



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

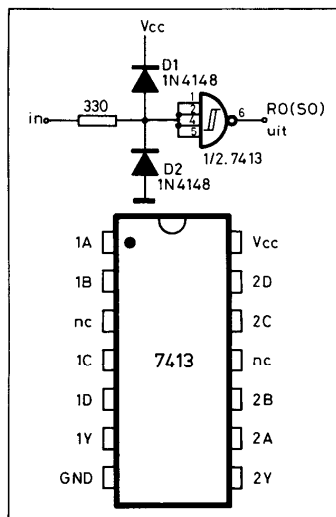
Omdat rechtstreeks in schakelingen moet worden gemeten, is buffering en beveiliging van de RO-ingang wel noodzakelijk. Het gemakkelijkst kan dit worden gerealiseerd met een Schmitt-trigger poort, de 7413. Deze wordt dan nog voorzien van een spannings- en stroombeveiliging volgens de afbeelding. Op deze 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 vertragingroutine 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 vertragingroutine 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: *
0050: *
0060: *
0070: *
0080: *
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      TEMPB * #00E1
0200: 0200      TEMPA * #00E2
0210: 0200      INL * #00F5
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      TABHI * #02B0
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:      HOOPPROGRAMMA
0460:
0470: 0200 A9 02      INIT      LDHIM #02
0480: 0202 80 FE 17   STA      INTHI
0490: 0205 A9 96      LDHIM #96
0500: 0207 80 FA 17   STA      INTLO      ZET INTERRUPTVECTOR
0510: 020A A9 FC      START     LDHIM #FC      ZET INTERRUPTTELLER
0520: 020C 85 D0      STA      INTCHT      OP -4
0530: 020E A9 06      LDHIM #06
0540: 0210 85 FA      STA      INH          MARK DISPLAY EN DUS OOK
0550: 0212 85 FA      STA      POINTL      DE TELLER SCHOON
0560: 0214 85 FB      STA      POINTH
0570: 0218 A9 F5      LDHIM #F5      ZET TNER EN MARK
0580: 0219 80 0F 17   STA      TNER      INTERRUPTS MOGELIJK
0590:
0600:      EXTRA DELAY ROUTINE
0610:
0620: 021B A2 83      LDHIM #83      PAS DEZE WARDEN AAN
0630: 021D A0 00      BULOOP LDHIM #00      VOOR DE VEREISTE
0640: 021F 88      BULOOP DEV      NAUWKEURIGHEID
0650: 0220 D0 FD      BNE      BULOOP
0660: 0222 CA      DEX
0670: 0223 D0 F8      BNE      BULOOP
0680:
0690:      TELPROGRAMMA
0700:
0710: 0225 88      CLU
0720: 0226 18      CLC
0730: 0227 98      TVA
0740: 0228 80 FE      OVERFL BUC      OVERFL OVERFLOW GESET?
0750: 022A 83      CLU
0760: 022B E3      INI:          HOOG X OP NET 1
0770: 022C D0 FA      BNE      OVERFL IS X = FF?
0780: 022E C8      INY          HOOG V OP NET 1
0790: 022F D0 F7      BNE      OVERFL IS V = FF?
0800: 0231 69 01      ADCIN #01      HOOG ACCU OP NET 1
0810: 0233 D0 F3      BNE      OVERFL IS ACCU = FF?
0830:
0840:
0850: 0235 85 E2
0860: 0237 84 E1
0870: 0239 86 E0
0880: 023B A2 08
0890: 023D A5 E2
0900: 023F C9 00
0910: 0241 D0 0C
0920: 0243 A5 E1
0930: 0245 D0 50 02
0940: 0248 D0 05
0950: 024H A5 E0
0960: 024C 00 AF 02
0970: 024F 90 20
0980: 0251 39
0990: 0252 A5 E0
1000: 0254 FD AF 02
1010: 0257 85 E0
1020: 0259 A5 E1
1030: 025B FD 50 02
1040: 025E 85 E1
1050: 0260 A5 E2
1060: 0262 E3 00
1070: 0264 85 E2
1080: 0266 29
1090: 0267 48
1100: 0268 4A
1110: 0269 4A
1120: 026A 0A
1130:
1140:      TELLERSTAND DECIMAAL IN DISPLAY
1150:
1160: 026B 00 04      BCS      TIENT      TIENTAL?
1170: 026D F6 F9      INCXZ     INH          NEEN, EEN ERBIJ
1180: 026F D0 09      BNE      NOG          EN TERUG
1190: 0271 85 F9      LDHIM #99      HAAL VORIGE STAND
1200: 0273 69 0F      ADCIN #0F      EN TEL TIENTAL OP
1210: 0275 95 F9      STXZ     INH          DISPLAY
1220:
1230: 027A 63      NOG      PLA          HAAL TABELPOINTER VAN STACK
1240: 027B A9      TAV          EN PLAATS DIE IN X
1250: 027C 10 BF      BPL      POS          ALLES KLAAR?
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      LDHIM #F8      HAAL INL          NEEN, HAAL VORIGE
1320: 0289 D0 02      BNE      DI          WIS DIT NUL?
1330: 028B C6 D1      DEC      ZEROP        NEEN, DELAY
1340: 028D D0 F3      DI          BNE      DISPL     JA, BLIJF DISPLAYEN
1350: 028F 4C 0A 02   JMP      START        START OPNIEUW
1360: 0293 85 F8      STA      INL          BEWAAR TOETS
1370: 0295 4C 0A 02   JMP      START        OVERNIEUW
1380:
1390:      INTERRUPTROUTINE
1400:
1410: 0298 48      PHA
1420: 0299 E5 D0      INC      INTCHT      VERLANG DE TELLER
1430: 029B F6 07      BEQ      VIER        ZIJN ER VIER GEWEEST?
1440: 029D A9 F5      LDHIM #F5      NEEN, LAADT TNER EN
1450: 029F 80 0F 17   STA      TNER        MARK INTERRUPT MOGELIJK
1460: 02A1 68      PLA          HAAL ACCU TERUG
1470: 02A3 40      RTI          EN KEER TERUG
1480: 02A4 68      PLA          HAAL ACCU TERUG
1490: 02A5 85 FE      STA      CHAR        BEWAAR DATA
1500: 02A7 68      PLA          ZET STACK GOED
1510: 02A9 68      PLA
1520: 02AA A5 FE      LDR          CHAR      HAAL DATA OP
1530: 02AC 4C 35 02   JMP      BINDEC      BINDEC CONVERTEER
1540: = #01
1550: = #00
1560: = #0A
1570: = #08
1580: = #64
1590: = #00
1600: = #E8
1610: = #03
1620: = #10
1630: = #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.