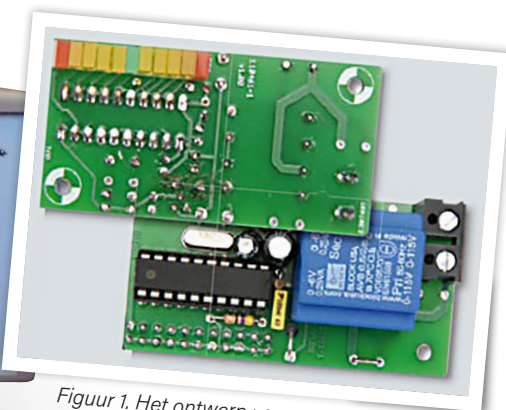
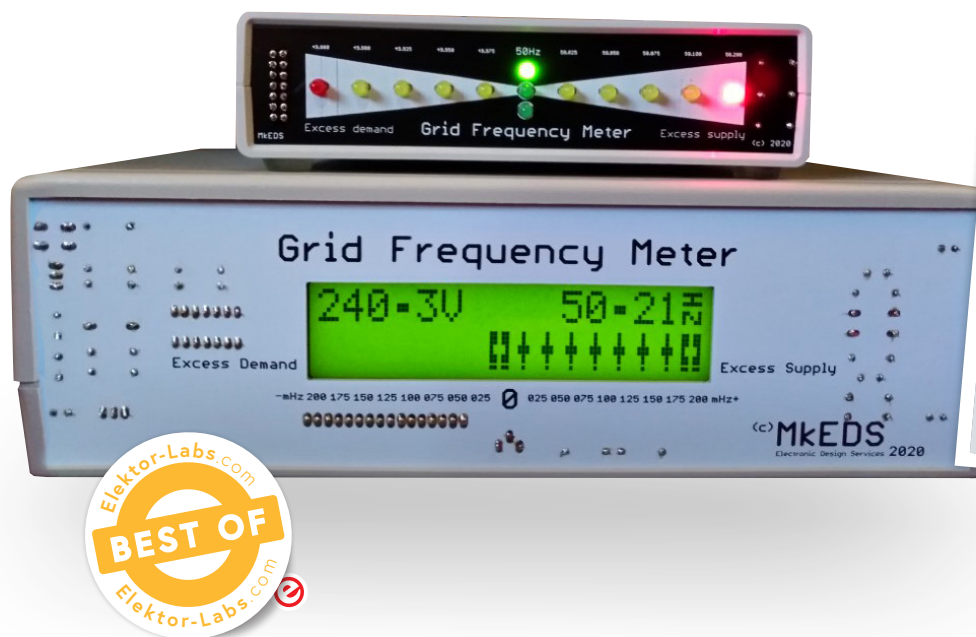


AC-netfrequentiemeter

bewaakt netfrequentie en -spanning



Figuur 1. Het ontwerp van Dieter Laues met LED-balkdisplay voor de netfrequentie.

Mark Stevenson (Verenigd Koninkrijk)

De frequentie van de netspanning is een goede indicator voor de netbelasting. Deze netfrequentiemeter houdt niet alleen deze belangrijke parameter van onze AC-netvoeding in de gaten, maar ook de netspanning.

Enkele jaren geleden las ik in Elektor een artikel van Dieter Laues waarin werd getoond hoe we de belasting van het elektriciteitsnet kunnen bepalen door de frequentie ervan te meten [1]. In het kort: hoe groter de belasting, hoe trager de generatoren en dus hoe lager de frequentie van delicht-netspanning; hoe geringer de belasting, des te sneller de generatoren en des te hoger de frequentie. Netbeheerders zijn verplicht de frequentie van de lichtnetspanning niet meer

dan $\pm 1\%$ van de nominale frequentie van 50 Hz te laten afwijken; de grenswaarden zijn 49,5 Hz en 50,5 Hz. Het streven is echter naar deze frequentie onder normale omstandigheden binnen $\pm 0,2$ Hz te houden (49,8 Hz...50,2 Hz). In delen van het Verenigd Koninkrijk is in het verleden een zeer grote stroomonderbreking veroorzaakt doordat deze grenzen werden overschreden. Twee grote centrales vielen bijna gelijktijdig uit en door het plotselinge wegvallen van de stroomvoorziening werden de resterende centrales overbelast, waardoor de frequentie daalde. Om binnen de bedrijfslimieten te blijven, werden grote delen van het land in feite afgekoppeld zodat de resterende centrales konden blijven functioneren. Het reservevermogen werd online gebracht en uiteindelijk werd de stroomvoorziening hersteld. Ik bouwde het originele instrument (figuur 1) direct na de publicatie. Enkele jaren later besloot ik een eigen versie te bouwen met een PIC-microcontroller van Microchip in plaats van de AVR in het

project van Dieter. De LED-balk uit het oude ontwerp is vervangen door een LCD, en mijn meter geeft ook de netspanning aan. Opgemerkt moet echter worden dat dit apparaat de trend weergeeft van de gemeten waarden. Het mag niet worden beschouwd als een zeer nauwkeurig meetinstrument voor netspanning en -frequentie.

De hardware

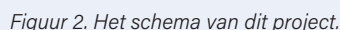
Het schema van de netfrequentiemeter is getekend in **figuur 2**. Op K1 wordt een AC-netadapter (9...12 V_{AC} RMS). C1 verwijdert eventuele hoogfrequente ruis. D2 zorgt voor enkelzijdige gelijkrichting en geeft de spanning door aan 5V-regelaar IC1; twee condensatoren van 470 μ F vlakken de ingangsspanning af. C5 (en C2, C3) voeden de processor lang genoeg bij stroomuitval om het spanningsverlies in EEPROM vast te leggen. R5, R8 en R9 trekken de kalibratieschakelaar (normally open) en de 120 V/220 V-keuzepads naar 5 V. Als geen van deze pads van een klodderje soldeer

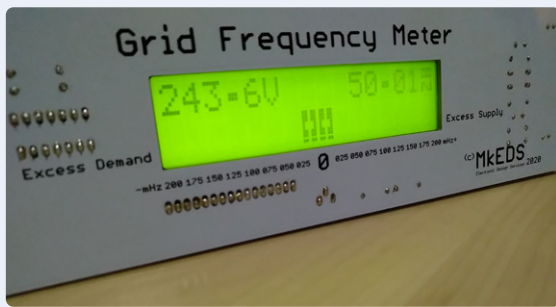
D1, R2, R4 en C8 zorgen voor de voeding van de LCD-achtergrondverlichting. Deze enkelzijdig gelijkgerichte spanning kan enige flikkering van de achtergrondverlichting veroorzaken wanneer we het display

De microcontroller (IC2) is een PIC16F1825 op 32 MHz. Het LC-display wordt in 4bit-modus gebruikt, waarbij R/W vast aan massa ligt (write only-modus). Met R13 wordt het contrast van het display ingesteld.

Het ontwerp van de schakeling is de eenvoud zelf en bevat uitsluitend standaard through-hole componenten. Het zou niet moeilijk moeten zijn om het op gaatjesprint of breadboard te bouwen als je geen echte wilt laten maken. Er zijn voor dit project verschillende print-layouts gemaakt; de meeste foto's bij dit artikel en op de Elektor Labs-pagina tonen een versie met een extra groot LC-display dat ik uit een afgedankt apparaat heb gesloopt; de onderkant ('koperzijde') van print doet meteen dienst als frontpaneel voor de netfrequentiemeter. Er kunnen Eagle-ontwerpbestanden en gerbers van Elektor Labs [2] worden gedownload voor zowel standaard 16x2-LCD's als voor de grotere LCM1602-versie.

De tijd dat de frequentie-ingangspin *aan* is, wordt opgeteld bij de tijd dat hij (zoals gemeten) *uit* is. De reden hiervoor is dat de transistor die wordt gebruikt om de pulsen te vormen, een enigszins asymmetrische *aan*-puls levert. Door ook de (even asymmetrische) *uit*-puls te meten en beide waarden bij elkaar op te tellen, wordt hiervoor gecorrigeerd. Er is een time-out ingebouwd zodat de meter niet vastloopt als de stroomvoorziening uitvalt en hij blijft wachten op de volgende *aan*- of *uit*-puls om te tellen. De frequentie wordt gemiddeld over 20 pulsen. Hierdoor is de weergegeven frequentie veel stabiel. De software is geschreven om automatisch een nominale netfrequentie van 60 Hz te detecteren en de staafdi-





Figuur 3. Het display onder normale omstandigheden.



Figuur 4. Het display bij onderspanning.

agram-weergave te centreren rond 60 Hz. Aangezien ik geen nauwkeurige frequentie van 60 Hz kan genereren, is dit nog niet getest.

Zodra de frequentie is gemeten, wordt de netspanning zelf gemeten. De spanning op pin 3 is een ruwe enkelzijdig gelijkgerichte wisselspanning. Deze wordt 50 maal bemonsterd met tussenpozen van 1 ms, waarbij de hoogste waarde wordt bepaald. Deze piekwaarde wordt vervolgens opgeschaald met een vermenigvuldigingsfactor om de RMS-waarde van de netspanning te krijgen. De schaalfactor hiervoor kan worden gekozen door het solderen van een paar jumpers, zoals aangegeven in het schema. Op die manier kan de meter geschikt worden gemaakt voor 120 V, 220 V of 240 V. Een tienslagen-instelpotmeter maakt het mogelijk om een AC-netadapter van 9...12 V RMS te gebruiken. Met de juiste jumpers gesoldeerd, hoort een piekspanning van 4 V op pin 3 de netspanning correct weer te geven. De spanning wordt gemiddeld over acht tellingen om hem te stabiliseren en de ruisgevoeligheid te verminderen.

Wat we op het display zien

Wanneer je een gebruikelijk 16x2-LCD gebruikt, zie je links op de bovenste regel de netspanning, de frequentie wordt weergegeven met de zes meest rechtse tekens, zoals te zien in **figuur 3**. De onderste regel van het LC-display toont een staafdiagram met segmenten die geleidelijk vanuit het midden zichtbaar worden. Segmenten die rechts van het midden verschijnen, geven aan dat de frequentie boven de nominale waarde ligt; segmenten links van het midden geven aan dat de frequentie lager is dan de nominale waarde. Elk segment vertegenwoordigt een stap van 25 mHz. Met acht segmenten in elke richting is een weergave van ± 200 mHz mogelijk. Wanneer de frequentie zeer dicht bij de

nominale waarde ligt, tonen de middelste twee elementen elk een groot vierkant blok; naarmate de frequentie van de nominale waarde afwijkt, verandert het blok links of rechts van het midden in een soort uitgerekt plusteken, dat al naar de situatie een te hoge of te lage frequentie aangeeft.

De middelste twee karakters van de bovenste regel worden gebruikt voor een 'event'-rapportage. Als de voedingsspanning of -frequentie een grens overschrijdt ($\pm 5\%$ voor de spanning, $\pm 0,6\%$ voor de frequentie), wordt een event-vlag getoond, samen met een indicator die aangeeft wat er aan de hand is. Bijvoorbeeld, een pijl naar beneden wordt getoond voor een te lage netspanning, een pijl naar boven voor te hoge netspanning. Wanneer zich een event heeft voorgedaan, wordt zo om de minuut in het ongebruikte deel van het staafdiagramdisplay bij benadering de tijd weergegeven die sinds de gebeurtenis is verstreken, gedurende de eerste 24 uur als uren en minuten en daarna als dagen en uren. **Figuur 4** toont bijvoorbeeld een vlag voor een onderspannings-event (het symbool doet denken aan een stekker die uit het stopcontact wordt getrokken) met daarnaast een pijl naar beneden. De tweede regel laat zien dat de gebeurtenis één minuut geleden plaatsvond terwijl de netfrequentie boven de nominale waarde lag: de tijd staat links en het staafdiagram beslaat de rechterkant van de regel. Als de frequentie onder de nominale waarde was geweest, zou de tijd rechts op de onderste regel zijn verschenen.

De spannings-events worden automatisch gewist na zeven dagen, frequentie-events worden na tien minuten gewist. Je kunt events ook handmatig wissen door kort op de kalibratieknop te drukken. De software zal proberen het meest recente event in EEPROM op te slaan. Dat betreft dan waarschijnlijk een lage spanning. Wanneer de voeding wordt afgeschakeld, moeten de elektrolytische condensato-

ren aan weerszijden van de 5V-regelaar de voeding voor de processor nog minstens een paar milliseconden langer in stand houden dan de voeding van de frequentie- of spanningspinnen van de processor. Als de voeding gedurende meer dan 500 ms een dip vertoont, moet dat worden gemeten en geregistreerd. Als de stroom volledig wordt onderbroken, moet dat worden geregistreerd; wanneer de stroom wordt hersteld, wordt dit weergegeven, inclusief de verstreken tijd vanaf het moment dat de voedingsspanning weer voorhanden was.

Kalibratie

De gebruikte processor heeft zijn eigen interne klokresonator. Deze is redelijk nauwkeurig, maar wanneer we proberen frequenties met een nauwkeurigheid van mHz te meten, kunnen verschillende IC's enige variatie vertonen. De meter wordt gekalibreerd door een kleine correctie toe te passen op de waarden die worden verkregen door het meten van de aan- en uit-tijden van de pulsen die worden afgeleid van de AC-ingangsspanning. De correctiefactor wordt opgeslagen in EEPROM en hoeft slechts eenmaal te worden vastgesteld. De kalibratie wordt uitgevoerd door de reset/kalibratie-toets S1 ingedrukt te houden. De initiële kalibratiewaarde wordt gedurende enkele milliseconden getoond, daarna loopt die waarde stapsgewijs op. Het instelbereik loopt van -99 tot +99. Nadat de kalibratie tot boven +99 is gekomen, klapt hij om naar -99. Een enkele stapje komt overeen met plus of min 250 μ Hz (microhertz!), terwijl het volledige kalibratiebereik iets minder dan ± 250 mHz (millihertz) bedraagt. Als je de beschikking hebt over een stabiele signaalgenerator met een resolutie (en nauwkeurigheid) van enkele mHz, zou je die kunnen gebruiken, waarbij D4 wordt verwijderd en het signaal rechtstreeks op pin 5 van IC2 wordt gezet. Praktischer is het om te wachten tot in de vroege

200312-03

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Good for the hand-over is possible and the most supplier is not prepared to control early as they will not be paid for power produced before the hand-over.

LAST TEN MINUTES

This graph shows GB mains frequency for the last ten minutes. At the present time it does not auto-refresh but this may be introduced at a later date. You can refresh manually using the button below.

49.80 Hz

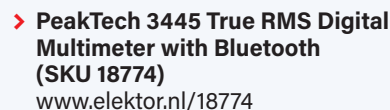
Refresh

AVERAGE FREQUENCY OVER PAST (UP TO) 24 HOURS

between supplied and removed power is taken from the rotational energy of the generators. They will thus slow, which means the grid frequency decreases.

Various staggered control mechanisms provide the adjustment of the output of the generators to regulate the 50 Hz when a deviation from the desired frequency occurs. Starting on the left is the current mains frequency. In order to represent the small frequency changes in detail, the scale has to be set in millihertz. In normal network operation there are regular deviations up to 150 mHz; the primary control power is fully used at a deviation of 0.200 Hz.

The primary control is the first step in the mechanism of bringing the frequency back to the 50.0 Hz; if the deviation from the nominal value exceeds ± 0.10 mHz, then the primary control is activated. In a range of ± 0.10 mHz the frequency can flow free, above or underneath this value the primary control is activated. ± 0.10 mHz is the same as the allowed measurement error of 10 mHz, to prevent primary control from running with a false signal.



elektor juli/augustus 2022 17