

Voltage Control met

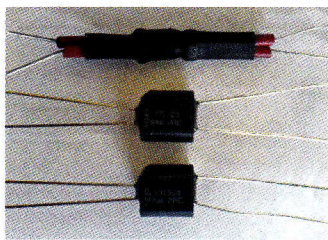


- afbeeldingen op groot formaat
- boek Budgetronics als pdf
- rtf-files voor circuit.jar

Voltage control, dat was toch wel hét kenmerk van de modulaire synthesizers uit het analoge tijdperk. In plaats van met de hand via een potmeter een parameter instellen kon je dat met een variabele elektrische spanning doen. Zo'n voltage kon ook worden geleverd door bijvoorbeeld de output van een oscillator. Door middel van spanningssturing kun je zo heel complexe patches maken.

door Ernst Bonis > ernst@interface.nl

In deze aflevering van Art of Noise maken we kennis met spanningssturing oftewel voltage control. Het belangrijkste element hiervoor is de transistor, een fundamentele elektronische bouwsteen die we in veelvoud in miniatuurvorm aantreffen in de zogenoemde integrated circuits (geïntegreerde schakelingen). Wij gaan aan de slag met een zo'n losse transistor, die we toepassen als stroombron voor het aansturen van de helderheid van een led (light emitting diode). Die led stuurt op zijn beurt een ldr (lichtgevoelige weerstand). Daartoe worden led en ldr samen ingetaped, of via een krimpkousje lichtdicht met elkaar verpakt. Je kunt zo'n duo in een lichtdichte behuizing ook kant en klaar kopen. Dan heet het een vactrol.



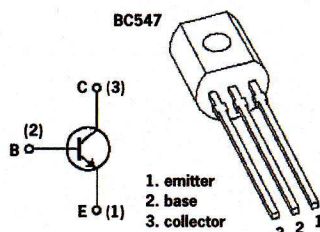
Commerciële en handmade vactrol

Zelf maken is echter veel goedkoper en werkt net zo goed. Met de hoeveelheid licht van de led kan de weerstandswaarde van de ldr worden geregeld. Afhankelijk van waar die ldr zich in de schakeling bevindt, kunnen we zo een parameter besturen. Bijvoorbeeld, de weerstandswaarde in een filterschakeling waarmee we dan de filterfrequentie moduleren. Maakt de ldr deel uit van een spanningsdeler, dan kan zo een vca (voltage controlled attenuator, oftewel verzwakker) worden gemaakt.

De transistor als stroombron

Transistors zijn er in vele soorten en worden onder meer toegepast als elek-

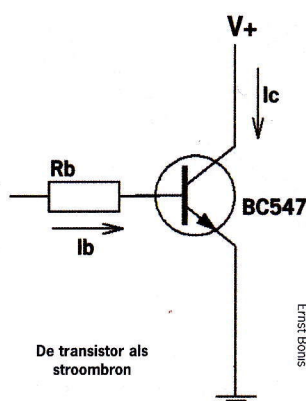
tronische schakelaars en versterkers. We beperken ons in deze aflevering tot het werkpaard uit de elektronica: de BC547. Dat is een zogenoemde NPN transistor. NPN staat voor de drie lagen halfgeleidermateriaal, afwisselend N, P en N, waaruit de transistor intern is opgebouwd. We gaan hier nu niet verder op in, maar zullen de werking van de transistor ontdekken door ingang en uitgang met elkaar te vergelijken.



In afbeelding BC547 zien we de de transistor samen met het elektronica-symbool voor een NPN transistor. Een component met drie aansluitingen: de basis (b), de emitter (e) en de collector (c). In wezen is een transistor een stroomgestuurde stroombron. Met een heel kleine ingangsstroom op de basis kan een veel grotere uitgangsstroom van collector naar emitter worden geregeld. Zo'n basisstroom verkrijgen we door een spanning via een weerstand aan te sluiten.

In de overgang van basis naar emitter zien we een pijltje dat we al kennen als het symbool voor een diode. En in die overgang van basis naar collector bevindt zich inderdaad zo'n diode. Zoals bekend laat de diode alleen stroom door in de richting van het pijltje. Maar voordat de diode gaat geleiden, moet er een drempelspanning worden overwonnen, de zogenoemde ventielwerking. Die drempelspanning bedraagt 0,7V.

Stel we sluiten 5V aan de basis via een weerstand van 47k. Om te beginnen gaat er 0,7V verloren door de drempelspanning, we houden dus 5-0,7=4,3V



De transistor als stroombron

over. Volgens de wet van Ohm loopt er nu een basis-emitterstroom van $4,3/47000=0,0914\text{mA}$. De versterkingsfactor (β); ook wel aangegeven als hFE) van de transistor bepaalt grofweg de grootte van de collectorstroom. Met een β van 200 levert dat 18,28mA op ($200 \times 0,0914$). Grofweg, omdat er bij de collectorstroom eigenlijk ook nog de basis-emitterstroom moet worden opgeteld. Die is in verhouding zo klein dat we die voor het gemak maar verwaarlozen.

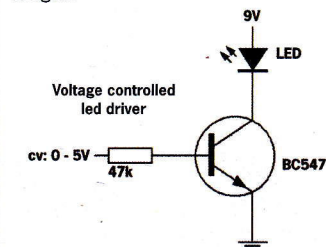
Circuit

Opmerkelijk is dat de collectorstroom vrijwel onafhankelijk is van het aangesloten collectorvoltage.

Je kunt nu aan de slag gaan met de gratis Java applet Circuit van Paul Falstad (www.falstad.com). Met dit elektronicasimulatieprogramma worden voltages, stromen en golfvormen geanimeerd in beeld gebracht. Naast het programma zelf krijg je er ook nog heel veel voorbeeldsimulaties bij. Deze demo's zijn verpakt als rtf-bestanden, die je in het circuit kunt importeren. Wat je zelf bouwt, kun je dan exporteren naar een rtf-bestand.

Laad 'de transistor als stroombron.rtf' (te vinden op Xtra.nl) en importeer dit tekstbestand in circuit.jar. Experimenteer met het aangesloten basisvoltage en de collectorspanning, en je zult zien dat de

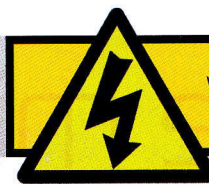
collectorstroom inderdaad voornamelijk wordt bepaald door de basisstroom, onafhankelijk van de collectorspanning. Bij een collectorvoltage lager dan 0,36V gaat het pas mis en zakt de collectorstroom in elkaar. Via de basisweerstand hebben we zo met de transistor een spanningsgestuurde stroombron verkregen.



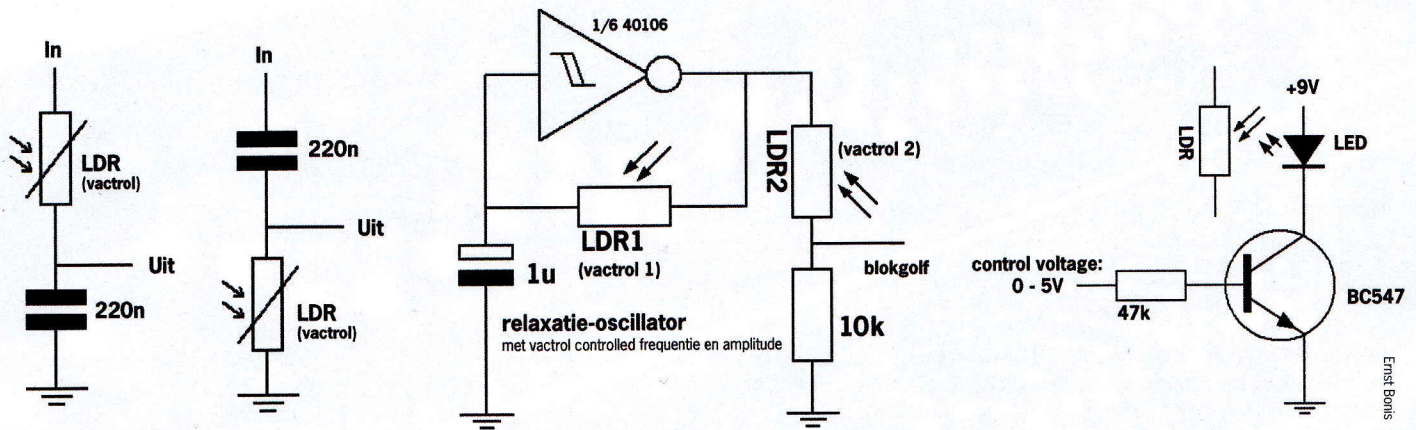
Ernst Bonis

De lichtopbrengst, dus de helderheid, van een led is niet afhankelijk van het aangesloten voltage, maar van de hoeveelheid stroom die door de led vloeit. Wordt de stroomsterkte te groot, dan brandt de led door. De transistor als spanningsgestuurde stroombron is dus uitermate geschikt om de helderheid van een led te regelen. Als we ervoor zorgen dat de stroom door de led niet groter wordt dan circa 20mA, verkrijgen we een mooie mix tussen maximale lichtopbrengst en levensduur van de led. Dat wordt bereikt door de basisweerstand van 47k (respectievelijk 68k; zie paragraaf Let op) samen met de maximale stuurspanning van 5V. (Zie afbeelding voltage controlled led driver.) Laad 'vc led driver.rtf' en importeer dit tekstbestand in circuit.jar. Je ziet nu dat je met een stuurspanning van 0 tot 5 volt heel precies de lichtsterkte van de led kunt regelen.

Low pass gate en high pass gate Door de regeling van de lichtsterkte kan in de ldr de weerstandswaarde worden gemoduleerd. Wat dat voor effect heeft, hangt uiteraard af van de functie van de ldr in de schakeling. Een bekende vactrolschakeling uit de jaren zestig was de low pass gate in het modulaire Buchla-systeem. Dit is een eenvoudig laag-



transistor en vactrol

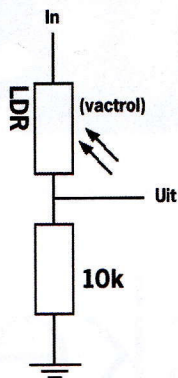


Low pass gate en high pass gate

Vactrol controlled relaxation oscillator

Voltage control met vactrol

doorlaafilter, waarin de kantelfrequentie werd bepaald door de hoeveelheid licht op de lichtgevoelige weerstand. Leds waren er toen nog niet, men gebruikte lampjes. Een eigentijdse uitwerking van de low pass gate zie je in de gelijknamige afbeelding. Door condensator



Ernst Bonis

Voltage controlled volume en frequentie

en weerstand van plaats te wisselen verkrijgen we een high pass gate, zoals je in de afbeelding ziet.

Als de ldr in een vactrol deel uitmaakt van een spanningsdeler, kunnen we een spanningsgestuurde verzwakker maken (zie afbeelding vactrol controlled attenuator). De ldr en de weerstand van 10k vormen samen een spanningsdeler. Wordt de ldr maximaal belicht, dan is de weerstandwaarde van de ldr heel laag ten opzichte van de vaste weerstand van 10k. Het uitgangssignaal wordt dan vrijwel zonder verzwakking doorgelaten. Valt er geen licht op de ldr, dan is de weerstandwaarde van de ldr heel hoog ten opzichte van de 10k weerstand. Nu wordt het signaal maximaal verzwakt.

In afbeelding vactrol controlled relaxation oscillator zie je twee aparte vactrol-besturingen: een voor het volume (via ldr1) en een voor de frequentie (met ldr2).

Let op

De versterkingsfactor (bèta) van de transistor BC547 kan variëren, afhankelijk van het type BC547A of BC547B. Type B heeft een hogere versterkingsfactor. Maar ook binnen type A en B kan de versterking behoorlijk variëren. In de schakelingen ben ik uitgegaan van type A met een versterkingsfactor van 200. Zou je gebruik maken van type B met een bèta van 300, neem dan als basisweerstand een waarde van 68k in plaats van 47k. Door de verschillen in versterkingsfactoren kan het zijn dat je met de aangegeven uitgangswaarden van 47k en 68k toch te snel bij maximale brilliancie van de led uitkomt. Verhoog dan de waarde van de basisweerstand en vindt zo het optimale regelbereik.

De schakeling voltage control met vactrol (zie afbeelding) is zodanig gedimensioneerd dat deze schakeling direct kan worden aangestuurd met signalen uit een analoge (modulaire) synthesizer. Denk er dan wel aan dat de schakeling alléén werkt met positieve stuurspanningen van 0 tot 5 volt. Bij een hogere stuurspanning dan 5V wordt de stroom die door de led vloeit te groot en kan zodoende voor doorbranden zorgen.

Hier zie je een proefschakeling op breadboard van de vactrol controlled low pass gate. Rechts de ingang naar de ldr die samen met de condensator een laagdoorlaafilter vormt. Door de

lichtvariatie op de ldr via de helderheid van led (samen de DIY vactrol) wordt de filterfrequentie gemoduleerd. Links vind je de uitgang van de low pass gate. De potmeter is met beide uiteinden aangesloten tussen de plus en aarde; de looper vormt zo een variabele spanningsdeler waarmee de gewenste stuurspanning kan worden gesimuleerd.

Als je deze schakeling definitief wilt bouwen, gebruik dan voor de in- en uitgang afgeschermd audiosnoer. Houd de andere verbindingen zo kort mogelijk. Bouw het geheel bij voorkeur in in een metalen behuizing en verbindt de behuizing met aarde. ■

BOODSCHAPPENLIJST

- 1x breadboard
- 1x 9V batterij met connectors
- 1x transistor BC547
- 1x ic: CMOS-ingangen van het 4049
- 1x led
- 2x ldr
- 1x vactrol
- weerstanden: 10k, 47k
- condensators: 220nF
- elco condensators: 1µF

Literatuur

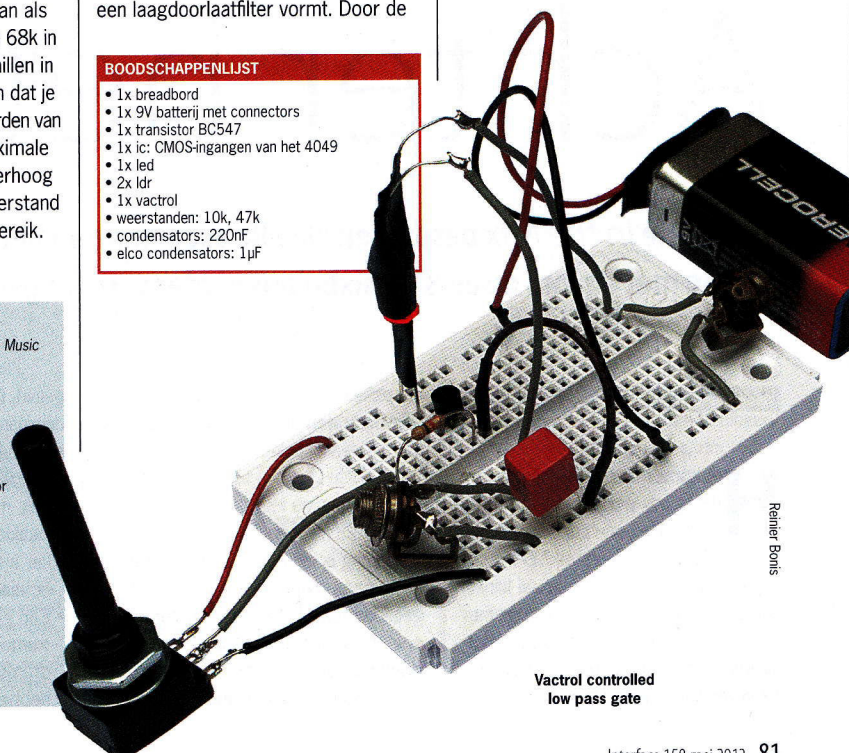
- Nicolas Collins - *Handmade Electronic Music* (2nd edition)

Internetlinks

- Circuit elektronicasimulatie-applet, circuit.jar: www.falstad.com
- rc-filter calculator: www.muzique.com/schem/filter.htm
- <http://nl.wikipedia.org/wiki/Transistor>
- www.williamson-labs.com/480_xtor.htm#animations (transistoranimations)

Online elektronica winkels

- www.budgetelectronics.com
- www.conrad.nl
- www.deradiobeurs.nl/webwinkel
- www.muco.nl
- www.newtone-online.nl
- www.rotor.eu



Reiner Bonis

Vactrol controlled low pass gate