

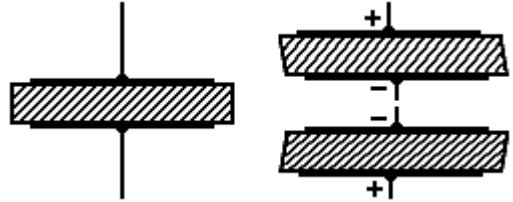
Secondentik

Inleiding

Voor een digitale klok is als uitgangspunt een puls nodig, die precies eens per seconde komt. Door het gebruik van een kwartzkristal is een nauwkeurigheid van ongeveer een seconde per dag te bereiken.

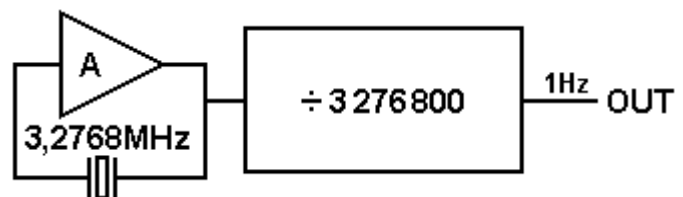
Kwartzkristallen

Het kwartzkristal is slechts een resonator, dat wil zeggen dat het op één voorkeursfrequentie wil trillen. En dat is letterlijk zo, het kristal trilt echt mechanisch, net als een stemvork. De eigenschappen van het materiaal (bergkristal) zorgen er voor dat als we een plaatje hiervan als tussenstof in een condensator gebruiken, er een piëzo-elektrische wisselwerking ontstaat tussen de elektrische spanning op de condensator en de mechanische (schuif-)spanning in het kristalplaatje. Een mechanische resonantie veroorzaakt daardoor ook een elektrische resonantie, d.w.z. dat de impedantie ($= v / i$) van de "condensator" op de resonantiefrequentie zeer sterk verandert.



Schema

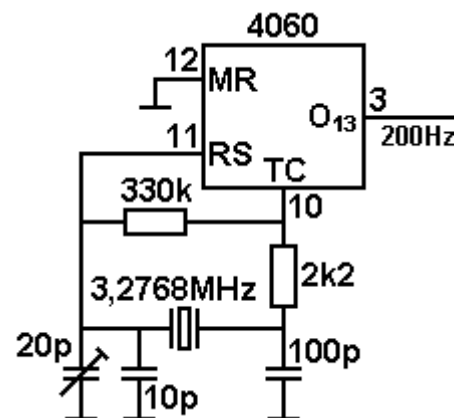
In het schema zien we dat het kristal geschakeld is van de uitgang naar de ingang van een versterkertrap A. Deze schakeling kan gaan "rondzingen" en doet dat dan op de resonantiefrequentie van het kristal. Hebben we een 3,2768 MHz kristal, dan moeten we deze frequentie delen door 3 276 800 om een puls van 1 Hz te krijgen. Dit lijkt een onhandig getal, maar straks zal blijken dat het meevalt. 3,2768 MHz is een frequentie die veelvuldig gebruikt werd in modems. Zo is dit een van de vele standaardfrequenties geworden voor kristallen, daardoor zijn ze gemakkelijk verkrijgbaar en heel goedkoop.



Oscillator en eerste delerketen

Het IC 4060 bevat tussen pen 11 (RS) en pen 10 (TC) een versterker, waarmee verschillende soorten oscillatoren gemaakt kunnen worden. Zie hiervoor de data sheets van de HEF4060. Zo kan ook een kristaloscillator gemaakt worden volgens het schema hiernaast. Met de instelbare condensator (trimmer) is de frequentie nauwkeurig af te regelen. Hoe dat gaat zullen we verderop zien.

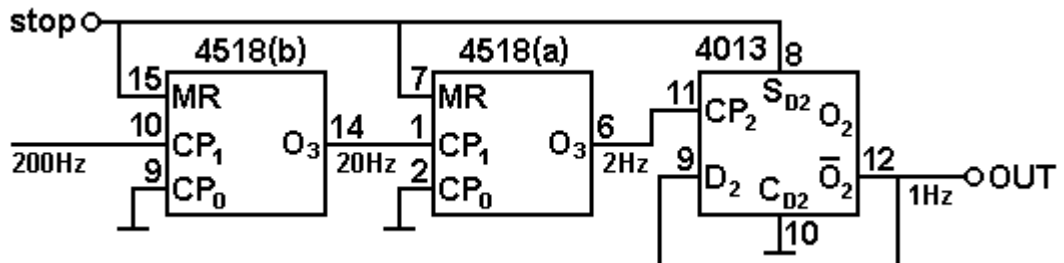
Verder bevat het IC een keten van veertien in cascade geschakelde tweedelers. Wij zien hier alleen uitgang O_{13} , de laatste. Hier treffen wij de oscillatorfrequentie gedeeld door 2^{14} aan. Dit blijkt 200 Hz te zijn. Ook andere uitgangen in de cascade van delers zijn op het IC naar buiten uitgevoerd, maar helaas niet alle.



Het IC heeft een reset-ingang (MR), die als hij 1 zou zijn de hele delerketen op nul vast houdt.

De 200-deler

Om van 200 Hz naar 1 Hz te komen zijn er verschillende mogelijkheden. Het ligt voor de hand om met een 4518 eerst door 100 te delen.



Dan moet er nog door twee gedeeld worden. Hiervoor kan de helft van een 4013 gebruikt worden. Dit IC bevat twee D-flipflops. De ene wordt als tweedeler geschakeld, de tweede blijft ongebruikt.

Ingang "stop" wordt aangesloten op een om-schakelaartje zodat "stop" naar 1 of 0 geschakeld kan worden. Staat hij op 1, dan worden deze drie delers op nul gehouden. De klok staat dan stil. Dit kan gebruikt worden bij het op tijd zetten van de klok.

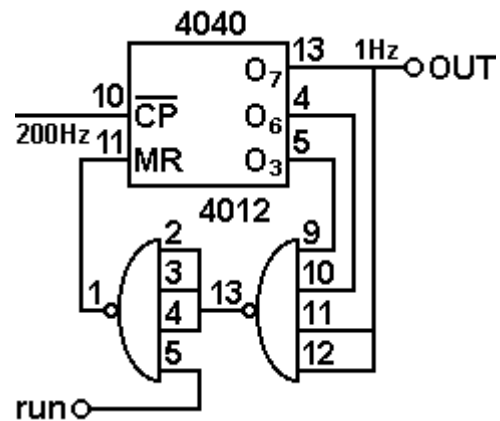
Andere 200-deler

Er zijn natuurlijk meer mogelijkheden om een 200-deler op te zetten. Hier is er nog een. We gebruiken het IC 4040, dat een keten van twaalf tweedelers bevat. Hiermee is in principe door 2^{12} (= 4096) te delen, maar we gaan de delerketen terugzetten naar nul zodra het getal 200 bereikt is.

Decimaal 200 is hexadecimaal 0C8, binair 0000 1100 1000. Het blijkt dat we alléén maar naar de enen hoeven te kijken. Een één op O_7 en op O_6 en op O_3 komt voor het eerst voor als de teller op 200 (decimaal) staat. Maken we als dit optreedt MR één, dan wordt de teller schielijk ge-reset en deelt door 200.

We gebruiken hiervoor de twee NAND's uit een 4012. De tweede staat als inverter, want we hebben een AND-functie nodig.

Met elkaar verbonden ingangen werken als één ingang. Zolang de ingang "run" 0 wordt gemaakt, is MR = 1 en wordt de teller vast gehouden op nul (reset). Deze werkt dus net andersom als de "stop"-ingang van de deler met de 4518. Daarom heet hij hier ook "run".



Waarom dit als vies gezien wordt

Het schielijk op nul zetten van een delerketen om hem door een ander deeltal dan 2^n te laten delen wordt beschouwd als een verwerpelijke methode. Dat komt omdat:

- wanneer de deler (in dit geval) op 200 komt,
- de MR door de werking van de poortschakeling 1 wordt,
- de delers daardoor op 0 worden gezet
- en daardoor vanzelf de MR weer 0 wordt.

Dit noemt men een "race-condition", zoiets als een hond die zijn staart probeert te pakken. Het zou kunnen voorkomen dat niet alle tweedelers op nul gezet zijn voordat de 1 op de Master Reset alweer verdwenen is. Zij hoeven niet even snel te reageren. Wanneer er één output op nul gegaan is, dan is de voorwaarde van de drie enen verdwenen. Het is dan de vraag of de andere enen ook nog ge-reset worden.

Waarom het in dit geval toch goed gaat

Doordat er twee NAND-poorten na elkaar geschakeld zijn is de resetpuls toch nog vrij lang, kijk maar:

- als de MR van de 4040 één wordt, duurt het ongeveer 90 nsec voordat een uitgang nul wordt,
 - daarna duurt het per NAND-poort ongeveer 70 nsec voordat zijn uitgang veranderd is,
 - in het totaal duurt de reset op MR dus zo'n 230 nsec, lang genoeg voor een zekere reset van alle tellers.
- Kijk in de data sheets van de HEF4040 en de HEF4012 om deze tijden te achterhalen.

Afregelen van de precieze frequentie

Er zijn verschillende methoden om de kristaloscillator nauwkeurig af te regelen.

1. Sluit een frequentieteller (frequency counter) aan op pen 9 van de 4060. Dit is een extra uitgang van de kristaloscillator. Sluit nooit de frequentieteller aan direct op het kristal. Daarmee introduceer je extra capaciteit, daardoor verandert de frequentie en ontstaat er een meetfout. Stel een meettijd in van 1 sec. en draai aan de instelbare trimmer-condensator tot er een frequentie van 3 276 800 Hz aangegeven wordt. Een afwijking van 30 Hz komt neer op een tijdfout van 1 sec. per dag, want een dag heeft ongeveer 10^5 seconden.
2. Sluit een frequentieteller-timer aan op de secondenpuls. Zet het apparaat op "timer". Het telt nu tussen twee overeenkomstige flanken van de secondenpulsen een nauwkeurige interne klok (meestal 10 MHz). Regel de trimmer af tot er een tijd van 1 000 000,0 μ sec aangegeven wordt. Een afwijking van 10 μ sec komt neer op een tijdfout van 1 sec. per dag.