonder het aan te raken! Toverij? Ongeloofwaardig? De tonen veranderen aan de hand van de hoeveelheid licht die de CdS cel bereikt. Onder fel licht is de toon hoog. Wanneer je het licht met je hand blokkeert, zal de toon lager worden.

Deze manier om muziek te maken wordt al toegepast sinds de vroege dagen van vacuümbuisschakelingen. Het eerste dergelijke instrument werd uitgevonden door een zekere Leon Theremin, en ter ere van hem werd dit instrument dan ook de Theremin genoemd.

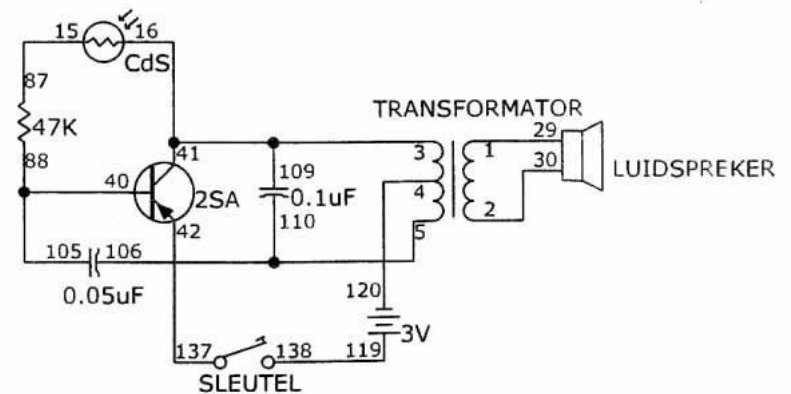
Wanneer je de bedrading hebt voltooid, druk dan de sleutel in en beweeg je hand over de CdS cel. Met een beetje oefening zul je met dit magische elektronische muziekinstrument verschillende melodiën kunnen spelen. Experimenteer met het lichtscherm voor de CdS cel om de hoeveelheid licht beter te kunnen controleren. Veel plezier!

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-16-41-109, 4-120, 5-106-110, 15-87, 40-105-88, 42-137, 119-138.



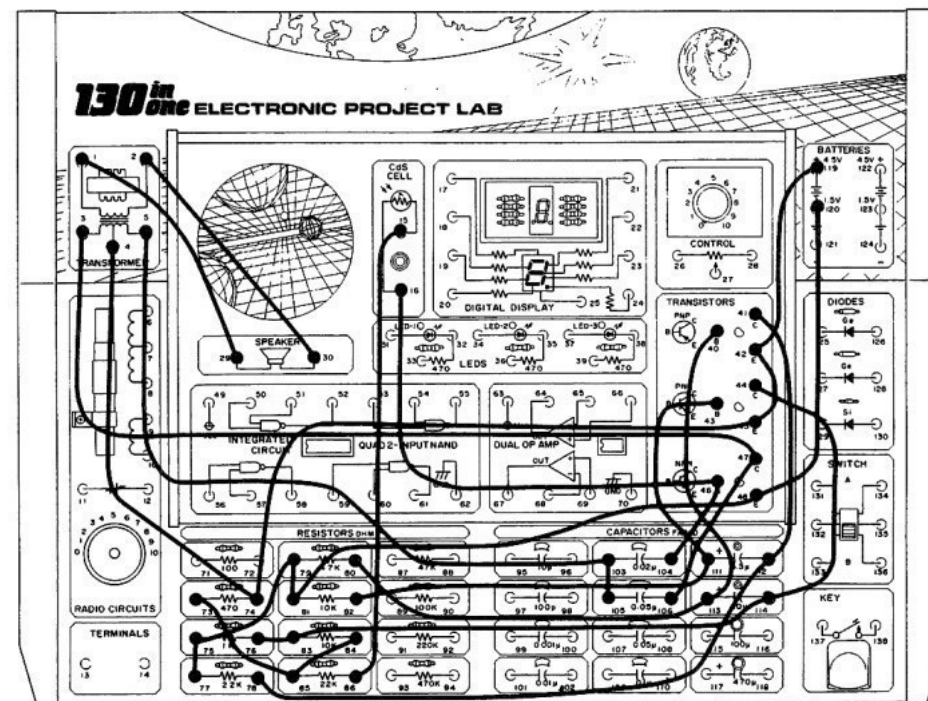
12. GELUIDSEFFECTEN GRIEZELFILM

Het geluid dat dit circuit produceert, zal je doen denken aan de enge muziek die je in griezelfilms hoort. Na het voltooien van de bedrading, gebruik je speciale lichtscherm en je hand om de hoeveelheid licht die op de CdS cel valt te veranderen. De toonhoogte van de muziek zal veranderen.

De toonhoogte van een geluid wordt bepaald door de frequentie van de geluidsgolf – het aantal cirkelgangen van elektromagnetische energie per seconde. De hoeveelheid licht op de CdS cel bepaalt de mate van weerstand van de cel. Meer weerstand van de cel verlaagt de frequentie van de geluidsgolven van de muziek. De basismusiek wordt door het oscillatorcircuit geproduceerd.

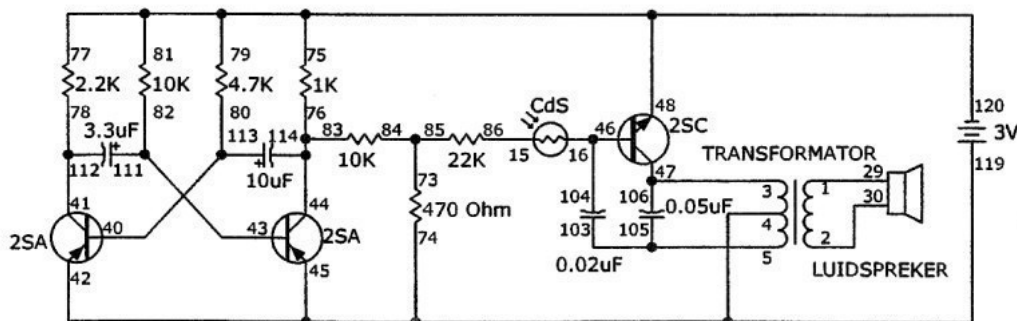
Wanneer een circuit de frequentie van een oscillator reguleert, noemen we dit FM of frequentiemodulatie. Een FM radiosignaal lijkt hier enigszins op, maar dan tegen veel hogere frequenties.

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-47-106, 4-74-45-42-119, 5-103-105, 15-86, 16-46-104, 40-113-80, 41-112-78, 43-111-82, 44-114-83-76, 120-48-81-79-75-77, 73-85-84.

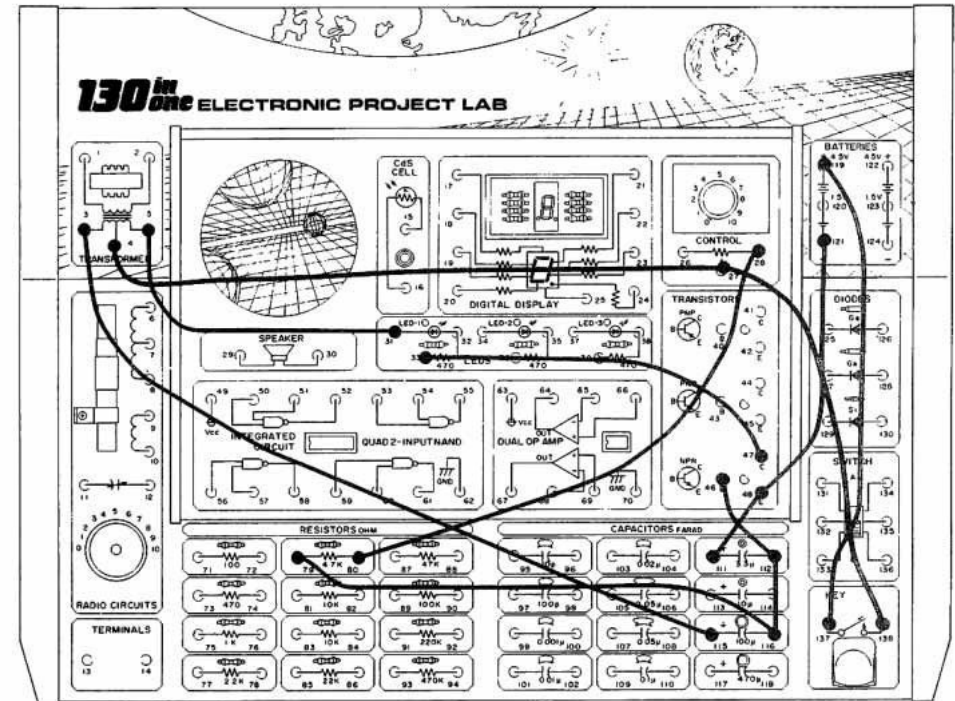


13. STROBOSCOOPLAMP (KNIPPERLICHT)

Hier is een oscillatorcircuit dat niet gebruik maakt van de luidspreker of oortelefoon – je hoort geen output. In plaats daarvan, zie je de output via een LED. Dit geeft je een idee van de werking van grote stroboscooplampen. Druk de sleutel in en kijk naar LED1. Deze schakelt met zekere intervallen aan en uit. Je kunt de knippersnelheid regelen met behulp van de 50K regelaar.

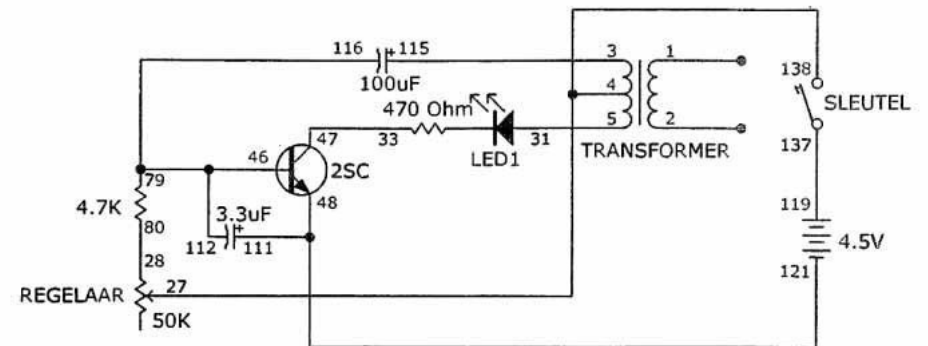
Dit laat je “zien” hoe een oscillator werkt. Probeer eens de 100 μ F condensator te vervangen door één met een kleinere waarde. Wat denk je dat er zal gebeuren? Had je gelijk?

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

3-115, 4-27-138, 5-31, 28-80, 33-47, 79-116-112-46, 111-48-121, 119-137.



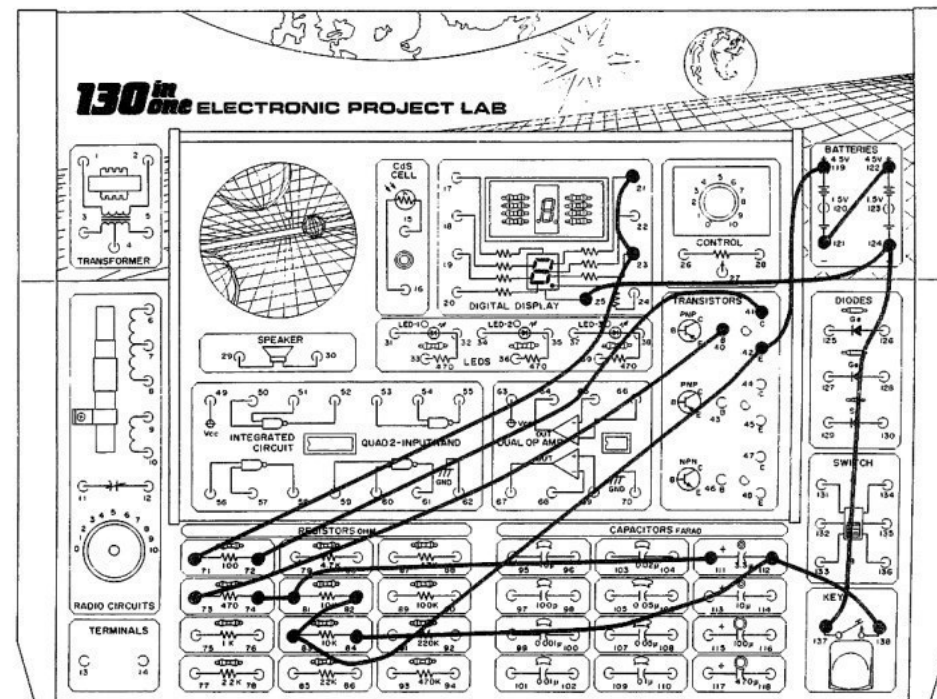
14. SNELSCHAKELING LED DISPLAY (PERSISTENCE OF VISION TEST)

Dit is een bestuurscircuit (regelschakeling) dat korte pulsen produceert. Wanneer je de sleutel indrukt, vertoont de LED display heel even een 1 en gaat dan weer uit, ookal blijf je de sleutel ingedrukt houden.

Je kunt met dit circuit een spelletje bedenken. Toon een nummer of letter via de LED en laat de spelers zeggen welk nummer of welke letter het is. Je kunt verschillende nummers of letters met de LED vertonen door de bedrading van de LED te veranderen. Verbind de contactveertjes nodig voor het vormen van letters of nummers met contactveertje 71 (in plaats van veertjes 21 en 23). De bedrading voor nummer 3 is: 17-21-22-23-20-71.

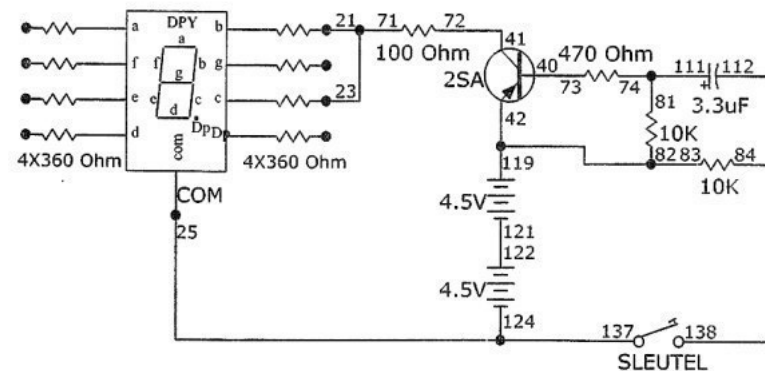
Je kunt condensatoren met verschillende waarden uitproberen en kijken wat het effect is, maar gebruik geen condensator groter dan $10\mu\text{F}$, omdat anders de transistor als gevolg van een overdosis aan stroom beschadigd kan raken.

AANTEKENINGEN



Bedradingsvolgorde:

21-23-71, 25-124-137, 40-73, 41-72, 82-83-42-119, 74-81-111, 84-112-138, 121-122.



II. BASISCIRCUITS MET HALFGELEIDERS EN COMPONENTEN

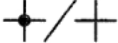
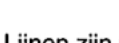
EEN GROTE VERANDERING

Tot nu toe had je naast de bedradingsvolgordes tekeningen van je kit die je hielpen de bedradingen te voltooien. De rest van de projecten in deze handleiding hebben een schematisch diagram (bedradingsschema) in plaats van een tekening.

Een bedradingsschema is een plattegrond voor elektronische circuits. Het geeft aan hoe verschillende onderdelen met elkaar zijn verbonden en aan de hand van dit schema kun je de stroom van elektriciteit door het circuit volgen. Zeer vakkundige elektriciëns en ingenieurs kunnen hele circuits bouwen met alleen een bedradingsschema als handleiding.

We zullen je niet vragen circuits te bouwen met alleen een bedradingsschema. (Hoorden we daar een zucht van verlichting?) Om je te helpen, hebben we in de bedradingsschema's het nummer van het contactveertje aangeduid waar je elke draad mee moet verbinden. Een lijn tussen nummers 32 en 64 in het bedradingsschema betekent dat je tussen die twee contactveertjes op je paneel een draad moet verbinden. Elk onderdeel in je kit heeft zijn eigen schematisch symbool. Voorin deze handleiding vind je een afbeelding, het schematisch symbool en een korte beschrijving van elk onderdeel.

Je zult zien dat sommige lijnen in de bedradingsschema's elkaar kruisen en dat er een punt is getekend op de plaats waar ze elkaar kruisen. Dit houdt in dat de twee draden die zijn afgebeeld d.m.v. lijnen met elkaar zijn verbonden op de plaats aangegeven door de punt. (Over het algemeen zul je een veernummer naast de punt zien afgebeeld.) Wanneer de lijnen elkaar kruisen zonder punt, betekent dit dat de draden niet met elkaar zijn verbonden. (Je zult dan ook geen veernummer op de plaats waar de lijnen elkaar kruisen zien afgebeeld.)

Lijnen zijn verbonden  Lijnen zijn niet verbonden 

In het begin lijken de bedradingsschema's misschien verwarrend, maar ze zijn eigenlijk heel eenvoudig nadat je wat oefening krijgt in het gebruik. Wees niet ontmoedigd als je er eerst door in de war raakt. Voor je het weet, zul je circuits bouwen door alleen de bedradingsschema's te raadplegen.

Het kunnen lezen van bedradingsschema's is belangrijk in de elektronika. Veel tijdschriften en boeken over elektronika geven interessante circuits alleen in schematische vorm weer. Een bedradingsschema is ook een kortere en meer nauwkeurige manier dan een geschreven beschrijving om een circuit te tonen of te beschrijven.

15. ONTLADING KONDENSATOR / HOOGSPANNINGSGENERATOR

Dit circuit laat zien hoe afzonderlijke pulsen van elektrische energie met een hoog voltage worden opgewekt wanneer een geladen condensator plotseling via een transformator wordt ontladen. (elektronische CDI ontstekingssystemen in auto's maken gebruik van eenzelfde soort reactie.)

De werking van dit circuit is eenvoudig, maar de concepten die eraan ten grondslag liggen, zijn belangrijk om ingewikkeldere circuits te kunnen begrijpen. Als je een volt-ohm-meter (VOM) hebt, dan kun je op wetenschappelijke wijze de energie meten die via de transformator wordt ontladen.

De 470 μ F condensator slaat energie op wanneer de batterijen miljoenen elektronen aan de negatieve elektrode van de condensator leveren. De batterijen onttrekken tegelijkertijd dezelfde hoeveelheid elektronen van de positieve elektrode van de condensator, zodat er bij de positieve elektrode een tekort aan elektronen ontstaat. Omdat de stroom door de 4,7K weerstand moet vloeien, duurt het tenminste 12 seconden voordat de condensator de 9V lading van de batterijen kan ontvangen.

De grootte van de lading in een condensator kan worden aangegeven d.m.v. het "voltage over" de condensator (het voltage dat door een batterij of andere stroombron wordt geleverd), of nog nauwkeuriger, d.m.v. de hoeveelheid elektronen die in één van de elektroden van de condensator wordt verplaatst.

De hoeveelheid elektronen in een elektrode van een condensator wordt uitgedrukt in coulombs. Eén coulomb is gelijk aan 6.280.000.000.000.000 elektronen ($6,28 \times 10^{18}$).

Om de lading in beide elektroden van de condensator (Q) te bepalen, dien je de capaciteit (C) met het voltage over de condensator (E) te vermenigvuldigen. ($Q = C \times E$). Voor de 470 μ F (470×10^{-6} F) condensator met een voltage van 9V kan dit als volgt berekend worden:

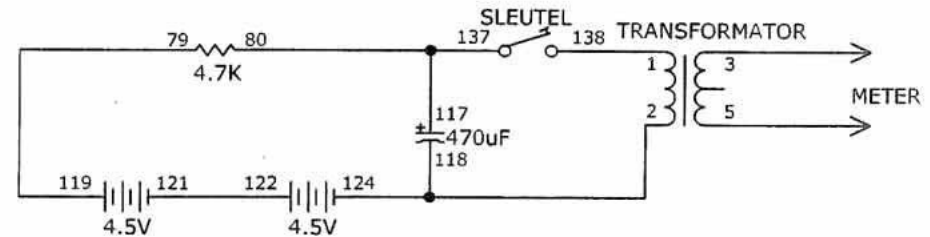
$$Q = C \times E = 470 \times 10^{-6} \times 9 = 4,23 \times 10^{-3} \text{ coulombs}$$

Of:

$$470 \times 0,000001 \times 9 = 0,00423 \text{ coulombs} \\ (265.564.400.000.000 \text{ elektronen})$$

Wanneer je de sleutel indrukt, zal de bovenstaande hoeveelheid elektronen in een hele korte tijd door de spoel van de transformator stromen en een hoog voltage in de tweede spoel opwekken.

Als je een VOM hebt, sluit deze dan zoals is aangegeven aan op contactveertje 3 en 5 van de transformator om de aanwezigheid van 90V of meer aan te tonen. Het aangegeven voltage wordt door de condensator vastgehouden en weer afgegeven wanneer de transformator aan het circuit wordt toegevoegd.



Bedradingsvolgorde:

1-138, 2-118-124, 3-METER, 5-METER, 79-119, 80-11-137, 121-122.

AANTEKENINGEN



16. KONDENSATOREN IN SERIE EN PARALLEL

De condensatoren zijn één van de handigste voorwerpen in je kit. Ze kunnen elektriciteit opslaan, pulserende elektriciteit tot een gelijkmatige stroom afvlakken en een deel van een elektrische stroom doorlaten terwijl een ander deel wordt geblokkeerd. Met behulp van dit circuit kun je de effecten horen van condensatoren die in serie en parallel zijn geschakeld.

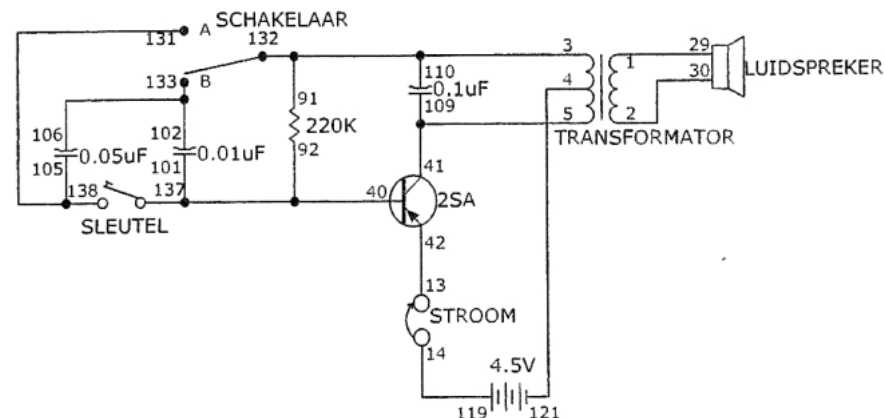
Wanneer je klaar bent met de bedrading van dit project, zet dan de schakelaar in stand B. Sluit vervolgens contactveertjes 13 en 14 aan. Je zult nu een geluid uit de luidspreker horen komen. Elektrische stroom stroomt hier door de $0,01\mu\text{F}$ condensator (kijk naar het bedradingsschema terwijl we het hier over hebben). Druk nu de sleutel in. Wat gebeurt er?

Je hoort een geluid met een lagere toonhoogte uit de luidspreker komen. Dit komt omdat de $0,05\mu\text{F}$ condensator parallel aan de eerste condensator is toegevoegd. Dit betekent dat de stroom tegelijkertijd, maar via twee verschillende kanalen, door beide condensatoren vloeit. Wat denk je dat er met de totale capaciteit gebeurt wanneer je twee condensatoren parallel schakelt?

Je hebt misschien verkeerd gegokt. Wanneer twee condensatoren parallel worden geschakeld, neemt de totale capaciteit toe. De toegenomen capaciteit zorgt ervoor dat de toonhoogte van het geluid lager wordt.

Laat de sleutel nu los en zet de schakelaar van stand B in stand A, maar druk de sleutel niet in wanneer de schakelaar in stand A staat. (De transistor kan beschadigd raken.) Wat hoor je nu?

Je hoort een hoge toon uit de luidspreker komen. Dit komt omdat de $0,05\mu\text{F}$ en $0,01\mu\text{F}$ condensatoren nu in serie zijn geschakeld – de stroom vloeit direct van de ene naar de andere condensator. De totale capaciteit van het circuit is nu kleiner dan de kleinste condensator die in serie is geschakeld. Deze kleinere capaciteit zorgt voor een geluid met een hoge toon.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-91-110-132, 4-121, 5-41-109, 13-42, 14-119, 40-92-101-137, 102-106-133, 105-131-138, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



17. WEERSTANDEN IN SERIE EN PARALLEL

In dit project zul je zien wat er gebeurt wanneer je weerstanden in serie en parallel schakelt. Wanneer je klaar bent met de bedrading, kun je LED-1 op het paneel aan en uit zien flitsen.

Verschuif de schakelaar en kijk wat er met de LED gebeurt in de A-stand en vervolgens in de B-stand. Er is geen enkele verandering waar te nemen. Het bedradingsschema toont aan dat aan de A-kant van de schakelaar twee 10K ohms weerstanden in serie zijn geschakeld en aan de B-kant één 22K ohms weerstand met de schakelaar is verbonden. De totale weerstand van de weerstanden die aan de A-kant in serie zijn geschakeld is gelijk aan de som van de waarde van elke weerstand – 20K ohms. Dit is ongeveer gelijk aan de 22K ohm weerstand aan de B-kant. Dat is de reden waarom de LED geen verandering toont, ookal zet je de schakelaar in een andere stand.

Druk de sleutel in en zie dat de LED feller gaat branden. Kijk naar het bedradingsschema en je zult zien dat weerstand 1 – R1 (470 ohms) in serie is geschakeld met de LED. Deze weerstand reguleert de elektriciteitsstroom naar de LED. Wanneer je de sleutel indrukt, worden R1 en weerstand 2 – R2 (100 ohms) parallel geschakeld waardoor de totale weerstand afneemt. De LED licht feller op doordat de stroom die naar de LED vloeit toeneemt wanneer de weerstand afneemt.

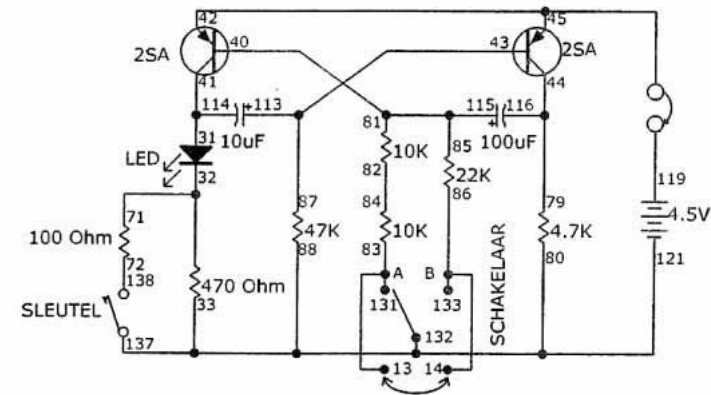
Het berekenen van de totale weerstand in een parallel-schakeling is niet zo eenvoudig als het berekenen van de totale weerstand in een serie-schakeling. Je moet de waarden van de weerstanden met elkaar vermenigvuldigen en de uitkomst hiervan vervolgens delen door de som van de waarden. In dit geval is de totale weerstand:

$$\frac{470 \times 100}{(470 + 100)} = 82 \text{ ohms}$$

Maak nu de verbinding tussen contactveertjes 13-14. Zoals is aangegeven in het bedradingsschema, wordt hierdoor de 22K ohm weerstand parallel geschakeld met de twee 10K ohm weerstanden. Is er enige verandering waar te nemen aan de LED? Deze knippert met kortere intervallen aan en uit doordat de weerstand die met de schuifschakelaar is verbonden, afneemt. Probeer de nieuwe weerstand te berekenen. Deze is ongeveer 10,5K ohms.

Dit circuit wordt een multivibrator genoemd. Een multivibrator is een oscillator die gebruik maakt van onderdelen die stroom naar elkaar terugsturen. In het bedradingsschema kun je zien dat de 10µF en de 100µF condensatoren zich via de transistoren ontladen. Deze multivibrator reguleert oscillaties (trillingen) om de LED met bepaalde intervallen te laten knipperen.

Je kunt nu zien dat weerstanden en condensatoren het tegenovergestelde effect hebben wanneer ze in serie of parallel worden geschakeld. Wees voorzichtig – je kunt gemakkelijk in de war raken en vergeten welke in sterkte toenemen en welke in sterkte afnemen.



Bedradingsvolgorde:

31-41-114, 79-116-44, 40-115-85-81, 43-113-87, 32-71, 72-138, 82-84, 13-83-131, 14-86-133, 33-80-88-137-132-121, 45-42-119.

AANTEKENINGEN



18. LICHTDIMMER

In dit project maak je gebruik van het op- en ontladen van een condensator om een licht te dimmen (in dit geval een LED). Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A. De LED-onderdelen lichten langzaam op, een L vertonend. Na een paar seconden branden de LED-onderdelen op zijn felst en blijven aan. Zet nu de schakelaar in stand B. De L vervaagt nu langzaam.

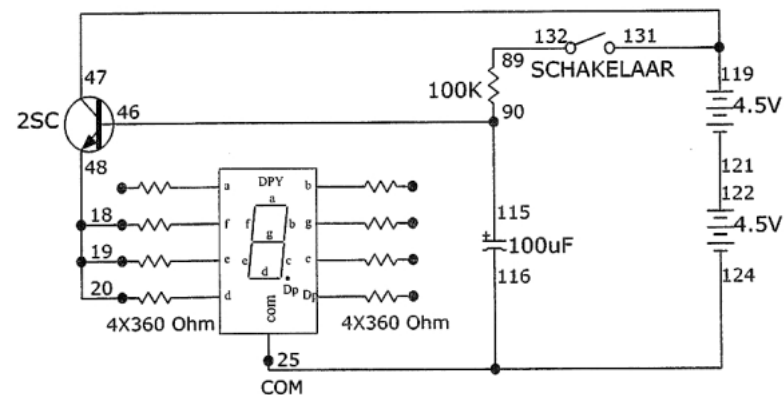
Kijk naar het bedradingsschema. Wanneer de schakelaar aan staat, stroomt er elektriciteit van de batterij naar de $100\mu\text{F}$ condensator die daardoor wordt opgeladen. Wanneer de condensator bijna geheel is opgeladen, stroomt er hoe langer hoe meer elektriciteit naar de basis van de transistor, die daardoor gelijdelijk aan gaat (waardoor de LED aan gaat). Wanneer de condensator geheel is opgeladen, blijft er elektriciteit naar de basis van de transistor stromen en blijft de LED aan.

Wanneer je de schakelaar uitschakelt, verwijder je de batterij van het circuit; de condensator begint te ontladen via de transistor en de LED. De L dimt langzaam totdat de $100\mu\text{F}$ condensator geheel is ontladen.

Als je een langzamer dimmer-circuit wilt, vervang dan de $100\mu\text{F}$ condensator door de $470\mu\text{F}$ condensator. Je hoeft hiervoor alleen maar de verbindingen 25-116-124 te verwisselen voor 25-118-124, en verbindingen 46-115-90 voor 46-117-90. Je moet even geduld hebben, maar de LED zal uiteindelijk toch oplichten.

Blader nu terug naar project 8 (de elektronische sirene) en kijk of je erachter kunt komen waarom het geluid van de sirene van hoog naar laag verandert wanneer je de sleutel indrukt en weer loslaat.

Hint: wanneer je de sleutel indrukt, begint de $10\mu\text{F}$ condensator met opladen.



Bedradingsvolgorde:

18-19-20-48, 25-116-124, 46-115-90, 119-47-131, 89-132, 121-122.

AANTEKENINGEN



19. TRANSISTOR-SCHAKELAAR

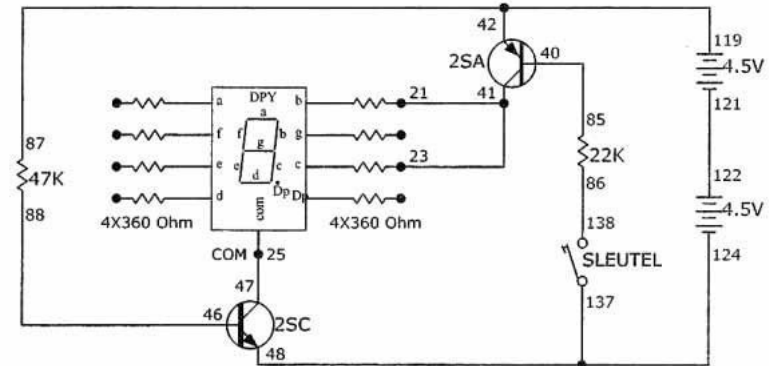
Dit circuit is ontworpen om je de schakelende werking van de transistoren tijdens het aanschakelen van de LED te laten bestuderen. Je zult gebruik maken van verschillende transistoren – de NPN transistor en één van de twee PNP transistoren die in je kit zijn bijgeleverd. De afkortingen NPN en PNP verwijzen naar de rangschikking van de halfgeleidersmaterialen waaruit transistoren zijn opgebouwd.

De 47K ohm weerstand levert een basisvoltage zodat de NPN transistor onderaan in het bedradingsschema aanblijft. De PNP transistor bovenaan in het bedradingsschema gaat aan wanneer je de schakelaar sluit en de verbinding via de 22K ohm weerstand maakt.

Omdat de 22K ohm weerstand ongeveer de helft van de 47K ohm weerstand is, is de stroom die aan de basis van de PNP transistor wordt geleverd ongeveer twee keer zo groot als de stroom aan de NPN transistor. De PNP transistor is daarom “meer” aan dan de NPN transistor.

Sluit het circuit aan en druk de sleutel in: een 1 is te zien. Om de stroom aan de basis van de NPN transistor te vergroten, moet je de waarde van de 47K ohm weerstand die met de basis is verbonden, verkleinen – contactveertje 46. Verwijder contactveertjes 87 en 88 en verbind de draden met een andere weerstand. Verwissel bijvoorbeeld verbindingen 87-42 en 46-88 door 83-42 en 84-46 om de 47K ohm weerstand te vervangen door een 10K ohm weerstand. Elke keer wanneer je een kleinere weerstand gebruikt, wordt er meer stroom geleverd aan de basis van de transistor, waardoor de lichtjes van de LED display iets feller zullen oplichten wanneer je de sleutel indrukt. Verklein de weerstand niet tot onder 1K ohms, omdat de transistor dan kan doorbranden.

Verwissel nu beide weerstanden voor 10K ohms weerstanden en druk de sleutel in. (Gebruik contactveertjes 81 en 82, en 83 en 84.) De felheid van het licht zal als het goed is niet veel veranderen **met de transistoren beide op deze harde**. Als er wel een grote verandering is waar te nemen, controleer dan de batterijen. Het kan zijn dat die bijna leeg zijn.



Bedravingsvolgorde:

21-23-41, 25-47, 40-85, 87-42-119, 46-88, 124-48-137, 86-138, 121-122.

AANTEKENINGEN



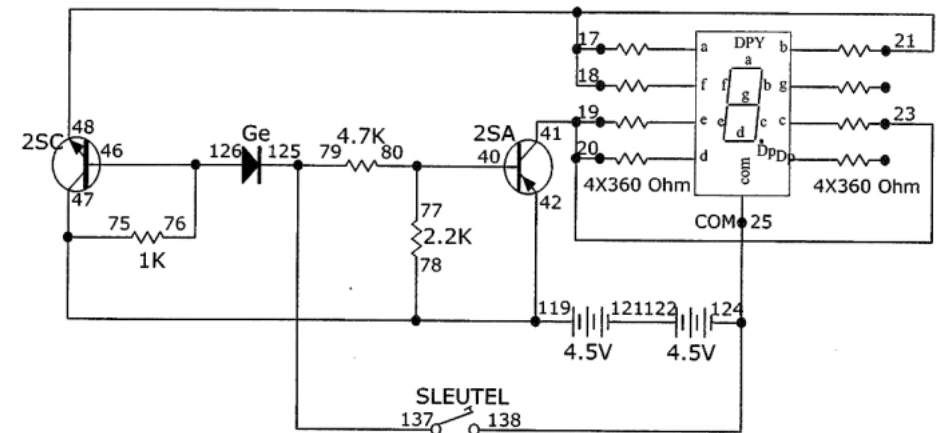
20. WERKING TRANSISTOR-CIRCUIT

Een transistor heeft drie aansluitingen; één van deze aansluitingen (de basis) wordt gebruikt om de stroom tussen de andere twee aansluitingen te reguleren. Onthoud deze belangrijke regel voor transistoren: een transistor gaat aan wanneer een bepaald voltage aan de basis wordt geleverd. Een positief voltage schakelt een NPN transistor aan. Een negatief voltage schakelt een PNP transistor aan.

In dit project zal de LED display aangeven welke transistor is aangeschakeld doordat alleen de bovenste of de onderste helft gaat branden. Dit zal laten zien hoe een positief voltage een NPN transistor en een negatief voltage een PNP transistor van energie voorziet.

Nadat je de bedradingen hebt voltooid, is de NPN transistor aan omdat een positief voltage via de 1K ohm weerstand aan zijn basis wordt geleverd. Hierdoor gaat de bovenste helft van de LED display branden. De PNP transistor is op dat moment uit omdat er geen elektriciteit naar zijn basis kan stromen. (Er stroomt elektriciteit van de PNP emitter naar de basis van de NPN transistor, maar deze stroom wordt door de diode vóór de PNP basis geblokkeerd.)

Wanneer je de sleutel indrukt, wordt de NPN uitgeschakeld doordat een negatief voltage via de diode aan zijn basis wordt geleverd. De PNP wordt op dat moment aangeschakeld doordat de elektriciteit nu door de 4,7K ohm weerstand stroomt. Hierdoor gaat de onderste helft van de LED display branden.



Bedradingsvolgorde:

18-17-21-48, 19-20-23-41, 25-124-138, 40-80-77, 75-78-47-42-119, 76-46-126, 79-137-125, 121-122.

AANTEKENINGEN



21. GELUIDSVERSTERKER

Dit circuit is een sterke geluidsversterker met twee transistoren. Een versterker maakt gebruik van een klein signaal om een groter signaal te reguleren of produceren. Deze versterker lijkt op de soort versterker die in vroege modellen van transistor-gehoorapparaten werd gebruikt. De luidspreker fungeert als een dynamische microfoon.

Gebruik je VOM om de voltages binnen het circuit van deze versterker te meten en te leren hoe transistoren werken. De gemeten voltages zullen je helpen stroommetingen te bepalen en je vertellen hoe dit circuit werkt.

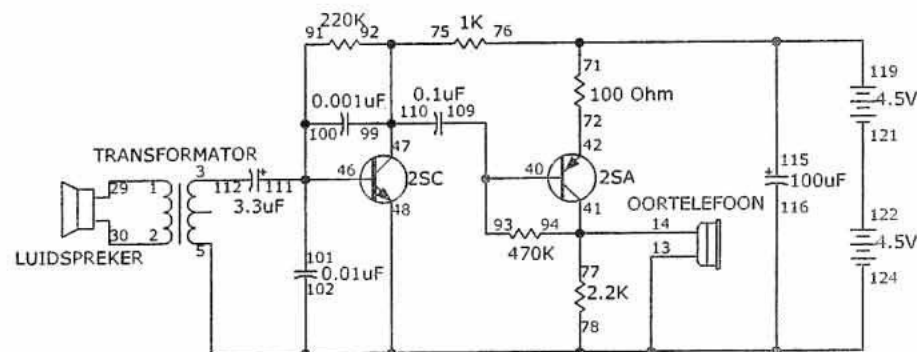
De luidspreker in je kit kan geluidsdruk omzetten in zwakke voltages. De transformator verhoogt het voltage enigszins. Dit voltage wordt vervolgens via de 3,3 μ F condensator aan de NPN transistor geleverd.

Het versterkte voltage aan de output van de NPN transistor wordt via de 0,1 μ F condensator naar de PNP transistor gezonden. Dit voltage wordt nog meer versterkt door de PNP en vervolgens via de 100 μ F condensator naar de oortelefoon gezonden.

Het wordt tijd om het over de transformator te hebben. De transformator heeft een koperen draad met honderden windingen. We noemen dit een spoel. Een transformator heeft twee spoelen die door een plaat van elkaar zijn gescheiden.

Wanneer er elektriciteit door een spoel stroomt, wordt er een magnetisch veld opgewekt. Het omgekeerde klopt ook – wanneer een spoel wordt blootgesteld aan een verandering in sterkte van het magnetisch veld, zal er elektriciteit doorheen stromen. Met andere woorden, wanneer er elektriciteit door de eerste (of primaire zoals we deze vaak noemen) spoel van een transformator stroomt, zal het magnetisch veld dat door de primaire spoel wordt opgewekt ervoor zorgen dat er elektriciteit door de secundaire spoel stroomt. Het aantal windingen van elke spoel is verschillend, dus het voltage van de elektriciteit voor elke spoel is ook verschillend.

Het opwekken van een elektrische lading met behulp van een magnetisch veld wordt inductantie genoemd. Blader terug naar project 15 (ontlading condensator/hoogspanningsgenerator) en ga na wat voor voltage er wordt opgewekt aan de secundaire zijde wanneer er 9V aan de primaire zijde van de transformator wordt geleverd.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-112, 5-124-48-116-102-78-13-OORTELEFOON, 93-109-40, 41-94-77-14-OORTELEFOON, 42-72, 91-100-101-111-46, 75-92-99-110-47, 71-76-115-119, 121-122.

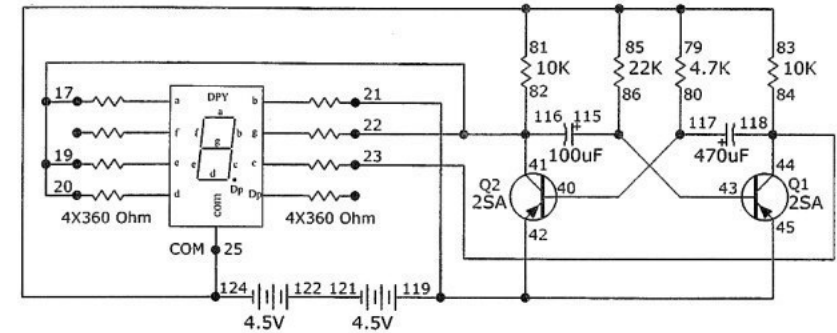
AANTEKENINGEN



22. FLIP-FLOP MULTIVIBRATOR MET LED DISPLAY

Wat dacht je van een rustpauze? Hier is nog een ander circuit waarmee je plezier kunt beleven. Bij dit circuit knipperen de nummers 1 en 2 op de display. Het doet je misschien denken aan sommige neon lichtreklames met flitsende, blikvangende reclameteksten.

In dit project reguleert een circuit dat ook wel flip-flop wordt genoemd de LED display. Je zult in latere projecten meer over flip-flop circuits te weten komen. Voor nu, probeer een condensator met een andere waarde om te zien wat voor effect dit heeft op de snelheid van de werking. Kijk of je de bedrading zodanig kunt veranderen dat er andere nummers in plaats van een 1 en een 2 verschijnen. Je kunt andere weerstanden met een grotere waarde in plaats van de 22K en 4,7K ohm weerstanden uitproberen. Gebruik echter geen weerstanden met een kleinere waarde, omdat dan de transistoren beschadigd kunnen raken.



Bedradingsvolgorde:

17-19-20-22-41-116-82, 21-42-45-119, 23-44-118-84, 79-81-83-85-25-124,
80-117-40, 86-115-43, 121-122.

AANTEKENINGEN



III. CIRCUITS MET DIGITALE LED DISPLAY

23. CIRCUIT MET DIGITALE DISPLAY BESTAANDE UIT ZEVEN LED SEGMENTEN

In dit deel zullen we enkele basisexperimenten uitvoeren met circuits met de LED display om te leren hoe we dit onderdeel beter kunnen gebruiken. We zullen de LED display in elk van deze vier projecten gebruiken.

De LED display maakt het mogelijk dat je de effecten van elektronische signalen ziet. De display lijkt op een gewone diode, maar geeft licht wanneer er elektriciteit doorheen stroomt. Een voorbeeld van een LED display is een stroomindicator op je radio of videorecorder die aangeeft dat de stroom aanstaat.

Hierop lijkende LED displays met zeven segmenten geven de nummers 0 tot en met 9 aan zodat we de output van een computer of een rekenmachine kunnen lezen. Zeven is het minimum aantal segmenten (gescheiden lijnen die afzonderlijk kunnen oplichten) dat nodig is om alle tien nummers duidelijk weer te kunnen geven. Voor een goede werking van de LED, moet je altijd de volgende twee dingen in de gaten houden:

1. Juiste polariteit (+ en – LED verbindingen)
2. Juiste hoeveelheid stroom

Omgedraaide polariteit kan ervoor zorgen dat de LED doorbrandt, tenzij het voltage lager dan zo'n 4 volts bedraagt of de stroom tot een veilige hoeveelheid wordt beperkt. De LED zal niet oplichten wanneer de polariteit is omgedraaid.

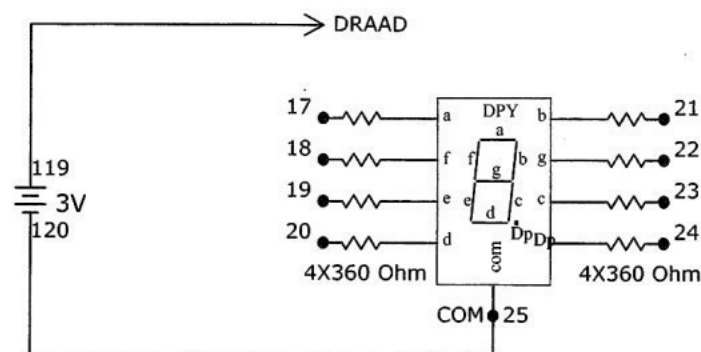
Om de elektriciteitsstroom op een juist niveau te houden, maken we gebruik van serieweerstanden (die permanent op je paneel zijn bevestigd) in combinatie met de LED. Deze weerstanden leveren een relatief constant voltage (rond 1,7 volts) aan de LED via contactveertje 25. We hebben voltages nodig die hoger zijn dan dit voltage om elektriciteit door de LED display te laten stromen. De serieweerstanden bepalen hoeveel elektriciteit van de batterijen naar de diodes stroomt.

Voltooi de bedrading zoals is aangegeven om de 3V voeding met de LED segmenten en de decimale punt (Dp) te verbinden. Welke nummers en letters kun je weergeven?

Met dit lage batterij-voltage kun je de polariteit van het circuit omdraaien door de aansluitingen van de batterijen te verwisselen. (Verwissel 25-120 en 119-DRAAD voor 25-119 en 120-DRAAD.) Schrijf je resultaten hieronder op. Nadat je de resultaten hebt genoteerd, sluit de batterijen met de juiste polariteit opnieuw aan. Gebruik je VOM om de LED voltages tussen contactveertje 25 en elk afzonderlijk contactveertje (17 tot en met 24) te meten. Schakel nu tijdelijk naar de 9V voeding over door de batterij-aansluitingen op de volgende wijze te veranderen: 25-124, 121-122 en 119-DRAAD. Voer nu dezelfde metingen uit. Met deze drievoudige verhoging van het voltage geleverd door de batterij, hoeveel zijn de LED voltages verhoogd? (Een gewoonlijke verhoging is 0,25V.)

Probeer nu het voltage in elke op een LED segment aangesloten weerstand te meten. De weerstanden zijn allemaal 360 ohms. LED-stroom in milliamps (een duizendste van een ampère) wordt berekend door de voltages door 360 ohms te delen. Stroom in de LED segmenten is ongeveer _____ milliampères (mA) met de 3V voeding (gewoonlijk 3 mA) en _____ mA met de 9V voeding.

Maak hieronder een lijst met verbindingen die nodig zijn om de nummers 0 tot en met 9 op de display weer te geven.



Bedradingsvolgorde:

25-120, 119-DRAAD, of 25-120, 119- (17, 18, 19, 20, 21, 22, of 23).

AANTEKENINGEN



24. BASIS LED DISPLAY

Nu zul je over een common kathode digitale display met zeven LED segmenten leren. Common kathode houdt in dat de zeven LED segmenten van de display van één contactpunt gebruik maken – contactveertje 25 – dat fungeert als een gezamenlijke negatieve elektrode.

De LED moet voorzien zijn van (+) en (-) aansluitingen zodat er elektriciteit doorheen kan stromen. Het positieve uiteinde wordt anode genoemd, en het negatieve uiteinde kathode. Omdat de display met zeven segmenten uit zeven LED's bestaat (de decimale punt niet inbegrepen), moeten er in totaal 14 aansluitpunten zijn – zeven anodes en zeven kathodes.

We kunnen echter òf de anodes òf de kathodes "common" (gezamenlijk) maken, zodat het aantal aansluitpunten slechts acht bedraagt – één anode voor elk van de zeven segmenten en één aansluitpunt dat als common kathode fungeert (of zeven kathodes en één common anode).

De LED display in deze kit is van het type common kathode. Je verbindt het common kathode aansluitpunt (contactveertje 25) met het negatieve uiteinde van de batterij en één van de anodes, welke gewenst is, met het positieve uiteinde van de batterij.

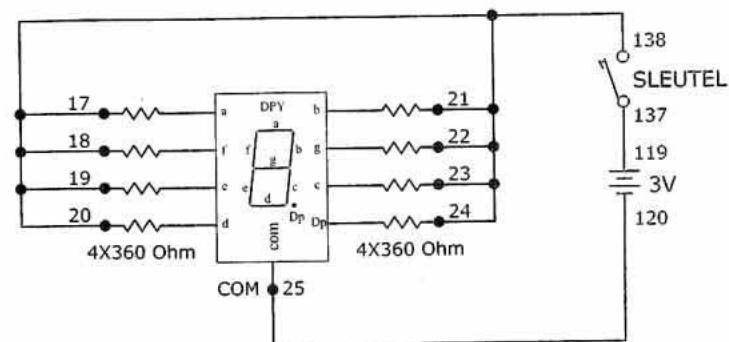
De segmenten van de LED display zijn heel klein. Om een lijn van licht te vormen die op een ononderbroken lijn lijkt, moeten een aantal segmenten achter elkaar worden geplaatst. Sommige displays hebben een matte lens om de individuele segmenten te verbergen. Kun jij de segmenten in de display van je kit zien?

LED's werken heel snel. Een LED kan honderden keren per seconde aan- en uitschakelen; zó snel dat je hem niet kan zien knipperen. In tegenstelling tot een gloeilamp is er geen opwarmperiode en wordt er geen grote hoeveelheid warmte geproduceerd.

Voer het volgende experiment uit om te zien hoe snel de LED werkt.

1. Sluit het circuit aan maar druk de sleutel niet in.
2. Dim het licht in de kamer tot een zwak licht zodat je het oplichten van de LED duidelijk kunt zien.
3. Druk de sleutel slechts een fraktie van een seconde in.

Merk op dat de display snel aan en uit gaat. Hou het paneel nu goed stil en werp een snelle blik over de LED display terwijl je heel even op de sleutel drukt. Als het goed is, lijkt het alsof de display plotseling aan en uit gaat. De persistence of vision van het menselijk oog duurt veel langer dan de snelheid waarmee de LED knippert, maar zonder speciale apparatuur kan het op deze manier duidelijk worden gemaakt.



Bedradingsvolgorde:

17-18-19-20-21-22-23-24-138, 25-120, 119-137.

AANTEKENINGEN



25. TRANSISTOR-REGULATOR DIE DE LED DISPLAY UITSCHAKELT

Nu beginnen we pas ècht met elektronika. Vanaf nu zal de uitleg wat ingewikkelder worden, maar ook interessanter! Dit project laat zien hoe je de LED display met behulp van transistoren kunt reguleren.

Dit circuit lijkt sterk op het circuit in project 20 (werking transistor-circuit). De enige verschillen zijn de positie van de schakelaar en de waarde van de weerstand. Dit project maakt gebruik van het basiscircuit van de NPN transistor dat als schakelaar fungeert om de kathode van de LED te reguleren. In project 20 reguleerden we de LED via de anode (positieve zijde).

Beide transistoren in dit project werken als schakelaar. De PNP transistor is altijd aan, zodat er elektriciteit van de collector naar de emitter kan stromen, omdat een voldoende hoeveelheid negatief voltage via één van de 10K weerstanden aan de basis van de transistor wordt geleverd. De NPN transistor gaat aan wanneer je de sleutel indrukt waardoor er voldoende positief voltage via een andere 10K weerstand aan zijn basis wordt geleverd. De elektriciteit kan dus alleen van emitter naar collector stromen wanneer je de sleutel indrukt.

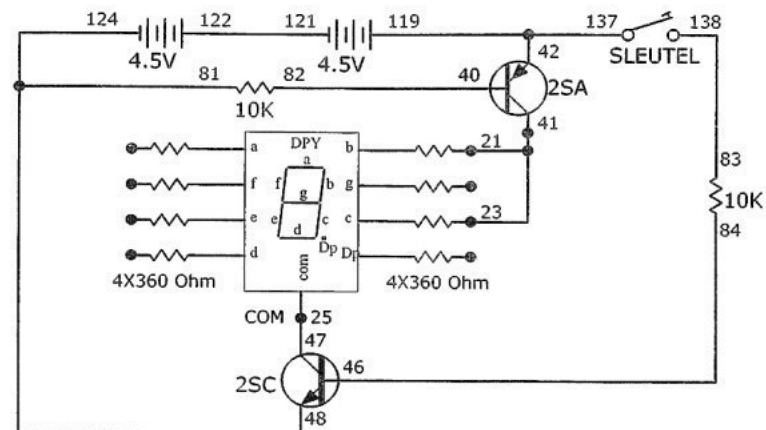
De volgende basisprincipes zijn belangrijk om te onthouden:

- Een PNP transistor gaat aan wanneer een negatief voltage aan zijn basis wordt geleverd; de elektriciteit stroomt van collector naar emitter.
- Een NPN transistor gaat aan wanneer een positief voltage aan zijn basis wordt geleverd; de elektriciteit stroomt van emitter naar collector.

Nu er elektriciteit door de NPN transistor kan stromen, kan een compleet pad worden gevolgd – van het negatieve uiteinde van de batterijen naar de NPN transistor, naar de common kathode aansluiting van de display, naar de b en c anode-aansluitpunten van de display, naar de PNP transistor, naar het positieve uiteinde van de batterijen – zodat de display oplicht.

Het aanzetten van de LED met behulp van één van de transistoren lijkt nu misschien niet zo belangrijk. Maar voor mensen die ingewikkelde computer-circuits ontwerpen, is het een handige manier om circuits te reguleren.

Heb je opgemerkt dat de transistoren net zo snel aan- en uitschakelen als dat je de sleutel indrukt? Dit snelle schakelen maakt het mogelijk dat computers heel snel acties kunnen uitvoeren. Transistoren zijn vele malen sneller dan relais of handbediende schakelaars. We zullen je later laten zien hoe je dit snelle schakelen kunt vertragen met behulp van andere onderdelen.



Bedradingsvolgorde:

21-23-41, 25-47, 40-82, 119-42-137, 46-84, 124-48-81, 83-138, 121-122.

AANTEKENINGEN



26. CIRCUIT MET TRANSISTOR, CDS CEL EN LED DISPLAY

Dit project laat zien hoe je de LED kunt aanschakelen met behulp van een transistor en een CdS cel.

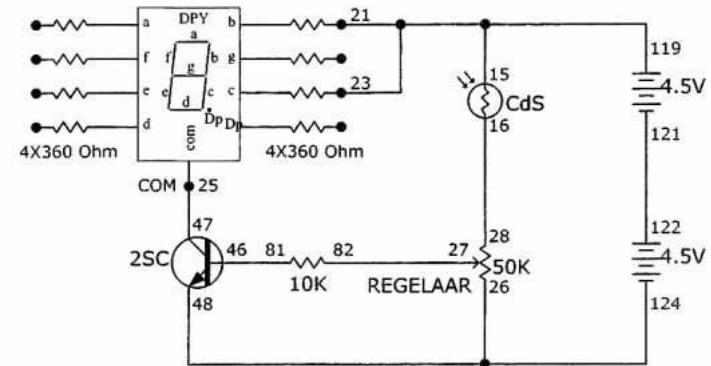
Beschouw de CdS cel als een weerstand waarvan de grootte verandert naarmate de hoeveelheid licht die op de cel valt toe- of afneemt. In het donker is de weerstand heel groot, rond 5 megohms (5 miljoen ohms); in fel zonlicht neemt de weerstand af tot zo'n 100 ohms of minder.

Je kunt dit heel eenvoudig testen; zet je VOM in de stand om weerstand te meten en sluit hem aan op de CdS cel. Hou je hand boven de CdS cel en kijk wat de weerstand is. Verwijder nu je hand en lees opnieuw de weerstand af.

Je kunt de NPN transistor als schakelaar gebruiken. Zoals we in het vorige project zagen, schakelt de transistor aan wanneer er een voldoende hoeveelheid positief voltage aan de basis wordt geleverd. Het positieve voltage loopt van het positieve uiteinde van de batterij naar de CdS cel, de regelaar en de 10K ohm weerstand.

De hoeveelheid voltage die aan de basis wordt geleverd, wordt bepaald door de totale weerstand van de CdS, de regelaar en de 10K ohm weerstand. De hoeveelheid licht die op de cel valt en de instelling van de regelaar veranderen het voltage aan de basis – waardoor het voltage laag of hoog genoeg wordt om de transistor aan te schakelen. Gebruik je voltmeter op de regelaar en probeer de regelaar van positie te veranderen terwijl je een schaduw over de CdS werpt om deze verandering in voltage te verifiëren. Verstel de regelaar zodanig dat de transistor aan- en uitschakelt wanneer het licht dat op de CdS valt verandert.

Dit circuit vertoont een 1 onder fel licht. Je kunt de draden natuurlijk zodanig verbinden dat je elk gewenst nummer kunt vertonen. We kunnen 1 als een binair cijfer beschouwen dat een logic high (H of ON) aangeeft, om de aanwezigheid van een fel licht dat op de CdS cel schijnt aan te tonen. Kun je de bedrading zodanig veranderen dat een ander teken deze toestand aangeeft?



Bedradingsvolgorde:

15-21-23-119, 16-28, 25-47, 124-26-48, 27-82, 46-81, 121-122.

AANTEKENINGEN



IV. EEN RONDLEIDING DOOR DIGITALE CIRCUITS

27. DIODE-TRANSISTOR LOGISCHE “AND” MET LED DISPLAY

Laten we nu de wereld van digitale circuits betreden en wat basisbegrippen leren. Allereerst, een digitaal circuit is een circuit dat als een schakelaar werkt om verschillende onderdelen aan en uit te schakelen. Dit deel gaat over diode-transistor logische (DTL) circuits – circuits die gebruik maken van diodes en transistoren om stroom aan en uit te schakelen.

Het maakt normaal gesproken niet uit hoeveel voltage aan het digitale circuit wordt gevoed; wat van belang is, is dat het circuit aan (er voltage aanwezig) of uit (er geen voltage aanwezig) is. Wanneer het circuit aan is, beschrijven we dit als “logic high”, of gebruiken we het nummer 1 om het circuit te beschrijven. Wanneer het circuit uit is, noemen we het “logic low”, of gebruiken we het nummer 0.

Je zult allereerst meer over het AND circuit leren. Het AND circuit produceert output wanneer alle aansluitingen met de contactveertjes logic high zijn (ze ontvangen voltage).

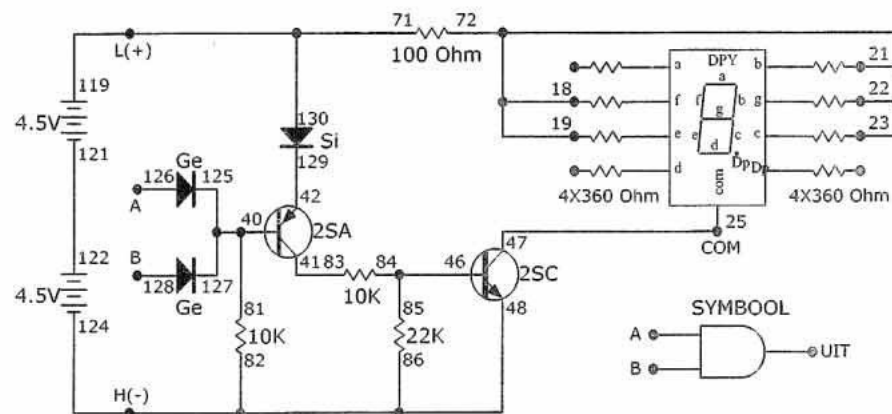
Sluit het circuit aan door de bedradingsvolgorde hieronder op te volgen. Verbind vervolgens contactveertjes A (126) en B (128) met veertjes 119 en 124 in verschillende combinaties om het circuit compleet te maken en te zien hoe een AND circuit werkt.

In dit circuit levert aansluitpunt 124 een logic high (voltage) en 119 een logic low (geen voltage). De LED geeft alleen een H aan wanneer je A en B met 124 verbindt (het high aansluitpunt). Wanneer je A of B, of beide, met 119 verbindt (het low aansluitpunt), zal de LED niets weergeven. Zowel A als B moeten high zijn om ervoor te zorgen dat er een H (high) aan hun gezamenlijke output (de LED) verschijnt.

Wanneer één van de twee, of beide inputs low is/zijn (wat wil zeggen dat veertje 126 en/of 128 is/zijn verbonden met veertje 119) wordt er een positief voltage via de diode(s) aan de basis van de PNP transistor geleverd en blijft de PNP transistor uit. Doordat de PNP transistor het circuit niet compleet maakt, wordt er geen stroom aan de basis van de NPN transistor geleverd waardoor deze ook uit blijft. Het common kathode aansluitpunt is niet verbonden met de negatieve stroombron en de LED blijft uit.

Wanneer beide inputs high zijn, leveren beide diodes een negatief voltage aan de basis van de PNP transistor, die daardoor aan gaat. De NPN transistor gaat ook aan, en de elektriciteit stroomt naar de display waar de LED zal gaan branden.

Wiskundigen gebruiken het symbool AB om de AND functie weer te geven. Rechtsomder in het bedradingsschema kun je het schematisch symbool voor het AND circuit zien.



Bedradingsvolgorde:

22-23-21-18-19-72, 25-47, 81-40-125-127, 41-83, 42-129, 46-84-85, 86-82-48-124, 71-130-119, 121-122, 126-(naar 119 “HIGH” of 124 “LOW”), 128- (naar 119 “HIGH” of 124 “LOW”).

AANTEKENINGEN

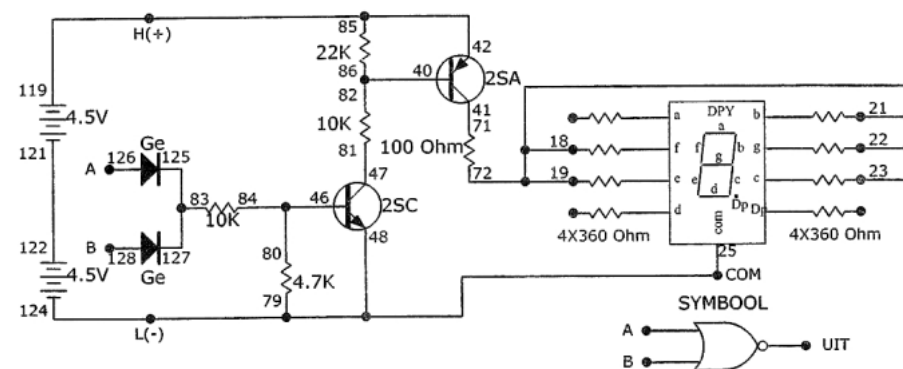


28. DTL "OR" CIRCUIT MET LED DISPLAY

Dit volgende logisch circuit is een logisch OR circuit. Kun je raden hoe dit circuit werkt? Denk eraan dat het AND circuit een logic high produceert wanneer zowel de A als B input high is. Het OR circuit produceert een logic high wanneer A of B een logic high input ontvangt.

De display geeft een H weer wanneer je òf A òf B met contactveertje 119 (ons logic high aansluitpunt) verbindt. Probeer nu beide contactveertjes (A en B) met contactveertje 119 te verbinden; en vervolgens met contactveertje 124. Wat gebeurt er? De output is high wanneer òf A òf B op H is aangesloten. Deze logische functie wordt gesymboliseerd door $A+B$.

Dit circuit lijkt op het voorgaande projekt, dus we zullen de werking ervan hier niet helemaal uitleggen. Vergelijk de twee projecten en maak aantekeningen van de overeenkomsten en verschillen. Kijk of je het circuit in het bedradingsschema kunt volgen.



Bedradingsvolgorde:

17-41, 72-19-18-21-22-23, 79-25-48-124, 81-47, 83-127-125, 84-80-46, 85-42-119, 86-82-40, 121-122, 126-(naar 119 "HIGH" of 124 "LOW"), 128-(naar 119 "HIGH" of 124 "LOW").

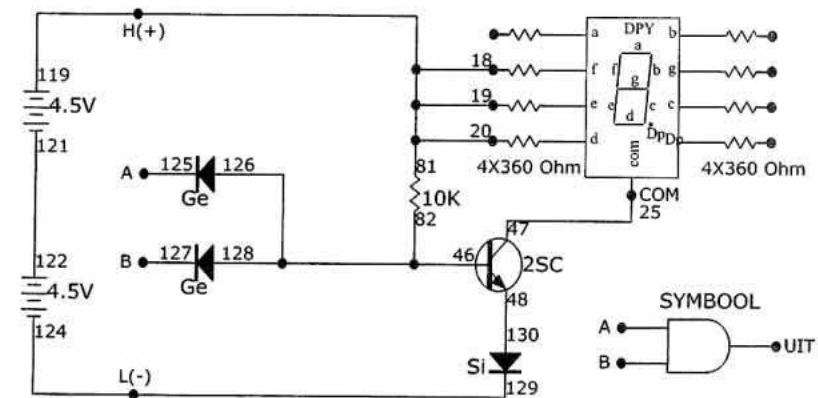
AANTEKENINGEN



29. DTL "NAND" CIRCUIT MET LED DISPLAY

Nee, je kunt het woord NAND niet in je woordenboek vinden (tenzij het een elektronika- of computerwoordenboek is) Dit is een nieuwe term die een omgekeerde of een Non-AND functie beschrijft. Een NAND circuit produceert outputs die het tegenovergestelde van de outputs van een AND circuit zijn. De NAND output is low wanneer zowel de A als B input high is. De output is high wanneer één van de twee of beide inputs low is/zijn. Het logisch symbool lijkt op het AND symbool, maar met een klein rondje bij de output. De functie wordt weergegeven door AB.

Wanneer één van de twee of beide contactveertjes A en B met veertje 124 (het logisch low aansluitpunt) is/zijn verbonden, zal er een negatieve stroom door de diode(s) vloeien en de NPN transistor uit blijven. De LED blijft uit. Wanneer beide inputs met contactveertje 119 (het logisch high aansluitpunt) worden verbonden, laten beide diodes een positief voltage door. Dit positief voltage zorgt ervoor dat de NPN transistor aan gaat, zodat er elektriciteit door kan stromen en een L op de LED display wordt weergegeven.



Bedradingsvolgorde:

81-20-19-18-119, 25-47, 82-46-128-126, 48-130, 121-122, 124-129, 125-(naar 124 "LOW" of 119 "HIGH"), 127-(naar 124 "LOW" of 119 "HIGH").

AANTEKENINGEN



30. DTL "EXCLUSIVE-OR" CIRCUIT

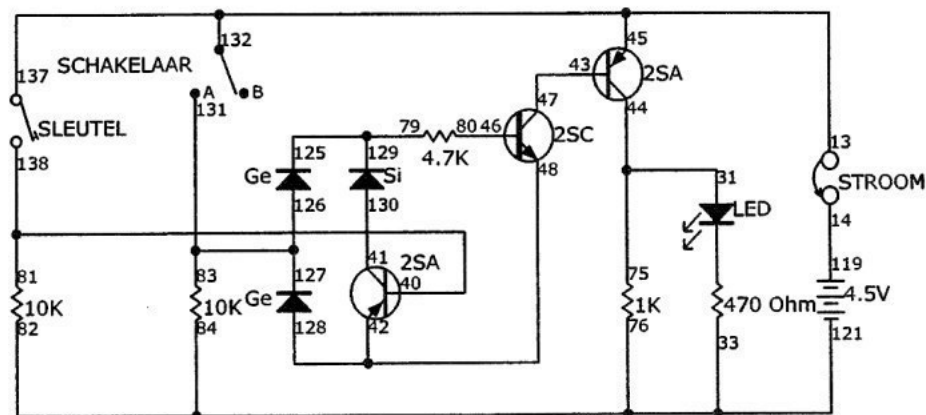
Maak je niet ongerust als je niet weet wat exclusive-OR betekent. Een exclusive-OR (afgekort XOR) circuit levert alleen een high output wanneer de ene of de andere input high is.

Je kunt dus zien dat een XOR circuit een low output produceert wanneer beide inputs hetzelfde zijn (high of low). Wanneer de inputs verschillend zijn (high en low of low en high), dan is de output high. Dit is een handig circuit dat ons kan laten weten of we twee dezelfde of twee verschillende inputs hebben.

Voordat je de bedrading helemaal voltooit, moet je eerst controleren of de schakelaar in stand B staat. Wanneer je klaar bent met de bedrading, verbind dan contactveertjes 13 en 14 om de stroom aan te schakelen. Kijk naar LED1. Druk nu de sleutel in om een high input te produceren. Is er enige verandering aan LED1 waar te nemen? Laat de sleutel los om beide inputs low te maken. Zet nu de schakelaar in stand A om de input die door de schakelaar gaat high te maken. Wat doet LED1 nu?

Laat de schakelaar in stand A en druk de sleutel in om beide inputs high te maken. Je kunt zien dat in een XOR circuit twee high inputs een low output produceren.

Je kunt ook een XNOR (exclusive-NOR) circuit bouwen. We zullen dat hier niet doen, maar je kunt waarschijnlijk zelf wel bedenken hoe dat moet. Hint: het is hetzelfde als een NOR circuit, aangevuld door extra bedrading om het circuit om te draaien. Vergeet niet je experimenten te noteren in je notitieboek, zeker wanneer je een XNOR circuit maakt.



Bedradingsvolgorde:

13-45-132-137, 14-119, 44-31-75, 76-84-82-33-121, 81-40-138, 41-130, 48-42-128, 43-47, 46-80, 79-129-125, 83-126-127-131.

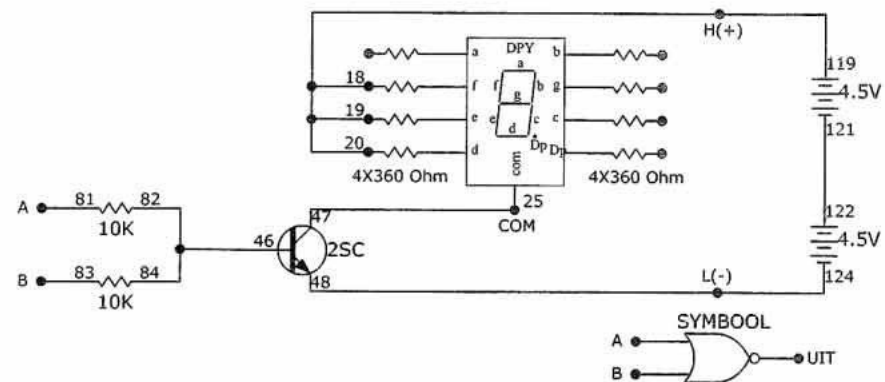
AANTEKENINGEN



31. TRANSISTOR "NOR" CIRCUIT MET LED DISPLAY

Nu je NAND (omgekeerde AND) circuits hebt gebouwd en er meer over te weten bent gekomen, is het niet moeilijk te bedenken wat een NOR (omgekeerd OR) circuit doet. De display geeft een L weer wanneer òf A òf B met aansluitpunt H (119) is verbonden. De circuit output is alleen high wanneer zowel A als B low inputs ontvangen. Dit is het tegenovergestelde van het OR circuit. Het logisch symbool voor het NOR circuit is bij het bedradingsschema afgebeeld. De functie wordt weergegeven door $A+B$. De + symboliseert het OR circuit en de streep boven het symbool geeft aan dat het circuit is omgekeerd.

Wanneer je A of B (of beide) met H verbindt, gaat de NPN transistor aan, waardoor het stroompad voor de LED wordt voltooid. Wanneer je zowel A als B met L verbindt, gaat de transistor uit en dooft de LED.



Bedradingsvolgorde:

18-19-20-119, 25-47, 46-82-84, 48-124, 81-(naar 119 "HIGH" of 124 "LOW"), 83-(naar 119 "HIGH" of 124 "LOW"), 121-122.

AANTEKENINGEN



32. TRANSISTOR "FLIP-FLOP" CIRCUIT

Wat is een flip-flop? Dit is een soort circuit dat met vaste intervallen tussen twee standen (aan en uit) heen en weer schakelt. Het "flipt" naar de ene stand, "flopt" dan naar de andere, enzovoorts.

Deze flip-flop maakt gebruik van twee transistoren, twee condensatoren en vier weerstanden om de LED aan en uit te schakelen. De ene transistor staat altijd in tegenovergestelde stand van de andere; wanneer transistor Q1 aan is, is transistor Q2 uit; wanneer Q2 aan is, is Q1 uit. Deze verandering van aan naar uit (en van uit naar aan) gebeurt heel snel (in microseconden). Verstel de regelaar en kijk naar het effect hiervan op de flikkersnelheid van de LED.

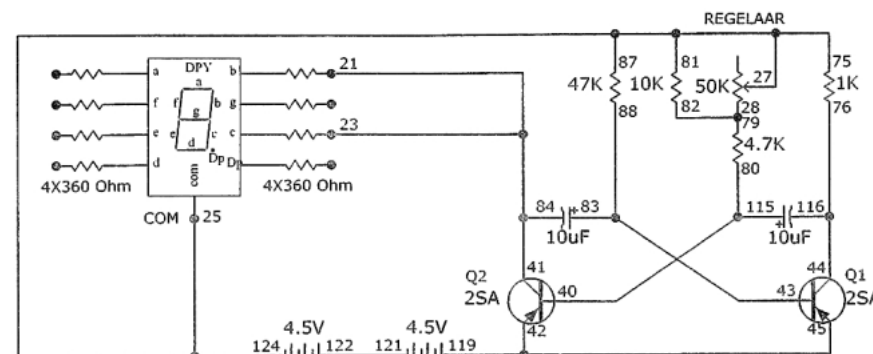
Bekijk het bedradingsschema om te zien hoe dit circuit werkt. Denk eraan dat een transistor aan gaat wanneer er een voltage aan zijn basis wordt geleverd. De basissen van de twee PNP transistoren zijn via de weerstanden verbonden met het negatieve uiteinde van de batterijen. Je zult misschien denken dat beide transistoren altijd aan zijn, maar er zijn twee condensatoren met de basissen verbonden waardoor de flip-flop werking wordt veroorzaakt.

Om uit te leggen hoe dit circuit werkt, laten we aannemen dat transistor Q1 uit is. Transistor Q2 is aan omdat de 100uF condensator via zijn basis op- en ontlad. De 4,7K weerstand en de regelaar zorgen ervoor dat transistor Q2 aan blijft nadat de 100uF condensator helemaal is ontladen. De 10uF condensator heeft een lading ontvangen en ontlad. De 47K weerstand, de batterij en de Q2. (Vergeet niet dat wanneer transistor Q2 aan is, er elektriciteit via zijn collector naar zijn emitter kan stromen.) Transistor Q1 blijft uit zolang de lading op de 10uF condensator hoog genoeg is.

Wanneer de lading tot een zeker niveau daalt, zal het negatieve voltage van de 47K weerstand ervoor zorgen dat transistor Q1 aan gaat. En wanneer Q1 aan gaat, begint de 100uF condensator snel met opladen waardoor transistor Q2 uit gaat. Met Q2 in de uit-stand, stijgt het voltage aan zijn collector richting de 9V van de batterijvoeding, waardoor de LED dooft. Doordat de 10uF condensator snel oplaadt, gaat Q1 helemaal aan. Deze "flip" gebeurt heel snel.

Na een tijdje zal de 100uF condensator via de Q2 transistor ontladen, en het circuit terug "flop" in de oorspronkelijke stand, waarna het hele bovenstaande proces zich weer herhaalt.

We hebben een circuit als dit in verschillende projecten hiervoor gebruikt. Blader terug en probeer uit te vinden welke dit zijn.



Bedradingsvolgorde:

21-23-41-84, 75-81-87-25-27-124, 28-79-82, 40-115-80, 45-42-119, 43-88-83, 44-116-76, 121-122.

AANTEKENINGEN

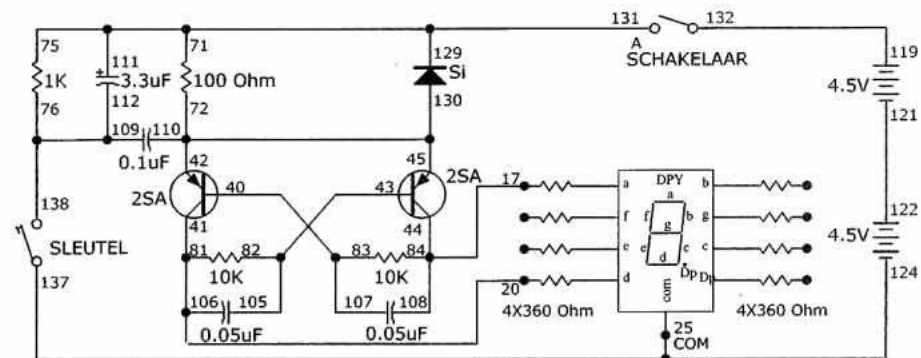


33. TRANSISTOR "TOGGLE FLIP-FLOP"

Een toggle schakelaar (tuimelschakelaar) is een schakelaar die circuits aan- en uitschakelt. Hier gebruiken we het flip-flop circuit als toggle schakelaar. In het vorige project “flipse” en “flopste” het circuit automatisch. In dit project zal het circuit niet veranderen, tenzij je daarvoor de opdracht geeft.

Als je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A. Het onderste deel van de LED gaat branden. Druk nu de sleutel in. Het onderste deel gaat uit terwijl het bovenste deel gaat branden. Elke keer wanneer je de sleutel indrukt, zullen de twee delen van de LED omwisselen – flippen en floppen.

Wanneer de ene transistor aan is, is de andere uit; deze blijft aan (of uit) totdat je het de opdracht geeft te veranderen. We kunnen daarom ook wel zeggen dat flip-flop circuits dingen kunnen onthouden. Wanneer je een circuit in een bepaalde stand laat, blijft het net zolang in die stand totdat je wilt dat het verandert. Veel flip-flops die gereguleerd worden door middel van een enkel toggle signaal kunnen veel dingen onthouden. Dit is ook hoe computers zoveel dingen kunnen onthouden.



Bedradingsvolgorde:

84-108-44-17, 81-106-41-20, 25-124-137, 40-107-83, 42-45-130-110-72,
43-105-82, 71-75-111-131-129, 76-109-112-138, 119-132, 121-122.

AANTEKENINGEN



V. MEER AVONTUREN MET DIGITALE CIRCUITS

34. TRANSISTOR-TRANSISTOR LOGISCHE “BUFFER” POORT

Heb je je wel eens afgevraagd wat er gebeurt wanneer je digitale circuits gaat samenvoegen, waarbij je de output van het ene circuit als de input van het andere circuit gebruikt? Je zult daarachter komen wanneer je dit project bouwt.

Eén van de geïntegreerde circuits in je kit is een quad two-input NAND-poort IC (een IC met vier NAND-poorten met elk twee ingangen). Je bent waarschijnlijk niet bekend met sommige van deze woorden. IC is de afkorting voor integrated circuit (geïntegreerd circuit). Een geïntegreerd circuit bestaat uit vele transistoren, diodes en weerstanden die in een klein pakketje zijn gestopt.

Quad betekent letterlijk vier. In deze IC zitten vier afzonderlijke NAND-poort circuits die elk twee inputs ontvangen. Elke NAND-poort heeft twee input contactpunten. Tot nu toe hebben we alleen maar logische circuits met twee ingangen gebruikt, maar sommige circuits hebben meer dan twee inputs.

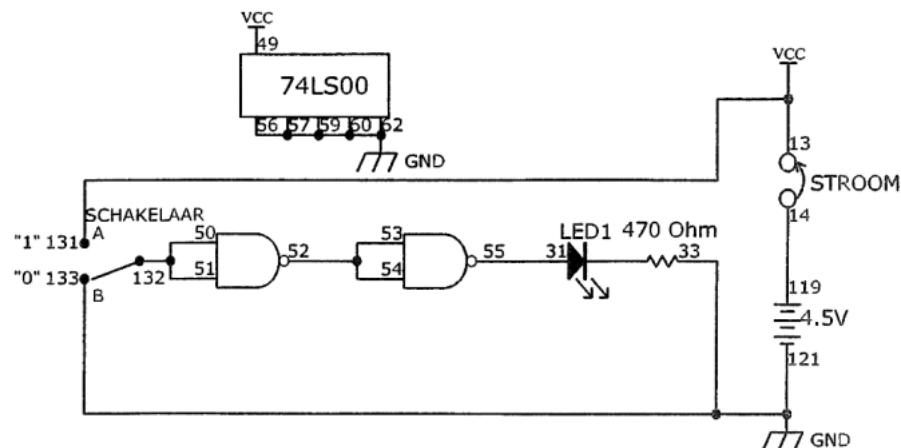
Dit circuit wordt een poort genoemd omdat dit je toegang tot de digitale wereld is (grapje). Maar serieus, een poort is een circuit dat meer dan één input maar slechts één output heeft. De output wordt niet van energie voorzien voordat de input aan bepaalde voorwaarden voldoet. We zullen dit handige onderdeel met meerdere digitale circuits ook in andere projecten gebruiken.

Dit poort-circuit wordt een buffer genoemd omdat het wordt gebruikt om twee delen van een apparaat van elkaar gescheiden te houden.

Raadpleeg het bedradingsschema terwijl je het project bouwt. We nemen de output van een NAND-poort en gebruiken deze voor beide inputs van de tweede NAND-poort (merk op dat de twee inputs voor de twee NANDs altijd gelijk zijn). Voor zover je bekend bent met NANDs, wat denk je dat er gebeurt als de input naar de eerste NAND 1 is? En wat als de eerste input 0 is? Probeer hier achter te komen voordat je de bedrading van dit project afmaakt.

Zet de schakelaar in stand B voordat je de bedrading voltooit. Sluit contactveertjes 13 en 14 aan om de stroom aan te schakelen. Wat gebeurt er met LED1? Zet nu de schakelaar in stand A. LED1 gaat branden.

Zoals je zelf waarschijnlijk al wel zult hebben bedacht, is de input 1 wanneer de schakelaar in stand A staat, en 0 wanneer deze in stand B staat. Wanneer de input naar de eerste NAND 1 is, is de output 0. De 0 output van de eerste NAND is echter de input van de tweede. De 0 input van de tweede NAND zorgt ervoor dat de output van de tweede NAND 1 is, waardoor de LED gaat branden.



Bedradingsvolgorde:

13-49-131, 14-119, 31-55, 33-56-57-59-60-62-133-121, 50-51-132, 52-53-54, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



35. TTL“INVERTER” POORT

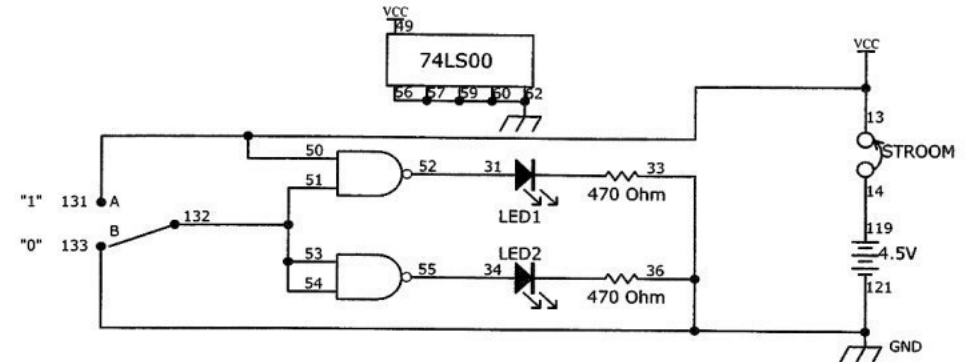
Een inverter is een circuit waarvan de output het tegenovergestelde van de input is. Als de input 1 (high) is, dan is de output 0 (low). Als de input 0 is, dan is de output 1.

Zet de schakelaar in stand A voor je de bedrading van dit project voltooit. Sluit vervolgens contactveertjes 13 en 14 aan. Je zult zien dat zowel LED1 als LED2 uit zijn. Omdat de output 0 is, moet de input wel 1 zijn. Zet nu de schakelaar in stand B en zie hoe beide LED's gaan branden, wat aangeeft dat de input nu 0 is.

In het bedradingsschema kun je zien dat we twee van de vier NAND-poorten in de IC gebruiken. Met de schakelaar in stand A, zijn beide inputs naar de twee NANDs 1. Dit betekent dat de outputs van beide NANDs 0 zijn (en de LED's gaan uit). Wanneer de schakelaar in stand B wordt gezet, zijn de inputs niet langer allemaal 1, waardoor de LED's weer gaan branden.

Het is ongelooflijk als je terugdenkt aan de omvang van de RTL en DTL circuits waarmee we in vorige projecten werkten. Of je het gelooft of niet, vier van die circuits zijn zodanig verkleind dat ze in deze piepkleine IC passen.

Er is een speciaal type IC, enigszins groter dan de ICs in je kit, die eigenlijk een computer is die tot minicomputer is verkleind. Deze minicomputer wordt microprocessor genoemd. Het proces dat nodig is om meerdere circuits in een enkele IC te stoppen, wordt large-scale integration (LSI) genoemd. Je zult deze term vaak tegenkomen waar ICs beschreven worden.



Bedradingsvolgorde:

13-49-50-131, 14-119, 31-52, 36-33-56-57-59-60-62-133-121, 34-55,
51-53-54-132, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



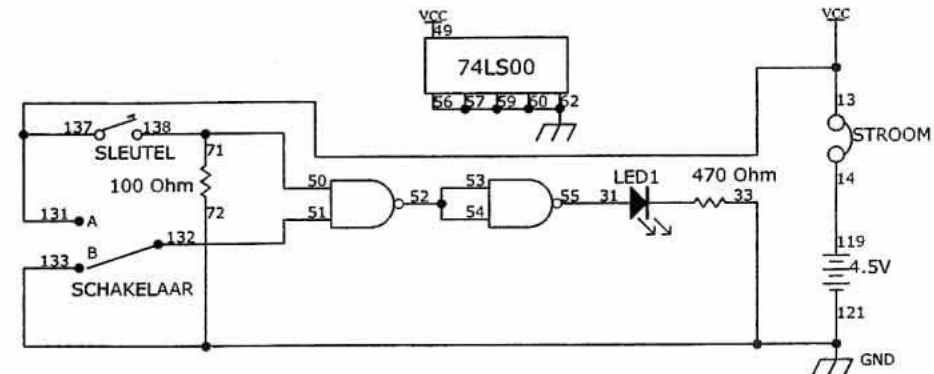
36. TTL "AND" POORT

Kun je bedenken hoe je een AND-poort kunt maken met de NAND-poorten in je kit? Laten we maar eens experimenteren om uit te zoeken hoe dit moet.

Laat de schakelaar in stand B staan tijdens het bouwen van dit circuit. Wanneer je klaar bent met de bedrading, sluit dan contactveertjes 13 en 14 aan om de stroom aan te schakelen. Druk de sleutel in. Wat doet LED1? Zet de schakelaar nu in stand A terwijl je de sleutel indrukt. Is er enige verandering aan LED1 waar te nemen?

Zoals je kunt zien, veranderen de inputs in 1 wanneer je de sleutel indrukt en de schakelaar in stand A zet, waardoor de algehele output 1 is. Kun je de 1 input door het circuit volgen totdat je een 1 output bereikt? Probeer dit maar eens – en kijk niet stiekem naar het antwoord.

Het werkt als volgt – elke 1 input gaat eerst naar de eerste NAND-poort. Dit zorgt ervoor dat de output van de NAND 0 is. Deze 0 output wordt voor beide inputs naar de tweede NAND gebruikt. De 0 inputs naar de tweede NAND zorgen ervoor dat de output van deze NAND 0 is, waardoor de LED gaat branden. De twee NAND-poorten vormen dus een AND-poort.



Bedradingsvolgorde:

13-49-131-137, 14-119, 31-55, 72-56-57-59-60-62-33-133-121, 50-71-138, 51-132, 52-53-54, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



37. TTL "OR" POORT

Eén van de handige dingen van de quad two-input NAND IC is dat we de vier NAND-poorten kunnen combineren om zo andere logische circuits te maken. Onze vorige twee projecten lieten zien hoe we NANDs kunnen gebruiken om sommige andere logische circuits te maken. Dit project zal laten zien hoe een OR-poort van de NAND-poorten gemaakt kan worden.

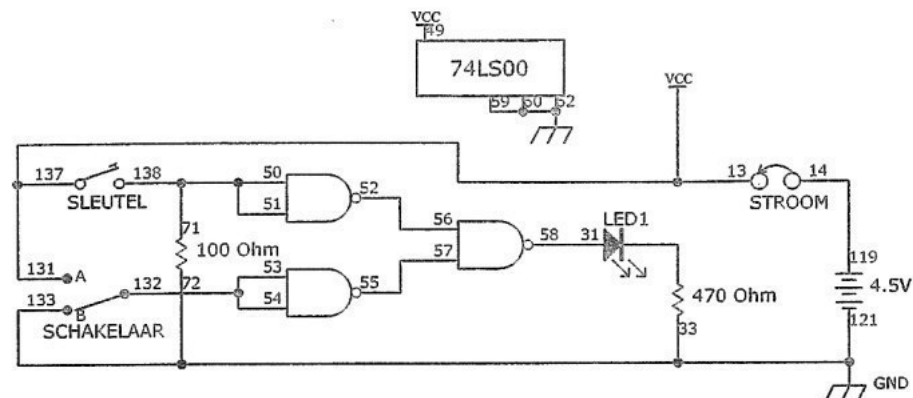
Raadpleeg het bedradingsschema voor dit project – kun je nagaan wat er gebeurt vanaf elke input tot aan de uiteindelijke uitput? (Natuurlijk kun je dat, probeer het maar gewoon.)

Laat de schakelaar in stand B terwijl je met dit project bezig bent. Wanneer je klaar bent met de bedrading, sluit dan contactveertjes 13 en 14 aan. Druk nu de sleutel in. Wat gebeurt er met LED1? Laat de sleutel weer los en zet de schakelaar in stand A. Wat gebeurt er nu met LED1? Laat de schakelaar in stand A en druk opnieuw de sleutel in. Is er enige verandering aan LED1 waar te nemen?

Je ziet dat dit circuit zich inderdaad gedraagt als andere OR-poorten waarmee je hebt gewerkt. Als tenminste de ene of de andere van de inputs 1 is, is de output naar de LED 1. Ben je er al achter wat er van de input naar de output gebeurt? Het antwoord kun je in de volgende paragraaf vinden, maar je moet niet stiekem spieken.

Laten we ons voorstellen dat je de sleutel indrukt terwijl de schakelaar in stand B staat. Hierdoor zijn beide inputs van de NAND 1, waardoor de output van de NAND 0 wordt. Deze 0 output is één van de inputs naar de NAND-poort die de LED reguleert. Omdat een NAND output alleen 0 is wanneer alle inputs 1 zijn, zorgt de 0 input ervoor dat de NAND output 1 wordt, waardoor LED1 gaat branden!

We kunnen AND-, NOR-, XOR- en NAND-poorten maken met behulp van de quad two-input NAND IC. Kun je bedenken hoe we de NANDs in de IC zouden moeten aansluiten om deze andere logische circuits te maken? Doe je best en maak aantekeningen – want we zullen er heel snel achter komen hoe dit moet.



Bedradingsvolgorde:

13-49-131-137, 14-119, 31-58, 72-59-60-62-33-133-121, 50-51-71-138, 52-56, 53-54-132, 55-57, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



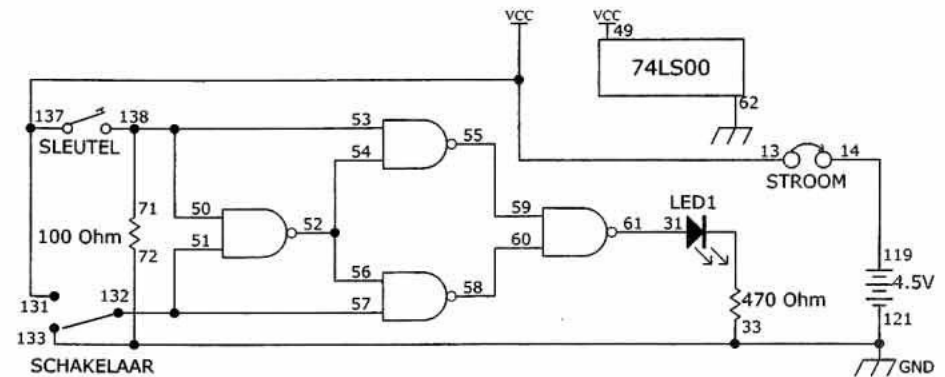
38. TTL "EXCLUSIVE-OR" POORT

Aangezien we andere digitale circuits hebben gemaakt door NAND-poorten te combineren, is het logisch dat we ook XOR-poorten kunnen maken. Dit kan inderdaad, zoals dit circuit zal aantonen.

Zet de schakelaar in stand B voordat je de bedrading voltooit. Als je klaar bent met de bedrading, sluit dan contactveertjes 13 en 14 aan. Druk de sleutel in – gebeurt er iets met LED1? Laat de sleutel nu los en zet de schakelaar in stand A. Wat doet LED1 nu? Laat de schakelaar in stand A en druk de sleutel in. Wat gebeurt er nu met LED1?

De output is 1 zolang de inputs verschillend zijn. Als beide inputs gelijk zijn – 0 of 1 – is de output van de XOR-poort 0.

Laat je hersens kraken en volg elke 0 of 1 input door het circuit totdat je bij de output aankomt. Het kan handig zijn om een 0 of 1 aan te geven in het bedradingsschema bij de in- en output van elke NAND-poort.



Bedradingsvolgorde:

13-49-131-137, 14-119, 31-61, 72-62-33-133-121, 71-50-53-138, 57-51-132, 54-52-56, 55-59, 58-60, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



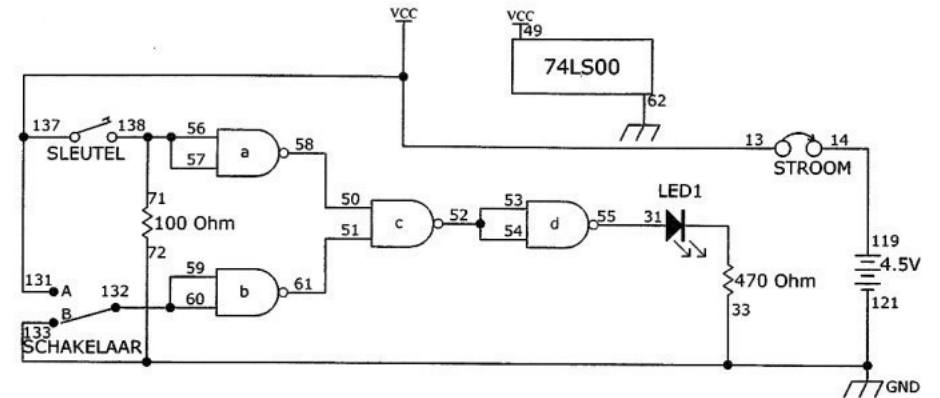
39. TTL "NOR" POORT

Probeer 0 en 1 inputs in het bedradingsschema aan te geven zoals je bij de vorige paar projecten hebt gedaan en bekijk hoe dit circuit tot een 0 of 1 output komt. Waag een goede poging en spiek niet bij het antwoord.

Laat de schakelaar in stand B terwijl je met dit projekt bezig bent. Wanneer je klaar bent met de bedrading, sluit dan contactveertjes 13 en 14 aan. Druk de sleutel in. Is er enige verandering aan LED1 waar te nemen? Laat de sleutel los en zet de schakelaar in stand A. Wat gebeurt er nu met LED1? Laat de schakelaar in stand A en druk de sleutel in. Gebeurt er iets?

Zoals je kunt zien, gedraagt dit circuit zich net zoals andere NOR-poorten die we hebben gebouwd. Beide NANDs die met a en b zijn aangeduid, hebben 1 inputs. Ze hebben beide dus een 0 output wanneer de input 1 is. Hun outputs worden als inputs gebruikt voor de NAND aangeduid met c. NAND c heeft een 1 output zolang één of beide inputs van deze NAND 0 is/zijn. Deze 1 output wordt gebruikt als input voor de volgende NAND, waardoor de output van deze NAND 0 wordt. LED1 zal daarom niet branden.

Zoals je kunt zien, heeft een NOR-poort alleen een 1 output wanneer beide inputs 0 zijn – ofwel, wanneer de schakelaar in stand B staat en de sleutel niet wordt ingedrukt.



Bedradingsvolgorde:

13-49-131-137, 14-119, 31-55, 72-33-62-133-121, 50-58, 51-61, 52-53-54, 56-57-71-138, 59-60-132, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



40. TTL "THREE-INPUT AND" POORT

Alhoewel we steeds digitale circuits hebben gebruikt die slechts twee inputs hebben, betekent dat niet dat we niet meer dan twee inputs kunnen hebben. Hier is een TTL AND-poort die drie inputs heeft. Probeer met behulp van het bedradingsschema uit te zoeken hoe drie inputs een 1 output produceren.

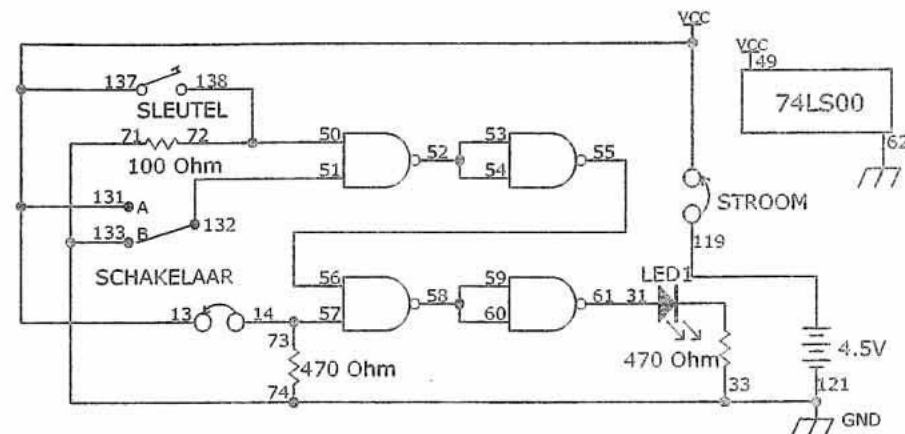
Je zult zien dat we deze keer iets anders te werk zullen gaan – contactveertjes 13 en 14 zullen een input-signaal vormen. Door deze veertjes aan te sluiten, wordt een 1 input geproduceerd, terwijl de input 0 zal zijn wanneer de veertjes niet zijn verbonden. Je schakelt dit projekt aan door contactveertjes 119 en 137 aan te sluiten.

Je weet inmiddels hoe AND-poorten werken, dus we zullen hier niet op de details ingaan. Kun je aan de hand van het bedradingsschema uitvinden hoe je de schakelaar, de sleutel en veertjes 13 en 14 moet aansluiten om een 1 output te krijgen? Probeer erachter te komen en lees dan verder om te zien of je gelijk had.

Dit is hoe dit circuit werkt: de sleutel en schakelaar zijn beide met één NAND verbonden. Wanneer ze beide een 1 input leveren, heeft de NAND een 0 output. Deze 0 vormt de input van een andere NAND, waardoor de output van deze NAND 1 wordt.

Deze 1 output gaat vervolgens naar weer een andere NAND-poort (zie je deze in het bedradingsschema?). Daar vormt deze een input, samen met de andere input van contactveertjes 13 en 14. Als deze inputs beide 1 zijn, wordt de NAND output 0. Deze output wordt gebruikt voor beide inputs van de laatste NAND, waardoor deze 1 wordt en de LED gaat branden.

Lijkt simpel, niet? Of je het gelooft of niet, zelfs complexe computers maken gebruik van dezelfde basisprincipes als die we voor de digitale circuits in deze kit gebruiken.



Bedradingsvolgorde:

13-49-131-137, 14-73-57, 31-61, 74-71-62-33-121-133, 50-72-138, 51-132, 52-53-54, 55-56, 58-59-60, 119-137 (STROOM).

AANTEKENINGEN



41. TTL "AND" ENABLE CIRCUIT

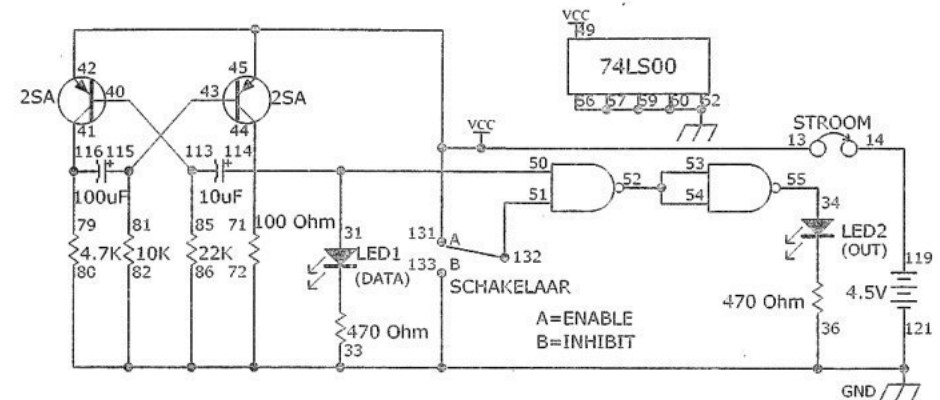
Ons vorige project had een kenmerk dat onder sommige omstandigheden voor een probleem kan zorgen. LED1 en LED2 gaan om de beurt aan en uit. Het kan zijn dat we beide LED's gelijk aan en uit willen laten gaan. Was je erachter gekomen hoe je de LED's dit kon laten doen toen je nog met het vorige project aan het experimenteren was? Dit circuit zal je laten zien hoe het moet.

Als je nauwkeurig naar het bedradingsschema van dit en van het vorige project kijkt, zul je zien dat de bedradingsschema's vrijwel hetzelfde zijn. De enige verandering is de toevoeging van een NAND-poort circuit.

Net zoals bij ons vorige project, wordt het pad van LED1 naar LED2 geblokkeerd wanneer de schakelaar in stand B wordt gezet. Maar wanneer je de schakelaar in stand A zet, zul je zien dat LED2 op hetzelfde moment aan en uit gaat als LED1. De twee NAND-poorten vormen een AND-poort (denk aan het circuit in project 36 ("TTL "AND" Poort)).

In dit circuit wordt LED1 de data input genoemd. LED2 wordt de output genoemd. Deze termen worden vaak in combinatie met enable-circuits gebruikt. Ze zullen zo nu en dan boven water komen wanneer we het over digitale elektronika hebben.

Je zult nu waarschijnlijk al wel verwachten dat we andere digitale circuits kunnen gebruiken om enable-functies uit te voeren. Kun je bedenken hoe? Vergeet niet aantekeningen te maken van je bevindingen, vooral als je erachter komt hoe je een OR-poort kunt gebruiken in een enable-circuit. (Je zult in het volgende project zien waarom dit zo belangrijk is.)



Bedravingsvolgorde:

13-49-42-45-131, 14-119, 71-50-31-44-114, 86-82-80-72-56-57-59-60-62-33-36-121-133, 34-55, 40-113-85, 41-116-79, 43-115-81, 51-132, 52-53-54, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



42. TTL "OR" ENABLE CIRCUIT

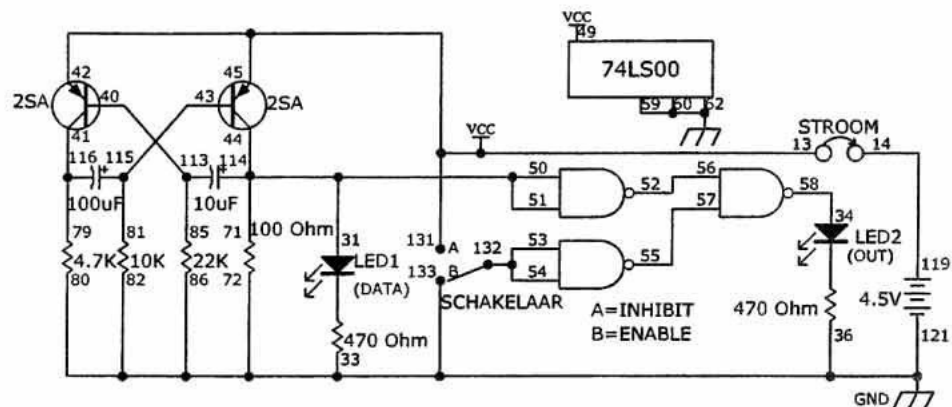
Ben je erachter hoe je met behulp van een OR-poort een enable-circuit kunt maken? Zo ja, dan heb je hier de gelegenheid om jouw ontwerp met ons OR enable-circuit te vergelijken.

Net zoals bij de vorige twee projecten, levert een multivibrator in dit circuit een input aan de OR-poort. Je kunt de output van de OR-poort zien wanneer je naar LED1 kijkt – deze knippert aan en uit in overeenstemming met de output van de multivibrator. Kun je aan de hand van het bedradingsschema zeggen wat er gebeurt zodra de input van de multivibrator aan de OR-poort wordt geleverd? Probeer erachter te komen voor je begint met het bouwen van dit circuit.

Voordat je dit circuit voltooit, zet de schakelaar in stand A in plaats van stand B zoals we bij de vorige twee projecten hebben gedaan. Als je klaar bent met de bedrading, sluit dan contactveertjes 13 en 14 aan om de stroom aan te schakelen. Wat doet LED1? En wat doet LED2? Zet de schakelaar nu in stand B. Wat gebeurt er nu met LED1 en LED2?

We vereenvoudigen het circuit door te stellen dat de data-stroom van LED1 naar LED2 wordt geblokkeerd door de schakelaar in stand A te zetten. (Dit wordt de inhibit toestand genoemd.) Maar wanneer de schakelaar in stand B staat, kan de data van LED1 naar LED2 stromen. Dit wordt de enable toestand genoemd.

Dit is het derde circuit in de familie van enable-circuits, dus we zullen niet laten zien hoe het werkt. Probeer de stroom in het bedradingsschema te volgen.



Bedradingsvolgorde:

13-49-42-45-131, 14-119, 71-50-51-31-44-114, 86-82-80-72-59-
60-62-33-36-121-133, 34-58, 40-113-85, 41-116-79, 43-115-81, 52-56,
53-54-132, 55-57, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



43. TTL "NAND" ENABLE CIRCUIT

NAND poorten kunnen als elektronische schildwachten fungeren. Als je niet wilt dat een signaal naar een bepaald deel van het circuit wordt gevoerd, kan een NAND-poort ervoor zorgen dat dat niet gebeurt.

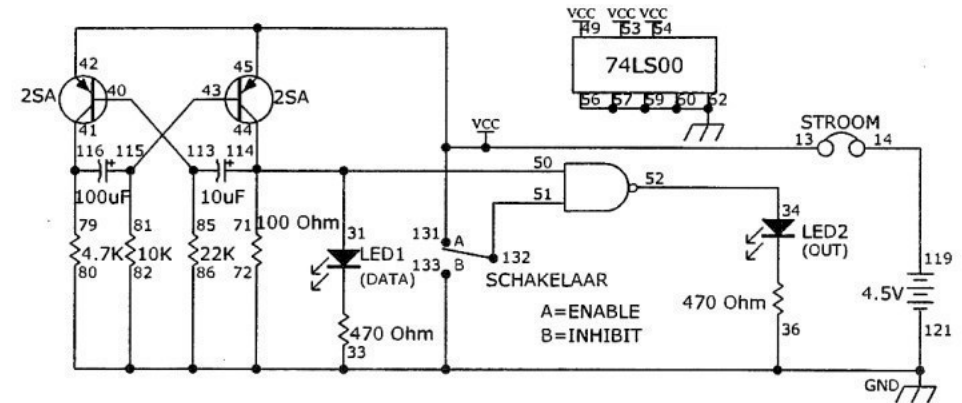
Dit project wordt een NAND enable-circuit genoemd omdat het toestaat dat signalen bepaalde paden kunnen volgen. De twee LED's laten je zien of het signaal dat ervoor zorgt dat LED1 gaat branden, wordt doorgelaten naar LED2 waardoor deze ook gaat branden.

Je herkende waarschijnlijk al meteen één circuit in het bedradingsschema – de multivibrator. Je kunt de output van de multivibrator zien door LED1 in de gaten te houden. Je zult ook zien dat de multivibrator één van de inputs voor de NAND-poort levert. Ga aan de hand van het bedradingsschema na wat er gebeurt wanneer de schakelaar in stand A wordt gezet. En wat gebeurt er wanneer de schakelaar in stand B wordt gezet? Kun je erachter komen wat LED1 en LED2 doen met de schakelaar in stand A en in stand B? Vergeet niet aantekeningen te maken en deze te vergelijken met wat je hier zult leren.

Zet de schakelaar in stand B voordat je de bedrading voltooit. Als je klaar bent met de bedrading, sluit dan contactveertjes 13 en 14 aan en kijk naar LED1 en LED2. Je zult LED1 zien knipperen, wat de output van de multivibrator aangeeft. Maar kijk nu naar LED2. Je zult zien dat deze constant aan is, wat aangeeft dat er iets is dat voorkomt dat het signaal bij LED1, LED2 bereikt. Zet nu de schakelaar in stand A en hou LED1 in de gaten. Wat gebeurt er? Gebeurt er hetzelfde met LED1 als met LED2?

Je kunt zien dat LED1 en LED2 om de beurt aan en uit gaan. Dit komt doordat we één van de twee inputs naar de NAND 1 maken wanneer de schakelaar in stand A wordt gezet. De multivibrator stuurt 0 en 1 signalen naar de andere NAND input. Wanneer de output van de multivibrator 1 is, gaat LED1 branden, maar doordat beide input-signalen naar de NAND 1 zijn, is de NAND output 0 en LED2 dooft. Wanneer de output van de multivibrator 0 is, gaat LED1 uit. Omdat hierdoor één van de inputs naar de NAND 0 wordt, verandert de NAND output in 1 waardoor LED2 gaat branden. Probeer erachter te komen wat er gebeurt wanneer de schakelaar in stand B wordt gezet – hoe komt het dat LED2 altijd brandt? Hint: met de schakelaar in stand B wordt een input van 0 geleverd.

Was je hier allemaal opgekomen voordat je het circuit had gebouwd? We hopen van wel.



Bedradingsvolgorde:

13-49-53-54-42-45-131, 14-119, 71-50-31-44-114, 86-82-80-72-56-57-59-60-62-33-36-121-133, 34-52, 40-113-85, 41-116-79, 43-115-81, 51-132, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



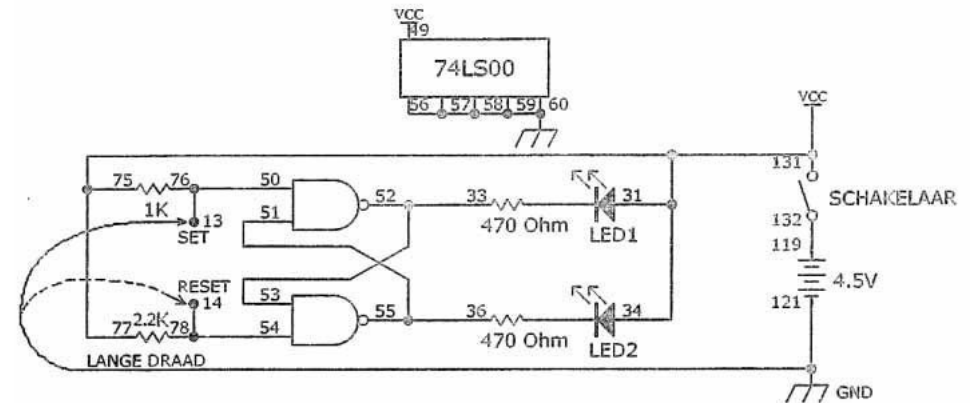
44. TTL "R-S FLIP-FLOP"

Zoals we eerder al zeiden, zijn flip-flop circuits circuits die tussen twee standen heen en weer schakelen. Ingenieurs maken vaak gebruik van flip-flop circuits om tussen high (1) en low (0) outputs heen en weer te schakelen. Wanneer de output high of aan is, zeggen we dat het circuit in de set-stand (S) staat. Wanneer het uit is, zeggen we dat het reset (R) is. Dit geeft aan waar de naam R-S flip-flop circuit vandaan komt.

Als je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. LED1 of LED2 gaat branden. Neem de lange draad die met contactveertje 56 is verbonden en raak daarmee om de beurt contactveertje 13 en 14 aan. Wat gebeurt er met LED1 en LED2?

Wanneer LED2 brandt, bevindt de R-S flip-flop zich in de set-stand. Wanneer LED1 brandt, is de R-S flip-flop reset. Verwijder de lange draad nadat je het circuit hebt geset of gereset en kijk wat er gebeurt.

Je kunt nu één van de belangrijkste kenmerken van de R-S flip-flop zien. Als het circuit eenmaal is geset of gereset, blijft het circuit in die stand totdat een input-sigitaal voor een verandering zorgt. Dit betekent dat de R-S flip-flop dingen kan onthouden. Geavanceerde computers maken gebruik van dergelijke circuits en kunnen dus ook dingen onthouden.



Bedradingsvolgorde:

77-75-49-31-34-131, 33-53-52, 36-55-51, 50-76-13 (SET), 54-78-14 (RESET),
121-62-60-59-57-56-LANGE DRAAD, 119-132.

AANTEKENINGEN

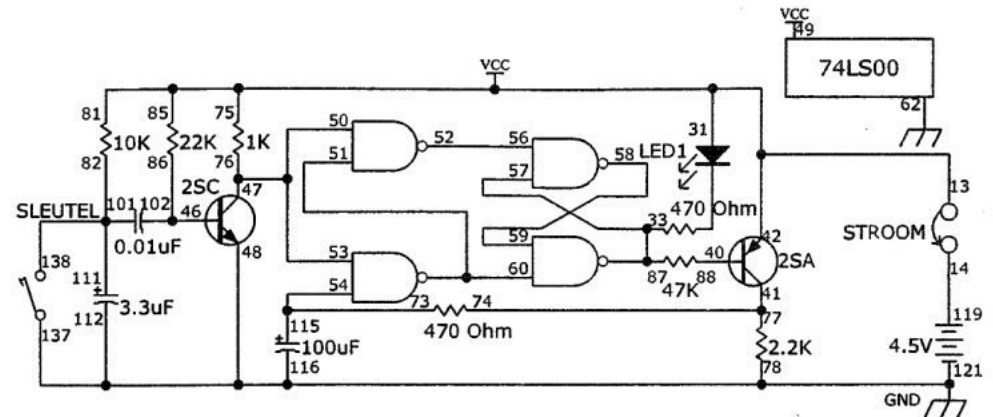


45. "TOGGLE FLIP-FLOP" CIRCUIT GEMAAKT MET "NAND" POORT

Als je denkt dat de NAND-poort een heel veelzijdig circuit is, dan heb je gelijk! Hier is een toggle flip-flop circuit dat met vier NAND-poorten is gemaakt.

Sluit contactveertjes 13 en 14 aan om de stroom aan te schakelen nadat je de bedrading van dit circuit hebt voltooid. Druk de sleutel verschillende keren langzaam in. Je zult zien dat LED1 aan of uit gaat elke keer wanneer de sleutel wordt ingedrukt. Laat je hersens nog eens kraken en probeer na te gaan wat er gebeurt vanaf de input bij de sleutel tot aan LED1. Twee van de vier NANDs functioneren als een R-S flip-flop. Kijk of je erachter kunt komen wat de overige NANDs doen.

Dit circuit is een inverter, omdat het inputs ontvangt en die vervolgens omkeert.



Bedradingsvolgorde:

13-75-85-81-49-31-42, 14-119, 33-57-61-87, 40-88, 41-74-77, 46-102-86,
47-53-50-76, 78-62-48-112-116-137-121, 51-55-60, 52-56, 73-54-115, 58-59,
82-101-111-138, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



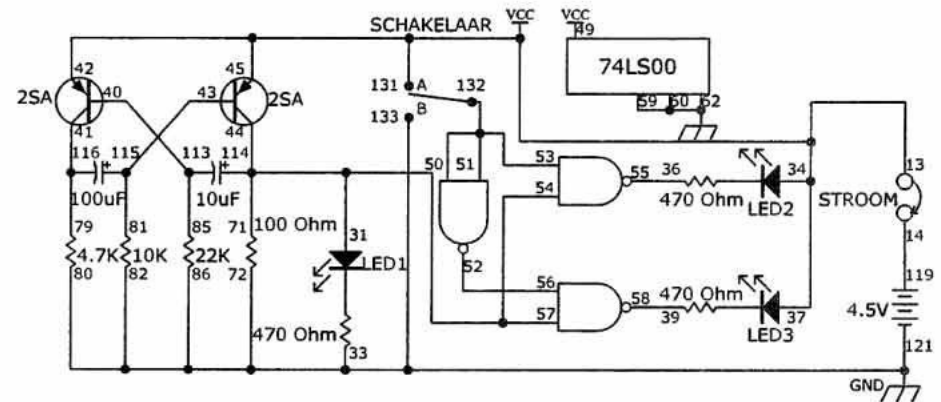
46. TTL LIJNSELECTOR

Het is niet moeilijk om situaties te bedenken waarin we input data naar twee of meer verschillende outputs zouden willen sturen. Dit project laat zien hoe we dit met behulp van een netwerk van NAND-poorten kunnen doen.

Je kunt zien dat we in dit circuit een multivibrator en drie NAND-poorten gebruiken. Tijdens het uitvoeren van de bedrading van dit circuit, kun je de schakelaar in stand A of B laten staan. Wanneer je contactveertjes 13 en 14 aansluit, zul je zien dat LED1 gaat knipperen. Wanneer de schakelaar in stand A staat, gaat LED2 ook knipperen. Wanneer de schakelaar in stand B staat, knippert LED3.

Zoals je in het bedradingsschema kunt zien, reguleert de schakelaar de inputs naar de twee NANDs die ervoor zorgen dat LED2 en LED3 gaan branden. Met de schakelaar in stand A, ontvangt de NAND die LED2 reguleert een constante 1 input. De output van de multivibrator levert de andere input. Wanneer de output van de multivibrator van 0 naar 1 schakelt, verandert de output van de NAND die LED2 reguleert van 1 naar 0.

Het tegenovergestelde gebeurt wanneer je de schakelaar in stand B zet. De NAND die LED3 reguleert, ontvangt nu een constante 1 input, zodat LED3 aan en uit kan gaan in overeenstemming met de input van de multivibrator.



Bedradingsvolgorde:

13-49-34-37-42-45-131, 14-119, 71-57-54-31-44-114, 86-82-80-72-59-60-62-33-121-133, 36-55, 39-58, 40-113-85, 41-116-79, 43-115-81, 50-51-53-132, 52-56, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



47. TTL DATASELECTOR

Onze vorige projecten laten zien hoe data naar twee of meer verschillende outputs zou kunnen worden gestuurd. Je kunt waarschijnlijk enkele situaties bedenken waarin we het tegenovergestelde zouden willen (of moeten) doen – het sturen van data van twee of meer verschillende bronnen naar één output. Het volgende circuit laat zien hoe je data op deze manier kunt zenden.

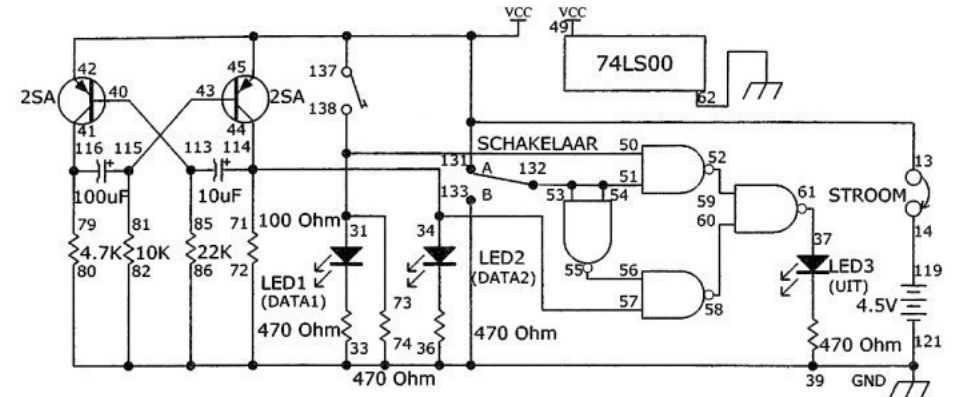
Als je het bedradingsschema van dit project bekijkt, zul je zien dat er twee verschillende input-bronnen zijn. Het multivibrator-circuit levert een input-sigitaal om LED2 te reguleren. Het andere signaal wordt geleverd door – kun je het raden?

Jijzelf! Jij levert het input-sigitaal door de sleutel in te drukken en weer los te laten. De beweging van de sleutel reguleert LED1.

Zet de schakelaar in stand A voordat je de bedrading van dit project voltooit. Wanneer je contacteertjes 13 en 14 aansluit om de stroom aan te schakelen, gaat LED2 knipperen. Hou zowel LED1 als LED3 in de gaten. Gebeurt er al iets? Druk nu de sleutel in en kijk wat er met LED1 en LED3 gebeurt. LED3 gaat op hetzelfde moment aan en uit als LED1. Zet nu de schakelaar in stand B. LED3 gaat nu aan en uit in overeenstemming met het knipperen van LED2. Je kunt één van de twee bronnen als input gebruiken om de output van LED3 te bepalen.

Laat je hersens weer kraken en probeer de inputs van de multivibrator naar de sleutel, de schakelaar en uiteindelijk de LED te volgen. Geef bij elk contacteertje van de NANDs een 1 of 0 aan om de verschillende high en low inputs te kunnen zien.

Computers en andere geavanceerde digitale circuits maken gebruik van nog complexere uitvoeringen van deze circuits. Zoals je waarschijnlijk al wel zult hebben verwacht, gebeurt het schakelen van het ene input-pad naar het andere in de meeste gevallen elektronisch.



Bedradingsvolgorde:

13-49-42-45-131-137, 14-119, 73-50-31-138, 86-82-74-72-80-62-33-36-39-121-133, 71-57-34-44-114, 37-61, 40-113-85, 41-116-79, 51-53-54-132, 43-115-81, 52-59, 55-56, 58-60, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



VI. DE WERELD VAN TRANSISTOR-TRANSISTOR LOGICA

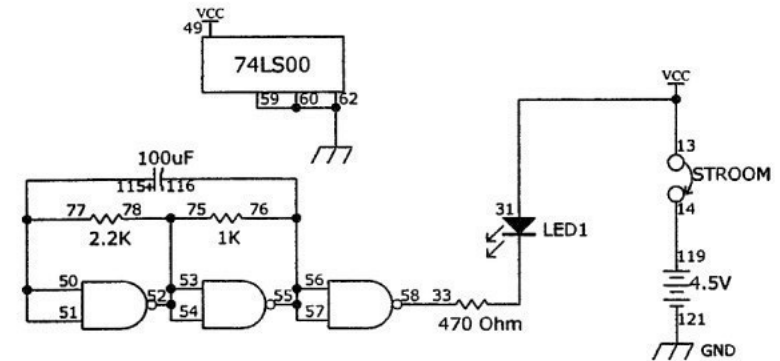
48. TTL ASTABIELE MULTIVIBRATOR

Zelfs multivibrator-circuits kunnen van NAND-poorten worden gemaakt. Dit project is een voorbeeld van een astabiele multivibrator – kun je raden wat astabiel betekent? Waag een poging en voer dit project uit om te zien of je gelijk had.

Sluit contactveertjes 13 en 14 aan om de stroom aan te schakelen. Je zult zien dat LED1 begint te knipperen. Astabiel betekent dat de output van de multivibrator tussen 0 en 1 heen en weer blijft schakelen. Zoals je je herinnert, doen de meeste multivibrators die je tot nu toe hebt gebouwd hetzelfde.

Het zou niet moeilijk moeten zijn erachter te komen hoe dit specifieke circuit werkt. De $100\mu\text{F}$ condensator maakt het allemaal mogelijk. Probeer andere elektrolytische condensatoren uit in plaats van de $100\mu\text{F}$ condensatoren en kijk wat voor effect deze op LED1 hebben. (Zorg ervoor dat je de juiste polariteit aanhoudt.)

Je kunt nu onderhand wel inzien waarom NAND-poort IC's zo handig zijn. De quad two-input NAND IC in je kit is één van de meest gebruikte elektronische onderdelen in de wereld. Het kan in vele verschillende circuits gebruikt worden. (Je kunt er zelf waarschijnlijk nog veel meer bedenken!)



Bedradingsvolgorde:

13-49-31, 14-119, 33-58, 50-51-77-115, 54-53-52-75-78, 55-56-57-76-116, 59-60-62-121, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN

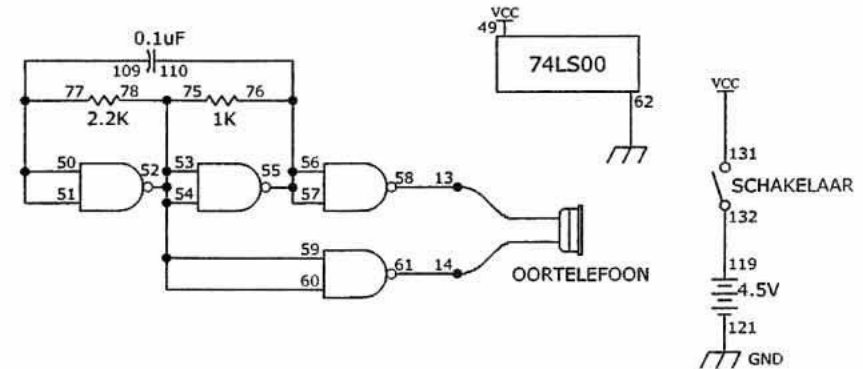


49. TTL TOONGENERATOR

We hebben al zó lang geluidstonen met audio-oscillatoren geproduceerd, dat het kan lijken alsof er geen andere manier is om tonen te produceren met elektronische circuits. Niets is minder waar – een multivibrator gemaakt van NAND-poorten krijgt dit makkelijk voor elkaar.

Wanneer je klaar bent met de bedrading van dit circuit, sluit dan de oortelefoon op contactveertjes 13 en 14 aan en zet de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Je zult een toon horen die door de multivibrator wordt geproduceerd. Probeer de waarde van de condensatoren van $0,1\mu\text{F}$ naar $0,5\mu\text{F}$ te veranderen. Wat voor effect heeft dit op het geluid dat je hoort?

Je kunt ook nog andere condensatoren in dit project gebruiken. Gebruik echter niet de elektrolytische condensatoren (contactveertjes 111-118). Probeer het circuit zodanig te rangschikken dat je condensatoren met verschillende waarden in en uit het circuit kunt schakelen om de geluidstoon te veranderen. Kun je manieren bedenken waarop je dit circuit in combinatie met andere digitale circuits kunt gebruiken?



Bedradingsvolgorde:

49-131, 50-51-77-109, 52-53-54-60-59-75-78, 55-57-56-76-110, 62-121, 119-132, 58-13-OORTELEFOON, 61-14-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN

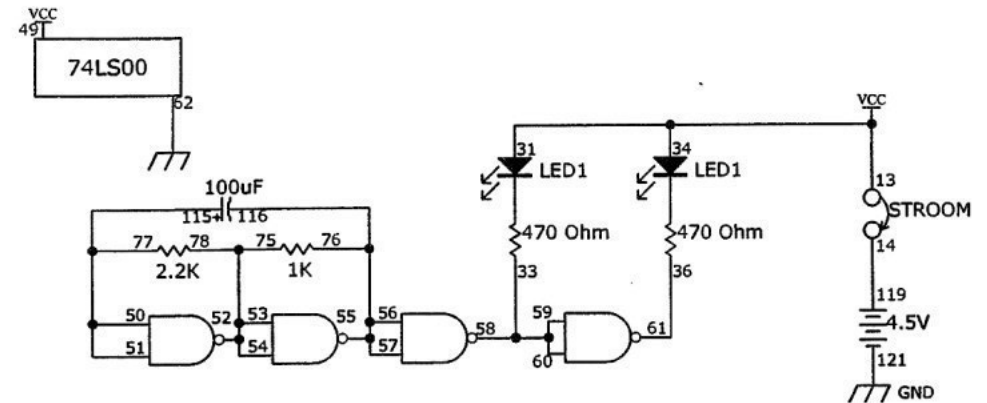


50. KNIPPERENDE LED'S

Maak de bedrading van dit circuit af en sluit contactveertjes 13 en 14 aan om de stroom aan te schakelen. Je zult zowel LED1 als LED2 om de beurt aan en uit zien gaan. Je kunt de snelheid waarmee ze knipperen veranderen door de 100 μ F condensator te vervangen door condensatoren met andere waarden.

TTL multivibrators worden vandaag de dag hoe langer hoe meer gebruikt in plaats van transistor multivibrators. Kun je enkele redenen bedenken waarom dat zo is? Noteer redenen waarom volgens jou TTL multivibrators beter zouden werken dan normale transistor multivibrators.

TTL multivibrators nemen minder plaats in beslag dan transistor multivibrators. TTL IC's gebruiken ook minder stroom dan vergelijkbare transistoropstellingen.



Bedradingsvolgorde:

13-49-31-34, 14-119, 33-60-59-58, 36-61, 50-51-77-115, 52-53-54-78-75, 55-57-56-76-116, 62-121, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



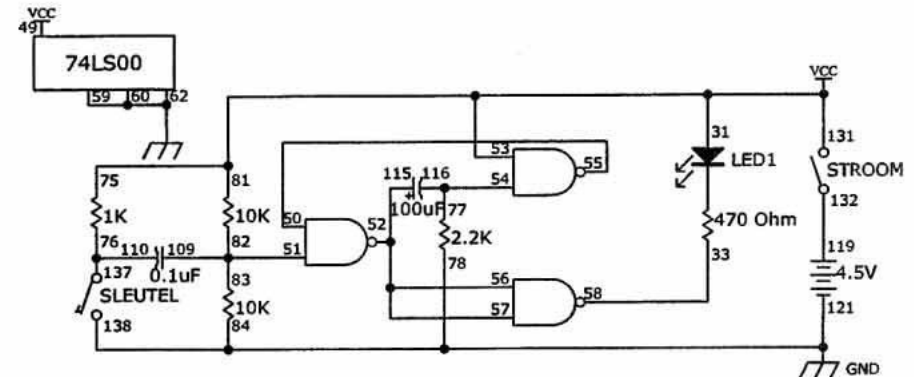
51. EEN ONE-SHOT TTL

Zegt de term one-shot je iets? (Nee, het is niet de bijnaam van een cowboy of een geweer met slechts één kogel!)

Als je klaar bent met de bedrading van dit circuit, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Druk de sleutel eenmaal in en kijk wat er met LED1 gebeurt. Probeer de sleutel verschillende tijden ingedrukt te houden. Blijft LED1 even lang aan of verschilt de tijd?

Je ziet dat een one-shot multivibrator voor een bepaalde tijd een output heeft, ongeacht de lengte van de input. (er wordt "één schot afgevuurd".) Dit betekent dat deze multivibrator in veel circuits als timer kan worden gebruikt. Je kunt ook de term monostabiele multivibrator tegenkomen als naam voor dit circuit.

Aangezien dit een multivibrator is, zou je kunnen denken dat er een manier is waarop je de tijd kunt veranderen tijdens welke er een output wordt geproduceerd. Je hebt gelijk – er is een manier – en we zullen je zelf uit laten zoeken wat die manier is. (Als het goed is, zal het je niet veel moeite kosten om erachter te komen welke onderdelen je nodig hebt om deze verandering aan te brengen. Vergeet niet aantekeningen te maken over het effect van onderdelen met hogere en lagere waarden op de werking van het circuit.)



Bedradingsvolgorde:

81-75-49-53-31-131, 33-58, 50-55, 51-82-83-109, 52-56-57-115, 54-77-116, 59-60-62-78-84-138-121, 76-110-137, 119-132.

AANTEKENINGEN



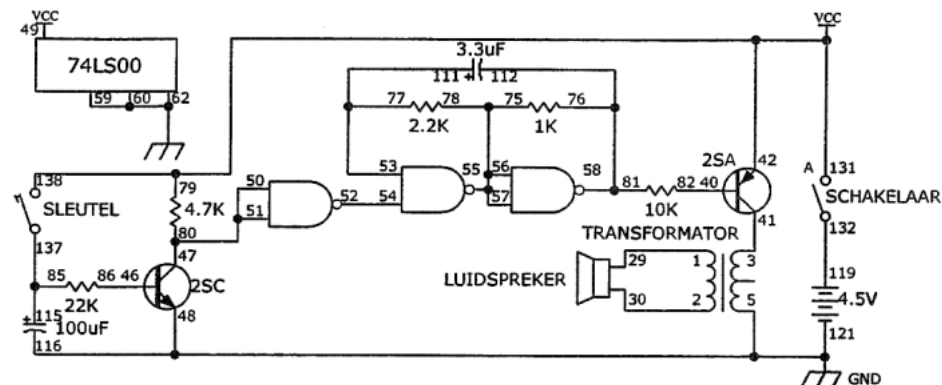
52. TRANSISTOR TIMER MET TTL

Hier is een ander soort one-shot circuit, maar in dit project hoor je het effect van de multivibrator. Je kunt aan het bedradingsschema zien dat dit project gebruik maakt van een combinatie van eenvoudige onderdelen en digitale elektronika. Wanneer je de sleutel indrukt, wordt de 100 μ F condensator geladen wat ervoor zorgt dat de NPN transistor in de linkerhoek van het bedradingsschema gaat werken. Je kunt zien dat de collector van deze transistor fungeert als beide inputs voor de eerste NAND-poort.

Het digitale deel van dit circuit reguleert de werking van de PNP transistor aan de rechterkant van het bedradingsschema. Zet de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Wanneer de output van de eerste NAND 1 is, zal de multivibrator werken en hoor je een geluid uit de luidspreker komen.

Het geluid zal aanhouden totdat de 100 μ F condensator ontlaaft waardoor de eerste transistor niet meer kan werken. De output van de eerste NAND wordt 0, waardoor de multivibrator stopt. Met de 22K ohm weerstand houdt het geluid ongeveer 10 seconden aan. Probeer de 22K ohm weerstand te vervangen door de 47K of de 100K ohm weerstand en kijk wat er gebeurt.

Nadat je een beetje met dit project hebt geëxperimenteerd, probeer het volgende: druk de sleutel in en laat weer los. Wanneer het geluid stopt, zoek dan de draad tussen contactveertjes 52 en 54. Verwijder deze draad van veertje 52. Gebeurt er iets? Als er iets gebeurt, kun je dan uitleggen waarom?



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-41, 5-59-60-62-48-116-121, 40-82, 79-49-42-131-138, 46-86, 47-50-51-80, 52-54, 53-77-111, 55-57-56-75-78, 58-76-81-112, 85-115-137, 119-132.

AANTEKENINGEN



53. ZOEMENDE LED

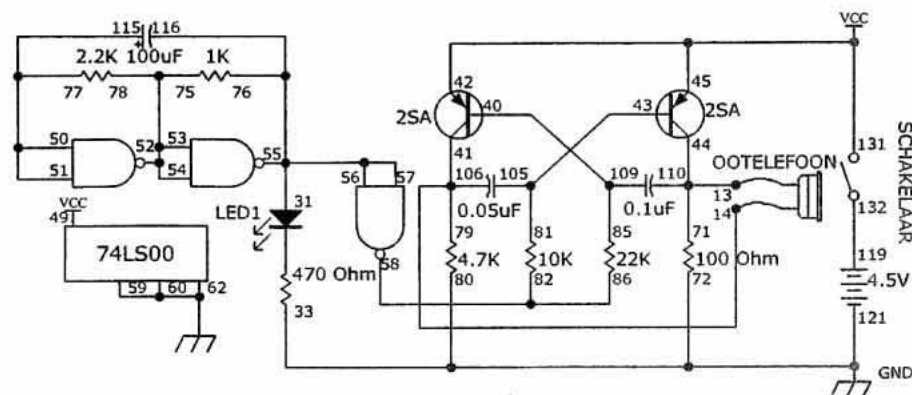
Hier is een ander circuit dat zowel transistor als NAND multivibrators gebruikt. Het laat je de LED1 op hetzelfde moment zien oplichten als dat er een geluid uit de oortelefoon komt.

Wanneer je klaar bent met de bedrading van dit project, verbind dan de oortelefoon met contactveertjes 13 en 14 en zet de schakelaar in stand A. Elke keer wanneer de LED oplicht, zul je een puls in de oortelefoon horen. Weet je waarom dit gebeurt?

Ga ervan uit dat de output van de NAND multivibrator 0 is, en volg die output van de NAND multivibrator naar de transistor multivibrator. Denk je dat de werking van de transistor multivibrator wordt beïnvloed door de NAND multivibrator? Als je antwoord ja is, hoe wordt de werking dan beïnvloed?

Probeer andere elektrolytische condensatoren in plaats van de 100 μ F condensator in de NAND multivibrator te gebruiken om te zien wat voor effect dit heeft op het circuit. Probeer de transistor multivibrator te veranderen en kijk hoe je de werking ervan kunt veranderen.

Je kunt in dit project de luidspreker in plaats van de oortelefoon gebruiken, door de NPN transistor, de output transformator en misschien één of twee weerstand(en) aan te sluiten. Probeer de luidspreker toe te voegen – maar vergeet niet het nieuwe circuit dat je ontwerpt te noteren.



Bedradingsvolgorde:

31-55-56-57-76-116, 33-59-60-62-72-80-121, 40-109-85, 131-45-42-49,
43-105-81, 50-51-77-115, 52-53-54-75-78, 58-82-86, 119-132,
110-44-71-13-OORTELEFOON, 106-41-79-14-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN



54. ZOON VAN DE ZOEMENDE LED

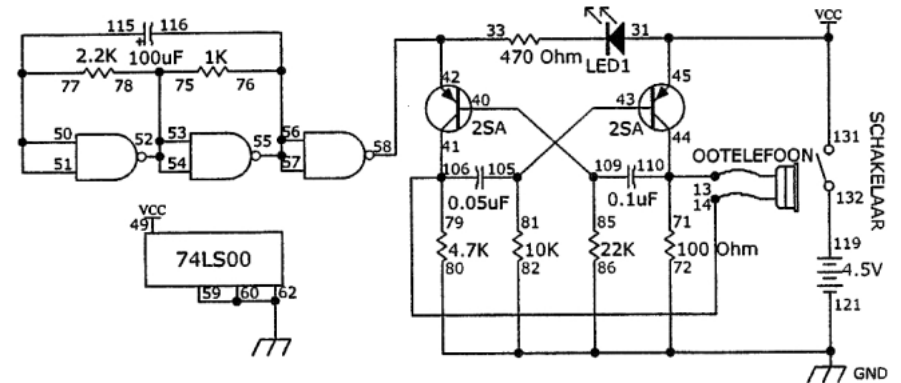
Vergelijk het bedradingsschema van dit projekt nauwkeurig met dat van het vorige projekt. Ze lijken in vele opzichten op elkaar, maar er is een belangrijk verschil.

Zie je wat het verschil is? Of nog beter, kun je zeggen wat voor effect dit verschil op de werking van het projekt heeft? Probeer erachter te komen voordat je aan de bedrading van dit circuit begint.

Verbind de oortelefoon met contactveertjes 13 en 14 en zet de schakelaar in stand A. Als het goed is, gaat LED1 branden, maar hoor je geen geluid in de oortelefoon. Pas wanneer LED1 uit gaat, hoor je een geluid uit de oortelefoon komen.

Probeer erachter te komen waarom dit gebeurt. Bestudeer het bedradingsschema, en als je denkt dat je het antwoord hebt, lees dan verder om te kijken of je gelijk had.

Wanneer de output van de NAND multivibrator 0 is, kan er elektriciteit door LED1 stromen waardoor deze gaat branden, maar de transistor multivibrator zal niet werken omdat een 1-sigitaal aan de emitter van de linker transistor wordt geleverd. Wanneer de output van de NAND multivibrator 1 is, zal LED1 niet gaan branden, maar wordt er een 0-sigitaal aan de emitter van de linker transistor geleverd. De transistor multivibrator kan nu werken en je kunt het geluid in je oortelefoon horen.



Bedradingsvolgorde:

131-45-31-49, 116-76-56-57-55, 40-109-85, 42-58-33, 43-105-81,
50-51-77-115, 52-53-54-75-78, 72-59-60-62-80-82-86-121, 119-132,
44-110-71-13-OORTELEFOON, 41-106-79-14-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN

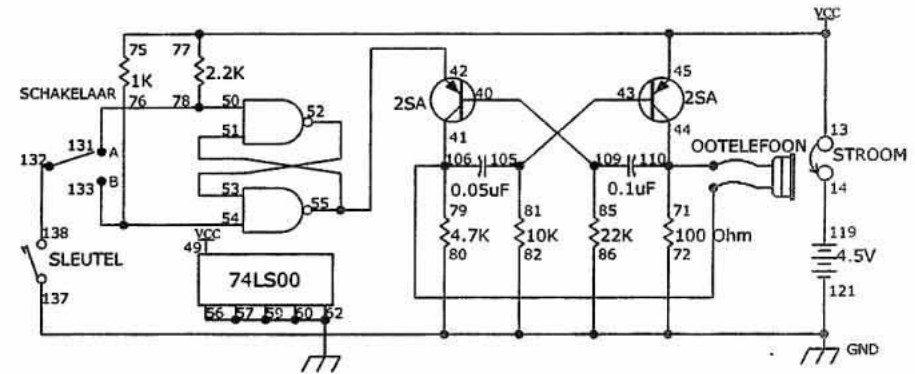


55. SET/RESET ZOEMER 1

Komt het bedradingschema van dit project je niet bekend voor? Dit circuit gebruikt een R-S flip-flop circuit dat uit NAND-poorten bestaat, net zoals het circuit in project 44 ("TTL R-S Flip-Flop").

Als je klaar bent met de bedrading van dit project, zet dan de schakelaar in stand A en druk de sleutel in. Als het goed is, hoor je via de oortelefoon een geluid. Probeer de sleutel verschillende keren in te drukken. Dit zou niet van invloed mogen zijn op het geluid in je oortelefoon. Zet nu de schakelaar in stand B en druk de sleutel nogmaals in. Wat gebeurt er nu?

Circuits zoals deze kunnen in alarmen worden gebruikt. Ze zijn heel handig omdat inbrekers er vaak niet achter kunnen komen hoe ze het geluid kunnen stoppen. Je kunt ook experimenteren door licht van LED's in plaats van geluid te gebruiken om aan te geven dat het circuit is geset of gereset.



Bedradingsvolgorde:

13-77-75-49-45, 14-119, 40-109-85, 41-106-79, 42-55-51, 43-105-81, 50-78-131, 52-53, 54-76-133, 132-138, 44-110-71-OORTELEFOON, 121-137-62-60-59-57-56-80-82-86-72-OORTELEFOON, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN

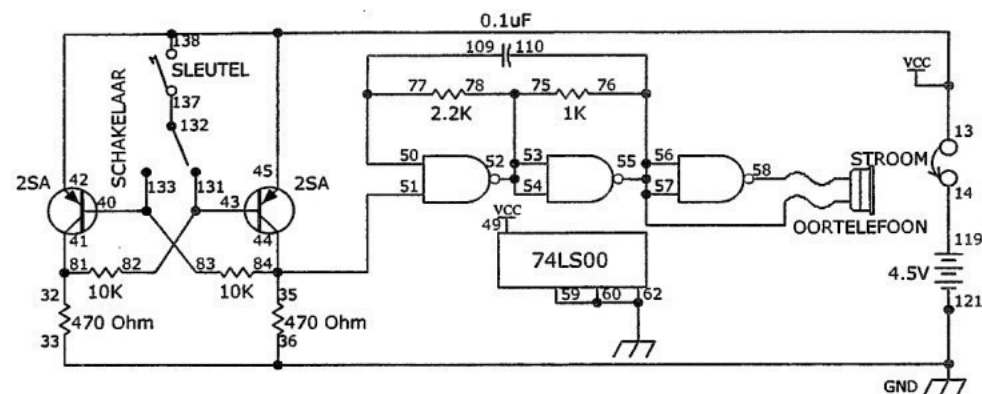


56. SET/RESET ZOEMER 2

Hier is nog een andere uitvoering van het vorige projekt. Dit keer maken we gebruik van een NAND multivibrator en een R-S flip-flop die uit transistoren bestaat.

Dit circuit werkt net zoals het vorige. Wanneer je de schakelaar in stand B zet en de sleutel indrukt, hoor je een geluid in de oortelefoon. Je kunt het geluid steeds horen, ongeacht het aantal keren dat je de sleutel indrukt. Zet de schakelaar in stand A en druk de sleutel in; het geluid zal nu ophouden.

Vergelijk de werking van dit projekt met het vorige. Wat maakt deze circuits verschillend? Kun je enkele situaties bedenken waarin het ene circuit beter van pas zou kunnen komen dan het andere? Vergeet niet om aantekeningen te maken van de dingen die je hier leert.



Bedradingsvolgorde:

13-49-42-45-138, 14-119, 81-32-41, 33-59-60-62-36-121, 44-35-51-84,
40-133-83, 82-43-131, 50-77-109, 54-53-52-75-78, 132-137,
110-76-57-56-55-OORTELEFOON, 58-OORTELEFOON, 13-14 (STROOM).

AANTEKENINGEN



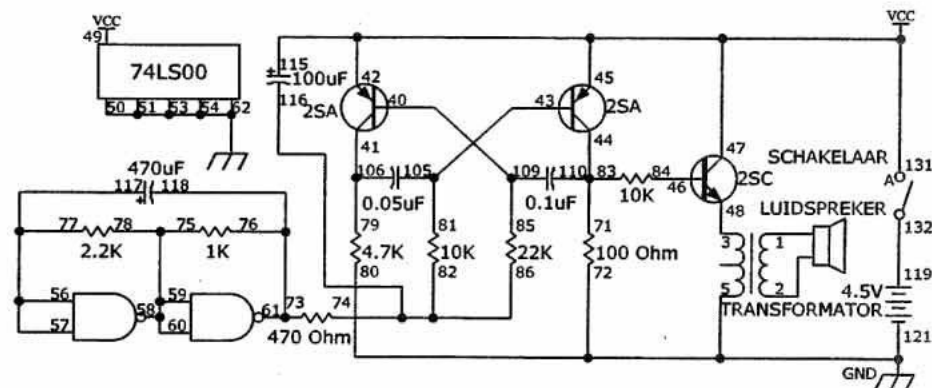
57. GELUIDSMACHINE

Dit digitale geluidsproject maakt gebruik van een circuit dat we in enkele eerdere projecten hebben gebruikt. Probeer uit te vinden over welk circuit we het hebben door het bedradingsschema te bekijken.

Waarom luister je niet naar het geluid dat dit project maakt terwijl je naar dat circuit zoekt? Aangezien er nogal wat verbindingen moeten worden gemaakt om de bedrading te voltooien, moet je de tijd nemen en je werk controleren. Wanneer je klaar bent, zet dan de schakelaar in stand A. Wat hoor je? Kun je aan de hand van het bedradingsschema uitleggen hoe dit geluid wordt gemaakt?

De twee PNP transistoren worden gebruikt om een multivibrator circuit te maken. (Herkende je dit bekende circuit?) Merk op dat we ook twee NAND-poorten gebruiken om een multivibrator te maken. De NAND-poort multivibrator beïnvloedt de werking van de transistor multivibrator, die zijn output via de NPN transistor naar de geluidsversterker stuurt. Het resultaat is het geluid dat je uit de luidspreker hoort komen.

Je kunt het geluid dat dit circuit maakt veranderen door de 470 μ F condensator door een condensator met een andere waarde te vervangen. Probeer verschillende waarden in plaats van de 10K weerstand en de 0,05 μ F condensator en kijk wat er gebeurt.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-48, 5-50-51-53-54-72-80-62-121, 40-109-85, 41-106-79, 42-45-47-131-115-49, 43-105-81, 44-110-83-71, 46-84, 57-56-77-117, 58-59-60-75-78, 61-73-76-118, 74-82-86-116, 119-132.

AANTEKENINGEN



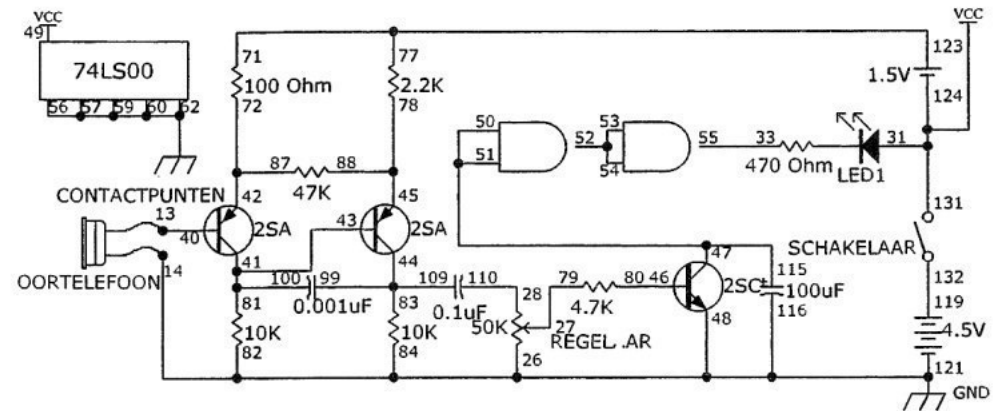
58. GROTE MOND

Ken je iemand met een grote mond? (Of, ben je er wel eens van beschuldigd een grote mond te hebben?) Dit project laat jou en je vrienden zien wie de luidste stem heeft.

Je kunt zien hoe dit project werkt door het bedradingsschema te bekijken. Wanneer je in de oortelefoon schreeuwt, creëert je stem elektrische energie door middel van een piezo-elektrisch proces, het speciale kenmerk van kristallen. Het kristal in de oortelefoon van je kit produceert een voltage wanneer deze wordt blootgesteld aan mechanische stress – zoals de geluidsdruk van je stem.

De elektrische energie van de oortelefoon wordt versterkt door het circuit met de twee transistoren. Je kunt de regelaar gebruiken om de hoeveelheid van het signaal van de oortelefoon dat wordt versterkt te veranderen. De twee NAND-poorten die in serie zijn geschakeld, reguleren LED1. Loop de nullen (0) en enen (1) na van input naar output.

Zet de schakelaar in stand A en de regelaar op 5 om dit circuit te gebruiken. Schreeuw in de oortelefoon en kijk naar LED1. Deze zal waarschijnlijk gaan branden. Als dat het geval is, draai dan de regelaar tegen de klok in om het moeilijker voor LED1 te maken om te gaan branden. (Verstel de regelaar elke keer maar een heel klein beetje.) Kijk in hoeverre je de regelaar in een lagere stand kunt zetten om de versterker in sterkte te laten afnemen terwijl de LED blijft branden.



Bedradingsvolgorde:

27-79, 28-110, 124-131-31-49, 33-55, 41-43-100-81, 42-72, 44-109-99-83,
45-88-78, 46-80, 47-115-51-50, 52-53-54, 77-71-123, 119-132,
40-87-13-OORTELEFOON, 121-26-48-116-62-60-59-57-56-84-82-14-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN



59. SCHOT IN HET DONKER

Denk je dat je goed in het donker ziet? Dit laatste project van dit deel is een spel waarmee je kunt uitvinden hoe goed je in het donker kunt zien. Het test je aanleg – in een pikdonkere kamer!

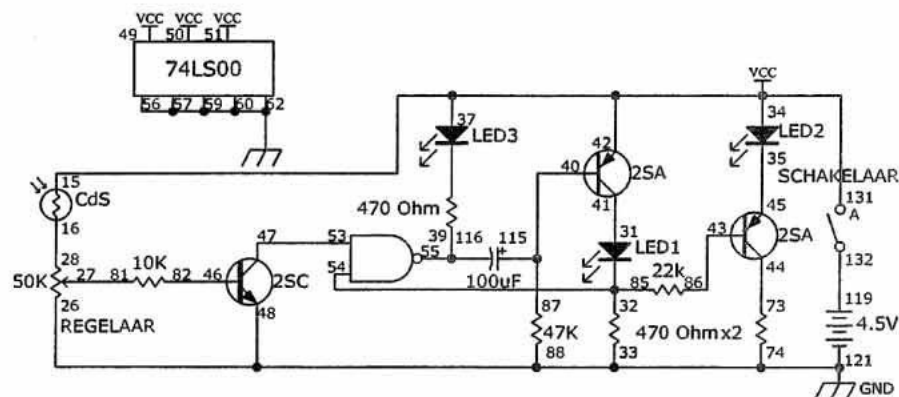
Als je klaar bent met de bedrading van dit project, plaats het dan in een zo donker mogelijke kamer. Zet de schakelaar in stand A en verstel de regelaar door deze tegen de klok in te draaien totdat LED1 en LED3 gaan branden. Nu ben je klaar om je vaardigheid te testen.

Je "geweer" voor dit spel is een doodgewone zaklantaarn. Je gebruikt je zaklantaarn om met een straal licht op de kit te "schieten". Als je goed mikt, zul je de CdS cel raken waardoor LED2 gaat branden en LED1 en LED3 uit gaan. Doe je zaklantaarn vervolgens uit en wacht totdat LED2 uit gaat voordat je nog een schietpoging waagt.

Probeer de CdS cel eerst vanaf zo'n 1,5 meter te raken. Vergroot de afstand naarmate je beter gaat mikken. Als je heel goed bent, kun je proberen de CdS cel te raken door je zaklantaarn alleen maar kort aan en uit te doen in plaats van een constante straal licht te gebruiken.

Het kan zijn dat je de regelaar heel voorzichtig moet verstellen om LED2 aan te kunnen laten gaan wanneer het licht de CdS cel raakt. Voor het beste resultaat moet je de kit in een totaal donkere kamer zetten en een zaklantaarn gebruiken die een geconcentreerde lichtbundel geeft (niet een fluorescerende lamp of ander licht). Wanneer je de beste instelling hebt gevonden, hou deze instelling dan aan zodat je het meerdere malen kunt gebruiken. Verander niets, tenzij je met het "schot in het donker" spel wilt stoppen.

Veel geluk en dat je de "snelste zaklantaarn in het Westen" mag worden!



Bedradingsvolgorde:

15-34-49-50-51-37-42-131, 16-28, 48-121-26-88-74-62-60-59-57-56-33, 27-81, 31-41, 32-54-85, 35-45, 73-44, 39-55-116, 40-115-87, 43-86, 46-82, 47-53, 119-132.

AANTEKENINGEN



VII. TOEPASSINGEN VAN CIRCUITS GEBASEERD OP DE OSCILLATOR

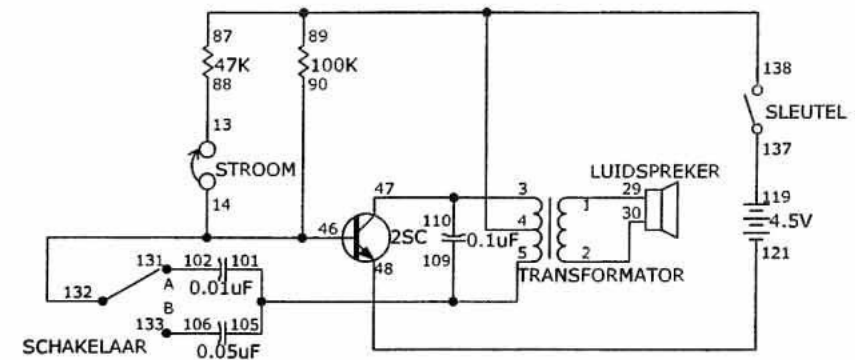
60. VARIABLE R-C OSCILLATOR

De "R-C" in de titel van dit project staat voor resistance-capacitance (weerstand-capaciteit). We hebben gezien hoe het veranderen van weerstand en capaciteit de pulserende werking van een oscillator kan beïnvloeden. Dit project laat ons het effect zien wanneer we de sterkte van zowel de weerstanden als de condensatoren veranderen.

Bekijk het bedradingsschema. Je kunt zien dat je met de schakelaar tussen twee verschillende condensatoren kunt kiezen. Je kunt ook een tweede weerstand aan het circuit toevoegen door contactveertjes 13 en 14 aan te sluiten.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand B. Laat contactveertjes 13 en 14 voor wat ze zijn en druk de sleutel in. Wat voor geluid hoor je uit de luidspreker komen? Zet de schakelaar nu in stand A en druk de sleutel nogmaals in. Klinkt het geluid nu anders? Verbind nu contactveertjes 13 en 14 en druk de sleutel in. Nu deze twee veertjes aangesloten zijn, probeer beide standen van de schakelaar uit en kijk wat er gebeurt.

Met welke combinatie heb je de hoogste toon? En met welke de laagste? Wat zegt dit je over hoe condensatoren en weerstanden elkaar beïnvloeden? Maak nauwkeurige aantekeningen over het effect van verschillende waarden van condensatoren en weerstanden.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-47-110, 4-87-89-138, 5-101-105-109, 13-88, 14-90-46-132, 48-121, 102-131, 106-133, 119-137.

AANTEKENINGEN



61. OSCILLATOR MET UITSCHAKELVERTRAGING

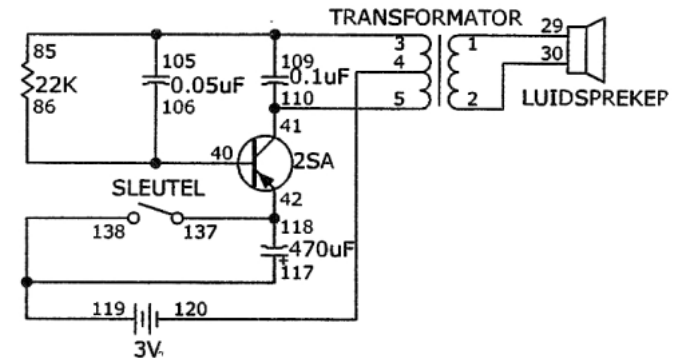
We hebben gezien hoe de lading/ontladings-cyclus van een condensator kan worden gebruikt om bepaalde werkingen van het circuit te vertragen. Laten we nu de werking van de oscillator in dit projekt vertragen met een $470\mu\text{F}$ condensator.

Wanneer je de sleutel indrukt, ontladst de condensator zich. Wanneer je de sleutel loslaat, begint de condensator met opladen. Het circuit gaat net zolang door met oscilleren totdat de condensator is geladen, waarna de elektriciteit stopt met stromen. Wanneer je de sleutel voor de tweede keer indrukt, wordt de condensator meteen ontladen.

Een ontladen condensator heeft een gelijke hoeveelheid elektronen aan zijn positieve (+) als aan zijn negatieve (-) elektrode. Er wordt een lading in een condensator opgeslagen door elektronen van de positieve elektrode aan te trekken (en deze positief te maken) en een gelijk aantal elektronen aan de negatieve elektrode toe te voegen (en deze negatief te maken). De stroom die vloeit om de condensator op te laden, wordt laadstroom of verschuivingsstroom genoemd. Wanneer de condensator zich ontladst, moet er eenzelfde hoeveelheid stroom in tegenovergestelde richting vloeien. Deze stroom wordt ontlaadstroom of verschuivingsstroom genoemd.

Als je een VOM hebt, gebruik dan de voltmeter-functie hiervan om de lading op de condensator te meten. De verschuivingsstroom kan met behulp van de stroomfunctie worden gemeten.

Alleen de condensator heeft deze unieke opslag-werking. We kunnen condensatoren gebruiken om vele functies uit te voeren die van deze eigenschap gebruik maken. In circuits met hele hoge voltages heeft deze opslag-werking echter tot gevolg dat de condensator een gevaar vormt daar het tot een elektrische schok of elektrocutie kan leiden. Speel op veilig! Ontlaadt condensatoren voordat je ze aanraakt als ze voltages hoger dan 50V gebruiken.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-85-105-109, 4-120, 5-41-110, 40-106-86, 42-118-137, 117-138-119.

AANTEKENINGEN



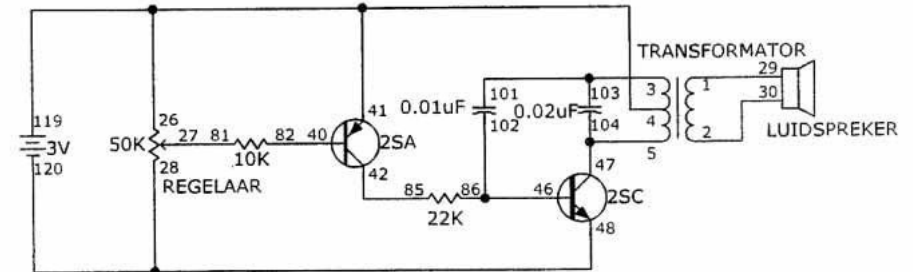
62. TEMPERATUUR-GEVOELIGE AUDIO OSCILLATOR

Wist je dat de eigenschap van een transistor verandert aan de hand van de temperatuur? Dit project zal je laten zien hoe temperatuur de werking van de transistor beïnvloedt.

Bekijk het bedradingsschema. De NPN transistor gedraagt zich als een puls-oscillator. Het voltage aan zijn basis wordt door de 22K ohm weerstand en de PNP transistor gereguleerd. De basis- en collectorstroom van de PNP transistor varieert in overeenkomst met de temperatuur van de transistor.

Voer dit project uit en luister naar het geluid dat uit de luidspreker komt. Stem de 50K regelaar zo af dat het geluid laag is of uit een serie pulsen bestaat.

Verwarm nu de PNP transistor door deze tussen je vingers te houden. Je hoort de toon nu hoger worden terwijl de temperatuur van de transistor toeneemt.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-101-103, 4-26-41-119, 5-47-104, 27-81, 120-28-48, 40-82, 42-85, 46-102-86 (STROOM).

AANTEKENINGEN



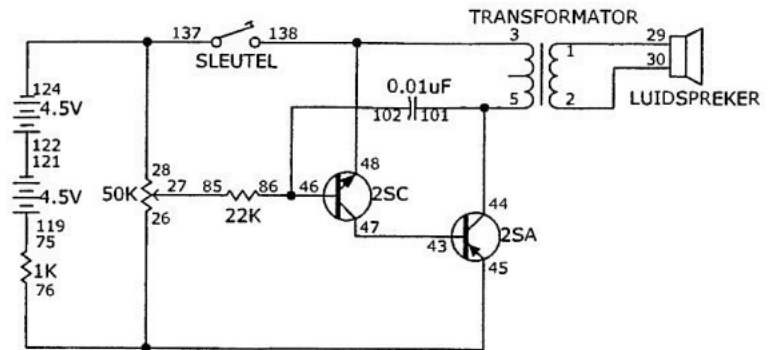
63. OSCILLATOR MET TWEE DIRECT VERBONDEN TRANSISTOREN

Nu zullen we een oscillator bouwen met behulp van twee transistoren die direct met elkaar zijn verbonden. Zoals je hebt gezien, zijn er vele manieren om een oscillator te maken. Deze manier is eenvoudig vergeleken met sommige andere manieren.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, druk dan de sleutel in. Je hoort een piepend geluid uit de luidspreker komen. Draai nu aan de regelaar. Hoe wordt het geluid hierdoor beïnvloed?

De twee transistoren werken samen en gedragen zich als één transistor. De NPN transistor versterkt het signaal van de 22K ohm weerstand en stuurt het naar de PNP transistor om zo een grotere output te krijgen.

De condensator bepaalt de oscilleerfrequentie. Het projekt begint met de 0,01 μ F condensator in het circuit, maar je kunt met condensatoren van verschillende waarden experimenteren. De regelaar regelt het voltage dat naar de basis van de NPN transistor gaat. Het verandert zowel de toonhoogte als de frequentie. Vergeet niet je resultaten te noteren, net zoals een professionele wetenschapper, zodat je het experiment later kunt herhalen. Zorg ervoor dat je de polariteit (+ en -) van de elektrolytische condensatoren in de gaten houdt.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-48-138, 5-101-44, 26-45-76, 27-85, 28-124-137, 46-102-86, 47-43, 75-119, 121-122.

AANTEKENINGEN



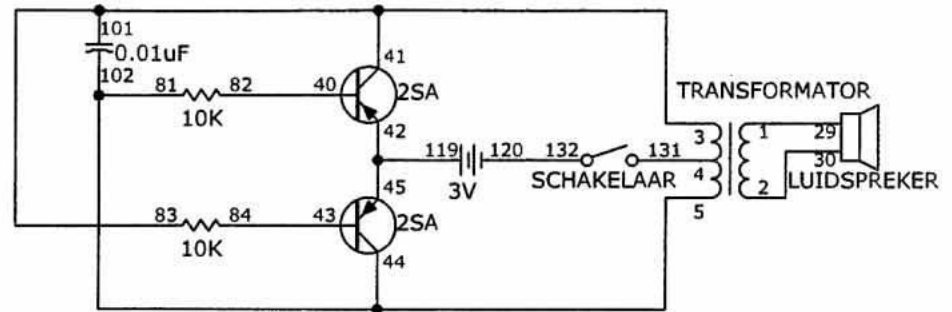
64. PUSH/PULL BLOKGOLFOSCILLATOR

In dit projekt maken we een push/pull (duw/trek) blokgolfoscillator. Deze oscillator wordt een push/pull oscillator genoemd omdat het gebruik maakt van twee transistoren die met elkaar zijn verbonden. Deze werken om de beurt, zodat de ene transistor "duwt" terwijl de andere "trekt". Wetenschappers bestuderen golfpatronen om elektronische signalen – zoals het signaal dat door de stroom in dit project wordt geproduceerd – beter te kunnen begrijpen. Een blokgolfoscillator produceert golven die op blokken lijken.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Noteer wat voor geluid er uit de luidspreker komt, want we zullen blokgolfsignalen in latere projecten gebruiken.

Dit oscillator-circuit werkt goed met voedingen met een laag DC voltage. Daarom gebruiken wetenschappers en technici DC-AC converters en DC-DC inverters die voltages van ongeveer 0,5 tot 12 volts leveren.

Deze oscillator heeft als andere eigenschap dat het maximaal gebruik maakt van de transformator. Het circuit produceert de maximale hoeveelheid stroom voor de grootte van de transformator die wordt gebruikt.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-83-101-41, 4-131, 5-81-102-44, 40-82, 45-42-119, 43-84, 120-132.

AANTEKENINGEN

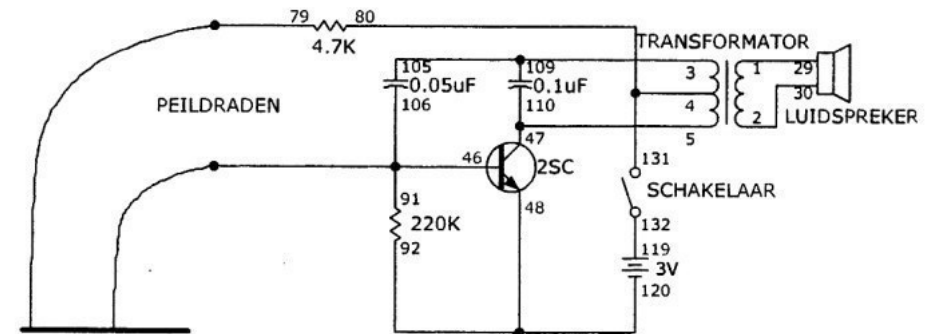


65. POTLOOD-ORGEL

Dit project is een oscillator die op ongewoonlijke wijze wordt gereguleerd: met een potloodstreep! In andere oscillator-projecten heb je gezien hoe het geproduceerde geluid kan worden veranderd door de weerstand van het circuit te veranderen. De weerstanden, zoals die in je kit, zijn van een soort koolstof gemaakt, net zoals potlood. Door de elektriciteit door verschillende hoeveelheden potlood te laten stromen, kunnen we de weerstand variëren en zo ook de geluidstoon die uit de luidspreker komt.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan met een potlood een hele dikke streep op een vel papier (een zacht potlood werkt het best). De streep moet ongeveer 2,5 cm breed en 13 tot 15 cm lang zijn.

Zet nu de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen en hou één van de peildraden tegen een uiteinde van de streep (of plak vast met plakband). Beweeg de andere peildraad heen en weer over de streep. Je hoort de toonhoogte omhoog en omlaag gaan terwijl je de peildraad beweegt. Met een beetje oefening zou je zelfs een melodie met dit orgel moeten kunnen spelen.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-105-109, 4-80-131, 5-47-110, 92-48-120, 119-132, 46-106-91-PEILDRAAD, 79-PEILDRAAD.

AANTEKENINGEN

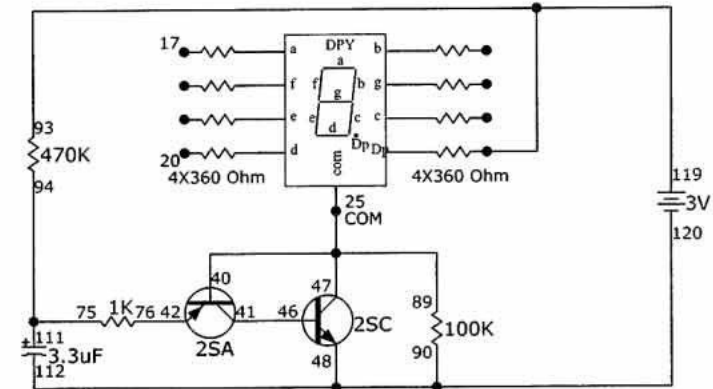


66. LED STROBOSCOOPLAMP (KNIPPERLICHT)

Dit circuit is een oscillator met een lage frequentie. Je kunt de LED dus aan en uit zien gaan. De tijd dat de LED uit is, is langer dan dat hij aan is, zodat je korte lichtpulsen met lange tussenpozen ziet. De bedradingsvolgorde hieronder zal ervoor zorgen dat de decimale punt gaat branden, maar je kunt elk deel van de LED display laten branden.

Dit soort circuits worden zaagtandgolfoscillatoren genoemd. Het signaal verandert wanneer de LED aan en uit gaat. De golven die ontstaan bij de frequentie van dit signaal laten een zaagtand patroon zien dat de twee verschillende voltages vertegenwoordigt. Wanneer de output van de emitter van de PNP transistor stroom aan de basis van de NPN transistor levert (zoals in dit circuit gebeurt), worden er kortere pulsen gevormd.

Probeer te experimenteren door de $3,3\mu\text{F}$ condensator te vervangen door de $10\mu\text{F}$ condensator. Je kunt ook de 1K ohm weerstand verwisselen en de 470K ohm weerstand door de 220K ohm weerstand vervangen. De frequentie van deze oscillator wordt gereguleerd door de ladings/ontladings-ratio van de condensator. Door de waarde van de condensator of van de weerstanden die stroom aan de condensator leveren te veranderen, verandert dus de frequentie.



Bedradingsvolgorde:

47-40-25-89, 41-46, 42-76, 90-112-48-120, 75-94-111, 93-119-24.

AANTEKENINGEN



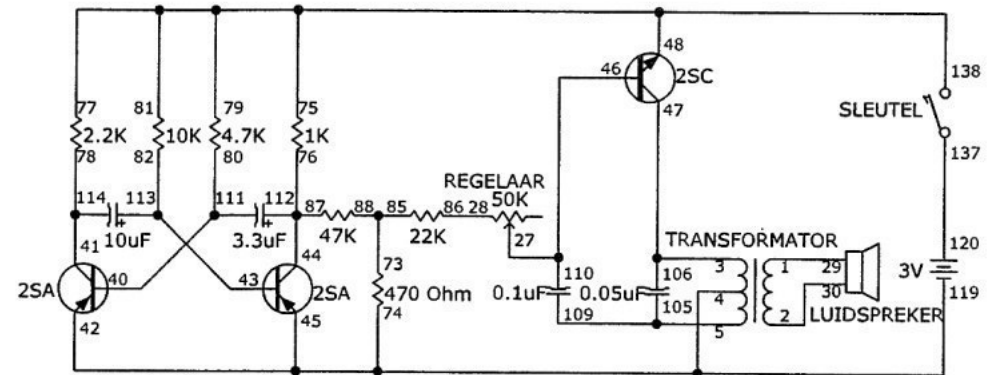
67. ELEKTRONISCH ORGEL

Dit circuit heeft een multivibrator die met een pulsoscillator is verbonden. De multivibrator geeft een tremolo-effect (een trillend geluid), in plaats van de oscillator helemaal aan of uit te schakelen.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, kun je met behulp van de regelaar de hoeveelheid stroom reguleren die aan de basis van de NPN transistor wordt geleverd. Hierdoor verandert de ladings/ontladings-ratio van de $0,1\mu\text{F}$ en $0,05\mu\text{F}$ condensatoren, alsmede de frequentie van de pulsoscillator.

Met de sleutel kan het hele circuit aan of uit worden geschakeld. Je kunt de sleutel door de schakelaar vervangen. Je kunt ook het toonbereik veranderen door de $10\mu\text{F}$ en $3,3\mu\text{F}$ condensatoren door condensatoren met andere waarden te vervangen.

Probeer met behulp van de schakelaar of sleutel extra onderdelen aan het circuit toe te voegen (zoals bijvoorbeeld een extra condensator parallel geschakeld met de $10\mu\text{F}$ of $3,3\mu\text{F}$ condensator), zodat je snel van het ene toonbereik naar een ander kunt wisselen. Deze veranderingen zullen een completer orgel van dit project maken. Vergeet niet aantekeningen van de dingen die je doet te maken.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-47-106, 4-74-45-42-119, 5-105-109, 27-46-110, 28-86, 40-111-80, 41-114-78, 43-113-82, 44-112-87-76, 77-75-81-79-48-138, 73-85-88, 120-137.

AANTEKENINGEN

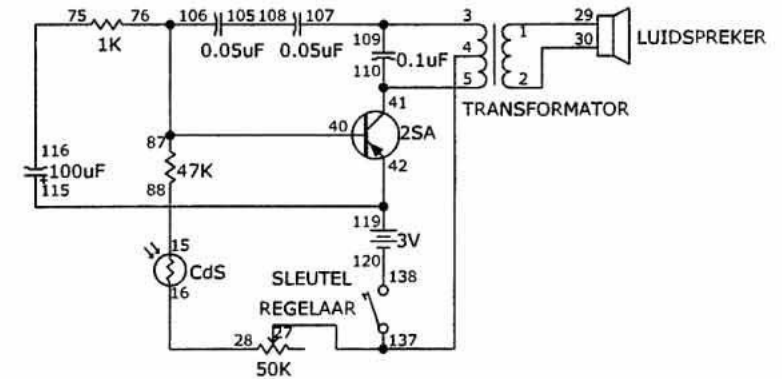


68. DAGLICHT VROEGE VOGEL

Dit is een elektronische vogel zoals de vogel van het circuit dat je in projekt 1 (Elektronische Specht) hebt gebouwd. Nu heeft het echter foto-elektrische regulering van de transistor-basis. Je weet hoe de CdS cel werkt. Aangezien dit elektronische onderdeel door daglicht wordt geactiveerd, kun je het als een wekker voor vroege vogels gebruiken.

Druk de sleutel in om het geluid van de vroege vogel te maken. Je kunt de regelaar zodanig afstemmen dat de juiste hoeveelheid licht de vogel aan de gang zal brengen en je in de ochtend zal wekken – niet te vroeg en niet te laat.

We hebben alleen de waarden van een paar onderdelen veranderd en het bedradingsschema van de oorspronkelijke elektronische vogel aangepast. Kijk of je de veranderingen kunt vinden en rangschik het bedradingsschema zodanig dat het weer op projekt 1 lijkt. Gebruik de ruimte hieronder om het bedradingsschema opnieuw te tekenen.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-107-109, 4-27-137, 5-41-110, 15-88, 16-28, 76-87-106-40, 119-42-115, 75-116, 105-108, 120-138.

AANTEKENINGEN

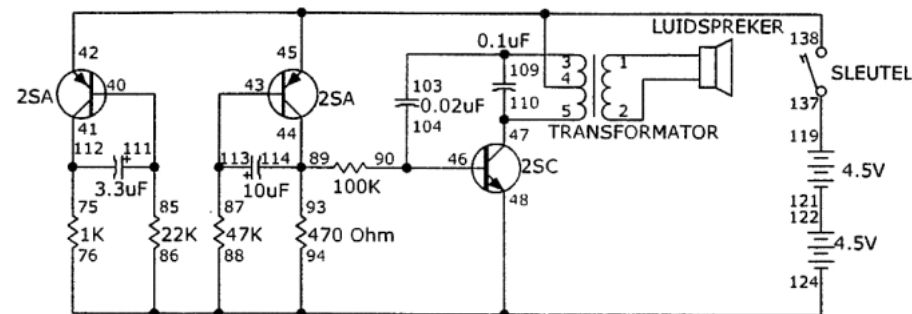


69. INTERMITTERENDE ALARMGENERATOR

Nu zullen we een oscillator een andere oscillator laten reguleren om een effectief alarm te maken. In dit projekt laten we een oscillator van het multivibrator type een pulsoscillator reguleren. Als het goed is, herken je de multivibrator aan de linkerkant van het bedradingsschema. De frequentie van de pulsoscillator ligt binnen hoorbereik (20 tot 20K Hertz). De multivibrator reguleert de pulsoscillator door elektriciteit naar de basis van de transistor te laten stromen.

Bouw het projekt en druk de sleutel in om het alarm uit de luidspreker te horen komen. Je hoort het alarm aan en uit gaan in overeenstemming met het aan- en uitgaan van de pulsoscillator.

Dit intermitterende alarm is effectiever dan een onafgebroken geluid, omdat het meer merkbaar is. Je kunt met dit projekt experimenteren door de waarden van de 22K, 47K en 100K ohm weerstanden en van de 0,02 μ F kondensator te veranderen.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-103-109, 4-42-45-138, 5-47-110, 40-113-87, 41-112-75, 43-111-85, 44-114-93-89, 46-104-90, 76-86-88-94-48-124, 119-137, 121-122.

AANTEKENINGEN



VIII. BASISCIRCUITS MET OPERATIONELE VERSTERKER

70. COMPARATOR

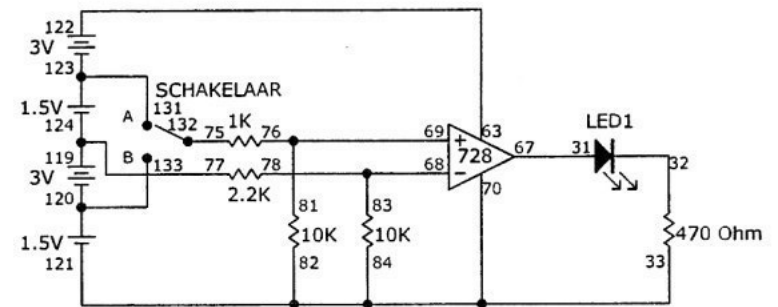
Voor dit deel heb je wat basiskennis over het geïntegreerd circuit van de operationele versterker nodig. Allereerst, we kunnen één stroombron voor zowel het circuit als de IC gebruiken, of we kunnen afzonderlijke stroombronnen gebruiken.

De operationele versterker kan als een niet-inverterende versterker, een inverterende versterker of een differentiële versterker worden gebruikt. Een niet-inverterende versterker reproduceert een input-sigitaal als een output-sigitaal zonder dat de polariteit wordt veranderd. Een inverterende versterker doet het tegenovergestelde: zijn output heeft de tegenovergestelde polariteit van de input. De differentiële versterker heeft een output die gelijk is aan het verschil tussen de sterktes van de twee input-signalen.

Een comparator vergelijkt twee voltages en vertelt je welk voltage sterker is dan het ander. Het gereguleerd voltage noemen we het referentievoltage, omdat we het als referentie voor het meten van andere voltages gebruiken. Het voltage dat wordt vergeleken, is het input-voltage.

Het referentievoltage in dit project is ongeveer 3,7V. Het is aangesloten op contactveertje 68 van één van de geïntegreerde circuits. Er stroomt een input-voltage naar contactveertje 69 van hetzelfde geïntegreerde circuit. De LED gaat branden indien dit voltage hoger is dan het referentievoltage, terwijl deze uit blijft indien het lager is. In dit circuit gedraagt de operationele versterker zich als een inverterende versterker voor het referentievoltage om de LED uit te laten, of als een niet-inverterende versterker om de LED te laten branden.

Bouw het project en zet vervolgens de schakelaar in stand A. Hierdoor wordt een input van 6V geleverd. De LED gaat branden omdat het input-voltage hoger is dan het referentievoltage. Zet nu de schakelaar in stand B. Hierdoor wordt een input van 1,5V geleverd. De comparator IC laat de stroom niet door omdat het input-voltage nu lager is dan het referentievoltage – de LED blijft uit.



Bedradingsvolgorde:

31-67, 84-82-33-70-121, 63-122, 68-83-78, 69-81-76, 75-132, 77-119-124, 120-133, 123-131.

AANTEKENINGEN



71. MINIMUM VERHOOGING VAN DC VOLTAGE

We gaan nu verder met het eenvoudigste experiment op het gebied van het versterken van een DC voltage. Als je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand B.

LED1 en 2 geven het output-voltage van de operationele versterker aan. Een LED gaat alleen branden wanneer deze is aangesloten op zo'n 1,5V. In dit project schakelen we twee LED's in serie, dus ze zullen alleen gaan branden als ze op zo'n 3V zijn aangesloten. Ze zijn nu uit, dus het output-voltage van de operationele versterker moet lager dan 3V zijn.

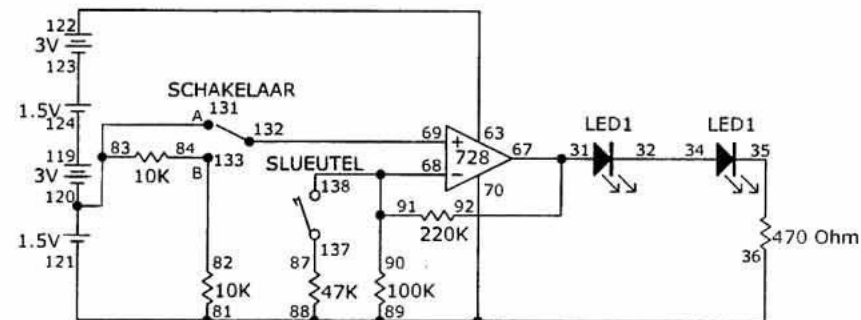
Bekijk het bedradingsschema. Met de schakelaar in stand B is een 10K ohm weerstand in serie geschakeld tussen beide batterij-aansluitingen en de positieve (+) input-aansluiting van de operationele versterker. Deze twee 10K ohm weerstanden delen de 1,5V voeding in de helft. Dit betekent dat de positieve input-aansluiting een input-voltage van slechts 0,75V ontvangt.

Om het output-voltage van de operationele versterker te berekenen, moet je zijn input-voltage vermenigvuldigen met de versterkingsfactor $(R1/R2) + 1$. Het output-voltage is dus $0,75V \times \{(220K \text{ ohms} / 100K \text{ ohms}) + 1\} = 2,4V$.

Zet nu de schakelaar in stand A. Hierdoor worden de 10K ohm weerstanden uit het circuit verwijderd, waardoor de positieve input-aansluiting van de versterker het volledige input-voltage van 1,5V ontvangt. Als we de bovenstaande vergelijking gebruiken, kun je zien dat het output-voltage van de operationele versterker nu $1,5V \times \{(220K \text{ ohms} / 100K \text{ ohms}) + 1\} = 4,8V$ is. De LED gaat zacht branden omdat het geleverde voltage hoger dan 3V is.

Laten we de versterkingsfactor veranderen. Zet de schakelaar weer in stand B en druk de sleutel in. Hierdoor wordt de 47K ohm weerstand parallel aan de 100K ohm weerstand toegevoegd, waardoor de totale weerstand van R2 zo'n 32K ohms wordt. (Weet je nog hoe je de totale weerstand voor een parallelschakeling moet berekenen? Dit deden we in projekt 17 ("Weerstanden in serie en parallel")) Het output-voltage is nu $0,75V \times \{(220K \text{ ohms} / 32K \text{ ohms}) + 1\} = 5,9V$, genoeg om de LED's te laten branden.

Als je de schakelaar opnieuw in stand A zet en de sleutel indrukt om 1,5V op het positieve (+) aansluitpunt van de versterker aan te sluiten, dan gaan de LED's fel branden. Probeer het output-voltage te berekenen met de schakelaar in stand A en de sleutel ingedrukt.



Bedradingsvolgorde:

31-67-92, 32-34, 81-89-88-70-36-121, 63-122, 68-90-91-138, 69-132, 82-84-133, 83-131-120, 87-137, 119-124.

AANTEKENINGEN



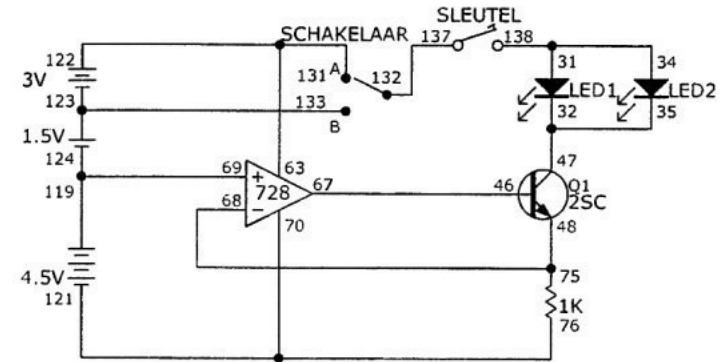
72. CONSTATE STROOMBRON

In dit projekt maken we een circuit met een constante stroom, gebruik makend van een operationele versterker en een transistor. Dit circuit houdt een constante stroom aan, zelfs wanneer het voedingsvoltage verandert omdat er meer energie in het circuit wordt verbruikt.

Bekijk het bedradingsschema. Wanneer de stroom verandert, verandert het voltage dat door R1 wordt geleid. De output van de operationele versterker verandert in overeenstemming met het terugkoppelsignaal van R1. Deze output van de versterker reguleert het basisvoltage van transistor Q1 waardoor de constante stroom kan worden behouden.

Laten we naar het experiment kijken. Zet de schakelaar eerst in stand A en druk de sleutel in terwijl je LED1 in de gaten houdt. De LED is zwakker wanneer de sleutel is ingedrukt. Dit komt doordat zowel LED1 als LED2 op het circuit zijn aangesloten wanneer de sleutel wordt ingedrukt. De lading – de hoeveelheid energie die door de LED's in dit circuit wordt gebruikt – neemt toe, maar de stroom blijft constant. De LED wordt dus zwakker.

Zet de schakelaar nu in stand B en laat de sleutel los. Zie je enige verandering in de helderheid van de LED nu de schakelaar van stand A in stand B is gezet? Door de schakelaar in stand B te zetten, wordt het voedingsvoltage van 9V naar 6V veranderd. De stroom blijft echter weer constant, en er is dus geen verandering in de helderheid van de LED.



Bedradingsvolgorde:

31-132-137, 32-35-47, 34-138, 46-67, 48-68-75, 63-131-122, 69-119-124, 76-70-121, 123-133.

AANTEKENINGEN

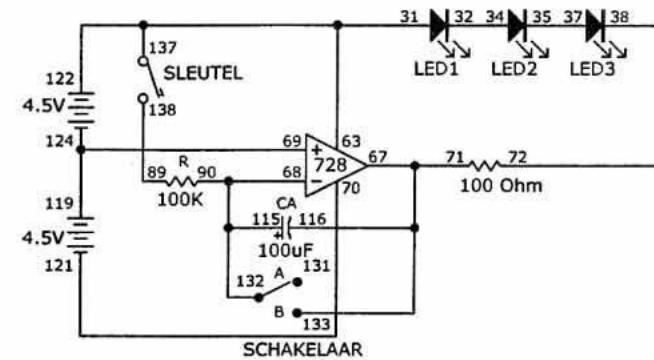


73. INTEGREERSCHAKELING

Je weet dat een LED meteen gaat branden wanneer je deze aanschakelt. Je kun de LED echter ook langzaam aan laten gaan. In dit project zul je de LED's langzaam feller zien branden terwijl je de sleutel ingedrukt houdt.

Dit circuit wordt een Miller-integrator genoemd. De output van deze IC neemt toe wanneer de input toeneemt. De integrator zorgt ervoor dat de waarde van condensator CA toeneemt tot meer dan de aangegeven $100\mu\text{F}$. Wanneer je de sleutel indrukt, laadt de condensator zich langzaam via weerstand R, en de LED's gaan feller branden. Door de schakelaar in stand B te zetten, zal de condensator zich ontladen en zullen de LED's uit gaan.

Zet de schakelaar in stand B voordat je de bedrading voltooit om de condensator te ontladen. Zet de schakelaar in stand A en druk de sleutel in om LED1, 2 en 3 feller te gaan zien branden. Na zo'n 5 seconden bereiken ze hun maximale felheid. Zet de schakelaar in stand B om de condensator te ontladen en druk vervolgens de sleutel in om het experiment te herhalen.



Bedradingsvolgorde:

31-63-122-137, 32-34, 35-37, 38-72, 71-67-116-133, 68-90-115-132, 69-124-119, 70-121, 89-138.

AANTEKENINGEN



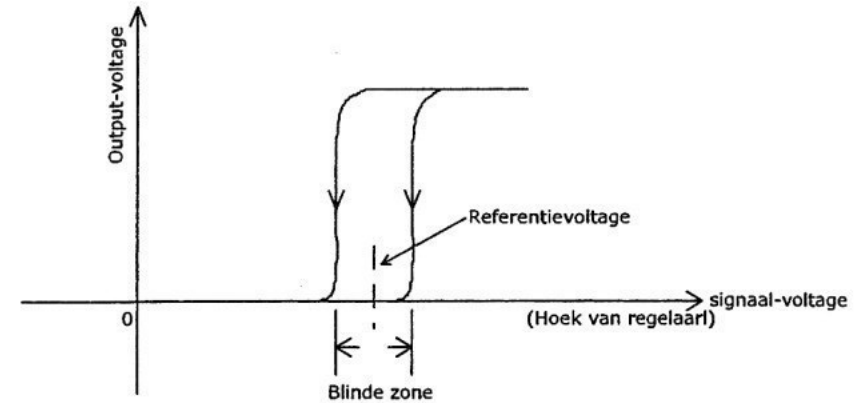
74. SCHMITT TRIGGER CIRCUIT

We gaan de operationele versterker gebruiken als een Schmitt trigger circuit en als een comparator. De operationele versterker produceert een signaal zolang zijn input-voltage een bepaalde waarde overschrijdt. Bekijk het bedradingsschema: kun je zien hoe het werkt? Het toont aan dat het voltage-niveau dat de output aanschakelt hoger is dan het voltage-niveau dat de output stopt. Het lijkt alsof het Schmitt trigger circuit zich verzet tegen het veranderen van de output-toestand. Een dergelijke werking duiden we aan met "hysteresislus".

Goed, laten we naar het experiment kijken. Laat de sleutel in eerste instantie met rust. De operationele versterker werkt in deze toestand als een comparator. Wanneer je aan de regelaar draait, gaan LED 1 en 2 om de beurt branden. Merk op dat ze op bepaalde onveranderlijke punten van de regelaar branden, of je de regelaar nu met de klok mee of tegen de klok in draait.

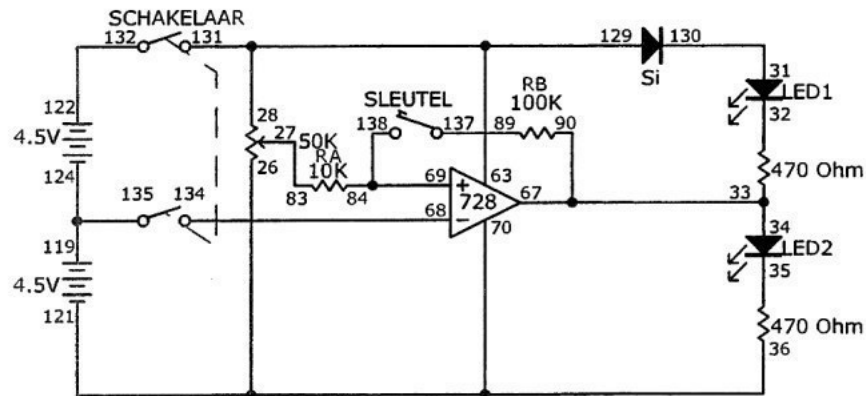
Druk de sleutel nu in; je hebt nu een Schmitt trigger circuit dat hysteresislussen produceert zoals is afgebeeld in Afbeelding 1.

De breedte van de hysteresis neemt af naargelang de RB/RA toeneemt. Merk op hoe de breedte verandert wanneer verschillende waarden voor RA en RB worden gebruikt.



Bedradingsvolgorde:

70-36-26-121, 27-83, 63-28-130-131, 34-33-67-90, 68-134, 84-69-138, 89-137, 119-124-135, 122-132, 31-129.



AANTEKENINGEN



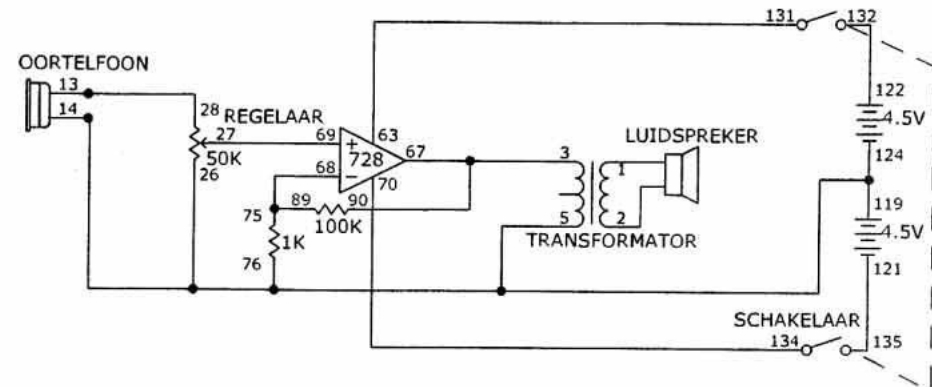
75. NIET-INVERTERENDE VERSTERKER MET TWEE VOEDINGEN

In dit project maken we een microfoonversterker met behulp van de operationele versterker als een niet-inverterende versterker met twee voedingen. De oortelefoon werkt als een microfoon.

Begin door de schakelaar in stand B te zetten en de bedrading van het circuit te voltooien. Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen, draai de regelaar helemaal naar rechts (met de klok mee) en tik zachtjes op je microfoon – de oortelefoon. Het tikkend geluid komt uit de geluidspreker.

Wanneer je de oortelefoon als microfoon gebruikt, zoals in dit project, is het beter om het uiteinde dat je normaal gesproken in je oor stopt te verwijderen. Je kunt dit uiteinde losschroeven door het tegen de klok in te draaien. Door de regelaar te draaien, kun je het volume aanpassen.

Zoals je in het bedradingsschema kunt zien, maakt de dual operationele versterker gebruik van twee stroombronnen: 4,5V voor het circuit en 9V voor de IC. Merk op dat de dual operationele versterker twee input-aansluitingen heeft, positieve (+) en negatieve (-) contactveertjes 69 en 68. De niet-inverterende input wordt aan het positieve (+) contactveertje geleverd. De toename in sterkte van het signaal via deze versterker is ongeveer 100 – wat kan worden bepaald met de formule $R1/R2$. Daarom: $100K/1K$ = een toename van 1.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-67-90, 27-69, 63-131, 68-89-75, 70-134, 121-135, 122-132,
124-119-26-76-5-14-OORTELEFOON, 28-13-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN



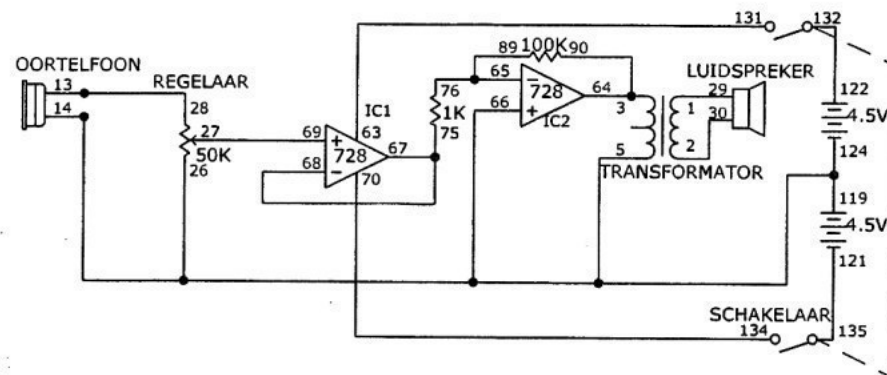
76. INVERTERENDE VERSTERKER MET TWEE VOEDINGEN

Hier is nog een microfoonversterker die van stroom wordt voorzien door twee voedingen, maar deze is een inverterende versterker. We gebruiken opnieuw de oortelefoon als microfoon.

Zet de schakelaar in stand B en zet het circuit in elkaar. Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen, draai de regelaar naar recht (met de klok mee) en spreek in de microfoon – de oortelefoon. Je zult merken dat het project precies zoals ons vorige project werkt.

IC1 wordt als een buffer van gain (versterking) 1 gebruikt, en IC2 als een inverterende versterker. Input bereikt deze inverterende versterker via zijn negatieve (-) uiteinde, niet via het positieve (+) zoals in ons vorige project. De gain is ongeveer 100, wat kan worden bepaald door: $R1/R2 = 100K/1K$.

De gain wordt groter wanneer je R1 groter of R2 kleiner maakt. Kijk wat er gebeurt met de gain als je de waarde van R2 in 470 verandert.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-64-90, 27-69, 63-131, 65-89-76, 68-67-75, 70-134, 121-135, 122-132, 124-119-26-66-5-14-OORTELEFOON, 28-13-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN



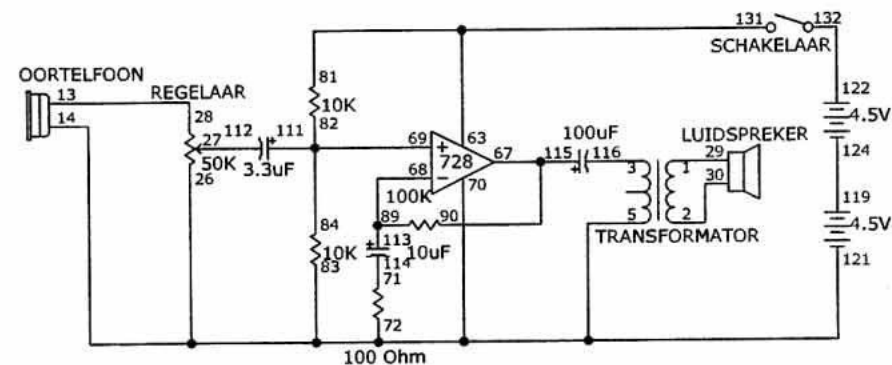
77. NIET-INVERTERENDE VERSTERKER MET EEN VOEDING

In project 75 en 76 ("Niet-inverterende Versterker met Twee Voedingen" en "Inverterende Versterker met Twee Voedingen") gebruikten we de operationele versterker met twee stroombronnen. In dit project maken we een niet-inverterende microfoonversterker met een enkele stroombron. De oortelefoon werkt opnieuw als microfoon.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading van dit circuit. Als je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen, draai de regelaar naar rechts (met de klok mee) en spreek in de microfoon. Het project werkt net zoals projecten 75 en 76, maar je zult merken dat er iets anders is.

Dit verschil wordt veroorzaakt door de gain (versterking) van deze microfoonversterker. De gain wordt nog steeds bepaald door R1 en R2, maar is nu groter. Kun je zien hoe dat komt? Ja, we gebruiken de 100K ohm weerstand in plaats van de 1K ohm weerstand van de vorige twee projecten. Probeer ook eens om R2 in 1K te veranderen; de gain daalt nu tot het niveau van de vorige twee projecten.

In dit project zijn de twee stroombronnen in serie geschakeld om de dual operationele versterker van 9V stroom te voorzien. De operationele versterker kan echter op de helft van dit voltage, 4,5V, werken. Kijk wat er gebeurt als je de operationele versterker van batterij-aansluitpunt 122 verwijdt en op contactveertje 119 aansluit.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-116, 27-112, 71-114, 81-63-131, 67-90-115, 89-68-113, 84-82-69-111, 119-124, 122-132, 121-26-70-83-72-5-14-OORTELEFOON, 28-13-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN



78. DIFFERENTIELE VERSTERKER MET TWEE VOEDINGEN

Dit is de laatste in de rij van microfoonversterkers. Nu gebruiken we de operationele versterker als differentiële versterker. Het is een versterker met twee voedingen, en dit keer gebruiken we de luidspreker als microfoon.

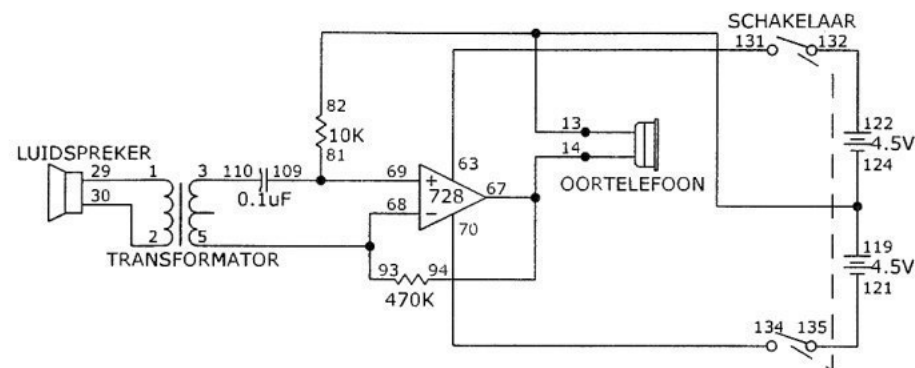
Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading van het circuit. Als je klaar bent met de bedrading, hou dan de oortelefoon tegen je oor, zet de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen en tik zachtjes met je vinger op de luidspreker. Kun je het tikkend geluid uit de luidspreker horen komen?

De dual operationele versterker werkt als een differentiële versterker wanneer twee inputs tegelijkertijd aan zijn positieve (+) en negatieve (-) uiteinden worden geleverd. De transformator speelt een belangrijke rol in dit versterkerscircuit. De twee verschillende outputs van contactveertjes 3 en 5 van deze transformator leveren de tegenovergestelde inputs aan contactveertjes 68 en 69.

Als het goed is, kun je je nog herinneren dat er een spoel en een magneet in de luidspreker zitten. Wanneer deze als een normale luidspreker wordt gebruikt, stroomt er elektriciteit door de spoel waardoor een magnetisch veld rond de spoel wordt opgewekt. De magneet trekt de spoel aan of stoot deze af, afhankelijk van het magnetisch veld dat door de spoel is opgewekt. De spoel verplaatst dus; deze beweging wordt doorgegeven aan het kegelvormige papiertje dat aan de spoel is verbonden, en dit zorgt ervoor dat je een geluid hoort.

De luidspreker wordt hier als microfoon gebruikt, dus het tegenovergestelde gebeurt. Wanneer een geluid de spoel doet bewegen, verandert de afstand van de magneet, terwijl de sterkte van het magnetisch veld verandert zodat het voltage aan beide uiteinden van de spoel verschijnt. Dit kleine voltage wordt aan de primaire zijde van de transformator geleverd, wat vervolgens resulteert in een groter voltage aan de secundaire zijde van de transformator.

Het gebruik van de microfoon vereenvoudigt het circuit dus. Om de oortelefoon zoals in vorige projecten te kunnen gebruiken, hebben we een veel ingewikkelder circuit nodig.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-110, 5-68-93, 63-131, 69-81-109, 70-134, 121-135, 122-132, 124-119-82-13-OORTELEFOON, 94-67-14-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN

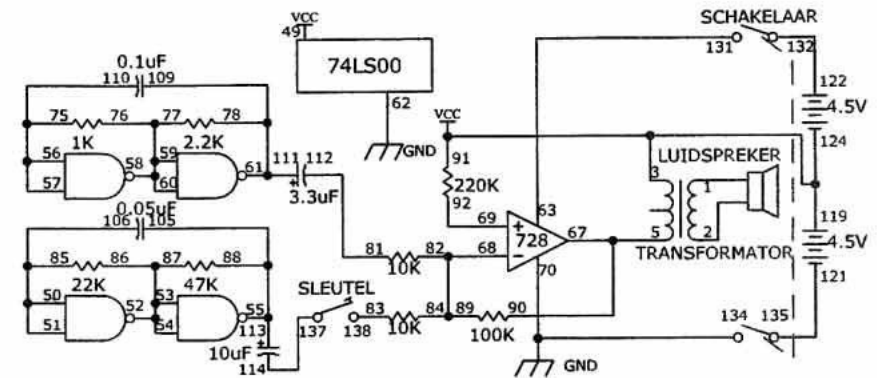


79. TOON- MENGVERSTERKER

Wat dacht je ervan om een toon-mengversterker te bouwen die twee tonen mengt? Er zijn veel verschillende circuits waarmee je tonen kunt mixen, maar de operationele versterker wordt beschouwd als één van de beste.

Als je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Onthou de toon van het geluid dat wordt geproduceerd. Druk nu de sleutel in om deze toon met een andere te mixen. Je kunt de twee afzonderlijke tonen veranderen door de waarden van de twee 10K weerstanden te veranderen.

Op deze manier kun je met behulp van de toon-mengversterker twee tonen mixen door weerstanden te veranderen zonder dat je veranderingen aan de andere circuits hoeft aan te brengen.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-49-91-119-124, 5-67-90, 50-51-85-106, 52-53-54-87-86,
55-88-105-113, 56-57-75-110, 58-59-60-76-77, 78-61-109-111, 62-70-134,
63-131, 68-82-84-89, 69-92, 81-112, 83-138, 114-137, 121-135, 122-132.

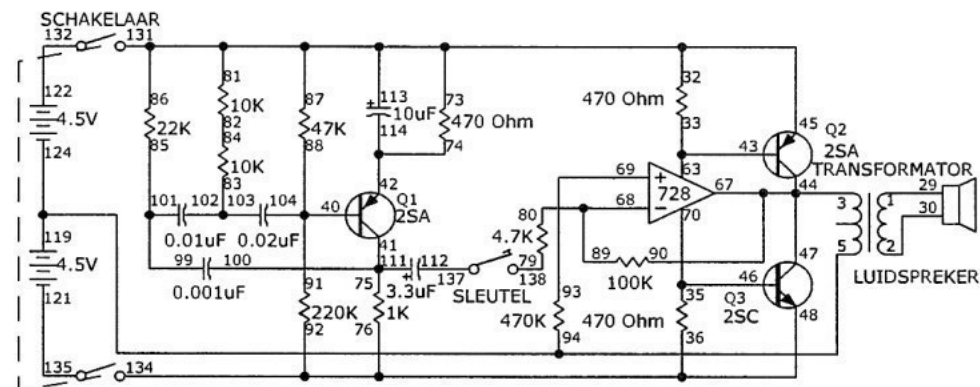
AANTEKENINGEN



80. KRACHTVERSTERKER MET OPERATIONELE VERSTERKER

Nu gaan we een hard geluid produceren door de operationele versterker met twee transistoren te combineren. Als je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Wanneer je de sleutel indrukt, hoor je een hard geluid uit de luidspreker komen.

De signaalbron voor dit geluid is een condensator-weerstand oscillator. De operationele versterker gedraagt zich als een inverterende versterker, en transistoren Q2 en Q3 zorgen ervoor dat de luidspreker het geluid produceert. Dit circuit wordt een single ended push-pull circuit (SEPP) genoemd. Je hebt al het een en ander over push-pull circuits geleerd. Single ended betekent dat het circuit slechts één output heeft. De meeste versterkers hebben een tweede output die met het negatieve (-) uiteinde van de batterij is verbonden.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-90-67-47-44, 5-94-48-119-124, 73-81-86-87-32-113-45-131,
33-63-43, 35-46-70, 76-92-36-134, 91-88-104-40, 75-100-111-41, 74-114-42,
68-80-89, 69-93, 79-138, 82-84, 83-102-103, 85-99-101, 112-137, 121-135,
122-132.

AANTEKENINGEN

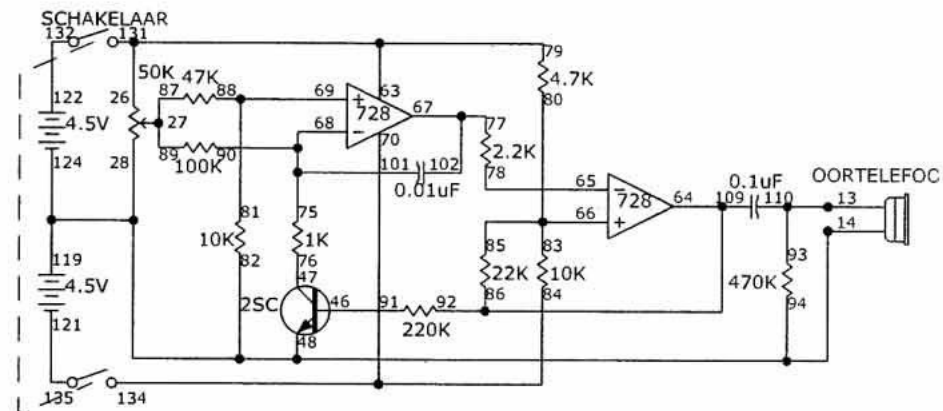


81. VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR

VCO? Wat is dat? VCO staat voor voltage controlled oscillator, en zoals de naam doet vermoeden, verandert deze oscillator zijn oscilleerfrequentie in overeenstemming met het voltage dat aan het circuit wordt geleverd. Het circuit produceert twee verschillende output-signalen die driehoeksgolven en blokgolven hebben.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Draai langzaam aan de regelaar terwijl je naar het geluid luistert dat uit de oortelefoon komt. Als je de regelaar met de klok mee draait, wordt het geluid lager.

Wanneer het voltage van contactveertje 27 van de regelaar verandert, verandert ook de laad-/ontlaadtijd van de $0,01\mu\text{F}$ condensator, waardoor de frequentie van de oscillator verandert. Stroom met een driehoeksgolf patroon vloeit van contactveertje 67 van de eerste operationele versterker naar contactveertje 65 van de tweede versterker die als comparator fungeert. De comparator laat output vrij via contactveertje 64 – stroom met een blokgolf patroon.



Bedradingsvolgorde:

79-63-26-131, 27-87-89, 46-91, 47-76, 86-92-109-64, 65-78, 66-80-83-85,
67-102-77, 68-90-101-75, 69-88-81, 84-70-134, 121-135, 122-132,
124-119-28-48-94-82-14-OORTELEFOON, 110-93-13-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN



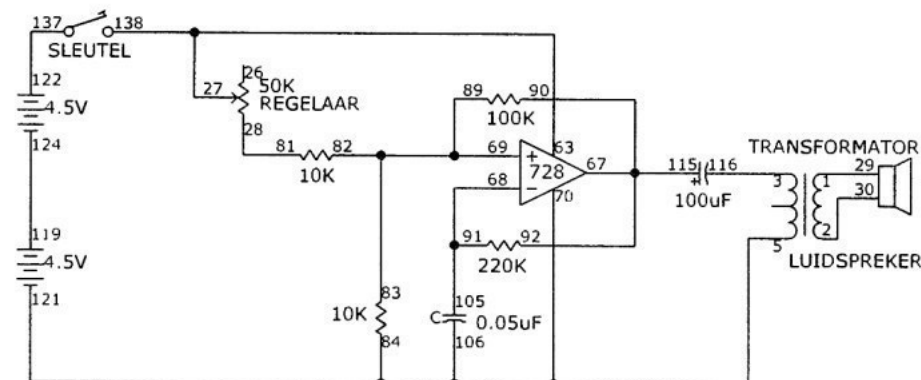
82. ZOEMER MET OPERATIONELE VERSTERKER

De dual operationele versterker werkt goed als een oscillator. In dit projekt bouwen we een elektrische zoemer die een onafgebroken geluid maakt. Je kunt de toon van deze zoemer veranderen door aan de regelaar te draaien.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, stem dan de regelaar af op de 12 uur-stand en druk de sleutel in. Je hoort een onafgebroken pieptoon uit de luidspreker komen. Draai nu aan de regelaar terwijl je de sleutel ingedrukt houdt. De toon van de zoemer verandert.

Deze elektronische zoemer maakt alleen een pieptoon, maar kan voor vele verschillende doeleinden worden gebruikt zoals je later zult zien.

Het oscillerende circuit van deze zoemer is een astabiele multivibrator en werkt als een oscillator die een stroom met blokgolf patroon produceert. Wanneer de regelaar wordt versteld, verandert de toon van het geluid, omdat de frequentie van het signaal wordt veranderd. De frequentie wordt bepaald door de weerstand van de batterij-input (+) en de weerstand van de condensator die is aangesloten op het (-) uiteinde van de batterij. Kijk hoe de toon verandert wanneer je de waarde van de condensator in $0,02\mu\text{F}$ of $0,2\mu\text{F}$ verandert.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-116, 5-84-70-106-121, 63-27-138, 28-81,
67-90-92-115, 91-68-105, 69-82-83-89, 119-124, 122-137.

AANTEKENINGEN



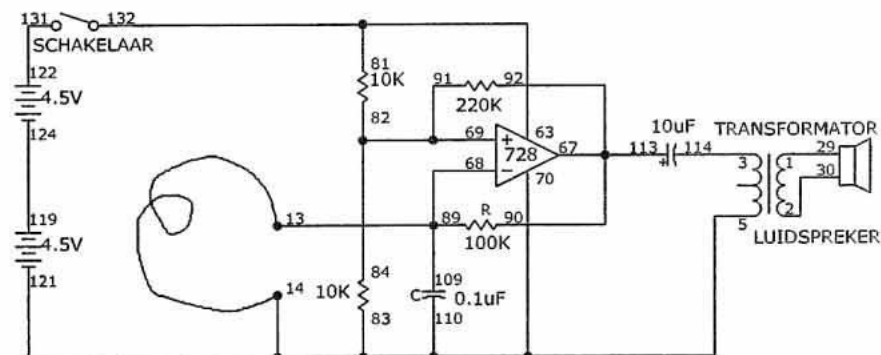
83. INBRAAKALARM

Dit inbraakalarm maakt een zoemend geluid wanneer iemand je huis binnensluipst en over een draad struikelt waardoor deze van een aansluitpunt afbreekt of loskomt. In plaats van de draad uit te trekken, probeer erachter te komen hoe je een schakelaar met de deur van je huis kunt verbinden zodat het alarm afgaat wanneer een inbreker de deur opent.

Begin door de schakelaar in stand B te zetten en de bedrading van het circuit te voltooien. Wanneer je klaar bent met de bedrading, verbind dan de lange draad met contactveertjes 13 en 14 en zet de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Op dit moment komt er geen geluid uit de luidspreker.

Haal de draad los van contactveertje 13 om het alarm te testen. De luidspreker laat een pieptoon horen. Deze pieptoon is het alarm dat je vertelt dat een inbreker je huis binnen wil komen.

Zoals je in het bedradingsschema kunt zien, maakt dit inbraakalarm gebruik van de dual operationele versterker als een astabiele multivibrator, net zoals de elektronische zoemer in het vorige project deed. Je kunt de frequentie veranderen door verschillende waarden in plaats van de 10K ohm weerstand en de 0,1 μ F condensator te gebruiken. Merk op hoe de toon van de zoemer verandert wanneer je de 10K ohm weerstand verandert in 47K ohms of de 100K ohm en 220K ohm weerstanden met elkaar verwisselt.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-114, 5-14-83-70-110-121, 13-89-68-109, 81-63-132, 67-90-92-113, 69-82-84-91, 119-124, 122-131, 13-14 (LANGE DRAAD).

AANTEKENINGEN



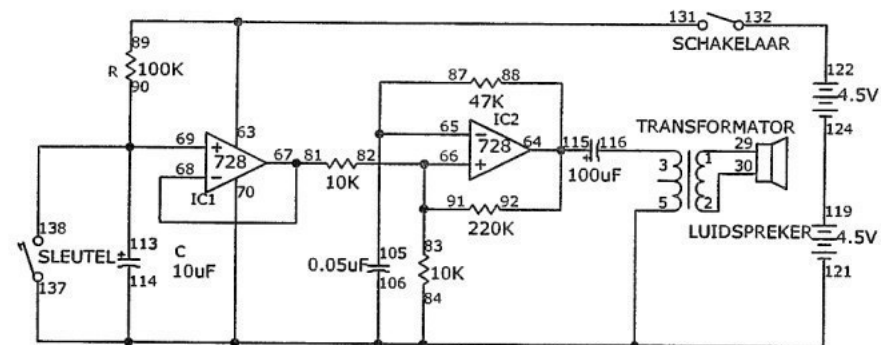
84. HANDBEDIENDE ZWAAI-OSCILLATOR

De elektronische zoemer die we in projekt 82 hebben gebouwd, kan alleen een onafgebroken pieptoon maken, maar we kunnen een vergelijkbaar circuit maken dat verschillende sirenegeluiden produceert.

We gaan nu een sirene maken die een geluid met een variabele toonhoogte afgeeft. Wanneer je de schakelaar beweegt, loeit de sirene waarna het een onafgebroken lawaai met een hoge toon maakt.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Wanneer je klaar bent met de bedrading, schakel dan de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten. Je hoort een plotseling, loeiend sirenegeluid uit de luidspreker komen. Het is in eerste instantie een laag geluid, maar dit wordt daarna hoger, en na zo'n 3 à 4 seconden verandert het in een vaste toon. Wanneer je de sleutel indrukt en weer loslaat, ontlaaft de condensator en begint de sirene opnieuw.

Raadpleeg het bedradingsschema. IC1 werkt als een buffer en IC2 als een astabiele multivibrator. De toonhoogte verandert wanneer de 100K ohm weerstand het voltage doet toenemen dat aan de 10 μ F condensator wordt geleverd.



Bedravingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-116, 5-84-70-106-114-137-121, 89-63-131, 64-88-92-115, 65-87-105, 66-82-83-91, 68-67-81, 90-69-113-138, 119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN

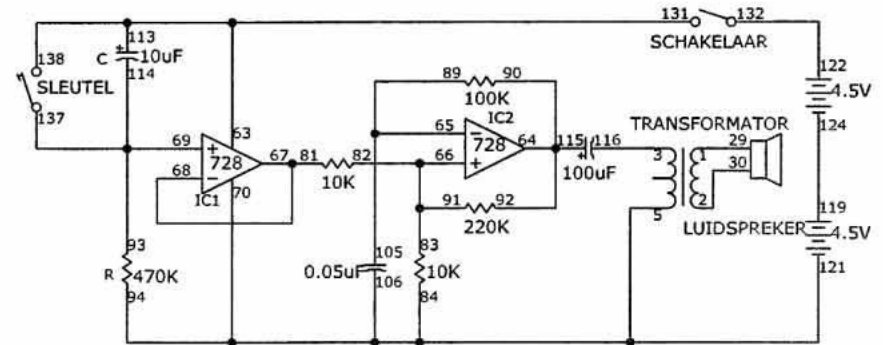


85. GELUID VAN VALLENDE BOM

Hier is een andere sirene die van toonhoogte kan veranderen. De toonhoogte van de sirene die we in ons vorige projekt hebben gebouwd, verandert van laag naar hoog, maar de toonhoogte van deze sirene verandert van hoog naar laag en stopt uiteindelijk een geluid te maken. Wanneer de sirene stopt, druk dan de sleutel in; de sirene begint opnieuw.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Je hoort nu een sirenegeluid met een hoge toon die toenemend lager wordt. Druk de sleutel in om het geluid opnieuw te starten.

Net zoals de sirene in ons vorige projekt, maakt deze sirene gebruik van IC1 als buffer en IC2 als astabiele multivibrator. De kondensator C en de weerstand R veranderen de toonhoogte van het sirenegeluid. De toonhoogte verandert langzaam wanneer je de waarden van C en R vergroot, en snel wanneer je de waarden verkleint. Gebruik de $3,3\mu\text{F}$ kondensator en kijk hoe de toonhoogte verandert.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-116, 5-84-94-106-70-121, 63-113-131-138, 64-90-92-115,
65-105-89, 66-82-83-91, 68-67-81, 93-69-114-137, 119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN

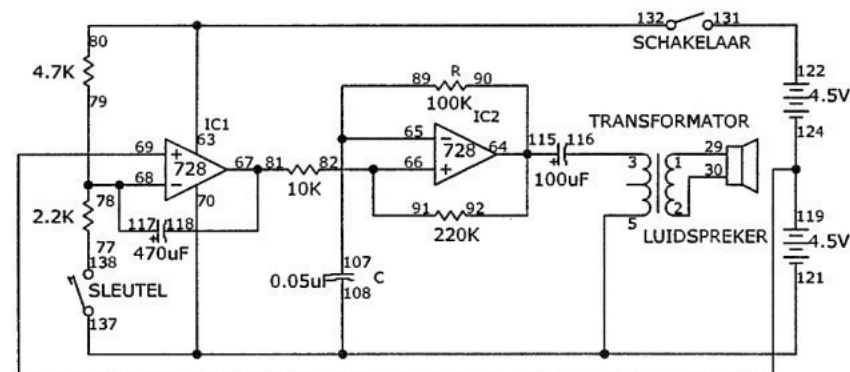


86. NOODSIRENE

De sirenes die we in projecten 84 en 85 ("Handbediende Zwaai-oscillator" en "Geluid van Vallende Bom") hebben gebouwd, veranderen slechts in één richting van toonhoogte, maar deze sirene maakt een laag geluid dat hoger wordt en vervolgens weer terugzakt naar het oorspronkelijke lage geluid. De sirene klinkt slechts één keer wanneer je de sleutel indrukt.

Voltooi de bedrading van het circuit nadat je de schakelaar in stand B hebt gezet. Zet de sirene aan door de schakelaar in stand A te zetten. Wanneer je de sleutel indrukt, begint de sirene weer opnieuw vanaf de oorspronkelijke toonhoogte. Hoor je de sirene van toonhoogte veranderen zoals je had verwacht? IC1 is een oscillator die een stroom met driehoeksgolf patroon produceert, dus wanneer je de sleutel indrukt, produceert deze een driehoeksgolf output. De output wordt vervolgens naar IC2 gestuurd die als astabiele multivibrator fungeert.

In projecten 84, 85 en 86 produceert de astabiele multivibrator het geluid van de sirene, terwijl de toonhoogte verandert in overeenstemming met de waarden van R en C. Probeer erachter te komen hoe de toonhoogte verandert wanneer je C in $0,02\mu\text{F}$ en vervolgens in $0,1\mu\text{F}$ verandert.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-116, 5-70-108-137-121, 80-63-132, 64-90-92-115, 65-89-107, 66-82-91, 81-67-118, 78-79-68-117, 69-119-124, 77-138, 122-131.

AANTEKENINGEN



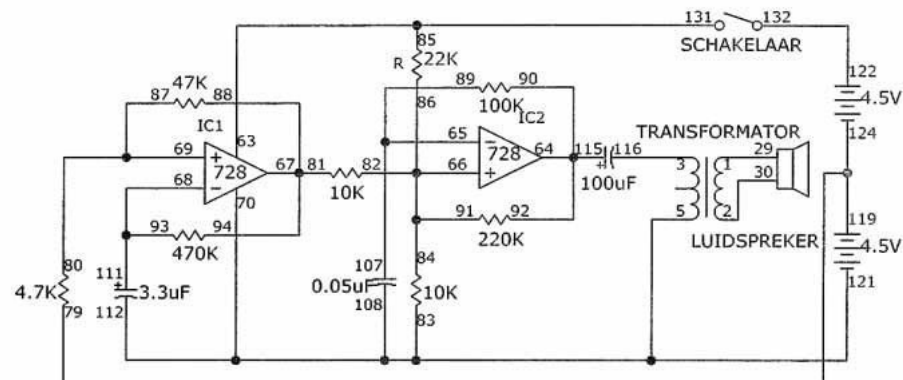
87. EERSTE HULP SIRENE

De toonhoogte van de sirenes die we in projecten 84, 85 en 86 ("Handbediende Zwaai-oscillator", "Geluid van Vallende Bom" en "Noodsirene") hebben gebouwd, verandert gelijkmatig van hoog naar laag en omgekeerd, maar deze sirene is ietwat anders. Het maakt hoge en lage geluiden die elkaar afwisselen.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading van het circuit. Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A; de stroom schakelt nu aan en de luidspreker maakt het geluid van een sirene met twee tonen.

Deze sirene is gemaakt van twee astabiele multivibrators. IC2 levert de normale pieptoon die we in projekt 82 ("Zoemer met Operationele Versterker") al hoorden, terwijl IC1 het signaal produceert dat met vaste intervallen van toonhoogte verandert.

Laten we nu eens een experimentje doen. Verwijder de 22K ohm weerstand en je zult zien dat de sirene een intermitterende pieptoon maakt in plaats van het geluid met de twee toonhoogtes. Kun je erachter komen waarom? Ja, IC1 onderbreekt het sirenegeluid dat door IC2 wordt geproduceerd.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-116, 5-83-70-108-112-121, 85-63-131, 64-90-92-115, 65-107-89, 66-82-84-86-91, 81-94-88-67, 93-68-111, 69-80-87, 79-119-124, 122-132.

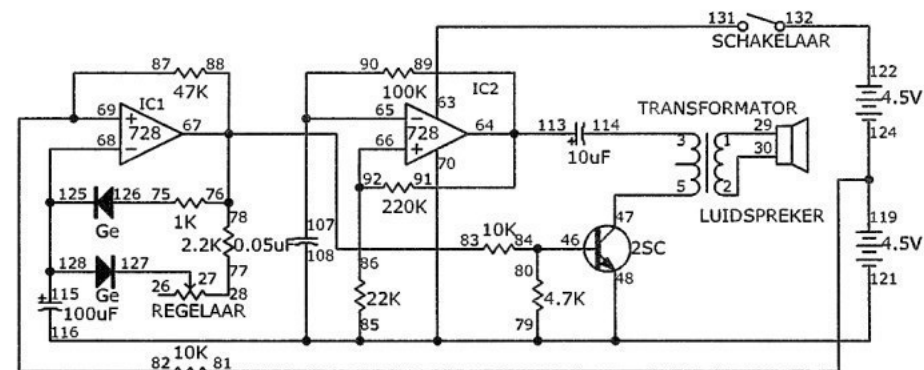
AANTEKENINGEN



88. MUZIKALE TEMPO GENERATOR

Hier is de operationele versterker uitvoering van de elektronische metronoom uit projekt 9 ("Elektronische Metronoom"). Zet de schakelaar in stand B en sluit alle draden nauwkeurig aan – dit projekt is veel ingewikkelder dan de meeste andere projekten. Wanneer je klaar bent met de bedrading, stem dan de regelaar af op de 12 uur-stand en zet de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Je zult een biep met vaste intervallen uit de luidspreker horen komen. Draai de regelaar nu langzaam met de klok mee; de biepen zullen elkaar sneller opvolgen.

Bekijk nu het bedradingsschema. IC1 en IC2 worden als astabiele multivibrators gebruikt, net zoals in ons vorige projekt. Je zult echter opmerken dat IC1 gebruik maakt van diodes om korte pulsen te genereren, terwijl de regelaar wordt gebruikt om de snelheid van de pulsen aan te passen. Elke keer wanneer er een puls wordt opgewekt, schakelt de transistor aan waardoor er een geluid wordt geproduceerd.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-114, 5-47, 27-127, 28-77, 46-80-84, 79-70-108-116-48-121,
63-131, 89-91-113-64, 65-90-107, 86-92-66, 78-76-83-88-67, 68-115-125-128,
82-87-69, 75-126, 85-81-119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN



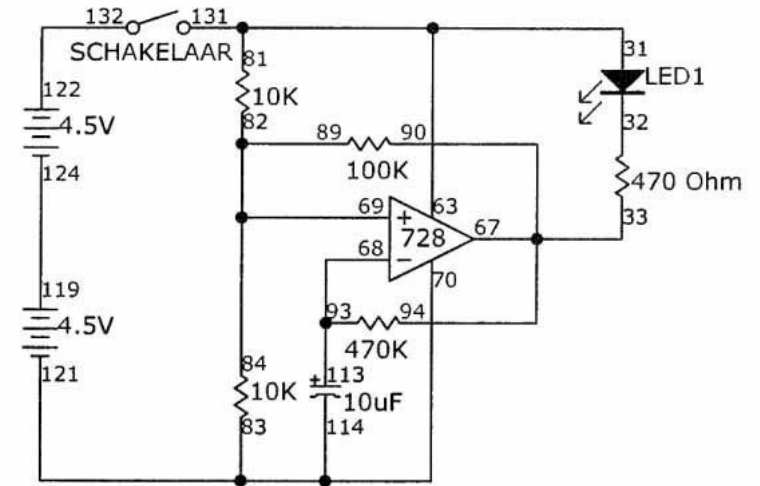
89. KNIPPERENDE LED VAN OPERATIONELE VERSTERKER

Nu gaan we een circuit met een knipperende LED maken met behulp van een dual operationele versterker. In dit circuit gaat een LED voortdurend langzaam aan en uit.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading van dit circuit. Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Na een paar seconden zul je zien dat de LED gaat knipperen. Kijk goed en je zult moeten kunnen zien dat de tijd dat de LED aan en uit is ongeveer gelijk is.

De dual operationele versterker werkt als een astabiele multivibrator met een lage frequentie. Je kunt de tijd van oscillatie veranderen, dat wil zeggen, de knippersnelheid van de LED, door verschillende waarden voor R en C te gebruiken. Kijk wat er met de knippersnelheid gebeurt wanneer je de waarde van R in 220K ohms verandert.

Nog een laatste opmerking – de dual operationele versterker heeft een hoge input impedantie – weerstand naar input – en verliest daarom maar heel weinig input-stroom. Dit houdt in dat je hem kunt gebruiken om nauwkeurige knipperlichten en timers met langere intervallen te bouwen.



Bedradingsvolgorde:

81-31-63-131, 33-67-90-94, 93-68-113, 69-82-84-89, 83-70-114-121, 119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN



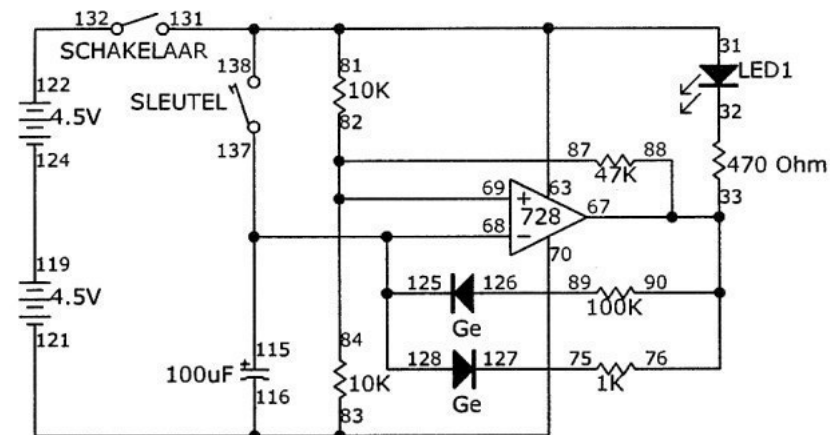
90. LED KNIPPERLICHT

De knipperende LED in het vorige projekt blijft ongeveer even lang aan en uit, maar we kunnen de LED ook voor maar heel even aan laten gaan.

Begin door de schakelaar in stand B te zetten en de bedrading te voltooien. Dit LED knipperlicht maakt gebruik van twee diodes. Wanneer je dit projekt bouwt, let er dan op dat je deze diodes in de juiste richting aansluit.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, schakel dan de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten, en tik zachtjes op de sleutel. De LED gaat meteen knipperen. Zelfs wanneer je de sleutel niet indrukt, begint dit LED knipperlicht te knipperen even nadat je de stroom hebt ingeschakeld; als je de sleutel indrukt, begint de LED meteen te knipperen.

Net zoals de knipperende LED in het vorige projekt, maakt dit LED knipperlicht gebruik van een dual operationele versterker als astabiele multivibrator, maar de knippertijd is veel korter vanwege de twee diodes.



Bedradingsvolgorde:

81-31-63-131-138, 33-67-88-90-76, 68-115-137-128-125, 69-87-82-84, 83-70-116-121, 75-127, 89-126, 119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN

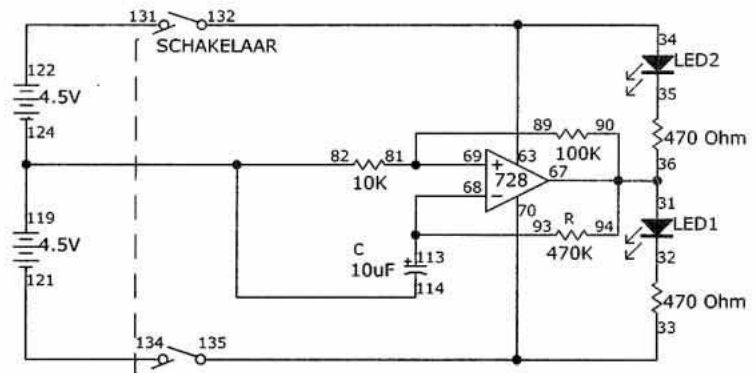


91. KNIPPERLICHT MET TWEE LED'S

De LED circuits in projecten 89 en 90 ("Knipperende LED van Operationele Versterker" en "LED Knipperlicht") maken beide gebruik van één LED, maar het circuit in dit projekt maakt gebruik van twee LED's die om de beurt gaan branden. Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Schakel de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten en wacht een paar seconden. De LED's gaan om de beurt aan en uit.

De dual operationele versterker werkt als een astabiele multivibrator net zoals in vorige projecten. Wanneer de output high is, gaat LED1 branden; wanneer deze low is, gaat LED2 branden.

Je kunt de knippersnelheid veranderen door verschillende waarden voor R en C te gebruiken. Kijk hoe de snelheid van de pulsen verandert wanneer je de waarde van R in 220K ohms verandert.



Bedradingsvolgorde:

31-36-67-90-94, 33-70-135, 34-63-132, 93-68-113, 81-89-69, 82-114-124-119, 121-134, 122-131.

AANTEKENINGEN

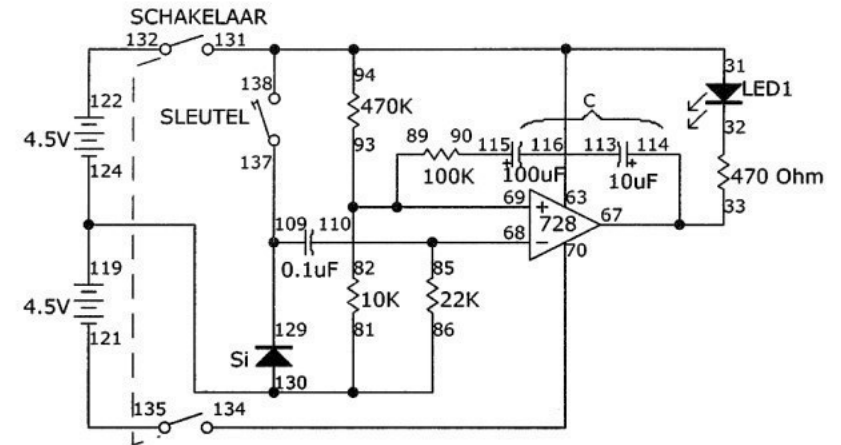


92. ONE-SHOT LICHT

We hebben veel circuits gebouwd met behulp van de dual operationele versterker, maar er zijn vele andere manieren waarop deze handige IC kan worden gebruikt. De one-shot multivibrator is er een van. Met deze multivibrator kunnen we ervoor zorgen dat de LED voor een bepaalde tijd aan blijft wanneer de sleutel wordt ingedrukt – een one-shot licht.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Schakel de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten. De LED gaat branden, maar gaat dan weer snel uit. Druk de sleutel nu in en kijk wat er gebeurt. De LED gaat branden en blijft 2 à 3 seconden aan, waarna hij weer uit gaat.

Je kunt de tijd dat de LED aan is veranderen door verschillende waarden voor C te gebruiken. Verander de waarde van C van $10\mu\text{F}$ in $100\mu\text{F}$ en kijk wat er met de LED gebeurt. Deze blijft veel langer branden.



Bedradingsvolgorde:

31-63-94-131-138, 33-67-114, 85-68-110, 69-82-89-93, 70-134,
81-86-130-124-119, 90-115, 109-137-129, 113-116, 121-135, 122-132.

AANTEKENINGEN



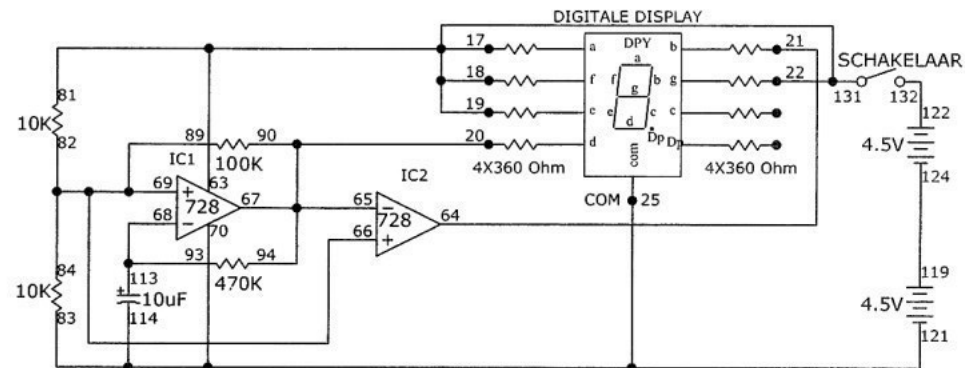
93. LED INITIALEN

De digitale LED display kan niet alle 26 letters van het alfabet afbeelden, maar je kunt er toch aardig wat mee maken. Laten we een LED display maken die om de beurt de initialen E en P van ons ELEKTRONISCH PROJEKT laat zien. Je kunt ook andere initialen tonen. Je kunt je liefje verrassen door zijn/haar initialen te laten zien!

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen; je zult de letters E en P om de beurt op de LED display zien oplichten.

IC1 werkt als een astabiele multivibrator en toont letter E. IC2 wordt als inverter gebruikt, met een output die het tegenovergestelde is van die van IC1; IC2 toont letter P.

Nu je met succes de letters E en P hebt laten verschijnen, waarom probeer je niet om andere letters tevoorschijn te toveren? Dat moet een makkie zijn als je het bedradingsschema goed bekijkt.



Bedradingvolgorde:

22-17-18-19-63-131-81, 20-65-67-90-94, 21-64, 83-114-70-25-121, 66-69-82-84-89, 93-68-113, 119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN



94. WEKSIRENE

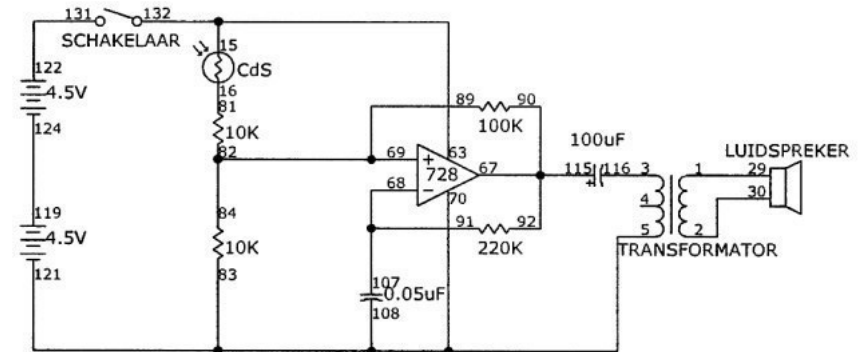
Ben jij iemand die laat wakker wordt? Zo ja, vrees niet! Je kunt namelijk deze alarmsirene maken die je gelijdelijk wakker maakt als de dag aanbreekt.

Zet de schakelaar eerst in stand B en voltooi de bedrading. Zet vervolgens de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Kun je de sirene uit de luidspreker horen komen?

De sirene maakt geluid wanneer je de CdS cel aan licht blootstelt. Wanneer je een schaduw over de cel laat vallen, stopt de sirene.

Net zoals de elektronische zoemer in projekt 82 ("Zoemer met Operationele Versterker"), maakt deze alarmsirene gebruik van een multivibrator en reguleert het zijn werking met behulp van de CdS.

Schakel de stroom van het circuit aan wanneer je naar bed gaat en doe het licht uit. De alarmsirene zal je de volgende morgen wakker maken.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-116, 5-83-108-70-121, 15-63-132, 16-81, 67-90-92-115, 91-68-107, 69-82-84-89, 119-124, 122-131.

AANTEKENINGEN

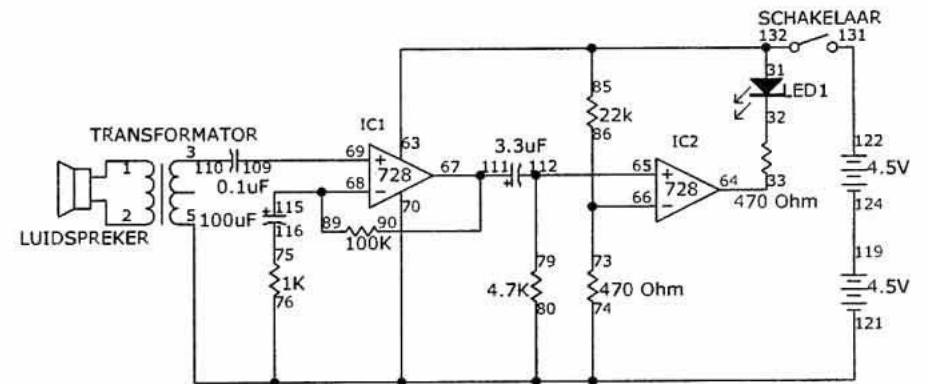


95. STEMGEACTIVEERDE LED

Je kunt een microfoon gebruiken om geluid waar te nemen. Hier maken we een circuit dat de LED laat branden wanneer de microfoon geluid waarneemt, waarbij de luidspreker als microfoon wordt gebruikt.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Wanneer je klaar bent met de bedrading, schakel dan de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten. Spreek vervolgens in de microfoon – de luidspreker – of tik er zachtjes op. De LED reageert door te gaan branden.

Kijk naar het bedradingsschema. IC1 fungeert als microfoonversterker – een niet-inverterende versterker met een gain van ongeveer 100. IC2 werkt als comparator. Zijn positieve (+) input ontvangt een referentievoltage van de batterij. De output van de microfoonversterker gaat naar de negatieve (-) input van de comparator. Wanneer dit input-voltage hoger is dan het referentievoltage, wordt de output van de comparator lager waardoor de LED gaat branden.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-110, 5-76-74-80-70-121, 85-31-63-132, 33-64, 79-65-112, 73-86-66, 90-67-111, 89-68-115, 69-109, 75-116, 119-124, 122-131.

AANTEKENINGEN

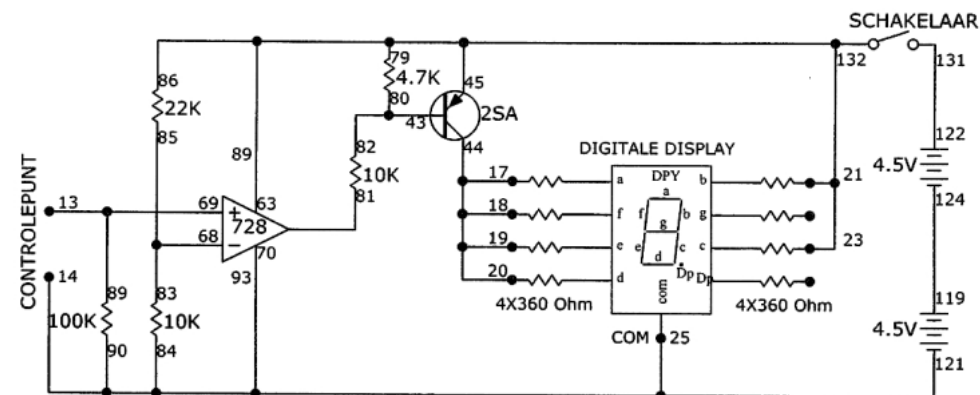


96. LOGISCHE TESTER

Je weet dat digitale circuits high of low (H of L) outputs (1 of 0) produceren. Nu gaan we een logische tester maken die een 1 op de LED display aangeeft voor een hoog niveau (H) en een 0 voor een laag niveau (L).

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Wanneer je klaar bent met de bedrading, schakel dan de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten. Het getal 0 verschijnt op de display omdat het test-aansluitpunt (contactveertje 13) op een laag niveau is wanneer er geen input wordt geleverd. Verbind het test-aansluitpunt met contactveertje 122 om 4,5V te leveren. De display verandert nu in een 1.

Kijk naar het bedradingsschema. De dual operationele versterker werkt als comparator. Een referentievoltage van ongeveer 3V wordt aan de negatieve (-) input van deze versterker geleverd. Wanneer de input die aan zijn positieve (+) aansluitpunt wordt geleverd hoger is dan dit referentievoltage, dan wordt het output-niveau van de comparator high, waardoor transistor Q1 uit gaat. Deel a, e, f en d van de display gaan uit, waardoor een 1 op de display wordt aangegeven.



Bedradingsvolgorde:

17-18-19-20-44, 86-79-63-21-23-45-132, 43-80-82, 67-81, 68-83-85, 119-124, 122-131, 69-89-13-CONTROLEPUNT, 121-25-70-90-84-14-CONTROLEPUNT.

AANTEKENINGEN



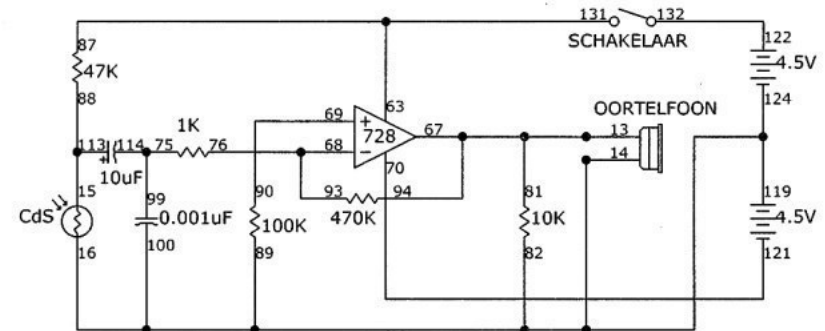
IX. MEER AVONTUREN MET OPERATIONELE VERSTERKERS

97. GELUID VAN WISSELSTROOM

Het circuit in dit project maakt het mogelijk dat je wisselstroom hoort. Je weet waarschijnlijk dat de elektrische stroom die door je huis loopt wisselstroom is. Al je apparatuur die van stroom wordt voorzien via elektrische stopcontacten loopt op AC – inclusief lampen. Lampen flikkeren eigenlijk met een snelheid van 60 keer per seconde, maar het lijkt onafgebroken omdat onze ogen nabeelden zien. In dit project zul je geluid horen dat vanuit licht is omgezet.

Ben je er klaar voor? Nadat je de bedrading van dit circuit hebt voltooid, schakel dan de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten. Plaats de CdS cel in de buurt van een elektrische lamp. Kun je een sissend geluid uit de oortelefoon horen komen? Dit is het geluid van de wisselstroom. Plaats de CdS cel nu onder een fluorescerende lamp en wacht totdat je eenzelfde soort geluid hoort.

Dit circuit versterkt de signalen van het licht op de CdS cel via de operationele versterker. Regel de hoeveelheid licht op de CdS cel met je hand. Je kunt waarschijnlijk het volume van het sissend geluid horen afnemen en de geluidskwaliteit horen toenemen. Kijk wat er gebeurt wanneer je de CdS cel aan zonlicht blootstelt.



Bedradingsvolgorde:

15-88-113, 87-63-131, 76-93-68, 70-121, 69-90, 75-99-114, 122-132,
67-94-81-13-OORTELEFOON, 124-119-16-100-89-82-14-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN

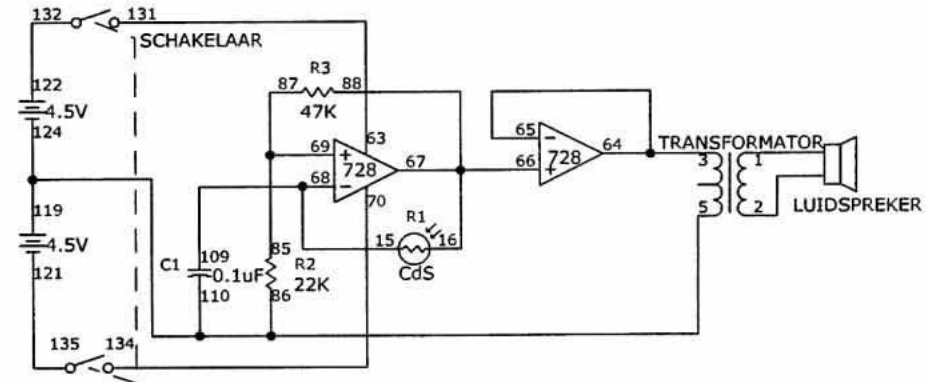


98. CIRCUIT VOOR LICHTGEREGULEERD GELUID

Dit circuit verandert de intervallen tussen elk geluid in overeenstemming met de hoeveelheid licht die op de CdS cel valt. Het geluid verandert voortdurend terwijl je de lichtintensiteit aanpast.

Zet de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen nadat je de bedrading hebt voltooid. De luidspreker laat meteen een geluid horen. Beweeg je hand over de CdS om het geluid te veranderen.

Je kunt de geschatte waarde van de frequentie van het signaal berekenen met behulp van de vergelijking $1/2 \times C1 \times R1$. In dit project is R1 echter de CdS, welke niet constant is. Je kunt de waarde van de output-frequentie veranderen door C1 te veranderen. In dit experiment is de luidspreker uitgerust met een buffer, zodat het circuit voor het lichtgerEGULEERD geluid niet wordt beïnvloed wanneer de luidspreker geluiden afgeeft.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-64-65, 5-86-110-119-124, 15-68-109, 16-66-67-88, 63-131, 69-87-85, 70-134, 121-135, 122-132.

AANTEKENINGEN

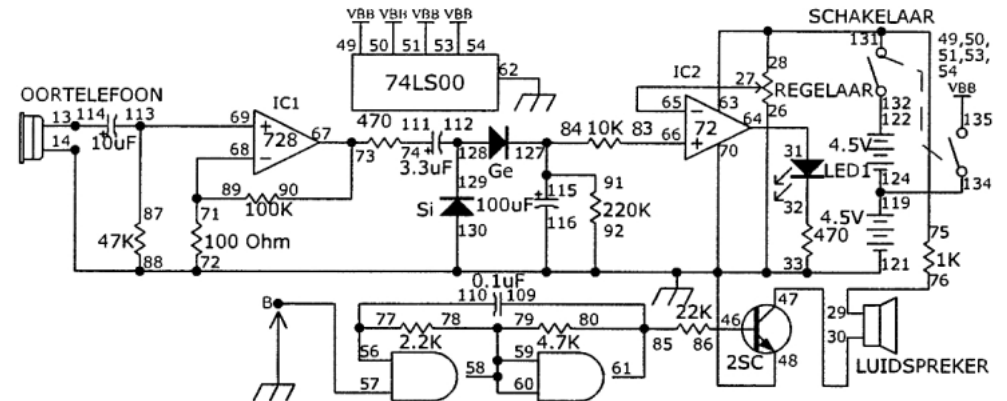


99. GELUIDSALARM

Dit alarm produceert licht en geluid wanneer het je stem of een ander geluid waarneemt. De oortelefoon fungeert als microfoon. Geluiden die door de microfoon worden opgepikt, worden door IC1 versterkt. Diodes DA en DB corrigeren het versterkte signaal – dat wil zeggen, ze zetten het geluidssignaal om van AC naar DC. Het signaal gaat door IC2, de comparator, en activeert de LED en de luidspreker.

Als je klaar bent met de bedrading van dit circuit, draai dan de regelaar helemaal naar links (tegen de klok in) en zet de schakelaar in stand A. Draai de regelaar vervolgens met de klok mee terwijl je in de microfoon spreekt, en zet de regelaar in een stand waarbij de LED alleen brandt wanneer je in de microfoon spreekt. Stop met praten en je zult de LED uit zien gaan.

Kijk nu wat er gebeurt wanneer je de draad tussen 57 en 62 verwijdt en deze tussen 57 en 32 verbindt. Wanneer je in de microfoon (oortelefoon) blaast, gaat de LED branden en komt er geluid uit de luidspreker.



Bedradingsvolgorde:

75-63-28-131, 29-76, 30-47, 31-64, 46-86, 56-77-110, 58-59-60-79-78,
85-80-61-109, 66-83, 67-90-73, 68-89-71, 87-69-113, 74-111, 84-91-115-127,
112-129-128, 49-50-51-53-54-135, 114-13-OORTELEFOON, 122-132, 27-65,
57-26-121-130-48-116-70-92-88-62-33-72-14-OORTELEFOON, 119-124-134.

AANTEKENINGEN



100. STUDEERTIMER

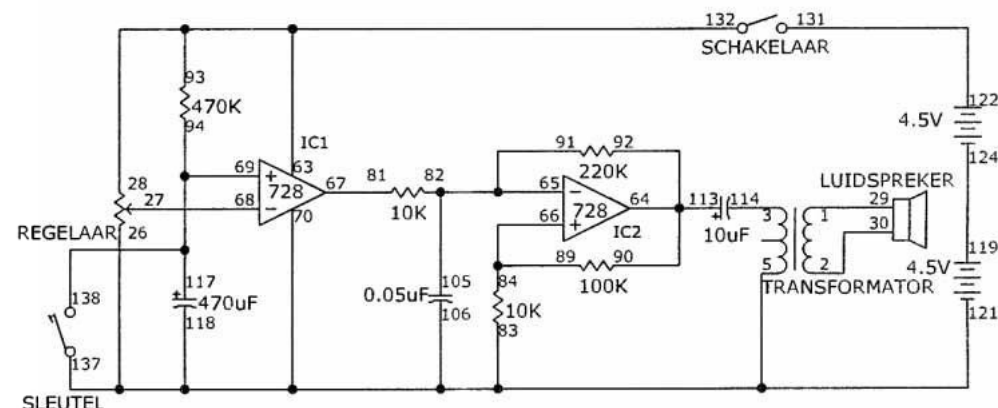
Hier is een timer die je kunt gebruiken om tijdstesten uit te voeren om simpelweg te weten te komen wanneer er een bepaalde tijd is verstreken. Je kunt deze timer instellen op elke willekeurige tijd zolang deze binnen zo'n 15 minuten blijft. Wanneer de tijd voorbij is, klinkt er een onafgebroken zoemer totdat je de stroom uitschakelt of de sleutel indrukt om het circuit te resetten.

Nadat je de bedrading voor dit project hebt voltooid, zet de regelaar in stand 2 en de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Pak een stop-watch en start deze wanneer je de sleutel indrukt. De timer maakt een zoemend geluid na zo'n 30 seconden of langer.

Zet nu de regelaar in elke stand van 2 naar 8 en ga na hoe lang het duurt voor de timer om een geluid te produceren. Er is veel geduld voor nodig om de kalibratie van de timer – de tijd die in elke stand verstrijkt – in te stellen, maar het is noodzakelijk om er zeker van te kunnen zijn dat je timer goed werkt. Nadat je de kalibratie hebt ingesteld, maak een tekening die elke stand van de regelaar aangeeft en de tijd die nodig is om de zoemer af te laten gaan. Je tester is nu klaar voor gebruik.

Bekijk het bedradingsschema. De regelaar verandert het referentievoltage van de comparator (IC1). De instelling van de timer wordt bepaald door de weerstand R en de condensator C. Wanneer het voltage dat aan het positieve (+) aansluitpunt van IC1 wordt geleverd het referentievoltage overschrijdt, gaat het alarm af.

Aangezien de dual operationele versterker een hoge input impedantie (input weerstand) heeft, is het stroomverlies heel klein, en je kunt deze dus gebruiken om een timer met een hele lange instelperiode te maken. IC2 fungeert als astabiele multivibrator die het zoemend geluid produceert.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-114, 5-83-70-106-118-137-26-121, 93-63-28-132, 92-90-64-113, 65-105-91, 66-82-84-89, 67-81, 94-69-117-138, 119-124, 122-131, 27-68.

AANTEKENINGEN

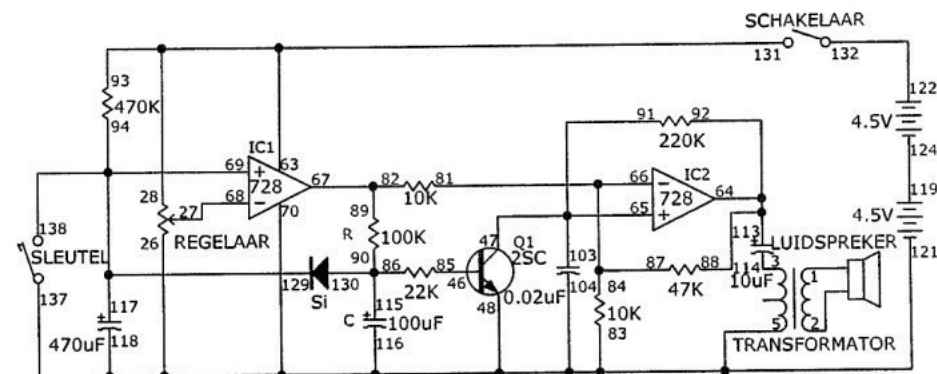


101. KOOKWEKKER

Zou je het niet leuk vinden om een kookwekker te maken die je kunt gebruiken om maaltijden te bereiden? Deze timer is dezelfde als de testtimer in het vorige project, met uitzondering van één ding. Het maakt 1 à 2 seconden een zoemend geluid, waarna hij automatisch stopt.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Wanneer je klaar bent met de bedrading, schakel dan de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten. Zet de regelaar in stand 2 en druk de sleutel in om de timer te starten. Na zo'n 40 seconden maakt de timer 1 à 2 seconden een geluid en stopt dan. Gebruik de tekening die je in project 100 hebt gemaakt om deze timer in te stellen.

Bekijk het bedradingsschema. Wanneer de ingestelde tijd voorbij is, verstuurt de comparator (IC2) een output. Na een tijdsinterval van zo'n 1 à 2 seconden geproduceerd door R en C, schakelt transistor Q1 aan waardoor de multivibrator stopt. De siliciumdiode ontladent C en herstelt het circuit in de oorspronkelijke toestand wanneer de timer wordt herstart.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-114, 5-83-70-104-116-118-137-48-26-121, 27-68, 93-63-28-131, 46-85, 91-103-65-47, 92-88-64-113, 81-84-87-66, 67-82-89, 69-94-117-138-129, 86-90-115-130, 119-124, 122-132.

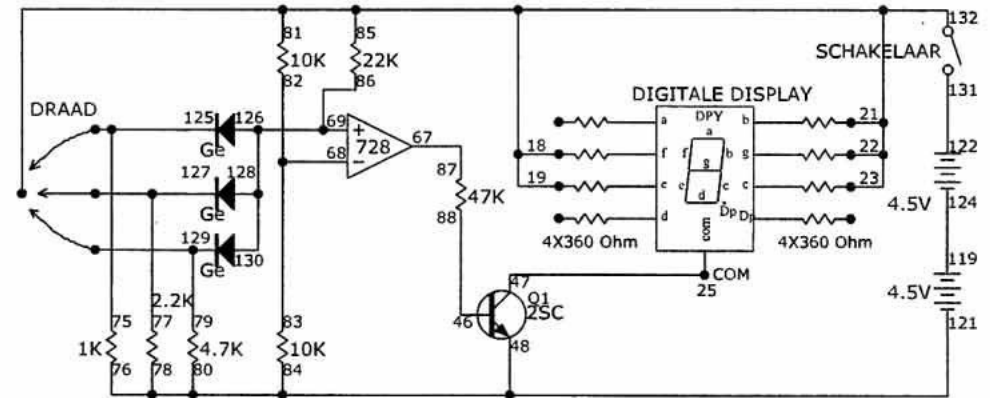
AANTEKENINGEN



102. THREE-INPUT "AND" POORT MET OPERATIONELE VERSTERKER

Wie zegt dat de operationele versterker niet kan worden gebruikt om een digitaal circuit te maken? We gebruiken er hier een om een AND-poort te maken. De LED display is de output. Als de display niets aangeeft, is tenminste één van de output-signalen logisch 0 of low; als er een H te zien is, zijn alle outputs logisch 1 of high.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, schakel dan de stroom aan door de schakelaar in stand A te zetten. De LED blijft donker. Contactveertjes 125, 127 en 129 zijn de input-aansluitpunten. Deze aansluitpunten zijn met het negatieve (-) aansluitpunt verbonden, dus de LED gaat niet branden. Contactveertje 14 is met het positieve (+) aansluitpunt verbonden, dus deze is het logisch 1 aansluitpunt. Wanneer je contactveertjes 125, 127 en 129 in verschillende combinaties met contactveertje 14 verbindt, zul je zien dat de LED alleen gaat branden en een H vertoont wanneer contactveertjes 125, 127 en 129 allemaal op contactveertje 14 zijn aangesloten – logisch 1.



Bedradingsvolgorde:

14-85-81-63-19-18-21-22-23-132, 25-47, 46-88, 78-76-83-80-70-48-121, 67-87, 68-82-84, 86-69-126-128-130, 129-75-DRAAD, 127-77-DRAAD, 125-79-DRAAD, 119-124, 122-131.

AANTEKENINGEN



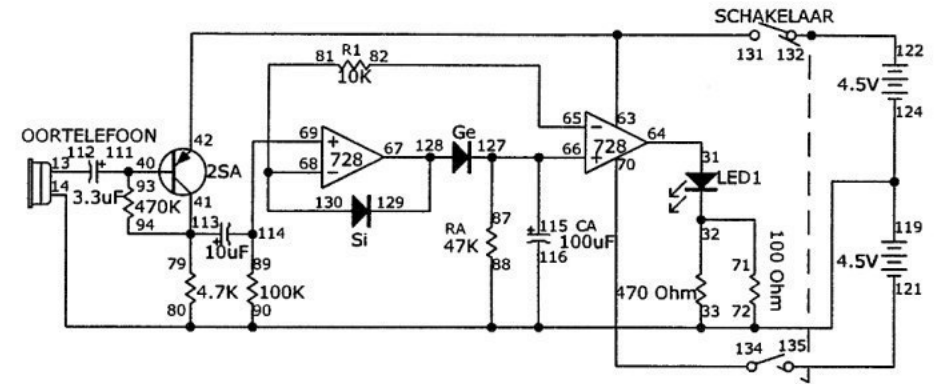
103. STEMNIVEAU METER

In dit project maken we een stemniveau meter. De helderheid van de LED in dit circuit verandert in overeenstemming met het niveau van de stem-input die van de microfoon (de oortelefoon) komt. Omdat stemniveau's snel veranderen, zal de helderheid van de LED waarschijnlijk ook snel veranderen. Om de hoogste niveau's van stem-inputs aan te kunnen tonen, gebruiken we een circuit dat een peak-hold circuit wordt genoemd. Dit laat toe dat de LED een bepaalde helderheid kan aanhouden nadat het de maximale sterkte heeft bereikt, in plaats van meteen uit te gaan.

Zet de schakelaar in stand A nadat je de bedrading hebt voltooid. Je zult de oortelefoon als microfoon gebruiken. Spreek luid of blaas hard in de oortelefoon. Je kunt de LED tijdelijk helderder zien worden, waarna hij gelijdelijk in helderheid afneemt.

Bekijk het bedradingsschema. Je kunt zien dat het signaal van de oortelefoon via de PNP transistor gaat en vervolgens de positieve (+) input van de eerste operationele versterker wordt. De output van deze operationele versterker wordt in de 100 μ F condensator opgeslagen. Het voltage van deze condensator wordt lager daar deze langzaam ontlaadt via de 47K ohm weerstand. De LED neemt in helderheid af terwijl het voltage lager wordt. Het voltage dat ervoor zorgt dat de LED gaat branden, stroomt op datzelfde moment naar de negatieve (-) input van de eerste operationele versterker. De eerste operationele versterker vergelijkt dit voltage met het input-signaal van de oortelefoon; wanneer het input-signaal groter is, wordt de 100 μ F condensator geladen, wanneer het input-signaal kleiner is, wordt er geen output geproduceerd.

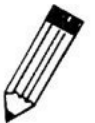
Je kunt de helderheid van de LED veranderen door weerstand RA (47K ohm) of condensator CA (100 μ F) te verwisselen.



Bedradingsvolgorde:

112-13-OORTELEFOON, 119-124-116-33-88-90-80-72-14-OORTELEFOON,
31-65-64-82, 32-71, 93-111-40, 79-94-113-41, 63-42-131, 87-66-127-115,
67-129-128, 81-68-130, 89-69-114, 70-134, 121-135, 122-132.

AANTEKENINGEN



104. POWER-ON-RESET SCHAKELING

Weet je wat een reset schakeling doet? Het activeert andere circuits en neemt stroomschommelingen waar zodat defecten kunnen worden voorkomen. In dit project veranderen we het voedingsvoltage van het circuit met behulp van de schakelaar. De stroom naar het gedeelte van het circuit dat de display vormt, is aan of logisch high wanneer de schakelaar in stand A staat; deze is uit wanneer de schakelaar in stand B staat. De LED display geeft een 1 aan wanneer het circuit is gereset.

Laten we met experimenteren beginnen. Volttooi allereerst de bedrading en zet de schakelaar in stand B. Met de schakelaar in stand B werkt het power-reset circuit op 6V en de drie LED's gaan zachtjes branden. De LED display is uit, wat inhoudt dat het display circuit niet is geactiveerd.

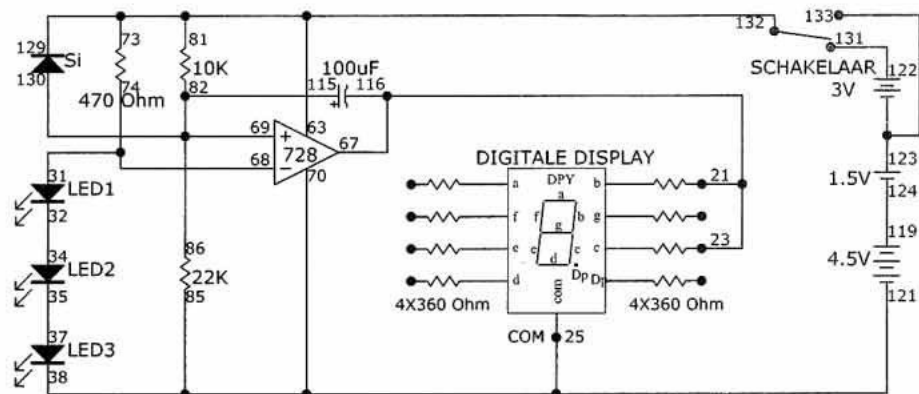
Zet de schakelaar nu in stand A. Je kunt de drie LED's nu zacht zien branden omdat het voedingsvoltage in 9V is veranderd. De LED display toont voorlopig nog geen verandering, wat aangeeft dat het circuit wordt gereset. Na een kort interval, laat de LED display een 1 zien, wat aangeeft dat het circuit is gereset en nu stabiel is.

Zet de schakelaar in stand B om de stroom terug in 6V te veranderen. Je zult zien dat de 1 op de LED display verdwijnt, omdat het display circuit nu uit is.

Bekijk het bedradingsschema terwijl je het volgende leest. De operationele versterker fungeert als comparator. Het negatieve (-) aansluitpunt ontvangt het referentievoltage van zo'n 5,4V. Wanneer de schakelaar in stand B staat, ontvangt het positieve (+) aansluitpunt zo'n 4,1V, dus de comparator staat niet toe dat de display gaat branden. Wanneer je de schakelaar in stand A zet en zo naar de 9V voeding schakelt, zorgt de 100µF condensator ervoor dat het voltage van het positieve (+) aansluitpunt van de comparator gelijdelijk toeneemt tot zo'n 6V. Wanneer dit voltage het referentievoltage van 5,4V overschrijdt, geeft de LED display een 1 aan.

Wanneer je de schakelaar in stand B zet, wordt het voltage van het positieve (+) aansluitpunt van de versterker via de diode afgegeven, waardoor het voltage meteen naar 4,1V daalt.

Alhoewel dit circuit heel eenvoudig lijkt (het bestaat slechts uit één operationele versterker), is het heel ingewikkeld en belangrijk voor later gebruik.



Bedradingvolgorde:

21-23-67-116, 85-70-38-25-121, 31-68-74, 32-34, 35-37, 73-81-63-129-132, 86-82-69-115-130, 119-124, 122-131, 123-133.

AANTEKENINGEN



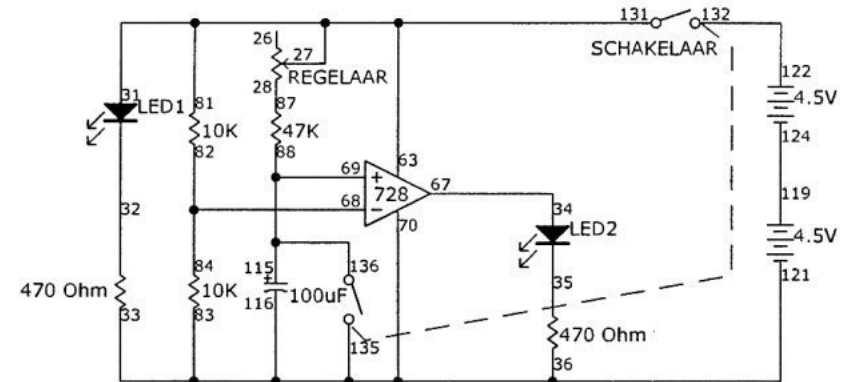
105. VERTRAAGDE TIMER

Dit circuit is een vertraagde timer die gebruik maakt van een operationele versterker en de CR tijdconstante. Je weet dat CR voor condensator/weerstand staat. Een tijdconstante is een circuit dat een werking vertraagt.

Het negatieve (-) aansluitpunt van de operationele versterker ontvangt een voltage van ongeveer 4,5V via weerstanden RA en RB. Dit is het referentievoltage van de comparator. Het positieve (+) aansluitpunt van de comparator is aangesloten op condensator C1. Deze condensator ontvangt zijn lading via de serieweerstand R2 en de regelaar. De laadsnelheid is langzamer wanneer de weerstand groot is, en sneller wanneer de weerstand klein is. Deze laadsnelheid stelt de vertraagtijd van het timer circuit in.

Draai nu de regelaar helemaal naar rechts (met de klok mee) tot in stand 10. Zet de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. LED1 gaat eerst branden; LED2 gaat 5 à 7 seconden later branden. Dit tijdsverschil van 5 à 7 seconden is de vertraagtijd die door de CR tijdconstante is ingesteld.

Schakel nu de stroom uit, draai de regelaar helemaal naar links (tegen de klok in) tot in stand 1 en kijk wat er gebeurt wanneer je de stroom weer aanschakelt. LED2 gaat weer later dan LED1 branden, maar hoeveel seconden later?



Bedradingsvolgorde:

81-31-63-27-131, 28-87, 83-33-36-70-116-135-121, 34-67, 68-82-84, 88-69-115-136, 119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN



106. PULSFREQUENTIE VERDUBBELAAR

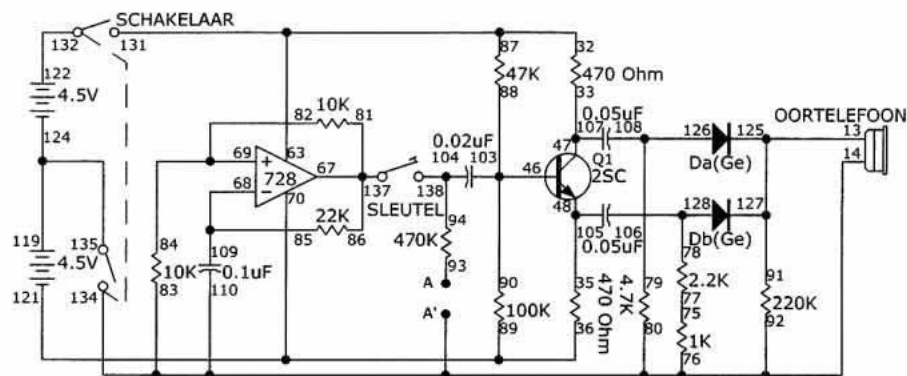
Dit is een pulsfrequentie verdubbelaar met één transistor. Het wordt een pulsfrequentie verdubbelaar genoemd omdat het de frequentie van het input-sigitaal verdubbelt.

De operationele versterker IC728 fungeert als blok golf oscillator. De output van de oscillator is een AC signaal van ongeveer 500 Hz.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Verbind de oortelefoon met contactveertjes 93 en 134 en druk de sleutel in om naar het oscilleergeluid van 500 Hz te luisteren. Luister goed naar de toonhoogte.

Verbind de oortelefoon nu met contactveertjes 13 en 14 en druk de sleutel in. Luister met behulp van de oortelefoon; dit keer hoor je een geluid dat een oktaaf hoger ligt dan het vorige geluid. Dit houdt in dat de frequentie tot 1000 Hz is verdubbeld.

Laten we nu eens gaan kijken hoe deze frequentie verdubbelaar werkt. Transistor Q1 ontvangt signalen van de operationele versterker via zijn transistorbasis. Het basisvoltage verandert samen met de oscillaties. Dit resulteert in de tegenovergestelde fasesignalen die aan de collector en emitter verschijnen – wanneer het ene signaal zich aan de top van de golf bevindt, bevindt het andere signaal zich aan de bodem van de golf. De twee outputs van transistor Q1 worden aan diodes Da en Db geleverd. De diodes laten alleen de positieve gedeeltes van de golven door. Deze twee signalen worden gecombineerd om zo de verdubbelde frequentie te leveren.



Bedradingsvolgorde:

125-127-91-13, 134-110-92-80-83-76-14, 32-63-87-131, 33-47-107, 35-48-105, 90-36-70-121, 88-89-103-46, 81-86-67-137, 85-68-109, 69-82-84, 75-77, 78-106-128, 79-108-126, 94-104-138, 119-124-135, 122-132, 13-OORTELEFOON, 14-OORTELEFOON.

AANTEKENINGEN

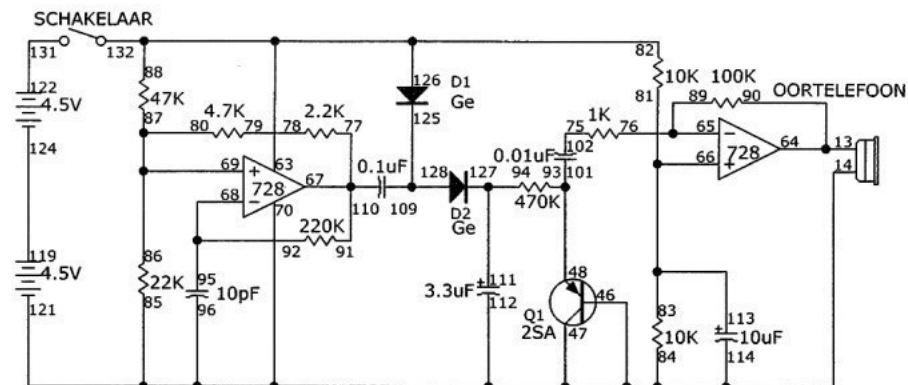


107. WITTE RUIS GENERATOR

Witte ruis is een geluid dat een breed frequentiebereik heeft. Het ruisend geluid dat je hoort wanneer je je FM radio op een gebied afstemt waar zich geen station bevindt, is zo'n witte ruis. Dit geluid heeft normaal geen enkele toepassing, maar wanneer je met elektronische muziekinstrumenten speelt, kun je witte ruis als geluidsbron gebruiken.

Wanneer je klaar bent met de bedrading van dit circuit, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Bekijk het bedradingsschema. We zullen het geluid gebruiken dat wordt geproduceerd wanneer je een omgekeerde voltage aan de basis en de emitter van transistor Q1 levert.

IC1 fungeert als oscillator. De output van deze oscillator wordt gecorrigeerd (kun je je deze term nog herinneren van projekt 99 ("Geluidsalarm")) door diodes D1 en D2 en stroomt naar Q1. IC2 versterkt het geluid zodat je het uit de oortelefoon kunt horen komen.



Bedradingsvolgorde:

64-90-13-OORTELEFOON, 121-114-112-46-70-96-84-85-14-OORTELEFOON, 93-48-101, 94-111-127, 82-88-643-132-126, 76-89-65, 113-66-81-83, 77-91-67-110, 68-95-92, 69-80-87-86, 78-79, 109-128-125, 119-124, 122-131, 102-75.

AANTEKENINGEN

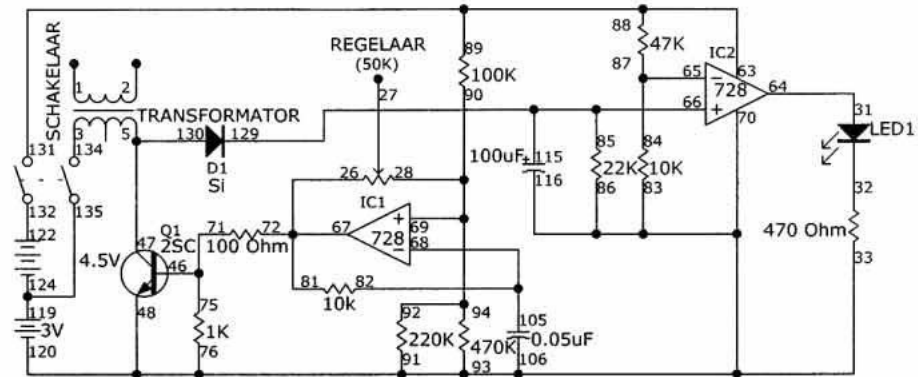


108. DC-DC CONVERTER MET OPERATIONELE VERSTERKER

Hier is een DC-DC converter circuit; het kan 3V DC versterken tot 5V DC. Voltooi de bedrading, zet de schakelaar in stand A en kijk hoe dit circuit werkt.

Bekijk het bedradingsschema. IC1 fungeert als oscillator. De output van IC1 zorgt ervoor dat transistor Q1 aan gaat. Door zelfinductie van de transformatorspoel wordt er meteen een stroom met een hoog voltage geproduceerd. Diode D1 corrigeert dit voltage en stuurt een stroom met een hoog DC voltage door. IC2 is een comparator die de voltageverhoging controleert. Wanneer het input-voltage naar IC2 hoger dan 5V is, gaat de LED branden.

Trouwens, heb je geprobeerd om aan de regelaar te draaien? Hoe beïnvloedt dit het circuit? In dit circuit wordt de regelaar gebruikt als een vaste weerstand van 50K ohms. Het draaien van de regelaar heeft geen enkel effect. (Sorry als we je bezorgd hadden gemaakt.)



Bedradingsvolgorde:

3-134, 5-47-130, 26-67-72-81, 28-69-90-92-94, 31-64,
33-76-83-86-93-91-70-106-116-48-120, 46-71-75, 89-88-63-131, 84-87-65,
85-66-115-129, 82-68-105, 119-124-135, 122-132.

AANTEKENINGEN



X. CIRCUITS VOOR COMMUNICATIE

109. OSCILLATOR MET TOONREGULATIE VOOR OEFENEN MET MORSE CODE

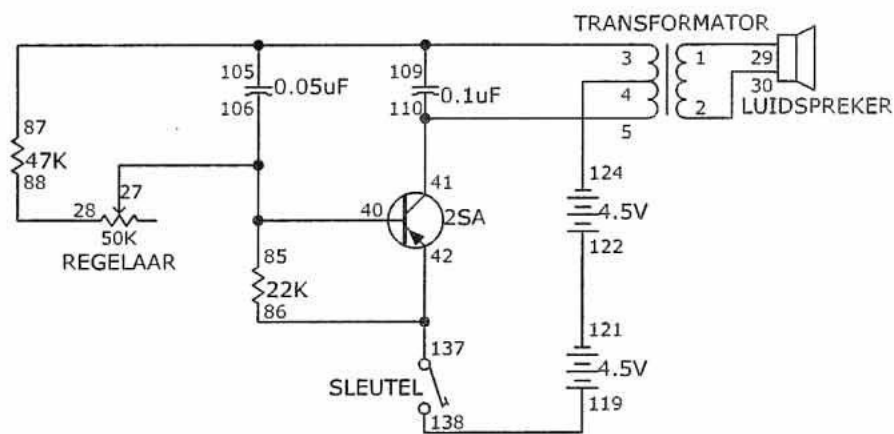
Zou je een radiozendamateur willen worden? Velen die een radiozender hebben, zijn ooit begonnen door een oscillator met een toonregulator zoals deze hier te gebruiken. De toonregulator in dit project kan heel handig zijn omdat het erg vermoeiend is om langere tijd naar dezelfde toon te luisteren. Je hoeft alleen maar de bedrading van dit circuit te voltooien en je oscillator voor het oefenen met morse code is klaar voor gebruik.

Je kunt met de verschillende tonen je eigen speciale code verzinnen, als aanvulling op de morse code – het codesysteem met punten en strepen uitgevonden door Samuel Morse. De beste manier om morse code te leren is iemand anders te zoeken die ook geïnteresseerd is in het leren van deze code. Maak een schema en oefen elke dag. Maak een vooruitgang-tabel zodat je kunt zien wat voor vooruitgang je boekt. Zend en ontvang om de beurt, en voor je het weet is de code bijna een gesproken taal geworden. Het bedienen van de sleutel wordt een automatisme, net zoals het berijden van een fiets of besturen van een auto. Je moet heel erg je best doen om tot dit niveau te komen, maar als het je lukt, zul je heel trots zijn.

Als je alleen wilt oefenen, kun je de oortelefoon gebruiken. Haal de luidspreker los en verbind de oortelefoon met contactveertjes 27 en 28. Met deze aansluitingen, fungeert de regelaar zowel als een volumeknop als als toonregelaar. Je kunt de regelaar vervangen door een vaste weerstand als je een vaste toon en volume wilt hebben.

Wanneer je de regelaar zo afstemt dat er minder weerstand in het circuit is, stroomt er meer elektriciteit naar de $0,05\mu\text{F}$ condensator, en dus laadt deze sneller tussen elke puls. De pulsen volgen elkaar sneller op, waardoor de frequentie (en de toon) hoger is. Het tegenovergestelde gebeurt wanneer de regelaar zodanig is afgestemd dat er meer weerstand is.

Als je de morse code onder de knie hebt, kun je naar de dichtstbijzijnde radiospecialzaak gaan om te kijken wat voor studiematerialen er zijn voor het schriftelijk gedeelte van het FCC (Federal Communications Commission) examen. Veel succes!



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-87-105-109, 4-124, 5-41-110, 85-106-40-27, 28-88, 86-42-137, 119-138, 121-122.

AANTEKENINGEN



110. KRISTALRADIO (RADIO MET EEN DIODE)

Geen projectenkit is volledig zonder een circuit voor een kristalradio. De meeste mensen in de elektronika hebben ooit geëxperimenteerd met dit oudste circuit van alle radiocircuits. Voordat vacuümbuizen of transistoren werden uitgevonden, gebruikte men instellingen met kristalcircuits om radiosignalen op te vangen.

De signalen van een kristalradio zijn zwak, dus je moet een oortelefoon gebruiken om geluiden op te kunnen pikken. Je oortelefoon zal deze geluiden goed reproduceren, daar het een keramische oortelefoon is en dus heel weinig stroom nodig heeft om te kunnen werken.

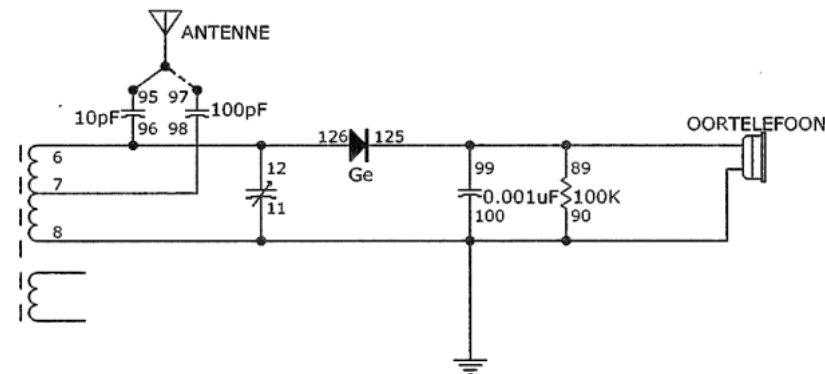
Een goede antenne en aardeverbinding zijn nodig om ver verwijderde zenders te kunnen ontvangen, maar je kunt lokale zenders horen met bijna elk willekeurig voorwerp als antenne. Een lange draad (zoals de groene draad in je kit) vormt in de meeste gevallen een goede antenne. Aarding betekent precies wat het zegt; je verbindt de draad met de grond. Een eenvoudige manier om dit te doen, is een draad met een metalen koudwaterpijp te verbinden. Als dat niet kan, kun je een metalen staaf in de grond steken en de draad daarmee verbinden.

Voltooi de bedrading aan de hand van de bedradingsvolgorde om je kristalradio te kunnen gebruiken. Er zitten twee antenne-aansluitingen op de radiocircuits in je kit, maar gebruik deze niet tegelijk. Probeer beide aansluitingen afzonderlijk en gebruik degene die de beste ontvangst geeft. Korte antenne's – 15 meter of minder – werken het best met aansluitpunt 95. Langere antenne's werken het best met aansluitpunt 97.

Het deel van de radio met de antennespoel en de afstemkondensator wordt de tank circuit genoemd. Wanneer een spoel en condensator parallel zijn geschakeld, resoneert het circuit slechts op één frequentie. Het circuit pikt dus alleen de frequentie op die ervoor zorgt dat het tank circuit gaat resoneren. De afstemkondensator verandert van capaciteit wanneer je er aan draait. Wanneer de capaciteit verandert, verandert ook de resonantie frequentie van het circuit. Je kunt op die manier op verschillende zenders afstemmen door aan de afstemkondensator te draaien. Zonder deze selectiviteit kan het zijn dat je meerdere zenders door elkaar heen hoort (of alleen een heleboel lawaai).

De signalen die door het tank circuit worden ontvangen zijn hoogfrequentie RF (radiofrequentie) signalen. Bij een zendstation worden geluidssignalen gebruikt om de amplitude (sterkte) van de RF signalen te reguleren – dit wil zeggen dat de hoogte van de RF golf verandert wanneer het geluid verandert. De diode en de 0,001 μ F condensator in dit circuit nemen de veranderingen in de RF amplitude waar en zetten het terug om in audio-signalen. Dit omzetten van de amplitude modulatie in audio-signalen wordt detectie of demodulatie genoemd.

Je kunt op veel verschillende manieren met dit circuit experimenteren, maar gebruik geen batterijen of AC stroom. Veel plezier!



Bedradingsvolgorde:

6-12-96, 7-98-126, 8-11-90-100-OORTELEFOON, 89-99-125-OORTELEFOON, 95-ANTENNE, (of 97-ANTENNE).

AANTEKENINGEN

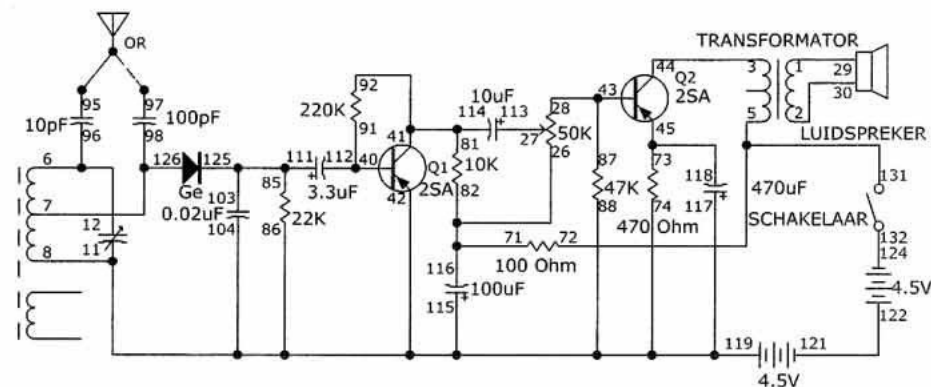


111. RADIO MET TWEE TRANSISTOREN

Dit is een ontvanger met twee transistoren met voldoende gain (versterking) om het signaal uit de luidspreker te kunnen horen. Eenvoudige radio's zoals deze hebben een goede antenne en aardingssysteem nodig. Maak de bedrading en gebruik contactveertje 74 als de aarde. Verbind de antenne met contactveertje 95 of 97. Gebruik dat veertje dat een beter resultaat oplevert.

Het detector circuit van de radio maakt gebruik van een diode en een 22K ohm weerstand. Probeer de radio zonder de 22K weerstand te gebruiken. Verwijder hiervoor eenvoudigweg de draad van contactveertje 85. Het resultaat is _____ (slechter, beter) in het geval van zwakke zenders en _____ (slechter, beter) in het geval van sterke zenders.

De basisregels van radio-ontvangst zijn hetzelfde als in projekt 110 ("Kristalradio (Radio met één Diode)"). De afstemkondensator selecteert de frequentie van de radiozender. De diode en 0,02 μ F kondensator corrigeren (detect) het audio-signaal, en veranderen het van AC in DC. Het signaal is zo zwak dat we het moeten versterken om het via de luidspreker te kunnen horen. Transistor Q1 versterkt het signaal eerst, de regelaar past vervolgens het volume aan, waarna Q2 uiteindelijk het signaal nogmaals versterkt. De luidspreker produceert uiteindelijk de versterkte geluiden.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-44, 5-72-131, 6-12-96, 7-98-126, 8-11-74-86-88-104-115-117-42-119, 71-82-116-26, 27-113, 28-43-87, 40-112-91, 81-92-114-41, 45-118-73, 85-103-111-125, 121-122, 124-132, 95-ANTENNE (of 97-ANTENNE).

AANTEKENINGEN



112. DRAADLOZE CODE-ZENDER

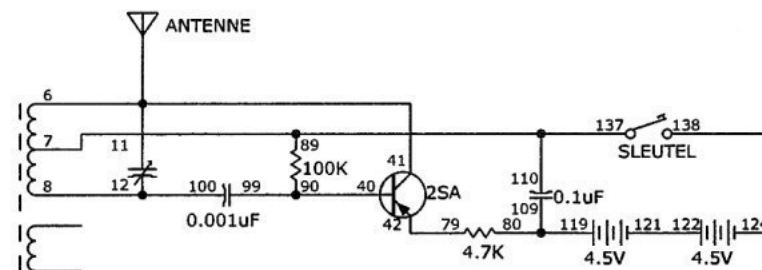
Dit project is een simpele maar effectieve code-zender zoals door het leger en amateur radiozenders over de gehele wereld wordt gebruikt. Wanneer je de sleutel indrukt en weer loslaat, gaat de zender aan en uit.

Je kunt een gewone AM radio gebruiken om de code te ontvangen die door deze zender wordt verzonden. Stem de radio op een zwakke zender af. Het zender-signaal wordt met het signaal van de zender gemixt waardoor een geluidstoon wordt geproduceerd die zweepingstoon wordt genoemd. Deze zweepingstoon stelt de code voor. Stem deze zender met behulp van de afstemkondensator zodanig af dat je de zweepingstoon in de ontvanger kunt horen wanneer je de sleutel indrukt.

Je kunt het carrier wave (CW) (draaggolf) signaal van deze zender op een communicatie-ontvanger ontvangen zonder op een andere zender af te stemmen, indien de communicatie-ontvanger een beat frequency oscillator (BFO) (oscillator voor zweepingsontvangst) heeft. De BFO trilt samen met het CW signaal van je zender en produceert de toon.

Deze oscillator verzendt een RF signaal dat door de radio wordt ontvangen. Je kunt het RF signaal niet horen omdat de frequentie heel hoog is (500.000 Hz tot 1.600.000 Hz.). Wanneer je eerst op een zwakke AM zender afstemt en vervolgens een signaal verzendt dat enigszins afwijkt van de frequentie van die zender, kun je de zweepingstoon horen die je hebt geproduceerd.

Transmissie en ontvangst van CW signalen is heel efficiënt. In geval van bepaalde noodsituaties is het zelfs de meest betrouwbare vorm van transmissie. Je zult misschien merken dat je geen antenne nodig hebt, maar als je er wel een nodig hebt, is zo'n 60-90 cm draad waarschijnlijk voldoende. Veel plezier!



Bedradingsvolgorde:

41-6-11-ANTENNE, 7-89-110-137, 8-12-100, 40-90-99, 42-79, 80-109-119, 121-122, 124-138.

AANTEKENINGEN



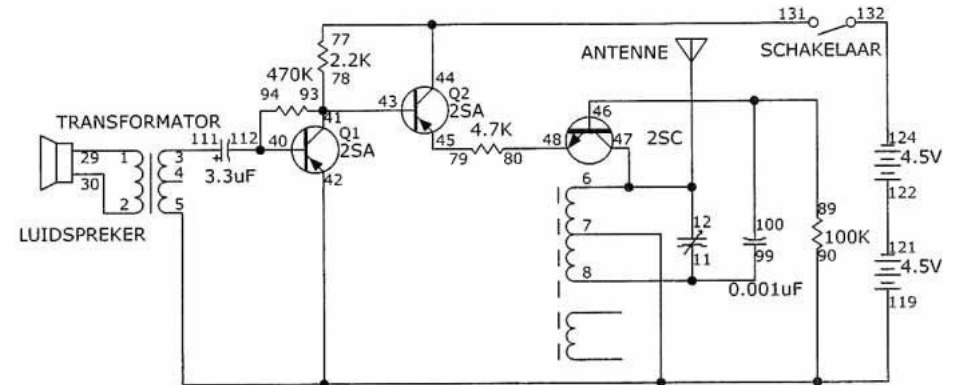
113. AM RADIOZENDER

Als je ooit een disc jockey had willen worden, dan is hier je kans. Deze AM radiozender maakt het mogelijk dat je je stem door de lucht stuurt. In het vorige project heb je een AM radiozender gebouwd, maar deze kon alleen een enkele toon of een serie punten en strepen versturen.

Wanneer je klaar bent met de bedrading, doe dan je AM radio-ontvanger aan en stem op een zwakke zender af of een gebied waar geen geluid te horen is. Begin nu in de luidspreker te spreken terwijl je aan de afstemkondensator draait, net zolang totdat je je stem op de radio hoort. Deze zender kan signalen slechts een paar meter verzenden, dus je moet je AM radio dicht bij je kit plaatsen.

Transistor Q1 versterkt het audiofrequentie signaal. Het versterkt signaal reguleert de amplitude van het RF oscillator signaal. De afstemkondensator en antennespoel stemmen het RF signaal af op de instelling van je AM radio en zenden het signaal door de antenne.

Transistor Q2 helpt met het reguleren van de amplitude van het RF signaal. De NPN transistor is een onderdeel van de RF oscillator en zorgt voor de primaire versterking van het RF signaal (voordat het AF (audiofrequentie) signaal het RF signaal moduleert).



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-111, 5-7-90-42-119, 6-12-47-ANTENNE, 8-11-99, 40-112-94, 41-43-93-78, 77-44-131, 45-79, 89-100-46, 48-80, 121-122, 124-132.

AANTEKENINGEN

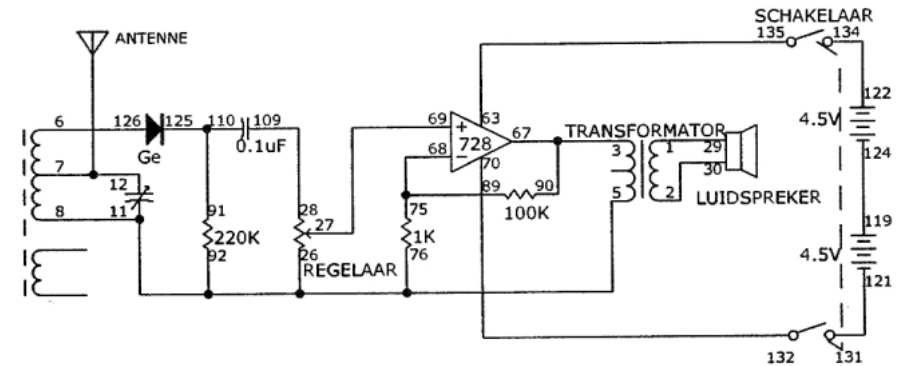


114. RADIO MET OPERATIONELE VERSTERKER

Radio's met Germanium diodes doen het over het algemeen niet zo goed, maar kunnen belangrijk zijn voor communicatie in noodsituaties omdat ze geen stroombron vereisen.

Normaal gesproken kun je alleen door een oortelefoon naar een Germanium radio luisteren, maar we hebben hier een operationele versterker aan het projekt toegevoegd zodat je er via de luidspreker naar kunt luisteren. We gaan een IC radio maken, waarbij we gebruik maken van de dual operationele versterker als een niet-inverterende versterker met twee voedingen. Dit is de eenvoudigste manier om deze IC te gebruiken.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading. Wanneer je klaar bent met de bedrading, trek dan de antenne uit, sluit deze aan op het circuit, zet de regelaar in de 12-uur stand en zet de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Draai aan de afstemkondensator totdat je een zender hoort. Om zwakkere zenders op te kunnen pikken, kun je proberen om de oortelefoon te gebruiken in plaats van de luidspreker die op contactveertjes 1 en 2 is aangesloten.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-67-90, 5-8-11-76-92-26-119-124, 6-126, 7-12-ANTENNE, 27-69, 28-109, 63-135, 68-89-75, 70-132, 91-110-125, 121-131, 122-134.

AANTEKENINGEN



XI. TESTEN EN METEN VAN CIRCUITS

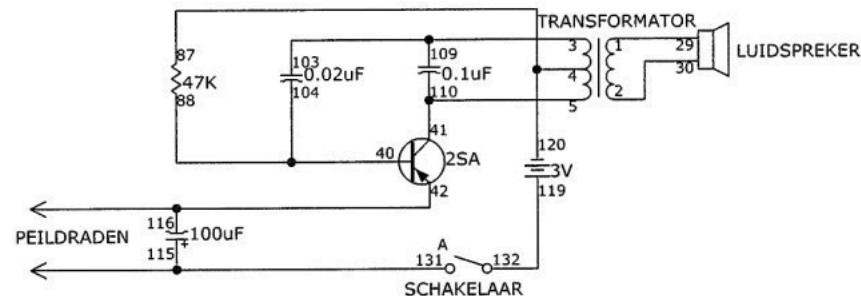
115. GELUIDSCONTINUITEIT-TESTER

Dit circuit laat een geluid horen wanneer het materiaal dat je controleert elektriciteit geleidt. Dit komt van pas wanneer je naar elektriciteitsdraden, contactveertjes of andere dingen kijkt en niet een signaallamp of LED in de gaten kunt houden. Je oren nemen het resultaat van de test waar, terwijl je ogen zich met andere dingen bezig houden.

Indien het circuit dat je test elektriciteit geleidt, zal het de verbinding vormen tussen een voeding en een standaard pulsoscillator die gebruik maakt van een gevoelige PNP transistor en zo de cirkel compleet maken. Deze tester kan vrijwel elk onderdeel op het paneel controleren. Wanneer je de diodes en transistoren controleert, vergeet dan niet dat elektriciteit alleen in één richting door deze onderdelen stroomt (tenzij ze beschadigd zijn).

Als je het bedradingsschema bekijkt, zul je zien dat de output van de transistor door de transformator naar de 0,02 μ F condensator en uiteindelijk naar de basis van de transistor loopt. De emitter van de transistor is met het TEST-contactpunt verbonden. Wanneer een voorwerp dat elektriciteit geleidt met het contactpunt wordt verbonden, begint de transistor te oscilleren (trillen).

Je kunt met deze continuïteitstester op een veilige manier bijna elk onderdeel controleren, daar de stroom van de tester maar heel klein is, namelijk 15 mA of minder. Je kunt proberen om de continuïteit te meten van potloodstrepen op papier, water, metalen oppervlakken en vele ander dingen.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-103-109, 4-87-120, 5-110-41, 88-104-40, 42-116-PEILDRAAD, 115-131-PEILDRAAD, 119-132.

AANTEKENINGEN



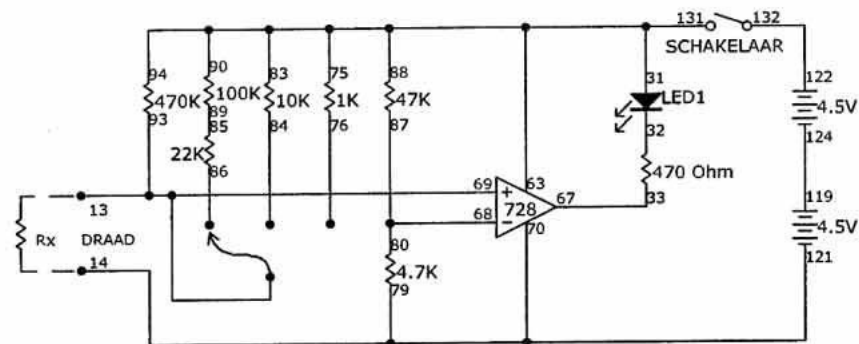
116. CONDUCTIVITEITSTESTER

Je kunt achter de exacte waarde van een weerstand komen als je een meter gebruikt; maar als je alleen maar een benaderde waarde van de weerstand wilt weten, kun je deze conductiviteitstester gebruiken.

Dit circuit zet de weerstand om in elektrische stroom en vergelijkt deze met de referentiestroom van de comparator om het benaderd bereik van de weerstand aan te geven. De comparator heeft een referentievoltage van ongeveer 0,82V.

Om dit project te kunnen gebruiken, moet je de bedrading voltooien en de schakelaar in stand A zetten om de stroom aan te schakelen. Verbind het materiaal dat je wilt testen tussen contactveertjes 13 en 14. Als de LED gaat branden, is de weerstand kleiner dan 100K ohms. Als de LED niet gaat branden, is de weerstand groter dan 100K ohms.

Als de LED brandt, sluit dan contactveertjes 93 en 86 aan en kijk of de LED aan blijft of uit gaat. Als hij uit gaat, ligt de weerstand tussen 10 en 100K ohms. Als hij aan blijft, verwijder dan de draad van contactveertje 86 en verbind deze met contactveertje 84. Als de LED uit gaat, ligt de weerstand tussen 1 en 10K ohms. Als de LED nog steeds niet uit gaat, verwijder dan de draad van contactveertje 84 en verbind deze met contactveertje 76. Gaat de LED uit? Zo ja, dan betekent dit dat de weerstand tussen 100 en 1K ohms ligt. Als hij aan blijft, dan is de weerstand kleiner dan 100 ohms.



Bedradingsvolgorde:

13-93-69-DRAAD, 14-79-70-121, 75-83-94-90-88-31-63-131, 33-67, 68-80-87, 85-89, 119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN



117. TRANSISTOR CHECKER

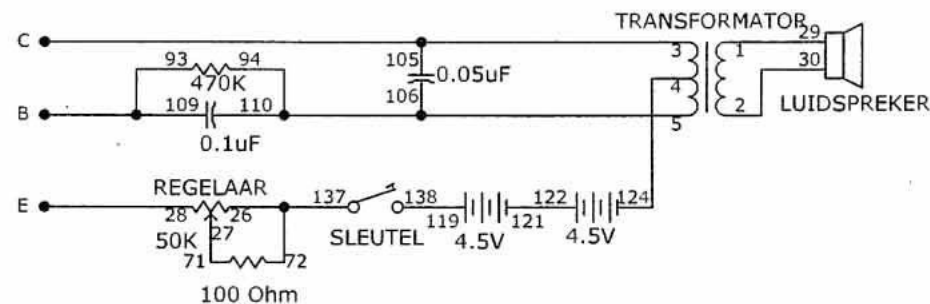
Je zult transistoren waarschijnlijk vaker testen dan welk ander onderdeel ook. Je kunt niet zien of een transistor werkt door er alleen maar naar te kijken, maar dit project laat je horen of hij al dan niet werkt. Met dit circuit kun je er ook achter komen of de transistor een PNP of een NPN transistor is.

Je zult zien dat dit project drie lange draden heeft – één voor de emitter, één voor de collector en één voor de basis. Het bedradingsschema geeft de contactveertjes aan die gebruikt moeten worden om PNP transistoren te controleren.

Om dit project te kunnen gebruiken, moet je de lange draden met de basis, collector en emitter van de transistor verbinden die je wilt testen. Draai de regelaar helemaal naar links (tegen de klok in). Druk vervolgens de sleutel in en draai de regelaar naar rechts (met de klok mee). Als je een geluid uit de luidspreker hoort, werkt de transistor als PNP transistor. Als je geen geluid hoort, verander dan aansluitingen 4-124 en 119-138 in 4-119 en 124-138 en herhaal de test. Als je dit keer een geluid uit de luidspreker hoort, werkt de transistor als een NPN transistor. Als je bij geen van de aansluitingen een geluid hoort, is de transistor kapot.

Je zult zien dat sommige transistoren die je test bij een lagere afstelling van de regelaar een geluid produceren dan andere transistoren. Deze transistoren hebben een hoge versterking of hoge gain.

Als je hoe langer hoe meer onderdelen begint te verzamelen voor andere elektronische circuits, zul je dit een handig circuit vinden om ongemerkte transistoren te testen.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-105-COLLECTOR, 4-124, 5-94-106-110, 26-72-137, 27-71, 28-EMITTER, 93-109-BASIS, 119-138, 121-122.

AANTEKENINGEN



118. SINUSGOLF AUDIO OSCILLATOR

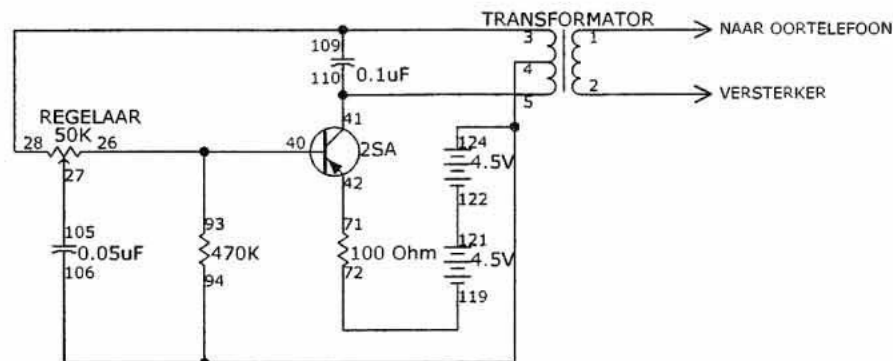
Nu zul je leren hoe je sinusgolf signalen kunt produceren. We kunnen een sinusgolf definiëren als een golf van een toon met één enkele frequentie. Een 400 hertz sinusgolf is bijvoorbeeld een golf die 400 cycli per seconde oscilleert en geen andere frequentiecomponenten bevat. Niet-sinusgolven hebben harmonische golven met frequenties die een veelvoud zijn van de basisgolf met de enkele frequentie. Een niet-sinusgolf van 400 hertz kan de 400 hertz golf (zijn basisgolf) bevatten, alsmede een 800 hertz golf (zijn tweede harmonische golf) en een 1200 hertz golf (zijn derde harmonische golf).

Een ervaren technicus kan een circuit testen door een sinusgolf te gebruiken en naar de output te luisteren. Je zult dit binnenkort ook kunnen. Als de input een sinusgolf is en er iets anders uit komt, dan moeten de ongewenste harmonische frequenties ergens anders in het circuit zijn geproduceerd.

Het deel van dit project dat een 400 hertz sinusgolf produceert, heeft:

- Een $0,1\mu\text{F}$ condensator die contactveertjes 3 en 5 van de transformator verbindt om een tank circuit te vormen dat bij zo'n 600 hertz resoneert;
- Een 470K ohm weerstand om de basis van de transistor een klein beetje aan te zetten;
- Een instelbare terugkoppelschakeling inclusief de regelaar en de $0,05\mu\text{F}$ condensator;
- Een 100 ohm weerstand die met de emitter is verbonden om het circuit te helpen stabiliseren en te voorkomen dat het geluid wordt vervormd.

Sluit de oortelefoon aan op contactveertjes 1 en 2 van de transformator. Begin met de regelaar in de maximum stand – 10 – en zet deze langzaam in een lagere stand terwijl je naar de kwaliteit van de toon van de output luistert. Voordat de trillingen stoppen, zul je een punt bereiken waar je maar één toon hoort. Deze laatste heldere toon is de sinusgolf. Herhaal dit hele proces totdat je zonder moeite een sinusgolf van een vervormde golf kunt onderscheiden.



Bedradingsvolgorde:

1-OORTELEFOON, 2-OORTELEFOON, 3-28-109, 4-94-106-124, 5-41-110, 26-40-93, 27-105, 42-71, 72-119, 121-122.

AANTEKENINGEN



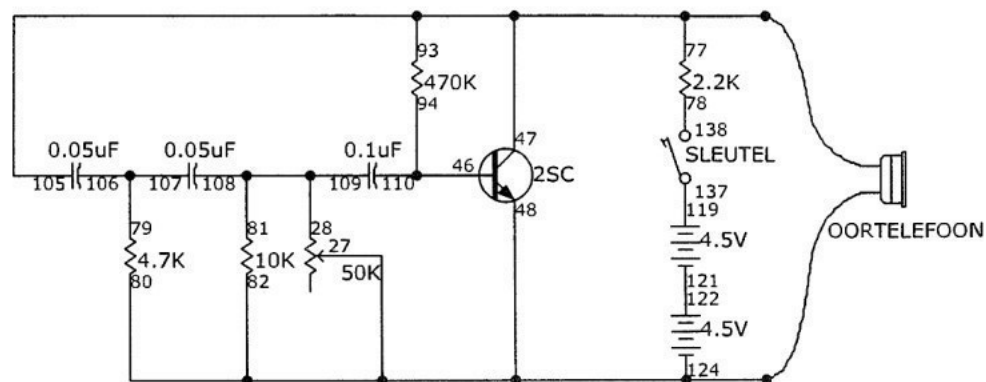
119. SINUSGOLF OSCILLATOR MET MINIMALE VERVORMING

In dit project bouw en bestudeer je een sinusgolf oscillator met minimale vervorming. Bouw dit project nadat je het vorige project hebt gebouwd en bestudeerd. Deze oscillator heeft minder vervorming dan de oscillator in het vorige project, omdat deze geen transformator heeft; transformatoren kunnen gemakkelijk voor vervorming zorgen vanwege hun niet-lineaire eigenschappen.

Net zoals in het vorige project, moet je naar de toon van deze oscillator luisteren en de regelaar afstemmen om de enkele toon met het helderste geluid te vinden (de toon met de minste vervorming). Begin ook hier met de regelaar in de hoogste stand. In de stand van de regelaar waarbij er minimum vervorming is, is de frequentie ongeveer 300 hertz.

Dit circuit wordt een RC faseverschuiving oscillator genoemd en wordt als een basis sinusgolf oscillator beschouwd. Oscillaties vinden plaats vanwege de positieve feedback van de signalen. De weerstanden (R) en condensatoren (C) vormen het pad voor de feedback. De signalen van de collector van de transistor gaan via de RC circuits naar de basis van de transistor. Elke keer wanneer de signalen de RC circuits passeren, vindt er een korte tijdsvertraging plaats. Met andere woorden, de op en neer gaande beweging van de golf (de fase) verplaatst enigszins. Dat is waarom we het faseverschuiving noemen. Nadat het signaal door het circuit is gegaan, verschuift de fase 180 graden. Wanneer het voltage aan de collector toeneemt, wordt deze toename teruggekoppeld naar de collector met de fase verschoven. Wanneer het voltage aan de basis toeneemt, daalt het voltage aan de collector. Deze zich herhalende kringloop zorgt ervoor dat de oscillator gaat oscilleren (trillen).

Wanneer je de instelling van de regelaar verandert, verandert de frequentie. Dit komt doordat de mate van faseverschuiving verandert. De kwaliteit van de toon verandert ook. Stem de regelaar zo af dat je de helderst mogelijke toon hoort. In die stand wordt een sinusgolf geproduceerd.



Bedradingsvolgorde:

124-27-48-82-80-OORTELEFOON, 47-105-93-77-OORTELEFOON, 81-109-109-28, 94-110-46, 78-138, 79-106-107, 119-137, 121-122.

AANTEKENINGEN



120. DUBBELE-T AUDIO OSCILLATOR

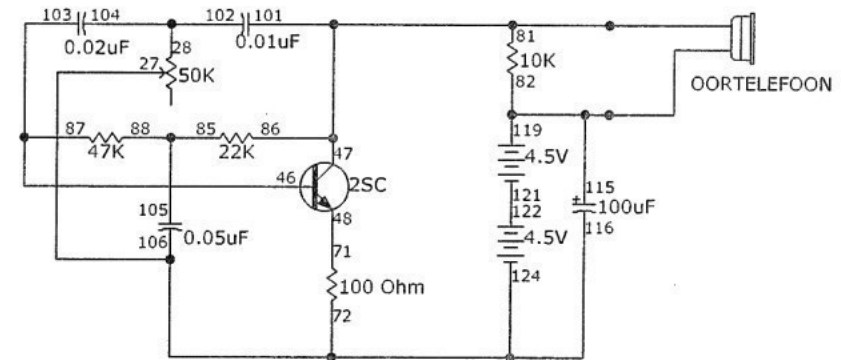
Omdat deze heel stabiel is, wordt de dubbel-T audio oscillator vaak gebruikt in elektronische orgels en elektronische testapparatuur.

De oscillatiefrequentie is afhankelijk van de weerstanden en condensatoren in het dubbel-T netwerk. De letter T wordt gebruikt omdat voor dit circuit de weerstanden en condensatoren zodanig in het bedradingsschema zijn gerangschikt dat ze de letter T vormen. De term "dubbel" wordt gebruikt vanwege het feit dat er twee T-netwerken parallel met elkaar zijn gecombineerd. De condensatoren in serie verschuiven de fase van de golf; de weerstanden in serie leveren voltage aan de basis van de transistor en verschuiven ook de fase van de golf.

Stem het circuit voorzichtig af om een pure sinusgolf output te verkrijgen net zoals in de vorige twee projecten. Draai de regelaar heel langzaam helemaal naar links of rechts totdat je een toon in de oortelefoon hoort die heel laag is en op de laagste noot van een groot pijporgel lijkt. Deze stand van de regelaar zou tussen 7 en 10 moeten liggen.

Wanneer de oscillatie is begonnen, verstel de regelaar dan voorzichtig om de stand te vinden waarin het meest heldere lage geluid is te horen.

Je kunt op veel verschillende manieren met dit circuit experimenteren. We raden je aan om verschillende waarden voor de 10K ohm en 470 ohm weerstanden uit te proberen, als ook batterijen met hogere en lagere voltages. Als je een VOM hebt, kun je ook proberen om de circuit voltages te meten.



Bedradingsvolgorde:

72-106-116-27-124, 28-104-102, 46-103-87, 47-101-86-81-OORTELEFOON, 48-71, 119-115-82-OORTELEFOON, 85-88-105, 121-122.

AANTEKENINGEN



121. TOONGENERATOR MET PULSOSCILLATOR

Dit project is een puls-toon oscillator met verstelbare frequentie die een breed bereik aan noten kan produceren. Met wat oefening kun je melodiën spelen die op het geluid van een elektronisch orgel lijken.

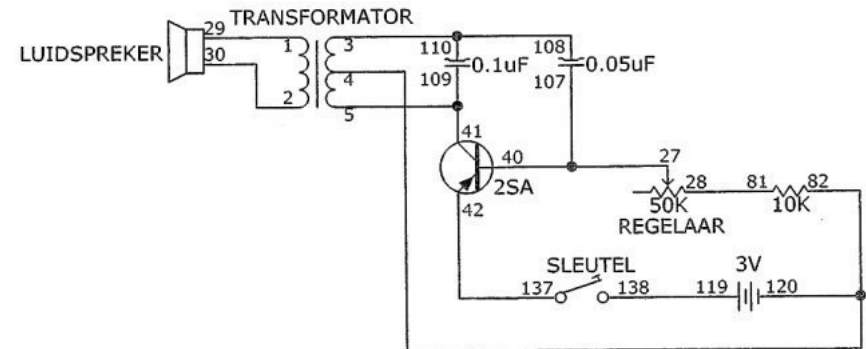
Om een melodie te spelen, moet je de regelaar op de juiste noot afstemmen en de sleutel indrukken. Stem de regelaar vervolgens opnieuw af voor de volgende noot en druk opnieuw de sleutel in.

Wanneer je de sleutel de eerste keer indrukt, stroomt de basisstroom rond de lus die door de batterij, de 10K ohm weerstand, de 50K ohm weerstand, de transistor-basis en -emitter, en de sleutel wordt gevormd.

De basisstroom zorgt ervoor dat de collectorstroom rond de lus kan vloeien die door de 3V voeding, de onderste helft van de transformatorspoel, de transistor-collector en -emitter, en de sleutel wordt gevormd.

De stroom die in de transformator vloeit, zorgt ervoor dat er een stroom rond de lus vloeit die wordt gevormd door de bovenste helft van de transformatorspoel, de 0,05 μ F condensator, de transistor-basis en -emitter, de sleutel, de batterij en weer terug naar het middelste aansluitpunt (2) van de transformator. Deze stroom laadt de 0,05 μ F condensator snel (in minder dan 0,0001 seconden) tot zo'n 4V met een polariteit die negatief is aan de kant van de transformator en positief aan de kant van de transistor basis. De output activeert de luidspreker alleen terwijl de stroom in de transformator vloeit.

Het laden van de 0,05 μ F condensator stopt wanneer het geproduceerde voltage van de bovenste helft van de transformatorspoel stopt. De condensator begint dan opnieuw te laden. Zodra het ontladen begint, wordt het voltage van de condensator hoger dan het voltage van de batterij. Het voltage met omgekeerde polariteit wordt aan de basis van de transistor geleverd en de transistor gaat uit. Alle transistor-uiteinden gedragen zich nu als open circuits. De condensator ontladt rond de lus die wordt gevormd door de bovenste transformatorspoel, de 10K ohm weerstand en de 50K ohm weerstand. Wanneer je de regelaar in een lagere stand zet, gaat het ontladen sneller, zodat het gehele proces zich sneller herhaalt en een hogere frequentie ontstaat. Zodra de 0,05 μ F condensator ontladt tot even onder de 3V van de batterij, wordt de cyclus herhaald.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-108-110, 4-82-120, 27-40-107, 28-81, 5-41-109, 42-137, 119-138.

AANTEKENINGEN



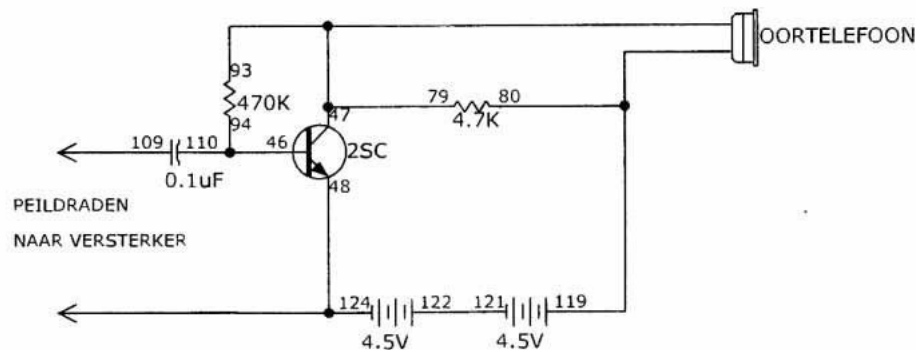
122. AUDIO SIGNAALTRACER

Dit projekt is een eenvoudige audio versterker met transistor die als audio signaaltracer wordt gebruikt. Je kunt deze versterker gebruiken om problemen met transistor audio apparatuur te achterhalen. Wanneer een circuit niet goed werkt, kun je de draden met verschillende aansluitpunten in het circuit verbinden totdat je het stadium of het onderdeel vindt dat het signaal niet doorlaat.

De $0,1\mu\text{F}$ input condensator blokkeert DC, dus je kunt in de circuits rondneuzen zonder bang te zijn dat je het circuit beschadigt.

Het versterker circuit is een circuit met een common emitter. Dit houdt in dat de emitter van de transistor direct met de input en de output van de oortelefoon is verbonden. Zijn basisstroom is een self current. De stroom van de transistor collector levert stroom aan de basis (via de 470K ohm weerstand). Dit zorgt voor een stabiliserende negatieve DC feedback.

Je kunt deze versterker gebruiken om transistorradio's of versterkers te testen die moeten worden gerepareerd.



Bedradingsvolgorde:

46-110-94, 47-79-93-OORTELEFOON, 124-48-DRAAD, 119-80-OORTELEFOON, 109-DRAAD, 121-122.

AANTEKENINGEN



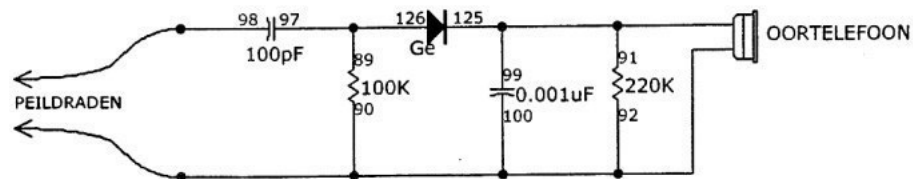
123. RADIOFREQUENTIE SIGNAALTRACER

Dit projekt is een breedband, onafgestemde RF signaaltracer. Je kunt hem gebruiken om erachter te komen waar RF ruis en storing vandaan komt en om antennesignalen te zoeken. Dit circuit lijkt op een onafgestemde kristalradio.

We gebruiken de 100pF condensator voor de input in dit circuit omdat deze DC en de 60 hertz stroom lijnfrequentie blokkeert, zodat de draden vrijwel alles kunnen aanraken zonder dat je bang hoeft te zijn dat je een elektrische schok krijgt. Maar je moet natuurlijk nooit opzettelijk met hoge voltages spelen.

Verbind de peildraden tussen geaarde objecten en andere metalen voorwerpen die als antenne kunnen fungeren. Je zult zien dat je met behulp van dit circuit allerlei AM signalen en ruis kunt ontvangen.

Sommige ruis die je hoort en identificeert, is afkomstig van elektronische CDI ontstekingssystemen in auto's, lichtdimmers, fluorescerende lampen of schakelaars die aan en uit gaan.



Bedradingsvolgorde:

89-97-126, 90-92-100-OORTELEFOON-PEILDRADEN, 125-99-91-OORTELEFOON, 98-PEILDRADEN.

AANTEKENINGEN

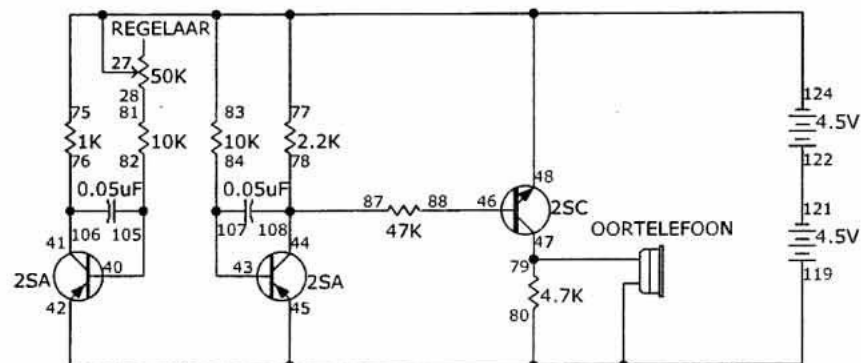


124. BLOKGOLF AUDIO OSCILLATOR

Je kunt blokgolven ook als testsignalen gebruiken. Blokgolven worden geproduceerd door multivibrator oscillatoren. Als het goed is, weet je nog dat je een dergelijk circuit in vorige projecten gebruikte. De naam blokgolf is afgeleid van het patroon dat het signaal op een oscilloscoop produceert (zie hieronder).



Voltooi de bedrading van dit circuit en je zult het geluid horen dat door een blokgolfsignaal wordt geproduceerd. Je kunt de toonhoogte en de frequentie van het signaal veranderen door de regelaar te verstellen. Hierdoor verandert de stroom die aan de bases van de PNP transistor wordt geleverd.



Bedradingsvolgorde:

77-75-48-27-124, 28-81-83, 40-107-84, 41-106-76, 119-42-45-80-OORTELEFOON, 43-105-82, 78-87-108-44, 46-88, 47-79-OORTELEFOON, 121-122.

AANTEKENINGEN



125. ZAAGTANDGOLFOSCILLATOR

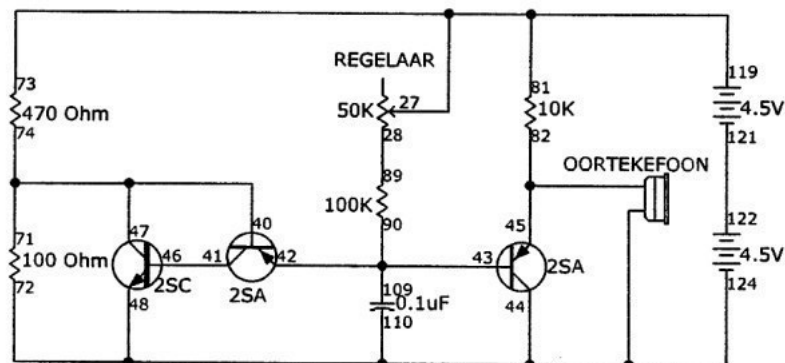
Wanneer je het signaal van deze oscillator met een oscilloscoop verbindt, verschijnt er een patroon dat op de tanden van een zaag lijkt (zie hieronder).



De vorm van deze golf wordt veroorzaakt door de $0,1\mu\text{F}$ condensator die langzaam oplaadt via de regelaar en de 100K ohm weerstand, en zich snel ontladaat via de PNP en NPN transistoren.

De spanningsdeler – de 470 ohm en 100 ohm weerstanden – levert ongeveer $1,6\text{ volts}$ aan de transistoren. De elektriciteit die van de 9V voeding (via de regelaar en de 199K ohm weerstand) in de $0,1\mu\text{F}$ condensator stroomt, zorgt ervoor dat de lading van de condensator langzaam toeneemt. Wanneer de lading van de condensator het voltage van de spanningsdeler ($1,6\text{V}$) overschrijdt, gaan de transistoren aan die zo een pad vormen waarlangs de $0,1\mu\text{F}$ condensator snel kan ontladen. De transistoren gaan nu opnieuw uit, en de condensator begint langzaam te laden waarna het hele proces zich herhaalt.

Je kunt de frequentie van de oscillator veranderen door de waarden te veranderen van de onderdelen in het timer circuit – de regelaar, de 100K ohm weerstand en de $0,1\mu\text{F}$ condensator. Probeer een 47K ohm of 220K ohm weerstand in plaats van de 100K ohm weerstand, als ook verschillende condensatoren. Wanneer je één van de elektrolytische condensatoren aansluit, hou dan de juiste polariteit in de gaten (+ en -).



Bedradingsvolgorde:

73-81-27-119, 28-89, 71-74-47-40, 41-46, 42-43-90-109,
124-44-48-110-72-OORTELEFOON, 45-82-OORTELEFOON, 121-122.

AANTEKENINGEN

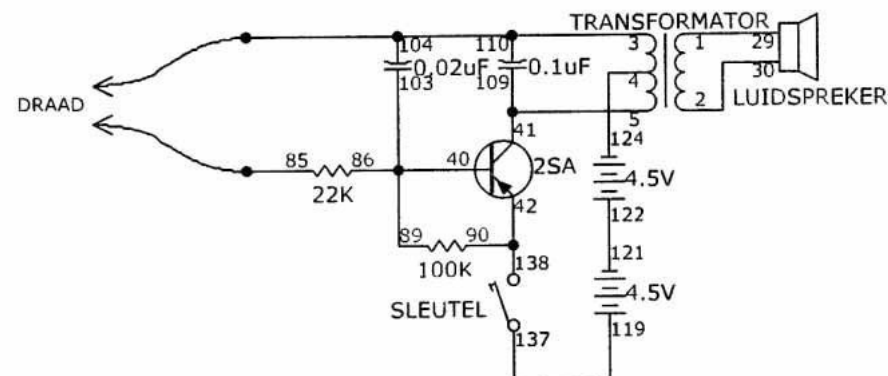


126. REGENDETECTOR

Dit circuit werkt als een regendetector. Wanneer de weerstand tussen de lange draden groter dan zo'n 250 ohms is, kan er geen stroom aan het circuit worden onttrokken – ongeacht de stand van de sleutel: open of dicht. Wanneer de sleutel wordt ingedrukt en water (of iets anders met een weerstand kleiner dan zo'n 400K ohms) aan beide testdraden wordt geplaatst, zal de luidspreker een toon produceren.

Sluit de draden op andere draden of metalen platen aan die op een geïsoleerd oppervlak zijn gelegd. Wanneer water het circuit rondmaakt door de twee draden of platen te bedekken, gaat het alarm af.

Deze oscillator is van het basis puls type dat we verschillende keren in deze kit hebben gebruikt. De 22K ohm weerstand beschermt het circuit tegen overmatige basisstroom, voor het geval de draden kortsluiting maken. De 100K ohm weerstand zorgt ervoor dat eventuele stroom van een lekkende transistor de oscillator niet aan kan schakelen.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-104-110, 124-4-DRAAD, 5-41-109, 86-89-103-40, 42-90-138, 85-DRAAD, 119-137, 121-122.

AANTEKENINGEN



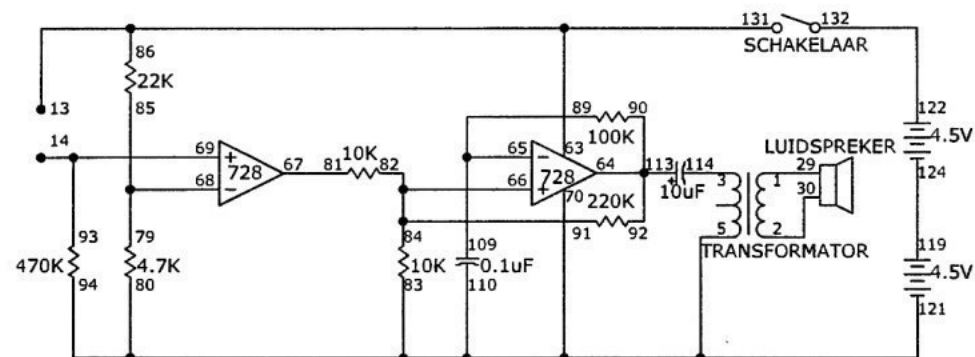
127. WATERNIVEAU ZOEMER MET OPERATIONELE VERSTERKER

Je kunt de dual operationele versterker als een comparator gebruiken om veranderingen in het voltage waar te nemen. In dit project gaan we deze comparator-functie toepassen om een waterzoemer te maken die geluid maakt wanneer het uiteinde van de draad in contact komt met water.

Zet de schakelaar in stand B en voltooi de bedrading van het circuit. Wanneer je klaar bent met de bedrading, zet dan de schakelaar in stand A om de stroom aan te schakelen. Als het goed is, hoor je geen geluid uit de luidspreker. Verbind nu de twee output aansluitpunten met een draad. Je zult nu een geluid uit de luidspreker horen.

Raak de twee output aansluitpunten aan met je vingers. Als de luidspreker opnieuw een geluid maakt, stroomt er elektriciteit door je lichaam omdat het uiteinde van de draad met zweet in contact komt.

Dit project maakt gebruik van twee dual operationele versterkers. IC1 fungeert als comparator. Het negatieve (-) input aansluitpunt van de IC heeft een referentievoltage van ongeveer 1,6V. Wanneer een voltage hoger dan 1,6V aan het positieve (+) input aansluitpunt wordt geleverd, zorgt de output van de comparator ervoor dat IC2 als astabiele multivibrator kan werken.



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-114, 5-83-80-94-70-110-121, 13-86-63-131, 14-93-69, 65-89-109, 66-82-84-91, 64-90-92-113, 67-81, 68-79-85, 119-124, 122-132.

AANTEKENINGEN



128. METAALDETECTOR

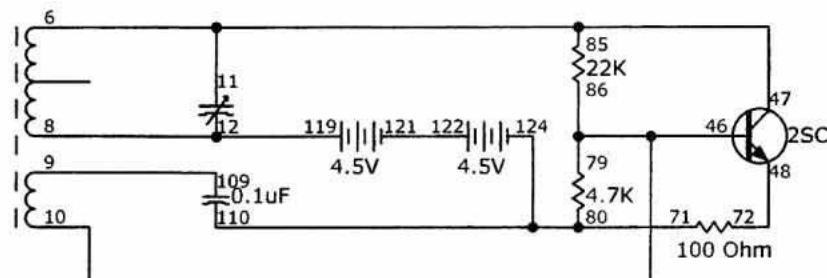
Dit projekt laat zien hoe een metaaldetector werkt. Wanneer de spoel vlakbij het metaal komt, verandert de frequentie van de oscillator; je weet dan dat er een metalen voorwerp in de buurt is. Dit type metaaldetector is gebruikt om verloren schatten, begraven buizen, verborgen landmijnen enz. te vinden. Tijdens oorlogen werden ze gebruikt om vele levens te redden door mijnen en booby-traps te lokaliseren die door de vijand waren geplaatst.

Dit circuit is een oscillator met kleine vervorming dat slechts een milliamp van de 9V voeding gebruikt. Door het gebruik van een kleine stroom kan het metaal een maximaal effect op de oscillatiefrequentie hebben.

Gebruik een kleine transistorradio die is afgestemd op een zwakke AM radiozender als detector. Stem de oscillator af totdat je een zwevingstoon met een lage frequentie hoort. Deze zwevingstoon is het verschil tussen het signaal van een radiozender en deze oscillator. Plaats de radio niet dichterbij dan nodig. De beste positie is die positie waar de niveau's van de twee signalen ongeveer gelijk zijn. Dit zorgt voor een maximale gevoeligheid.

Gebruik sleutels, plastice voorwerpen, muntstukken e.d. om de detector uit te proberen. Een echte metaaldetector heeft natuurlijk geen ferrietspoel zoals deze. Echte metaaldetectors maken meestal gebruik van een spoel met luchtkern die is afgeschermd door een aluminium elektrostatisch scherm dat een Faraday electrostatic shield wordt genoemd.

Als de oscillator niet oscilleert, wat je ook doet, probeer dan de draadverbindingen met contactveertjes 9 en 10 om te draaien. Als hierdoor het probleem is opgelost, verwissel dan deze draadverbindingen aan de onderzijde van het paneel zodat je de juiste contactveertjes voor dit en andere dergelijke projecten kunt gebruiken.



Bedradingsvolgorde:

6-11-85-47, 8-12-119, 9-109, 10-79-86-46, 48-72, 71-80-110-124, 121-122.

AANTEKENINGEN



129. WATERNIVEAU ALARM

Dit elektronische circuit is een radiozender/alarm apparaat dat wordt gebruikt om stijgende waterniveau's van rivieren, dammen en afvoerkanalen in de gaten te houden. De alarmsignalen worden door een standaard AM radio ontvangen. Wanneer de platen of draden voor het watercontact uit het water zijn, is het circuit niet compleet en er is dus geen RF output. Wanneer de contacten met water in aanraking komen, geeft een RF output die door de radio wordt ontvangen aan dat het waterniveau de hoogte van de contacten heeft bereikt.

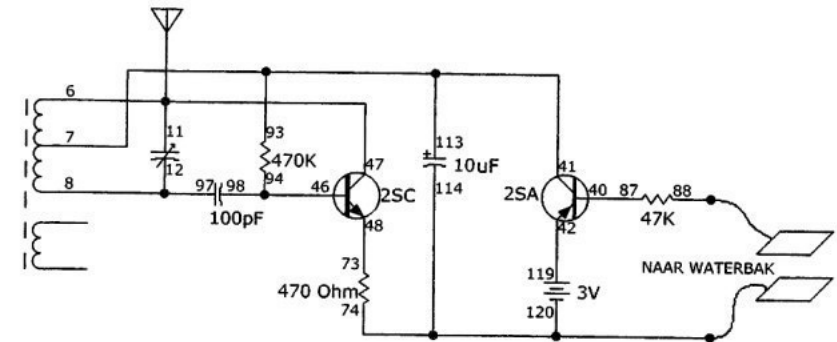
De emitter van de NPN transistor in het RF oscillator circuit is via de 10 μ F kondensator aangesloten op het middelste contactveertje van de ferrietspoel. Bij deze frequenties fungeert de kondensator als een kortgesloten circuit. Feedback naar de basis gaat via de 100pF kondensator. De 470K ohm weerstand levert de basisstroom die de transistor aanschakelt.

Merk op dat de stroom van de batterij door de PNP transistor moet stromen om het oscillator circuit te kunnen bereiken en weer terug te kunnen komen. Aangezien de draden van elkaar zijn gescheiden, is de enige stroom die kan vloeien de lekstroom van de collector naar de emitter met de basis open. Deze zwakke stroom kan de RF oscillator niet van voldoende energie voorzien.

Wanneer de draden door het water worden verbonden, kan er wat stroom door het water stromen zodat een basisstroom aan de PNP transistor geleverd wordt. Deze basisstroom zorgt ervoor dat de PNP transistor aan gaat zodat oscillator-stroom met weinig weerstand tussen de collector en de emitter van de PNP transistor kan stromen. We gebruiken de 47K ohm weerstand om de stroomweerstand te beperken. Zonder deze weerstand zou de PNP transistor kunnen doorbranden als gevolg van een overdosis aan stroom, vooral wanneer de peildraden elkaar per ongeluk zouden raken.

Wanneer de transistor aan is, produceert de RF oscillator een RF signaal. De peildraden kunnen van bijna elk soort geïsoleerde geleider worden gemaakt, maar grote oppervlakken zorgen voor de snelste aanschakeling.

Plaats een AM radio-ontvanger vlakbij en stem deze op een zwakke zender af. Stem vervolgens met de afstemkondensator de oscillatiefrequentie zodanig af zodat je het geluid via de radio kan horen.



Bedradingsvolgorde:

47-11-6-ANTENNE, 7-93-113-41, 8-12-97, 40-87, 42-119, 46-98-94, 48-73, 74-114-120-WATER, 88-WATER.

AANTEKENINGEN



130. DRIE-TRAPS WATERNIVEAU INDICATOR

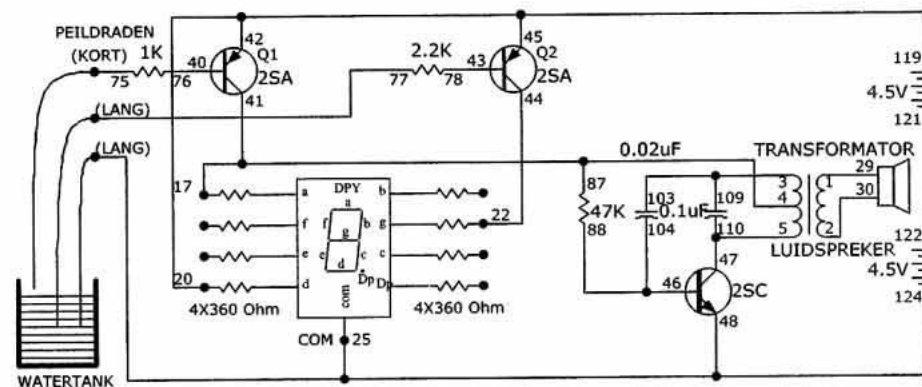
Dit project gebruikt de LED en een audio oscillator alarm om drie verschillende niveau's van water in een bak aan te geven. Het water wordt als geleider gebruikt om de circuits compleet te maken en het waterniveau aan te geven.

Wanneer het water lager staat dan alle drie draden, brandt alleen het onderste deel van de LED (D) (laag waterniveau).

Wanneer het water tot een niveau stijgt waar het de twee lange draden raakt die met contactveertjes 77 en 124 zijn verbonden (maar waar het nog niet de kortere draad bereikt), zal de basisstroom transistor Q2 aanschakelen en het middelste deel van de LED (G) gaan branden (middelmatig waterniveau).

Wanneer het water een zodanig niveau bereikt dat alle drie draden met het water in aanraking komen, wordt de basisstroom aan transistor Q1 geleverd waardoor het bovenste deel van de LED (A) gaat branden. De audio oscillator wordt ook geactiveerd om voor een hoog waterniveau te waarschuwen.

Je kunt deze bedrading natuurlijk ook veranderen zodat de LED display letters of symbolen vertoont die de verschillende waterniveau's aangeven. Kun je enkele goede symbolen bedenken? (Wat dacht je van L=laag, M-midden en H=hoog?)



Bedradingsvolgorde:

1-29, 2-30, 3-103-109, 4-17-41-87, 5-47-110, 20-42-45-119, 22-44,
25-48-124-DRAAD, 40-76, 43-78, 46-104-88, 75-DRAAD, 77-DRAAD, 121-122.

AANTEKENINGEN



INDEX

We hebben deze lijst toegevoegd om je te helpen experimenten en circuits te vinden waarin je misschien speciaal geïnteresseerd bent. Veel van de experimenten zijn twee, drie of vier keer in de lijst opgenomen – daar ze op veel verschillende manieren kunnen worden toegepast. Je zult zien dat sommige onder circuits voor plezier zijn gerangschikt, ookal vielen ze daar niet onder bij de beschrijving van de projecten; desalniettemin zul je merken dat sommige van deze circuits ook andere toepassingen hebben.

Wil je meer over een bepaald type circuit te weten komen? Maak dan gebruik van deze index om alle andere toepassingen van een bepaald circuit op te zoeken – ga dan naar de gevonden toepassing(en) en lees wat we bij elke toepassing hebben geschreven. Je zult merken dat je door heen en weer te bladeren veel meer details over circuits zult oppikken dan wanneer je in de aangegeven volgorde van het ene projekt naar het andere gaat.

Gebruik deze index en je eigen creativiteit; we zijn er zeker van dat je op deze manier heel wat extra plezier met je Lab Kit zult beleven.

BASIS ELEKTRONISCHE CIRCUITS EN ONDERDELEN

Diodes: 27, 29, 34, 88, 90, 99, 106, 107, 115

Geïntegreerd: 34, 70

Kondensatoren: 2, 5, 6, 15, 16, 17, 22, 32, 48, 49, 60, 67, 120, 124

Multivibrators: 48, 50, 53, 87, 88

Set/reset: 55, 56

Timing: 10

Transformatoren: 119

Weerstand: 1, 6, 12, 17, 20, 26, 65, 72, 79, 82, 107, 109, 116, 125, 128

CIRCUITS VOOR HET PLEZIER

Alarm: 55, 68, 69, 83, 94, 99, 100, 125, 128, 129

Audio oscillatoren: 49

Code-zender: 112

Elektronische kat: 3

Geluid: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 18, 21, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 68, 69,
75, 84, 85, 86, 87, 94, 98, 99, 101, 107

Grootvaders klok: 10

Machinegeweer: 5

Metaaldetector: 127

Metronoom: 9, 88

Motorfiets: 6

Musical: 9, 11, 107

Persistence of vision / NABEELD: 14

Radio: 4, 5, 12, 44, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 122, 123, 127, 128

Regendetector: 125

RF signaal tracer: 123

Schot in het donker: 59

Sirene: 7, 8, 18, 84, 85, 86, 87, 94

Stroboscoop: 13

Timer: 51, 52, 89, 100, 101, 105, 124

Zoemen: 53, 54, 83, 100

GEïNTEGREERD CIRCUIT PROJECTEN

IC radio: 114

Versterker: 21, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 88, 89, 90, 91, 92, 95, 97,
102, 103, 108, 126

Versterker toepassingen: 21, 75

LED DISPLAY

LED display: 14, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 66, 93, 96, 102, 104, 129

Logisch: 26, 27, 28, 29, 34, 37, 96, 104

LOGISCHE EN COMPUTER CIRCUITS

AND poort: 27, 36, 40, 41

Data: 47

DTL: 27, 28, 29, 30, 35

Exclusive OR: 30, 38

Flip-flop: 32, 33, 44, 45, 55, 56

Inverterend: 70, 75, 76, 77, 80, 95, 114

Lijn: 46

NAND poort: 29, 43

NOR poort: 39

OR poort: 37, 38, 39, 42

TTL: 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 65, 87, 89, 110,
128

Voeding: 27, 75, 76, 77, 78

NATUURLIJK WETENSCHAPPEN PROJEKTEN

Elektrische energie: 58

Vis: 5

OSCILLATOREN

Blokgolf: 64, 81, 82, 123

Blokkeren: 17

Oscillatoren: 4, 49

Sinusgolf: 118, 119, 120

SCHAKELING EN REGULATIE CIRCUITS

Relay: 25

Transistor: 32, 33, 63, 64, 80, 106, 111, 117

TESTAPPARATUUR

Transistor checker: 117

Voltmeters: 26, 61

Waterniveau: 130

ZENDERS

Code: 109, 112

Stem: 10, 58, 95, 99, 103, 113

Toon: 7, 8, 11, 16, 49, 60, 62, 65, 69, 79, 109, 112, 113, 118, 121

LIJST VAN ONDERDELEN

Antennehouder	Knop regelaar, plastic	Schroef 2,6 x 5 mm (1)
Batterij contact metaal S (4)	Knop sleutel hendel, plastic	Schroef 3 x 8 mm (11)
Batterij contact metaal W (4)	Kondensatoren	Schuifschakelaar
Batterij doos plastic (2)	10pF, keramische disk type	Sleutel hendel metaal
CdS buis plastic	100pF, keramische disk type	Staafantenne 350µH met 5 uiteinden
CdS cel	0,001µF, keramische disk type	Transformator output (900 ohm CT : 8 ohm)
CdS houder plastic	0,01µF, keramische disk type	Transistoren
Digitale display PCB montage	0,02µF, keramische disk type	2SA733 Q PNP, Si (2)
bestaande uit	0,05µF, keramische disk type (2)	2SC945 Q, NPN, Si
LED digitale display LT-312	0,1µF, keramische disk type	Variabele condensator (afstemmen) 265pF
PCB voor digitale display	3,3µF, 25-volt elektrolytisch type	Variabele weerstand (regelaar) 50K-B
Weerstand 360 ohm (8)	10µF, 16-volt elektrolytisch type	Veertje medium (138)
Diode Germanium 1N60 / 1K60 (2)	100µF, 10-volt elektrolytisch type	Weerstanden
Diode Silicium 1SS53 / 1N4148	470µF, 10-volt elektrolytisch type	100 ohm
Draad voor batterijdoos	Lichtemitterende diode (3)	470 ohm
Rood 200 mm (2)	Verbindingsplaatje 3 mm (2)	1K ohm
Oranje 200 mm (2)	Luidspreker 57 mm, 8 ohm	2,2K ohm
Zwart 200 mm (2)	Luidspreker houder plastic	4,7K ohm
Draden	Moer 3 mm (9)	10K ohm (2)
Wit, 75 mm (20)	Oortelefoon, keramisch type	22K ohm
Rood, 150 mm (30)	Paneel plastic (L)	47K ohm
Blauw, 250 mm (20)	Paneel plastic (R)	100K ohm
Geel, 350 mm (5)	Paneel plastic (binnenkant) (L)	220K ohm
Zwart, 380 mm (2)	Paneel plastic (binnenkant) (R)	470K ohm
Groen, 3M (2)	Paneel plastic (binnenkant) (bovenkant)	
Geïntegreerd circuit 74LS00	Papieren paneel	
Geïntegreerd circuit BA728	PCB voor 74LS00	
Knop afstemmen, plastic	PCB voor BA728	