

FM bug

Roeland J. Dilz
(Z)weetvoetje

4 januari 2009

1 Woord vooraf

Een FM-bug is een simpele FM-zender van zeer klein tot klein vermogen. Het is een zeer simpele zender, en daardoor goed na te bouwen. Zelfs grasgroene beginners krijgen het soms wel voor elkaar een FM-bug te bouwen, maar meestal pas na veel vallen en opstaan. Het is zeker niet één van de simpelste dingen om te bouwen. Maar als je een beetje doorzettingsvermogen en verstand bezit, dan moet het voor een beginner wel doenbaar zijn om dit te bouwen.

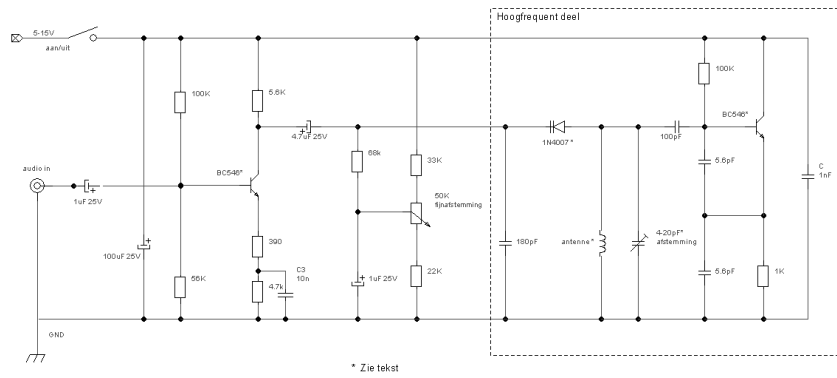
Dit schema is niet de simpelste FM-bug, maar wel één van de beteren. De geluidskwaliteit is beter dankzij pre-emphasis en een varicap, de stabiliteit is beter dankzij de combinatie van spoel en antenne in plaats van een losse spriet antenne. Hij is erop gemaakt om zo goed mogelijk nabouwbaar te zijn voor een beginnening, ondanks het hogere aantal onderdelen acht ik de kans op slagen toch groter bij deze bug dan bij veel andere schema's. De prijs van de onderdelen is niet noemenswaardig hoger. Voor 10 euro moet het heel goed mogelijk zijn om alle onderdelen te kopen.

Het bouwen van een FM-bug is legaal in Nederland, maar het gebruik ervan is **illegaal**. Hoewel de kans kleins is dat je daadwerkelijk gepakt wordt zijn de boetes wel dusdanig hoog dat je dat risico ook moet vermijden. Houdt rekening met andere mensen die radio willen luisteren. Als je hun luisterplezier verstoort zouden ze wel eens naar het agentschap telecom kunnen bellen, waarna de apparatuur in beslag genomen wordt, inclusief alle aangekoppelde audio-apparatuur en 1200 euro.

Er is ook een reel risico dat een FM-bug die op de verkeerde frequentie staat afgesteld storingen kan veroorzaken bij bijvoorbeeld radiocommunicatie in de luchtvaart. Ga er dus niet mee zitten klooiën! Een FM-bug is gemaakt met als enige doel om muziek een klein stukje door het huis heen te zenden van bijvoorbeeld een computer of MP3-speler naar een radio, en dat hoeft voor anderen geen problemen op te leveren. Het bereik is vrij klein, rond de 5 meter in huis, maar dat is van vanalles afhankelijk. **Probeer het bereik niet te vergroten met 'een extra trapje'**. Dat levert gegarandeerd problemen op. Hij is instabiel (de frequentie verandert veel) en zelfs als ie op de goede frequentie staat, dan wordt er nog steeds uitgezonden op andere hogere frequenties. Dankzij het zeer kleine vermogen van een FM-bug hoeft dat geen probleem op te leveren voor anderen. Maar als je er meer vermogen uit gaat persen krijg je zeer vele problemen.

Wij van Circuitsonline zijn NIET aansprakelijk voor de rottigheid die je met een FM-bug uit kan halen!

2 schema



3 Werking

De eerste bc546 is zo ingesteld (met behulp van de condensator bij de emitter) dat het lage tonen niet versterkt, en hoge tonen wel. Dit is de zogenoemde pre-emphasis. Dit zorgt ervoor dat de hoge tonen vanaf zo'n 2kHz sterker doorkomen dan de rest. Dit is nodig, want men heeft afgesproken om de hogere tonen sterker door te zenden dan de lagere. Dit is handig omdat er op hogere tonen meer ruis ontstaat. Als je de hogere tonen dan harder uitzend, dan komen ze makkelijker boven de ruis uit. De ontvanger filtert de hoge tonen dan weer terug tot het goede niveau, en tijdens dat filteren wordt dan ook meteen de ruis die dus vooral in de hoge tonen zit mee weggefilterd.

Daarna komt het signaal op de varicap-diode. De capaciteit van een diode hangt af van de (sper)spanning over de diode heen. Hoe groter de spanning, hoe kleiner de capaciteit. Nou staat er behalve het audio-signaal ook een gelijkspanning uit de 50kOhm instelpotmeter over de varicap. De spoel, de varicap, de trimmer en de 5.6pF condensatoren vormen samen een LC-kring. De resonantiefrequentie van zo'n LC-kring hangt af van de capaciteit van de condensatoren. Door aan de trimmer te draaien kan de frequentie grof ingesteld worden. De spanning over de varicap bepaalt op een veel fijnere manier de frequentie. (de trimmer is over een bereik van zo'n 16pF instelbaar, de varicap-diode over een bereik van zo'n 1pF). De hoogte van het audiosignaal bepaalt dus de frequentie, en als het audiosignaal heen en weer gaat, dan verandert dus ook de zendfrequentie, dit noemt men frequentiemodulatie. Om het makkelijk te maken om de frequentie in te stellen zit er ook nog een potmetertje aan. Met dit potmetertje valt de frequentie fijn in te stellen, wat erg handig is. Het bereik van de potmeter is zo'n 2MHz op een halve slag, terwijl het bereik van de trimmer zo'n 50MHz op een halve slag draaien is.

De tweede transistor is een oscillator. Om dat te begrijpen moet je snappen wat een LC-kring is. (een spoel en een condensator parallel) Zo'n ding heeft de eigenschap dat als je er een beetje stroom in stopt, dat dan de stroom even gaat trillen, en dan weer langzaam uitdempt. Een beetje zoals een schommel waar je een duwtje tegen geeft. Net zoals bij een schommel de tijd waarin een schommel heen en weer gaat bepaald wordt door de grootte van de zwaartekracht en de lengte van de touwen, wordt de snelheid waarmee de trilling heen en weer gaat in een LC-kring bepaald door de grootte van de spoelen en de condensatoren. Als je een schommel wil laten blijven schommelen, dan moet je er steeds een duwtje tegenaan geven, en wel op het goede moment. Je moet kijken waar de schommel is, en een duwtje geven wanneer het het goede moment is. Dit is precies wat de transistor doet. Als de spanning over de LC-kring stijgt, dan stijgt de spanning op de basis van de transistor, en dan geeft ie een extra duwtje in de vorm van een extra beetje stroom dat via de emitter afgeeft/opslurpt. Dit komt via de 2 condensatoren van 5.6pF in de LC-kring terecht. Deze oscillator zorgt ervoor dat er steeds stroom de ene kant op gaat en dan weer de andere kant op door de spoel. Een spoel geeft dan een magneetveld dat steeds in richting wisselt, en dit zorgt dan weer voor elektromagnetische golven die je met de radio kan ontvangen.

4 Bouw

4.1 onderdelen

Voor de transistoren hoeven niet per se bc546 gebruikt te worden, bc547/548 e.d. voldoen ook. Bijna alle normale NPN-transistoren voldoen wel.

De diode mag ook best een ander type dan de 1n4007 zijn, bijna alle diodes hebben wel een varicap effect. (eigenlijk is een 1n4007 een simpele gelijkrichtdiode, maar hij doet het ook best als varicap.) Waarschijnlijk voldoen bijna alle simpele diodes wel. Maar de 1n4001-4007 zijn goed verkrijgbaar, en ik raad aan om er zo eentje te nemen.

Voor de potmeter kan je een klein instelpotmetertje nemen, maar je kan een ook grotere nemen waar je een knop op kan zetten. Het is maar net wat je handig vindt.

Voor de spoel kan men volstaan met een lus van 3 bij 4cm. Het type draad maakt niet uit, maat het is handig om stevig koperdraad te gebruiken, omdat dit goed in de vorm blijft zitten waarin je het vouwt. 1mm dik is goed. Je kan het best geïsoleerd draad pakken, want dan maakt het niet zoveel uit als het per ongeluk iets anders aanraakt.

De elco's mogen hogere spanningen hebben dan in de schakeling staat aangegeven. Ik raad het af om met elco's voor lagere spanningen te werken, al kan dat ook nog best werken.

De trimmer mag van alles zijn, zolang het bereik maar ongeveer klopt. 2-10pF gaat met waarschijnlijk ook nog wel goed, en 4-40pF ook, maar je hebt dan wel een kleiner afstembereik. Het handigst is het om er eentje te nemen met een bereik tot zo'n 20pF.

Ik adviseer om experimenteerprint/gaatjesprint te gebruiken om deze schakeling op te bouwen. Neem dan de versie met losse eilandjes, en niet met banen. Dan kan je vrij compact bouwen, en krijg je een betrouwbare schakeling. Als je wil kan je ook de dead-bug methode gebruiken, maar dat is minder handig voor een kleine schakeling waar het essentieel is dat bepaalde onderdelen korte leidingen hebben.

4.2 Bouw

Het audiodeel van de schakeling is weinig gecompliceerd, en kan net zo gebouwd worden als je wil. Bij het HoogFrequent-deel **moet** je wel oppassen. Je moet de onderdelen vrij dicht bij elkaar zetten. er mag nooit meer dan 2cm draad tussen 2 onderdelen zitten in het HF-deel!!! Iedere centimeter draad is namelijk een kleine spoel, en als het teveel is, dan wordt na een tijdje de spoel van alle te lange draden groter dan de echte spoel. (dat is tenslotte ook maar 12cm draad in totaal).

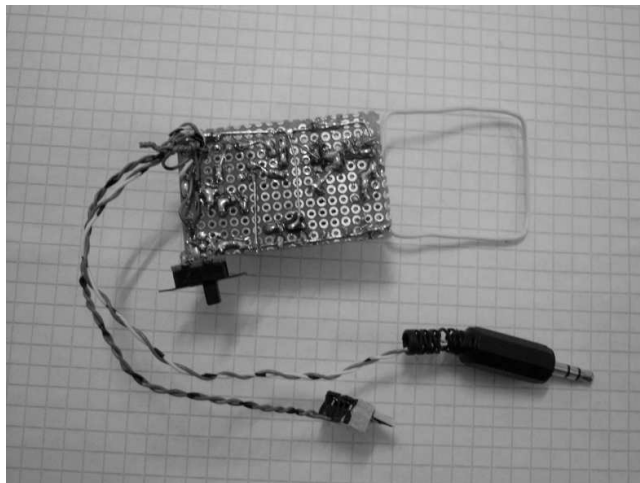
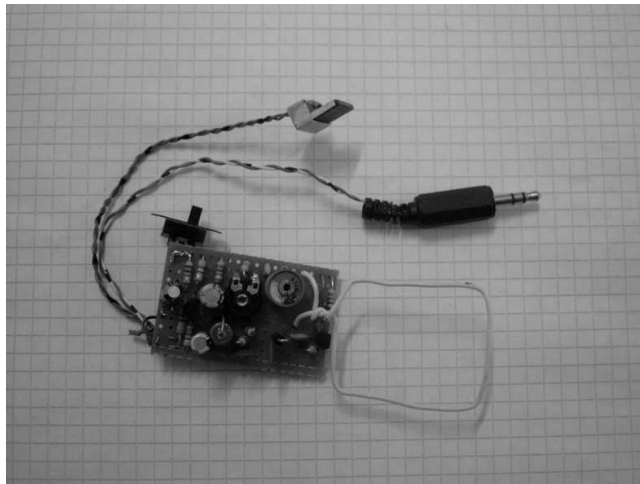
Als je de trimmer monteert, dan heeft ie in het geval van een folietrimmer meestal 3 pootjes. De 2 pootjes tegenover elkaar zijn doorverbonden met elkaar en het 'schroevendraaiervakje'. Deze kant moet je aan de aarde zetten. De andere kant kan dan aan de kant van de varicap. Het is belangrijk dat je de aarde aan het schroevendraaiervakje hebt zitten, want dit maakt het later een stuk makkelijker om de FM-bug af te stemmen.

Zorg ervoor dat de spoel vrij in de lucht hangt. Klap de spoel dus niet plat om de print heen ofzo om ruimte te besparen.

Als je de schakeling getest en werkend hebt, dan kan je ervoor kiezen om de schakeling in een metalen kastje in te bouwen. Dat zorgt voor meer stabiliteit en minder brom. Je moet er dan natuurlijk wel voor zorgen dat de spoel nog steeds naar buiten steekt.

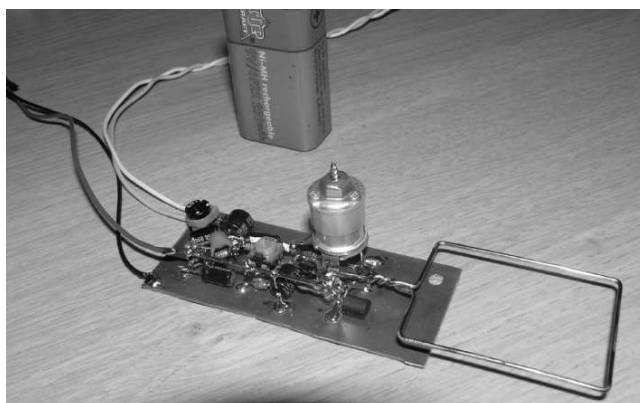
4.3 Foto's van een geslaagde bug

Alhier 2 foto's van de bug. (5mm ruitjespapier als achtergrond). Deze versie is met USB-stekkertje zodat ik m aan de computer kan hangen.



5 testen

Ga naast een radio zitten die je op +/-87MHz hebt staan. Als de radio een mute-functie heeft moet je die uitzetten, zodat je als het goed is ruis hoort.



Figuur 1: foto van de FM-bug van Thomas Dobbelaere. Hij heeft de zogenaamde 'dead-bug'-methode gebruikt i.p.v. experimenteerprint, wat dus ook heel netjes is gelukt.

Zet nu de zender aan, maar zet nog geen muziek aan. Pak een kleine geïsoleerde schroevendraaier (spanningszoeker bijvoorbeeld). Draai aan de trimmer totdat je een 'plop' hoort uit de radio. Als het goed is zijn er twee plekken op de trimmer waar je een plop hoort uit de radio. Als je aan de trimmer draait moet je erop letten dat je de schakeling verder niet aanraakt. Als je de schakeling aanraakt, dan wordt ie instabiel.

Mocht je geen plop horen, zet dan de radio op 108MHz, en kijk of je nu wel een plop hoort. Als je nog steeds geen plop hoort, dan heb je waarschijnlijk iets fout gedaan. Meestal zend je dan op de verkeerde frequentie uit. In veel gevallen is de spoel te groot (en/of de verbindingsdraden te lang) Je kan dan proberen de spoel kleiner te maken, 3 bij 2cm bijvoorbeeld, maar misschien moet ie ook juist groter. Als dat allemaal niet werkt, dan is de kans groot dat de schakeling überhaupt niet oscilleert. Dat is vervelend, maar het kan verholpen worden door de 2 condensatoren van 5.6pF te vervangen door 10pF. Je kan ook eens proberen of de schakeling wel werkt als je er 12V op zet, op hogere voltages gaat het wat makkelijker dan op lage. Pas als al deze dingen niet werken, dan is er echt iets vreemds aan de hand.

Als je een amperemeter hebt, dan kan je meten of de schakeling oscilleert. Meet hoeveel stroom de schakeling opneemt. Sluit daarna de spoel kort door iets van metaal tegen beide pootjes van de trimmer te houden. Als de oscillator al werkt, dan slaat ie nu zeker af, en als de oscillator afslaat, dan wordt er een andere hoeveelheid stroom afgenomen. Als de stroom verandert, dan werkt de schakeling blijkbaar nog wel enigszins, en zal je verder moeten experimenteren met verschillende groottes spoelen en condensatoren. Als de oscillator niet werkt, en de stroom gelijk blijft, dan weet ik het ook niet meer. Dan is het misschien een goed idee om op <http://www.circuitsonline.net> een topic te openen. Plaats dan vooral ook een fotootje van hoe je het gemaakt heb, daar hebben we veel aan.

Ik ga er nu verder vanuit dat de schakeling werkt.

Als je de trimmer bij een plop in de buurt zet, dan kan je als het goed is de radio helemaal 'stil' krijgen door met de potmeter de frequentie fijntjes af te

stemmen op de ontvangsfrequentie. Je kan nu ook bijvoorbeeld een MP3-speler of discman aansluiten. Wanneer je de discman te hard zet, dan klinkt het niet goed meer, en dat moet je dan ook niet doen. Waarschijnlijk is minder dan half volume van de discman genoeg.