



Frequentie- meter

M. Dohmen
R. Koekoek

Het hier beschreven programma kan een frequentie meten tot, let wel, 100 kHz met een afwijking van niet meer dan één trilling op de 65536. De frequentie wordt in vijf digits uitgelezen. Het programma is geschreven voor de KIM, maar is ook goed bruikbaar voor andere 6502-microcomputers, met name de SYM en de Junior. Eenmaal gestart meet het programma een frequentie continu, wanneer toets „6” wordt ingedrukt en eenmalig, wanneer toets „0” wordt ingedrukt.

Overflow

In dit programma is gebruik gemaakt van een eigenschap van de 6502, die tot nog toe niet veel werd toegepast. Deze microprocessor bezit namelijk een SO (Set Overflow) pin 38, waarmee van buiten af de overflow-flag kan worden gezet. Deze is op de meeste computers direct naar buiten uitgevoerd via een connectorpen (RO, pin E-5 bij de KIM; SO, pin 14-c bij de Junior). De overflow-flag wordt gezet, wanneer het signaal op deze ingang van hoog naar laag gaat.

Dit vormt een snelle en directe toegang tot de microprocessor, waarbij de rest van de computer niet wordt betrokken. Als de overflow-flag is gezet, kan deze alleen nog via de software worden beïnvloed.

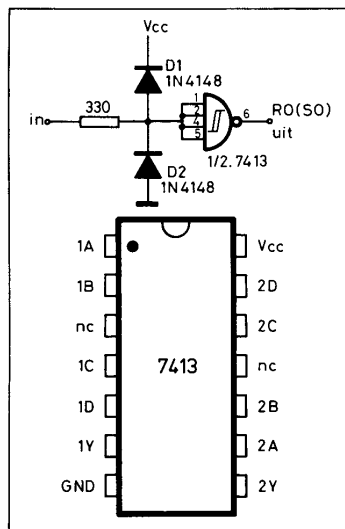
Buffering

Omdat rechtstreeks in schakelingen moet worden gemeten, is buffering en beveiliging van de RO-ingang wel noodzakelijk. Het gemakkelijkst kan dit worden gerealiseerd met een Schmitt-trigger poort, de 7413. Deze wordt dan nog voorzien van een spannings- en stroombeveiliging volgens de afbeelding. Op deze manier kunnen signalen van elke golfvorm worden gemeten, mits de amplitude ervan voldoende groot is en het signaal rond de 2,5 V ligt.

Werking

Het programma start op locatie 0200 hex. Eerst wordt de interruptvector gezet op het beginadres van de interruptroutine (0298 hex). Vervolgens wordt een teller geïnitieerd voor het aantal interrupts, waarna de uitlezing wordt gewist. Dan wordt de timer gezet op ongeveer 1/4 seconde, waarbij interrupts worden toegestaan. Voor een volledige cyclus worden vier interrupts verwerkt, wat resulteert in een totale tijd van ongeveer 1 seconde. Om deze tijd exact te maken en om de meter te kunnen

ijken volgt een extra vertraging routine van ongeveer 3 ms. De accumulator, de carry- en overflowflag worden nul gemaakt en vervolgens wordt het aantal overflows geteld, dat plaats vindt tot aan het eerst volgende interrupt. Er wordt binair geteld met de minst significante bits in het X-register, de volgende in het Y-register en de meest significante bits in de accumulator. Doordat deze routine zo kort mogelijk is gehouden, ligt de maximaal te meten frequentie op ongeveer 100 kHz. De fout van één op de 65536 ontstaat doordat eenmaal op de FFFF hex maal de accumulator moet worden opgehoogd. Dit maakt de telroutine iets langer. Wanneer een interrupt komt, wordt naar de interruptroutine gesprongen. Hierin wordt de timer opnieuw gestart voor een 1/4 seconde, mits dit niet het vierde interrupt was. Was dit wel het geval dan wordt de binaire waarde in de teller omgezet naar decimaal. Dit gebeurt nu pas, omdat bij direct decimaal tellen alles moet gebeuren in de accumulator en dat kost meer tijd. De conversie van binair naar decimaal gaat als volgt: in een tabel staat de binaire voorstelling van respectievelijk de decimale waarden 1, 10, 100, 1000 en 10000. Eerst wordt 10000 van de tellerstand, die tijdelijk in een aantal geheugenlocaties is opgeslagen, afgetrokken. Zolang de uitkomst nog niet negatief is, wordt een „10000-teller” opgehoogd. De uitkomst wordt telkens weer in de oorspronkelijke teller terug gezet. Als de uitkomst negatief is, wordt de waarde van de teller, die voor de aftrekking aanwezig was, genomen en wordt daarvan de volgende waarde uit de tabel afgetrokken. Dit gaat zo door totdat de teller nul is. De decimale waarde wordt rechtstreeks bijgehouden in de registers voor de uitlezing. Na de conver-





Frequentiemeter

sie licht de uitlezing op, waarbij de waarde zichtbaar wordt. Hierna wordt gekeken of een toets was ingedrukt. Zo neen, dan wordt de vorige toets opgehaald. Zo ja, dan stopt bij een „0” het programma met meten en blijft bij een „6” de computer continu de frequentie aangeven.

Afregeling

De afregeling van de frequentiemeter gaat als volgt. Een delerschakeling, bestaande uit twee 10-delers, wordt verbonden met de 1 MHz klok van de computer. De frequentie aan de uitgang hiervan zal dan in de buurt van de 10 kHz liggen. Dit signaal wordt toegevoerd aan de meet-

ingang en het programma wordt gestart. Door de waarden in de geheugenplaatsen 021C en 021E van de extra vertragsroutine te veranderen, wordt de uitlezing afgesteld op 10000. Gekozen is voor een 100-deler, omdat dan de accumulator nog niet in het spel is bij het tellen. De meter is zo op zijn nauwkeurigst. Door de 100-deler te schakelen tussen de buffer (7413) en de RO (SO) ingang wordt het meetgebied van de frequentieteller uitgebreid tot 10 MHz. Belangrijk is ook, dat om de timer te laten werken, bij de KIM PB7 (A-15) met NMI (E-6) moet worden verbonden en bij de Junior NMI (12-c) met IRQ (12-a). De timer genereert namelijk een interrupt, dat moet kunnen worden gehonoreerd.

Wijzigingen voor de Junior

Het programma, zoals dat staat in de lijst, werkt op de KIM. Om het voor de Junior geschikt te maken moeten de volgende veranderingen worden aangebracht:

Adres	KIM	Junior
0203	FB	7B
0204	17	1A
0208	FA	7A
0209	17	1A
0219	0F	FF
021A	17	1A
0283	1F	8E
0284	1F	1D
02A0	0F	FF
02A1	17	1A

MICRO-WARE ASSEMBLER 6500-1.0 PAGE 01

```

0010:
0020: *****
0030: *
0040: *          FREQUENTIEMETER *
0050: *          VOOR DE 6502 *
0060: *
0070: *          AUTEURS : M. DOHMEN *
0080: *          R. KOEKOEK *
0090: *
0100: *****
0110:
0120: 0200          ORG $0200
0130:
0140:          ZEROPAGE ADRESSEN
0150:
0160: 0200          INTCHT * $00D0
0170: 0200          ZEROP * $00D1
0180: 0200          TEMPC * $00E0
0190: 0200          TEMPE * $00E1
0200: 0200          TEMPA * $00E2
0210: 0200          INL * $00F3
0220: 0200          INH * $00F9
0230: 0200          POINTL * $00FA
0240: 0200          POINTH * $00FB
0250: 0200          CHAR * $00FE
0260:
0270:          TABEL
0280:
0290: 0200          TABLO * $02AF
0300: 0200          TRSHI * $02E0
0310:
0320:          TIMERADRES
0330:
0340: 0200          TNER * $170F
0350:
0360:          INTERRUPTVECTOR
0370:
0380: 0200          INTLO * $17FA
0390: 0200          INTHI * $17FB
0400:
0410:          MONITOR SUBROUTINE
0420:
0430: 0200          SCANDS * $1F1F
0440:
0450:          HOOFDPROGRAMMA
0460:
0470: 0200 A9 02          INIT          LDRIH #02
0480: 0202 8D FB 17      STR          INTHI
0490: 0205 A9 98          LDRIH #98          ZET INTERRUPTVECTOR
0500: 0207 30 FA 17      STR          INTLO
0510: 020A A9 FC          START          LDRIH #FC          ZET INTERRUPTTELLER
0520: 020C 85 D0          STR          INTCHT OP -4
0530: 020E A9 00          LDRIH #00
0540: 0210 85 F9          STR          INH          MARK DISPLAY EN DUS OOK
0550: 0212 85 FA          STR          POINTL          DE TELLER SCHOON
0560: 0214 85 FB          STR          POINTH
0570: 0216 A9 F5          LDRIH #F5          ZET TIMER EN MARK
0580: 0218 80 0F 17      STR          TIMER          INTERRUPTS MOGELIJK
0590:
0600:          EXTRA DELAY ROUTINE
0610:
0620: 0218 A2 03          LDRIH #03          PAS DEZE WAARDEN AAN
0630: 021A 80 00          BULOOP          LDVIN #00          VOOR DE VERBODEN
0640: 021F 88          BULOOP          DEV          NAUWKEURIGHEID
0650: 0220 D0 FD          BNE          BULOOP
0660: 0222 CA          BEX
0670: 0223 D0 F8          BNE          BULOOP
0680:
0690:          TELPROGRAMMA
0700:
0710: 0225 B8          CLU
0720: 0226 18          CLC
0730: 0227 98          TYR          MARK ACCU SCHOON
0740: 0228 50 FE          OVERFL          BUC          OVERFL          OVERFLOW GESET?
0750: 022A 80          CLU
0760: 022B E3          INH          HOOG X OP NIET 1
0770: 022C D0 FA          BNE          OVERFL          IS X = FF?
0780: 022E C3          INY          HOOG V OP NIET 1
0790: 022F D0 F7          BNE          OVERFL          IS V = FF?
0800: 0231 63 01          ROCIH #01          HOOG ACCU OP NIET 1
0810: 0233 D0 F3          BNE          OVERFL          IS ACCU = FF?

```

```

0830:
0840:
0850: 0235 85 E2          BINDEC          STA          TEMPA          BEWAAR ACCU
0860: 0237 85 E1          STY          TEMPE          BEWAAR V
0870: 0239 86 00          STX          TEMPC          BEWAAR X
0880: 023B A2 08          LDVIN #08          ZET POINTER
0890: 023D A5 E2          POS          LDA          TEMPA
0900: 023F C9 00          CPHR          #00          IS DE TELLER
0910: 0241 D0 0C          BNE          SUBT          NOG STEEDS
0920: 0243 A5 E1          LDA          TEMPE          GROTER DAN
0930: 0245 D0 00 02      CPHR          TRSHI          DE HUIDIGE
0940: 0248 D0 05          SNE          SUBT          WAARDE
0950: 024A A5 E0          LDA          TEMPC          IN DE
0960: 024C D0 AF 02      CPHR          TABLO          TABEL
0970: 024F 90 2D          SUEB          BCC          NEXT          NEEN, HARL VOLGENDE TABELWAARDE
0980: 0251 30          SEC          JA, TREK
0990: 0252 A5 E0          LDA          TEMPC          DE HUIDIGE
1000: 0254 FD AF 02      SBCR          TABLO          WAARDE UIT
1010: 0257 85 E0          STA          TEMPC          DE TABEL
1020: 0259 A5 E1          LDA          TEMPE          AF VAN
1030: 025B FD 00 02      SBCR          TRSHI          DE
1040: 025E 85 E1          STA          TEMPC          STAND IN
1050: 0260 A5 E2          LDA          TEMPA          DE TELLER
1060: 0262 E9 00          SBCIM #00
1070: 0264 85 E2          STA          TEMPA          EN ZET TELLERSTAND TERUG
1080: 0266 8A          TYR          BEWAAR DE TABELPOINTER
1090: 0267 48          PHA          IN X OP DE STACK
1100: 0268 4A          LSR          BEPAAL IN WELK DIGIT DEZE
1110: 0269 48          LSR          TABELWAARDE MOET KOMEN
1120: 026A 8A          TRX          DOOR POINTER IN X
1130:
1140:          TELLERSTAND DECIMAL IN DISPLAY
1150:
1160: 026B 80 04          BCS          TIENT          TIENTIAL?
1170: 026D F6 F9          INCX          INH          NEEN, EEN ERBIJ
1180: 026F D0 09          BNE          NOG          EN TERUG
1190: 0271 85 F9          LDRIH #9          HARL VORIGE STAND
1200: 0273 69 0F          ROCIH #0F          EN TEL TIENTIAL OP
1210: 0275 85 F9          STR          INH          DISPLAY
1220:
1230: 027A 68          NOG          PLA          HARL TABELPOINTER VAN STACK
1240: 027B 8A          TRX          EN PLAATS DIE IN X
1250: 027C 10 BF          BPL          POS          ALLES KLAAK?
1260: 027E CA          NEXT          DEX          TABELPOINTER NAAR
1270: 027F CA          DEX          VOLGENDE WAARDE
1280: 0280 10 BB          BPL          POS          EN TERUG
1290: 0282 20 1F 1F      DISPL          JSR          SCANDS          DISPLAY TELLER
1300: 0285 D0 08          BNE          KEY          TOETS INGEDRUKT?
1310: 0287 A5 F8          LDA          INL          NEEN, HARL VORIGE
1320: 0289 D1          BNE          DI          HEC DIT NUL?
1330: 028B C6 D1          DEC          ZEROP          NEEN, DELAY
1340: 028D D0 F3          BNE          DISPL          JA, BLIJF DISPLAYEN
1350: 028F 4A          JHP          START          OPNIEUW
1360: 0291 4A          JHP          KEY          START
1370: 0293 85 F8          STR          INL          BEWAAR TOETS
1380: 0295 4C 0A 02      JHP          START          OVERNIEUW
1390:
1400:          INTERRUPTROUTINE
1410:
1420: 0298 48          PHA          BEWAAR ACCU
1430: 0299 E5 D0          INC          INTCHT          VERLAAG DE TELLER
1440: 029B F8 07          BEQ          UIER          ZIJN ER UIER GEMEEST?
1450: 029D A9 F5          LDRIH #F5          NEEN, LAADT TIMER EN
1460: 029F 8D 0F 17      STR          TINER          MARK INTERRUPT MOGELIJK
1470: 02A2 68          PLA          HARL ACCU TERUG
1480: 02A3 40          RTI          HARL ACCU TERUG
1490: 02A4 68          PLA          HARL ACCU TERUG
1500: 02A5 85 FE          STR          CHAR          BEWAAR DATA
1510: 02A7 68          PLA          STA          ZET STACK GOED
1520: 02A8 68          PLA          PLA
1530: 02A9 68          PLA          PLA
1540: 02AA A5 FE          LDA          CHAR          HARL DATA OP
1550: 02AC 4C 35 02      JHP          BINDEC          CONVERTEER
1560: 02AD 00          =          #00
1570: 02AE 00          =          #00
1580: 02AF 0A          =          #0A
1590: 02B0 00          =          #00
1600: 02B1 0A          =          #0A
1610: 02B2 00          =          #00
1620: 02B3 64          =          #64
1630: 02B4 00          =          #00
1640: 02B5 E9          =          #E9
1650: 02B6 03          =          #03
1660: 02B7 10          =          #10
1670: 02B8 27          =          #27

```

Rectificatie

In het programma van de frequentiemeter (RB jan. '81) moeten op de geheugenplaatsen 0277 tot en met 0279 NOP's (EA) worden aangebracht.